

**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:

**Обґрунтування технології виробництва зефіру з
використанням сухої пшеничної клейковини**

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

_____ Лілія САЩЕНКО

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**

Сащенко Лілії Сергіївні

1. Тема роботи: «Обґрунтування технології виробництва зефіру з використанням сухої пшеничної клейковини».
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 пастильних 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 _____ Лілія САЩЕНКО
(підпис)

Керівник роботи _____ Олег ТЕРТИШНИЙ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування технології виробництва зефіру з використанням сухої пшеничної клейковини»

Кваліфікаційна робота магістра: 72 с., 11 рис., 9 табл., 72 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: технологія виробництва пастильних виробів.

Метою роботи є удосконалення базових підходів до виробництва зефіру з використанням сухої пшеничної клейковини як функціонального інгредієнту, що дозволяє скоротити дозування імпортової сировини, інтенсифікувати процес та покращити якість готових виробів.

Методи дослідження:

У роботі використовувалися загальноприйняті органолептичні, фізико-хімічні, реологічні та мікробіологічні методи досліджень властивостей сировини, напівфабрикатів та готових продуктів, а також спеціальні фізико-хімічні методи.

В'язкість суспензій визначали на вискозиметрі Брукфільда (Brookfield LV DV П+). Міцність гелів оцінювали за величиною граничної напруги зсуву, що визначається на пенетрометрі ПМДМ.

Масова частка сухих речовин сиропу визначалася на рефрактометрі за ДСТУ 5060:2008.

У роботі досліджено вплив використання сухої пшеничної клейковини на технологію виробництва зефіру. Проведено аналітичний огляд літератури, який охоплює сучасні технологічні процеси виробництва пастильних виробів. Виокремлено функціонально-технологічні властивості пшеничної клейковини та їх вплив на процес гелеутворення, що визначило мету та завдання роботи.

Експериментальна частина включає дослідження гелеутворюючих властивостей пшеничної клейковини, аналіз впливу гідроколоїдів полісахаридної природи на її в'язкість, а також оцінку показників якості зразків зефіру. Результати роботи показали доцільність використання пшеничної клейковини у виробництві зефіру з урахуванням її функціонально-технологічних характеристик, що дозволяє підвищити біологічну цінність та оптимізувати рецептури.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Зефір, пастильні вироби, суха пшенична клейковина, пектин, альгінат, гідроколоїди, в'язкість.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	7
1.1 Технологічні процеси виробництва пастильних виробів	7
1.2 Характеристика піноутворювачів білкової природи	11
1.3 Гідроколоїди як структуроутворювачі пінних систем	15
1.4 Функціонально-технологічні властивості пшеничної клейковини	21
1.5 Мета і завдання дослідження	31
2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	33
2.1 Сировина дослідження	33
2.2 Методи дослідження	34
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	37
3.1 Дослідження гелеутворюючих властивостей сухої пшеничної клейковини	37
3.2 Вплив гідролоїдів полісахаридної природи на в'язкість пшеничної клейковини.....	40
3.3 Дослідження показників якості дослідних зразків зефіру.....	44
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	52
4.1 Аналіз небезпек при виробництві зефіру	52
4.2 Розробка картки охорони праці в умовах ТОВ «Кріоліт»	54
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	57
5.1 Розрахунок витрат для проведення дослідження	57
5.2 Визначення ціни дослідження	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	63
БІБЛІОГРАФІЯ.....	65

ВСТУП

Подібно до більшості розвинених країн в даний час в державній політиці України розвивається напрям турботи про здоров'я нації. Фахівцями харчової промисловості значна увага приділяється створенню технологій виробництва продуктів лікувально-профілактичного призначення, підвищенню їх якості та безпеки з метою запобігання різноманітним захворюванням та зміцненню захисних функцій організму.

Вирішення поставленого завдання можливе за допомогою розробки інноваційних технологій виробництва продуктів харчування, спрямованих на підвищення ефективності використання різних інгредієнтів як джерел незамінних та біологічно активних речовин.

Проблему дефіциту білка як найважливішого компонента повноцінного раціону можна вирішити шляхом розширення можливостей використання рослинних білків у різних харчових виробництвах та створенням на їх основі продуктового поліпшеними властивостями. В даний час препарати рослинних білків, частіше соєвих, широко використовуються у виробництві ковбасних виробів, молочних продуктах, кондитерських výroбах, хлібопеченні тощо.

Пастильні вироби, до складу яких білкові речовини входять як структуроутворюючі інгредієнти, становлять особливий інтерес як традиційно російські ласощі, що містять натуральну фруктову сировину, з відносно невисокою калорійністю. Основна кількість робіт, присвячених пастильним виробам, як правило, відноситься до збагачення їх вітамінами, харчовими волокнами та іншими біологічно активними сполуками, тоді як до теперішнього часу можливість використання різних білкових препаратів у виробництві пастильних виробів розглядалася недостатньо.

Суша пшенична клейковина, одержувана в процесі комплексної переробки зерна пшениці, є не тільки відносно дешевим джерелом білка, але й має цілу низку корисних функціональних властивостей (гідратація, піноутворювальна здатність, жироемульгуючі властивості і т.д.), до кінця поки не вивчених.

З урахуванням жорсткої конкуренції на ринку кондитерських виробів, використання сухої пшеничної клейковини може забезпечити значні економічні переваги, оскільки в Україні починається організація її власного виробництва, тоді як більшість функціональних інгредієнтів (піноутворювачі, структуроутворювачі тощо) кондитерської промисловості імпортовані (яєчний альбумін, пектин та ін).

Включення сухої пшеничної клейковини до рецептури пастильних виробів відкриває нові перспективи для створення продуктів із покращеними споживчими властивостями. Завдяки своїм унікальним функціональним характеристикам, таким як гідратація, піноутворення та емульгування жирів, клейковина здатна поліпшити текстуру, структуру та стабільність виробів. Це особливо важливо для кондитерської галузі, де пошук нових інгредієнтів, що відповідають сучасним вимогам споживачів, є одним із ключових факторів успіху. Крім того, використання місцевої сировини, як-от пшенична клейковина, сприяє зниженню виробничих витрат і зменшенню залежності від імпортованих інгредієнтів, що має значний економічний ефект.

Подальші дослідження спрямовані на оптимізацію умов використання сухої пшеничної клейковини у пастильних виробках можуть розширити її застосування не тільки в кондитерській промисловості, але й в інших сегментах харчового виробництва. Зокрема, її інтеграція в рецептури сприятиме створенню низькокалорійних продуктів, багатих на білок, що відповідають сучасним тенденціям здорового харчування. Крім того, вивчення впливу клейковини на органолептичні властивості пастильних виробів дозволить удосконалити технологічні процеси та створити продукцію, яка поєднує традиційний смак із підвищеною харчовою цінністю.

Таким чином, питання використання сухої пшеничної клейковини у виробництві пастильних виробів, зокрема зефіру, для скорочення витрати дорогої тварини білка, імпортозаміщення та поліпшення харчової цінності є актуальним та практично значущим.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Технологічні процеси виробництва пастильних виробів

«Традиційна популярність пастильної продукції України, особливо зефіру, обумовлена найніжнішим смаком і ароматом, формування яких взаємозалежне зі структурними особливостями виробів. Пастильні вироби є пінною масою, закріпленою за допомогою гелеутворювачів» [1, 2]. Вхідні до складу пастильних виробів натуральні фруктові інгредієнти та білкові речовини, а також використання як студнеутворювачі пектинових речовин, «наділяють легкі, низькокалорійні ласощі корисними властивостями, дозволяючи рекомендувати його найширшим споживчим групам і використовувати в раціоні дітей з трьох років» [3].

Крім традиційних пастили та зефіру, з'являються нові вироби з добавками-різних фруктових інгредієнтів (фруктові соки, журавлинне пюре та ін.), а також нетрадиційних форм (зефір у вафельній трубочці, зефір з печивом та ін.). В цілому, «незважаючи на негативний вплив світової кризи, сегмент пастильних виробів постійно розширюється, що дозволяє включити їх до найбільш перспективних продуктів на сучасному ринку кондитерських виробів» [3].

Надзвичайно ніжна текстура зефіру, що тане в роті, формується за рахунок значного вмісту повітряної фази і рівномірної пористості виробу. «Тому одним із ключових параметрів, що впливають на споживчі характеристики кінцевого виробу, є щільність зефірної маси, яка для якісного виробу не перевищує 500 кг/м^3 » [4].

«Такий значний вміст дрібнодисперсних бульбашок повітря в системі робить її нестійкою, завдяки чому виникає необхідність закріплення піни за рахунок строго регламентованого в часі процесу гелеутворення» [1, 5]. Якщо утворення гелю почнеться до завершення збивання, то відбудеться руйнування тривимірної мережі студнеутворювача, і виріб не матиме відповідної форми. «Якщо ж процес студнеутворення триває тривалий час, то піна за рахунок синьорезису частково руйнується, а виріб не має пишну дрібнопористу структуру з високими смаковими якостями» [5].

Вирішити проблему управління процесами піно- і студнеутворення можливо за допомогою вдосконалення, технології та використання нетрадиційних інгредієнтів, що мають більш виражені функціонально-технологічні властивості, тобто здатністю інгредієнта надавати необхідну структуру та забезпечувати реологічні властивості кондитерських мас та якість готових виробів. «Термін враховує особливості процесів виробництва, зберігання та реалізації харчових продуктів, а також залежність функціональних властивостей інгредієнтів. від різноманітних технологічних факторів» [6].

Традиційно в технології зефіру як піноутворювач використовується яєчний білок у свіжому, замороженому або сухому вигляді, а як студнеутворювач – агар, пектин і фурцеларан.

«Виробництво зефіру з використанням пектину здійснюється за наступною технологією» [6]. На початковому етапі готують інгредієнти рецептури: пектин набрякає в яблучному пюре, а яєчний білок підготовлюється у разі використання сухих або заморожених напівфабрикатів. Для приготування зефірної маси в збивальну машину завантажують яблучне пюре з пектином, цукор, сіль-модифікатор та яєчний білок, після чого збивають суміш до збільшення об'єму вдвічі.

«Одночасно варять цукрово-патоковий сироп до концентрації сухих речовин 84-85%, після чого він у гарячому стані додається до маси. Збивання продовжують кілька хвилин, потім додають регулятор кислотності, ароматизатори та інші компоненти, забезпечуючи рівномірний розподіл інгредієнтів, але не більше ніж за одну хвилину» [7]. Далі проводять відсадження зефірних виробів, які залишають для структуроутворення і підсушують до досягнення потрібного рівня сухих речовин згідно з рецептурою.

Хоча загальна послідовність етапів залишається майже незмінною, технологічні параметри, тип обладнання та особливості використаних інгредієнтів можуть варіюватися залежно від конкретних схем і методів виробництва.

Переваги та недоліки застосування різних видів гелеутворювачів наведені у табл. 1.1 [6]:

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика гелеутворювачів

Гелеутворювач	Переваги	Недоліки
Агар	<ol style="list-style-type: none"> 1. Низька температура формування зефіру ($54 \pm 1^\circ\text{C}$); 2. Невелике дозування студнеутворювача ($0,88 \pm 0,03\%$); 3. Низька щільність зефірної маси ($425 \pm 25 \text{ кг/м}^3$); 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Тривалий час студнеутворення (3-5 годин) та сушіння (4-6 годин і до 24 годин у приміщенні цеху); 2. Жорсткі умови сушіння (температура $37,5 \pm 2,5 \text{ EC}$, відносна вологість повітря $55,5 \pm 5\%$); 3. Зниження ступеня гелеутворення в присутності кислоти; 4. Специфічний лікарський смак готового продукту у разі використання погано промитого агару.
Фурцеларан	<ol style="list-style-type: none"> 1. Висока вміст сухих речовин у зефірній масі ($75 \pm 1\%$); 2. Невеликий час студнеутворення (6-8 хв); 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Неможливість набухання гелеутворювача в цукровий розчин; 2. Висока температура при формуванні маси ($67 \pm 1^\circ\text{C}$); 3. Необхідність внесення солей-модифікаторів для управління процесом; 4. Структурування в охолоджувальній шафі з температурою ($9 \pm 1^\circ\text{C}$).
Пектин	<p>Невелике дозування студнеутворювача ($1,19 \pm 0,17\%$);</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Приємний фруктовий смак; 2. Високий вміст сухих речовин у зефірній масі ($77,5 \pm 0,5\%$); 3. Набухання у яблучному пюре; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Висока температура для формування маси ($67,5 \pm 2,5^\circ\text{C}$); 2. Необхідність внесення солей-модифікаторів для управління процесом; 3. Необхідність жорсткого контролю рН середовища ($3,3 \pm 0,1$); 4. Велика щільність зефірної маси ($480 \pm 20 \text{ кг/м}^3$).

«Агар, як студнеутворювач, є не менш популярним компонентом у виробництві зефіру, ніж пектин» [7]. Він характеризується універсальністю застосування як у періодичних, так і в безперервних технологічних процесах. Виробничий цикл включає підготовку студнеутворювача та піноутворювача (якщо використовуються сухі або заморожені форми яєчного білка), приготування агаро-цукрово-патокового сиропу, збивання маси з додаванням яблучного пюре та яєчного білка, формування і сушіння готового зефіру. «Надзвичайно важливим етапом є підготовка агару, яка включає промивання та набухання в холодній воді, адже недостатнє промивання може призвести до появи небажаного лікарського присмаку в кінцевому продукті» [5].

Виробництво зефіру на фурцеларані можливе лише в періодичному режимі та має кілька специфічних особливостей. Головна з них – необхідність використання значно більшої кількості фурцеларану, оскільки його гелеутворююча здатність нижча, ніж у агару. Крім того, «етап структурування виробів потребує витримки у спеціальних охолоджувальних шафах, що додає технологічного часу. Попри ці відмінності, загальна технологія виготовлення зефіру на фурцеларані подібна до виробництва на агарі» [3].

«Як піноутворювач практично повсюдно використовується білок курячого яйця у свіжому, сухому або замороженому вигляді» [7], однак, поряд з цим не припиняються пошуки гідної альтернативи даному інгредієнту.

«Стосовно збивних кондитерських виробів, як замітник яєчного білка, запропоновані способи використання бурякового дифузійного соку» [8], «кукурудзяного крохмалю, що набухає, з вмістом 3-6% білкових речовин» [9] і білкового ізоляту соняшника [10]. «Особливістю останнього способу є те, що яєчний білок поєднується з білковим ізолятом соняшника, отримана суміш вистояється 0,5-1 годину при перемішуванні і використовується для збивання» [4].

«З метою зниження витрати білка запропоновано використовувати як піноутворювач моноамонійну сіль гліциризинової кислоти в кількості 0,3-0,6 % від масової частки яєчного білка» [11]

Відомий спосіб виробництва збивних виробів, що передбачає використання піноутворювача соку картоплі з вмістом сухих речовин 50-92%. «Застосування соку як високоефективного піноутворювача обумовлено поєднанням характерних властивостей білків, амінокислот, вуглеводів, фенольних сполук та органічних кислот» [12].

Запатентовані способи застосування для виробництва зефіру препарату «Gemtec» - продукту гідролізу пептидів пшениці [13] та соєвого борошна [14].

Важливо зробити висновок, що більшість запропонованих способів та препаратів не знаходять застосування в промисловості, що зумовлено, ймовірно, відсутністю стабільного виробництва вітчизняних інгредієнтів або високою вартістю їх за рахунок імпорту. Тому особливе значення має раціональне

використання потенціалу вітчизняних рослинних білків, насамперед сухої пшеничної клейковини. При цьому глибоке вивчення молекулярних аспектів її функціональних властивостей дозволить сформувати теоретичні основи її введення у різні харчові продукти для заміни дорогих імпорتنих функціональних інгредієнтів.

1.2 Характеристика піноутворювачів білкової природи

«Отримання пінної структури вимагає використання компонентів-піноутворювачів, які мають як гідрофільні, так і гідрофобні властивості, які, концентруючись на межі розділу фаз, сприяють утворенню та стабілізації піни» [15]. «Як традиційні піноутворювачі в кондитерських виробках застосовують свіжий, сухий, заморожений курячий білок або інші яйцепродукти, з яких найбільше зручним у використанні є сухий яечний альбумін» [7]. Використання останнього забезпечує високу якість виробів, знижує ризик мікробіологічних забруднень та інтенсифікує процес виробництва. У той же час такі препарати здебільшого імпортного виробництва, тому на їх придбання потрібні додаткові витрати.

«Піноутворювачі на основі продуктів гідролізу молочного білка також досить поширені і досить універсальні» [16]. До них відноситься білковий препарат "Хайфоам" (Нідурланди), виготовлений на основі казеїну. «Білок не поступається в піноутворюючій здатності яєчному білку і має ряд переваг: легко розчиняється, воді, не має смаку, запаху» [17]. Тільки у виробництві халви для збивання карамельної маси «використовується екстракт солодкового кореня, піноутворююча здатність якого не знижується в умовах високої жирності халвичних мас та при додаванні концентрованого цукрового сиропу» [1].

Для виробництва деяких кремів та начинок використовуються сметана або вершки високої жирності, щонайменше 35%. Обмеженням використання є високий вміст жиру, що підвищує калорійність кондитерського виробу.

«Білки молочної сироватки у вигляді концентратів (35-80% білка) або ізолятів (не менше 90% білка) також використовуються як піноутворювач. Сироватковий білок представлений головним чином глобулінами, які розчиняються у водних системах і легко диспергуються у присутності таких компонентів, як ліпіди та мінеральні солі» [18].

За рівнем зростання кратності піни білкові інгредієнти тваринного походження розташовуються в наступній послідовності: гідролізат білків молочної сироватки > β -лактоглобулін > яечний білок > α -лактоглобулін.

«Висока вартість і дефіцит білків тваринного походження в харчуванні людини спричиняють те, що в технологіях кондитерських виробів все частіше застосовують препарати рослинних білків із необхідними функціональними властивостями» [2]. В аспекті піноутворюючих властивостей найбільш широко відомі білки сої, зокрема, ізолят сироваткових білків, тоді як іншим білкам, наприклад, пшениці відводиться значно менша роль.

Але завжди до піноутворювачів висувають такі вимоги: «ефективне утворення, швидка стабілізація піни при низьких концентраціях та можливість використання у широкому діапазоні рН та середовищах з природними інгібіторами процесу (ліпіди, спирти, ароматичні речовини тощо)» [19].

Соеві білки. Понад два тисячоліття жителі Східної Азії вживають у їжу у складі традиційних страв соєві боби, що залучили увагу Західних країн як джерело якісного рослинного білка ще у 60-ті роки минулого століття. «Пізніше із соєвих бобів стали отримувати білкові продукти - концентрати, ізоляти, соєве борошно і т.д., що сьогодні застосовуються як функціональні інгредієнти» [20].

При використанні рослинних білків у виробництві збивних продуктів основним продуктом є знання залежностей піноутворюючих властивостей від різних видів, факторів у взаємозв'язку з їх фізико-хімічними властивостями структурними особливостями.

«Так, істотний вплив на піноутворюючі властивості соєвих білкових препаратів надає ступінь денатурації їх у процесі виробництва» [20]. Даних про

піноутворюючі властивості окремих фракцій білків – гліциніна та β -конгліциніна порівняно небагато.

Піноутворююча здатність гліциніну обмежується стабільною олігомеричною структурою молекул, недостатня гнучкість яких обумовлена дисульфідними зв'язками. «Молекула має гексагональну форму, в якій шість кислих та шість основних субодиноць пов'язані між собою дисульфідними зв'язками» [21]. Термічна обробка та контрольоване вплив протеаз сприяє частковому розкручування білкової молекули на межі розділу фаз з посиленням гідрофобних взаємодій, і позитивно відбиваються на піноутворюючих властивостях. «В результаті частково розкручені молекули білка вступають між собою міжмолекулярні взаємодії з утворенням міцної плівки на межі розділу фаз» [18].

При роботі з піноутворювачами слід пам'ятати, що здатність утворювати піни та стабілізувати їх – дві різні властивості, кожна з яких вимагає від білкового препарату конкретних характеристик. «Піноутворююча здатність обумовлена швидкістю адсорбції, гнучкістю молекул, гідрофобністю, здатність стабілізувати піну залежить від реологічних властивостей плівки протеїну і визначається гідратацією, товщиною шару, концентрацією білка і переважаючими міжмолекулярними взаємодіями» [22].

Розчинення соєвих білків у додецилсульфаті натрію та лінолеаті калію дозволяє отримати піни більшого обсягу та вищої стабільності, що свідчить про «значну роль гідрофобних взаємодій у процесі її формування» [23]. Приєднання залишків пальмітинової кислоти до гідрофільної кислотої субодиноці гліциніну також збільшує піноутворювальну здатність і стабільність піни. Отже, навіть для відносно гідрофобних протеїнів, до яких можна віднести соєві білки, амфіфільний баланс їх покращується шляхом введення гідрофобного залишку. «Приєднання до соєвого білка додаткових тіолових груп (-SH) збільшує обсяг піни, але так само значно і знижує її стабільність» [24].

«Піноутворюючі властивості соєвих білків посилюються і за допомогою модифікації частковим гідролізом» [25]. Гідролізовані протеїни утворюють стійку плівку на межі розділу фаз, однак, стабільність пін при цьому знижується щодо

білків, не підданих гідролізу. «Найкращі результати досягаються обмеженим гідролізом з одержанням високомолекулярних поліпептидів. Зі збільшенням ступеня гідролізу від 0 до 4% підвищується поверхнева активність, зростає піноутворююча здатність білків та стабільність піни» [18]. Разом з тим збільшується і швидкість коалесценції пін, що утворюються, що «обумовлюється зниженням в'язко-еластичних властивостей поверхневих плівок білка» [26].

Важливо відзначити, що стабільність пін залежить від збереження четвертинної структури молекул, тому високомолекулярні білкові субодиниці, отримані частковим гідролізом із збереженням даного рівня структури, дозволяють отримати більш якісні піни, порівняно з негідролізованими білками. «Гідроліз білків зі ступенем, що перевищує 5%, знижує поверхневу активність поліпептидів, що негативно впливає на їх піноутворюючі властивості» [20].

«Через високу харчову та біологічну цінність соєвих білків, хоча й минулу переоцінку в останні роки у зв'язку з їх генетичною модифікацією, їм присвячено значну кількість досліджень» [27]. «Удосконалення технологій отримання з застосуванням обмеженої ферментної модифікації дає можливість отримання препаратів не тільки з високим вмістом білка (70-90%)» [22], але й без гіркої присмаку, що забезпечує успішне використання їх як ефективних піноутворювачів у молочних, кондитерських виробках, десертах, кремах, забілювачах кави та іншої продукції.

Білкові речовини зернових та інших культур (овес, арахіс, соняшник, рис, сафлор, горох, картопля тощо) також мають піноутворювальну здатність, що наділяє їх потенціалом для подальших досліджень з метою отримання нових можливостей застосування. Зерновим культурам присвячено значно меншу кількість досліджень та систематичної інформації на сьогодні явно недостатньо. Однак відомо, що «знежирені білкові препарати, арахісу і соняшнику по піноутворюючій здатності співставні з соєвими білками, при цьому білки соняшнику здатні утворювати піну в діапазоні рН від 2 до 10. середовищах» [28].

Є також відомості про посилення піноутворюючих властивостей соняшнику та арахісу за допомогою обмеженого ферментного гідролізу, що викликає часткове

розкручування молекул та появу на їх поверхні гідрофобних груп. За допомогою електрофорезу показано, що незначний гідроліз білка соняшника (менше 2%) не зменшує довжину поліпептидного ланцюга високомолекулярних компонентів (молекулярні маси 60 кДа і більше), але посилює піноутворюючі властивості гідролігатів. Глибokiший гідроліз зменшує довжину високомолекулярних ланцюжків, білка і знижує, тим самим, піноутворювальну здатність і стабільність піни [29].

До позитивних характеристик рослинних білків для піноутворення відноситься стійкість до впливу високих температур і присутності речовин, що інгiбують утворення піни (ліпіди, цукру, полісахариди і т.д.). «Використання рослинних білків робить піни стабільними протягом відносно тривалого періоду часу і оберігає їх від зниження обсягу при надмірно тривалому збиванні, а в суміші з яєчним альбуміном скорочує і час збивання» [19].

1.3 Гідролоїди як структуроутворювачі пінних систем

«Гелеву систему, у тому числі і зефірну, можна описати як просторову решітку або мережу макромолекул або їх агрегатів, усередині якої зафіксовано розчинник, розчинені речовини та наповнювачі. Усередині решітки присутні зони, де полімерні ланцюжки поперечно пов'язані між собою, та зони, де ланцюги полімеру вільно витягнуті» [30].

При цьому частина ланцюгів полімеру, що утворюють ґрати, виявляються пов'язаними між собою в довжину, що збільшує довжину ланцюжка і зумовлює здатність полімеру утворювати гель. Тривимірна просторова структура гелю забезпечує такі властивості як еластичність та текстурну міцність.

У реальних харчових системах, що складаються з безлічі компонентів, у формуванні ґрат можуть брати участь відразу кілька полімерів. «Якщо при цьому сформовані єдині ґрати, такий гель називають складовим, мультикомпонентним, тоді як при формуванні кількох незалежних решіток у продукті утворюється змішаний гель» [31].

Окремі компоненти, без участі безпосередньо у формуванні решітки, грають роль наповнювачів. Полімери, що не володіють гелеутворюючими властивостями, проте можуть взаємодіяти з полімерами, що утворюють ґрати, знижуючи або, навпаки, посилюючи міцність решітки та реологічні властивості* гелю. Такі гелі, всередині яких рівномірно розосереджені кульки жиру, протеїни або крохмаль, нездатні до гелеутворення, але збільшують міцність гелю або водоутримуючу здатність називаються наповненими гелями.

Пектинові речовини. «Пектинові речовини, будучи основним елементом клітинних стін вищих рослин, поширені майже повсюдно. У природі пектини виконують функції забезпечення механічної міцності клітинних стінок, взаємодії з водою, захисту клітин від проникнення шкідливих речовин» [32]. Структура пектин відрізняється залежить від ботанічного виду джерела походження, типу клітинної стінки та її життєдіяльності. «У промисловості пектинові речовини використовуються як загусники, гелеутворювачі та плівкоутворювальні агенти» [33]. Придатні для використання в промисловості пектини отримують з обмеженого ряду джерел: як правило, з м'якоті яблук та шкірки цитрусових.

Пектини розчиняються у воді і нерозчинні у більшості органічних розчинників. Пектат натрію має кращу розчинність, ніж пектова кислота і пектат кальцію. Пектова та пектинова кислоти з низькоетерифікованим пектином розчинні тільки в розчинах солей натрію та калію. «Пектини розчиняються у формаїді, диметилформаїді та теплому гліцерині. Для пектинів не існує межі насичення, однак справжні розчини складно отримати при концентрації пектинів вище 3-4%» [28].

Високоетерифікований пектин утворює гелі за цукрокислотним механізмом, який ще називають гелем низької активності води. Для такого гелю характерний розподіл та утримання молекул розчинника (води з іншими складовими, цукром тощо) усередині матриці пектину, в результаті гелю має міцність та еластичність. «Насправді це означає, що гелю у формі чашки здатний витримувати власну вагу протягом багатьох днів і протистояти натисканню пальця» [31].

Низькоетерифікований пектин утворює гелі. механізму «яєчної упаковки», коли зв'язок ланцюгів полімеру здійснюється за допомогою іонів двовалентного металу, найчастіше кальцію. «Низькоетерифікований пектин утворює гелі незалежно від концентрації цукру та кислоти. При надмірній кількості введеного кальцію можливе випадання в осад солі пектину» [34].

Карагенани. Карагенани за своїм складом є лінійними сульфатованими полісахаридами, що виділяються з різних видів червоних морських водоростей *Rhodophyta*.

Каппа-і йота-карагенани здатні до агрегації, а для йота-карагенану відзначена агрегація навіть у розведеному розчині. «Ступінь агрегації залежить від присутності іонів і збільшується із зростанням концентрації солей та самого карагінану. Більшою мірою вивчено агрегацію спіралей каппа-карагінану» [35]. Ступінь агрегації збільшується із збільшенням концентрації солей, проте, при однаковій концентрації значно більший вплив мають специфічні іони - іони калію, натрію, цезію.

«Молекулярний механізм гелеутворення карагенанів нині залишається остаточно не з'ясованим, хоча було запропоновано кілька моделей» [35].

«Оскільки гелі, що утворюються каррагинанами, мають широкий діапазон властивостей, ймовірно, існує кілька механізмів гелеутворення. Всі моделі сходяться в тому, що молекули карагенану асоціюють в якусь квазінеперервну мережу. Найбільшу популярність має модель, за якою, подвійні спіралі' з допомогою поперечних сполук формують просторову мережу» [36].

Механізм гелеутворення йота-карагенану нині вивчений недостатньо. Поки що відсутні докази утворення йота-карагенаном жорстких джгутів, аналогічних каппа-карагенану. За звичайних умов у розчинах з невисокою іонною силою спіралі йота-карагенану агрегують інакше, ніж каппа-карагенана, і механізм цей поки не вивчений. «На основі відмінностей реологічних характеристик гелів йота-карагенану і каппа-карагенану було показано, що гель йота-карагенана. утворений за рахунок зв'язків з великим часом життя (період від утворення до розпаду) і що спіралі йота-карагенану мають більшу стійкість до термічної обробки» [36].

«Альгіна́ти. Будучи структурним компонентом бурих морських водоростей (Phaeophyceade) і капсульним полісахаридом ґрунтових бактерій, альгіна́ти широко поширені в природі» [37].

Здатність альгінатів взаємодіяти з полівалентними металами має властивість вибіркової. Хоча сила спорідненості з металами залежить від складу самого альгінату, було показано, що селективність має тільки полігууронову кислоту і спорідненість альгінату до лужноземельних металів збільшується в ряді $Mg < Ca < Sr < Ba$. «Зазначена послідовність відрізняє альгінат від деяких поліаніонів, але виявляє подібність з пектином, для якого послідовність росту спорідненості виглядає як $Mg < Ca < Sr < Ba$ » [37].

Застосування альгінатів у харчовій промисловості засноване на їх здібності, у присутності полівалентних металів, утворювати гелі, і мати властивості загусників і стабілізаторів. Сформований з іонами кальцію гель альгінату зберігає свої властивості при термічній обробці, у тому числі не тільки при нагріванні, а й заморожуванні-відтаванні. «За рахунок варіювання концентрації іонів кальцію можна досягти зміни часу садіння гелю від декількох секунд до багатьох хвилин» [38].

Гелеутворююча здатність альгінатів знаходить широке застосування, оскільки вони утворюють термостабільні гелі навіть за кімнатної температури. Найбільшого поширення набуло гелеутворення альгінатів у присутності іонів Са, однак у слабокислих середовищах (джеми, варення) альгіна́ти теж утворюють гель кислотного або змішаного типу.

Білкові гелеутворювачі поряд з полісахаридами є гелеутворюючими агентами, що застосовуються в різних галузях промисловості. «У кондитерському виробництві широко використовуються гелеутворюючі властивості желатину – продукту неповного гідролізу колагену, що утворює гелі при охолодженні» [38]. Інші білкові препарати, як правило, за своєю гелеутворювальною здатністю поступаються полісахаридам, однак, вивчення механізмів гелеутворення білків і факторів, що його зумовлюють, дозволяє розробити прийоми, що сприяють значному посиленню гелеутворюючих властивостей білків.

«Велике значення має суха порошкоподібних білкових препаратів для отримання гелеутворювача, що не вимагає негайного використання» [39]. Є дані про посилення гелеобразуючих властивостей протеїнів у кислих середовищах [40] й у присутності сечовини [41]. «Різні види ферментативної обробки також є способом посилення гелеутворювальних властивостей, наприклад, обмежений гідроліз з подальшою обробкою трансглютаміназою, що здійснює перенесення глутамінової групи, описаний як спосіб, що значно посилює гелеутворюючі властивості пшеничного білка» [40].

Структура білкового гелю залежить від внутрішніх факторів, що відповідають за властивості протеїну, від умов денатурації та подальших взаємодій розкручених ланцюгів. Молекули протеїну з більшими масами (понад 60 кДа) і «містять більше 30% гідрофобних залишків амінокислот формують незворотні, подібні до коагуляту, гелі, що обумовлено легкістю взаємодії їх гідрофобних частин. За таким принципом утворюють гелі гемоглобін та яєчний альбумін» [42]. Білки гелеутворюючого типу містять у складі меншу кількість гідрофобних груп (желатин, білки сої, овомуцин).

«Гелеутворення білків відбувається, як правило, в два етапи. Перший етап - дисоціація четвертинної структури та розкручування білкової молекули. Залежно від термостабільності білків, розкручування відбувається за різних температур, як правило, близько 40 °С» [43]. Денатурація окремих глобулінів у певних умовах веде до стану, що називається «стан розплавленої глобули», коли зберігається вторинна структура, а третинна відсутня. «Другий етап гелеутворення, як правило, відбувається за більш високих температур, коли денатуровані молекули перебудовуються і формують тривимірну решітку за рахунок поперечних зв'язків» [44].

У загальному випадку гелеутворення залежить від концентрації протеїну, присутності солей, цукру і рівня рН. «Термостабільність окремих білкових гелів, отриманих при нагріванні, визначається кількістю зв'язків SS при даному рівні рН» [45]. Гідрофобні взаємодії та SS зв'язки – це головні складові розвитку стабільної просторової мережі сироваткового білка при нейтральних та лужних значеннях рН.

Існує діапазон значень рН, за яких міцність гелів за інших рівних умов максимальна. В ізоелектричній точці білка швидкість агрегації висока за рахунок відсутності електростатичного відштовхування. «Для сироваткових білків гелеутворення, наприклад, можливе при рН 2,5 - 9,5, проте, поблизу ізоелектричної точки при рН 5, гелі мутні одержуються, мають грубу текстуру і можуть мати здатність до коагуляції» [46]. «У нейтральних або лужних умовах гелі знежиреного сироваткового білка прозорі, еластичні та мають гладку текстуру» [47]. У кислих середовищах за умови короткострокової термічної обробки сироваткові білки агрегують гелі нееластичні, але вони мають гладку текстуру та хорошу водоутримуючу здатність.

«Гелеутворюючі властивості казеїну мають велике значення, є предметом постійних досліджень і досить добре вивчені» [47]. «Виділяють 4 види молекул казеїну, що позначаються α_1 -, α_2 -, β - і κ -казеїн, присутніх у молоці у співвідношенні 3:1:3:1. Види розрізняються за гідрофобністю, вмістом фосфатів, загальним зарядом і чутливістю до кальцію. Вони здатні до асоціації за рахунок гідрофобних та електростатичних взаємодій» [48].

Особливий інтерес викликає взаємодія білків та полісахаридів, оскільки управління та цільове використання таких молекулярних взаємодій є одним із ключових факторів при розробці нових продуктів та складанні рецептур.

Взаємодія різних протеїнів або полісахаридів може знижувати міцність гелів, може не мати жодного впливу на якість гелю, а може, навпаки, виражатися в синергетичному ефекті. «Це залежить від природи полімерів та умов взаємодії» [48].

Так, термічне гелеутворення сироваткових білків може бути зупинено взаємодією з казеїнатами. «З іншого боку, міцели казеїну в матриці білка сироваткового можуть або сприяти, або ускладнювати гелеутворення в залежності від рН» [49].

α -лактальбумін утворює гель тільки при термічній обробці при температурі 80 ° С протягом тривалого часу. «Еластичність отриманого гелю багаторазово нижча за еластичність гелю β -лактоглобуліну за аналогічних умов. Однак, за

рахунок взаємодії зазначених протеїнів можна отримати гель, за властивостями схожий з гелем чистого β -лактоглобуліну» [34].

«Незважаючи на невгасаючий інтерес до теми взаємодії різних видів біополімерів, знань у цій галузі все ще недостатньо» [49]. Порівняно добре вивчено, наприклад, взаємодію желатину та глобулярних білків з полісахаридами, взаємодію двох різних видів білків, у т.ч. термічно денатурованого чи частково гідролізованого. «Найменша кількість відомостей є щодо систем, що містять більше двох видів полімерів, денатуровані та гідролізовані білки» [50]. Мало вивчено вплив на поведінку і взаємодію полімерів» інших компонентів харчових систем, таких як цукор, ліпіди, іони полівалентних металів, так само як і умов обробки (термічна обробка, високий тиск, заморожування). Небагато відомостей є і про хімічні взаємодії полімерів.

Останнім часом значний інтерес представляють ковалентно пов'язані гібриди полісахаридів і протеїнів, що володіють значним потенціалом функціонально-технологічних властивостей і тому зручними як харчові добавки нового покоління. Однак відомостей з цього питання все ще недостатньо і тому подальші дослідження дозволять розширити спектр можливостей використання та практичної вигоди від спільної присутності різних видів полімерів у харчових продуктах.

1.4 Функціонально-технологічні властивості пшеничної клейковини

«Основний запасний білок пшениці – клейковина завдяки своїй високій молекулярній масі (до 3000 кДа) та значній кількості гідрофобних груп на поверхні, що дуже погано розчиняються у воді (1-3%)» [51]. Ця властивість обмежує застосування її в харчових продуктах, виняток становлять лише хлібобулочні продукти. Незважаючи на це, «білки сухої пшеничного клейковини (СПК) можуть володіти, наприклад, високими піноутворюючими властивостями (до 220%), що забезпечують принципову можливість її застосування для заміни яєчного білка в борошняних кондитерських виробках» [52].

Встановлено, що «піноутворюючі властивості СПК залежать від кислотності середовища, присутності інших високо- та низькомолекулярних сполук, природи розчинника і т. д.» [51, 52]. Найбільше піноутворюючі властивості пшеничного клейковини проявляються в кислих і слаболужних середовищах, тоді як при нейтральних значеннях рН її здатність утворювати піну знижується. «Присутність макромолекул полісахаридної природи (пектин, карагінан, гуміарабік, ксантанова камедь) у певних дозуваннях також позитивно позначається на піноутворюючій здатності СПК» [51].

Відомо, що «під впливом заряджених полісахаридів пектину, альгінатів, карагенанів змінюється розчинність білків СПК за рахунок освіти комплексів біополімерів з посиленням їх гідрофільних властивостей та піноутворюючої здатності» [46].

«На використанні даної властивості розроблений спосіб виробництва бісквіту із застосуванням в якості піноутворювача суміші СПК, яєчного альбуміну та комбінації гідроколоїдів, піноутворювальна здатність якої перевищує піноутворювальну здатність навіть яєчного альбуміну» [52]. І все ж таки молекулярним аспектам природи піноутворюючої здатності білків клейковини присвячено незначну кількість робіт, тоді як від їхнього повного розуміння може залежати і регулювання, і використання потенційних можливостей препарату у виробництві збивних кондитерських виробів.

Відомо, що «клейковина складається з двох основних фракцій: гліадину і глютеніну, об'єднаних в унікальний в'язко-еластичний комплекс приблизно в рівних кількостях» [53]. «Гліадин складається з одноланцюгових компонентів з молекулярною масою від 31 до 78 кДа, тоді як глютенін – з багатоланцюгових компонентів з молекулярною масою до 3000 кДа» [54]. Настільки висока молекулярна маса глютеніну зумовлена присутністю водневих, гідрофобних, іонних зв'язків, а також значною кількістю міжмолекулярних дисульфідних зв'язків, що поєднують білкові одночепочечні одиниці з меншою молекулярною масою. «Обидві фракції білків нерозчинні у воді, проте їх функціональні

властивості відрізняються один від одного і від властивостей цілої клейковини» [53].

«Поблизу ізоелектричної точки (для клейковини – 7,5, гліадину – 7,8, глютеніну – 7,1) розмір бульбашок піни та тривалість їх життя на межі розділу фаз максимальні, а швидкість коалесценції мінімальна; збільшення стабільності пін при наближенні до ізоелектричної точки їх білків корелює з поверхневим натягом їх розчинів» [54]: зниження поверхневого натягу поблизу ізоелектричної точки свідчить про скорочення обсягу білка, що зменшує ступінь покриття поверхні адсорбованих на межі розділу фаз протеїнів. З іншого боку доведено, що зниження площі поверхні білкових молекул підвищує поверхневу в'язкість адсорбованої плівки; зі збільшенням якої збільшується і стабільність піни.

«При всіх значеннях рН піна глютеніну більш стабільна, ніж піна гліадину та клейковини, що обумовлюється компактністю молекул і високою щільністю його плівок» [55]. За даними тих же авторів, під дією реагенту, що руйнує дисульфідні зв'язки, розмір бульбашок газу і стабільність пін глютеніна значно знижується, тоді як для гліадину і клейковини вони практично залишаються без змін. Отже, вважають, що в результаті руйнування дисульфідних зв'язків, що стабілізують субодиниці молекул глютеніна, збільшується обсяг структурної організації білка, в результаті зменшується поверхнева в'язкість плівки, і стабільності піни знижується.

На стабільність пін гліадину, що містить лише внутрішньоланцюгові дисульфідні зв'язки, реагент, що відновлює SS -зв'язку, помітного впливу не має. Загалом, «піноутворюючі властивості нативної клейковини більшою мірою відповідають аналогічним властивостям гліадину і забезпечуються не лише властивостями складових її компонентів, а й їх взаємодіями» [55].

«Найважливішим прийомом зміни піноутворювальних властивостей пшеничного клейковини є її обмежений гідроліз. Під дією гідролітичних ферментів знижується молекулярна маса білків, збільшується розчинність, посилюється поверхнева активність та піноутворювальна здатність» [54]. Так, «за допомогою ферментного препарату ендопроїназної дії» [53] отримані частково гідролізовані

пшеничні білки (ступінь гідролізу близько 2%), піноутворююча здатність яких зі збільшенням тривалості гідролізу (до 160 хв) збільшується до 80% і досягає абсолютних значень 1 яєчного білка. «Розчинність гідролізованих білків СПК у воді збільшувалася при цьому в 10 разів порівняно з вихідною клейковиною, досягаючи 25-35 %» [55].

Поліпшення характеристик піноутворюючих властивостей білків можливе лише до певної міри гідролізу, понад який гідролізат втрачає свої функціональні властивості.

Досягти значного зниження гідрофобності при збереженні довжини поліпептидного ланцюга, що забезпечує ефективне піноутворення, вдалося впливом на білкові гідролізати ферменту трансглютамінази (ТГ), полімеризуюча дія якої полягає в каталізі реакції перенесення ацилу між амідною групою глутаміну і бічним ланцюгом лізину з утворенням. «Процес підвищує розчинність білка та поліпептидів за рахунок зниження їх гідрофобності без властивого гіркого присмаку, властивого іноді продуктам гідролізу» [56].

Незважаючи на незгасний інтерес до СПК, потенційні можливості її застосування в харчовій промисловості, за винятком борошномельної та хлібопекарської галузей, використовуються не повністю. Одна з причин – нестача даних щодо взаємозв'язку фізико-хімічних властивостей білків з функціонально-технологічними показниками якості препарату (розчинність, піноутворення, жироемульгування тощо). Тому аналіз наявних літературних відомостей про унікальні властивості білків пшеничної клейковини в різних умовах поведінки та переробки, механізми та природу взаємодій з іншими сполуками, що викладається нами нижче, необхідний для обґрунтування більш ефективного використання у виробництві як нових, так і традиційних харчових продуктів.

Взаємодія білків клейковини як між собою, так і з розчинниками, а, отже, і поведінка їх у різних системах, залежать від послідовності амінокислотних, залишків, співвідношення гідрофільних та гідрофобних груп, наявності ділянок з різними структурними особливостями, «проте кожна з зазначених вище властивостей є відображенням специфічних чи узагальнених особливостей фізико-

хімічних властивостей білків і потребує детального аналізу з метою вдосконалення та управління ними з практичними цілями» [57].

Відомо, що «однією з інформативних функціонально-технологічних властивостей білкових препаратів є гідратаційна здатність, яка включає водозв'язувальну здатність (ВЗЗ) і розчинність» [58]. ВЗЗ пшеничної клейковини виражається в мономерному утримуванні води на поверхні гідрофільними групами залишків амінокислот (адсорбція) та подальшому послідовному зв'язуванні різної кількості її шарів за участю водневих зв'язків (абсорбція). «Загальна кількість зв'язаної води на поверхні білків пшеничної клейковини може змінюватися від 0,2 до 2,5 г/г і залежить від особливостей складу, структури, способу обробки рН, температури, присутності вуглеводів, ліпідів і т.д» [55]. Висока здатність білків утримувати воду в харчових продуктах (хлібобулочні, м'ясні тощо) підвищує їх вихід, подовжує термін зберігання та покращує текстуру. При цьому в пшеничному тесті, наприклад, при додаванні сухої клейковини ВЗЗ позитивно корелює з кількістю її нерозчинної фракції та негативно - з вмістом розчинної.

«Розчинні білки, як правило, мало змінюють в'язкість, але добре стабілізують суспензії та емульсії» [55]. Суха пшенична клейковина не підпадає під ці закономірності. «Незважаючи на нижчу, порівняно з іншими препаратами, розчинність у воді (2-3% проти, наприклад, 72-78% у препаратів із сої), вона утворює стабільні емульсії, піни» [59] і навіть структуровані колоїдні гелі, що витримують нагрівання, заморожування та сушіння.

«Природа розчинника і, перш за все, присутність води і її кількість, забезпечують реологічні властивості (еластичність, пружність, розтяжність, в'язкість), що мають першорядне значення для формування якості пшеничного хліба» [55-59]. Незважаючи на те, що тільки взаємодія гліадину та глютеніну та їх індивідуальні відмінності формують унікальну структуру клейковини [59] для її еластичності та сили тіста, за сучасними уявленнями, велике значення мають високомолекулярні субодиниці глютеніну (ВМСГ) [60].

Показано, що «ВМСГ, що містять 35% глутаміну, 20% гліцину та 10% проліну від них. загальної маси, складаються з центральної, повторюваної зони і

розташованих з боків 1 неповторних N- і С - кінцевих зон» [60], більш багатих зарядженими залишками амінокислот і містять більшість» або всі залишки цистеїну [60]. Комп'ютерне моделювання [61], а також дані методів спектрального аналізу та віскозиметрії показали, що повторювані зони мають вторинну структуру у вигляді вільної спіралі з регулярно повторюваними Р-витками і Р-пластинами у співвідношенні, що залежить від вмісту води, тоді як кінцеві зони є здебільшого а спіраллю, якщо «вони знаходяться в розчині трифлуороетанолу, і випадковими кільцями в розчині розведеної оцтової кислоти або водному 50%-ому розчині L-пропанолу» [60].

Крім властивостей і взаємодії зон, що повторюються, в ВМСГ, для еластичності клейковини значущим є кількість і міжмолекулярний розподіл -SS - зв'язків. «Аналіз послідовностей дисульфід-пов'язаних пептидів, виконаний за допомогою ферментного гідролізу глютеніну та інших фракцій клейковини, показав безліч між-і внутрішньо-ланцюгових-SS-зв'язків у ВМСГ» [62]. Водночас, роль дисульфідної структури глютеніна нині остаточно не з'ясована і дозволяє лише розподілом -SS- зв'язків обґрунтувати реологічні властивості клейковини.

Незважаючи на те, що «дисульфіднозв'язані ланцюги глютеніна забезпечують «еластичний каркас» клейковини, за даними спектрального аналізу нековалентні зв'язки, зокрема водневі, також дуже важливі для структури субодиниць глютеніна і всього полімерного комплексу білків в цілому» [64].

У 1985 році була запропонована модель, «що пояснює еластичні властивості ВМСГ виключно роллю 0-витків глютеніну за аналогією з еластином сполучної тканини ссавців» [53]. Однак пізніше було показано, що «при взаємодії з водою поведінка ВМСГ відрізняється від еластину. В результаті була запропонована модель «петель і ланцюгів» [63], за якою при низькому рівні гідратації за участю водневих зв'язків залишків глутаміну утворюється значна кількість протеїн-протеїн взаємодій у формі β -спіралі.

Зі збільшенням ступеня гідратації система пластифікується, і частина міжланцюгових водневих зв'язків розривається з утворенням більшої кількості водневих зв'язків залишок глутаміну - вода, а надалі утворюються області «петель».

За цією теорією, «еластичність глютеніну визначається рівноважним співвідношенням між гідратованими «петлями» і воднево-пов'язаними зонами «ланцюгів», що залежать від ступеня гідратації, а розтяжність тесту полягатиме в розтягуванні «петель» і розбіжності «ланцюгів» [64].

В результаті, утворення протяжних ланцюжків, ймовірно, є механізмом, за допомогою якого в тесті зберігається еластична енергія, що дає пояснення збільшення опірності тесту розтягу, що відбувається при замісі. «Участь залишків глютаміну в утворенні міжмолекулярних водневих зв'язків підтверджується тим, що етерифікація залишків глютаміну призводила до зниження опірності розтягу, а в присутності оксиду дейтерію (D_2O) опірність збільшувалася більше, ніж у присутності води» [65].

Існують також гіпотези, які інакше пояснюють реологічні властивості тіста за участю гідратованих білків клейковини і, насамперед, гіпотези, що «ґрунтуються на здатності останніх до гелеутворення» [64]. Прийнято вважати, що у тісті клейковина «перебуває у стані безперервної білкової просторової структури (мережі), отже, у ній має бути кількість поперечних, зв'язків, перевищують яесь критичне значення, що зумовлює перехід золя в гель» [60]. «Оскільки концентрація клейковини в хлібному тесті становить близько 5%, виникає сумнів, чи дійсно в тесті присутня полімерна мережа. Тоді було висловлено припущення про наявність у білків клейковинних властивостей синтетичних асоціативних. полімерів» [55], міжмолекулярні взаємодії яких за рахунок наявності нековалентних функціональних груп виражаються у появі дуже високої, в'язкості навіть при низьких концентраціях.

«При збільшенні концентрації 1 асоціативні полімери агрегують і спонтанно утворюють оборотний гель» [54]. Механізм термооборотного гелеутворення не вимагає нагрівання, присутності коагулянтів або зв'язуючих агентів; а поперечні зв'язки у оборотній мережі асоціативних полімерів, на відміну від фізичного гелеутворення, постійно руйнуються та відновлюються.

Термооборотне гелеутворення характеризується внутрішньою плинністю, тобто кожен з полімерних ланцюгів може дифундувати всередині мережі і завдяки

постійному розпаду та відновленню зв'язків, незважаючи на з'єднання із загальною макроструктурою мережі. «У разі фізичного гелеутворення, наприклад, желатину при нагріванні відбувається «танення», а при охолодженні - відновлення зв'язків, які стають постійними при температурі нижче за точку плавлення» [56].

«Оскільки в тісті присутні рухливі вільні тіоли, то, як мінімум, частина дисульфідних зв'язків клейковини, піддаючись реакції обміну, виявляють властивості оборотних зв'язків, а отже пептиди глютеніну є природними асоціативними полімерами» [59]. Ця гіпотеза підтверджена додаванням клейковини цистеїну, що призводило до практично повного зникнення полімерної мережі за рахунок зниження взаємодії між полімерами. «Дослідження в'язкості також показали, що в тесті клейковина існує у формі оборотного гелю поблизу гелю-точки і містить як фракцію гелю, так і золя» [60].

«Виділені сухі препарати клейковини, мають невисоку гелеутворювальну здатність. Критична концентрація гелеутворення становить більше 20%, гелі каламутні, невисокої міцності, схильні до синьорезису» [65]. Механізм гелеутворення вимагає термічної обробки, що змінює фізико-хімічні властивості клейковини. «По зміні розчинності клейковини при нагріванні було доведено, що наростання структури та утворення агрегатів білків відбувається головним чином за рахунок посилення впливу дисульфідних зв'язків» [56]. При цьому завершення формування агрегатів відбувається при температурі 120 °С і 135 °С для гліадину і глютеніну відповідно, а подальше підвищення температури веде до термодеструкції білків.

При виробництві сухої пшеничного клейковини препарат білка піддається нагріванню, що може призвести до його термічної денатурації. Відомо, що денатурована суха пшенична клейковина має знижену ВСС, тому її застосування часто неефективне в технологічних процесах. Встановлено, що «ступінь термічної денатурації може бути визначена в здатності сухої клейковини утворювати осад у розчині ДДС-На з молочною кислотою» [58]. Дана методика дозволяє передбачити ефективність застосування сухої пшеничного клейковини у хлібопеченні.

Як видно з наведених вище даних, питання механізму утворення структури та унікальних в'язко-еластично-пружних властивостей пшеничного тіста залишається до кінця не з'ясованим.

Здатність білків клейковини націло переходити в розчин, як і ВЗЗ, значною мірою залежить від особливостей будови білка, і присутності як ковалентних (дисульфідні), так і нековалентних (електростатичні, водневі, гідрофобні) зв'язків. «Під впливом різних факторів (рН, іонна сила, вид розчинника, добавки, температура) останні, як правило, руйнуються, що призводить до послаблення здатності білків взаємодіяти один з одним та посилення; навпаки, взаємодій з молекулами-розчинника, а, отже, і переходу в розчин» [65].

Основною причиною низької розчинності пшеничної клейковини є висока молекулярна маса (до 3 млн. кДа) та значні міжмолекулярні взаємодії та, насамперед, гідрофобні. Звідси, розчинність як властивість, що іноді обмежує застосування її як білкового препарату, може бути підвищена за рахунок зменшення розмірів молекул білків та послаблення міжмолекулярних зв'язків.

Міжмолекулярні зв'язки у пшеничній клейковині послаблюються або розриваються під дією певних видів розчинників або за зміни рН. Доведено, що «дисульфідні зв'язки руйнуються під впливом відновників (гідросульфід натрію, цистеїн, глютатіон, меркаптоетанол, дитіоеритритол), водневі — сечовини, іонні зв'язки – оцтової, молочної кислот, їх солей, солей інших кислот (саліцилат натрію, лак взаємодії – під впливом розчинів спиртів, ДДС-Na, цетилтриметиламоній броміду» [66]. Детальний аналіз «розчинності показав, що за допомогою хімічних агентів, що впливають на нековалентні зв'язки, можна перевести до розчину не більше 36-45% глютенінової фракції клейковини» [57]. Тільки вплив їдкого натру дозволяє перевести в розчин більше 90% глютеніну, проте веде до значної денатурації білка, що виключає можливість застосування даного розчинника.

«Одним з ефективних способів поліпшення розчинності та розширення області застосування пшеничного клейковини є ферментна гідролітична модифікація» [64]. «Пептиди, що одержуються, мають меншу молекулярну масу і більш низький ступінь вторинної структури, в порівнянні з початковими

протеїнами, і, як правило, при певній мірі гідролізу володіють поліпшеними піноутворюючою і жироемульгуючою здатністю» [66]. При цьому гідролізати білка можуть використовуватися як функціональні інгредієнти та як підсилювачі смаку та аромату в кондитерській промисловості, виробництві безалкогольних напоїв та соків тощо.

Дослідження продуктів гідролізу клейковини папаїном [57] показало, що тільки гліадин і розчинний глютенін значною мірою піддавалися дії ферменту, тоді як кількість нерозчинного глютеніна практично не скорочувалася. Отже, «нерозчинна фракція клейковини утворена за рахунок взаємодій, руйнування яких відомими хімічними агентами та за допомогою ферментів вкрай складно та веде до значної денатурації білка» [67].

Введення певних інгредієнтів, наприклад, гідроколоїдів полісахаридної природи, також є одним із прийомів зміни розчинності пшеничного клейковини. «Для очищеного білка клейковини Хюбнер і Уолл ще в 1979 р. спостерігали асоціативну взаємодію з мікробними полісахаридами (карагенани та альгінати). Пізніше було виявлено» [59], що взаємодія клейковини з карагенаном здійснюється за рахунок аміногруп глутаміну її низькомолекулярної гідрофобної фракції та сульфатних груп гідроколоїду, в результаті чого утворюються гідрофільні комплекси гідроколоїд – протеїн, що змінюють фізико-хімічні властивості білка.

«Більш детальні дослідження показали, що кількість розчиненого протеїну збільшується в присутності гідроколоїду з аніонноактивними групами ([-COO]-високометоксильованого (ВМ) пектину, низькомолекулярного альгінату натрію і ксантану; [-OSO₃]-карагенану), а додавання нейтрального гідроколоїду (гуар та камедь ріжкового дерева) не змінює розчинності клейковини» [58].

Найбільший ефект у збільшенні розчинності клейковини за рахунок взаємодії полімерів та утворення гідрофільних комплексів показали ВМ пектин та λ-карагінан. Встановлено «вибірковість взаємодії гідроколоїдів з окремими фракціями клейковини. Так, карагінани і ВМ пектин, наприклад, утворюють асоціати з фракцією, що має середню молекулярну масу (30-42кДа), меншою мірою

- з високомолекулярною (78-105кДа) і низькомолекулярною (16-26кДа) фракціями, а для альгінату взагалі не виявлено жодної виборчої дії» [64].

Таким чином, систематизація відомостей про взаємозв'язок фізико- хімічних та функціонально-технологічних властивостей пшеничної клейковини, закономірності та особливості її поведінки в різних умовах, механізмах та принципах взаємодії з іншими компонентами, дозволить науково обґрунтувати застосування пшеничної клейковини, збільшити ефективність та розширити сферу її використання.

1.5 Мета і завдання дослідження

Метою роботи є удосконалення базових підходів до виробництва зефіру з використанням сухої пшеничної клейковини як функціонального інгредієнту, що дозволяє скоротити дозування імпоротної сировини, інтенсифікувати процес та покращити якість готових виробів.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати наступні завдання:

- провести дослідження гелеутворюючих властивостей сухої пшеничної клейковини;
- визначити вплив гідролоїдів полісахаридної природи на в'язкість пшеничної клейковини
- дослідити показники якості експериментальних зразків зефіру

Висновки по розділу.

Аналіз даних показує, що виробництво пастильних виробів, зокрема зефіру, ґрунтується на комплексі технологічних процесів, які спрямовані на отримання продукту зі стабільною текстурою, привабливими органолептичними властивостями та тривалим терміном зберігання. Вивчення сучасних технологій виробництва дозволяє визначити ключові етапи виготовлення зефіру, включаючи процеси збивання, стабілізації піни та структуроутворення.

Особливу увагу приділено характеристиці піноутворювачів білкової природи, які є основою для формування об'ємної та стійкої пінної системи. Згідно з літературними даними, білкові піноутворювачі, зокрема альбуміни, забезпечують високу стабільність піни завдяки здатності до утворення міжфазних плівок, що перешкоджають руйнуванню структури пінного продукту.

Гідроколоїди відіграють важливу роль як структуроутворювачі пінних систем. Їхнє використання сприяє підвищенню в'язкості, стабілізації структури та формуванню бажаних текстурних характеристик. Серед них виділяються агар, карагенан і пектин, які широко застосовуються у виробництві зефіру завдяки їхній сумісності з іншими інгредієнтами.

Функціонально-технологічні властивості сухої пшеничної клейковини розглянуто з точки зору її потенціалу як структуроутворювача у пінних системах. Пшенична клейковина має здатність підвищувати еластичність і пружність структури, що є перспективним для розробки нових рецептур зефіру зі зниженим вмістом традиційних гідроколоїдів.

У підсумку, використання сухої пшеничної клейковини у технології зефіру є обґрунтованим рішенням, яке дозволяє підвищити якість продукту за рахунок покращення його текстурних властивостей і зниження собівартості. Аналіз літературних джерел свідчить про значний потенціал впровадження даного інгредієнта у рецептури пастильних виробів.

Актуальність дослідження зумовлена потребою удосконалення технологій виробництва зефіру з урахуванням сучасних тенденцій харчової промисловості. Впровадження сухої пшеничної клейковини як функціонального інгредієнта дозволяє не лише оптимізувати технологічний процес, але й створювати продукт з поліпшеними споживчими властивостями. У контексті зростаючого попиту на харчові продукти зі зниженою калорійністю, натуральним складом і покращеними текстурними характеристиками, ця тема є надзвичайно важливою для виробників кондитерських виробів.

2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Сировина дослідження

Основною сировиною при розробці виробів служили цукор-пісок за ДСТУ 4374:2005, крохмальна патока ДСТУ 4498:2005, пюре яблучне ДСТУ 8639:2016, кислота молочна ДСТУ 4621:2006, цитрат натрію.

Додатковою сировиною були суха пшенична клейковина (СПК) виробництва фірми «Cargill», Польща (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Використана суха пшенична клейковина

Також під час дослідження використовували препарати гідроколоїдів:

- високо- та низькоетерифікований пектин E440 («Herbstreith & Fox», Німеччина),
- каппа-карагенан E 407 («Arthur Branwell» , Великобританія),
- йота-карагенан E 407 («Satiagel PG300», Канада),
- альгінат натрію E 401 («Danisco A/S», Данія).

«Високо- та низькоетерифікований пектин E440 – натуральний гелеутворювач, що використовується для стабілізації текстури та покращення структурних властивостей харчових систем» [68].

«Каппа-карагенан E407 – полісахарид, отриманий із червоних водоростей, ефективний для створення гелів у присутності іонів калію» [68].

«Йота-карагенан E407 – гелеутворювач із м'якою текстурою, утворює еластичні гелі в присутності іонів кальцію» [69].

«Альгінат натрію E401 – природний полісахарид, що сприяє гелеутворенню та в'язкості у харчових продуктах, особливо при контакті з кальцієм» [69].

2.2 Методи дослідження

У роботі використовувалися загальноприйняті органолептичні, фізико-хімічні, реологічні та мікробіологічні методи досліджень властивостей сировини, напівфабрикатів та готових продуктів, а також спеціальні фізико-хімічні методи.

Гелеутворювальну здатність визначали по в'язкості термічно обробленої суспензії. Режими термічної обробки сухої пшеничного клейковини вибирали експериментально, за найбільшою в'язкістю суспензії. Гелеутворювальну здатність оцінювали збільшення в'язкості суспензії, що пройшла термічну обробку і термостатування.

В'язкість суспензій визначали на вискозиметрі Брукфільда (Brookfield LV DV П+) за «допомогою перерахунку крутного моменту, необхідного для обертання шпинделя приладу з постійною швидкістю при зануренні його в досліджуване середовище» [69].

«Критичну концентрацію гелеутворення визначали як найменшу концентрацію білкового препарату в системі, що утворює гель після завершення термічної обробки» [68]. Утворення гелю визначалося візуально, при утримуванні системою вміщеної на поверхню свинцевої дробини.

Міцність гелів оцінювали за величиною граничної напруги зсуву, що визначається на пенетрометрі ПМДМ [69] з кутом при вершині конуса 30° та робочою масою конуса зі штангою $m=42,5 \cdot 10^{-3}$ кг. «Гранична напруга зсуву визначали на основі вимірювання глибини проникнення конічного індентора в досліджуване середовище за проміжок часу, що дорівнює 5 секунд» [69].

Величину граничної напруги зсуву (0 Па) розраховували за формулою Ребіндера:

$$\theta = \frac{k \cdot m}{h^2}, \quad (2.1)$$

де k – константа Ребіндера, $k = 9,4$ Н/кг при конусі з кутом при вершині 30° ;

m – маса конуса зі штангою, кг;

h – глибина занурення конуса, м.

Щільність зефірної маси визначалася відповідно до методики, викладеної в методичних вказівках [13] шляхом зважування певної кількості продукту. У посудину циліндричної форми місткістю близько 50 см^3 наливалося до країв вода, після чого циліндр зважувався на технічних вагах. «Сухий посуд потім повністю заповнювався зефірною масою, без утворення порожнин. Надлишки маси видалялися шпателем і посудина зважувалася на технічних вагах з точністю до $0,01$ г. Щільність визначалася як відношення маси досліджуваного зразка до його обсягу» [13].

Масова частка сухих речовин сиропу визначалася на рефрактометрі за ДСТУ 5060:2008.

Дослідження органолептичних (смак, запах, консистенція, будова у зламі, зовнішній вигляд, поверхня, колір, форма) та фізико-хімічних (масова частка сухих речовин, редукуючих речовин, кислотність, рН) показників готового зефіру проводилося через 24 години після відсадки, що забезпечувало вистоювання та сушіння виробів. Контролем служив зефір, виготовлений за традиційною рецептурою [13].

Масова частка сухих речовин, масова частка речовин, що редукують, кислотність, рН визначалися стандартними методами за посібниками [13, 16-18].

Харчова та енергетична та цінність виробів оцінювалася відповідно до методики, описаної в посібнику [13].

Висновки по розділу.

У процесі виконання досліджень було використано якісну сировину, зокрема традиційні компоненти для виробництва зефіру, суху пшеничну клейковину, а

також різні види гідроколоїдів (пектин, каппа- і йота-карагенани, альгінат натрію), які обрано з урахуванням їх функціонально-технологічних властивостей. Особливу увагу було приділено характеристиці пшеничної клейковини як білкового гелеутворювача та її взаємодії з іншими інгредієнтами.

Для оцінки властивостей сировини і зразків зефіру застосовували сучасні методи дослідження, включаючи визначення фізико-хімічних, структурно-механічних та органолептичних показників. Експериментальні дослідження проводилися з урахуванням вимог наукової точності, зокрема використанням стандартних методик аналізу кислотності, в'язкості, масової частки вологи та редукуючих речовин.

Застосований комплексний підхід до вибору сировини та методів досліджень дозволив отримати об'єктивні дані про вплив пшеничної клейковини на структурно-механічні властивості зефірної маси, що є основою для обґрунтування технології виробництва зефіру з використанням цього інгредієнта.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Дослідження гелеутворюючих властивостей сухої пшеничної клейковини

Виробництво пастильних виробів, таких як зефір, є багатокомпонентним технологічним процесом, який передбачає поетапне виконання низки фізико-хімічних та колоїдних явищ. Основними серед них є процеси гелеутворення та піноутворення, що забезпечують отримання продукту з ніжною, губчастою текстурою та рівномірною пористістю.

Для формування стабільної пінної структури з розвиненою поверхнею до складу виробу додають поверхнево-активні речовини (ПАР), які сприяють закріпленню піни під час гелеутворення, дотримуючись суворих часових параметрів [7].

Критична концентрація гелеутворення, або гель-точка, є ключовим параметром, що забезпечує формування гелю, і для більшості промислових гелеутворювачів цей показник визначений та наведений у рекомендаціях до їх використання у виробництві різних видів продукції. Оскільки пшенична клейковина ще не набула широкого застосування як гелеутворювач у кондитерській галузі, важливим завданням на початковому етапі досліджень було визначити масову частку сухої пшеничної клейковини (СПК), за якої відбувається формування гелю.

Відомо, що здатність білкових речовин до гелеутворення посилюється під впливом термічної обробки, тому дослідження критичної концентрації СПК проводилося також за умов нагрівання. Процес гелеутворення організовували наступним чином: суспензії СПК із концентрацією білкових речовин від 5 до 20% піддавали термічній обробці за температури 90 °С протягом 1,5 години, потім охолоджували холодною водою та витримували в термостаті протягом 1 години.

Після завершення процесу вимірювали в'язкість, значення якої представлені на рис. 3.1. Режими термічної обробки відповідали методикам оцінки гелеутворюючих властивостей інших рослинних білків.

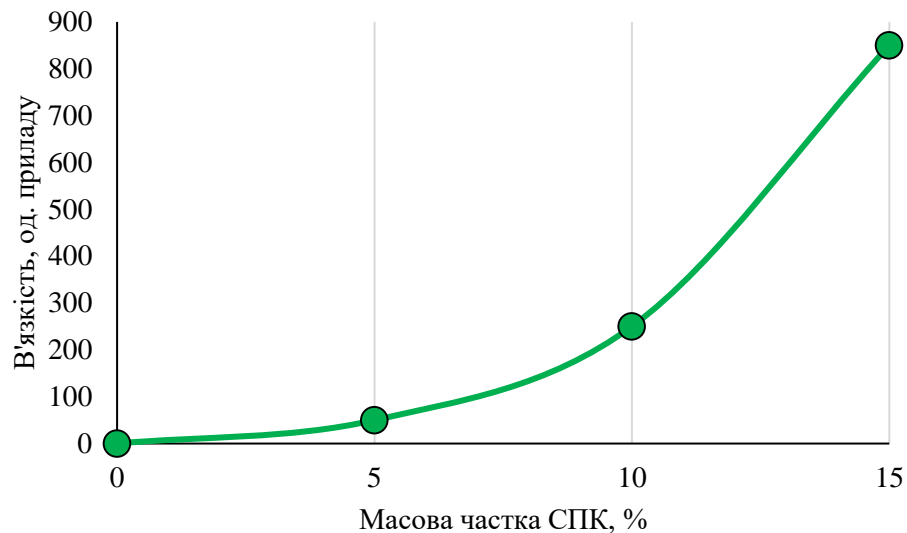


Рисунок 3.1 – Вплив масової частки сухої пшеничного клейковини на в'язкість суспензії

Дослідження показали, що зі збільшенням концентрації сухої пшеничної клейковини (СПК) від 5 до 15% в'язкість системи зростала поступово, тоді як за концентрації 20% формувалася стійкий гель. Однак структура гелю була неоднорідною, колір мав темний відтінок із сіруватим забарвленням, а при незначній механічній обробці на поверхні з'являлися крапельки води.

Встановлене значення критичної концентрації гелеутворення значно перевищувало дозування таких традиційних гелеутворювачів, як пектин чи агар-агар, рекомендованих для рецептури зефіру. Це обґрунтовує необхідність пошуку способів зниження концентрації білкового препарату з метою його економії. Подальші експерименти проводили з використанням масової частки СПК 5%, що відповідає дозуванню білкового гелеутворювача желатину у виробках, наприклад у торті «Пташине молоко», а також концентрації клейковини, яка, за літературними даними, здатна формувати гель у тісті.

З літератури [34] відомо, що гелеутворюючі властивості білків оцінюються за в'язкісні характеристики розчинів або суспензій після їх термічної обробки. Оскільки уніфікована методика, що регламентує інтенсивність і тривалість впливу температури на клейковину в даний час відсутня, далі нами проведені досліди з

визначення температури і тривалості обробки суспензії клейковини, при якій в'язкість як критерій гелеутворення була б максимальною.

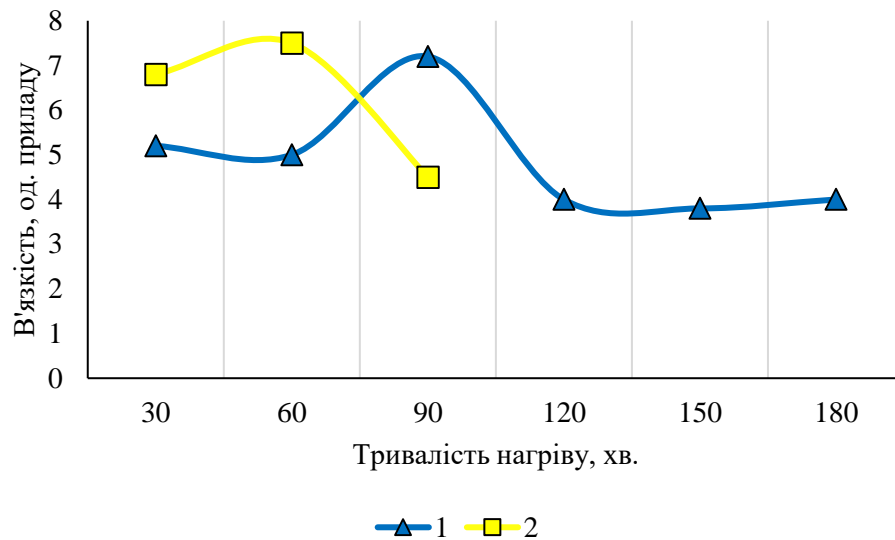


Рисунок 3.2 – Вплив тривалості нагрівання та температури на в'язкість суспензії СПК, температура: 1-90 °C, 2-100 °C

Як видно з рис. 3.2, при нагріванні суспензії до температури 90 °C в'язкість зростала протягом перших 90 хвилин, досягаючи максимального значення, після чого починала знижуватися. У разі нагрівання при температурі 100 °C максимальна в'язкість спостерігалася вже через 45 хвилин. Початкове зростання в'язкості протягом перших 15 хвилин, імовірно, обумовлене клейстеризацією крохмалю, що входить до складу СПК. Подальше зниження в'язкості після досягнення пікових значень може бути пов'язане зі змінами в структурі білкових молекул, включаючи термодеструкцію та розпад утворених білкових агрегатів.

Таким чином, визначено режим термічної обробки для досягнення максимальної в'язкості 5% суспензії СПК: температура - 100 °C, час обробки суспензії - 45 хв.

У традиційному виробництві зефіру кисле середовище має вирішальне значення, оскільки воно не лише забезпечує характерний смак продукту, але й сприяє процесу студнеутворення пектину. Оскільки структура молекул білка та їх в'язкість залежать від кількості та розташування зарядів на його поверхні,

наступним кроком було дослідження впливу різних значень рН на в'язкість 5% суспензії СПК. Як показано на рис. 3.3, максимальна в'язкість суспензії спостерігалася при рН 3, а мінімальна – при рН 7,5–8. При подальшому збільшенні рН вище 8 в'язкість суспензії різко зростала.

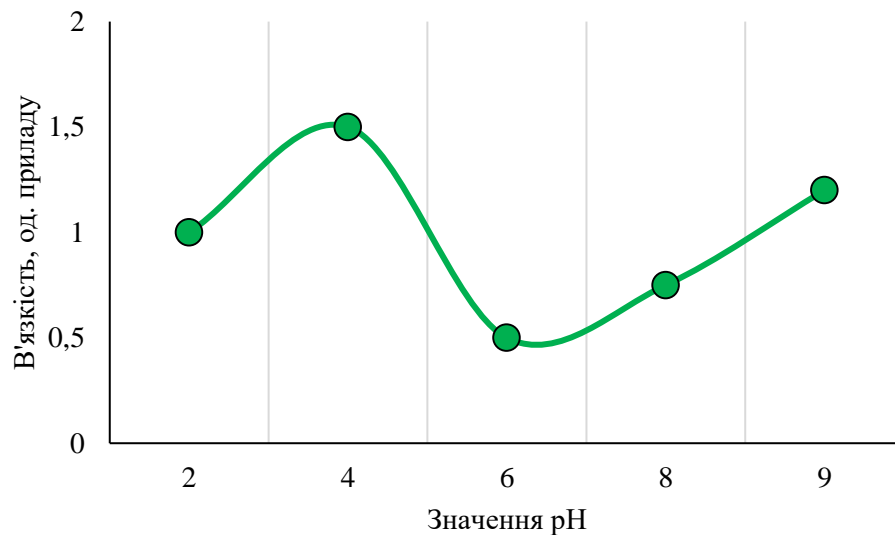


Рисунок 3.3 – Вплив кислотності середовища на в'язкість суспензії СПК

Таким чином, у нейтральному середовищі, що відповідає ізоелектричній точці (ІЕТ) її білків, в'язкість суспензій сухої клейковини мінімальна і, навпаки, у лужному або кислому середовищі - максимальна. При значеннях рН близько 3, що є характерним для значення кислотності маси зефіру, слід очікувати і високу здатність до гелеутворення досліджуваної сухої пшеничної клейковини.

3.2 Вплив гідроколоїдів полісахаридної природи на в'язкість пшеничної клейковини

Процеси та закономірності впливу деяких гідроколоїдів полісахаридної природи на в'язкість соєвих, молочних та інших білкових препаратів досліджені досить добре. Однак для сухої пшеничної клейковини подібних відомостей обмаль. Зокрема, з вітчизняної літератури відомо, що піноутворювальні та жироемульгуючі властивості СПК залежать від наявності таких гідроколоїдів, як гуарова,

ксантанова, ріжкова камеді та каппа-карагена, але закономірності їх впливу на цей препарат ще не вивчені.

Оскільки деякі полісахариди можуть утворювати іонні зв'язки з білками, що дозволяє їм регулювати в'язкість та гелеутворення, були проведені дослідження, спрямовані на вивчення спільного використання цих полімерів. Для цього були відібрані препарати пектину, альгілату натрію та каппа-карагенану, оскільки пектин є традиційною сировиною для виробництва пастильних виробів, а альгілат натрію та препарати карагенану – ефективними структуроутворювачами в м'ясних та молочних харчових системах.

Для визначення ефективності спільного використання полімерів полісахаридної та білкової природи в зефірній масі, було вивчено вплив гідроколоїдів на в'язкість 5%-ої суспензії СПК. Гідроколоїди та СПК набухали протягом 2 та 4 годин, а також протягом 4 годин з подальшою термообробкою при температурі 100 °C протягом 45 хвилин. Для забезпечення об'єктивних результатів в'язкість визначали після центрифугування суспензій при 7000 об/хв протягом 20 хв.

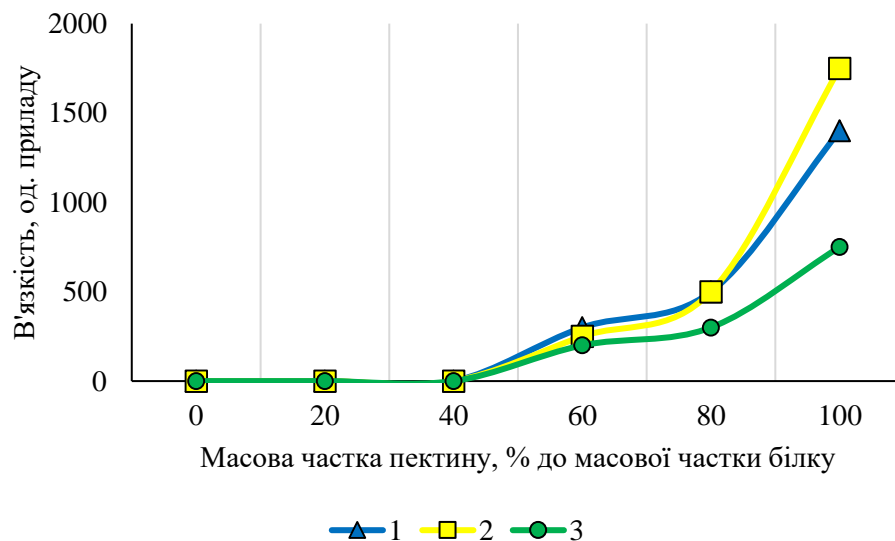


Рисунок 3.4 – Вплив масової частки пектину на в'язкість суспензій СПК при режимах набухання: 1 – 2 години, 2 – 4 години, 3 – 4 години з нагріванням при 100 °C

Результати показали, що в присутності ВЕ пектину гель СПК не утворювався, навіть при масовій частці пектину, що становила 100% маси білка. Зі збільшенням дозування пектину від 60 до 100% спостерігалися помітні відмінності між кривими, отриманими за різних режимів підготовки суспензії. Так, після точки, що відповідає масовій частці пектину близько 70%, криві 1 і 2 розходилися, що свідчило про зміни в властивостях взаємодії полімерів.

Оскільки полісахариди та білки є обмежено сумісними, можна зробити висновок, що в зазначеній точці досягалася межа їх сумісності, при цьому полімери витісняли один одного. Важливо відзначити, що в'язкість суспензій, підданих нагріванню (рисунок 3.4, крива 3), була найменшою. Ймовірно, під час термічної обробки, що призводить до часткового розкручування білкової молекули, інтенсифікується взаємодія білка та полісахариду з утворенням розчинних комплексів, внаслідок чого менша кількість реакційних груп брала участь у процесі формування просторової сітки гелю. Таким чином, з результатів зниження в'язкості суспензії при термічній обробці можна зробити висновок, що при спільному використанні СПК і ВЕ пектину нагрівання негативно впливає на гелеутворювальні властивості досліджуваних полімерів.

На рис. 3.5 подано зміну в'язкості суспензій СПК з альгінатом натрію.

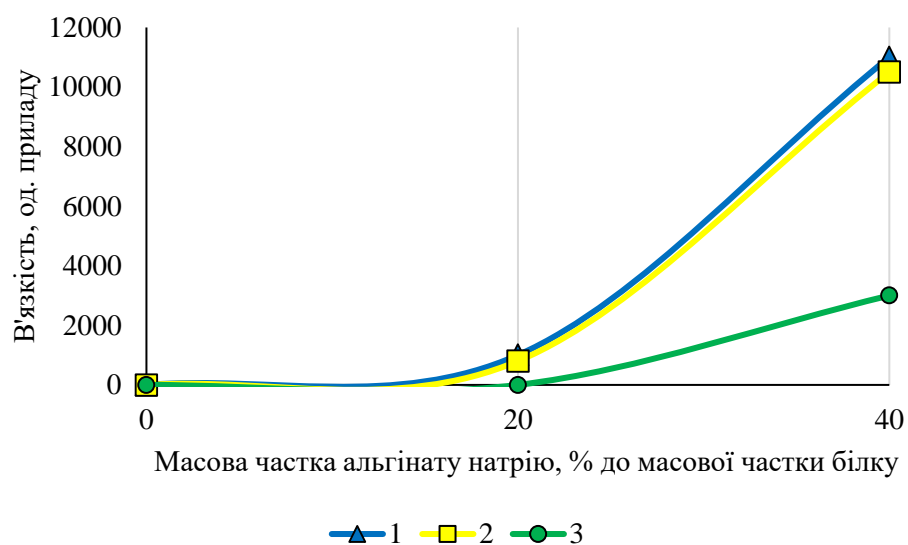


Рисунок 3.5 – Зміна в'язкості суспензії СПК з альгінатом натрію при режимах набухання: 1 – 2 год, 2 – 4 год, 3 – 4 год з нагріванням при 100 °С

Видно, що при альгінату натрію, як і з ВЕ пектином, при температурній обробці в'язкість суспензій СПК була найменшою (рис. 3.5, крива 3). Межа сумісності полімерів відзначалася при концентрації альгінату натрію до 20% маси білка, тобто. при концентрації більш ніж у 3 рази нижче, ніж з ВЕ пектином. В'язкість суспензій, що набухають 2 або 4 години, незалежно від масової частки альгінату натрію, була практично однаковою.

Якщо порівняти результати дослідів, наведених на рис. 3.4 і 3.5, то видно, що в'язкість суспензій з альгінатом натрію значно вище в'язкості суспензій з пектином ВЕ, однак, утворення гелю при цьому також не спостерігалось. Збільшувати концентрацію альгінату натрію вище 40% до маси білка було недоцільно, так як суспензії характеризувалися як надмірно в'язкі, вони не піддавалися центрифугуванню, отже, важко вивчення в аналогічних умовах.

З літератури [51] відомо, що гелеутворюючі властивості альгінату натрію добре проявляються в присутності іонів полівалентних металів (за механізмом моделі «яєчного пакування»).

На рис. 3.6 представлені дані зміни в'язкості суспензій СПК у присутності каппа-карагенану.

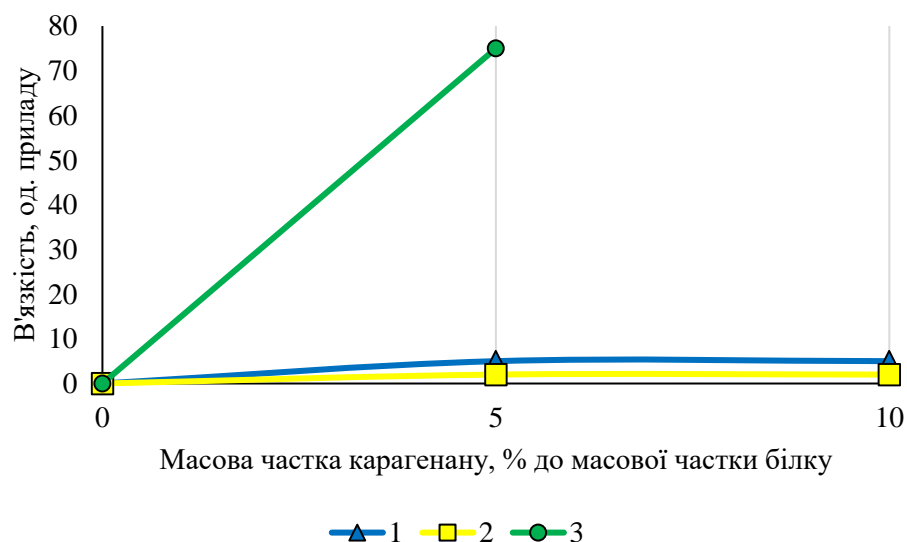


Рисунок 3.6 – Зміна в'язкості суспензії СПК з карагінаном при режимах набухання: 1 – 2 години, 2 – 4 години, 3 – 4 години з нагріванням при 100 °C

Видно, що при нагріванні системи при 100°C після 4 год набухання вже при концентрації каппа-карагенану 5% до маси білка утворювався гель. Без теплової обробки гель не формувался.

Причиною цього могли бути структурні особливості клейковини, що зумовлюють менший внесок у формування просторової сітки комплексного гелю, або низька розчинність каппа-карагенану при кімнатній температурі.

Зміни в'язкості для кривих 1 та 2 є незначними, що свідчить про слабкий вплив цих умов на властивості системи. Пік в'язкості при масовій частці карагенану 5% (для кривої 3) може бути ключовим показником оптимального дозування карагенану для досягнення бажаних структурних властивостей.

3.3 Дослідження показників якості дослідних зразків зефіру

Підсумкові рецептури, якими здійснювалося приготування зразків зефіру, представлені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Зведені рецептури приготування зефіру

Найменування сировини	Витрата сировини, кг, у натурі		
	Рецептура 1 (контроль)	Рецептура 2	Рецептура 3
Цукор-пісок	678,49	678,49	678,30
Пюре яблучне	282,60	282,60	282,60
Білок яечний сухий	8,48	6,27	6,26
Суша пшенична клейковина	0,00	2,27	2,51
Пектин	14,13	14,13	14,13
Патока крохмальна	135,67	135,67	135,63
Кислота молочна	5,65	5,65	5,65
Ароматизатор "Ванільний"	1,13	1,13	1,13
Цитрат натрію	2,27	2,27	2,27
Пудра цукрова	29,86	29,86	29,86
Разом	1158,28	1158,34	1158,34
Вихід	1000,00	1000,00	1000,00

Після введення в збиту масу готового цукрово-патокового сиропу та досягнення необхідної щільності піни, зефірну масу додавали ароматичні речовини та молочну кислоту. Введення молочної кислоти знижувало рН і, тим самим, сприяло початку процесу студнеутворення пектину, у зв'язку з чим формування зефірної маси здійснювалося безпосередньо після процесу збивання.

Якість готової зефірної маси оцінювали за показниками щільності, масової частки сухих речовин та органолептичних показників. Так як міцність зефірної маси грає вирішальну роль у формуванні якості виробу, то після завершення процесу студнеутворення (через 3 години після відсадження) додатково вимірювали граничну напругу зсуву мас на пенетрометрі ПМДМ.

Порівняльний аналіз якісних показників зефірної маси, отриманої за досліджуваними рецептурами, представлений у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Органолептичні та фізико-хімічні показники зефірних мас

Найменування сировини	Рецептура 1 (контроль)	Рецептура 2	Рецептура 3
Зовнішній вигляд	Матова біла маса, що утворює м'які візерунки при відсаженні	Матова маса, з незначним кремівим відтінком, що утворює м'які візерунки при відсаженні	Матова маса, з незначним кремівим відтінком, що утворює м'які візерунки при відсаженні
Масова частка сухих речовин, %	78,0	77,5	78,5
Щільність кг/м ³	475	500	480
рН	3,25	3,4	3,4
Гранична напруга зсуву, 10 ³ Па	1,54	1,62	1,78

Видно, що заміна частини яєчного білка на пшеничну клейковину підвищувала щільність мас з 475 до 500 і 485 кг/м³ рецептур 2 і 3, відповідно.

Зі збільшенням дозування сухої клейковини підвищувалася міцність зефірної маси з 1,54 (контроль) до 1,62-1,78·10³ Па для рецептур 2 і 3, відповідно, що

позитивно позначалося на готових виробих з компенсацією коливання студнеутворюючої здатності яблучного пюре з пектином, виключенням ризику утворення браку та зниженням кількості отриманих відходів.

Поява у готових виробів незначного кремового відтінку, зумовленого введенням у систему пшеничного клейковини, допускається вимогами Міждержавним стандартом 6441 і не є фактором, що обмежує застосування розроблених рецептур. Органолептичні та фізико-хімічні показники якості готових виробів наведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Показники якості зразків зефіру із СПК

Найменування сировини	Рецептура 1 (контроль)	Рецептура 2	Рецептура 3
Зовнішній вигляд	Властиві даному найменуванню, виражені, рифлені грані, без виділення сиропу	Властиві даному найменуванню з незначним кремовим відтінком, без виділення сиропу	Властиві даному найменуванню з незначним кремовим відтінком, без виділення сиропу
Кислотність, град	6,0	5,8	5,8
Масова частка вологи, %	18,0	18,5	19,0
Масова частка редукуючих речовин, %	9,4	9,6	9,6

Як свідчать отримані дані, всі зразки за органолептичними та фізико-хімічними показниками відповідали вимогам чинної нормативної документації.

У контрольній рецептурі кислотність становить 6,0 градусів, тоді як у рецептурах 2 і 3 цей показник трохи знижений до 5,8 градусів. Це може впливати на смак продукту, роблячи його менш кислим, але залишається в межах допустимих норм.

У контрольній рецептурі вміст редукуючих речовин становить 9,4%, тоді як у рецептурах 2 і 3 цей показник підвищений до 9,6%. Збільшення редукуючих

речовин може впливати на солодкість та інші органолептичні властивості продукту.

Рецептури 2 і 3 демонструють незначні відхилення в характеристиках порівняно з контрольною, зокрема, вищий вміст вологи та редуруючих речовин, що може впливати на текстуру та солодкість. Зовнішній вигляд у всіх варіантах залишається прийнятним, без виділення сиропу, але в рецептурах 2 і 3 є кремований відтінок. Ці рецептури підходять для виготовлення продукту з м'якшою текстурою та збалансованим смаком.

Для оцінки біологічної цінності зефіру з використанням пшеничної клейковини застосовувався показник "скор" (табл. 3.4), який відображає ступінь відповідності амінокислотного складу досліджуваного білка "ідеальному білку" з оптимальним балансом незамінних амінокислот [68].

Відомо, що білки злакових культур, таких як жито і пшениця, мають нижчу біологічну цінність у порівнянні з тваринними білками, такими як ячний чи молочний [69]. Тому було проведено аналіз амінокислотного складу суміші білків яєчного альбуміну та СПК у співвідношеннях 70:30 та 63,6:36,4.

Таблиця 3.4 – Амінокислотний склад білків та їх суміші

Незамінні амінокислоти	Вміст амінокислот, мг на 1г білка		Амінокислотний скор, %, суміші ячний альбумін - СПК у співвідношенні	
	Пшенична клейковина	Ячний альбумін	70:30	63,6:36,4
Ізолейцин	29	59	100	100
Лейцин	64	85	100	100
Лізін	27	62	98	96
Метіонін+цистин	30	62	100	100
Фенілаланін + тирозин	67	100	100	100
Треонін	25	45	98	97
Триптофан	12	15	100	100
Валін	34	66	100	100

Згідно з даними табл. 3.4, показник скору для лімітуючих амінокислот (лізину та треоніну) у комплексній суміші білків пшеничної клейковини та яєчного альбуміну становив 96-98%.

Враховуючи збільшення загальної масової частки білків на 10% порівняно з традиційною рецептурою (рецептура 3, табл. 3.1) завдяки додаванню СПК, можна зробити висновок, що заміна частини дорогих тваринних білків на пшеничну клейковину не вплинула на забезпечення організму незамінними амінокислотами. Це означає, що біологічна цінність кінцевого продукту залишилася на високому рівні.

Харчова цінність зефіру, приготовленого за розробленими рецептурами, представлена в табл. 3.5. Дані вказують на відсутність значних відмінностей у харчовій цінності між запропонованими рецептурами та контролем.

Таблиця 3.5 – Харчова цінність дослідного та контрольного зразка зефіру

Харчова цінність 100г виробів	Рецептура 1 (контроль)	Рецептура 2	Рецептура 3
Білки, г	0,67	0,66	0,70
Жири, г	0,05	0,06	0,06
Вуглеводи, г	81,7	81,7	81,4
Енергетична цінність, ккал	315	315	315

Заміна 30% яєчного білка на суху пшеничну клейковину в рецептурі № 2 практично не знижує масову частку білка в 100г виробу, а збільшення дозування клейковини до 40% по відношенню до дозування яєчного білка в контролі (рецептура 3), кілька його збільшує %).

Рецептура 3, у порівнянні з іншими зразками, характеризується найбільшим вмістом білків, що підвищує її харчову цінність, зберігаючи при цьому стабільний рівень жирів і мінімальне зниження вмісту вуглеводів. Це свідчить про потенційні

переваги використання пшеничної клейковини в рецептурі зефіру. Енергетична цінність виробів залишалася на незмінному рівні.

Для вивчення зміни показників якості зефіру з пшеничною клейковиною в процесі зберігання, зразки, виготовлені за традиційною та розробленою рецептурою, упаковані в поліетиленову плівку, зберігалися протягом 45 діб при температурі 18 ± 2 °C та відносній вологості повітря не вище 75%. Результати порівняльного аналізу показників якості зразків зефіру по відношенню до контрольного зразка наведені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Показники якості зразків зефіру після зберігання

Найменування сировини	Рецептура 1 (контроль)	Рецептура 2	Рецептура 3
Зовнішній вигляд, форма	Властиві даному найменуванню, ущільнення поверхні; незначне зацукровування скоринки	Властиві даному найменуванню, незначне потемніння поверхні	Властиві даному найменуванню, незначне потемніння поверхні
Загальна кислотність, град	6,5	6,2	6,1
Масова частка води, %	16,6	18,1	18,4
Масова частка редукуючих речовин, %	10,2	10,2	10,4

У зразків зефіру, приготовлених із сухою пшеничною клейковиною, зазначено зниження швидкості втрати води (рис. 3.7).

Вологість контрольного зразка знижувалася на 1,4%, тоді як у зразків із введенням пшеничної клейковини – на 0,4 та 0,6 %, відповідно, для рецептур 2 та 3 (табл. 3.1).

За іншими фізико-хімічними та органолептичними показниками, зміни були незначні, всі зразки після закінчення 45 діб зберігання за показниками якості відповідали вимогам Міждержавного стандарту 6441.

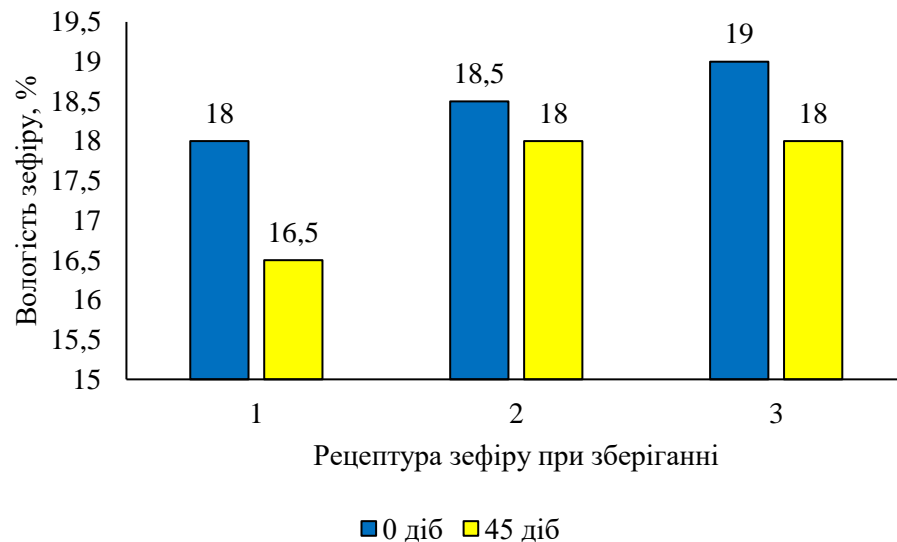


Рисунок 3.7 – Зниження вологості зразків зефіру при зберіганні

Таким чином, визначено оптимальні технологічні режими набухання пектину в яблучному пюре (20-25 хвилин, температура $45\pm 5^{\circ}\text{C}$), збивання рецептурної суміші (8-10 хвилин при температурі $45\pm 5^{\circ}\text{C}$) та послідовність введення компонентів. Зразки зефіру, приготовані із заміною частини яєчного білка на пшеничну клейковину, не поступалися показниками якості контрольного зразка, а за показником міцності мас перевищували його на 5,2 і 15,6%.

Рецептура з використанням сухої пшеничної клейковини забезпечувала при розроблених параметрах технологічного процесу отримання виробів відповідної якості, харчової цінності та з покращеними характеристиками.

Висновки по розділу.

Встановлено, що зі збільшенням концентрації сухої пшеничної клейковини (СПК) від 5 до 15% в'язкість системи зростає поступово, тоді як за концентрації 20% формувалася стійкий гель. Однак структура гелю була неоднорідною, колір мав темний відтінок із сіруватим забарвленням, а при незначній механічній обробці на поверхні з'являлися крапельки води.

Зафіксовано, що при нагріванні суспензії до температури 90°C в'язкість зростає протягом перших 90 хвилин, досягаючи максимального значення, після

чого починає знижуватися. У разі нагрівання при температурі 100 °С максимальна в'язкість спостерігалася вже через 45 хвилин. Початкове зростання в'язкості протягом перших 15 хвилин, імовірно, обумовлене клейстеризацією крохмалю, що входить до складу СПК.

Визначено режим термічної обробки для досягнення максимальної в'язкості 5% суспензії СПК: температура - 100 °С, час обробки суспензії - 45 хв.

Результати показали, що в присутності ВЕ пектину гель СПК не утворювався, навіть при масовій частці пектину, що становила 100% маси білка.

Визначено, що в'язкість суспензій з альгінатом натрію значно вище в'язкості суспензій з пектином ВЕ, однак, утворення гелю при цьому також не спостерігалася. Збільшувати концентрацію альгінату натрію вище 40% до маси білка було недоцільно, так як суспензії характеризувалися як надмірно в'язкі, вони не піддавалися центрифугуванню, отже, важко вивчення в аналогічних умовах.

Зафіксовано, що при нагріванні системи при 100°C після 4 год набухання вже при концентрації каппа-карагенану 5% до маси білка утворювався гель. Без теплової обробки гель не формувався.

У зразків зефіру, приготовлених із СПК, зазначено зниження швидкості втрати вологи. Вологість контрольного зразка знижувалася на 1,4%, тоді як у зразків із введенням пшеничної клейковини – на 0,4 та 0,6 %, відповідно, для рецептур 2 та 3.

Враховуючи збільшення загальної масової частки білків на 10% порівняно з традиційною рецептурою завдяки додаванню СПК, можна зробити висновок, що заміна частини дорогих тваринних білків на пшеничну клейковину не вплинула на забезпечення організму незамінними амінокислотами. Це означає, що біологічна цінність кінцевого продукту залишилася на високому рівні.

Рецептура з використанням сухої пшеничної клейковини забезпечувала при розроблених параметрах технологічного процесу отримання виробів відповідної якості, харчової цінності та з покращеними характеристиками.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз небезпек при виробництві зефіру

Під час трудової діяльності співробітники можуть зазнавати впливу небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища. Деякі з них можуть спричиняти захворювання різного характеру як негайно, так і з часом, інші ж стають причиною травм і втрати працездатності. Ці явища часто взаємопов'язані: наявність одного виду факторів може провокувати виникнення інших.

«Різноманітні небезпечні та шкідливі виробничі фактори можуть призводити до появи професійних захворювань. Такі захворювання виникають як при тривалому впливі несприятливих умов або перебуванні в небезпечних зонах, так і внаслідок одноразового контакту з негативними чинниками» [70].

На підприємствах кондитерської промисловості співробітники зазнають впливу фізичних, хімічних і біологічних небезпечних факторів.

Мікроклімат на робочому місці впливає як на здоров'я, так і на працездатність людини. Зокрема, «високі температури можуть спричиняти теплові удари, підвищення артеріального тиску, а низькі – простудні захворювання, переохолодження. Низька вологість повітря сприяє пересиханню слизових оболонок дихальних шляхів» [71]. Все це може призвести до професійних хвороб. Згідно з принципами охорони праці, одним із основних заходів є забезпечення оптимальних умов мікроклімату на робочому місці.

«Якщо температура в робочому приміщенні перевищує +26 градусів, і її неможливо знизити, роботодавець зобов'язаний встановити систему кондиціонування. Крім того, працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту, що допомагають охолодженню» [71].

Відносною вологістю називається співвідношення кількості водяної пари в повітрі до максимально можливої кількості водяної пари при конкретній температурі. «Для забезпечення належного мікроклімату в приміщенні важливо

підтримувати необхідний рівень кисню в повітрі. Це можна досягти через провітрювання або встановлення системи клімат-контролю» [70].

Повітря в приміщенні повинно бути свіжим, що забезпечується його циркуляцією, досягаючи через вентиляцію. Якщо повітря не рухається достатньо, воно застоюється, що може негативно позначитися на здоров'ї людей.

«Забруднене повітря, яке містить пилові частинки, є потенційною небезпекою для здоров'я. Одним з головних джерел забруднення повітря в кондитерських цехах є цукровий пил» [70].

Для підтримки оптимальних умов мікроклімату роботодавець повинен автоматизувати робочі процеси, захищати робочі місця від джерел теплового випромінювання та забезпечувати їх належними системами вентиляції, кондиціонування і опалення.

У виробничих умовах різноманітні машини, апарати та інструменти є джерелами шуму та вібрації. «Шум і вібрація — це механічні коливання, які поширюються через газоподібне і тверде середовище. Вони різняться частотою коливань» [71].

«Глушники шуму – це пристрої, що знижують аеродинамічний шум, перешкоджаючи його поширенню. Залежно від принципу дії глушники поділяються на абсорбційні, реактивні та комбіновані» [71].

Зниження рівня вібрацій машин передбачає зменшення динамічних процесів, які виникають через удари, різкі прискорення тощо. «Усунення дисбалансу обертових мас досягається завдяки точному балансуванню. Для цього використовуються вібродемпфери, які перетворюють механічні коливання в інші види енергії, зокрема теплоту, за допомогою нанесення на поверхні пружно-в'язких матеріалів, що мають високі втрати на внутрішнє тертя» [70].

Інфраструктура кожного промислового підприємства включає елементи, що забезпечують пожежну безпеку, які закладаються ще на етапі проектування. Через суворі нормативи в галузі пожежної безпеки проекти будівництва промислових майданчиків обов'язково передбачають схематичне розташування системи протипожежних заходів. «Перед будівництвом об'єктів здійснюється зонування,

враховуючи рівень пожежної та вибухової небезпеки технологічних процесів і будівель» [70].

На виробничих майданчиках повинні бути спеціальні виїзди для зручного проїзду пожежної техніки в разі загоряння. На території підприємства обов'язково передбачають не менше двох в'їздів. Усі приміщення оснащуються пожежобезпечними елементами, такими як стіни, двері та перекриття, що забезпечують захист від поширення вогню.

«На кожному підприємстві обов'язково повинні бути наявні засоби для боротьби з пожежею, такі як пожежні гідранти, вогнегасники, ящики з піском і індивідуальні засоби захисту. По всьому периметру об'єкта розміщується система сигналізації, яка оперативного сповіщає персонал про загоряння» [70].

Для зберігання первинних засобів боротьби з вогнем передбачені спеціальні щити та шафи, в яких зберігаються вогнегасники, відра, лопати та інший необхідний інвентар. Ці щити встановлюють на складах, в підсобних приміщеннях, на подвір'ях підприємства. Важливо, щоб вони не були піддані прямому сонячному світлу, дощу чи снігу.

«Крім того, на підприємстві обов'язково облаштовують санітарно-побутові приміщення для персоналу. Це включає роздягальні для верхнього одягу та переодягання у спецодяг, оснащені лавками та шафами» [71]. Біля роздягалень встановлюють душові кабінки та санвузли. У виробничих приміщеннях, зокрема в цехах, також повинні бути санвузли для працівників. Окрім того, «працівникам надається кімната для прийому їжі, а також щодня видається чистий випрасуваний робочий одяг» [70].

4.2 Розробка картки охорони праці в умовах ТОВ «Кріоліт»

Розробка картки охорони праці для виробництва зефіру є критично важливою для забезпечення безпеки працівників і дотримання норм безпеки на підприємстві. Вона «дозволяє визначити потенційні небезпеки, які можуть виникнути під час виробничого процесу, і встановити необхідні заходи для їх попередження» [71].

Оскільки в процесі виготовлення зефіру використовуються різні інгредієнти, технологічне обладнання та специфічні умови, картка охорони праці допомагає мінімізувати ризики травматизму, впливу шкідливих речовин та інших негативних факторів, що можуть впливати на здоров'я працівників.


<h1 style="margin: 0;">ПАМ'ЯТКА</h1> <p style="margin: 0;">з охорони праці в межах ТОВ «Кріоліт Д»</p> 
<h2 style="margin: 0;">1. Загальні положення</h2>
<p>1.1. До роботи кондитером допускаються особи, що пройшли навчання:</p> <ul style="list-style-type: none"> - по спеціальності і мають медичну книжку; - по роботі на електромеханічному обладнанні для кондитерського цеху; - по роботі на електричних плитах, а також пройшли навчання з питань охорони праці та пожежної безпеки, вступний та первинний інструктаж на робочому місці і знання яких відповідають вимогам нормативних документів. <p>1.2. Виконуйте роботу в установлених діючими нормами фірмовій одежі.</p> <p>1.3. Дотримуйтесь правил особистої гігієни.</p> <p>1.4. Дотримуйтесь правил пожежної безпеки.</p> <p>1.5. При травмуванні звертайтеся за медичною допомогою і повідомте про це головного експерта.</p> <p>1.6. За невиконання правил Ви несете відповідальність відповідно з діючим законодавством і правилами внутрішнього трудового розпорядку.</p>
<h2 style="margin: 0;">2. Вимоги безпеки перед початком робіт</h2>
<p>2.1. Правильно одягати спецодяг:</p> <ul style="list-style-type: none"> - волосся сховати під головний убір, рукава застебнути біля зяп'ястя рук; - не заколювати спецодяг голками, шпильками, не тримати в кишенях гострих предметів. <p>2.2. Оглянути робоче місце, прибрати всі зайві предмети, що заважають працювати.</p> <p>2.3. Перевірити стан підлоги, щоб вона була суха та чиста без пролиття рідин та технологічних продуктів.</p> <p>2.4. Перевірити справність необхідних для роботи інструментів і пристроїв (дерев'яні ручки інвентарю не повинні мати тріщин та інших пошкоджень).</p> <p>2.5. Переконайтесь у відсутності оголених кінцівок проводів.</p>
<h2 style="margin: 0;">3. Вимоги безпеки під час роботи</h2>
<p>3.1. Не працювати з обладнанням, будову якого не знаєте, робота на якому невідома та не доручена.</p> <p>3.2. При підготовці до демонстрації виробів дотримуватись правил безпеки праці та санітарних вимог.</p>

Рисунок 4.1 – Розроблена картка з охорони праці для працівників кондитерського цеху ТОВ «Кріоліт Д»

Також картка охорони праці є важливим інструментом для організації правильного навчання та інструктажу персоналу. Вона містить інформацію про

безпечні методи роботи, використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), а також про процедури на випадок аварійних ситуацій. «Це дозволяє ефективно управляти виробничими ризиками, підвищувати рівень охорони праці та забезпечувати відповідність підприємства законодавчим вимогам» [70].

Важливим аспектом є і поліпшення загальної культури безпеки на підприємстві, що сприяє зниженню ймовірності нещасних випадків і створює безпечні умови для роботи всіх працівників.

Висновки по розділу.

У процесі роботи були визначені основні потенційно небезпечні фактори, зокрема фізичні, хімічні та біологічні. Аналіз показав, що головними ризиками є надмірний шум від обладнання, вплив температурних режимів, пилові викиди та ризики травмування через порушення безпечного користування технікою. Виявлені загрози дозволили розробити стратегії їх мінімізації, що сприяє збереженню здоров'я працівників і забезпеченню безперервності виробничих процесів.

Розроблена картка охорони праці для умов ТОВ «Кріоліт» стала ключовим інструментом підвищення рівня безпеки на підприємстві. Вона включає опис потенційних небезпек, перелік засобів індивідуального захисту, вимоги до дотримання санітарно-гігієнічних норм і рекомендації щодо поведінки з обладнанням. Ця картка дозволяє персоналу діяти відповідно до регламентованих норм, мінімізуючи ризики нещасних випадків, професійних захворювань та забезпечуючи ефективну профілактику виробничих травм.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок витрат для проведення дослідження

Розрахунок витрат для проведення дослідження є невід'ємною складовою етапу планування будь-якої наукової роботи. У випадку дослідження на тему «Обґрунтування технології виробництва зефіру з використанням сухої пшеничної клейковини» витрати можна умовно поділити на кілька категорій: закупівля сировини, витрати на використання обладнання, оплата праці, витрати на аналітичні дослідження та загальні адміністративні витрати.

«Точний розрахунок витрат є ключовим для забезпечення ефективного виконання дослідження. Це дозволяє уникнути зайвих фінансових витрат, оптимізувати використання ресурсів і своєчасно планувати всі етапи експериментальної роботи» [72].

Крім того, адекватно складений бюджет допомагає аргументувати потребу у фінансуванні дослідження перед грантодавцями чи інвесторами. «Таким чином, розрахунок витрат є стратегічним інструментом для успішної реалізації наукового проекту» [72].

Точний розрахунок витрат також забезпечує прозорість і контроль на всіх етапах дослідження. Це особливо важливо для уникнення перевитрат або недостатнього фінансування окремих елементів експериментальної роботи. Визначення всіх статей витрат дозволяє виявити потенційні ризики, пов'язані з нестачею ресурсів, та своєчасно внести необхідні корективи в план дослідження.

«Розрахунок витрат також створює базу для оцінки економічної ефективності отриманих результатів. У разі впровадження розробленої технології виробництва зефіру в промислове виробництво, попередній аналіз витрат допоможе оцінити рентабельність та комерційну доцільність проекту. Це дозволяє не лише спрогнозувати фінансові показники, але й підвищити привабливість розробки для потенційних партнерів та інвесторів» [72].

Таким чином, розрахунок витрат є не лише інструментом планування, але й важливим фактором успішного завершення проекту та подальшої його реалізації.

«Витрати, пов'язані з проведенням дослідження, включають витрати на основні матеріали, споживання електроенергії, нарахування заробітної плати, амортизаційні відрахування та накладні витрати» [72].

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
Яблука, кг	20,0	30,00	600,00
Суша пшенична клейковина, кг	10,0	190,00	1900,00
Патока, кг	4,0	40,00	160,00
Цукор, кг	2,0	30,00	60,00
Яечний білок, уп.	5,0	300,00	1500,00
Пектин, уп.	6,0	160,00	960,00
Карагенани, уп.	3,0	150,00	450,00
Альгінат, уп.	3,0	130,00	390,00
Кислота молочна, уп.	10,0	12,00	120,00
Ванільний цукор, уп.	15,0	10,00	150,00
Всього			6290,00

«Заробітна плата працівників, залучених до проведення дослідження, розраховується шляхом множення середньогодинного заробітку на обсяг відпрацьованого часу» [72]. 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.).

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

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

$$E_{\text{ел.плита}} = 2,2 \cdot 0,9 \cdot 23 \cdot 4,32 = 196,73 \text{ грн};$$

$$E_{\text{ваг}} = 0,8 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 4,32 = 138,24 \text{ грн};$$

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{бленд.}} + E_{\text{міксер}} + E_{\text{ел.плита}} + E_{\text{ваг}} = 116,64 + 116,64 + 196,73 + 138,24 = 568,25 \text{ грн.}$$

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» [72].

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.

Φ – вартість обладнання, грн.;

H – річна норма амортизації, %;

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

365 – кількість днів у році.

$$A_{\text{бленд.}} = \frac{2200 \cdot 20 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 1,20 \text{ грн};$$

$$A_{\text{міксер}} = \frac{1850 \cdot 20 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 1,01 \text{ грн};$$

$$A_{\text{ел.плита}} = \frac{3200 \cdot 20 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 1,75 \text{ грн};$$

$$A_{ваг} = \frac{6000 \cdot 12,5 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 2,05 \text{ грн.}$$

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
Блендер	2200	20	1	1,20
Міксер	1850	20	1	1,01
Електроплита	3200	20	1	1,75
Ваги лабораторні	6000	12,5	1	2,05
Всього				6,01

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	6290,00
Заробітна плата	1050,00
Нарахування на заробітну плату	231,00
Електроенергія	568,25
Амортизація	6,01
Накладні витрати	840,00
Всього	8985,26

Згідно з табл. 5.4, найбільша частка витрат у процесі проведення дослідження припадає на основні матеріали, що становлять 70,0% від загального обсягу витрат. Найменша частка витрат пов'язана з амортизацією обладнання, яка складає лише 0,06 % 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:

$$Ц = 8985,26 + \frac{30 \cdot 8985,26}{100} = 11680,84 \text{ грн.}$$

Отже, вартість проведеного дослідження становить 11680,84 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 70,0% від загального обсягу витрат. Найменша частка витрат пов'язана з амортизацією обладнання, яка складає лише 0,06 % від загальної суми витрат.

Загалом, з урахуванням 30% нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 11680,84 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз даних показує, що виробництво пастильних виробів, зокрема зефіру, ґрунтується на комплексі технологічних процесів, які спрямовані на отримання продукту зі стабільною текстурою, привабливими органолептичними властивостями та тривалим терміном зберігання.

Функціонально-технологічні властивості сухої пшеничної клейковини розглянуто з точки зору її потенціалу як структуроутворювача у пінних системах. Пшенична клейковина має здатність підвищувати еластичність і пружність структури, що є перспективним для розробки нових рецептур зефіру зі зниженим вмістом традиційних гідроколоїдів.

Актуальність дослідження зумовлена потребою удосконалення технологій виробництва зефіру з урахуванням сучасних тенденцій харчової промисловості. Впровадження сухої пшеничної клейковини як функціонального інгредієнта дозволяє не лише оптимізувати технологічний процес, але й створювати продукт з поліпшеними споживчими властивостями.

Встановлено, що зі збільшенням концентрації сухої пшеничної клейковини (СПК) від 5 до 15% в'язкість системи зростає поступово, тоді як за концентрації 20% формувалася стійкий гель. Однак структура гелю була неоднорідною, колір мав темний відтінок із сіруватим забарвленням, а при незначній механічній обробці на поверхні з'являлися крапельки води.

Визначено режим термічної обробки для досягнення максимальної в'язкості 5% суспензії СПК: температура - 100 °С, час обробки суспензії - 45 хв.

Результати показали, що в присутності ВЕ пектину гель СПК не утворювався, навіть при масовій частці пектину, що становила 100% маси білка.

У зразків зефіру, приготовлених із СПК, зазначено зниження швидкості втрати вологи. Вологість контрольного зразка знижувалася на 1,4%, тоді як у зразків із введенням пшеничної клейковини – на 0,4 та 0,6 %, відповідно, для рецептур 2 та 3.

Враховуючи збільшення загальної масової частки білків на 10% порівняно з традиційною рецептурою завдяки додаванню СПК, можна зробити висновок, що заміна частини дорогих тваринних білків на пшеничну клейковину не вплинула на забезпечення організму незамінними амінокислотами. Це означає, що біологічна цінність кінцевого продукту залишилася на високому рівні.

Рецептура з використанням сухої пшеничного клейковини забезпечувала при розроблених параметрах технологічного процесу отримання виробів відповідної якості, харчової цінності та з покращеними характеристиками.

Розроблена картка охорони праці для ТОВ «Кріоліт» стала ключовим інструментом підвищення рівня безпеки на підприємстві. Ця картка дозволяє персоналу діяти відповідно до регламентованих норм, мінімізуючи ризики нещасних випадків, професійних захворювань та забезпечуючи ефективну профілактику виробничих травм.

Встановлено, що найбільша частка витрат у процесі проведення дослідження припадає на основні матеріали, що становлять 70,0% від загального обсягу витрат. Найменша частка витрат пов'язана з амортизацією обладнання, яка складає лише 0,06 % від загальної суми витрат.

Загалом, з урахуванням 30% нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 11680,84 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Демяненко К.А Тенденції розвитку кондитерського ринку України в сучасних умовах / К.А. Демяненко // Молодий вчений. – 2016. – № 9 (36). С. 45-50.
2. Шашина М.В. Удосконалення ресурсного потенціалу кондитерської галузі. Ефективна економіка. 2014. № 5. С. 34-39.
3. Чайкова О.І., Мірошніченко Ю.Ю. Сучасний стан та перспективи розвитку кондитерської промисловості України. Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ": зб. наук. пр. Темат. вип. : Актуальні проблеми управління та фінансово-господарської діяльності підприємства. – Харків: НТУ "ХПІ". 2015. № 54 (1163). С. 75-77.
4. Дюкарева Г. І., Соколовська О. О. Технологічні параметри розроблених пастильних виробів. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2015. Вип. 1(21). С. 79-89.
5. Кравченко М. Ф. Технологія продуктів з харчовими добавками рослинного походження для оздоровчого харчування : дис. ... доктора техн. наук : 05.18.16. / Кравченко Микола Федорович. – К., 2006. – 250 с.
6. Дюкарева Г. І. Формування ринку кондитерських виробів в Україні / Г. І. Дюкарева, Н. М. Кривошеєва, О. О. Соколовська // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. – Х : ХДУХТ, 2013. – Вип. 2 (18). – С. 187–195.
7. Melanson, K.J., Zuktey, L., Loxmdes, J. [et al.] (2007), "Effects of highfructose corn syrup and sucrose consumption on circulating glucose, insulin, leptin, and ghrelin and on appetite in normal weight women", Nutrition, No. 2, pp. 103-112.
8. Цукрозамінники в харчових продуктах для хворих на цукровий діабет / М. Д. Тронько, Я. Г. Бальон, О. В. Сімуров, О. В. Корпачева-Зінич, А. І. Українець, М. О. Полумбрик // Журнал академії медичних наук України. – 2008. – Т. 14, № 3. – С. 470–483.
9. Щербіна А. А. Удосконалення технології виробів кондитерських пастильних з використанням карагінану та пектину: кваліфікаційна робота

магістра: спец. 181 – Харчові технології; наук. кер. Т. В. Черемська; Харків, 2022. 111 с.

10. Калина В. С. Удосконалення рецептури пастильних кондитерських виробів із використанням цикорію і топінамбуру / В. С. Калина, Я. В. Гезь // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology : зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». - Харків : НТУ «ХПІ», 2021. - № 3(9). - С. 26 – 32.

11. Соколовська О. О. Формування якості пастильних виробів із використанням стевії та еламіну: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 – товаровознавство харчових продуктів; наук. кер. Г. І. Дюкарева. Харків, 2016. 21 с.

12. Кучерук З. І., Шматченко Н. В. Технологія кондитерських виробів: навчальний посібник для самостійного вивчення курсу. Х. :ХДУХТ, 2020. 179 с.

13. Дорохович А. М. Технологія та лабораторний практикум кондитерських виробів і харчових концентратів: навч. посібник / А. М. Дорохович, В. М. Ковбаса. – К. : ІНК ОС, 2015.– 632 с.

14. Технологія кондитерського виробництва. Практикум : навч. посібник / К. Г. Іоргачова, О. В.Макаренко, Л. В.Гордієнко, Г. В. Коркач; за заг. ред. К. Г. Іоргачової. – Одеса : ОНАХТ, 2011. – 208 с.

15. Харчові технології. Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчо концентратів : навч. посібник / О. В. Самохвалова, З. І. Кучерук, С. Г. Олійник та ін.; за ред. О. В. Самохвалової. – Х. : ФОП Бровін О.В., 2019. – 284 с.

16. Інноваційні технології хлібобулочних і кондитерських виробів : колективна монографія / О. В. Самохвалова [та ін. – Х. : ТО Ексклюзив, 2015. – 463 с.

17. Сирохман І. В. Асортимент і якість кондитерських виробів : навч. посібник / І. В. Сирохман, В. Т. Лебединець. – К.: Центр навчальної літ-ри, 2009. – 636 с

18. Теоретичні основи харчових технологій : навч. посібник / Пивоваров П. П. та ін.; за ред. П. П. Пивоварова. 2-ге вид. Харків : ХДУХТ, 2011. 363 с.
19. Черевична, Н. І., & Гапонцева, О. В. (2012). Формування якості бісквіта з додаванням молочної сироватки та мікробного полісахариду ксампану. Східно-європейський журна передових технологій, 2(12 (56)), 59-62.
20. Gharbi N., Labbafi M. Effect of processing on aggregation mechanism of egg white proteins. Food Chemistry, 2018, 252, 126-133. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.088>
21. Агафонова Ю. Ю., Прокудіна В. Ю., Василюк К. К. Аналіз впливу стабілізаторів структури на текстуру сметанних десертів. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2010. Вип. 2(12). С. 369-377.
22. Koretska I.L., Zinchenko T.V. Evaluation of research samples nonlinear quality criteria. Proceedings of II International scientific conference “World Science in 2018”: Results”. Morrisville, Lulu Press., USA, 2018. 122 p.
23. Smidsrod O. (2001). Effects of molecular weight and elastic segment flexibility on syneresis in Ca-alginate gels, Food Hydrocolloids, 15. P. 485–490.
24. Домарецький В. А., Остапчук М. В., Українець А. І. Технологія харчових продуктів. К.: НУХТ, 2003. 572 с.
25. Yaroshenko F. O., Dvorska J. E. et al Selenium enriched eggs as a source of selenium for human consumption; Applied Biotechnology, Food Science and Policy, 2003, 1 (1) 13-23.
26. Загорська К., Березова Г., Польовик В., І. Корецька І. Шляхи зниження калорійності десертів. В кн.: Матеріали 85-ої ювілейної Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішення проблем харчування людства у ХХІ столітті», присвяченої 135-річчю Національного університету харчових технологій, 11–12 квітня 2019 р. Київ : НУХТ, 2019. Ч. 1. 527 с. С. 70.

27. Zhao Y., Feng F., Yang Y., Xiong C., Xu M., Tu Y. Gelation behavior of egg yolk under physical and chemical induction: A review. *Food Chemistry*, 2021, 355, Article 129569. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129569>
28. Клець Д., Кравчук Н., Польовик В. Шляхи зниження калорійності білкового десерту. В кн.: Сучасні тенденції розвитку харчових технологій в умовах європейської інтеграції : збірник тез Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, м. Київ, 16 травня 2018 р. Київ : ККІБП, 2018. 229 с. С. 28–29.
29. Tang T., Du H., Tang S., Jiang Y., Tu Y., Hu M., Xu M. Effects of incorporating different kinds of peptides on the foaming properties of egg white powder. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2021, 72, Article 102742. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102742>.
30. Корецька І., Польовик В., Зінченко Т. Моделювання багатокомпонентного хімічного складу десертів. В кн.: Матеріали 85-ої ювілейної Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішення проблем харчування людства у ХХІ столітті», присвяченої 135-річчю Національного університету харчових технологій, 11–12 квітня 2019 р. Київ : НУХТ, 2019. Ч. 1. 527 с. С. 73.
31. Schramm, L.L., *Emulsions, Foams, and Suspensions: Fundamentals and Applications* (Wiley-VCH, Weinheim), 2005.
32. Соловйова О. Удосконалення технології желейного мармеладу спеціального споживання : автореф. дис. ... канд. техн. наук; НУХТ. Київ, 2011.
33. Sparks N.H.C The hen's egg - is its role in human nutrition changing? *Nutritional quality of the egg*, Netherlands, 23-26 May 2005.
34. Пасальський Б. Хімія і методи дослідження сировини та матеріалів: навч. посіб. / за ред. А. Мазаракі. Київ : Національний торговельно-економічний університет, 2005. 237 с.
35. Ощипок, І. М., Назар, М. І. (2024). Аналіз піноутворюючої здатності харчових продуктів для кондитерських виробів. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*, (38), 20-28.

36. Дюкарева Г. І., Гасанова А. Е. Вивчення дисперсного складу пінної структури курячого яйця у присутності еламіну та стевіозиду. Східноєвропейський журнал передових технологій. 2012. С. 57-60. ISSN 1729-3774//6/10 (60).

37. Кузьмінська, І. М. (2022). Піноутворення в харчовій промисловості. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання/ТДАТУ; гол. ред. д. т. н., проф. ВМ Кюрчев.– Мелітополь: ТДАТУ, 2022.–Вип. 12, том 1.

38. Санталова, У. Г. Актуальні проблеми застосування харчових добавок: стислий конс-пект лекцій для студентів спеціальності 102 «Хімія»/уклад. ГО Санталова.–Краматорськ: ДДМА, 2020.–60 с.

39. Сабадош Г. О. Дослідження змін карагінанів при гелеутворенні методом інфрачервоної спектроскопії / Г. О. Сабадош // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. Сер. : Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ "ХПІ", 2017. – № 18 (1240). – С. 67-72.

40. Guist G. Applications for seaweed hydrocolloids in prepared foods / G. Guist // Introduction to Applied Phycology / ed. Acatsuka I. SPB Academic Publishing bv. The Hague. The Netherlands. 1990. – P. 391–400.

41. Stanley N. F. The effect of carrageenan on peptic and tryptic digestion of casein / N. F. Stanley // Prog. Food Nutr. 1982. – Vol. 6. – P. 161–170.

42. Tvetr-Galagher E. Biological properties of carrageenans / E. Tvetr-Galagher, A. Mathieson // Biotechnology of marine polysaccharides / Ed. R. Colwell. – Washington ; New York ; London. 1985. – V. 27. – P. 413–431.

43. Сабадош Г.О. Технологія десертів молочних з використанням карагінанів : дис. ... канд. техн. наук / Сабадош Ганна Олександрівна. – Х., 2010. – 154 с.

44. Сабадош Г.О. Визначення основних фізикохімічних показників якості молочних десертів з пінною структурою / Г.О. Сабадош // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Х. : ХДУХТ, 2010. – Вип. 1 (11). – С. 97–103.

45. Полумбрик, М. О., Іщенко, В. М., Сірик, А. О., & Полумбрик, О. М. (2014). Альгірати в харчових технологіях. Харчова промисловість, (15), 6-12.
46. Пивоваров, П. П., Пивоваров, Є. П., & Ключко, В. О. (2010). Вивчення механізму внутрішнього структурування для створення нових гранульованих продуктів. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, (2), 3-11.
47. Пешук, Л., Сімонова, І., & Приходько, Д. Я. (2023). Огляд стратегій розвитку та особливостей виробництва інноваційних продуктів з водоростей. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях, (2 (16)), 86-91.
48. Дослідження реологічних властивостей розчинів пектинів, альгірату натрію та їх комплексів / Ю.В. Камбулова, І.О. Соколовська // Харчова наука і технологія. Одеса: ОНАХТ. №1(26), 2014. С. 68-73.
49. Калутіна І. М. Розширення асортименту заморожених напівфабрикатів підвищеної харчової цінності / І. М. Калутіна // 36. тез доп. 77-ої наук. конф. викл. акад., Одеса, 18-21 квіт. 2017 р. / Одес. нац. акад. харч. технологій; ред. кол.: Б. В. Єгоров (голова), Н. М. Поварова (заст. голови). - Одеса, 2017. – С. 100–102.
50. Сухенко, В. Ю., Штонда, О. А., Сонько, Н. М., & Шевчук, Л. М. (2019). Розробка комплексної харчової добавки на основі тваринної та рослинної сировини для м'ясних продуктів. Наукові праці Національного університету харчових технологій, (25, № 5), 226-232.
51. Науменко, О., Богдан, Г., Бела, Н., Полонська, Т., & Гетьман, І. (2020). Шляхи покращення хлібопекарських властивостей борошна. ПРОДОВОЛЬЧІ РЕСУРСИ, 8(15), 151-157.
52. Hansen L. P., Johnston P. H., Ferrel R. E. Heat-moisture effects on wheat flour. I. Physical chemical changes of flour proteins resulting from thermal processing // Cereal Chem. - 1975. - V. 52. - P. 459-472.
53. Cuq B., Boutrot F., Redl A., Lullien-Pellerin V. Study of the temperature effect on* the formation of wheat gluten network: Influence on mechanical properties and protein solubility // J. Agric. Food Chem. - 2000. - V. 48. - P. 2954-2959.

54. Дробот, В. І., Михонік, Л. А., & Семенова, А. Б. (2014). Технологічні аспекти використання борошна спельти у хлібопеченні. *Продовольчі ресурси*, (2), 15-17.
55. Іжевська, О. П., & Бондаренко, Ю. В. (2015). Дослідження впливу шроту льону на технологічні властивості тіста. *Збірник тез доповідей IV Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“*, 2, 139-139.
56. Mita T., Matsumoto H. Flow properties of aqueous gluten and gluten methyl ester dispersions // *Cereal Chem.* - 1981. - V. 58. - P. 57-61.
57. Гордієнко, Т. В., Семенова, А. Б., Михонік, Л. А., & Дробот, В. І. (2012). Білково-пшеничний хліб із гречаним борошном. *Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]*, (42 (1)), 143-146.
58. Weegles P.L., Hamer R.J. Predicting the baking quality of gluten // *CFW.* - 1989. - V. 34. - № 2. - P. 210-213.
59. Миколенко, С. Ю., Соколов, В. Ю., & Пенькова, В. В. (2016). Дослідження технологічних аспектів виробництва хліба із диспергованої зернової маси з використанням додаткової підготовки сировини. *Grain Products and Mixed Fodder's*, 64(4).
60. Kohler P., Keck B., Muller S., Wieser H. Disulphide bonds in wheat gluten. In: *Wheat kernel proteins, molecular and functional aspects* // Viterbo, Italy: University of Tuscia, 1994. - P. 45-54.
61. Гарна С.В., Колесніков О.В., Трембач О.І. Актуальні проблеми ринку дієтичних добавок, харчових продуктів для спеціального дієтичного споживання та функціональних харчових продуктів, Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна. 2014. С. 226-227.
62. L. Stevenson, F. Phillips, K. O'Sullivan, J. Walton ,Wheat bran: Its composition and benefits to health, a European perspective. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2012, Vol. 63(8). P. 1001–1013.
63. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. Protein measurement with Folin phenol reagent// *J. Biol. Chem.* - 1951.-V. 193.- №1. - P. 265-275.

64. Wang S., Zhao M.-M., Zhao Q.-Z., Bao Y., Jiang Y.M. Characterization of hydrolysates derived from enzymatic hydrolysis of wheat gluten // J. Food Science. - 2007.-Vol. 72.-Nr. 2.-P. 103-107.
65. Linares E., Larre C., Le M.M., Popineau Y. Emulsifying and foaming properties of gluten hydrolysates with an increasing degree of hydrolysis: role of soluble and insoluble fractions // Cereal Chem. - 2000. - V. 77. - P. 414-420.
66. Kato A., Shimokawa K., Kobayashi K. Improvement of the functional properties of insoluble gluten by pronase digestion followed by dextran conjugation. //J. Agric. Food Chem. -1991. - V. 39. - P. 1053-1056.
67. Panyam D., Kilara A. Enhancing the functionality of food proteins by enzymatic modification // Trends Food Sci. Technol. - 1996. - V. 7. - P. 120-125.
68. Чигвінцева О.П., Токар А.В. Харчова хімія: Навчальний посібник. Дніпропетровськ: ТОВ “Принтхаус Римм”, 2014. 256 с.
69. Хацевич О.М., Складанюк М.Б. Хімія та аналіз харчових продуктів: Лабораторний практикум. – Навчальнометодичний посібник. – Івано-Франківськ: Вид. Супрун В.П., 2019. – 105 с.
70. Методичні вказівки до виконання розділу “Охорона праці” дипломного проекту для студентів технологічних спеціальностей ден. та заоч. форм навчання/ Уклад. В.С. Гуць, М.П. Гандзюк, І.Ф. Степанець, О.І. Сидорченко, Є.С. Богданов. К.: НУХТ, 2003. 21 с.
71. Основи охорони праці : підручник / К. Н. Ткачук [та ін.]. Київ : Основа, 2006. 448 с.
72. 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.