

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Сумський національний аграрний університет  
Державний біотехнологічний університет

**О. Ю. Кошель, А. М. Діхтярь, Ф. В. Перцевой, Н. В. Федак**

# **ТЕХНОЛОГІЯ ТЕРМОСТАБІЛЬНОЇ МОЛОКОВМІСНОЇ НАЧИНКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЖЕЛАТИНУ**

**Монографія**

Суми – Харків  
«Діса+»  
2024

Рецензенти:

*Л. В. Капрельянци*, доктор технічних наук, професор, професор кафедри біохімії, мікробіології та біотехнології ОНТУ;

*П. П. Пивоваров*, доктор технічних наук, професор, професор кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії ДБТУ

Колектив авторів:

*Кошель Олена Юрійівна*, доктор філософії, доцент кафедри технології харчування Сумського національного аграрного університету; (вступ, 1.1–1.3, 2.1–2.5, 3.2, 3.3)

*Діхтярь Альона Миколаївна*, к. т. н., доцент, доцент кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Державного біотехнологічного університету (2.6–2.8, 3.1)

*Перцевої Федір Всеволодович*, д. т. н., професор, завідувач кафедри технології харчування Сумського національного аграрного університету; (1.1–1.3, 3.3)

*Федак Наталя Василівна*, к. т. н., професор, професор кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Державного біотехнологічного університету; (1.1, 1.2, 3.1)

**Кошель О. Ю.**

К76 Технологія термостабільної молоковмісної начинки з використанням желатину/ О. Ю. Кошель, А. М. Діхтярь, Ф. В. Перцевої, Н. В. Федак. – Харків : Діса+, 2024. – 146 с.

ISBN 978-617-8346-21-8

Монографія містить концентровану та систематизовану наукову інформацію (аналітичні та експериментальні дослідження) щодо технології термостабільної молоковмісної начинки на основі сухої суміші з використанням бінарної комбінації камедей ксантану та тари, желатину та трансглютамінази, що дозволяє отримати напівфабрикат високого ступеня готовності та тривалого терміну зберігання, а також готову начинку з регульованими термостабільними властивостями, високими споживчими характеристиками, поживною цінністю, низькою собівартістю для широкого асортименту кулінарної та кондитерської продукції. Наукову інформацію представлено текстовою формою, технологічними розрахунками, рисунками, схемами, таблицями та призначено для викладачів, аспірантів, здобувачів ступеню вищої освіти, що займаються науковою роботою.

**УДК 664.684**

© Кошель О. Ю., Діхтярь А. М.,  
Перцевої Ф. В., Федак Н. В. 2024

© Сумський національний аграрний університет, 2024

© Державний біотехнологічний університет,  
2024

© Оформлення. Діса+, 2024

ISBN 978-617-8122-38-6

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. НАУКОВІ ПЕРЕДУМОВИ УТВОРЕННЯ МОЛОКОВМІСНИХ ТЕРМОСТАБІЛЬНИХ НАЧИНОК З ВИКОРИСТАННЯМ ЖЕЛАТИНУ ТА ТРАНСГЛЮТАМІНАЗИ.....	8
1.1 Аналіз технологій термостабільних начинок.....	8
1.2 Теоретичні аспекти утворення термостабільної структури харчових систем та шляхи її регулювання.....	14
1.3 Перспективи застосування білково-полісахаридних компонентів та трансглютамінази для створення термостабільної структури молоковмісних начинок.....	20
1.3.1 Особливості хімічного складу, структури та функціональних властивостей полісахаридів для створення молокової начинки.....	20
1.3.2 Аналіз шляхів модифікації структури та властивостей желатину з використанням трансглютамінази для створення термостабільної структури.....	28
РОЗДІЛ 2. НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОДЕРЖАННЯ МОЛОКОВМІСНОЇ ТЕРМОСТАБІЛЬНОЇ НАЧИНКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЖЕЛАТИНУ.....	38
2.1 Аналітичне обґрунтування розробки молокової термостабільної начинки з використанням желатину та трансглютамінази.....	38
2.2 Моделювання технології та складу молокової термостабільної начинки.....	42
2.3 Вивчення міцності структури гелів на основі камеді ксантану та	

камеді тари.....	48
2.4 Дослідження функціонально-технологічних властивостей розчинів та гелів на основі камеді ксантану та камеді тари та встановлення термостабільних властивостей гелеподібних систем.....	55
2.5 Дослідження реологічних властивостей компонентів розроблених молоковісних термостабільних начинок.....	61
2.6 Дослідження ІЧ-спектрів компонентів розроблених молоковісних термостабільних начинок.....	72
2.7 Дериватографічні дослідження компонентів розроблених молоковісних термостабільних начинок.....	77
2.8 Дослідження компонентів розроблених молоковісних термостабільних начинок методом диференціально-скануючої калориметрії.....	81
<b>РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ МОЛОКОВІСНОЇ ТЕРМОСТАБІЛЬНОЇ НАЧИНКИ ТА ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ З ЇЇ ВИКОРИСТАННЯМ.....</b>	<b>86</b>
3.1 Обґрунтування та розробка рецептурного складу та технологічної схеми виробництва молоковісної термостабільної начинки з використанням желатину.....	86
3.2 Вивчення змін показників якості молоковісної термостабільної начинки під час зберігання.....	90
3.3 Розроблення рекомендацій з використання молоковісної термостабільної начинки у складі кулінарної та кондитерської продукції.....	94
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>103</b>
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>105</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- ДСК – диференційно-скануюча калориметрія  
ТГ – транsgлютаміназа  
МТГ – мікробна транsgлютаміназа  
ІЧ – інфрачервоне  
ТІ – технологічна інструкція  
ТМН – термостабільна молоковомісна начинка  
ТУ У – технічні умови України  
КС – камедь ксантану  
КТ – камедь тари  
СЗМ – сухе знежирене молоко  
НД – нормативна документація  
ДСТУ – державний стандарт України  
Т – зміна температури  
СР – сухі речовини;  
РСР – розчинні сухі речовини;  
СВА – сумарний вміст антиоксидантів;  
ПАР – поверхнево активні речовини;  
БАР – біологічно активні речовини;  
МДР – максимально допустимий рівень;  
ЯМР – ядерно магнітний резонанс;  
КМАФАМ – кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів;  
КУО – колонієутворююча одиниця;  
МКБ – молочнокислі бактерії.  
DTA – диференціально-термічний аналіз  
DTG – швидкість зміни маси  
TG – термогравіметричний метод  
ПДВ – податок на додану вартість

## ВСТУП

Використання термостабільних начинок у кондитерській і хлібопекарській галузях є актуальним. Удосконалення технології начинок для борошняних кондитерських та кулінарних виробів, впровадження якої дозволить використовувати сировину зниженої якості – пошкодженої під час збору та транспортування або некондиційної сировини. Термостабільна начинка повинна мати високі органолептичні характеристики, технологічні властивості, біологічну цінність та передбачуваність у технологічному процесі.

Використання різноманітних термостабільних начинок є джерелом розширення асортименту пряників, різних видів печива, кексів, рулетів та інших борошняних кондитерських виробів. Звичайні фруктові продукти (повидло, джем, варення) при термообробці киплять, впливають, підгорають, вбираються в тісто. У термостабільних начинках цих недоліків немає. Начинки зберігають свої властивості при звичайних умовах випічки. Термостабільні начинки – типовий напівфабрикат, який кондитерські підприємства зазвичай замовляють. Можна виготовити його і безпосередньо на кондитерському виробництві, змішавши звичайну начинку з термостабілізуючою добавкою (пектином або спеціальною сумішшю гідроколідів).

Під час виготовлення начинок застосовують різні види загусників, гелеутворювачів або їх сумішей желатини, пектини, агар, каррагінани, камеді, нативні та модифіковані крохмалі тощо. При сумісному застосуванні двох або більше загусників можливе виникнення синергетичного ефекту: суміші згущуються краще, наприклад, ксантан з камеддю гуару або камеддю ріжкового дерева. В останньому випадку можливе навіть гелеутворення.

Розробка технологій низки комбінованих молочних продуктів, зокрема емульсійних, структурованих і пастоподібних закусок, десертів, сирів і сирних продуктів із використанням молочно-рослинних компонентів, є предметом особливої уваги вітчизняних та іноземних фахівців. Значний внесок у розвиток даних технологій внесли Павлюк Р.Ю., Кір'я нова Г. А., Зінченко Л. В., Корецька І.Л., Перцевой Ф.В., Гринченко О.О., Дорохович А. М. та інші вчені. Проте,

системних досліджень, спрямованих на отримання саме термостабільних молоковмісних начинок із застосуванням желатину, трансглютамінази та суміші камедей в літературі не виявлено.

Враховуючи вищевказане, можна зробити висновок, що удосконалення технології начинки для кондитерських і кулінарних виробів є перспективним на сьогодні. Це, перш за все, розробка нової науково обґрунтованої рецептури, що дасть можливість виготовляти продукт, термостабільність якого обумовлена сумісним використанням желатину та трансглютамінази. Крім цього, цей продукт матиме високу харчову та біологічну цінність.

## РОЗДІЛ 1

### НАУКОВІ ПЕРЕДУМОВИ УТВОРЕННЯ МОЛОКОВМІСНИХ ТЕРМОСТАБІЛЬНИХ НАЧИНОК З ВИКОРИСТАННЯМ ЖЕЛАТИНУ ТА ТРАНСГЛЮТАМІНАЗИ (огляд літератури)

У даному розділі представлено аналіз технологій молоковомісних термостабільних начинок, та теоретичні аспекти утворення термостабільної структури харчових систем та шляхи її регулювання. Наведено перспективи застосування білково-полісахаридних компонентів та трансглютамінази для створення термостабільної структури молоковомісних начинок, а саме особливості хімічного складу, структури та функціональних властивостей полісахаридів для створення молоковомісної начинки. Представлено аналіз шляхів модифікації структури та властивостей желатину з використанням трансглютамінази для створення термостабільної структури.

#### 1.1 Аналіз технологій термостабільних начинок

Термостабільні начинки – це високоякісні продукти, створені спеціально для хлібобулочних та кондитерських виробів, для начинки у виробі, які проходять термообробку. Вони зберігають форму після випічки, завдяки своїй структурі, легко піддаються механічній обробці. Начинки являють собою складові багатокomпонентні системи, поскільки складаються із сировини різних видів. За стійкістю до впливу температури при проведенні технологічного процесу поділяються на термостабільні та не термостабільні. Термостабільні мають у своєму складі спеціально підібрану стабілізаційну систему, яка забезпечує стійкість начинки до впливу високих температур [2].

Проблемою сучасного виробництва термостабільних молоковомісних начинок є висока собівартість сировинного складу та технологічного процесу виробництва, низька харчова та біологічна цінність, високий вміст харчових



добавок, що підвищують терміни зберігання, формують органолептичні показники.

Застосування термостабільних начинок у кулінарії є не лише додатковим джерелом поліпшення асортиментного розмаїття кулінарних виробів. Створені на основі натуральних компонентів (пектину, бурштинової кислоти та ін), вони покращують якість випічки, сприяють очищенню організму від шлаків і радіонуклідів [3].

Термостабільна начинка, склад якої входить до групи солодких фруктових начинок, не здатна сильно плавитися. За ступенем плавлення види начинок поділяються на три групи [4].

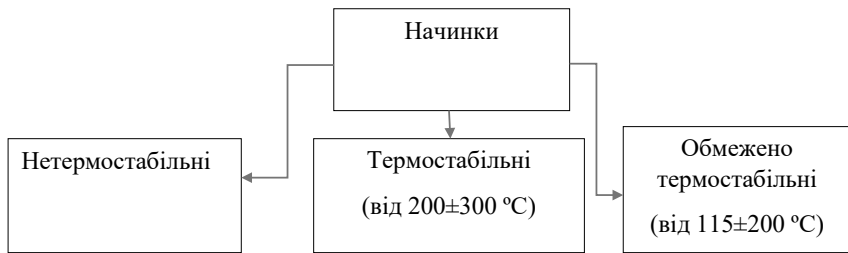


Рис. 1.1 – Класифікація начинок у залежності від функціонально-технологічних властивостей

1. Термостабільні – ті, у яких температура плавлення вище 200 °C з градацією температури від 200°C на поверхні до 115 °C всередині. Начинка не змінює форму, залишається прозорою, не втрачаючи своїх фізичних показників і смакових якостей.

2. Наповнювачі з обмеженими термостабільними властивостями витримують температуру плавлення у діапазоні від 115 °C і не вище 200 °C з аналогічним температурним розподілом зовні і всередині, як у термостабільних. Поверхня начинки легко плавиться і стає глянцевою.

3. Не стійкі до впливу високих температур начинки, у яких зміна фізичних властивостей настає після 115 °С. Так, при випічці в 200°С, вони повністю розплавляються, приймають рідкий стан, пригорають.

Виробники пропонують безліч видів термостабільних начинок, ось деякі з них:

- гладкі (загублені) начинки без шматочків;
- тверді (аромат троянди, сливи, суміші фруктів);
- гелеві (апельсинові, абрикосові, яблучні);
- пряникові (малинові, журавлинні, зі смаком киви);
- фруктові для пончиків або для печива.

Основними виробниками кондитерської продукції в Україні є фірма «Буковинка» (Чернівці), Дніпропетровська кондитерська фабрика, «Житомирські ласощі», Запорізька кондитерська фабрика, Івано-Франківська харчосмакова фабрика, Київська кондитерська фабрика «Рошен», Кременчуцька кондитерська фабрика (Полтав. обл.), Кондитерська фабрика (м. Кагарлик Київ. обл.), «Лагода» Луганська кондитерська фабрика, «Луцьккондитер», Львівська кондитерська фабрика «Світоч», Маріупольська кондитерська фабрика (Донец. обл.), «Одесакондитер», «Полтавакондитер», Тернопільська кондитерська фабрика «ТерА», Чернігівська кондитерська фабрика «Стріла», компанії «АВК», «Конті».

Отже, повернемося до начинок. Вони являють собою складні багатокомпонентні системи, які складаються із сировини різних видів. За сукупністю певних властивостей їх можна об'єднати у декілька груп. У залежності від складу сировини розрізняють желейні та фруктові. Згадаємо, що за стійкістю до впливу температури при проведенні технологічного процесу поділяються на термостабільні та не термостабільні. Повидло та підварки при використанні їх для випечених виробів показують нестабільні властивості за фізико-хімічними показниками (особливо за в'язкістю та структурою). Термостабільні начинки мають у своєму складі спеціально підібрану стабілізаційну систему, яка забезпечує стійкість начинки до впливу високих температур.

На сьогоднішній день термостабільні начинки користуються великим попитом, їх використовують по-різному і в багатьох борошняних кондитерських та кулінарних виробках.

У залежності від призначення начинок для кондитерських та хлібобулочних виробів всіх видів є певні вимоги.

Начинки повинні:

- мати гармонічний смак, привабливий колір та аромат;
- мати стабільну консистенцію;
- бути термостабільними в закритих (пряниках, печиві, пирогах, пиріжках та пончиках) та відкритих (пирогах, ватрушках та листових) виробках тобто, витримувати прогрівання при температурі 200...220°C;
- у готовій продукції мати блискучу поверхню, без розривів зовнішньої оболонки та пошкоджень поверхні, без протікання начинки;
- мати достатню вологоутримуючу здатність при зберіганні готових виробів.

На сучасному ринку представлений широкий асортимент борошняних кондитерських виробів із використанням різноманітних наповнювачів. Кожне підприємство працює над новими та перспективними напрямками для розширення асортименту, шукає шляхи вдосконалення споживчих та органолептичних властивостей [5].

Термостабільні начинки сьогодні є найбільш затребуваними наповнювачами у хлібопекарській та кондитерській промисловості. Тому, виробники та споживачі цієї продукції висувають до них високі вимоги. До нових видів напівфабрикатів для борошняних кондитерських виробів належать молоковмісні термостабільні начинки. Їх складовою частиною є полісахариди, що характеризуються здатністю до утворення термостабільних гелів та дозволяють значною мірою змінювати їх реологічні характеристики. Разом із тим, відомі дані щодо необхідності використання комбінацій полісахаридів, які виявляють синергетичну взаємодію. Це пов'язано зі зниженням вмісту суміші полісахаридів і раціональним їх використанням [6].

Питанням розробки технологій термостабільних молоковмісних начинок присвячено багато робіт вітчизняних та зарубіжних вчених. Розроблено нову технологію термостабільної замороженої начинки [7] на основі молочної сировини з використанням пектину цитрусового низькоетерифікованого та крохмалю кукурудзяного модифікованого, а для утворення кальцієвих містків використовують цитрат кальцію, як молочну сировину використовують молоко сухе незбиране. Аналітично та експериментально досліджено [8] утворення термотропно-іотропних гелів за різних співвідношень агару й альгінату натрію як основи термостабільних начинок. При цьому з метою обґрунтування властивостей термостабільної начинки в широкому діапазоні температур споживання дослідниками було вивчено піддатливість і вологовиділяючу здатність модельних систем під дією температур у межі від 20°C до 80°C. Були наведені результати досліджень [9] показників якості та структурно-механічних властивостей термостабільних начинок функціонального призначення із використанням натурального бурякового порошку, внесення якого сприяє збільшенню ефективної в'язкості, пластичної міцності, підвищенню харчової цінності, зниженню цукру і енергетичної цінності начинки. Вивчено способи зниження значення активності води в термостабільній фруктовій начинці (яблучному джемі) шляхом уведення у рецептурний склад таких інгредієнтів як вологоутримуючі агенти, що необхідні для зниження показника активності води; авторами були використані різні інгредієнти – харчові волокна, цукор, багатоатомні спирти [10]. Результати дослідження вчених дозволили розробити рецептуру і технологію високотермостабільного джему «Яблуко», що містить гліцерин. У сучасних умовах спеціалізовані підприємства роблять сухі напівфабрикати [11] – суміші певних марок, які можна використовувати для різних видів борошняних кондитерських виробів (тортів, тістечок, сувенірних пряників, рулетів, круасанів, печива). Під торговою маркою «Желюючі порошки» виготовляють наступні сухі суміші: желюючий порошок для термостабільної начинки на основі пюре, або на основі повидла, для зв'язування вологи в повидлі і джемі, начинок зі згущеного вареного молока для пряників, трубочок, круасанів,

різних виробів із листового тіста. Желюючий порошок для зв'язування вологи в повидлі і джемі надає їм термостабільності.

У начинках, які пропонують на вітчизняному та зарубіжному ринках, гелеутворюючими компонентами виступають такі полісахариди як низькоетерифікований пектин, альгінат натрію, метилцелюлоза, модифікований крохмаль [12-18].

Відомі дані щодо використання альгінату натрію як загущувача крему для хлібобулочних та кондитерських виробів, так і для використання у молоковісних термостабільних начинках [12].

Розроблено сучасні принципи проектування харчових продуктів та досліджено [13], що поліпшення термостабільних властивостей начинок обумовлено застосуванням в їх рецептурної суміші різних вологоутримуючих компонентах (карбоксиметилцелюлоза (КМЦ), яблучні вичавки, крохмаль модифікований), які мають здатність зв'язувати рідину надавати кінцевому продукту необхідну структуру - від рідкою, пастоподібної до щільної, еластичної.

На вітчизняному та зарубіжному ринках пропонують начинки, у складі яких є модифікований крохмаль та карбоксиметилцелюлоза [14-15].

Розроблено рецептуру [16] й технологічний процес виробництва термостабільної молоковісної начинки з використанням пектину низькоетерифікованого цитрусового та модифікованого кукурудзяного крохмалю. Для підвищення харчової та біологічної цінності начинки використано концентрат ядер кунжуту.

Наведено дані по використанню метилцелюлози та модифікованого крохмалю [17] в термостабільній молоковісній начинці, запропонована рецептура начинки та умови гелеутворення. Зазначено, що можливість отримання термостабільної структури молоковісної начинки заснована на здатності метилцелюлози утворювати гель при нагріванні за температур вище 50-60°C.

Представлено [18] теоретичне обґрунтування і практичні аспекти використання комбінацій некрохмальних полісахаридів у поєднанні з сироватковим білком. Виявлено та науково обґрунтовано асоціативні взаємодії

використовуваних харчових гідроколоїдів для створення нових технологій продуктів на молочній основі різної текстури. Використання [19] різних гідроколоїдів дозволить регулювати перебіг технологічного процесу і поліпшити якість готових виробів. Найбільш ефективним є одночасне використання декількох гідроколоїдів у складі стабілізаційних сумішей.

Проведено ряд досліджень [20-21] бінарних пар камеді рожкового дерева і каппа-карагінану, камеді рожкового дерева і камеді ксантану, камеді гуару та каппа-карагінану, камеді ксантану та камеді тари. За результатами виявлено основні технологічні властивості гідроколоїдів різного походження і їх бінарні комбінації, які збільшують в'язкість колоїдних розчинів або утворюють гелі. Отже, різноманітність технологічних функцій гідроколоїдних розчинів робить їх перспективною сировиною для застосування в кондитерському виробництві.

## **1.2 Теоретичні аспекти утворення термостабільної структури харчових систем та шляхи її регулювання**

На сьогодні асортимент кондитерських виробів різноманітний, а конкуренція настільки жорстка, що для виробників постає проблема покращення якості готових виробів шляхом підвищення ефективності виробництва, поліпшення органолептичних показників, регулювання структурномеханічних характеристик, які б задовольняли вимоги споживачів і мали позитивні результати в економічному аспекті [22].

Тому, застосування бінарних комбінацій полісахаридів для розробки молоковісних термостабільних начинок є актуальним завданням. У начинках, які пропонують на вітчизняному та зарубіжному ринках, гелеутворюючими компонентами виступають такі полісахариди, як низькоетерифікований пектин, альгінат натрію, метилцелюлоза, модифікований крохмаль. Відомі дані щодо використання альгінату натрію як загущувача крему, як у хлібобулочних і кондитерських виробках, так і в молоковісних термостабільних начинках [23].

До складу термостабільних молоковомісних начинок входять полісахариди, що мають створювати термостійку структуру (пектини, модифіковані крохмалі, камеді, тощо), смакові речовини (цукрова пудра, ароматизатори, сіль, тощо), молочні компоненти (молоко сухе знежирене, суха сироватка тощо).

Треба зазначити, що процес виготовлення начинок складний технологічний процес, проте вони мають нетривалий строк зберігання, що пов'язано з їх високою вологістю, складними умовами транспортування. Крім цього, використання у складі дорогих структуроутворювачів є проблемою сучасного виробництва начинок, оскільки призводить до збільшення собівартості, тому краще їх використовувати в поєднанні один з одним. Отже, використання науково обгрунтованого поєднання полісахаридів, що виявляють синергетичну взаємодію є ефективним.

Використанням полісахаридів займалися багато вітчизняних та зарубіжних вчених. У статті [24] наведено властивості гелю камеді тари змішаної з капа-каррагенаном та камедю ксантану. Результати дослідження авторів показали, що камедь тари може утворювати гелі з капа-каррагенаном та камедю ксантану, температури гелеутворення підвищувалися при збільшенні концентрації суміші камедей. У двох системах суміші існувала синергетична взаємодія, яка безпосередньо спостерігалася скануючим електронним мікроскопом або атомним силовим мікроскопом. Максимальну міцність гелю можна було отримати за співвідношення суміші (камедь тари - капа-каррагенан) 2: 8 при температурі в межах 80°C та суміші (камедь тари-ксантан) 4: 6 при температурі біля 60°C. Крім того вчені встановили, що відповідна кількість іонів  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  може значно підвищити міцність гелю суміші камедь тара-капа-каррагенан, а надлишкова кількість солей іонів може послабити міцність суміші гелів. Для суміші камедь ксантану- камедь тари іони  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  не збільшили суттєво міцність гелю.

У статті [25] наведено дані щодо встановлення впливу різних технологічних факторів – концентрації фурцелларану, напівочищеного каппа-карагенану та камеді конжаку, тривалості та температури гідратації на міцність систем «фурцелларан-камедь конжаку-вода», «напівочищений каппа-карагенан-камедь

конжаку-вода». Визначено основні закономірності структуроутворення зазначених систем. Проведені дослідження дозволили встановити залежність міцності гелів «фурцелларан – камедь конжаку» та «напівочищений каппа-карагенан – камедь конжаку» від співвідношення рецептурних компонентів. У ході експериментальних досліджень автором було підтверджено синергетичну взаємодію у системах «напівочищений каппа-карагенан – камедь конжаку – вода» та «фурцелларан – камедь конжаку – вода». Встановлено, що додавання камеді конжаку в співвідношенні 40%:60% і 30%:70% відповідно до складу гелів із використанням напівочищеного каппа-карагенану та фурцелларану призводить до суттєвого збільшення показника міцності досліджуваних систем, порівняно з контрольними зразками.

У статті [26] група авторів виявили, що сучасні ресурсозберігальні технології м'ясопродуктів передбачають використання різних харчових добавок, що поліпшують показники готових продуктів. Із цією метою активно використовують гідроколоїди – харчові добавки, які включають широку групу речовин, здатних поліпшувати структурно-механічні показники продуктів. Авторами експериментально досліджено технологічні властивості сумішей гідроколоїдів полісахаридної природи, їх взаємний вплив та вплив технологічних добавок на здатність до драглеутворення. В ході експериментальних досліджень було підтверджено синергетичну взаємодію в системах «напівочищений каппа-карагенан – камедь конжаку – вода» та «фурцелларан – камедь конжаку – вода». Встановлено, що додавання камеді конжаку в співвідношенні 40%:60% і 30%:70% відповідно до складу гелів із використанням напівочищеного каппа-карагенану та фурцелларану призводить до суттєвого збільшення показника міцності досліджуваних систем, порівняно із контрольними зразками. Отже, вони прийшли до висновку, що сумісне застосування напівочищеного каппа-карагенану та камеді конжаку, фурцелларану та камеді конжаку є перспективним для утворення міцності системи.

У науковій праці [27] наведена взаємодія конжаку з ксантановою камедю, яка залежить від довжини ланцюга його молекул, її жорсткості і чистоти порошку.



Суміші конжаку з ксантанової камедю дають дуже пружні термооборотні гелі, причому максимальний синергізм спостерігається при їх співвідношенні 1: 1 і при загальному низькому вмісті камеді (0,02%).

Також відомо, що найбільшою міцністю гелю характеризуються суміші глюкоманана і агару в співвідношенні 1: 9. Збільшення частки конжаку призводить до розбавлення агару і пропорційно до зниження міцності гелю. Високомолекулярний глюкоманан істотно впливає на самосоацію геланової камеді. Рекомендується використовувати компонент у наступному співвідношенні: 0,3-0,5 частин геланової камеді на 1 частину конжакового глюкоманана.

У деяких випадках термостабільні гелі можна отримати, не вдаючись до деацетилювання. Гелеутворювальні властивості немодифікованого борошна залежать від значення рН, вмісту інших інгредієнтів і присутності синергічних полісахаридів, наприклад, напівочищеного карагенану (ЕА07а), капа- або йота-карагенану (Е407) або ксантанової камеді. Гелі відрізняються термостабільністю і температурою плавлення, для них характерні пружність і міцність. Наприклад, капа-карагенан у суміші з хлоридом калію утворює ніжні гелі, а ксантанова камедь, яка окремо взагалі не утворює гелі, спільно з конжаком утворює пружні когезивні гелі.

В роботі [27] описано, що суміші глюкоманана з крохмалем характеризуються більш високими в'язкістю і стабільністю в циклах заморожування-розморожування, а також зменшенням синерезиса в порівнянні з крохмалем. Додавання малих кількостей глюкоманана до крохмалю короткочасно посилює ретроградації амілопектину, але в довготривалому плані її знижує, надаючи в цілому позитивний ефект. Глюкоманан сприяє формуванню амілозних гелів, причому цей ефект залежить від концентрації, присутності води і типу крохмалю. Глюкоманан (1%) і крохмаль (9%) утворюють термооборотні кислото- і лугостійкі гелі при тій же температурі, що і ацетильований глюкоманан, причому ці гелі значно міцніші, ніж клейстеризований крохмаль при 10% -вої концентрації.

У разі молочних гелів з йота-карагенан максимальна міцність гелю досягається при співвідношенні конжакового борошна і карагенану від 20: 80 до 40: 60. Для отримання максимального синергічного ефекту в суміші з карагенаном необхідно використовувати очищений глюкоманан. Додатки цукру до суміші карагенану і дуже чистого конжакового глюкоманана (Е 425) збільшують міцність гелю при високих концентраціях глюкоманана і зменшують її при низьких концентраціях останнього.

Також використання конжаку в розсолах для ін'єктування, що використовуються в м'ясній промисловості, внаслідок холодної гідратації застосовується в малих кількостях для міцності карагенану нового гелю - в іншому випадку він дуже швидко стає занадто в'язким. У деяких випадках можна використовувати повільно бубнявіють набухаюче грубодисперсне конжакове борошно.

Відомо, що альгінат використовують як стабілізатор, загусник і гелеутворювач у виробництві таких молочних продуктів, як згущені консервовані вершки, шоколадний мус, йогурт, креми для випечених виробів, молочних коктейлів, морозива і сиру. Необхідного ступеня гідратації можна домогтися додаванням, наприклад, фосфату або цитрату, що зв'язують вільні іони кальцію взаємодії з альгінатом. Найчастіше в молочні продукти додають пітрифосфат натрію.

В останні роки альгірати все ширше застосовуються в інкапсулюванні пробіотиків, ароматизаторів і функціональних харчових жирів і масел, що обумовлено здатністю альгіратів укріплювати структуру в помірних умовах, не ушкоджуючи чутливі продукти, котрі піддаються інкапсулюванню.

Відомо кілька способів інкапсулювання харчових продуктів. Відомо, що альгірати ефективно захищають пробіотичні мікроорганізми від дії шлункового соку. Інкапсульовані бактеріальні культури з підвищеною стійкістю і продуктивністю можна додавати в молочні продукти, в тому числі в йогурти і сир. Інкапсулювання ароматизаторів (наприклад, ароматичних масел) проводять методом екструзії або шляхом внесення емульсії альгірату і масла по краплях в

розчин кальцевої солі. Можна також використовувати двохциліндричний екструдер, в якому інкапсульований матеріал екструдується через внутрішній циліндр, а розчин альгілату – через зовнішній. Розроблено також методи інкапсулювання альгілатом функціональних харчових жирів і масел (наприклад, рибачого жиру, масла із зародків пшениці), дозволяє поліпшити їх смакові властивості, стабільність і стійкість до окислення.

Доведено [27], що суміш пектину з альгілатом дають синергічний ефект, що утворюють сітки когезивного гелю з більш цінними властивостями, ніж гелі пектину і альгілату з високим утриманням полігулурунової кислоти. При цьому значення рН повинно бути нижче 4, так як при більш високих значеннях рН гель не утворюється. Цікаво, що така система добре працює в умовах холодного осадження. У дуже кислих середовищах (рН <2,8) утворення гелю з НМ-пектину і альгілату також можливе.

У харчовій і (рідше) фармацевтичній промисловості пектин використовується в якості гелеутворювача, згущувача і стабілізатора консистенції. В основному в харчових продуктах його застосовують для регулювання змісту вологи і активності води, а також для формування необхідної текстури. Традиційною і найбільш важливою областю використання пектину залишається виготовлення джемів і желе: використовується здатність ВМ-пектину до гелеутворення при низьких значеннях рН і високому вмісту цукру, а також здатність НМ-пектину до гелеутворення при низьких концентраціях цукру, але в присутності іонів кальцію. Перевагою пектину є те, що значення рН, при яких він найбільш стабільний, відповідають природному значенням рН фруктових пресервів; в цьому відношенні пектин унікальний. До інших переваг пектину належить те, що його текстура легка – має невелику в порівнянні з іншими гідроколоїдами молекулярну масу, з відмінним смаком і ароматом.

У молочних продуктах, в тому числі в йогуртах і молочних десертах із фруктами НМ-пектин грає роль гелеутворювача, що взаємодіє з присутнім в продукті кальцієм. Завдяки гелеутворюючим властивостям НМ-пектину можна виготовляти молочні десерти холодного осадження. При їх одержанні розчин

пектину змішують з холодним молоком, яке забезпечує систему іонами кальцію, необхідними для гелеутворювання при низьких значеннях рН. Залежно від типу пектину текстура змінюється від тендітної до дуже м'якої і вершкової. До такого десерту можна додавати фрукти, шоколад, ванільний або карамельний ароматизатори. В цьому випадку пектин і ароматизатор вносять у молоко і розчиняють в цукровому сиропі. Подібні десерти характеризуються легкою текстурою з відмінним вивільненням смакоароматичних і густих йогуртів із невеликої кількості НМ-пектину підвищують міцність гелю і покращують відчуття в роті завдяки високій вологозв'язуючій здатності, реакційній здатності по відношенню до іонів кальцію і взаємодії з молочними білками. Зв'язування вологи усуває синерезис, а реакція пектину з білками зміцнює білкову мережу йогурту. Ця сітка зміцнюється також за рахунок зон з'єднання, що утворюються при взаємодії пектину з катіонами кальцію. При високих концентраціях пектину ці взаємодії можуть стати настільки сильними, що зменшиться стабільність продукту. Через це не рекомендується застосовувати концентрації пектину вище 0,2-0,3%. Для желювання молочних продуктів більш кращими гідроколоїдами є карагенан, оскільки він утворює молочний гель у значно менших концентраціях, однак у кисломолочних пудингах і молочних десертах із фруктами краще використовувати НМ-пектин, оскільки при низьких значеннях рН не осідає разом з казеїном.

Отже, використання модельних систем, які створюють термостійку структуру в складі різних харчових продуктів є актуальним та використовується в різних галузях харчової промисловості.

### **1.3 Перспективи застосування білково-полісахаридних компонентів та трансглютамінази для створення термостабільної структури молоковісних начинок**

#### **1.3.1 Особливості хімічного складу, структури та функціональних властивостей полісахаридів для створення молоковісної начинки**

Полісахариди належать до вуглеводів. Це складні полімери, які складаються

із моносахаридів, з'єднаних за допомогою глікозидного зв'язку. Кількість мономерів у полісахариді може бути від декількох десятків до сотні і більше. Біологічні функції полісахаридів – захисна, структурна, резервна, регуляторна, енергетична. Захисна функція полягає насамперед у тому, що з полісахаридів складаються клітинні стінки живих організмів. Так, клітинна стінка рослин складається з целюлози, грибів – з хітину, бактерій – з муреїну. Крім того, захисна функція полісахаридів проявляється у сорбції радіонуклідів, важких металів, бактерій і бактеріальних токсинів, що потрапляють у живий організм тощо. Структурна функція полісахаридів у клітині полягає в тому, що вони входять до складу плазматичної мембрани, є компонентами мембран органолів [25].

Полісахариди широко використовуються в харчовій промисловості як стабілізатори і згущувачі у виробництві майонезу, соусів, молочних продуктів, морозива, желе, м'ясних виробів, у хлібопекарському і кондитерському виробництві.

Камедь ксантану – природна хімічна сполука ( $C_{35}H_{49}O_{29}$ )<sub>n</sub>, харчова добавка E415, відноситься до групи стабілізаторів. За хімічною природою ксантанова камедь являє собою полісахарид, отриманий шляхом ферментації з використанням бактерій *Xanthomonas campestris*. У життєвому циклі бактерій ксантан слугує їм захистом від вірусів і пересихання, тому може використовуватися в косметичних засобах для зволоження шкіри. Головний ланцюг молекули ідентичний молекулі целюлози. Відгалуження являють собою молекули манози, глюкуронової кислоти, а також пірвінограднокислі (пірватні) і ацетильні групи. Кількість пірватних груп визначає в'язкість водних розчинів ксантану. Для харчових цілей кислотні групи нейтралізують, і переводять ксантан в калієві, натрієві або кальцієві солі.

Виробництво ксантану базується на аеробному бродінні у водному розчині вуглеводів, джерела азоту, після чого середовище пастеризують і осаджують спиртом або очищують методом мікрофільтрації. Властивості ксантану регулюють і змінюють умови життя бактерій. Ксантан являє собою порошок білого або сіруватого кольору, який не має запаху і смаку. Речовина добре

розчиняється у воді, не втрачає своїх властивостей у широкому діапазоні кислотності. Розчин ксантану стійкий до дії ферментів, спиртів, ПАР, кислот (крім соляної), лугів, до дії високих (до 120<sup>0</sup>С) і низьких (до -18<sup>0</sup>С) температур. У суміші з іншими камедями ефект згущення вищий, ніж для кожного згущувача окремо. Для розчину ксантану характерні високі значення в'язкості в діапазоні рН від 2 до 12 і псевдопластичності. Завдяки таким властивостям ксантан формує добру структуру, надовго стабілізує продукти і збільшує терміни їх зберігання. Ксантан – дуже сильний загусник, а в поєднанні з камеддю ріжкового дерева і іншими загусниками набуває властивості гелеутворювача. Ксантанова камедь використовується в харчових системах в якості згущувачів, гелеутворювачів і стабілізаторів. Вона добре розчиняється в холодній і гарячій воді, молоці, а також в розчинах солі і цукру. Молекули ксантана адсорбують воду з утворенням тривимірної сітки з подвійних спіралей ксантану. За структурою вона близька структурі гелю, але характеризується меншою в'язкістю. У зв'язку з цим, ксантан зазвичай використовують як згущувач або стабілізатор, а не гелеутворювач.

Використання ксантанової камеді дозволяє збільшити в'язкість фаршу; отримати більш стабільну і пластичну структуру готового продукту; зменшити втрату вологи при термообробці і подальшому зберіганні готових продуктів. Найчастіше застосовують для виробництва майонезів та інших соусів. Також ксантан використовується для виготовлення джемів, желе, мармеладу, йогуртів та інших молочнокислих продуктів, морозива, кондитерських і хлібобулочних виробів. Допустима добова доза споживання ксантану 10 мг/кг маси тіла.

Первинна структура камеді ксантану (рис.1) складається із целюлозного каркасу, утвореного послідовно  $\beta$ -(1,4) з'єднаних D-глюкозних ланок, в яких кожен другий глюкозний залишок має трисахаридний боковий ланцюг. Цей ланцюг включає два манозних фрагменти, розділених глюкореновою кислотою. Приблизно половина термінальних манозних залишків зв'язані з піруватною групою, а нетермінальний фрагмент зазвичай містить ацетильний замітник. Карбоксильні групи обумовлюють аніонну природу камеді. Молекулярна маса

камеді ксантану складає близько  $2 \cdot 10^6$  причому розподілення молекулярних мас в ній більше, ніж в більшості полісахаридів.

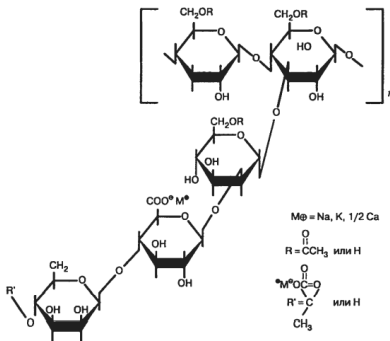


Рис. 1.2 – Первинна структура камеді ксантану

Рентгеноструктурні дослідження волокон камеді ксантану показали, що її конформація має вид правозакрученої п'ятивилкової спіралі. В цій конформації бокові ланцюги упорядковані вздовж каркаса і стабілізують структуру. Розчинні бокові ланцюги виступають в ролі своєрідної «загородки» целюлозного каркасу і тим самим його захищають. Вважається, що саме цим обумовлена стабільність камеді ксантану в несприятливих умовах.

### Вміст камеді тари

Камедь тари відноситься до галактомананів, насіння яких складаються із лінійних (1>4)  $\beta$ -D-мананових ланцюгів із різноманітною кількістю одиничних термінальних D-галактозних фрагментів, з'єднаних із головним каркасом за допомогою (1>6)- $\alpha$ -глікозидних зв'язків із фрагментами 4,6-маннози. Третім залишком у каркасі являється 4-маноза. Ці галактоманани легко відрізнити по співвідношенню загального вмісту манози і галактози, які варіюють від 1,6:1 близько до 3,5 :1. Більша кількість бокових галактозних залишків (близько 20-40% від маси галактоманана) перешкоджає міцному зчепленню полімерних

каркасів і утворенню великих кристалічних областей, через що вода при температурі вище кімнатної легко проходить між окремими молекулами і гідратує камедь.

Вміст галактози в камеді тари складає 33-40%. Зрозуміло, що вміст фрагментів 4,6-маннози також складає 33-40%. Кількість одиниць 4-маннози варіює від 20 до 34%. Спрощений теоретичний галактомановий будівельний блок камеді тари з 38,4% D-галактози, що складається з 26 одиниць гексози (табл.1). Для порівняння приведені також будівельні блоки і основні повторні одиниці, відображений середній вміст галактомананов гуарової камеді і рожкового дерева.

Таблиця 1.1

**Середні будівельні блоки**

Гуарова камедь	$(\Gamma)_{10}(4,6-M)_{10}(4-M)_6$	$\Gamma/M=1,0:1,6$
Камедь тари	$(\Gamma)_1(4,6-M)_1(4-M)_2$	$\Gamma/M=1,0:3,0$
Камедь рожкового дерева	$(\Gamma)_2(4,6-M)_2(4-M)_5$	$\Gamma/M=1,0:3,5$

Значення:  $\Gamma$ -галактоза; M-манноза.

До найбільш розповсюджених полісахаридів, які широко використовується в харчовій промисловості відноситься желатин. Він є продуктом термічної денатурації колагену – основного волокнистого компоненту шкіри, кісток, сухожиль і хрящів. Колаген представляє собою позаклітинний білок із трьома поліпептидними ланцюгами, закрученими в формі спіралі, кожна із яких містить 1000 амінокислот (рис.2.). Амінокислотна послідовність є послідовною причому кожна амінокислотна тріада містить гліцин.



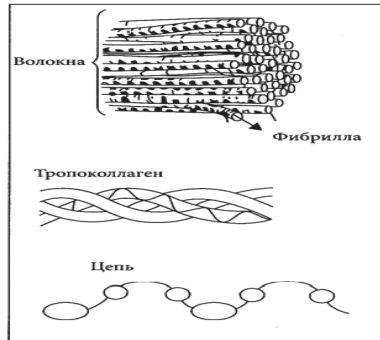


Рис. 1.3 – Будова желатину та колагену

Існує декілька видів колагену з відомими амінокислотним вмістом. Також всі желатини виготовляються із колагену. Мономер колагену являє собою потрійну спіраль або стержень довжиною близько 300 нм і діаметром 1,5 нм, молекулярна маса якої близько 300000. При помірному нагріванні (40°C) спіраль розкручується і утворюється суміш  $\alpha$ -ланцюгів (молекулярна маса 100 тис.),  $\beta$ -ланцюгів ,які складаються із двох ковалентно зв'язаних  $\alpha$ -ланцюгів і  $\gamma$ -структур, складаються із трьох  $\alpha$ -ланцюгів. Амінокислотний склад цих ланцюгів досить незвичайний ,так як гліцин складає одну третю всіх амінокислотних залишків, а також у поліпептидах дуже великий вміст проліну і гідроксипроліну.

Авторами [22] досліджено особливості протікання процесу агрегування клейковинних білків у розчині в присутності зазначених добавок. Встановлено зростання ступеня і швидкості агрегації клейковинних білків за додавання ферменту трансглютаміназа (прямо пропорційно кількості ферменту) та тваринного білка желатину (найбільшою мірою – за сумісного використання з ферментом).

Таким чином, застосування цих добавок у досліджуваному інтервалі концентрацій посилює клейковину. Висока ефективність дії ферменту зумовлена ефективним комбінуванням рослинних білків борошна з тваринним білком желатином.

Це збігається з поглядами дослідників [22] щодо здатності трансглютамінази активно взаємодіяти з протеїнами тваринних білків, протеїнами пшеничного борошна. Таким чином, дослідженнями показано можливість спрямованого регулювання процесів тістоутворення з безглютенової борошняної сировини в технології хліба та формування структури макаронного тіста та виробів із використанням борошна пшеничного хлібопекарського зі зниженими технологічними властивостями.

Авторами [26] розроблено технології функціональних напоїв на молочній сироватці з рослинними екстрактами. Багатокомпонентні функціональні напої на основі молочної сироватки є, як правило, харчовими системами з агрегативно нестійкою структурою, які здатні при зберіганні до розшарування (утворення осаду). Тому в рецептурі таких напоїв вводять різні стабілізатори (пектини, камеді, продукти переробки морських водоростей та ін.), які забезпечують однорідну структуру напоїв, без локального гелеутворення, з рівномірним розподілом частинок наповнювачів.

Авторами [27] досліджено вплив камеді ксантану на фізичні властивості і текстурні характеристики збитих молочних вершків. Камедь ксантану в цій роботі використовувалася як загусник для приготування вершків збитих. Ефект залежить від дози камеді ксантану та середнього розміру частинок жирових кульок (біля  $d=3,2$  мкм) вершків збитих. При концентрації камеді ксантану від 0.025...0.125%, яка використовувалася при дослідженні процесу збивання вершків, було виявлено позитивний вплив на середнє значення жирів частинок молока. Зі збільшенням концентрації камеді ксантану та тривалості збивання вершків, часткове затвердіння жиру в системі поступово збільшувалося. Стає зрозумілим, що камедь ксантану, як загусник, може суттєво впливати на фізичні властивості і реологічні характеристики вершків збитих.

Групою авторів [28] розглядалася функціональна роль камеді ксантану та її вплив на властивості тіста і хліба з суміші борошна маніюки та пшениці. Автори вивчали структурно- механічні властивості тіста, утримання газу рідкого тіста, та свіжість і зберігання хліба із суміші борошна (90% пшениці та 10% маніюки). Це

дослідження показало, що підвищений вміст камеді ксантану збільшує пружність тіста при випіканні хліба, розмір буханки, м'якість крихти. Проте, максимум у межах концентрації 1% ксантанової камеді було достатньою, щоб сповільнити втрату вологи і зміцнити м'якуш хліба.

Метою дослідження авторів [29] було вивчення впливу камеді ксантану на структурні зміни масла пальмового при травленні «in vitro» та проведення оцінки застосування жирової системи XG-palm у кремоподібних начинках. Встановлено, що реологічні та мікроструктурні властивості вивчались у трьох системах: жировій XG-palm, наповнювальний крем із жиру XG-palm, а також контрольний наповнювальний крем із пальмовою олією, але без камеді ксантану. Результати дослідження авторів можуть мати застосування при розробці нежирної їжі та в тих випадках, коли бажано структурування вмісту шлунку.

Група авторів [30] у своїй роботі дослідила, що желатин може утворювати синергетичні гелі з камедю ксантану. Виявлено вплив модулю пружності, який у 30 разів перевищує значення чистого розчину камеді ксантану при тій же концентрації, що використовується в суміші. Камедь ксантану виконує дві основні функції: підвищує концентрацію желатину завдяки електростатичним відновленням і взаємодіє з позитивними частинками желатину за допомогою електростатичної взаємодії.

У статті [31] наведено аналітичне обґрунтування та вибір бінарної комбінації полісахаридів для термостабільних молоковмісних начинок з використанням бінарної комбінації: камеді ксантану та камеді тари. Автори провели аналітичний огляд бінарних комбінацій полісахаридів, на підставі якого було виявлено дві бінарні комбінації – «камедь ксантану-камедь конжаку» та «камедь ксантану-камедь тари», використання цієї комбінації дозволяє отримувати желеподібну систему. В ході експериментальних досліджень було підтверджено синергетичну взаємодію в системах «камедь ксантану-камедь конжаку» та «камедь ксантану-камедь тари», а також вибрані раціональні співвідношення суміші камедь ксантану-камедь тари як 60:40.

### 1.3.2 Аналіз шляхів модифікації структури та властивостей желатину з використанням трансглютамінази для створення термостабільної структури

Трансглютаміназа, фермент який пов'язує в структуру білки на молекулярному рівні, сприяє утворенню поперечних зв'язків між молекулами білка. У харчовій промисловості застосовується, перш за все, для поліпшення фізичних властивостей продуктів (текстура, міцність і еластичність). Промислове виробництво ферментних препаратів спочатку було засноване на виділенні ферментів із сировини рослинного і тваринного походження. В даний час більшість ферментів отримують у промислових масштабах шляхом мікроскопічних грибів і бактерій у спеціальних апаратах -ферментерах.

Головною властивістю ферменту ТГ є його природне походження і висока специфічність дії, що дозволяє забезпечувати абсолютну екологічність готових продуктів.

Механізм каталітичних реакцій білкових молекул із трансглютаміназою може бути представлений схематично наступними реакціями:

$\text{Gln-CO-NH}_2 + \text{H}_2\text{N-Lys} \rightarrow \text{Gln-CO-NH-Lys} + \text{NH}_3$ .  $\text{Gln-CO-NH}_2 + \text{RNH}_2 \rightarrow \text{Gln-CO-NHR} + \text{NH}_3$ .  $\text{Gln-CO-NH}_2 + \text{HOH} \rightarrow \text{Gln-COOH} + \text{NH}_3$ . Ці зв'язки можуть бути сформовані як між білками одного походження, так і між білками, що відрізняються за типом, наприклад, казеїном, міозином, глобуліном або актином тваринних білків і глютенем пшеничної клейковини. Створена таким чином білкова структура стабільна в широкому діапазоні рН і температур, а також більш стійка до механічних впливів.

Температурний діапазон активності трансглютамінази - від 2 до 55°C. Оптимальний рівень рН = 6-7. Інактивація трансглютамінази відбувається з різною швидкістю і залежить від температурного впливу, кислотності і тривалості контакту з киснем. Повна інактивація ферменту відбувається при температурі вище 70°C протягом 5-10 хвилин. Результатом теплової інактивації ферменту є залишкові пептидні зв'язки, які містяться у будь-якому м'ясному продукті.

Переваги використання трансглютамінази: скорочення тривалості ферментації на 30%; відновлення структури м'ясної сировини; підвищення стабільності і терміну придатності; підвищення придатності до різання на скибочки (зниження втрат на 30-40%); отримання готового продукту стандартної якості; розробка нових продуктів із низьким вмістом натрію; поліпшення структури, однорідності і соковитості; зміцнення білкових зв'язків; створення абсолютно нових продуктів і форм.

Трансглютаміназа також призначена для поліпшення функціональних властивостей продуктів - структури, смаку, засвоюваності і терміну придатності. Трансглютаміназа придатна для використання у будь-яких молочних продуктах: пресованому сири, твердих сирах, кремах та інших. Застосування трансглютамінази не вимагає декларування і дає максимальний ефект. Спектр використання трансглютамінази надзвичайно широкий.

Переваги використання трансглютамінази в йогуртах: поліпшення структури (особливо знежирених продуктів); поліпшення кремоподібної консистенції; підвищення сінерезисаводи до 80%; зниження частки або повна заміна емульгаторів -каррагенана, желатину, крохмалю (економія коштів); зниження добавок сухої речовини у вигляді білків (економія коштів); Переваги – в сирах: підвищення виходу готових сирів на 20% завдяки зв'язуванню сироваткового білка; поліпшення структури (особливо вершкових сирів); економія коштів навіть у виробництві плавлених сирів, завдяки скороченню частки білків і інших добавок.

Авторами [32] розглянуто технологічні та наукові аспекти застосування ферменту трансглютаміназа (ТГ) як структуроутворювача борошняного тіста для хлібобулочних виробів. Доведено ефективність застосування желатину для підвищення реакційної здатності ферменту. Встановлено конфірмаційні перетворення білків у бік упорядкування їх просторової мережі. Результати досліджень доводять ефективність сумісного застосування ферменту трансглютамінази з білковими добавками (на прикладі желатину) для суттєвого поліпшення структури тіста та випечених виробів. У якості борошняної сировини

застосовані борошняні суміші та виключено пшеничне борошно, наявність якого є основним чинником формування структури хлібобулочних виробів. Інфрачервоно-спектроскопічними дослідженнями показана можливість конфірмаційних змін білкових речовин тіста шляхом упорядкування їх просторової структури.

Авторами [33] проведено узагальнення даних про стан і перспективи застосування ферментної технології у переробці молока. Наведено характеристику специфічності трансглютамінази (ТГ) по відношенню до білків молока в порівнянні з іншими білками. Була виявлена активність ТГ у діапазоні рН (5-8) з оптимумом близько рН 7. Виділена стабільність ферменту при температурі до 40 °С. Визначено найбільш оптимальні субстрати для ТГ: казеїн, казеїнат натрію, желатин, міозин, а також 11S і 7S глобуліни соєвих бобів.

Незамінними субстратами є колаген, гліадин і глютенін пшениці, білок яєчного жовтка. Актин під дією ТГ, як правило, не зв'язується. Наведено умови ферментативного зв'язування білків сироватки молока з глютенном пшениці. При зберіганні протягом 6 тижнів при 4°C не було виявлено змін у реологічних властивостях і ступеня полімеризації білка для йогуртів, приготованих із молока, обробленого ферментним препаратом. Зниження залишкової концентрації розчинних білків, при інкубуванні молочної сироватки з препаратом ТГ, доведено методами електрофорезу і гель-хроматографії. Зв'язування глютену з білками сироватки молока призводить до зниження імунної активності глютену, що може бути використано для вироблення спеціальних продуктів, призначених хворим на целіакію.

Групою авторів [34] досліджено зшивання адсорбованого казеїну з трансглютаміназою. Автори довели, що зшивання трансглютамінази на адсорбційному шарі казеїнату натрію (або окремих A41-огb-казеїнів) на межі води може призвести до збільшення в'язкості поверхневого зсуву на коефіцієнт приблизно 100. Ці результати говорять про потенціал для зміни стійкості казеїнових емульсій шляхом міжфазного зшивання з трансглютаміназою.

Групою авторів [35] було досліджено мікробну трансглютаміназу (mTG), яка була використана для модифікації хромованого желатину шкіри свиней. На функціональні властивості желатину дуже впливала трансглютаміназа mTG. В'язкість желатину очевидно змінювалася за допомогою mTG, особливо коли концентрація розчину желатину була вище 15% (Вт / В), коли в'язкість була занадто великою, використовували віскозиметр Пінкевича (mm10 мм). Суттєво не змінилася розчинність, коли концентрація желатину була відносно низькою. Але коли концентрація желатину досягає 15%, ферментативне зшивання викликає значне зменшення розчинності у воді, а по мірі прогресування реакції желатин втрачає здатність зазнавати термічно оборотних переходів і стає нерозчинним у киплячій воді. Температура плавлення постійно покращувалася зі збільшенням кількості трансглютамінази. Крім того, міцність желатину була очевидно знижена порівняно із зразком без використання трансглютамінази, що вказує на те, що структура желатинового гелю значно впливає на обробку трансглютамінази.

Автори [36] порівняли здатність двох ферментів каталізувати утворення гелів з розчинів желатину та хітозану. Було помічено, що мікробна трансглютаміназа, яка зараз досліджується щодо харчових застосувань, каталізує утворення міцних та постійних гелів із желатинових розчинів. Хітозан не потрібен для гелеутворення каталізується трансглютаміназою, хоча гелеутворення проходило швидше, і отримані гелі були міцними, якщо реакції проводили в присутності цього полісахариду. Трансглютаміназа та тирозиназа дають альтернативний метод створення гелів та можуть запропонувати цікаві можливості для застосування *in situ*. Доведено, що існує кілька потенційних переваг цих ферментативних підходів. По-перше, ферменти каталізують утворення гелю без необхідності отримання низькомолекулярних сполук (тобто мономерів, ініціаторів та зшиваючих агентів не потрібно). По-друге, ферменти каталізують утворення гелю безпосередньо з полімерів, не вимагаючи ні світла, ні попереднього прищеплення зшиваючої функціональності (наприклад, акрилати зазвичай прищеплюються до полімерів і макромерів, щоб вони могли піддаватися подальшому утворенню гелю). По-третє, гелі можуть утворюватися

ферментативно з желатину та хітозану - двох природних полімерів, які, як відомо, надають корисні функціональні властивості. Нарешті, утворення ферментативного гелю є простим і відбувається в м'яких умовах.

Група авторів [37] довели, що піддаючи свинячий желатин дії різної кількості трансглютамінази (TGase), згодом, можна використовували для отримання піни або гелів. Науковці вивчали стабільність піни при 20 ° C та 80 ° C, термостабільність та інструментальну текстуру гелів. Вміст желатину та трансглютамінази TGase значно підвищив стійкість піни при обох температурах, але ефект трансглютамінази TGase був значно помітнішим. Гелі, як правило, менш пружинисті зі збільшенням кількості трансглютамінази TGase. Модифікація піни і гелів на основі желатину з додаванням трансглютамінази TGase являє цікавий підхід для кулінарних рецептів, у яких желатин слід нагрівати. Однак слід ретельно оптимізувати, щоб уникнути занадто гумової текстури. Отже, вчені прийшли до висновку, що модифікація властивостей желатину завдяки використанню трансглютамінази TGase є цікавим підходом для отримання термостабільних желатинових гелів та піни.

Метою досліджень вчених [38] було оптимізувати процедуру вилучення желатину зі шкір балтійської тріски (*Gadus morhua*) та модифікувати властивості швидкого желатину, використовуючи трансглютаміназу, для утворення гелів при кімнатній температурі. Модифікація швидкого желатину з трансглютаміназою дозволяє використовувати такий продукт як гелеутворюючий компонент у виробництві їжі. Можливість проведення ферментативної реакції нижче кімнатної температури є великою перевагою. Однак важливо використовувати ензим та субстрат у належних концентраціях. Надмірне ферментативне зшивання матеріалу може не покращитись, але навіть призвести до погіршення властивостей продукту. З іншого боку, великі желатинові гелі взагалі не можна виробляти, якщо концентрація ферменту занадто низька.

У статті [39] автори описали, що трансглютаміназа каталізує реакції перенесення ацилу між  $\gamma$ -карбоксамідними групами залишків зв'язаних з білком глутаміну (Gln), які служать донорами ацилу, та первинними амінами, в



результаті чого утворюються нові  $\gamma$ -аміди глутамінових кислоти та аміаку. Використовуючи аміно-похідне полі (етиленгліколю) (PEG-NH<sub>2</sub>) в якості субстрату для ферментативної реакції з ТГ, можна ковалентно зв'язувати полімер з білками, що представляють інтерес у фармацевтиці.

Також автори провели експерименти, спрямовані на модифікацію білків відомої структури за допомогою ТГ і, їм вдалося отримати специфічну для сайту модифікацію або пегілювання залишків, пов'язаних з білком, у білкових субстратах та на те, що ці білки мають набагато більше залишків Gln.. Ми також проаналізували результати інших опублікованих експериментів модифікованої ТГ модифікації або пегілювання декількох білків за структурою та динамікою білків, серед них  $\alpha$ -лактальбумін та інтерлейкін-2, а також невпорядковані білки.

Помітна кореляція спостерігалася між ділянками ланцюга високого температурного фактора (В-фактора), визначеного кристалографічно, та ділянок атаки ТГ та обмеженого протеолізу, тим самим підкреслюючи роль мобільності ланцюга або локального розгортання у диктуванні специфічної для сайту ферментативної модифікації. Ми пропонуємо, що підвищена гнучкість ланцюга сприяє обмеженим ферментативним реакціям на поліпептидних субстратах ТГ і протеазами, а також іншими ферментами, що беруть участь у ряді місцевих специфічних посттрансляційних модифікацій білків, таких як фосфорилування та глікозилювання. Тому можливо передбачити місце (сайти) опосередкованої ТГ модифікації та перилування терапевтичного білка на основі його структури та динаміки і, отже, ймовірного впливу модифікацій на функціональні властивості білка.

Науковці [40] виявили, що дією трансглутамінази різні білки можуть бути модифіковані, а нові види білка можуть мати властивості, на відміну від властивостей вихідного білка; наприклад, білки можуть набувати нових антигенних властивостей, як показано білками, в яких  $\epsilon$ -аміногрупа лізину була модифікована шляхом заміщення поліамінокислотами хімічним шляхом. Особливий інтерес представляють модифікації, що продукуються ферментативно

через зв'язок двох білків один з одним через  $\gamma$ -карбоксихильну групу зв'язаної з білком глутамінової кислоти та  $\epsilon$ -аміногрупу лізину, пов'язаного з білками.

Автори [41] визначили, що використання промислового соняшникового борошна для виробництва продуктів, багатих білками для харчової промисловості - це альтернативний підхід для кращого та ефективнішого використання цього сільськогосподарського побічного продукту.

Значне поліпшення продуктивності піноутворення ( $p < 0,05$ ) було досягнуто з усіма трьома TG-модифікованими гідролізатами пепсину у всій досліджуваній області рН. Пепсиновий гідроліз білкового ізоляту з трьома ступенями гідролізу не поліпшив стабільність піни. Підвищена термостабільність спостерігалася при TG-РНЗ до  $80^\circ\text{C}$  порівняно з білковим ізолятом ( $\text{pH} = 7$ ). При  $90^\circ\text{C}$  модифікація ТГ тільки білкового ізоляту призводила до найвищої термостабільності. Гідроліз пепсину з подальшим обробкою TG може бути використаний для отримання ізолятів білка соняшнику з покращеною розчинністю, здатністю до отримання піни та термостабільності для використання в харчовій промисловості.

Автори [42] визначили, що мікробна трансглютаміназа (МТГ), виділена з *Streptomyces mobaraensis*, доступна в комерційних масштабах протягом декількох років. МТГ генерує між- та внутрішньомолекулярні перехресні зв'язки між  $\gamma$ -карбоксихильними групами залишків глутаміну та  $\epsilon$ -аміногрупами залишків лізину у білках. Завдяки великому потенціалу для поліпшення різних функціональних властивостей білків, МТГ в основному використовується для підвищення текстури, стійкості та зв'язування води. Застосування МТГ для виробництва рослинних харчових продуктів, таких як тофу, локшина, хліб та хлібобулочні вироби, як і раніше обмежується сировиною з сої та пшениці. Однак із збільшенням попиту на вегетаріанську їжу, використання нових білків як функціональних інгредієнтів, наприклад, з гороху, люпину, кунжуту та соняшнику, здається перспективним. Щоб відкрити нові горизонти для застосування МТГ, цей огляд має на меті продемонструвати реальний потенціал МТГ у переробці харчових продуктів на основі рослинних білків. Особливу увагу було приділено новим джерелам рослинних білків, придатним для зшивання з

МТГ. Крім того, обговорюються стратегії покращення текстури та поживної цінності білків.

Група авторів [43] вивчали стабільність піни при 20°C та 80°C, термостабільність та інструментальну текстуру гелів. Вміст желатину та ТГ значно підвищив стійкість піни при обох температурах, але ефект ТГ був значно помітнішим. Також обидва фактори посилювали термостабільність желатинових гелів, так що гелі, що містять 3% желатину та 0,7% ТГ, все ще гелювались через 1 год при 80° С, тоді як будь-який із гелів на основі желатину без ТГ швидко перетворювався на рідкий рідше ніж 10 хв при 80° С. Твердість і жувальність гелів були сильно підвищені вмістом желатину, але особливо концентрацією ТГ. Гелі, як правило, менш пружинисті зі збільшенням кількості ТГ.

Дослідники припустили, що стабілізація піни та гелів на основі желатину за допомогою інкубації з ТГ може бути цікавим підходом для отримання термостабільних пін на основі желатину та гелів для кулінарних рецептів. Однак слід ретельно оптимізувати, щоб уникнути занадто гумової текстури. Крім того, вони розглядали, як змінювались текстурні характеристики желатинових гелів як наслідок ефекту ТГ. Оптимізація пропорції желатину та ТГ та, можливо, використання сполук, які можуть впливати на текстуру желатинових гелів, таких як жир, сіль або цукри, необхідні перед застосуванням ТГ як методу модифікації желатинових гелів для кулінарних цілей. Тим не менш, модифікація властивостей желатину за допомогою використання ТГ є цікавим підходом для отримання термостабільних желатинових гелів та пін.

Науковцями [44] було досліджено вплив зшивання трансглютамінази на реологію желатинових гелів. Виявлено, що сила гелю може бути зменшена або підвищена залежно від того, чи відбувається ковалентне зшивання переважно до або після розвитку зон потрійного спіралі. Вражаючий результат полягає в тому, що після великого ковалентного зшивання під час холодного гелеутворення, згодом у розплавленому стані характерний термовертимий характер желатинового гелю майже повністю втрачається.

Автори [45] виявили, що після занурення у фізіологічний розчин при 378° С желатин ТГ, пов'язаний з межею, не зазнавав масових втрат у межах експериментальної помилки, що свідчить про те, що матеріал є термічно стійким. Швидкість протеолітичної деградації ТГ-зшитого желатин при КТ виявився дещо швидшим, ніж термоохолоджений (фізично зшитий) желатин. Термічно охолоджений желатин, який згодом був зшитий із ТГ у результаті давав гідрогелі більш стійкі до протеолізу. Було виявлено, що швидкості деградації підлаштовуються за вмістом желатину - атрибут, який може бути корисним як для тривалого капсулювання клітин, так і для регенеративної клітини, що вивільнилася з часом. Подальше дослідження показало, що протеолітична деградація контролювалася поверхневою ерозією.

Група авторів [46] дослідили розкриті ферментативно зшиті білкові гелі та способи їх отримання. Способи включають додавання трансклятамінази, такої як фактор XIII, до композиції гелеутворюючого білка, що чутливий до температури, такого як желатин або колаген, інкубація композиції та трансклятамінази в гелеутворюючих умовах. Отримані гелі мають чудову міцність і термостабільність, і їх можна використовувати в різних медичних та промислових сферах.

Отже, головне завдання – створити термостабільну молоковісну начинку з регульованими смаковими ароматичними та термостабільними властивостями, але низькою собівартістю за рахунок заміни структуроутворюючих компонентів на більш дешевші.

Аналітичний огляд існуючих технології дозволив визначити перспективи розвитку ринку термостабільних начинок. Розглянуто різні гелеутворюючі компоненти, які виробники використовують для утворення термостабільної структури. Аналіз теоретичних аспектів утворення термостабільної структури свідчить, що у технологічному процесі існує необхідність пошуку оптимального співвідношення структуроутворюючих компонентів, вибору умов формування модельних систем. Вивчено особливості хімічного складу, структури та функціональних властивостей полісахаридів для створення ТМН.

Проаналізовано шляхи модифікації структури та властивостей желатину з використанням трансглютамінази для створення термостабільної структури. Доведена доцільність у використанні поєднання желатину з трансглютаміназою як гелеутворюючого компоненту у виробництві харчової продукції.

## **РОЗДІЛ 2. НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОДЕРЖАННЯ МОЛОКОВІСНОЇ ТЕРМОСТАБІЛЬНОЇ НАЧИНКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЖЕЛАТИНУ**

У цьому розділі на підставі теоретичних та експериментальних досліджень визначено інноваційний задум розробки ТМН із використанням желатину, трансглютамінази та суміші полісахаридів, проведено дослідження міцності структури гелів. Досліджено функціонально-технологічні властивості розчинів та гелів на основі камеді ксантану та камеді тари та встановлено термостабільні властивості гелеподібних систем. Науково обґрунтовано технологічні параметри отримання молокової термостабільної начинки. Проведені реологічні, фізико-хімічні, дериватографічні дослідження та методом диференціально-скануючої калориметрії модельних систем ТМН.

### **2.1 Аналітичне обґрунтування розробки молокової термостабільної начинки з використанням желатину та трансглютамінази**

Запропоновано створення молокової термостабільної начинки на основі комбінацій полісахаридів, желатину та трансглютамінази, використання яких дозволить отримати термостабільну структуру [79].

Розроблено модель складу молокової термостабільної начинки [80], яка передбачає використання у своєму складі таких інгредієнтів, як сухе знежирене молоко, цукрова пудра, желатин, трансглютаміназа та суміш полісахаридів. Начинку передбачено створити у вигляді сухої суміші. Основними перевагами суміші є зручність при використанні, тривалий строк зберігання, зниження витрат при транспортуванні продукту. Оскільки технологічний процес виробництва начинки повинен враховувати особливості використання кожного з компонентів, складено технологічні вимоги до гелів на основі бінарних комбінацій полісахаридів та їх обґрунтування (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

**Технологічні вимоги до гелів на основі бінарних комбінацій полісахаридів та їх обґрунтування**

Технологічні вимоги до гелів на основі бінарних комбінацій полісахаридів	Обґрунтування технологічних вимог
Розчинення суміші у воді при температурі 50-55°C	Раціональним діапазоном температури дії трансглютамінази є 50-55°C
Синергетична взаємодія полісахаридів як основи термостабільної начинки	Для раціонального їх використання та можливості регулювання структурно-механічних показників
Сумісність полісахаридів із молочним білком та желатином	Враховуючи, що ізоелектрична точка казеїну складає 4,7, а желатину кислотного типу в межах від 6,5 до 9, можлива асоціація аніонних полісахаридів із білками за рН нижче їх ізоелектричної точки. При цьому асоціація повинна призводити до гелеутворення, а не до випадіння в осад
Консистенція начинки повинна бути пластичною, м'якою, термостійкою, мати здатність до намазування	Вимоги виробників до кондитерських молоковмісних начинок
Начинка повинна мати тиксотропні властивості	Начинка повинна відновлювати зруйновану механічною дією початкову структуру (при намазуванні, транспортуванні начинки її структура руйнується)

На підставі аналізу літературних джерел узагальнено дані щодо відомих бінарних комбінацій полісахаридів та умов їх підвищення в'язкості або гелеутворення (табл. 2.2).

**Раціональні параметри отримання композиційних сумішей  
полісахаридів із синергетичними властивостями та їх можливі варіанти**

Найменування полісахариду	Функціонально-технологічні властивості полісахариду	Раціональні параметри отримання композиційних сумішей полісахаридів із синергетичними властивостями	Можливі варіанти композиційних сумішей для регулювання структурно-механічних властивостей харчових систем
Карбоксиметилцелюлоза	Загущувач, стабілізатор	Підвищення в'язкості зі збільшенням температури від 20 °С до 90°С	Камедь ріжкового дерева, крохмаль, камедь гуару, камедь ксантану, білки молока
Камедь ксантану	Гелеутворювач  Загущувач	Ініціювання утворення гелю у співвідношення 60:40 Синергетична взаємодія Утворення гелю за концентрації суміші >0,3% та співвідношення 60:40  Підвищення в'язкості за співвідношення 80:20 та температур гідратації 55 °С - 90°С, посилення взаємодії за умов використання деіонізованої води у нейтральному рН	Камедь конжаку, Камедь тари Камедь ріжкового дерева, крохмаль, білок молока  Камедь гуару
Камедь конжаку	Загущувач, гелеутворювач  Загущувач	Підвищення в'язкості у збільшенні температури 75 °С до 90°С у співвідношенні 25:10  Підвищення в'язкості зі збільшенням температури 20 °С -40°С, та співвідношення 80:60 1:1 Підвищення в'язкості у співвідношенні 1:9	каппа-карагінан, йота-карагінан, камедь ксантану (див. вище), крохмаль



Кінець таблиці 2.2

Каппа-карагінан	Гелеутворювач	Підвищення в'язкості зі збільшенням температури 40°C -60°C  Підвищення в'язкості зі збільшенням температури t <50 °C -60°C, у співвідношенні 40:60 та 60:40	Камедь конжаку, білок молока  Камедь ріжкового дерева
Йота-карагінан	Загушувач, гелеутворювач	Підвищення в'язкості зі збільшенням температури від 20°C до 40 °C  Підвищення в'язкості зі збільшенням температури від 60°C до 80°C, молочний білок	Крохмаль  камедь конжаку камедь ксантану
Крохмаль	Загушувач	Підвищення в'язкості зі збільшенням температури від 20°C до 90°C у співвідношенні 1:9	γ-карагінан камедь конжаку
Фурцелларан	Загушувач, гелеутворювач	Підвищення в'язкості зі збільшенням температури від 20°C до 90°C	камедь ріжкового дерева
Камедь ріжкового дерева	Загушувач, гелеутворювач	Підвищення в'язкості зі збільшенням температури від 20°C до 90°C	фурцелларан, (див. вище) каппа-карагінан (див. вище) камедь ксантану
Камедь тари	Загушувач, гелеутворювач	Ініціювання утворення гелю у співвідношенні 60:40 Синергетична взаємодія	камедь ксантану (див. вище), каппа-карагінан,
Камедь гуару	Загушувач	80:20 Підвищення в'язкості у співвідношенні 80:20 та температур гідратації 55 °C - 90°C, посилення взаємодії за умов використання деіонізованої води у нейтральному рН	Карбоксилметилцелюлоза камедь ксантану (див. вище)

Аналізом даних табл. 3.2 умовно виділено три групи полісахаридів, які можна об'єднати за певними характеристиками їх властивостей. До першої групи можна віднести типові гелеутворюючі полісахариди – карагінани (каппа- та йота), фурцелларан, які за присутності камеді ріжкового дерева, камеді

конжаку, білків молока виявляють із ними синергетичну взаємодію. Це спостерігається, як відомо [12, 18], у збільшенні міцності структури гелів, зміні їх структурно-механічних властивостей. Однак гелі цих полісахаридів згідно літературних даних [12, 18] незворотно руйнуються під дією механічного впливу та не здатні мимовільно відновлювати структуру.

Наступна друга група полісахаридів – камеді ксантану, конжаку, ріжкового дерева, тари є загущувачами [12, 18, 19, 20], однак при додаванні інших полісахаридів, здатні до гелеутворення. Так, згідно даних табл. 2, камедь ксантану може утворювати гель при додаванні інших камедей конжаку, тари, ріжкового дерева. Камедь конжаку виявляє синергетичну взаємодію з утворенням гелю при додаванні карагінанів (каппа- та йота-), а галактоманнани (каміді ріжкового дерева та тари) – при додаванні фурцелларану, каппа-карагенану та каміді ксантану. Також треба зазначити, що гелі цієї групи полісахаридів володіють тиксотропними властивостями [12, 17].

Третя група полісахаридів – карбоксиметилцеллоза, крохмаль, камедь гуару – не здатна до гелеутворення, однак проявляють синергетичну взаємодію з іншими полісахаридами, що характеризується підвищенням в'язкості.

## **2.2 Моделювання технології та складу молоковмісної термостабільної начинки**

Найбільш ефективне рішення завдань із розробки та удосконалення технологічних процесів і нових видів продукції можливо здійснити на основі комплексного або системного підходу до проблеми. Під комплексним підходом мається на увазі сукупність методологічних принципів, які дозволяють розглядати окремі елементи як єдине ціле – систему.

Метою моделювання технологічної системи є визначення взаємопов'язаних технологічних параметрів виробництва з показниками якості напівфабрикатів і готової продукції, встановлення можливості регулювання та оптимізації параметрів технологічного процесу.

Складні системи, до яких відносяться більшість технологічних процесів виробництва харчової продукції, на етапах їх дослідження піддаються в різному ступені формалізації та деталізації залежно від міри пізнання їхнього складу, структури, властивостей, взаємодій із зовнішнім середовищем. Одними із видів моделей, що використовуються при їх моделюванні, є моделі «чорного ящика», «складу системи», «структури системи», «білого ящика».

При складанні складу системи було вивчено асортимент термостабільних начинок, їх склад, харчову та біологічну цінність. Враховуючи потреби споживачів до кондитерських начинок, нами був вибраний склад суміші, який задовольнить потреби населення та виробників у даній галузі. До підсистем молоковмісної термостабільної начинки відносяться рецептурні компоненти, які групують, виходячи з того, яку вони виконують роль у технологічному процесі виробництва розроблюваного продукту (структуруювальні, смакоароматичні добавки та стабілізатори).

На рис. 2.1 представлена модель «чорного ящика» технології приготування молоковмісної термостабільної начинки. У даній моделі при приготуванні молоковмісної термостабільної начинки входами є вид та якість сировини, співвідношення рецептурних компонентів, вміст жирового компонента, параметри структурування, якість обладнання, кваліфікація робітників. До вихідних параметрів даної моделі відносяться органолептичні показники (консистенція начинки, смак і аромат, запах, зовнішній вигляд); фізико-хімічні показники (вміст сухих речовин, цукру, жиру, тощо); показники безпеки; структурно- механічні показники (пластичність, намазуваність, тощо); функціонально-технологічні показники (термостабільність, вологоутримуюча здатність, тощо) та собівартість молоковмісної термостабільної начинки.



Рис. 2.1 – Параметрична модель «чорний ящик» технології молокової термостабільної начинки

Модель «склад системи» молокової термостабільної начинки представляє інформацію про внутрішній зміст системи, описує, з яких підсистем та елементів вона складається. При складанні «складу системи» було вивчено асортимент термостабільних начинок, їх склад, харчову та біологічну цінність.

Враховуючи вимоги споживачів до кондитерських начинок, нами був вибраний склад суміші, який задовольнить населення та виробників у даній галузі.

До підсистем молокової термостабільної начинки відносяться рецептурні компоненти, які групують, виходячи з того, яку вони виконують роль у технологічному процесі виробництва розроблюваного продукту (структуруювальні, смакоароматичні добавки та стабілізатори). До елементів нашої моделі відносяться конкретні сировинні компоненти (желатин, мальтодекстрин, цукор, молоко сухе, трансглютаміназа, вода та жировий компонент), властивості яких планується реалізувати в ході технологічного процесу.

Враховуючи знання щодо властивостей сировини, глибини вивчення досліджуваної проблеми та проведення огляду літератури нами була побудована модель «склад системи» молоковісної термостабільної начинки, яка наведена на рис. 3.2. Модель «структура системи» відображає взаємозв'язки між елементами розглянутої системи (рис. 2.2).

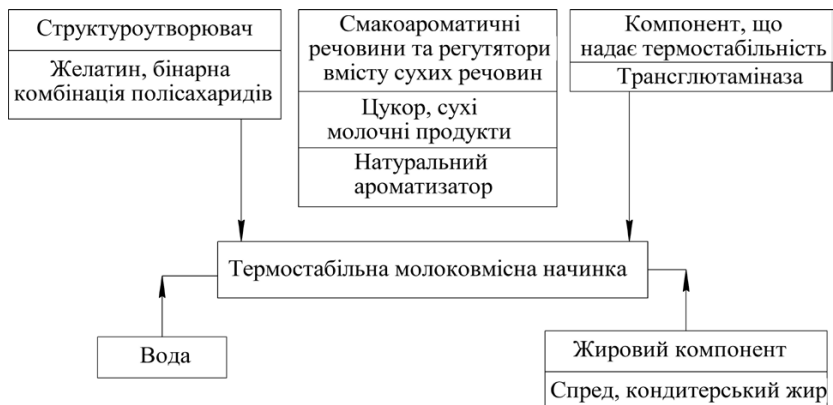


Рис. 2.2 – Модель «склад системи» молоковісної термостабільної начинки

Модель «структура системи» молоковісної термостабільної начинки наведена на рис. 2.3

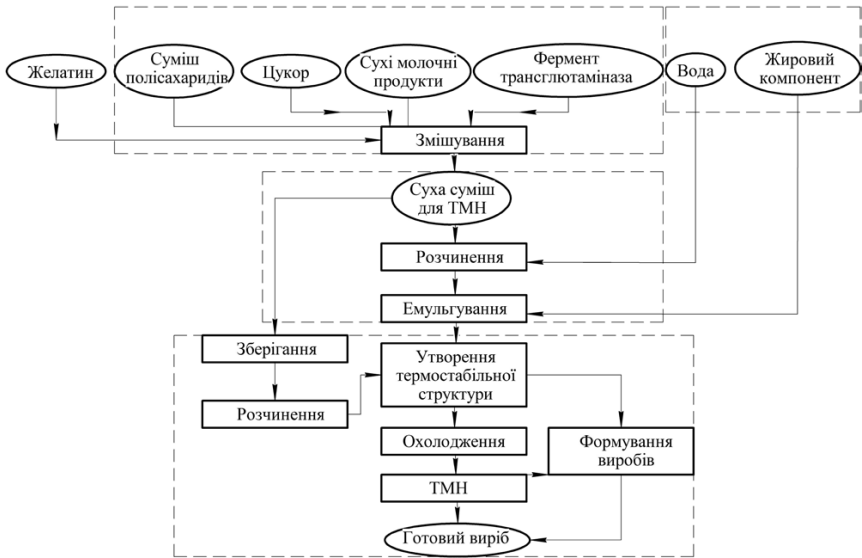


Рис. 2.3 – Модель «структура системи» молоковісної термостабільної начинки

Після аналітичного огляду літератури, аналізу стану та тенденцій розвитку сучасного вітчизняного ринку термостабільних начинок, у тому числі молоковісних, проведено дослідження асортименту термостабільних начинок. на підставі аналітичного огляду нами були розроблені моделі «чорний ящик», «склад системи», «структура системи» технології молоковісної термостабільної начинки з використанням желатину.

Отже, на підставі проведеного аналізу нами було прийнято рішення провести органолептичну оцінку відомих бінарних комбінацій полісахаридів другої та третьої групи з метою їх вибору для використання як основи термостабільної молоковісної начинки.

Для отримання розчинів полісахаридів їх змішували між собою та з водою за температури гідратації 90°C та тривалістю перемішування 5×60 с. На основі огляду літератури обрано співвідношення полісахаридів: 30:70, 50:50 та 70:30, масова частка яких у суміші становила 1%.

Аналізом органолептичних показників бінарних комбінацій гідратованих полісахаридів (табл. 2.3) було встановлено, що системи «камець ксантану-камець тари» та «камець конжаку-камець ксантану» утворили гель. В інших бінарних комбінаціях, які були розглянуті, відбулося підвищення в'язкості.

Таблиця 2.3

**Органолептична оцінка бінарних комбінацій полісахаридів**

Найменування бінарної комбінації полісахаридів	Органолептична оцінка отриманих бінарних комбінацій полісахаридів
Карбоксиметилцелюлоза-крохмаль	Спостерігалось підвищення в'язкості системи, непрозора система з нейтральним запахом
Карбоксиметилцелюлоза-камець ксантану	Спостерігалось підвищення в'язкості системи, непрозора система із нейтральним запахом
Карбоксиметилцелюлоза-камець гуару	Надавала нехарактерного горохового запаху, непрозора система із зеленуватим відтінком
Камець конжаку-камець ксантану	Утворився гель пружної, гумової консистенції, прозорий з нейтральним запахом
Камець конжаку-крохмаль	Спостерігалось незначне підвищення в'язкості системи, непрозора система із нейтральним запахом
Камець тари-камець ксантану	Утворився гель ніжної, м'якої консистенції, непрозорий, з нейтральним запахом

У загальному вигляді отримання термостійкої молоковісної начинки здійснюється наступним чином. Змішують сухі компоненти: суміш камеді ксантану та камеді тари у співвідношенні 60:40 у їх загальній концентрації, желатин, трансглютаміназу, сухе знежирене молоко, цукрову пудру, мальтодекстрин та перемішують. Отриману суміш гідратують у питній воді при постійному перемішуванні за швидкості, що забезпечує рівномірне розподілення компонентів по всьому об'єму. В отриману систему додають від кондитерський жир, попередньо розтопленій. Отриману суміш заливають у виробничу тару та термостатують. Після термостатування начинку охолоджують, пакують та зберігають.

Переваги термостабільних начинок :

- Повністю готові до застосування, не вимагають тимчасових і виробничих ресурсів на проведення підготовчих операцій

- Зберігають свої властивості в широкому температурному діапазоні - від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+250^{\circ}\text{C}$
- Не вимагають додаткового холодильного устаткування при зберіганні
- Не висихають, не киплять, не розтікаються
- Надають виробу приємного смаку і аромату
- Рекомендовані сфери застосування :
- Кондитерська і хлібопекарська промисловість:
- Для виробів з будь-якого виду тіста
- Для використання у готових кондитерських виробах
- Для дозування в тісто перед випічкою
- Для декорування кондитерських виробів
- Молочна промисловість:
- У якості наповнювача для глазуrowаних сирків
- У якості наповнювача для морозива.

### **2.3 Вивчення міцності структури гелів на основі камеді ксантану та камеді тари**

Одну з головних умов, якої повинні дотримуватися при виробництві термостабільних молоковомісних начинок є їх здатність витримувати певне нагрівання за умов, що моделюють процес випікання кондитерських виробів.

Особливість технологічного аспекту використання полісахаридів (бінарної комбінації камеді ксантану та камеді тари) у харчових продуктах, зокрема в термостабільних начинках, базується на їх здатності утворювати характерну міцну структуру. Однак, для формування структури такої начинки необхідні певні умови та час від моменту виготовлення.

Для визначення залежності міцності структури гелю на основі камеді ксантану та камеді тари від тривалості диспергування необхідно приготувати розчини камеді ксантану та камеді тари у співвідношенні 60:40 відповідно. Для цього суху суміш всипали у воду при температурі від  $10\pm 2^{\circ}\text{C}$  до  $90\pm 2^{\circ}\text{C}$  та



перемішували розчини від  $2 \times 60$  с до  $15 \times 60$  с. Після диспергування розчини розливали у п'ять бюксів, ставили в термостат при температурі  $5 \pm 2^\circ\text{C}$  та витримували  $24 \times 60^2$  с.

Для обґрунтування залежності міцності структури гелю на основі камеді ксантану та камеді тари від температури гідратації готували розчини як було наведено вище. Суху суміш всипали у воду при температурі від  $10 \pm 2^\circ\text{C}$  до  $90 \pm 2^\circ\text{C}$  та перемішували розчини протягом  $5 \times 60$  с. Зразки витримували в термостаті при температурі  $5 \pm 2^\circ\text{C}$  протягом  $24 \times 60^2$  с. Для визначення залежності міцності структури гелю на основі камеді ксантану та камеді тари від температури гідратації та тривалості диспергування  $5 \times 60$  с із додатковим нагріванням досліджуваних зразків, які диспергували за температури від  $10 \pm 2^\circ\text{C}$  до  $90 \pm 2^\circ\text{C}$ , охолоджували та витримували в термостаті при температурі  $5 \pm 2^\circ\text{C}$  протягом  $24 \times 60^2$  с.

На рисунку 2.4 зображена залежність міцності структури гелю на основі камеді ксантану та камеді тари від тривалості диспергування ( $\tau$ , с) за температури : 1-  $10 \pm 2^\circ\text{C}$ , 2-  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ , 3-  $50 \pm 2^\circ\text{C}$ , 4-  $70 \pm 2^\circ\text{C}$ , 5-  $90 \pm 2^\circ\text{C}$ .

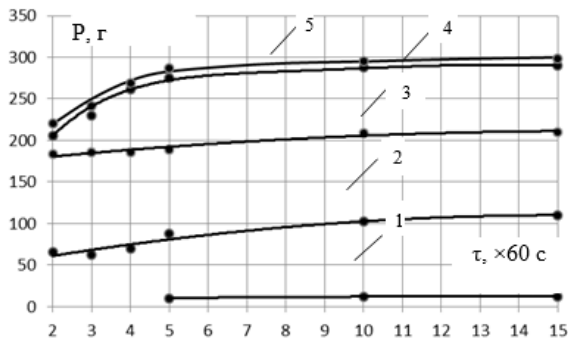


Рис. 2.4 – Залежність міцності структури гелю ( $P$ , г) на основі камеді ксантану та камеді тари від тривалості диспергування їх розчину за температури :  
1-  $10 \pm 2^\circ\text{C}$ , 2-  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ , 3-  $50 \pm 2^\circ\text{C}$ , 4-  $70 \pm 2^\circ\text{C}$ , 5-  $90 \pm 2^\circ\text{C}$

Як видно з рис. 2.4 при температурі гідратації  $10\pm 2$  °C міцність гелю не зростала, а при збільшенні температури від  $30\pm 2$  °C до  $50\pm 2$  °C та тривалості диспергування до  $2\times 60$  с відбувалося зростання міцності.

Таким чином, можна констатувати, що тривалості диспергування  $2\times 60$  с розчину на основі камеді ксантану та камеді тари недостатньо для досягнення необхідної міцності гелю. При збільшенні тривалості диспергування в діапазоні від  $2\times 60$  с... $5\times 60$  с міцність суттєво зростала. Таким чином, тривалість диспергування повинна складати не менше  $5\times 60$  с.

На рис. 2.5 зображена залежність міцності структури гелю камеді ксантану та камеді тари від температури гідратації в межах від  $10\pm 2$  °C до  $90\pm 2$  °C, а також тривалості диспергування в межах  $5\times 60$  с. На кривій 1 показано збільшення міцності структури гелю при зростанні температури гідратації від  $10\pm 2$  °C до  $90\pm 2$  °C. Міцність структури гелю суттєво зростає в інтервалі від  $10\pm 2$  °C до  $70\pm 2$  °C, а в діапазоні  $70...90$ °C – зростання незначне. На кривій 2 видно, що при додатковому нагріванні бінарної суміші, міцність структури гелю значно зростає.

Таким чином, додаткове нагрівання суміші полісахаридів сприяє збільшенню міцності структури гелю.

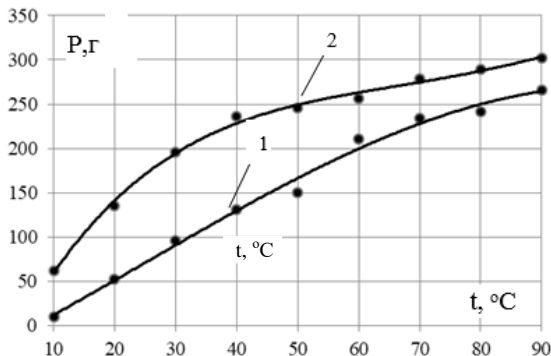


Рис. 2.5 – Залежність міцності структури гелю на основі камеді ксантану та камеді тари від температури гідратації та тривалості диспергування  $5\times 60$  с: 1 – без додаткового нагрівання, 2- з додатковим нагріванням

На рис. 2.6 зображена залежність кратності збільшення міцності гелю від температури початкової гідратації після додаткового нагрівання.

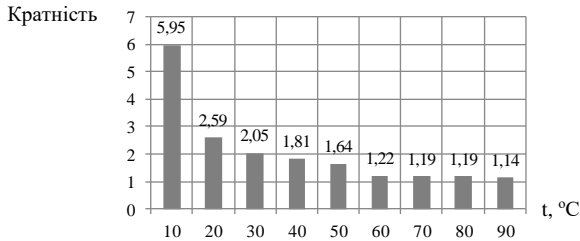


Рис. 2.6 – Залежність кратності збільшення міцності гелю камеді ксантану та камеді тари від температури початкової гідратації після додаткового нагрівання

Із рис. 2.6 бачимо, що при збільшенні температури від  $10 \pm 2$  °C до  $90 \pm 2$  °C міцність гелю зростає в діапазоні від 1,14 до 5,95 разів при повторному нагріванні при температурі  $90 \pm 2$  °C. При температурі гідратації у діапазоні  $20 \pm 2$  °C ...  $50 \pm 2$  °C - збільшується від 1,24 до 1,64 разів. А при температурі від  $60 \pm 2$  °C до  $90 \pm 2$  °C відбувається незначне підвищення міцності гелю від (1,14 до 1,22 разів).

Встановлено, що мінімальна необхідність тривалості диспергування є в межах  $5 \times 60$  с, нижче якої міцність не набуває максимальних значень. А в діапазоні від  $5 \times 60$  с до  $10 \times 60$  с - міцність структури гелю суттєво не змінюється.

Визначено, що збільшення температури гідратації від  $10 \pm 2$  °C до  $90 \pm 2$  °C сприяє збільшенню міцності структури гелю від 1,14 до 5,95 разів.

При додатковому нагріванні збільшення температури гідратації від  $10 \pm 2$  °C до  $90 \pm 2$  °C обумовлює зростання міцності гелю в межах від 1,14 до 5,95 разів.

Було досліджено залежність міцності структури гелів на основі бінарних комбінацій полісахаридів від концентрації камеді ксантану за їх загального вмісту суміші 1% : 1 – камедь ксантану:камедь тари, 2 – камедь ксантану:камедь конжаку.

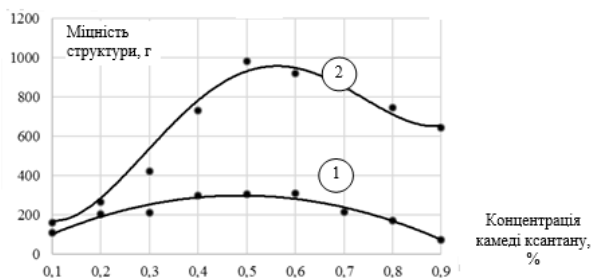


Рис. 2.7 – Залежність міцності структури гелів на основі бінарних комбінацій полісахаридів від концентрації камеді ксантану за їх загального вмісту суміші 1% : 1 – камедь ксантану:камедь тари, 2 – камедь ксантану:камедь конжаку

На рис. 2.7 представлена залежність міцності структури гелів на основі бінарних комбінацій полісахаридів від концентрації камеді ксантану за їх загального вмісту суміші 1%: 1 – камедь ксантану:камедь тари, 2 – камедь ксантану:камедь конжаку. Видно, що максимальна міцність досягається при концентрації ксантанової камеді від 0,4% до 0,6% у її суміші із камеддю тари та від 0,5% до 0,6% – камеддю конжаку.

Треба зазначити, що текстура отриманих гелів була різною – система «камедь ксантану:камедь тари» характеризувалася ніжною, м'якою, пластичною консистенцією, а система «камедь ксантану:камедь конжаку» – пружною, гумовою, «жувальною». Отже, на підставі органолептичної оцінки для використання як основи термостабільної молоковмісної начинки було обрано бінарну комбінацію «камедь ксантану:камедь тари».

Враховуючи собівартість камеді ксантану та камеді тари, а також із огляду на міцність отриманих систем, запропоновано використання суміші, що містить 60% ксантанової камеді і 40% камеді тари.

Наступним етапом було визначення оптимальної концентрації рецептурних компонентів ТМН. Досліджувалися міцності модельних систем в залежності від концентрації в суміші.

На рис. 2.8 зображена залежність міцності суміші камедей ксантану та тари від концентрації.

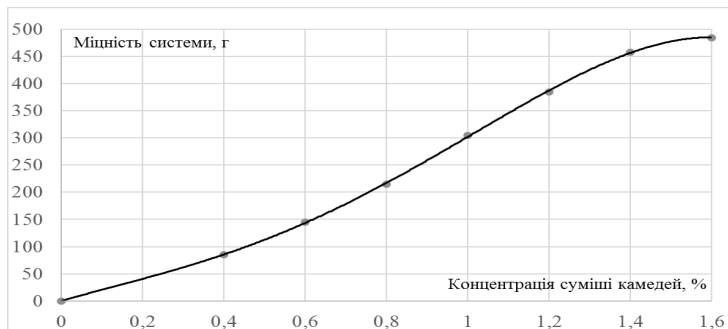


Рис. 2.8 – Залежність міцності суміші камедей ксантану та тари від концентрації

Із рис. 2.8 бачимо, що при збільшенні концентрації бінарної суміші камеди ксантану та камеди тари, міцність модельної системи зростає в інтервалі від 0,2% до 1,2 %. При подальшому збільшенні концентрації суміші полісахаридів збільшення міцності системи відбувається більш повільно. Отже, оптимальна концентрація суміші полісахаридів для ТМН обрана в межах від 0,8% до 1,2 %.

На рис. 2.9 зображена залежність міцності системи від концентрації желатину.



Рис. 2.9 – Залежність міцності системи від концентрації желатину

Із рис. 2.9 бачимо, що збільшення концентрації желатину збільшує міцність системи в інтервалі від 1% до 5%. В результаті цього дослідження було встановлено оптимальну кількість желатину для виготовлення ТМН.

Наступний етап дослідження міцності систем наведено на рис. 2.10.

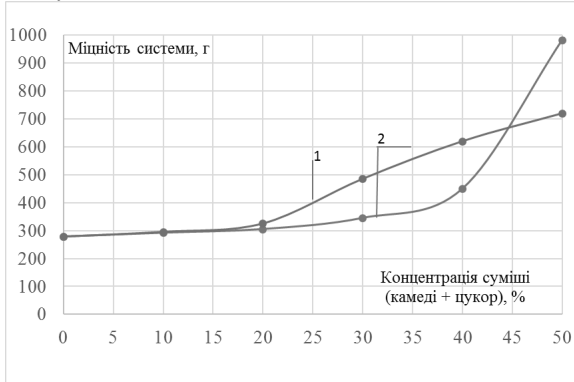


Рис. 2.10 – Залежність міцності системи від концентрації суміші камедей (ксантану та тари) із цукром: 1 – внесення суміші камедей разом із цукром, 2 – окреме внесення суміші камедей з цукром

Встановлено, що при внесенні суміші камедей разом із цукром міцність системи зростає в діапазоні від 20% до 45%, а при окремому внесенні – міцність системи починає інтенсивно зростати при концентрації цукру від 40%. Отже, оптимальна кількість внесення цукру в ТМН в межах 20-45%.

Дослідження міцності системи при внесенні рецептурного компонента СЗМ наведено на рис. 2.11.

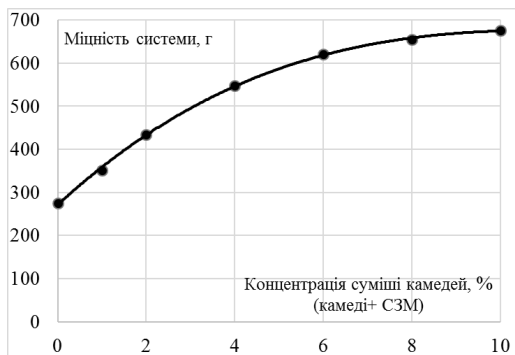


Рис. 2.11 – Залежність міцності системи від концентрації суміші камедей з СЗМ

Із рис. 2.11 бачимо, що найбільша міцність системи досягається при концентрації СЗМ в інтервалі від 6% до 10%. Внесення 10% СЗМ в модельну систему є оптимальною концентрацією для виготовлення ТМН.

Проведено аналітичний огляд бінарних комбінацій полісахаридів, на підставі якого та під час проведення досліджень було виявлено дві бінарні комбінації – «камедь ксантану-камедь конжаку» та «камедь ксантану-камедь тари», використання яких дозволяє отримувати желеподібну систему.

У ході експериментальних досліджень підтверджено синергетичну взаємодію в системах «камедь ксантану-камедь конжаку» та «камедь ксантану-камедь тари». Обрано раціональне співвідношення суміші камедь ксантану-камедь тари як 60:40, час їх перемішування, температуру додаткового нагрівання та оптимальну концентрацію суміші. Визначено оптимальну концентрацію рецептурних компонентів для виготовлення ТМН.

**2.4 Дослідження функціонально-технологічних властивостей розчинів та гелів на основі камеді ксантану та камеді тари та встановлення термостабільних властивостей желеподібних систем**

Термостабільність, термічна стійкість - властивість матеріалів протистояти, не руйнуючись, напрузі, викликаній зміною температури. Термостабільність розраховується на основі багатьох чинників, що впливають на неї, у тому числі коефіцієнта термічного розширення матеріалу теплопровідності матеріалу пружних властивостей матеріалу форми і розмірів виробу. Термостабільність може оцінюватися числом циклів нагріву і охолодження до часткового або повного руйнування температурним градієнтом, при якому з'являються тріщини.

Желатин – харчова добавка білкової природи, що широко використовується як гелеутворюючий агент у технологіях виробництва харчової продукції. Гелі желатину широко використовуються завдяки їх унікальним текстурним характеристикам. Нижче певної температури, що залежить від типу желатину, концентрації розчину та в'язкості, желатин утворює гель. Процес структуроутворення зумовлений перегрупуванням окремих молекулярних ланцюгів у впорядковану сітку спірального типу. Однак температура плавлення гелів желатину становить близько 15°C для риб'ячого желатину, та близько 35°C – для желатину з великої рогатої худоби. Цей факт обмежує включення гелів желатину до рецептур харчової та кулінарної продукції, що потребує подальшої термічної обробки.

Використання трансглютамінази в поєднанні з желатином дозволяє отримувати гелеподібні структури із підвищеними температурами плавлення та в окремих випадках – термостабільні, за рахунок утворення ковалентних зв'язків.

Відомо, що фермент трансглютамінази бере участь в утворенні ковалентних зв'язків із вільними аміногрупами лізину і  $\gamma$ -карбоксамідними групами глютаміну, стійкими до протеолізу. Так як трансглютаміназа взаємодіє з різними харчовими білками, то і має добру реакційну здатність взаємодіяти із білками молока (казеїном).

У ході аналізу літературних джерел не було виявлено систематизованих даних стосовно впливу виду желатину, температури або концентрації ферменту трансглютамінази, за якими було б можливо оптимізувати рецептурний склад



запропонованого гелеподібного напівфабрикату. Отже, проведення досліджень, встановлених на виявлення закономірностей процесу структуроутворення розчинів желатину під дією трансглютамінази, є актуальною задачею.

Для дослідження температури плавлення підготлені модельні системи ТМН, які заливали у пробірки та занурювали у ємність з водою. Після підключення термостату, підвищували температуру на 1°C та фіксували температуру плавлення повністю розплавленої системи. Збільшення температури відбувалося в діапазоні від 17±2°C до 38±2°C, до повного розплавлення модельних систем. Оптимальна температура плавлення систем встановлена від 36±2°C до 38±2°C.

Результати дослідження температури плавлення модельних систем наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

#### Температура плавлення модельних систем ТМН

Концентрація	$t_n$ °C
<b>КС+КТ, %</b>	
0,6	32±2
0,8	34±2
1	35±2
<b>КС+КТ+цукор, %</b>	
10	33±2
20	34±2
30	35±2
40	36±2
<b>КС+КТ+СЗМ, %</b>	
5	37±2
10	38±2
15	39±2
<b>КС+КТ +желатин, %</b>	
1	36±2
2	37±2
3	38±2
<b>КС+КТ +мальтодекстрин, %</b>	
2,5	34±2
5	35±2
7,5	36±2

Проаналізувавши отримані дані, можна зробити висновок, що температура плавлення залежить від концентрації складових ТМН.

Для дослідження термостабільних властивостей начинки використовують метод визначення термостабільності у металевих кільцях, які надають начинці потрібну форму, випікаючи її при стандартних умовах.

Під час і після випікання спостерігали за змінами форми та об'єму начинки. Для дослідження термостабільності начинок замість заготовки із тіста в якості основи використовували фільтрувальний папір. Таким чином, начинка стискалася з противнем і сильніше нагрівалася знизу.

Діаметр металевого кільця – 60 мм

Висота металевого кільця – 10 мм

Діаметр фільтрувального паперу – 90мм

Тривалість випікання – 20 ×60 с

Температура – 220±5 °С

Процес термостатування складається з таких етапів:

- Підготування форм для термостатування
- Розрахунок вмісту компонентів системи
- Приготування модельної системи
- Зваження компонентів
- Розчинення желатину у воді
- Внесення сухих компонентів
- Перемішування
- Заповнення форм
- Витримка в термостаті (контріль результатів фіксують кожні 20 хв)
- Виймання з форм
- Випікання ( при  $t=220\pm 2$  °С,  $\tau =20\times 60$  с)
- Вимірювання показників (індексу термостабільності)

Після дослідження тривалості термостатування та визначення термостабільних властивостей модельних систем ТМН розрахований індекс термостабільності та побудовані графіки залежності індексу термостабільності модельних систем.

На рис. 2.12 наведено залежність індексу термостабільності модельної системи з цукром від тривалості термостатування.

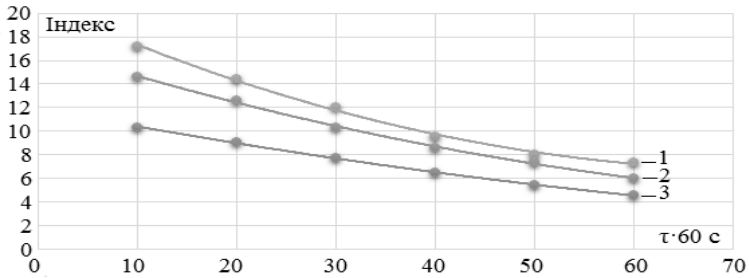


Рис. 2.12 – Залежність індексу термостабільності модельної системи з цукром (1-10%, 2-20%, 3-30%) від тривалості термостатування

Виявлено, що при додаванні в модельну систему цукру різної концентрації (10%, 20%, 30%), утворюється гель м'якої та пластичної консистенції. Значення, наближене до ефективних, має гель за вмістом желатину 1%, суміші камедей 1% та трансглютамінази 0, 2% та вмістом цукру 30%.

На рис. 2.13 представлена залежність індексу термостабільності модельної системи з сухим знежиреним молоком від тривалості термостатування

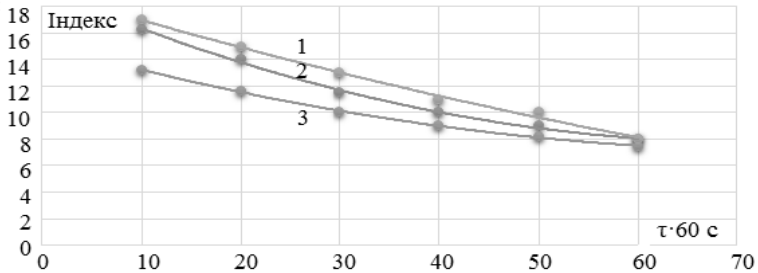


Рис. 2.13 – Залежність індексу термостабільності модельної системи з сухим знежиреним молоком (1-2,5%, 2-5,0%, 3-7,5%), від тривалості термостатування

Встановлено, що при додаванні в модельну систему сухого знежиреного молока різної концентрації (2,5%, 5,0%, 7,5%), утворюється гель м'якої та пластичної консистенції. Значення, наближене до ефективних, має гель за вмістом желатину 3%, суміші камедей 1% та трансглютамінази 0,06% та вмістом СЗМ 7,5%.

На рис. 2.14 наведена залежність індексу термостабільності модельної системи з різною кількістю ферменту трансглютамінази від тривалості термостатування

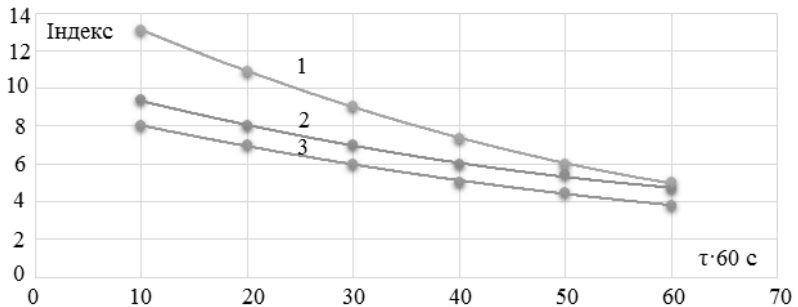


Рис. 2.14 – Залежність індексу термостабільності модельної системи з різною кількістю ферменту (1-0,1%, 2-0,2%, 3-0,3%) трансглютамінази від тривалості термостатування

В результаті дослідження виявлено, що при додаванні в модельну систему різної концентрації ферменту трансглютамінази (0,1%, 0,2%, 0,3%) утворюється гель м'якої та пластичної консистенції. Значення, наближені до ефективних, має гель за вмістом ферменту 0,2%, суміші камедей 1% та желатину 1%.

На рис. 2.15 наведено залежність індексу термостабільності модельної системи з різною кількістю желатину від тривалості термостатування.

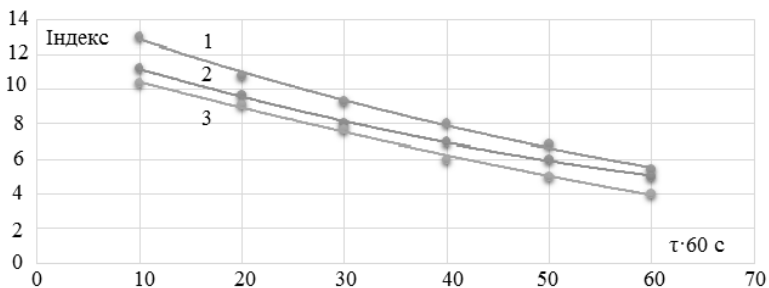


Рис. 2.15 – Залежність індексу термостабільності модельної системи з різною кількістю желатину (1- 1%, 2- 2%, 3 – 3%) від тривалості термостатування

Встановлено, що при додаванні в модельну систему желатину різної концентрації (1%, 2%, 3%) утворюється гель м'якої та пластичної консистенції. Значення, наближені до ефективних, має гель за вмістом желатину 1%, суміші камедей 1% та трансглютамінази 0,2%.

Після проведення дослідження термостабільності модельних систем прийшли до висновку, що при збільшенні тривалості термостатування індекс термостабільності зменшується. Також бачимо, що при збільшенні часу витримки зразків у термостаті, термостабільність систем значно зростає.

Таким чином, ґрунтуючись на результатах досліджень термостабільних властивостей, які не суперечать висновкам проведених досліджень із вивчення функціонально-технологічних і реологічних властивостей гідроколоїдів, доведено, що раціональною є концентрація желатину 1%, суміші камедей 1% та трансглютамінази 0,2%.

Можемо зазначити, що застосування трансглютамінази для інтенсифікації процесу структуроутворення желатину, є перспективним та потребує проведення подальших досліджень для вирішення поставлених завдань.

## 2.5 Дослідження реологічних властивостей компонентів розроблених молоковісних термостабільних начинок

Однією із технологічних операцій під час отримання розроблених начинок є диспергування суміші компонентів із водою за частоти обертання рухомих частин диспергатора 1500 об/с. Очевидно, що енерговитрати на процес диспергування та навантаження на рухомі частини диспергатора суттєвим чином залежать від ефективної в'язкості модельної системи, що підлягає перемішуванню. При цьому впливати на ефективність процесу диспергування можливо варіюванням частоти обертання рухомих частин диспергатора та безпосередньо реологічними характеристиками модельних систем. Визначення енергоефективності процесу перемішування в залежності від частоти рухомих частин диспергатора не проводилось, оскільки даний напрямок досліджень обмежений технічними характеристиками обраного апарату. Також слід відмітити, що кількість внесених компонентів визначається рецептурою розробленої начинки та впливає на низку технологічних факторів її виробництва, що обмежує можливості зміни їх кількості для зміни відповідних реологічних властивостей. Однак є можливість змінювати ефективну в'язкість розроблених модельних систем шляхом зміни температури суміші під час диспергування.

Саме встановлення залежності ефективної в'язкості від температури модельної системи є метою серії досліджень, проведених у даному підрозділі.

Структурно-механічні властивості обумовлюють поведінку системи за наявності зовнішніх механічних впливів. Найчастіше досліджуються зсувні характеристики, що визначаються за кривою течії продукту, які виявляються в результаті дії зсувних (дотичних) напруг.

Досліджувані модельні системи відносяться до аномально-в'язких систем, пластичний плин в яких під дією зсувного зусилля виникає лише за перевищення деякої граничної (мінімальної) напруги зсуву і характеризується складними закономірностями. В загальному випадку вони не описуються адекватно на основі простих (лінійних) реологічних моделей. Для описання таких моделей необхідні експериментальні дослідження, результати яких представляють у графічній або табличній формі.

У даному підрозділі проводились дослідження для таких систем:

- модельна система, що містить камедь ксантана концентрацією, %: 0,6; 0,8; 1;
- модельна система, що містить камедь тари концентрацією, %: 0,6; 0,8; 1;
- модельна система, що містить желатин концентрацією, %: 1; 2; 3;
- модельна система, що містить камедь ксантана (0,36; 0,48; 0,6 %) та камедь тари (0,24; 0,32; 0,4 %);
- модельна система, що містить камедь ксантана (0,6 %), камедь тари (0,4 %) та желатину (1; 2; 3 %);
- модельна система, що містить камедь ксантана (0,6 %), камедь тари (0,4 %) та цукру (10; 20; 30; 40%);
- модельна система, що містить камедь ксантана (0,6 %), камедь тари (0,4 %), сухого знежиреного молока (5; 10; 15 %);
- модельна система, що містить камедь ксантана (0,6 %), камедь тари (0,4 %), мальтодекстрину (2,5; 5; 7,5 %).

Дослідження проводились на ротаційному віскозиметрі. За реологічними кривими визначалась ефективна в'язкість для швидкості зсуву, яка відповідає частоті обертання рухомих частин диспергатора (1500 об/с). При цьому вимірювання проводили за різної температури модельної системи в діапазоні температур від 30 до 80°C.

Далі проводилась апроксимація експериментальних даних поліноміальною функцією виду:

$$f(x) = a_0 + \sum_n a_n \cdot x^n . \quad (3.1)$$

Отримані залежності для відповідних модельних систем будувались у координатах  $\eta$  (Па·с)×Т (°С).

Основними рецептурними компонентами всіх модельних систем, що використовуються для розроблених начинок, є камедь ксантана та камедь тари. На рис. 2.16 зображено залежність ефективної в'язкості начинок від температури для модельних систем, що містить камедь ксантану та камедь тари різної концентрації.

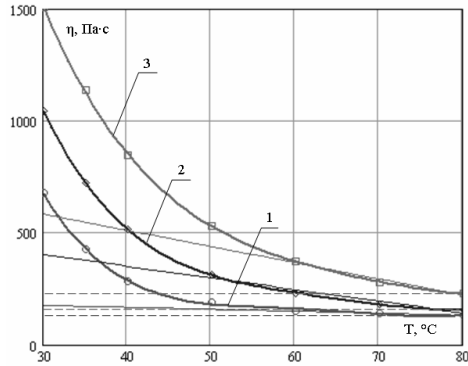


Рис. 2.16 – Залежність ефективної в'язкості від температури модельної системи із камеді ксантану та камеді тари з різною концентрацією складових: 1 – 0,36% камеді ксантану, 0,24% камеді тари; 2 – 0,48% камеді ксантану, 0,32% камеді тари; 3 – 0,6% камеді ксантану, 0,4% камеді тари

З рисунку бачимо, що за збільшення концентрації компонентів у модельній системі відбувається збільшення її ефективної в'язкості. Це є очевидним, виходячи із таких же залежностей, отриманих окремо для модельних систем із камеді ксантану та камеді тари (рис.2.17 та рис.2.18).

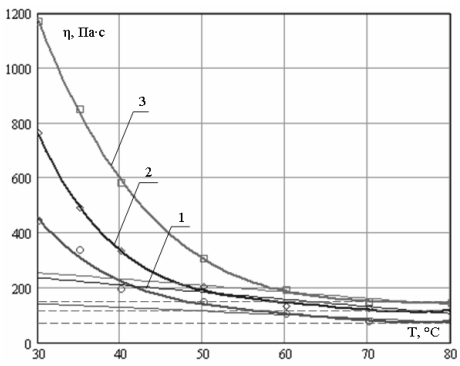


Рис. 2.17 – Залежність ефективної в'язкості від температури модельної системи із камеді ксантану з концентрацією, %: 1 – 0,6; 2 – 0,8; 3 – 1



Із наведених залежностей бачимо, що найнижчою відносно осі, на якій відкладено ефективну в'язкість  $\eta$ , є залежність для найменшої концентрації компонентів у модельній системі, як для камеді ксантану, так і для камеді тари. Відповідно найвищу позицію відносно осі  $O \times \eta$  займають залежності ефективної в'язкості від температури модельної системи із найбільшою із досліджуваних концентрацій даних компонентів.

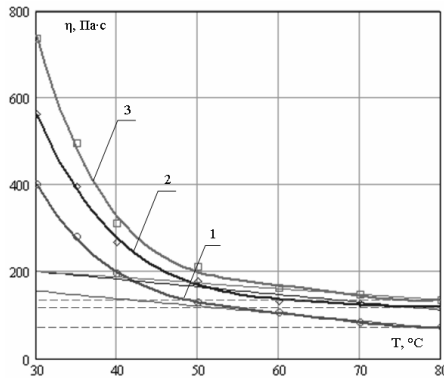


Рис. 2.18 – Залежність ефективної в'язкості від температури модельної системи із камеді ксантану з концентрацією, %: 1 – 0,6; 2 – 0,8; 3 – 1

При цьому залежності ефективної в'язкості модельних систем від їх температури в діапазоні температур від 30°C до 50°C мають нелінійний характер. Так за зниження температури суміші від температури 50°C до температури 40°C ефективна в'язкість, наприклад, модельної системи з концентрацією камеді ксантану 0,6%, а камеді тари – 0,4%, збільшується в 1,6 рази. А за зменшення температури з 40°C до температури 30°C ефективна в'язкість збільшується в 1,8 рази. В той же час за зменшення температури в діапазоні від 60°C до 50°C для того ж зразка ефективна в'язкість збільшується лише в 1,4 рази.

За збільшення температури в діапазоні від 50°C до 80°C характер наведених залежностей наближається до лінійного.

Із метою виявлення температури модельної системи, відносно якої відбувається різке збільшення ефективної в'язкості системи, проведено апроксимацію експериментальних даних лінійною функцією виду:

$$f(x) = b_0 + b_1 \cdot x. \quad (3.2)$$

Діапазон апроксимаційних даних обирався наступним чином. Перша точка масиву даних, для якого проводилась лінійна апроксимація, за шкалою температур відповідала максимальній температурі, за якої проводились експериментальні дослідження. Так для даних рис. 2.8, 2.9 та 2.10 вона дорівнює 80°C. Остання точка обиралась, виходячи із коефіцієнта кореляції між отриманою лінійною апроксимаційною функцією (2) та поліноміальною апроксимаційною функцією (1). Коефіцієнт кореляції при цьому був не менше 0,95.

На рис. 2.8, 2.9 та 2.10 лінійна апроксимаційна функція проведена суцільною прямою відповідного кольору. Пунктирною лінією позначено мінімальну ефективну в'язкість, яку має дана модельна система досліджуваного в експерименті температурного діапазону.

Графічно за видом лінійної та поліноміальної апроксимаційних функцій існує можливість визначити діапазон температур, у якому починається різке зростання ефективної в'язкості модельної системи.

За тією ж методикою визначались апроксимаційні функції для інших модельних систем, які наведено на рис.2.11, 2.12, 2.13, 2.14.

Наведені залежності ефективної в'язкості модельних систем (рис.2.10, 2.12-14) від їх температури мають такий же характер, як і залежності для суміші камеді ксантана та камеді тари. Однак вони мають ряд особливостей.

Так для модельної системи, що містить камедь ксантана (0,6%), камедь тари (0,4%) та цукор із концентрацією 10, 20, 30 та 40%, особливо виділяється зразок із концентрацією цукру 40%. Він за збільшення концентрації цукру на 10% має суттєво більшу ефективну в'язкість порівняно із іншими зразками. Пояснюється встановлене високою концентрацією цукру з можливим утворенням кристалів

через низьку кількість рідкої фази, тобто води. В результаті цього, модельна система набуває властивостей більш близьких до пружно-в'язкого тіла.

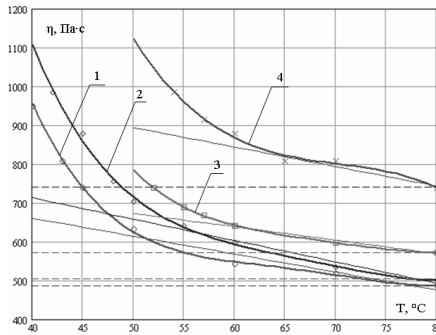


Рис. 2.19 – Залежність ефективної в'язкості від температури модельної системи із камеді ксантана (0,6%), камеді тари (0,4%) та цукру з концентрацією, %: 1 – 10; 2 – 20; 3 – 30; 4 – 40

Для модельної системи із камеді ксантана (0,6%), камеді тари (0,4%) та желатину з концентрацією 1, 2, 3% (рис.2.19) залежності ефективної в'язкості від температури даної системи за різної концентрації желатину відрізняються одна від одної в діапазоні температур від 40°C до 80°C в межах не більше 5...8%. Однак в діапазоні температур від 30°C до 40°C залежності розходяться, особливо це стосується модельної системи з концентрацією желатину 3%. Залежність ефективної в'язкості від температури (рис.2.20) для зразка із концентрацією желатину 3% знаходиться вище відносно осі, на якій відкладено ефективну в'язкість, порівняно з іншими залежностями. Зі збільшенням концентрації розчинів желатину в'язкість їх зростає нелінійно за кривою, яка обернена випуклістю до осі концентрації. Однією із причин різкого зростання в'язкості з підвищенням концентрації є утворення в системі структур, тобто гелеутворення.

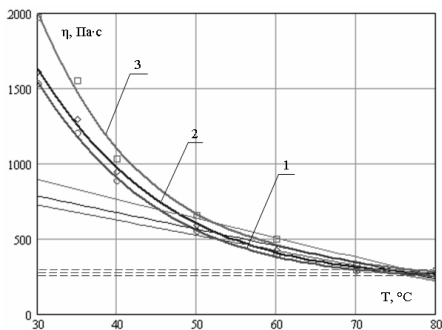


Рис. 2.20 – Залежність ефективної в'язкості від температури модельної системи із камеді ксантана (0,6%), камеді тари (0,4%) та желатину з концентрацією, %: 1 – 1; 2 – 2; 3 – 3

Між молекулами желатину утворюються зв'язки, які призводять до утворення асоціатів. Підвищення температури системи перешкоджає гелеутворенню через зростання інтенсивності броунівського руху і зменшення через нього тривалості існування зв'язків, що виникають між макромолекулами. В той же час, зниження температури сприяє гелеутворенню, оскільки при цьому збільшується кількість контактів між макромолекулами, що сприяє збільшенню міцності, так званої, просторової сітки.

Саме ця властивість розчинів желатину відбивається на характері залежності ефективної в'язкості від температури модельної системи із камеді ксантана (0,6%), камеді тари (0,4%) та желатину. В результаті гелеутворення в желатині в діапазоні температур від 30°C до 40°C, особливо для зразка з концентрацією желатину 3%, відбувається збільшення ефективної в'язкості порівняно з іншими зразками.

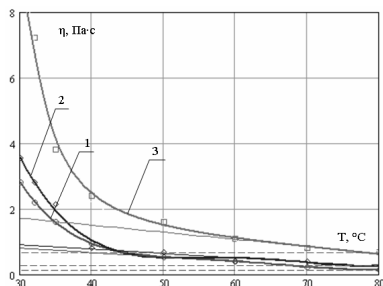


Рис. 2.21 – Залежність ефективної в'язкості від температури модельної системи із желатину з концентрацією, %: 1 – 1; 2 – 2; 3 – 3

Залежності ефективної в'язкості від температури модельних систем із камеді ксантана (0,6%), камеді тари (0,4%) та сухого знежиреного молока з концентраціями 5, 10 та 15% зміщуються відносно осі, на якій відкладено ефективну в'язкість, пропорційно зміні концентрації сухого знежиреного молока.

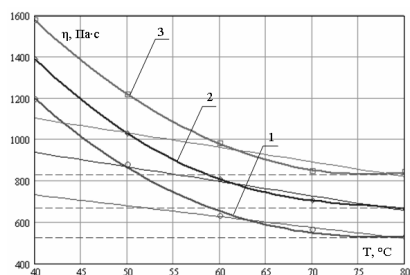


Рис. 2.22 – Залежність ефективної в'язкості від температури модельної системи із камеді ксантана (0,6%), камеді тари (0,4%) та сухого знежиреного молока з концентрацією, %: 1 – 5; 2 – 10; 3 – 15

На в'язкість молока, як правило, впливають емульговані та колоїдно-розчинні частки, зокрема концентрація жиру, величина жирових кульок і розподіл їх за розмірами, наявність агломератів жирових кульок. Однак, оскільки система містить знежирене молоко, то його додавання зменшує кількість розчинника в системі, що відповідає збільшенню концентрації складових у даній модельній

системі. В результаті цього відбувається відповідна зміна ефективної в'язкості модельної системи із камеді ксантана, камеді тари та сухого знежиреного молока.

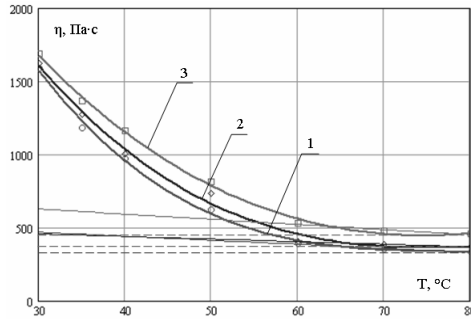


Рис. 2.23 – Залежність ефективної в'язкості від температури модельної системи із камеді ксантана (0,6%), камеді тари (0,4%) та мальтодекстрину з концентрацією, %: 1 – 2,5; 2 – 5; 3 – 7,5

Залежності ефективної в'язкості від температури модельної системи із камеді ксантана (0,6%), камеді тари (0,4%) та мальтодекстрину з концентрацією 2,5, 5 та 7,5% відрізняються одна від одної не більше ніж на 3...6%. Це свідчить про те, що додавання мальтодекстрину з концентрацією 2,5...7,5% не чинить суттєвого впливу на ефективну в'язкість означеної модельної системи.

За видом лінійної та поліноміальної апроксимаційних функцій (рис. 2.16-2.23) за методикою описаною вище графічно визначені діапазони температур, в яких починається різке зростання ефективної в'язкості досліджуваних модельних систем. Отримані діапазони температур (табл.2.6) і є вихідними даними для вибору температури, за якої проводиться технологічна операція диспергування суміші під час отримання розроблених начинок.

Таблиця 2.6

**Рекомендовані діапазони температур для операції диспергування суміші**

Модельна система, що містить:	Діапазон температур, °С
камедь ксантана концентрацією, %: 0,6 0,8 1	50...55
	50...55
	55...60
камедь тари концентрацією, %: 0,6 0,8 1	50...55
	47...53
	55...60
желатин концентрацією, %: 1 2 3	45...50
	45...50
	55...60
камедь ксантана 0,36% та камедь тари 0,24%	55...60
камедь ксантана 0,48% та камедь тари 0,32%	48...53
камедь ксантана 0,6% та камедь тари 0,4%	55...60
камедь ксантана 0,6%, камедь тари 0,4% та желатин концентрацією, %: 1 2 3	50...55
	50...55
	50...55
камедь ксантана 0,6%, камедь тари 0,4% та цукор концентрацією, %: 10 20 30 40	50...60
	55...60
	55...60
	60...65
камедь ксантана 0,6%, камедь тари 0,4%, сухе знежирене молоко концентрацією, %: 5 10 15	60...65
	58...62
	59...63
камедь ксантана 0,6%, камедь тари 0,4%, мальтодекстрин концентрацією, %: 2,5 5 7,5	55...60
	59...62
	59...63

Виходячи із наведених в таблиці даних, робочу температуру суміші під час виконання технологічної операції диспергування слід обирати із діапазону 50...60°С.

Таким чином, отримано залежності ефективної в'язкості від температури модельних систем із камеді ксантана, камеді тари, желатину, цукру, сухого знежиреного молока та мальтодекстрина з різною концентрацією означених складових. За отриманими залежностями встановлені діапазони температур, у

яких починається різке зростання ефективної в'язкості досліджуваних модельних систем.

## **2.6 Дослідження ІЧ-спектрів компонентів розроблених модельних систем ТМН**

Інфрачервона (ІЧ) спектроскопія є одним з найпоширеніших методів молекулярної спектроскопії і займається вивченням коливальних спектрів молекул. Ці спектри визначаються будовою молекули і пов'язані з переходами між коливальними енергетичними станами або в класичній інтерпретації з коливаннями атомних ядер відносно рівноважних положень. Число і частоти ліній поглинання визначаються, по-перше, числом атомів, що утворюють молекули, масами атомних ядер, геометрією та симетрією рівноважної ядерної конфігурації, і по-друге, потенційним полем внутрішньомолекулярних сил. Таким чином, коливальні спектри є надзвичайно специфічними і чутливими характеристиками молекул, чим і пояснюється широке застосування їх в хімічних дослідженнях.

ІЧ-спектри поглинання – унікальна у своєму роді фізична властивість. Не існує двох сполук, за винятком оптичних ізомерів, із структурами, що відрізняються, але однаковими ІЧ-спектрами. У деяких випадках, таких, як полімери з близькою молекулярною масою, відмінності можуть бути практично непомітні, але вони завжди є. У більшості випадків ІЧ-спектр є "відбитком пальців" молекули, який легко відрізнити від спектрів інших молекул.

Крім того, що поглинання характеричне для окремих груп атомів, його інтенсивність прямо пропорційна їх концентрації. Таким чином, вимірювання інтенсивності поглинання надає можливість розрахунку кількості даного компонента в зразку.

У роботі досліджувались ІЧ-спектри зразків:

- модельна система, що містить камедь ксантана та камедь тари;
- модельна система, що містить камедь ксантана, камедь тари та цукор;



– модельна система, що містить камедь ксантана, камедь тари, сухе знежирене молоко;

– модельна система, що містить камедь ксантана, камедь тари, мальтодекстрин.

На рис. 2.24 зображені ІЧ-спектри поглинання вищезазначених зразків.

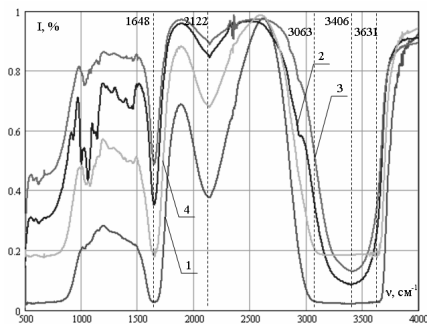


Рис. 2.24 – ІЧ-спектри поглинання зразків: 1 – модельна система, що містить камедь ксантана та камедь тари; 2 – модельна система, що містить камедь ксантана, камедь тари та цукор; 3 – модельна система, що містить камедь ксантана, камедь тари, сухе знежирене молоко; 4 – модельна система, що містить камедь ксантана, камедь тари, мальтодекстрин

І зазначимо, що всі зразки мають однакові явні піки поглинання в діапазоні частот від 1500 до 4000  $\text{см}^{-1}$ , а саме,  $\text{см}^{-1}$ : 1648; 2122; 3406. Однак інтенсивність і амплітуда, а також ширина лінії поглинання у них різна. Особливо це стосується піка на частоті 3406  $\text{см}^{-1}$ . Для модельної системи, що містить камедь ксантана та камедь тари ширина піку найширша: смуга поглинання починається на частоті 3063 та закінчується на 3631. Для модельної системи, що містить камедь ксантана, камедь тари та мальтодекстрин, смуга поглинання зменшується на 10...15%, для модельної системи, що містить камедь ксантана, камедь тари та цукор – зменшується на 50%, а для модельної системи, що містить камедь ксантана,

камедь тари та сухе знежирене молоко – складає 30% від смуги для модельної системи, що містить лише камедь ксантана та камедь тари.

Очевидно наявність смуг поглинання в модельній системі, що містить камедь ксантана та камедь тари, обумовлюється складом даної системи, а саме хімічним складом складових, тобто хімічним складом камеді ксантана та камеді тари (рис.2.25).

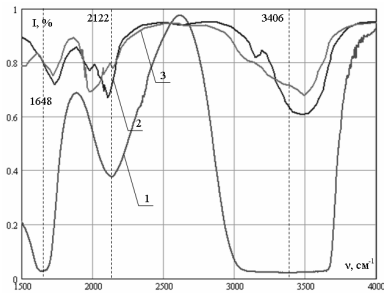


Рис.2.25 – ІЧ-спектри поглинання зразків: 1 – модельна система, що містить камедь ксантана та камедь тари; 2 – модельна система із камеді ксантана; 3 – модельна система із камеді тари

В ІЧ-спектрах і камеді ксантана, і камеді тари наявна смуга поглинання в діапазоні 1600...1700  $\text{cm}^{-1}$ . Дана смуга відповідає зв'язку –  $\text{COO}^-$ . Смуга із діапазону 2000...2500  $\text{cm}^{-1}$  обумовлюється наявністю зв'язку –  $\text{CH}_2$ ; а смуга із діапазону 3000...3700  $\text{cm}^{-1}$  – наявністю зв'язку –  $\text{OH}$ .

Очевидно збільшення ширини лінії та її інтенсивності в модельній системі, що містить камедь ксантана та камедь тари, обумовлюється концентрацією складових в даній модельній системі.

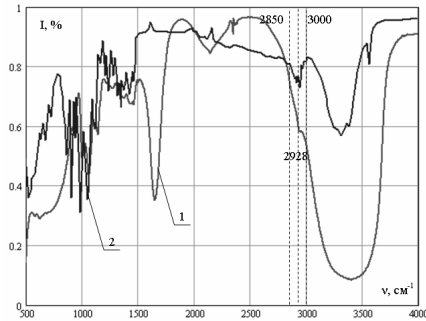


Рис. 2.26 – ІЧ-спектри поглинання зразків: 1 – модельна система, що містить камедь ксантана, камедь тари та цукор; 2 – цукор

Для зразків, що містять камедь ксантана, камедь тари, цукор або мальтодекстрин, або сухе знежирене молоко отриманий аналогічний результат.

Так наявність в ІЧ-спектрі цукру (рис.2.26) ліній поглинання в діапазоні частот від 2850 до 3000  $\text{cm}^{-1}$  (наявність зв'язку  $-\text{CH}_2-$ ) обумовлює виникнення лінії поглинання в ІЧ-спектрі модельної системи, що містить камедь ксантана, камедь тари та цукор на частоті 2928  $\text{cm}^{-1}$ .

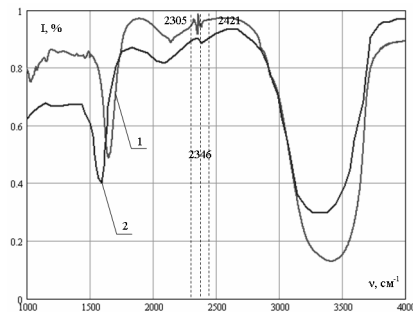


Рис. 2.27 – ІЧ-спектри поглинання зразків: 1 – модельна система, що містить камедь ксантана, камедь тари, сухе знежирене молоко; 2 – сухе знежирене молоко

Наявність в ІЧ-спектрі знежиреного молока (рис.2.27) ліній поглинання в діапазоні частот від 2305 до 2421  $\text{см}^{-1}$  (наявність амінокислот) обумовлює виникнення лінії поглинання в ІЧ-спектрі модельної системи, що містить камедь ксантана, камедь тари та сухе знежирене молоко на частоті 2346  $\text{см}^{-1}$ .

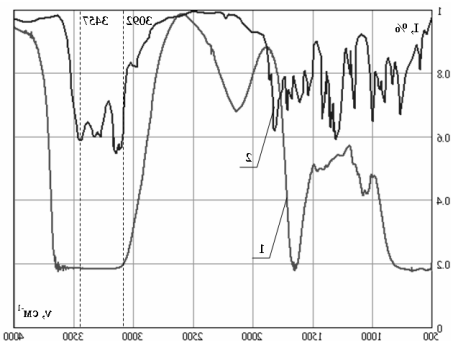


Рис. 2.28 – ІЧ-спектри поглинання зразків: 1 – модельна система, що містить камедь ксантана, камедь тари, мальтодекстрин; 2 – мальтодекстрин

Для модельної системи, що містить камедь ксантана, камедь тари та мальтодекстрин, розширення смуги поглинання в ІЧ-спектрі в діапазоні від 3092 до 3700  $\text{см}^{-1}$  обумовлюється наявністю смуги поглинання в ІЧ-спектрі мальтодекстрина в діапазоні від 3092 до 3457  $\text{см}^{-1}$ .

Таким чином, дослідження ІЧ-спектрів модельних систем, що містять камедь ксантана, камедь тари, цукор, сухе знежирене молоко, мальтодекстрин свідчать про те, що смуги поглинання, а відповідно і хімічний склад, на даних ІЧ-спектрах визначаються ІЧ-спектрами, а відповідно і хімічним складом, складових визначеної модельної системи. Для ІЧ-спектрів досліджуваних модельних систем виконується правило адитивності, тобто відсутні хімічні реакції між компонентами даних систем. Однак очевидно наявність нових, порівняно із вхідною сировиною, зв'язків у модельних системах змінює їх фізичні властивості,

а саме: теплофізичні (теплоємність, температура плавлення, температура кристалізації або переходу до аморфного стану), реологічні (ефективна в'язкість, граничне напруження зсуву). Виходячи з цього, далі проводились реологічні та деривотографічні дослідження.

## **2.7 Деривотографічні дослідження компонентів розроблених молоковісних термостабільних начинок**

У даний час термічний аналіз і, зокрема, деривотографія, є одним із найпоширеніших фізико-хімічних методів досліджень. Він дозволяє дослідити поведінку індивідуальних речовин і композицій в умовах програмованого нагріву. На практиці класифікація і кількісна оцінка різних процесів, що відбуваються при нагріванні зразків, здійснюються за кривими тепловиділення та кривими втрати. Особливий інтерес представляє визначення кінетичних параметрів цих процесів, а також оцінювання механізмів їх протікання. Сутність досліджень із застосуванням деривотографії полягає в тому, що в процесі безперервного програмованого нагріву зразка фіксуються зміни, що відбуваються в ньому: втрата маси (TG), обумовлена виділенням летючих компонентів або протіканням хімічної реакції зі зміною маси зразка; поглинання або виділення теплоти (DTA) внаслідок фазових переходів швидкість зміни маси (DTG).

Об'єктами деривотографічних досліджень (рис. 2.29) є наступні модельні системи:

- модельна система із камеді ксантану і камеді тари (а);
- модельна система із камеді ксантану, камеді тари та желатину (б);
- модельна система із камеді ксантану, камеді тари, желатину та мальтодекстрину (в);
- модельна система із камеді ксантану, камеді тари, желатину, мальтодекстрину і сухого знежиреного молока (г);
- модельна система із камеді ксантану, камеді тари, желатину, мальтадекстрину, сухого молока і цукрової пудри (д);
- начинка термостабільна молоковісна (е).

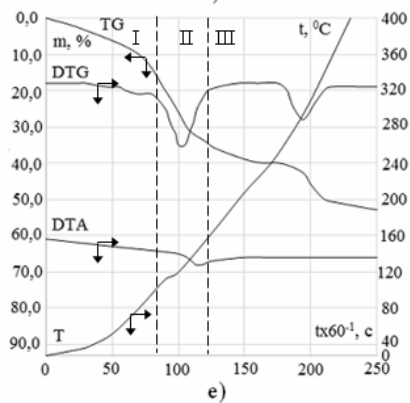
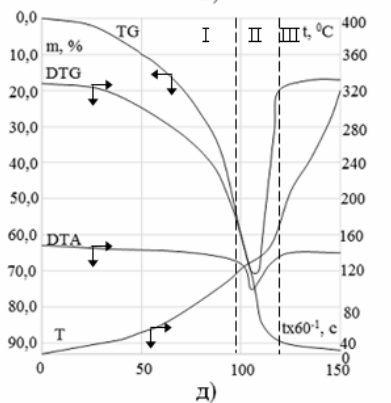
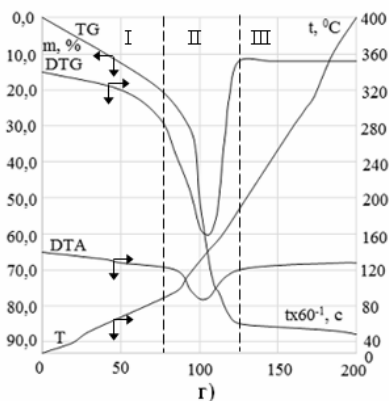
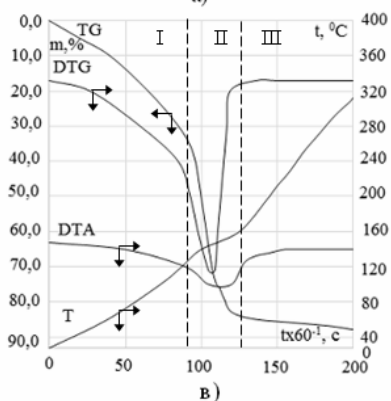
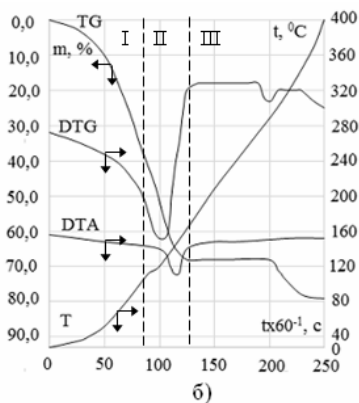
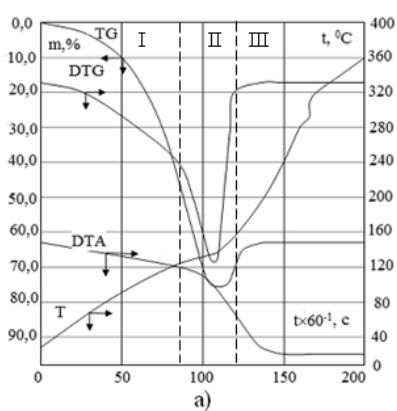


Рис.2.29 – Дериватограми досліджуваних модельних систем

На рис.2.29 для досліджуваних модельних систем наведено дериватограми, що містять кінетику температури (T), втрати маси (TG), поглинання або виділення теплоти (DTA), швидкості зміни маси (DTG).

Експеримент проводився за умови заданого монотонного збільшення температури. З рис.2.29 бачимо, що для всіх досліджуваних зразків DTG та DTA спрямовані у бік зменшення температури. Таким чином слід вважати, що процес нагрівання модельних систем супроводжується поглинанням теплоти, тобто є ендотермічним.

Дериватограми для всіх зразків можна розділити на три основних етапи (відділені на рис.2.29 пунктирною лінією). Розглянемо кожний із етапів, а саме: який вид мають наведені кінетики на кожному із виділених частин процесу нагрівання.

На першому етапі відбувається нагрівання модельної системи, про що свідчить монотонна зміна температури (T) з часом. Внаслідок нагрівання відбувається збільшення інтенсивності випаровуванням води з поверхні модельної системи: кінетика втрати маси (TG) змінює кут нахилу відносно осі, на якій відкладено час. Підтверджує збільшення інтенсивності випаровування води і кінетика зміни маси (DTG): змінюється кут нахилу кривої до осі абсцис.

На другому етапі процесу на кінетиках втрати маси (TG) та швидкості зміни маси (DTG) наявні характерні для всіх модельних систем піки, які відповідають інтенсивному видаленню маси із зразків за рахунок переходу води із рідкого в газоподібний стан по всьому об'єму системи. Дані піки відповідають кипінню рідини, що утримують модельні системи. На ділянках часу, які відповідають даним пікам, кінетика температури (T) та кінетика поглинання теплоти (DTA) змінюють кут нахилу до осі, на якій відкладено час. Кут нахилу кінетики температури зменшується, що свідчить про наявність фазового переходу I роду.

Слід відмітити, що ширина та інтенсивність піків на другому етапі процесу нагрівання для різних модельних систем відрізняється. Це обумовлюється кількістю води, для якої відбувається фазовий перехід I роду.

Про завершення другого етапу свідчить повторна зміна кута нахилу кінетики температури (Т) та вирівнювання кінетики втрати маси (TG) та швидкості зміни маси (DTG).

На третьому етапі продовжується нагрівання зразка до кінцевої температури, при цьому відбувається термічне розкладання речовин досліджуваних модельних систем із виділенням газоподібних речовин.

Температура, за якої відбувається інтенсивний перехід води із рідкого або аморфного в газоподібний стан по всьому об'єму системи, для всіх зразків лежить у межах діапазону від 115°C до 125°C. Відомо, що фазовий перехід I роду для об'ємної води (так званої вільної води) має місце за температури 100°C. За температур із діапазону від 115°C до 125°C до газоподібного стану переходить фізико-хімічна волога, яка в свою чергу підрозділяється на адсорбційно й осмотично зв'язану. До осмотичної відноситься волога набрякання й волога іммобілізована усередині клітин колоїдною оболонкою. До адсорбційно зв'язаної вологи відноситься волога, що утворює мономолекулярний шар із молекулами сухих речовин. Вона зв'язана більш міцно з речовиною порівняно з осмотичною. У наступних шарах енергія зв'язку постійно зменшується. Саме наявність фізико-хімічного зв'язку води з сухими речовинами модельних систем є причиною того, що перехід води даних модельних систем до газоподібного стану відбувається за температури більшої 115°C. При цьому, оскільки не існує чіткої границі між різними формами зв'язку води, то температура фазового переходу I роду для такої вологи визначається саме діапазоном температур.

Необхідно відмітити, що на дериватограмах відсутні видимі піки, що відповідають фазовому переходу вільної води до газоподібного стану, тобто піків за температури 100°C. Даний факт свідчить або про відсутність вільної води (тобто вся вода модельних систем зв'язана тим, або іншим механізмом із сухими речовинами), або про її незначну кількість.

Для з'ясування цього факту проведені дослідження методом диференціально-скануючої калориметрії наведені далі.



Таким чином, дериватографічними дослідженнями встановлено, що основна частина води модельних систем знаходиться у фізико-хімічному зв'язку з сухими речовинами. При цьому фазовий перехід системної води I роду із рідкого або аморфного стану в газоподібний відбувається в діапазоні температур від 115°C до 125°C.

## **2.8 Дослідження компонентів розроблених молоковісних термостабільних начинок методом диференціально-скануючої калориметрії**

Метод диференціально-скануючої калориметрії – це термоаналітичний метод, у якому різниця в кількості тепла, необхідного для підвищення температури зразка і еталона, вимірюється як функція температури. Зразок і еталон підтримуються за однакової температури протягом усього експерименту. Контрольний зразок, тобто еталон, має визначену відому теплоємність у діапазоні температур, у якому проводиться сканування. Таким чином, теплофізичні властивості досліджуваного зразка визначаються, виходячи із теплофізичних властивостей еталона.

Оскільки метою досліджень методом диференціально-скануючої калориметрії було уточнення даних про системну воду компонентів для розроблених у роботі молоковісних начинок та безпосередньо самих начинок, то об'єктами даних досліджень були ті ж модельні системи, що і в дослідженнях дериватографічним методом.

Таким чином, об'єктами досліджень методом диференціально-скануючої калориметрії є наступні модельні системи:

- модельна система із камеді ксантану і камеді тари;
- модельна система із камеді ксантану, камеді тари та желатину;
- модельна система із камеді ксантану, камеді тари, желатину та мальтодекстрину;
- модельна система із камеді ксантану, камеді тари, желатину, мальтодекстрину і сухого знежиреного молока;

– модельна система із камеді ксантану, камеді тари, желатину, мальтадекстрину, сухого молока і цукрової пудри;

– начинка термостабільна молоковісна.

Дослідження проводились для діапазону температур від  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $200^{\circ}\text{C}$

На рис. 2.30 та 2.31 наведено термограми отримані методом диференціально-скануючої калориметрії для модельних систем.

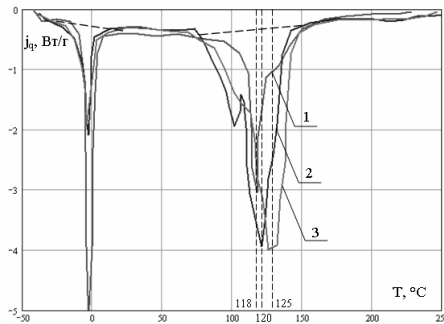


Рис. 2.30 – Термограми отримані методом диференціально-скануючої калориметрії для модельних систем: 1 – із камеді ксантану і камеді тари; 2 – із камеді ксантану, камеді тари та желатину; 3 – із камеді ксантану, камеді тари, желатину та мальтодекстрину

Характер термограм для різних модельних систем – однаковий. На всіх термограмах мають місце два явних піки. Перший пік, який знаходиться в діапазоні температур від  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $5^{\circ}\text{C}$ , відповідає фазовому переходу I роду системної води із твердого або твердо аморфного стану в рідкий або аморфний стан. Другий пік, що знаходиться в діапазоні температур від  $95^{\circ}\text{C}$  до  $115^{\circ}\text{C}$ , відповідає фазовому переходу I роду системної води із рідкого або аморфного стану в газовий.

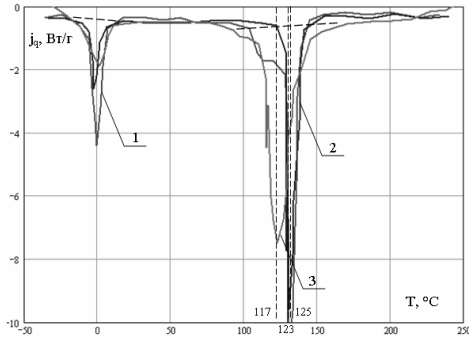


Рис. 2.31 – Термограми отримані методом диференціально-скануючої калориметрії для модельних систем: 1 – із камеді ксантану, камеді тари, желатину, мальтодекстрину і сухого знежиреного молока; 2 – із камеді ксантану, камеді тари, желатину, мальтадекстрину, сухого молока і цукрової пудри; 3 – начинка термостабільна молоковмісна

Піки для різних модельних систем відрізняються шириною та значенням температури, за якої пік поглинання теплоти має мінімальне значення. Ширина піка поглинання обумовлюється спектром фракцій системної води, для якої спостерігається фазовий перехід I роду. Тобто чим більше фракцій з різною енергією зв'язку з сухими речовинами наявно у модельній системі, тим ширший пік поглинання. Як видно з наведених результатів, найвужчий пік має модельна система із камеді ксантана та камеді тари. Подальше збільшення кількості компонент в модельних системах сприяє збільшенню ширини піку поглинання. Виходячи з цього, характеризувати температуру переходу системної води в газовий стан необхідно діапазоном температур.

Аналізуючи наведені на рис.2.30 та 2.31 термограми можна виділити наступні діапазони температур для фазового переходу I роду системної води із аморфного або рідкого стану до газового стану:

– для модельної системи із камеді ксантану і камеді тари: від 115°C до 118°C;

– для модельної системи із камеді ксантану, камеді тари та желатину: від 117°C до 120°C;

– модельна система із камеді ксантану, камеді тари, желатину та мальтодекстрину: від 115°C до 125°C;

– модельна система із камеді ксантану, камеді тари, желатину, мальтодекстрину і сухого знежиреного молока: від 115°C до 123°C;

– модельна система із камеді ксантану, камеді тари, желатину, мальтадекстрину, сухого молока і цукрової пудри: від 117°C до 125°C;

– начинка термостабільна молоковісна від 115°C до 121°C.

Таким чином, проведено дослідження системної води компонентів для розроблених у роботі молоковісних начинок та безпосередньо самих начинок методом диференціально-скануючої калориметрії. Дослідженнями встановлено, що для модельних систем фазовий перехід I роду системної води із аморфного або рідкого стану до газоподібного стану відбувається в діапазоні температур від 115°C до 125°C. Отриманий результат підтверджує результати, отримані дериватографічним методом.

У ході експериментальних досліджень підтверджено синергетичну взаємодію в системах «камедь ксантану-камедь конжаку» та «камедь ксантану-камедь тари». Вибрано раціональне співвідношення суміші камедь ксантану-камедь тари як 60:40.

Отримано залежності ефективної в'язкості від температури модельних систем із камеді ксантана, камеді тари, желатину, цукру, сухого знежиреного молока та мальтодекстрину з різною концентрацією означених складових. За отриманими залежностями встановлені діапазони температур 50...60°C, у яких починається різке зростання ефективної в'язкості досліджуваних модельних систем.

Проведені дослідження ІЧ-спектрів модельних систем, що містять камедь ксантана, камедь тари, цукор, сухе знежирене молоко, мальтодекстрин свідчать

про те, що смуги поглинання, а відповідно і хімічний склад, на даних ІЧ-спектрах визначаються ІЧ-спектрами, а відповідно і хімічним складом, складових визначеної модельної системи. Для ІЧ-спектрів досліджуваних модельних систем виконується правило адитивності, тобто відсутності хімічних реакцій між компонентами даних систем.

Дериватографічними дослідженнями встановлено, що основна частина води модельних систем знаходиться у фізико-хімічному зв'язку із сухими речовинами.

Методом диференціально-скануючої калориметрії встановлено, що для модельних систем фазовий перехід I роду системної води із аморфного або рідкого стану до газоподібного стану відбувається в діапазоні температур від 115°C до 125°C. Отриманий результат підтверджує результати отримані дериватографічним методом.

У ході проведення дослідів були зроблені такі висновки:

- збільшення вмісту желатину призводить до зростання міцності готового продукту та втрати ніжної, легкої консистенції. При зменшенні вмісту желатину готовий продукт не набуває заданих текстурних характеристик, не має термостабільності;
- збільшення вмісту камеді ксантану та камеді тари призводить до збільшення в'язкості начинки та втрати необхідної консистенції.
- збільшення вмісту ферменту трансглютамінази призводить до зростання міцності начинки та втрати ніжної, здатної до намазування консистенції.

Технічним результатом, що досягається при використанні запропонованого способу, є отримання термостабільної молоковмісної начинки з використанням желатину підвищеної поживної цінності з регульованими текстурними характеристиками за рахунок повноцінного молочного білка, мінеральних речовин, поліненасичених жирних кислот, розширення асортименту начинок для кондитерської промисловості, зменшення трудових, енергетичних ресурсів, зниження собівартості готової продукції та підвищення ефективності технологічного процесу за рахунок скорочення кількості та тривалості деяких технологічних операцій.

### **РОЗДІЛ 3**

## **РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ МОЛОКОВМІСНОЇ**

## **ТЕРМОСТАБІЛЬНОЇ НАЧИНКИ ТА ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ З ЇЇ**

## **ВИКОРИСТАННЯМ**

У даному розділі наведено обґрунтування та розробка рецептурного складу та технологічної схеми виробництва молокової термостабільної начинки з використанням желатину. Також вивчено зміни показників якості молокової термостабільної начинки під час зберігання. Розроблено рекомендації з використання молокової термостабільної начинки у складі кулінарної та кондитерської продукції.

### **3.1 Обґрунтування та розробка рецептурного складу та технологічної схеми виробництва сухої суміші для молокової термостабільної начинки**

У ході попередніх досліджень встановлено, що основними рецептурними компонентами, які надають термостабільних і структурно-механічних властивостей ТН є желатин, фермент трансглютамінази та суміш полісахаридів. Ці компоненти, що «зшивають» молекули желатину, є складовими одиницями міцної просторової сітки начинки. Також було встановлено, що додавання суміші полісахаридів до начинки, позитивно впливає на низку фізико-хімічних показників продукту. Таким чином, підсумки дослідження аналітичних, органолептичних, структурно-механічних, низки фізико-хімічних і технологічних властивостей дослідної системи термостабільної начинки стали причиною для наступного наукового обґрунтування рецептури (табл. 3.1) та технології виробництва термостабільної начинки (рис. 3.1).

Для того, щоб наочно продемонструвати позитивний вплив на якісні характеристики начинки, далі за розділом результати експериментальних

досліджень подано з порівнянням отриманих результатів досліджень контрольного зразка термостабільної начинки, виготовленої без додавання желатину, ферменту трансглютамінази та суміші полісахаридів, за рецептурою, поданою в табл. 3.1, та зразка термостабільної начинки з використанням желатину, ферменту трансглютамінази та суміші полісахаридів (рецептура подана в табл. 3.2).

Рецептурний склад термостабільної молоковісної начинки наведений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

**Рецептурний склад сухої суміші для ТМН**

№ з/п	Найменування сировини	Масова частка сухих речовин, %	На 1000 кг суміші, кг	
			в натурі	в сухих речовинах
1	2	3	4	5
1	Сухе знежирене молоко	95,0	100	95,0
2	Цукор -пісок	99,85	350	349,5
3	Мальтодекстрин	94,7	50	47,4
4	Желатин	89,0	5	4,5
5	Трансглютаміназа	95,1	2	1,9
6	Камедь ксантану	91,3	3	2,7
7	Камедь тари	91,0	2	1,8
10	<b>Всього</b>	–	512	670,8
11	<b>Вихід</b>		510	

Спосіб отримання молоковісної термостабільної начинки з використанням желатину включає змішування сухих компонентів начинки з водою, жировим компонентом, їх перемішування, термостатування суміші, фасування та охолодження, причому використовуються сухі компоненти такі як молоко сухе знежирене в кількості 2,5-7%, цукор-пісок в кількості 10-30%, мальтодекстрин –10-30%, желатин 1-3%, фермент трансглютамінази 0,01-0,3%, камедь ксантану – 0,24-0,72%, камедь тари - 0,16-0,48%.

Таблиця 3.2

**Зведена рецептура термостабільної начинки на 100 кг**

№ з/п	Найменування сировини	Масова частка сухих речовин, %	На 1000 кг суміші, кг	
			в натурі	в сухих речовинах
1	Сухе знежирене молоко	95,0	100	95,0
2	Цукор	99,85	350	349,5
3	Мальтодекстрин	94,7	50	47,4
4	Желатин	89,0	5	4,5
5	Трансглютаміназа	95,1	2	1,9
6	Камедь ксантану	91,3	3	2,7
7	Камедь тари	91,0	2	1,8
8	Кондитерський жир	84	200	168
9	Вода питна	0,0	290	0,0
10	<b>Всього</b>	–	1002	670,8
11	<b>Вихід</b>		1000	

Технологічна система виробництва ТМН складається з шести логічно і функціонально пов'язаних між собою підсистем.

На першому етапі – підготовка рецептурних компонентів (підсистема F) - просіюють та змішують сухі компоненти: суміш камеді ксантану та камеді тари за співвідношення  $60\pm 5\%:40\pm 5\%$  у їх загальній концентрації від 0,4 % до 1,2 %. Желатин змішують у кількості від 0,4 % до 1,0 %, трансглютаміназу в кількості від 0,05 % до 0,3 %, сухе знежирене молоко у кількості від 5,0 до 10,0 г. Цукрову пудру — в кількості від 10,0 до 35,0 г, мальтодекстрин в кількості від 10,0 до 15,0 г, всі сухі компоненти перемішують.

На другому етапі (підсистема E) - отриману суміш гідратують у питній воді за температури від  $55\pm 5$  °C протягом  $7,5\pm 2,5$  хвилин при постійному перемішуванні за швидкості, що забезпечує рівномірне розподілення компонентів по всьому об'єму.

На третьому етапі (підсистема D) – в отриману систему додають від 10,0



до 20,0 г кондитерського жиру, попередньо розтопленого за температури 55±5 °С та емульгують протягом 10±2 хвилин.

На четвертому етапі (підсистема С) – емульгований жир та усі рецептурні компоненти змішують, після цього на наступному етапі (підсистема В) отриману суміш заливають у виробничу тару та термостатують за температури 55±5 °С та тривалості від 30 до 120 хвилин. Після термостатування начинку охолоджують до температури 4±2 °С, а на останньому етапі (підсистема А) пакують начинку та зберігають.

Виходячи з результатів дослідження, запропоновано співвідношення рецептурних компонентів отримання термостабільної молоковісної начинки «Thermofilling» (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Структура технологічної системи виробництва термостабільної молоковісної начинки «Thermofilling»**

Найменування підсистеми (етапу)	Операції	Характеристика функціонування 2 підсистем (етапу)
Ф «Підготовка рецептурних компонентів 1»	Отримання сухої суміші: – просіювання; – змішування; – перемішування;	Контроль кількості та якості. Забезпечення розчинення.
Е «Підготовка рецептурних компонентів 2»	- просіювання; - диспергування; - підігрів; - перемішування	Контроль кількості та якості. Забезпечення розчинення і набрякання
Д «Підготовка жирового компоненту»	- розтоплення.	Контроль кількості та якості. Забезпечення розтоплення.
С «Підготовка напівфабрикату начинки»	- диспергування; - емульгування.	З'єднання рецептурних компонентів, формування структурно-механічних і фізико-хімічних властивостей.
В «Структурування та охолодження напівфабрикату начинки»	- структурування; - охолодження.	Надання форми, структури та необхідних якісних характеристик начинки.
А «Отримання термостабільної молоковісної начинки»	– фасування; – пакування; – зберігання.	Отримання термостабільної молоковісної начинки із заданими органолептичними, фізико-хімічними, структурно-механічними та мікробіологічними характеристиками

На рис. 3.1 представлена загальна технологічна схема виробництва термостабільної молоковісної начинки з використанням желатину.

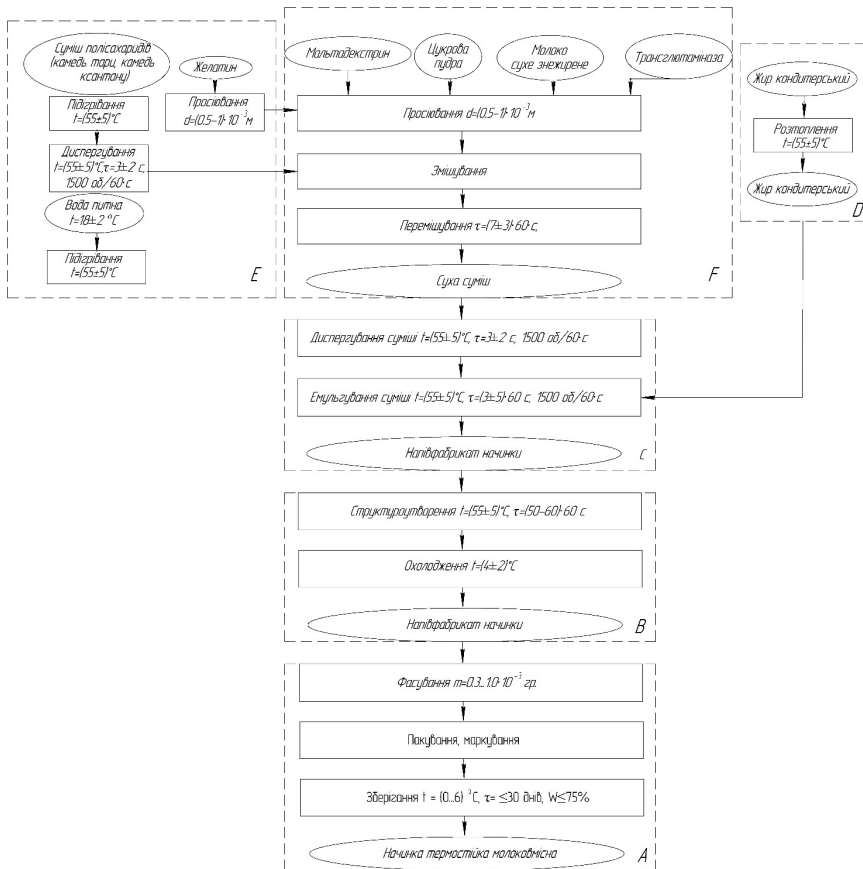


Рис. 3.1 – Технологічна схема виробництва термостабільної молоковісної начинки з використанням желатину

### 3.2 Вивчення змін показників якості молоковісної термостабільної начинки під час зберігання

Важливими основоположними показниками якості термостабільних начинок начинки, за якими визначають їх придатність до споживання, є мікробіологічні показники. З огляду на те, що розроблена суха суміш для ТМН містить близько 90-95% вологи, а ТМН – 40-45% вологи, вони є сприйнятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів, завдяки залученню до рецептурного складу ТМН компонентів із великим вмістом білка, полісахаридів, які зв'язують вологу. Однак існує ризик внесення шкідливої мікрофлори: плісень та дріжджів, тому виникає потреба в дослідженні мікробіологічних показників сухої суміші для начинки та готової ТМН (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

**Мікробіологічні показники сухої суміші для ТМН та готової ТМН**

Найменування показника	Суха суміш для ТМН	Після 30 діб	ТМН	Після 15 діб
КМАФАМ, КУО в 1 г не більше $1,0 \times 10^3$	$0,8 \times 10^2$	$1,2 \times 10^2$	$0,9 \times 10^2$	$1,5 \times 10^2$
БГКП, в 0,001 г не допускається	Не виявлено		Не виявлено	
Умовно-патогенні мікроорганізми, у тому числі <i>Staphylococcus aureus</i> , в 0,1 г не допускається КУО	Не виявлено		Не виявлено	
Патогенні мікроорганізми, у тому числі <i>Salmonella</i> , в 25 г не допускається	Не виявлено		Не виявлено	
Кількість дріжджів та плісені, в 1 г не більше 50 КУО	Не виявлено		Не виявлено	

Із табл. 3.4 бачимо, що мікробіологічні показники дослідних зразків ТН – свіжовиготовлені, та зразки, що зберігали за температури  $2 \pm 2^\circ \text{C}$  протягом 15 діб – не перевищують норм [106]. Таким чином, за результатами мікробіологічних досліджень ТН, рекомендований термін зберігання за температури  $2 \pm 2^\circ \text{C}$  становить 15 діб, а сухої суміші – 1 місяць. З огляду на це результати подальших експериментальних досліджень доцільно подавати за встановлених раціональних умов зберігання, за яких запропоновані термостабільні начинки відповідають

мікробіологічним нормам чинних медико-біологічних вимог і санітарних норм якості [106].

Результати фізико-хімічних показників сухої термостабільної начинки подано в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

**Фізико-хімічні показники сухої термостабільної молокової начинки**

Назва показника	Норма	Метод контролювання
	Суша суміш	
Масова частка сухих речовин, % не менше	90–95	Згідно з ДСТУ 4910
Титрована кислотність, %	19	Згідно з діючою нормативною документацією
Масова частка загального цукру, % не більше ніж	20–40	Згідно з ДСТУ 5059
Дисперсність (прохід через сито), d ,мм	Не $\geq 0,5$	Згідно з діючою нормативною документацією
Сторонні домішки	Не допускаються	Візуально
Мінеральні домішки	Не допускаються	Згідно з ДСТУ 4913

У таблиці наведені результати фізико-хімічних показників сухої термостабільної начинки, а саме масову частку сухих речовин, яка становить 90-95%. Також наведена титрована кислотність, масова частка загального цукру, дисперсність та сторонні й мінеральні домішки сухої суміші. За цими показниками можна зробити висновок, що суха суміш для термостабільної начинки зручна у використанні на підприємстві та має тривалий строк зберігання.

Термостабільна начинка являє собою складну систему, що складається з визначеної кількості компонентів певної харчової та біологічної цінності. Під час розроблення рецептурного складу ТМН перспективним напрямом створення нового продукту високої біологічної цінності з заданими термостабільними, структурно-механічними та фізико-хімічними характеристиками. Це було

досягнуто спільним використанням структуроутворюючих компонентів різної природи та введенням до рецептурного складу ТМН желатину та ферменту трансглютамінази [123; 159]. Отже, з метою розуміння біологічної та харчової цінності ТМН, необхідно провести низку досліджень хімічного складу наукової розробки. Загальну характеристику хімічного складу ТМН подано в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

### Характеристика хімічного складу ТМН

Найменування складової	Вміст, %	
	Суша суміш для ТМН	Розроблений зразок ТМН
Білки	17,50±0,2	5,10±0,2
Жири	2,0±0,2	22,8±0,10
Вуглеводи	70,5±0,2	40, 0±2,0
Волога	6,0±2,0	30,30±2,0
Зола	4,0±2,0	4,0±2

Із даних табл. 3.5 видно, що поживні речовини обох свіжовиготовлених зразків ТМН залишаються майже на одному рівні після зберігання за традиційних умов упродовж 15 діб (незначно знижується волога).

Як було доведено експериментальними дослідженнями, під час зберігання начинки змін зазнає низка фізико-хімічних і біохімічних процесів. Загальна кількість білків і жирів підвищується, а вологи – зменшується відносно зразків, що зберігалися за температури 2±2° С протягом 15 діб.

Оскільки певна кількість білка в розробленій начинці зумовлена використанням желатину, то варто надати порівняльну характеристику вмісту амінокислот у желатині (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

### Порівняльна характеристика амінокислотного складу сировини

Найменування складової	Вміст, %	
	Суша суміш для ТМН	Начинка ТМН
Вода	-	8,00
Білок	40,0	45,00
Незамінні амінокислоти		

Кінець таблиці 3.7

Валін	1,93±0,06	2,78±0,1
Аргінін	7,18±0,06	
Гістидин	1,19±0,06	
Ізолейцин	1,23±0,05	2,09±0,10
Лейцин	2,64±0,08	3,71±0,20
Лізин	4,09±0,03	1,55±0,08
Метіонін	0,16±0,04	1,62±0,08
Треонін	1,41±0,04	2,02±0,10
Триптофан	0,01±0,02	1,09±0,05
фенілаланін	1,68±0,06	2,55±0,20
Загальна кількість	±0,38	17,41±0,81
Замінні амінокислоти		
Аланін	6,93±0,06	2,55±0,10
Аспарагінова кислота	4,47±0,1	4,41±0,22
Гістидін	-	1,39±0,07
Гліцин	20,23±0,06	2,78±0,10
Глутамінова кислота	9,58±0,24	10,90±0,5
Пролін	14,64±0,05	2,25±0,10
Серин	2,67±0,06	2,55±0,10
Тирозин	0,31±0,04	2,02±0,10
Цистин	-	1,02±0,05
Загальна кількість	±0,7	29,87±1,34

Роблячи загальні висновки щодо хімічного складу ТМН можна відзначити позитивний вплив желатину на біологічну цінність розробленої начинки, вітамінний та мінеральний склад.

### **3.3 Розроблення рекомендацій із використання молоковісної термостабільної начинки у складі кулінарної та кондитерської продукції**

Проведені експериментальні дослідження стали підґрунтям для розроблення рекомендацій щодо використання термостабільної молоковісної начинки з використанням желатину у технології кулінарної та кондитерської продукції.

Із термостабільною молоковісною начинкою з використанням желатину можна створити широкий асортимент кулінарної та кондитерської продукції. Розроблені кулінарні вироби можна класифікувати:

- борошняні вироби з ТМН (круасани «Смаколик»);

– кулінарні вироби (вареники з ТМН)

– здобне печиво «Ладушка».

Враховуючи асортимент термостабільних начинок, можна стверджувати можливість розроблення широкого асортименту кулінарної продукції. Це дозволяє визначити напрями їх розвитку з ТМН з використанням желатину.

На нову страву круасани з начинкою «Смаколик» розроблена технологічна картка, яка запропонована в додатку. Рецептурний склад виробів із термостабільної молоковмісної начинки представлено табл. 3.8.

Таблиця 3.8

### Рецептура розроблених борошняних виробів «Круасанів з ТМН»

№ п/п	Назва сировини	Маса сировини				Нормативна документація, що регламентує вимоги до якості сировини
		На 1 порцію, г		На 10 порцій, кг		
		брутто	нетто	брутто	нетто	
1	Борошно	7,2	9,1	0,63	0,60	ДСТУ 46.004-99
2	Яйця	1/10 шт.	2,0	0,04	0,04	ДСТУ 5028:2008
3	Молоко	18	15	0,200	0,200	ДСТУ 2661:2010
4	Цукор білий	10	8	0,02	0,02	ДСТУ 4623-2006
5	Дріжджі	11	10	0,11	0,1	ДСТУ 4812-2012
6	Сіль	0,9	0,9	0,009	0,009	ДСТУ 3583 :2010
7	Маргарин	7	6	0,7	0,6	ДСТУ 4465: 2005
8	<b>Маса тіста</b>		<b>45</b>			
9	Сухе знежирене молоко	10,0	10,0	0,1	0,1	ДСТУ 4273: 2003
10	Цукор білий	35,0	35,0	0,35	0,35	ДСТУ 4623-2006
11	Мальтодекстрин	5,0	5,0	0,5	0,5	Сертифікат якості
12	Трансглютаміназа	0,2	0,15	0,002	0,015	Сертифікат якості
13	Желатин	0,5	0,4	0,005	0,004	Сертифікат якості
14	Камедь ксантану	0,3	0,25	0,0003	0,0025	Сертифікат якості

15	Камедь тари	0,2	0,2	0,002	0,002	Сертифікат якості
16	Кондитерський жир	20	20	0,2	0,2	ДСТУ 4391: 2004
17	Вода	40	29	0,40	0,29	ДСТУ 7525.2014
18	<b>Маса начинки</b>	<b>111,7</b>	<b>100</b>			
19	<b>Маса круасанів з начинкою</b>		<b>186</b>			
	<b>Вихід</b>		<b>210</b>			

У загальному вигляді спосіб виробництва круасанів із начинкою здійснюється наступним чином. Для приготування тіста: у тістомісильну діжу вливають холодну воду необхідної кількості, розчин лимонної кислоти, додають сіль, борошно та замішують тісто протягом (15-20) × 60 с до отримання однорідної маси. Отримане тісто викладають на стіл, посипаний борошном, та залишають на (20-30) × 60 с Паралельно із замісом тіста підготовляють маргарин (нарізають на невеликі шматочки, кладуть в тістомісильну машину, насипають борошно та перемішують), потім прямокутні шматочки маргарину з борошном викладають на стіл і охолоджують в холодильній камері до температури 6-8°C. Для приготування листкового тіста прямокутні пласти з тістом розкатують, на середину кладуть шматочки охолодженого маргарину та розкатують на тісторозкачуваних машинах, оздоблюють термостійкою молоковмісною начинкою та формують круасани. Випікання відбувається при температурі 180-200°C протягом (35-40) × 60 с, охолоджують та пакують.

Борошно засипають у тістомісильну машину, додають нагріту до 30-35°C воду, яйця та сіль і замішують тісто до тих пір, поки воно не набуде однорідну консистенцію. Підготовлене тісто витримують 20-40 хв для набухання клейковини і надання тісту еластичності, після чого використовують для приготування вареників. Вологість тіста 37%.

Попередньо приготовану ТМН охолоджують і застосовують для фаршування вареників.

Готове тісто розроблюють на валик діаметром 2-3 см, нарізають його на



шматочки вагою 10-12 г та розкатують в пласти товщиною 1,5-2 мм. На середину кожної заготовки кладуть фарш, краї з'єднують, защипують, надають форму півмісяця.

Сформовані вареники кладуть у киплячу підсолену воду з температурою 100°C і варять 5-7 хв. при слабкому кипінні.

При відпусканні, вареники кладуть на розігріту мілку столову порціонну тарілку 7-8 шт. на порцію (200г) та поливають вершковим маслом, температура подачі 65°C.

Технологічна схема виробництва круасанів із начинкою наведена на рис. 3.2

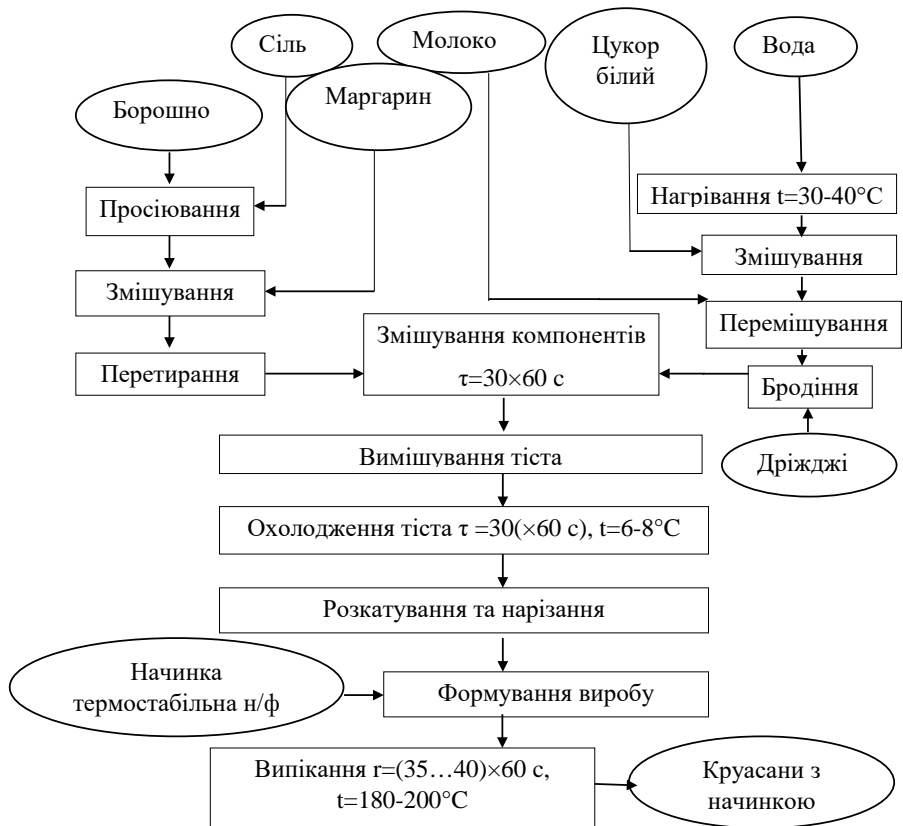


Рис. 3.2 – Технологічна схема виробництва круасанів із ТМН

Таблиця 3.9

## Рецептура розроблених вареників «Чудові»

№ п/п	Назва сировини	Маса сировини				Нормативна документація, що регламентує вимоги до якості сировини
		На 1 порцію, г		На 10 порцій, кг		
		брутто	нетто	брутто	нетто	
1	Борошно пшеничне	61	61	0,61	0,61	ДСТУ 46.004-99
2	Цукор	10	10	0,1	0,1	ДСТУ 4623-2006
3	Яйця	10	8	0,1	0,8	ДСТУ 5028:2008
4	Вода	20,4	20,4	0,204	0,204	ДСТУ 7525:2014
5	Маса тіста	101,4	100	1,14	1,0	
6	Сухе знежирене молоко	10,0	10,0	0,1	0,1	ДСТУ 4273: 2003
7	Цукор білий	35,0	35,0	0,35	0,35	ДСТУ 4623-2006
8	Мальтодекстрин	5,0	5,0	0,5	0,5	Сертифікат якості
9	Трансглутаміназа	0,2	0,15	0,002	0,015	Сертифікат якості
10	Желатин	0,5	0,4	0,005	0,004	Сертифікат якості
11	Камедь ксантану	0,3	0,25	0,0003	0,0025	Сертифікат якості
12	Кондитерський жир	20	20	0,2	0,2	ДСТУ 4391: 2004
13	Вода	40	29	0,40	0,29	ДСТУ 7525.2014
14	Маса начинки	111,7	100			
15	Маса вареників з ТМН	213,1	200,0	213,1	200	

На рис. 3.3 представлена технологічна схема виробництва вареників «Чудові»

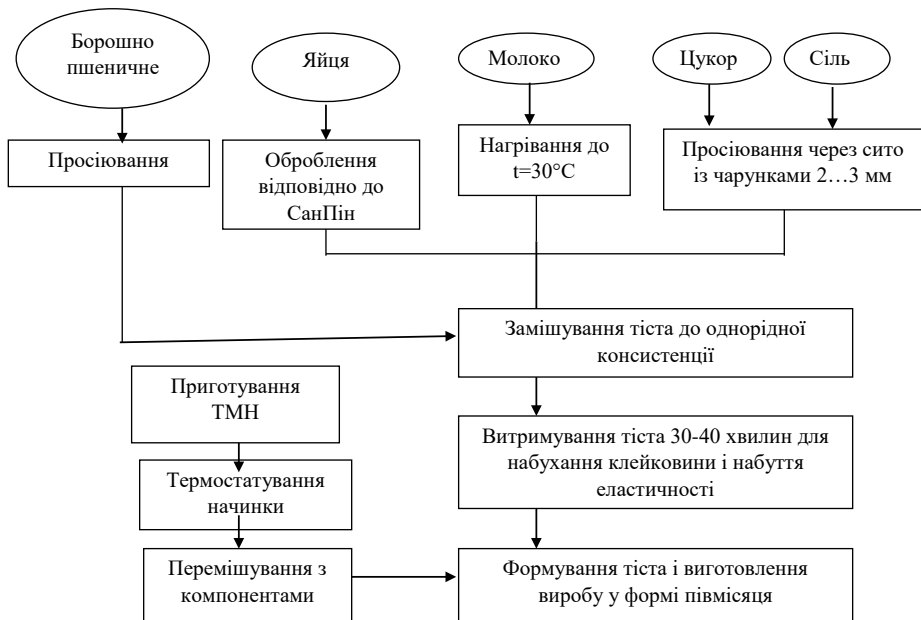


Рис. 3.3 – Технологічна схема виробництва вареників «Чудові»

## Рецептура печива здобного «Ладушка» з ТМН

№ п/п	Назва сировини	Маса сировини				Нормативна документація, що регламентує вимоги до якості сировини
		На 1 порцію, г		На 10 порцій, кг		
		брутто	нетто	брутто	нетто	
1	Борошно пшеничне	51	50	0,51	0,50	ДСТУ 46.004-99
2	Цукор білий	10	10	0,1	0,1	ДСТУ 4623-2006
3	Яйця	2	2	0,02	0,02	ДСТУ 5028:2008
4	Амоній вуглекислий	0,2	0,2	0,002	0,002	Сертифікат якості
	Сіль	1	1	0,01	0,01	ДСТУ 3583:2010
	Жир	20	20	0,2	0,2	ДСТУ 4391: 2004
	Крохмаль	2	2	0,02	0,02	ДСТУ 4286: 2004
	<b>Вода</b>	15,5	14,8	0,155	0,148	ДСТУ 7525.2014
5	Маса тіста	101,7	100	1,017	1,0	
6	Сухе знежирене молоко	10,0	10,0	0,1	0,1	ДСТУ 4273: 2003
7	Цукор-пісок	35,0	35,0	0,35	0,35	ДСТУ 4623-2006
8	Мальтодекстрин	5,0	5,0	0,5	0,5	Сертифікат якості
9	Трансглутаміназа	0,2	0,15	0,002	0,015	Сертифікат якості
10	Желатин	0,5	0,4	0,005	0,004	Сртифікат якості
11	Камедь ксантану	0,3	0,25	0,0003	0,0025	Сертифікат якості
12	Кондитерський жир	20	20	0,2	0,2	ДСТУ 4391: 2004
13	Вода	40	29	0,40	0,29	ДСТУ 7525.2014
14	Маса начинки	111,7	100			
15	Маса печива з ТМН	213,1	200,0	213,1	200	

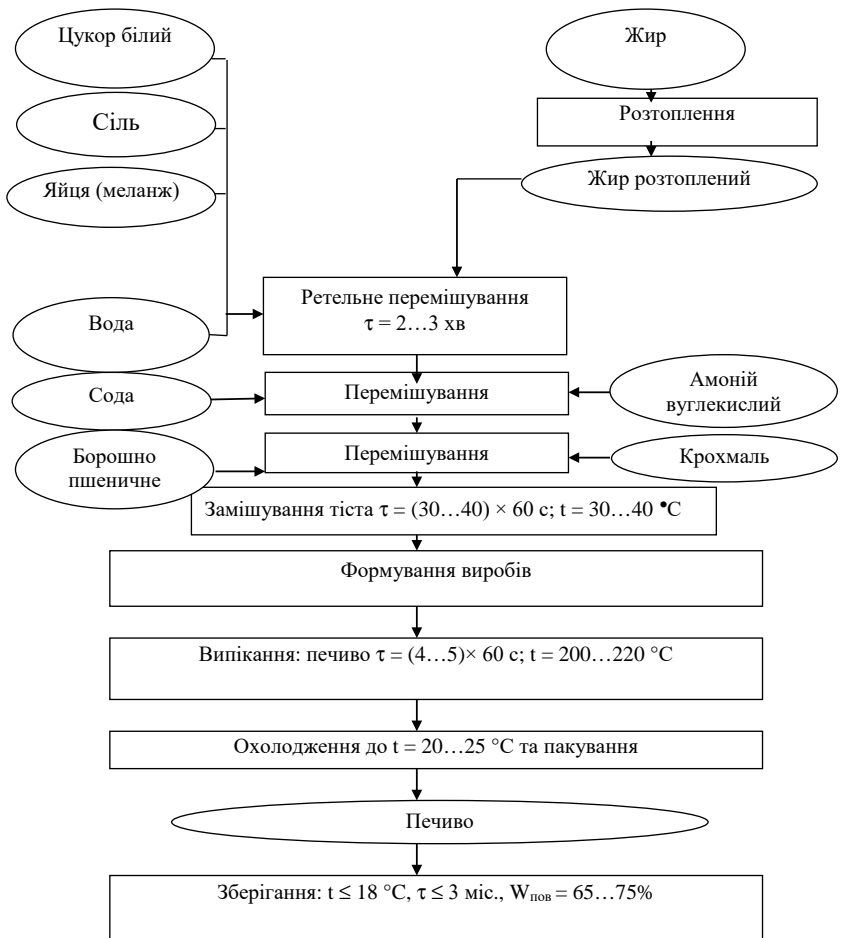


Рис. 3.4 – Технологічна схема виробництва здобного «Ладушка» з ТМН

Технологічний процес виробництва печива здобного із начинкою здійснюється наступним чином. Для приготування тіста: у тістомісильну діжу кладуть жир (вершкове масло або маргарин), цукор, сіль, амоній, крохмаль, соду розмішують, збивають 5-10 хвилин на середніх оборотах міксера до кремоподібної консистенції. Далі додають суміш меланжу, воду та збивають.

Після чого у суміш вносять борошно, причому спочатку перемішують на малих оборотах міксера не більше 1 хвилини. Тісто отримують не зтягнуте, однорідне, без грудочок. Воно гарно відходить від діжки, в якій вимішувалося.

Готове тісто відформовують однорядним штампом на відсадочній машині та розміщують заготовки круглої форми на чистому листі. На відформовані заготовки із тіста відсаджують термостабільну молоковмісну начинку.

Напівфабрикати печива з начинкою ставлять в піч для випікання при температурі 200-220 °С. Отримане печиво охолоджують до температури +18-+20°С. Готове печиво пакують у коробки та фасують.

Отже, з використанням сухої суміші та напівфабрикату ТМН можна виробляти великий асортимент борошняних, кондитерських та кулінарних виробів.

## ВИСНОВКИ

1. Проведення комплексних досліджень із вивчення органолептичних, фізико-хімічних і структурно-механічних властивостей дослідної системи термостабільної начинки, а також впливу високої температури на розробку дозволило запропонувати рецептуру та технологічний процес виробництва термостабільної молоковмісної начинки з використанням желатину, ферменту трансглютамінази та суміші полісахаридів.

2. Вивчення мікробіологічних показників термостабільної молоковмісної начинки з використанням желатину, ферменту трансглютамінази та суміші полісахаридів дозволило встановити термін її зберігання за традиційних умов : для готової ТМН рекомендований термін зберігання за температури  $2\pm 2^{\circ}\text{C}$  складає 15 діб, для сухої суміші ТМН, за температури  $2\pm 2^{\circ}\text{C}$  – 1 місяць. За умов виконання цих рекомендацій продукт є гарантовано мікробіологічно-нешкідливим для організму людини.

3. У ході дослідження хімічного складу термостабільної молоковмісної начинки доведено, що наявність у рецептурному складі желатину сприяє підвищенню харчової та біологічної цінності розробки: відзначається більш високий вміст валіну, гістидину, лейцину, треоніну, фенілаланіну, аланіну, аспарагіну, глютаміну та цистину. Установлено, що в контрольній начинці (без добавки) та в начинці з желатином вміст білків підвищується відповідно на 1,7 і 1,35%, а жиру – на 2,6 і 3,35%.

4. Результати досліджень фізико-хімічних властивостей термостабільної молоковмісної начинки доводять, що желатин у поєднанні з ферментом трансглютамінази сприяє утворенню термостабільної структури. За результатами низки реологічних досліджень, можна стверджувати, що наявність у рецептурному складі начинки суміші полісахаридів надає виробу певної м'якості, ніжності та пластичності.

5. Результати досліджень із визначення температурного впливу на технологічні властивості термостабільної молоковмісної начинки з використанням молочної сировини, желатину, ферменту трансглютамінази та

суміші полісахаридів (вивчення змін термічної стійкості та температури плавлення) дали змогу встановити наступне. По-перше, зберігання начинки за двох різних умов сприяє зменшенню показників термічної стійкості та температури плавлення. По-друге, наявність у рецептурному складі начинки желатину з ферментом яким позитивно впливає на її технологічні характеристики, оскільки було виявлене збільшення термостабільності, підвищення температури плавлення у виробі з желатином.

6. У ході вивчення ІЧ-спектрів зразків термостабільної начинки встановлено, що желатин сприяє утворенню додаткових внутрішньомолекулярних та міжмолекулярних водневих зв'язків; відбувається міжмолекулярна перебудова в комплексах сполук – органічних кислот, білків, амінокислот.



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Бондаренко Д.О., Люлька О.М., Корецька І.Л. Дослідження показників якості пектину, як основної складової термостабільної начинки. В кн. Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства імені П. Василенка. Випуск 179. "Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв": Харків, 2016. 252. С 188-193.

2. Food Product Development, the Web Edition. M.D. Earle, R.L. Earle and A.M. Anderson. The New Zealand Institute of Food Science & Technology, 2017. Part 2, Chapter 3. – 380 p. ISBN No: 9781845697228.

3. Бондаренко Д. О., Люлька О. М., Корецька І. Л. Дослідження якості пектину, як основної складової термостабільної начинки. Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej NaukowoPraktycznej " Inżynieria i technologia. East European Conference" (29.11.2016 - 30.11.2016) - Warszawa: Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 2016. 64 str. С. 36-41.

4. Gürbüz, Esen. (2018). Theory of New Product Development and Its Applications. 10.5772/intechopen.74527.

5. Methods for Developing New Food Products, Expanded Second Edition. An Instructional Guide. Fadi Aramouni, Kathryn Deschenes. 2018, 430 pages.

6. Корецька І.Л., Бистров П.О. Природні структуроутворювачі. В журн.. "Харчова та переробна промисловість" № 2, 2001.

7. Юрченко С.Л. Розробка рецептурного складу плодово-ягідних начинок / С.Л. Юрченко, Колеснікова М.Б.// Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. ТДАТУ, 2013. С. 83-88.

8. Любенко Г.Д. Особливості технології та рецептури термостабільної молоковмісної начинки з використанням пектину / Любенко Г.Д. // Праці Харківського державного університету харчування та торгівлі, 2013. С. 47-51.

9. Мороз О.В. Наукове обґрунтування змішаного драгле утворення в технологіях термостабільних начинок / Мороз О.В. // Праці Харківського державного університету харчування та торгівлі, 2013. С. 42-47.

10. Technology of thermostable and frozen fillings using dairy raw materials and sesame seeds concentrate / F. Pertsevoy, V. Ladyka, I. Smetanska, D. Bienias, M. Ianchyk, N. Grynchenko, S. Omelchenko, O. Hrynchenko – Kharkiv: Dissa+, 2022. – 192 с.

11. Technology of thermostable and frozen fillings with using dairy raw materials and sesame seeds concentrate: monograph / F.V. Pertsevoy, P.V. Gurskiy, V.I. Ladyka, [etc.] – Saratov: 2020. – 111 p.

12. Cristobal Rodriguez, Victoria Padilla, Karen Lozano, Alexa Villarreal, Luis Materon, Robert Gilkerson, Development and characterization of Forcespinning® mesquite gum nanofibers, *Materials Today Communications*, 10.1016/j.mtcomm.2022.104599, 33, (104599), (2022).

13. Чорна Н. П. Інноваційний розвиток сфери виробництва продуктів харчування та ризику продовольчої безпеки : монографія / Н. П. Чорна. – Львів : Ліга-Прес, 2012. – 296 с. ISBN 978-966-397-161-4

14. Vikondi [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://vikondi.com>

15. Amiga [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://amiga.com.ua>

16. Любенко Г.Д. Особливості технології та рецептури термостабільної молоковмісної начинки з використанням пектину / Г.Д. Любенко // Вісник ХДУХТу, 2013. С. 47-51.

17. Phillips, G., & Williams, P. (2009). *Handbook of Hydrocolloids* (2nd ed.). Elsevier Science. Retrieved from <https://www.perlego.com/book/1814224/handbook-of-hydrocolloids-pdf> (Original work published 2009)

18. Alimova, M.A., Musulmanova, M.M., Urazbayeva, K.A., Alibekov, R.S., Usenova, S.O. and Abzalov, R.F. (2014). Standardization of fruit and vegetable raw materials in a multi-component functional filling for caramel. *Herald of Kazan Technological University*, 17(14), 411-413.

19. Maimanah-Faizah, I., Ismail-Fitry, M.R., Umi Hartina, M.R. and Rozzamri, A. (2020). Physicochemical and sensory properties of traditional baked cake (kuih bakar) with coconut milk and soy milk. *Food Research*, 4(5), 1435 – 1443. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(5\).068](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(5).068)

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

21. Кошель О.Ю. Аналітичне обґрунтування та розробка моделей технології термостабільної молоковмісної начинки з використанням желатину / Кошель О.Ю., Кондрашина Л.А., Бідюк Д.О., Перцевой Ф.В., Трофімов Д.О. // Праці ТДАТУ, Вип. 18. Т. 1. 201 С. 159-165.

22. Дослідження пектинів різних виробників на показники якості термостабільної начинки. Бондаренко Д.О., Люлька О.М., Корецька І.Л. В кн.: Зб. праць за підсумками VI Міжн. наук.-пр. конф. Вчених, аспірантів і студентів.

23. Kiryanova G., Koretska I. Prospects of hydrocoiloids application in the confectionery industry. В книзі: International Workshop "World of inulin & fructose" Abstracts of Oral Communications and Posters. 8-9 April 2004p.

24. Yanbei W.D. The Gelation Properties of Tara Gum Blended with κ-Carrageenan or Xanthan // Food Hydrocolloids. 2017. Т. 2, вип. 2. р. 256-268.

25. Технології полісахаридів та їх застосування в харчовій промисловості. Конспект лекцій для студентів спеціальності 181 – Харчові технології / Укл.: В.М. Челябієва, О.І.Сиза, О.М. Савченко. Чернігів: ЧНТУ, 2018. 123 с.

26. The development of technology of functional beverages based on whey and plant extracts E. Cherevach., L. Tenkovskaya. Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv; kemerovo том 39, изд. 4, (2015): 99-105.

27. Effect of xanthan gum on the physical properties and textural characteristics of whipped cream / Qiangzhong Z. et al. // Food Chemistry. 2009. Vol. 1, № 116. P. 624-628.

28. Application of xanthan gum for reducing syruing in refrigerated doughs / Simsek S. et al. // Food Hydrocolloids. 2009. Vol. 2, № 23. P. 2254-2260.

29. Espert M.K. Effect of xanthan gum on palm oil in vitro digestion. Application in starch-based filling creams // Food Hydrocolloids. 2018. Т. 1, вип. 4. р. 154-176.

30. Rohart .K., Michon C.G. Designing microstructure into xanthan gum-enriched acid milk gels // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2014. Т. 2, вип. 3. р. 18-23.

31. Перцевой Ф.В. Аналітичне обґрунтування та вибір бінарної комбінації полісахаридів для термостабільних молокозмісних начинок / Ф.В. Перцевой, Д.О. Бідюк, О.Ю. Кошель // *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр./ відпов. ред. О.І. Червко*. Харків: ХДУХТ, 2018. Вип. 1(27). С. 122-133.

32. Лобачева Н.Л. Вивчення впливу ферменту трансглютаміназа на конфірмаційний стан білків борошняного тіста Шаніна О.М., д-р техн. наук, професор.

33. Akal, H. Ceren, et al. "Transglutaminase Applications in Dairy Technology." *Microbial Cultures and Enzymes in Dairy Technology*, edited by Şebnem Öztürkoglu Budak and H. Ceren Akal, IGI Global, 2018, pp. 152-181. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5363-2.ch009>

34. Cross-linking of adsorbed casein lms with transglutaminase. M. Fvrgemand, B. Murray, E. Dickinson, K.B Qvist

35. Department of Light Chemistry and Environment Engineering, Shandong Institute of Light Industry, Jinan 250353, P. R.China 2Shandong Academy of Agricultural Science, Jinan 250100, P.R.China.

36. Enzyme-catalyzed gel formation of gelatin and chitosan: potential for in situ applications Tianhong Chena,b, Heather D. Embreea,b, Eleanor M. Brownc, Maryann M. Taylorc, Gregory F. Paynea, accepted 29 January 2003.

37. Modification of gelatin functionality for culinary applications by using transglutaminase☆ Julia Calvarroa, Trinidad Perez-Palacios, Jorge Ruizb, Food Science, Faculty of Veterinary Sciences, University of Extremadura, IPROCAR, UEX, Campus Universitario s/n, 10003 Caceres, Spain b Department of Food Science; University of Copenhagen, Rolighedsvej 26, 1958 Frederiksberg C, Denmark 5 November 2016.

38. Modification of the properties of gelatin from skins of Baltic cod (*Gadus morhua*) with transglutaminase Iłona Kołodziejka, Krzysztof Kaczorowski, Barbara Piotrowska, Maria Sadowska Department of Food Chemistry and Technology, Chemical Faculty, Gdansk University of Technology, G. Narutowicza 11/12, Gdańsk 80-952, Poland Received 21 January 2003; received in revised form 14 August 2003; accepted 14 August 2003.

39. Mengmeng Wu a 1, Zhuangzhuang Shi a 1, Yue Ming a, Chunxia Wang b, Xiaohui Qiu b, Guoqiang Li a, Ting Ma. Thermostable and rheological properties of natural and genetically engineered xanthan gums in different solutions at high temperature. *International Journal of Biological Macromolecules*. Volume 182, 1 July 2021, Pages 1208-1217

40. Методи контролю якості харчової продукції: [навч. посібник для студ. вищих навч. закл. технол. спец.] / [О. І. Черевко, Л. М. Крайнюк, Д. О. Касілова та ін.]. Х. : ХДУХТ, 2005. 230 с.

41. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Органолептичний аналіз» студентам спеціальності 181 Харчові технології першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форми навчання / Державний біотехнологічний університет; уклад. Черемська Т.В., Діхтярь А.М. Харків : ДБТУ, 2023. 22 с.

42. A. Kumar et al. Application of xanthan gum as polysaccharide in tissue engineering: a review. *Carbohydrate Polymers*. Volume 180, 15 January 2018, Pages 128-144.

43. Zhi-Xuan Li., Hui-Qiong Deng, Jie Jiang, Zi-Qing He, Dong-Mei Li, Xi-Guang Ye, Yun Chen, Yong Hu, Chao Huang. Effect of hydrothermal treatment on the rheological properties of xanthan gum. *International Journal of Biological Macromolecules*. Volume 270, Part 2, June 2024, 132229

44. Системи управління безпечністю харчових продуктів : ДСТУ 4161. – [Чинний від 2003-07-01]. К. : Держспоживстандарт, 2003. 18 с.

45. T. Riaz et al. A review of the enzymatic, physical, and chemical modification techniques of xanthan gum. *International Journal of Biological Macromolecules*. Volume 186, 1 September 2021, Pages 472-489.

46. M. Wu et al. Thermostable and rheological properties of natural and genetically engineered xanthan gums in different solutions at high temperature. *International Journal of Biological Macromolecules*. Volume 182, 1 July 2021, Pages 1208-1217.

47. J. Ahmed. Optimization of high-pressure-assisted xanthan gum dispersions for the maximization of rheological moduli: application of time-pressure/temperature superposition principle. *Food Hydrocolloids*. Volume 122, January 2022, 107080.

48. H. Habibi et al. Effective variables on production and structure of xanthan gum and its food applications: a review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. Volume 10, April 2017, Pages 130-140.

49. I.M. Bhat et al. Advances in xanthan gum production, modifications and its applications. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. Volume 42, July 2022, 102328.

50. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик : навч. посібник / [А. Б. Горальчук та ін.]. Х. : ХДУХТ, 2006. 63 с.

51. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Колоїдна хімія». К. : КТІХП, 1993. 88 с.

52. M. Wu et al. Thermostable and rheological properties of natural and genetically engineered xanthan gums in different solutions at high temperature. *International Journal of Biological Macromolecules*. Volume 182, 1 July 2021, Pages 1208-1217

53. Гніцевич В. А. Технологія харчових продуктів із заданими властивостями на основі вторинної молочної та рослинної сировини : монографія / В. А. Гніцевич, Р. П. Никифоров, Н. А. Федотова, Н. В. Кравченко. – Д. : Донбас, 2014. – 337 с.

54. Itishree Jogamaya Das, Trishna Bal, Evaluation of Opuntia-carrageenan superporous hydrogel (OPM-CRG SPH) as an effective biomaterial for drug release and tissue scaffold, *International Journal of Biological Macromolecules*, 10.1016/j.ijbiomac.2023.128503, 256, (128503), (2024).

55. Jarosław Korus, Mariusz Witzczak, Anna Korus, Lesław Juszcak, Mesquite (*Prosopis L.*) as a functional ingredient in gluten-free dough and bread, *LWT*, 10.1016/j.lwt.2022.113957, 168, (113957), (2022).

56. Yuying Hu, Xiangjian Liu, Wenqian Zhang, Jiangming Chen, Xiaoxiao Chen, Songwen Tan, Inulin Can Improve Red Blood Cell Cryopreservation by Promoting Vitrification, Stabilizing Cell Membranes, and Inhibiting Ice Recrystallization, *ACS Biomaterials Science & Engineering*, 10.1021/acsbomaterials.3c01463, 10, 2, (851-862), (2024).

57. Raafat A. Abu-Almaaly. Improving Rheological and Sensory Properties of Flour and Laboratory Cake Using Different Concentrations of Guar Gum. Abu-Almaahy R.A./ *Chem. Methodol.*, 2022, 6(9)691-698.

58. Thijs Defraeye, Bert Blocken, Jan Carmeliet. Analysis of convective heat and mass transfer coefficients for convective drying of a porous flat plate by conjugate modelling. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 55(1-3):112-124. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2011.08.047

59. Ромоданова В. О. Лабораторний практикум з технохімічного контролю підприємств молочної промисловості. К. : НУХТ, 2003. 168 с.

60. Джеймс Вумек, Деніел Джонс. Ощадливе виробництво "Фабула", 2018, 448 с.

61. Zhu, Y., Bhandari, B., & Prakash, S. (2020). Relating the tribo-rheological properties of chocolate flavoured milk to temporal aspects of texture. *International Dairy Journal*, 110, 104794. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104794>

62. Tolve, R., Tchienbou-Magaia, F. L., Verderese, D., Simonato, B., Puggia, D., Galgano, F., ... & Favati, F. (2021). Physico-chemical and sensory acceptability of no added sugar chocolate spreads fortified with multiple micronutrients. *Food Chemistry*, 364, 130386. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130386>

63. Tushar Gulati, Ashim Datta, Christopher J. Doona. Modeling moisture migration in a multi-domain food system: Application to storage of a sandwich system. June 2015 Food Research International 76(Pt 3). DOI: 10.1016/j.foodres.2015.06.022.
64. Yağcı, S. (2019). Rheological properties and biscuit production from flour blends prepared from cereal based by-products. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23(2):142-149. DOI: 10.29050/harranziraat.410059/
65. Ластухін Ю. О. Органічна хімія. Львів: Центр Європи, 2001. 864 с.
66. Литвин Б. Л. Фізичні методи дослідження будови органічних речовин. Івано-Франківськ: Прикарпатський нац. ун-т ім. В. Стефаника, 2009. 134 с.
67. Сірохман, І.В. Товарознавство цукру, меду та кондитерських виробів 2-е видання, перероблене та доповнене. Сірохман І.В., Лозова І.В. К.: Центр учбової літератури, 2008. 616 с.
68. Q. Zeng et al. Effect of xanthan gum co-extruded with OSA starch on its solubility and rheological properties. *LWT*. Volume 147, July 2021, 111588.
69. H.Y. Jang et al. Enhanced oil recovery performance and viscosity characteristics of polysaccharide xanthan gum solution. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. Volume 21, 25 January 2015, Pages 741-745.
70. B. Abbastabar et al. Determining and modeling rheological characteristics of quince seed gum. *Food Hydrocolloids*. Volume 43, January 2015, Pages 259-264.
71. Hartel, R. W., von Elbe, J. H., Hofberger, R. (2018). *Confectionery Science and Technology* (Vol. 536). Berlin/Heidelberg, Germany: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61742-8>
72. Vásquez, C., Henríquez, G., López, J. V., Penott-Chang, E. K., Sandoval, A. J., & Müller, A. J. (2019). The effect of composition on the rheological behavior of commercial chocolates. *LWT*, 111, 744–750.
73. ДСТУ 4273:2003 Молоко та вершки сухі. Загальні технічні вимоги
74. ДСТУ 4623:2006 Цукор білий. Технічні умови
75. ДСТУ 4910:2008 Вироби кондитерські. Методи визначення масових часток вологи та сухих речовин



76. Кір'я нова Г. А., Зінченко Л. В., Корецька І.Л. Вплив гідроколоїдів на термостабільні властивості начинок. В журн. "Харчова та переробна промисловість" №4, 2004.

77. Дослідження функціонально-технологічних властивостей модельних розчинів та гелів желатину [Електронний ресурс] / М. Ф. Перцевой, М. М. Самілик, Т. І. Маренкова, Д. О. Бідюк // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : збірник наукових праць.- Харків : ХДУХТ, 2020. - Вип. 2 (32). - С.198-112.

78. Камсуліна Н.В Вивчення технологічних властивостей сумішей гідроколоїдів / Н. В. Камсуліна, Н. В. Мурликіна, А. І. Бударіна, М. О. Погорелов, П. О. Бондаренко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2017. Вип. 2. С. 271-284.

79. Архіпов В.В. Організація ресторанного господарства: Навч. пос. / Архіпов В.В. К. : Центр учбової літератури; Фірма «Інкос», 2007. 280 с.

80. Kim YH, Park SW, Sawng YW. Improving new product development (NPD) process by analyzing failure cases. Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship. 2016; 10(1):134-150.

81. Chunawalla SA. Product Management. Global Media. ProQuest Ebook Central; 2008. 2p. Available from: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/nigde/detail.action?docID=3011118>. Created from nigde on [Accessed: 2017-11-06].

82. Стахміч Т. М., Пахолюк О. М. Кулінарна справа. Технологія приготування їжі: підручник. Київ: Видавництво Грамота, 2020. 280 с.

83. Доценко В., Губеня В., Кирпиченкова О., Кочерга В. Технологія продукції ресторанного господарства. Київ: Кондор, 2019. 292 с.

84. Домарецький В.А. Загальні технології харчових виробництв / [В.А.Домарецький, П.Л.Шиян, М.М.Калакура, Л.Ф.Романенко, Л.М.Хомічак, О.О.Василенко, І.В.Мельник, Л.М.Мельник ]; за ред. М.М.Калакури та Л.Ф.Романенка. К.: Університет «Україна», 2010. 814 с.

85. Архіпов В. В. Ресторанна справа. Асортимент, технологія і управління якістю продукції в сучасному ресторані. 3-тє вид. навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2021. 382 с.
86. Збірник рецептур національних страв та кулінарних виробів / О. В. Шалимінов, К.А.С.К., 2000. 848 с.
87. Капрелянц Л.В. Функціональні продукти / Л.В. Капрелянц, Г.К. Іоргачова. Одеса, 2003. 312 с.
88. Крайнюк Л.М. Методичні рекомендації з розробки рецептур на нову кулінарну продукцію / Л.М. Крайнюк, Л.О. Касілова, Л.Д. Манєлова та ін.; ХДУХТ. Харків, 2005. 42 с.
89. Захарчук В. Г., Кунділовська Т. А., Гайдукович Г. Є. Технологія продукції ресторанного господарства: навч. посіб. Одеса: ОНЕУ, Атлант ВОІСОІУ, 2016. 479 с.
90. Павлюченко О. С. Інноваційні технології в ресторанному господарстві: конспект лекцій для студ. спец. 7.14010101 «Готельна і ресторанна справа» денної форми навчання. Київ: НУХТ, 2014. 93 с.
91. Влащенко Н. М. Інноваційні технології у ресторанному, готельному господарстві та туризмі : навч. посіб. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекєтова, 2018. 373 с.
92. Ростовський В.С. Теоретичні основи технології громадського харчування, 2006. 200 с.
93. Енциклопедія харчування в 10-т.: Т. 7. Технологія кулінарної продукції / Под общ. ред. А. И. Черевко, В. М. Михайлова. Харків: Мир Книг, 2017. 543 с.
94. Сучасні технології кондитерського виробництва: підручник. / [Гайдук О. В., Герлянд Т. М., Дрозіч І. А., Кулалаєва Н. В., Романова Г. М.]. К.: ІПТО НАПН України, 2020. 440 с.
95. Кравченко М.Ф. Теоретичні основи харчових технологій: навч. посіб. Київ: Київський національний торговельно-економічний університет, 2011. 814 с.
96. Неміріч А.В., Петруша О.О., Науменко К.А., Вашека О.М. Методи

контролю якості продукції у галузі. Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: для студ. напрямку підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» професійного спрямування «Технології харчування» денної та заочної форм навчання/Нац. унів. харч. техн. Київ, 2014.

97. Реологічні властивості вершкових кремів зниженої жирності з різновидами цукрі / Камбулова Ю.В. та ін. //Продовольча індустрія АПК. 2017. №6. С. 24-28.

98. Фоцан А. Л. Обґрунтування удосконалених технологій оздоблених кондитерських виробів з використанням гелеутворювачів різної природи / А. Л. Фоцан, А. М. Григоренко // Харчова наука і технологія. 2012. № 3 (20). С. 5–14.

99. Собін О.В., Лаленко Т.В., Корецька І.Л., Рахметов Д.Б. Можливість використання нетрадиційної рослинної сировини у кулінарії. В кн. «Овочівництво і баштанництво: історичні аспекти, сучасний стан, проблеми і перспективи розвитку». Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (у рамках ІІ наукового форуму «Науковий тиждень у Крутах – 2017», 16 березня 2017 р., с. Крути, Чернігівська обл.) / ДС «Маяк» ІОБ НААН: у 2 т. Ніжин: Видавець Лисенко М.М., 2017. Т. 1. 336 с. С. 270-277.

100. Якість і безпечність харчової продукції традиційних та інноваційних технологій : підручник / І. В. Сирохман та ін. Львів : Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2020. 504 с.

101. Nagashima H. The Decorative Art of Japanese Food Carving: Elegant Garnishes for All Occasions, 2012. 189 p.

102. Rie Yamada The Complete Book of Fruit Carving : Decorate Your Table for Any Special Occasion, 2018. 205 p.

103. Салавеліс, А. Д. Тележенко Л. М., Колесніченко С. Л. Технологія продукції ресторанного господарства : навч. посіб. Вид. 2-ге, допов. Одеса:

104. Освіта України, 2015. 366 с. Новікова О. В. Технологія виробництва хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів - 2-е вид., перероб. та доп. Київ : Вид-во Ліра-К , 2018. 540 с.

105. Edwards W. P. The Science of Sugar Confectionery. London: RSC Publishing, 2015. 316 p.
106. Jha M. Modern Technology of Confectionery Industries with Formulae & Processes. New Delhi: Asia Pacific Business Press Inc. (2nd Revised Edition), 2003. 292 p.
107. Осокіна Н. М., Герасимчук О. П. Удосконалення виробництва желе та конфітурю чорносмородинових в комплексній переробці // Зб. наук. пр. Уманського ДАУ. 2009. Вип. 70. Ч. 1. С. 58–64.
108. Ajala A. S., Ajao I. A. Production and Quality Evaluation of GingerFlavoured Banana Marmalade // International Journal of Emerging trends in Engineering and Development. 2012. № 7. P. 579–584.
109. González-Cruz L., Filardo-Kerstupp S., Arturo Bello-Pérez L., BernardinoNicano A. Carotenoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of low- 177 calorie nopal (opuntia ficus-indica) marmalade // Journal of Food Processing and Preservation. 2012. № 36(3). P. 267–275.
110. Pramanick P., Zaman S., Mitra A. Processing of fruits with special reference to S. Apetala fruit jelly preparation // International Journal of Universal Pharmacy and Bio Sciences. 2014. Vol. 3 (5): September-October. P. 36–49.
111. Aguiar T., Sabaa-Srur A., Smith R. Study of Grumixama (Eugenia Brasiliensis, Lam) Fruit Pulp and Development of a Jelly: Rheological, Sensorial and Colorimetric Evaluation // The Natural Products Journal. 2016. Vol. 6. Iss. 2. P. 142–151.
112. Berna E., Kampuse S., Sabovics M., Straumite E. Evaluation of pumpkinrowanberry marmalade quality after different drying times // Chemine Technologija. 2012. № 4. P. 61–66.
113. Abdollahi A., Hadad-khodaparast M., Abyar A., Aliabadi M. A Revival of Traditional БЕН-РОВ Marmalade and Inspecting Its Sensory and Physicochemical Characteristics // Journal of Basic and Applied Scientific Research. 2012. P. 12097–12100.

114. Magomedov G. O. et al. Semi-products from topinambur in production of fruit jelly marmalade // *Confectionary Manufacture*. 2011. Vol. 4. P. 38–39.
115. Мармелад «Журавлинка»: пат. 64395, Україна, МПК А 23 L 1/06 / Кудінова О. В., Горбенко Т. С. № 201103642; заявл. 28.03.2011; опубл. 10.11.2011.
116. Thi Ngoc Dung D., Tan Dzung N. Multi-Objective optimization of concentrated vacuum process to determine the technological mode of the marmalade gac production // *Canadian Journal on Chemical Engineering & Technology*. 2011. № 9. P. 162–170.
117. Мармелад «Айвовий»: пат. 91082, Україна, МПК А 23 L 1/06 / Дітріх І. В., Малигіна В. Д., Бубнова О. О. № 200805719; заявл. 30.04.2008; опубл. 25.06.2010.
118. Мармелад «Айвово-морквяний»: пат. 107779, Україна, МПК А 23 L 1/06 / Дітріх І. В. № 201511780; заявл. 30.11.2015; опубл. 24.06.2016.
119. Філь М. І., Михайлюк О. Я. Інноваційний підхід у технології фруктового мармеладу // *Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького*. 2017. Т. 19. № 75. С. 55–58.
120. Склад мармеладу: пат. 103488, Україна, МПК А 23 L 1/06 / Філь М. І., Григор'єва О. В., Бриндза Я., Клименко С. В. № 201500995; заявл. 09.02.2015; опубл. 25.12.2015.
121. Иоргачева Е. Г., Гордиенко Л. В., Толстых В. Ю. Новые желейные изделия с полуфабрикатами из кизила // *Харчова наука і технологія*. 2009. № 1. С. 39–42.
122. Overchuk N. O., Zharuk T., Kambulova Yu. Using the varieties of sugars in the technology of fruit and berry marmalade mass production // *GISAP: Technical Sciences, Construction and Architecture*. 2016. № 10. P. 39–43.
123. Склад мармеладу з оздоровчими властивостями «Свіжість»: пат. 86343, Україна, МПК А 23 L 1/06 / Іванова В. Д., Липкань Л. М. № 201308426; заявл. 04.07.2013; опубл. 25.12.2013.

124. Склад мармеладу з оздоровчими властивостями «Смакота»: пат. 87106, Україна, МПК А 23 L 1/06 / Іванова В. Д., Липкань Л. М. № 201308424; заявл. 04.07.2013; опубл. 27.01.2014.

125. Ping, Z. H., Nguyen, Q. T., Chen, S. M., Zhou, J. Q., Ding, Y. D. (2001). States of water in different hydrophilic polymers - DSC and FTIR studies. *Polymer*, 42(20), 8461-8467. [https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(01\)00358-5](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(01)00358-5)

126. Osipov, M.V., Kondratyev, N.B., Kazantsev, E.V., Rudenko, O.S., Semenova, P.A. (2019). Effect of modified starch on the water-holding capacity of gingerbread fillings. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 3, 59-62. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/3/59-62>

127. Juarez-Enriquez, E., Olivas, G.I., Ortega-Rivas, E., Zamudio-Flores, P.B., Perez-Vega, S., Sepulveda, D.R. (2019). Water activity, not moisture content, explains the influence of water on powder flowability. *LWT*, 100, 35-39. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.043>

128. Гончаренко Є. В. Пастило-мармеладні вироби функціонального призначення // Збірник наукових праць молодих учених, аспірантів та студентів. 2014. С. 162–163.

129. Каліновська Т. В., Оболкіна В. І., Кияниця С. Г., Онофрійчук Т. В. Використання поре з виноградних вичавок в технології фруктово-желейних цукерок // Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості: міжнар. наук. конф., присв. 130-річчю НУХТ, 13–17 жовтня 2014 р. К.: НУХТ, 2014. С. 83.

130. Каліновська Т. В., Оболкіна В. І. Виноградні вичавки – нетрадиційне сировинне джерело для кондитерської промисловості // Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 28–29 травня 2015 р. К.: НУХТ, 2015. С. 56–57.

131. Fejza, E. Competitive analyses of local bakeries in Prishtina/Republic of Kosovo [Text] / E. Fejza, A. Ismajli, S. Misini // Proceedings of 1st Annual International Interdisciplinary Conference, АПС 2013, 24–26 April, Azores, Portugal. – 2013. – P. 50–55.

132. Холодова, О. Ю. Визначення шляхів розвитку та вдосконалення виробничого хлібопекарного підприємства [Текст] / О. Ю. Холодова // Економічний Нобелівський вісник. – 2014. – №1 (7). – С. 485–492.

133. Черевко О.І. Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення: монографія / за ред. О.І. Черевка, М.І. Пересічного. Харків: Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі, 2017. 962 с.

134. Ладика В.І., Шильман Л.З., Перцевой Ф.В. та ін. Сучасні технології харчової науки: навч. посібник. Суми: Олді Плюс, 2022. 352 с.

135. Харчові технології: навчальний посібник у 2-х ч. Ч. 1 / Ф.В. Перцевий, Н.В. Камсуліна, О.Б. Дроменко, А.М. Діхтярь, О.В. Котляр, С.Б. Омельченко; за заг. ред. Ф.В. Перцевого. Харків-Суми, 2019. 288с.

136. Харчові технології: навчальний посібник у 2-х ч. Ч. 2 / Ф.В. Перцевий, Н.В. Камсуліна, О.Б. Дроменко, А.М. Діхтярь, О.В. Котляр, С.Б. Омельченко; за заг. ред. Ф.В. Перцевого. Харків-Суми, 2020, 208с.

137. Загальні технології харчової промисловості: навчальний посібник у 2-х ч. Ч. 2 / Ф.В. Перцевий, С.Б. Омельченко, О.В. Котляр, А.М. Діхтярь та ін; за заг. ред. Ф.В. Перцевого. Харків-Суми, 2021, 230 с.

138. Іжевська О. Технологія продукції ресторанного господарства: навч. посібник. Львів: ЛДУФК ім. Івана Боберського, 2020. 380 с.

139. Загальні технології харчових виробництв: підручник / В.А. Домарецький, П.Л. Шиян, М.М. Калакура, Л.Ф. Романенко та ін.; за науковою редакцією М.М. Калакури, Л.Ф. Романенко. Київ: Університет «Україна», 2012. 814 с.

140. Passion fruit jelly and preparation method thereof: pat. CN107411000A, A23V2002/00 / Cheng Hao, Huang Wenyi, Li Yanqing, Zhang Shuai. CN 201710491585; app. 26.06.2017; pub. 01.12.2017.

141. Functional jelly and preparation method thereof: pat. CN106858488A, A23V2002/00 / Ma Yanfang, Wang Xiaoyun, Dai Gang, Chen Wei, Zhou Wenting, Pan Yi, Duan Xiaoling, Huang Tao. CN 201710057276; app. 26.01.2017; pub. 20.06.2017.

142. Marmalade with *Moringa oleifera* leaf powder, jelly with *Moringa oleifera* leaf powder, stewed with *Moringa oleifera* leaf powder: pat. 202015002826U1, Germany, A23L19/09 / Schumacher Schröder Kerstin Anita. № 201520002826; app. 17.04.2015; pub. 23.06.2015.

143. Ullah, N., Ullah, S., Khan, A., Ullah, I., Badshah, S. (2018). Preparation and evaluation of carrot and apple blended jam. *Journal of Food Processing & Technology*, 9(4), Article 725. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000725>

144. Sirin, P. (2019). Rheological, textural, physico-chemical and sensory properties of low sugar apple marmalade. A Thesis Submitted to the Graduate School of Engineering and Sciences of izmir Institute of Technology in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of MASTER OF SCIENCE in Food Engineering. izmir, Turkey. Retrieved from <https://gcris.iyte.edu.tr/bitstream/11147/7352/1/T002026.pdf> Accessed August 2, 2021.

145. Mierczynska, J., Cybulska, J., Pieczywek, P. M., Zdunek, A. (2015). Effect of storage on rheology of water-soluble, chelate-soluble and diluted alkali-soluble pectin in carrot cell walls. *Food and Bioprocess Technology*, 8(1), 171-180. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1392-9>

146. Orange marmalade and preparation method: pat. 107581555, China, A23L19/09 / Zhong Shihong. № 201610533220; app. 08.07.2016; pub. 16.01.2018.

147. Orange marmalade and preparation method thereof: pat. 107410999, China, A23L21/12 / Yang Guoli. № 201710723059; app. 22.08.2017, pub. 01.12.2017.

148. Rubio-Arreaez S. et al. Development of Lemon Marmalade Formulated with New Sweeteners (Isomaltulose and Tagatose): Effect on Antioxidant, Rheological and Optical Properties // *Journal of Food Process Engineering*. 2017. Vol. 40. Iss. 2. P. 25–35.

149. Ткаченко, Н. А. Обґрунтування параметрів пастеризації біфідовмісної молочної сироватки в технологіях ферментованих функціональних молочних напоїв [Текст]: міжн. наук.-прак. конф./ Н. А Ткаченко, П. О. Некрасов, О. В. Дідик // *Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності.* – Харків : ХДУХТ, 2015. – С. 321–322.



150. Дідух, Н. А. Заквашувальні композиції для виробництва молочних продуктів функціонального призначення [Текст] / Н. А. Дідух, О. П. Чагаровський, Т. А. Лисогор. – Одеса: Видавництво «Поліграф», 2008. – 236 с.

151. Faizi, S. Bioassay-guided isolation of antioxidant agents with analgesic properties from flowers of *Tagetes patula* [Text] / S. Faizi, A. Dar, H. Siddiqi, S. Naqvi, A. Naz, S. Bano, N. Lubna // *Pharmaceutical Biology*. – 2011. – Vol. 49, Issue 5. – P. 516–525. doi: 10.3109/13880209.2010.523006

152. Gong, Y. Investigation into the antioxidant activity and chemical composition of alcoholic extracts from defatted marigold (*Tagetes erecta* L.) residue [Text] / Y. Gong, X. Liu, W.-H. He, H.-G. Xu, F. Yuan, Y.-X. Gao // *Fitoterapia*. – 2012. – Vol. 83, Issue 3. – P. 481–489. doi: 10.1016/j.fitote.2011.12.013

153. Yasukawa, K. Effects of Flavonoids from French Marigold (Florets of *Tagetes patula* L.) on Acute Inflammation Model [Text] / K. Yasukawa, Y. Kasahara // *International Journal Of Inflammation*. – 2013. – Vol. 2013. – P. 1–5. doi: 10.1155/2013/309493

154. Politi, F. Anti-Candida Activity in Vitro of *Tagetes patula* L. (Asteraceae) Extracts [Text] / F. Politi, V. Watanabe, G. Figueira, R. Pietro // *Planta Medica*. – 2013. – Vol. 79, Issue 10. doi: 10.1055/s-0033-1348567

155. Ali, A. Chemical composition of *Tagetes patula* essential oil and its bioactivity against *Aedes aegypti* [Text] / A. Ali, N. Tabanca, B. Demirci, E. Amin, I. Khan, // *Planta Medica*. – 2015. – Vol. 81, Issue 5. doi: 10.1055/s-0035-1545156

156. Zuurro, A. New functional food products containing lutein and zeaxanthin from marigold (*Tagetes erecta* L.) flowers [Text] / A. Zuurro, R. Lavecchia, // *Journal of Biotechnology*. – 2010. – Vol. 150. – P. 296–296. doi: 10.1016/j.jbiotec.2010.09.247

157. Manke Natchigal, A. Quantification and characterization of lutein from *tagetes (tagetes patula l.)* And *calendula (calendula officinalis l.)* Flowers [Text] / A. Manke Natchigal, A. Oliveira Stringheta, M. Corrêa Bertoldi, P. Stringheta // *Acta Horticulturae*. – 2012. – Vol. 939. – P. 309–314. doi: 10.17660/actahortic.2012.939.40

158. Khalil, M. Stability and bioavailability of lutein ester supplements from *Tagetes* flower prepared under food processing conditions [Text] / M. Khalil, J. Raila,

M. Ali, K. Islam, R. Schenk, J. Krause et al. // Journal of Functional Foods. – 2012. – Vol. 4, Issue 3. – P. 602–610. doi: 10.1016/j.jff.2012.03.006

159. Ramakrishnan, P. Cognitive enhancing, anti-acetylcholinesterase, and antioxidant properties of *Tagetes patula* on scopolamine-induced amnesia in mice [Text] / P. Ramakrishnan, T. Chandrasekhar, P. Muralidharan // International Journal of Green Pharmacy. – 2015. – Vol. 9, Issue 3. – P. 167. doi: 10.4103/0973-8258.161234

160. Martínez, R. Chemical Composition of Essential Oils and Toxicological evaluation of *Tagetes erecta* and *Tagetes patula* from Venezuela [Text] / R. Martínez, B. Diaz, L. Vásquez, R. Compagnone, S. Tillett, D. Canelón et al. // Journal of Essential Oil Bearing Plants. – 2009. – Vol. 12, Issue 4. – P. 476–481. doi: 10.1080/0972060x.2009.10643747

161. Prakash, O. Composition of essential oil, concrete, absolute and SPME analysis of *Tagetes patula capitula* [Text] / O. Prakash, P. Rout, C. Chanotiya, L. Misra // Industrial Crops And Products. – 2012. – Vol. 37, Issue 1. – P. 195–199. doi: 10.1016/j.indcrop.2011.11.020

162. Abdullah Çağlar, Muhammed Yusuf Tomato jam and tomato marmalade // Traditional Foods from Adriatic to Caucasus: Conference: The 3rd International Symposium: Sarajevo – BOSNIA and HERZEGOVINA, 2015.

163. Process of producing squash (*Cucurbita*) marmalade: pat. 22017000399, Philippines / Pabelona Rechie. № 20172000399; app. 10.07.2017; pub. 18.09.2018.

164. Squash (*Cucurbita*) marmalade: pat. 22017000391, Philippines / Pabelona Rechie. № 20172000391; app. 10.07.2017; pub. 18.09.2018. 78. Method of producing dragon fruit (*Hylocereus Undatus*) jelly with lemon marmalade: pat. 22017000002, Philippines / Agusta Dangiwan, Leandro Alla. № 20172000002; app. 04.01.2017; pub. 01.02.2017.

165. Dragon fruit (*Hylocereus Undatus*) jelly with lemon marmalade: pat. 22016000972, Philippines / Agusta Dangiwan, Leandro Alla. № 2016000972; app. 12.12.2016; pub. 30.01.2017.

166. Emaldi U., M Nassar J., Semprum C. Cardon dato (*Stenocereus griseus*, Cactaceae) fruit pulp as raw material for marmalade production // *Archivos latinoamericanos de nutrición*. 2006. Vol. 56(1). P. 83–89.

167. Krasina I. B., Tarasenko N. A. Research way of obtain extracts from walnut leaves, their properties investigation on purpose to use them as ingredients during jelly fruit candy production // *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture* June. 2014. № 8(9). P. 23–26.

168. Башта А. О., Лещинська Т. С. Розроблення способу отримання фруктово-желейного мармеладу оздоровчого призначення // *Наукові праці НУХТ*. 2013. № 53. С. 63–70

169. Рібцова І. В., Іванова В. Д. Розроблення нових видів фруктовожелейного мармеладу функціонального призначення // *Здобутки, проблеми та перспективи розвитку готельно-ресторанного та туристичного бізнесу: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., 29–30 жовтня 2012 р. К.: НУХТ, 2012. С. 265–267.*

170. Khatko, Z. N. Titov, S.A., Ashinova, A.A., Kolodina, E.M. (2019). Effect of combination of pectin substances on viscosity of their aqueous solutions. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 81(2(80), 133-138. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-133-138>

171. Ben-Yoseph, E., Hartel, R. W. (2006). Computer simulation of sugar crystallization in confectionery products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 7(3), 225-232. <https://doi.org/10.1016/j.if-set.2005.12.003>

172. Osipov, M.V., Kazantsev, E.V., Rudenko, O.S., Kondratyev, N. B. Predicting the safety of confectionery products of jelly-like consistency. *Vsyo o myase*, 5S, 257-260. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2020-5S-257-260>

173. Ergun, R., Lietha, R., Hartel, R. W. (2010). Moisture and shelf life in sugar confections. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(2), 162-192. <https://doi.org/10.1080/10408390802248833>

174. Липкань Л. М. Розроблення композиційного складу мармеладу з фітодобавками радіопротекторної дії // *Наукові здобутки молоді – вирішенню*

проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 79 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 15–16 квітня 2013 р. К.: НУХТ, 2013. Ч. 1. С. 20–21.

175. Лещинська Т. С. Розроблення способу отримання мармеладу оздоровчого призначення // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 79 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 2–3 квітня 2012 р. К.: НУХТ, 2012. Ч. 1. С. 17–18.

176. Devi N. Manda, Dr. Vallabh Chandegara, Devani Bansee. Effect of Blanching on Quality of Aloe vera Fortified Lime Marmalade // Emerging trends in food quality and safety, At College of Food Processing Technology and Bio-Energy: Conference on: Guajrat. India, 2015. Vol.: ORP-06. P. 70–77.

177. Y. Harto, “Pengaruh Penambahan Pektin dan Sukrosa Terhadap Mutu Selai Sawo (*Achras zapota* L).” Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu, Bengkulu, 2014.

178. S. Y. Lee, “Physico-chemical characteristics of calamansi juice, agglomerate and drink,” *J. Trop. Agric. Fd. Sc.*, vol. 28, no. 2, pp. 183–188, 2000.

179. Kondratyev, N.B., Kazantsev, E.V., Osipov, M.V., Bazhenova, A.E., Linovskaya, N.V. (2020). The influence of the amount of caramel syrup on the processes of moisture transfer during the storage of marmalade. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies.* 82(4(86)), 24-29. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-4-24-29>.

180. N. Anggreani and R. F. Yeni, “Analisis Kadar Vitamin C pada Jeruk Lokal di Provinsi Bengkulu,” *J. Ilm. Farm.*, vol. 7, no. 2, pp. 270–276, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.stikesalfatah.ac.id/index.php/jiphar/article/view/193/pdf>.

181. Perawati, Hasanuddin, and T. Tutuarima, “Studi Pembuatan Marmalade Jeruk Kalamansi (*Citrus microcarpa*) dengan Variasi Suhu dan Lama Pemanasan,” *J. Teknol. Pangan*, vol. 12, no. 1, pp. 41–46, 2018, doi: 10.33005/jtp.v12i1.1099.

182. K. A. Buckle, R. Edwards, G. Fleet, and M. Wootton, *Ilmu Pangan*. Jakarta: UI Press, 1987.

183. Sitnikova, P.B., Tvorogova, A.A. (2019). Physical changes in the structure of ice cream and frozen fruit desserts during storage. *Food systems*, 2(2), 31-35. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2019-2-2-31-35>

184. Ali, M.R., Mohamed, R.M., Abdelmaksoud, T.G. (2021). Functional strawberry and red beetroot jelly candies rich in fibers and phenolic compounds. *Food systems*, 4(2), 82-88. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-1-82-88>

185. Torres, M. D., Chenlo, F., Moreira, R. (2018). Structural features and water sorption isotherms of carrageenans: A prediction model for hybrid carrageenans. *Carbohydrate Polymers*, 180, 72-80. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.10.010>

186. F. P. Nurani, "Penambahan Pektin, Gula dan Asam Sitrat dalam Pembuatan Selai dan Marmalade Buah-buahan," *J. Food Technol. Agroindustry*, vol. 2, no. 1, pp. 27–32, 2020.

187. Йовбак У., Оболкіна В. Дослідження впливу технологічних факторів процесу структуроутворення желевної глазури на основі морквяного пектиновмісного соку // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: програма і матеріали 80 міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 10–11 квітня 2014 р. К.: НУХТ, 2014. Ч. 1. С. 241–242.

188. Йовбак У. С., Карпович І. В., Крапивницька І. О., Оболкіна В. І. Оптимізація технологічних параметрів структуроутворення жележних начинок із застосуванням овочевої сировини // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. 2013. № 3. С. 6–7.

189. Йовбак У. С. Розроблення напівфабрикатів драглеподібної структури для борошняних кондитерських виробів з використанням пектиновмісної овочевої сировини: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. Київ, 2013. 178 с.

190. Сучасні технології кондитерського виробництва: підручник. / [Гайдук О. В., Герлянд Т. М., Дрозіч І. А., Кулалаєва Н. В., Романова Г. М.]. – К.: ПІТО НАПН України, 2020. – 440 с.

191. Романова Г. М. Сучасні технології кондитерського виробництва: підручник. – К.: ПІТО НАПН України, 2020. – 440 с.

192. Стасіневич С.М. Ринок кондитерських виробів України: пропозиція і попит // Хліб і кондитер – 2013. – №1 – С. 17-18.
193. Ощипок І.М., Онишко Л.Й. Збагачення харчової сировини інгредієнтами для створення продуктів здорового харчування. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки. 2019. Вип. 22. С. 44-51.
194. Мазаракі А.А. Технологія харчових продуктів функціонального призначення / А.А. Мазаракі, за ред. М.І. Пересічного // 2-е вид., переробл. та допов. Монографія. – Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2012. – 1116 с.
195. Огляд кондитерського ринку : веб-сайт. URL: «Рюрік» – національне рейтингове агенство – 2014. URL: <http://rurik.com.ua/ourresearch/sectoral-reviews.html>
196. Олексієнко Н. Сенсорна оцінка якості кондитерських виробів у процесі зберігання / Н. Олексієнко, Н. Неделіна // Продовольча індустрія АПК. – 2012. – № 4. – С. 22-24.
197. Перцевой Ф. В. Споживні властивості коктейлів на основі молочних продуктів, яблучного соку, гарбузової пасти та «Ламідану» / Ф. В. Перцевой, С. П. Куц, М. В. Рудавська // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Х. : ХДУХТ, 2009. – Вип. 2 (10). – С. 11–17.
198. Харчові добавки: навч. посібник / О. О. Гринченко, Н. Г. Гринченко, О. П. Неклеса, А. Б. Горальчук, Т. В. Черемська, О. Ю. Рябець, Р. В. Плотнікова, Б. Б. Ботштейн, М. О. Янчева, Р. П. Никифоров. – Х. : ХДУХТ, 2017. – 300 с.
199. Ластухін Ю.О. Харчові та дієтичні добавки. Екоди. Будова. Одержання. Властивості. Навч. посібник. – Львів: Центр Європи, 2009. – 836 с.
200. ДСТУ-Н CODEX STAN 192:2014. Харчові добавки. Номенклатура та загальні вимоги (CODEX STAN 192- 1995, Rev. 9-2008, IDT).
201. Регламент Європейського Парламенту та Ради (ЄС) № 1333/2008 від 16.12.2008 про харчові добавки.

202. Food Product Development, the Web Edition. M.D. Earle, R.L. Earle and A.M. Anderson. The New Zealand Institute of Food Science & Technology, 2017. Part 2, Chapter 3. – 380 p. ISBN No: 9781845697228.

203. Технології полісахаридів та їх застосування в харчовій промисловості. Конспект лекцій для студентів спеціальності 181 – Харчові технології / Укл.: В.М. Челябієва, О.І.Сиза, О.М. Савченко – Чернігів: ЧНТУ, 2018. – 123 с.

204. Іжевська О. Технологія продукції ресторанного господарства: навч. посібник. Львів: ЛДУФК ім. Івана Боберського, 2020. 380 с.

205. Vannucci, Erica & Altarriba Bertran, Ferran & Marshall, Justin & Wilde, Danielle. Handmaking Food Ideals: Crafting the Design of Future Food-related Technologies. 2018. 419-422.

206. Paska M. Masliichuk O. Microstructural studies of improved meat chopped semi-finished products. Technology audit and production reserves. 2017. № 3/3(35). P. 39–44.

207. Савченко О.А., Грек О.В., Красуля О.О. Сучасні технології молочних продуктів: підручник. Київ: ЦП «Компринт», 2018. 218 с.

208. Rivero, R., Archaina, D., Sosa, N., Schebor, C. (2021). Development and characterization of two gelatin candies with alternative sweeteners and fruit bioactive compounds. LWT, 141, Article 110894. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110894>

209. Teixeira-Lemos, E., Almeida, A. R., Vouga, B., Morais, C., Correia, I., Pereira, P. et al. (2021). Development and characterization of healthy gummy jellies containing natural fruits. Open Agriculture, 6(1), 466-478. <https://doi.org/10.1515/opag-2021-0029>

210. Ergun, R., Lietha, R., Hartel, R. W. (2010). Moisture and shelf life in sugar confections. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 50(2), 162-192. <https://doi.org/10.1080/10408390802248833>

211. Wolf, B. (2016). Confectionery and Sugar-Based Foods. Chapter in a book: Reference Module in Food Science. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.03452-1>

212. Kavaya, R.I., Omwamba, M.N., Chikamai, B.N., Mahungu, S.M. (2019). Sensory evaluation of syneresis reduced jam and marmalade containing gum Arabic from *Acacia senegal* var. *kerensis*. *Food and Nutrition Sciences*, 10(11), 1334-1343. <https://doi.org/10.4236/fns.2019.1011096>
213. de Avelar, M. H. Efraim, M.P. (2020). Alginate/pectin cold-set gelation as a potential sustainable method for jelly candy production. *LWT*, 123, Article 109119. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109119>
214. Оболкіна В. І. та ін. Перспективи використання овочевих пектиновмісних паст у виробництві кондитерських виробів // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. 2009. № 6 (55). С.48–50.
215. Оболкіна В., Крапивницька І., Йовбак У. Розробка технології желейних начинок на основі овочевої пектиновмісної сировини // Інноваційні технології кондитерських виробів спеціального призначення: матеріали наук.-практ. конф. 2–4 жовтня 2012 р. К.: НУХТ, 2012. С. 14.
216. O. Tokusoglu, “Introduction to Innovative Food Processing and Technology,” *Natural Science and Discovery*, 4, pp. 85–87, (2015)
217. L. Kuznetsova, M. Sidanova, *Production of marmalade-pastille products*, Moscow: DeLi plus, (2012)
218. State Standart 4333-2004, *Marmalade. General technical conditions*, Kyiv, The State Committee of Ukraine for Technical regulation and Consumer policy, (2004)
219. ДСТУ 4619:2006. Вироби кондитерські. Правила приймання, методи відбору та підготовки проб. [Введ. 2007-10-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 16 с.
220. ДСТУ 4683:2006. Вироби кондитерські. Методи визначення органолептичних показників якості, розмірів, маси нетто і складових частин.; [Введ. 2007-11-14]. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 16 с.
221. ДСТУ 4910:2008. Вироби кондитерські. Методи визначення масових часток вологи та сухих речовин. Київ: Національний стандарт України, 2009. 13 с.
222. ДСТУ 5024:2008. Вироби кондитерські. Методи визначення кислотності та лужності. Київ: Національний стандарт Україн, 2010. 11 с.



223. Крапивницька І. О., Гурський П. В., Перцевий Ф. В. Термогравіметричний аналіз пектинових гелів // Scientific Journal «ScienceRise» 2015. № 7/2(12). С 23–28.

224. Крапивницька І. О., Перцевой Ф. В., Омельчук Є. О. Наукові та практичні аспекти пектину і пектинопродуктів : монографія. Суми : Сумський національний аграрний університет, 2015. 314 с.

225. Снежкін Ю. Ф., Шапар Р. О. Тепломасообмінні технології 296 переробки пектиновмісної сировини: монографія. Київ : СІК ГРУП Україна, 2018. 228 с.

226. Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення : монографія. / за ред. О. І. Черевка, М. І. Пересічного. Харків : Харк. держ. ун-т харчов. і торгівлі, 2017. 940 с.

227. Capitani M. I., Spotorno V., Nolasco S. M., Tomás M. C. Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*salvia 292 hispanica l.*) seeds of Argentina. LWT – Food Science and Technology. 2012. Vol. 45. № 1. P. 94–102.

228. Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. Здобутки і перспективи впровадження інновацій у харчовій промисловості України. Міжнародний науковий журнал «Грааль науки». 2021. № 5. С. 109–115.

229. Буяльська Н. П., Гуменюк О. Л., Денисова Н. М., Челябієва В. М. Підвищення харчової цінності хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів : монографія. Чернігів. 2020. 122 с.

230. Дробот В. І., Іжевська О. П., Бондаренко Ю. В. Дослідження впливу шроту льону на якість хліба. Зернові продукти і комбікорми. 2015. № 1 (57). С. 42–45.

231. Андронович Г. М., Бондаренко Ю. В. Вплив ступеня подрібнення насіння льону на якість пшеничного хліба : монографія. Черкаси : ЧДТУ, 2020. С. 43–51.

232. Дробот В. І., Приходько Ю. С., Бережна Г. О. Борошно сорго у технології безглютенового хліба. Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2019. Вип. 25. № 1. С. 208–214.

233. Сова Н. А., Луценко М. В., Єніна Н. Ю., Васараб-Кожушна Л. Д. Насіння ненаркотичних конопель – перспективна біологічно активна сировина для харчової промисловості. Зберігання і переробка зерна. 2017. Вип. 9 (217). С. 16–19.
234. Radočaj O., Dimić E., Tsao R. Effects of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Seed Oil Press-Cake and Decaffeinated Green Tea Leaves (*Camellia sinensis*) on Functional Characteristics of Gluten-Free Crackers. *Journal of Food Science*. 2014. Vol. 79 (1). P. 318–325.
235. Apostol L., Popa M., Mustatea G. *Cannabis sativa* L partially skimmed flour as source of bio-compounds in the bakery industry. *Romanian Biotechnological Letters*. 2015. Vol. 20 (5). P. 10835–10844.
236. House J. D., Neufeld J., Leson G. Evaluating the Quality of Protein 293 from Hemp Seed (*Cannabis sativa* L.) Products Through the use of the Protein Digestibility–Corrected Amino Acid Score Method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010. Vol. 58 (22). P. 11801–11807.
237. Фалендиш Н. О., Зінченко І. М., Блаженко М. С. Особливості виробництва органічного хліба з використанням конопляного борошна. *Харчова промисловість*. 2019. № 25. С. 7–13.
238. Неміріч О. В., Михайленко В. М., Бережна Т. О. Порівняльна характеристика хімічного складу та біологічної цінності аглютенного та пшеничного борошна. *Zbiór artykułów naukowych recenzowanych*. 2018. P. 30–33.
239. Bashir, K., Swer, T. L., Prakash, K. S., Aggarwal, M. Physico- chemical and functional properties of gamma irradiated whole wheat flour and starch. *LWT – Food Science and Technology*. 2017. Vol. 76 (A). P. 131–139.
240. Markiewicz-Keszycaka, M., Casado-Gavaldaa, M.P., Cama-Moncunilla, X., Cama-Moncunilla, R., Dixita, Y., Cullenab, P.J., Sullivana, C. Laserinduced breakdown spectroscopy (LIBS) for rapid analysis of ash, potassium and magnesium in gluten free flours. *Food Chemistry*. 2018. Vol. 244. P. 324–330.

241. Кручаниця М. І., Миронюк І. С., Розумикова Н. В., Кручаниця В. В., Брич В. В., Кіш В. П. Основи харчування : підручник. Ужгород : «Говерла», 2019. 252 с.
242. Пахомська О. В. Науковий підхід до створення хлібобулочних виробів функціонального призначення. Наукові праці НУХТ. 2019. Том 25. № 2. С. 276–283.
243. Іоргачева Е. Г., Макарова О. В., Хвостенко Е. В. Використання іннуліновмістимої сировини в технології хлібобулочних і кондитерських виробів. Нутриціологія, дієтологія, проблеми харчування. 2010. № 1 (10). С. 13–17.
244. Фомина О., Резникова Л. Цикорій прискорює бродіння тіста і збільшує газоутворення. Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. 2007. № 6. С. 18–19.
245. Drobot V., Semenova A., Smirnova E., Mykhonik L. Effect of Buckwheat Processing Products on Dough and Bread Quality Made from Whole- Wheat Flour. International Journal of Food Studies. 2014. Vol. 3. P. 1–12.
246. Hooda S., Jood S. Effect of fenugreek flour blending on physical, organoleptic and chemical characteristics of wheat bread. Nutrition and Food Science. 2005. Vol. 35. № 3–4. P. 229–242.
247. Іваніщева О. А., Пахомська О. В. Тенденції формування якості хлібобулочних виробів функціонального призначення. Молодий вчений. 2021. № 5 (93). С. 159–163.
248. Shahat Mohamed S., Hussein Ahmed S., Hady Essam A. Preparation of Bread Supplemented with Milk Thistle Flour and its Effect on Acute Hepatic Damage Caused by Carbon Tetrachloride in Rats. Middle East Journal of Applied Sciences. 2016. Vol. 6. № 3. P. 531–540.
249. Фалендиш, Н. О. Нові напрями збагачення хліба із застосуванням органічної нетрадиційної сировини. Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. М. Київ, 24 листопада 2020 р. Київ, 2020. С. 62–63.

250. Горба О. О. Природно–ресурсний та енергетичний потенціали: напрями збереження, відновлення та раціонального використання : монографія. Полтава : «Астрая», 2019. 279 с.

251. Ярошевич Т. С., Ярошевич О. М. Сучасні тенденції у формуванні якості хлібобулочних виробів. Товарознавчий вісник. 2013. № 6. С. 258–262.

252. Овсієнко С. М., Науменко О. В. Використання біологічно активних речовин у хлібопеченні. Продовольчі ресурси. 2021. Т. 9. № 17. С. 107–118.

253. Остапченко Л. І., Андрійчук Т. Р., Бабенюк Ю. Д., Войціцький В. М., Давиденко А. В., Рибальченко В. К., Скопенко О. В. Біохімія : підручник. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2012. 796 с.

254. Олійніченко О. В., Жукова Я. Ф., Копилова К. В. Класифікації харчових полісахаридів за хімічною природою та функціональним призначенням у молочних продуктах. Продовольчі ресурси. 2016. № 6. С. 181–193.

255. Directive 2000/13/EC of the European Parliament and of the Council on the approximation of the laws of the Member States relating to the labelling, presentation and advertising of foodstuffs. Of cial Journal L 109 , 06/05/2000 P 0029 - 0042 fi r . Directive 2000/13/EC of the European Parliament and of the Council of 20 March 2000.

256. Westenbrink S., Brunt, K., van der Kamp J. Dietary fibre: Challenges in production and use of food composition data. Food Chemistry. 2012. Vol. 9. P. 29.

257. AACC Report of the Dietary Fiber Definition Committee to the Board of Directorsof the American Association of Cereal Chemistry. Cereal Foods World. 2001. Vol. 46, № 3.

258. Dhingra D. Michael M. Rajput H., Patil T. Dietary fibre in foods: a review. Journal of Food Science Technology. 2012. Vol. 49. № 3. P. 255–266;

259. Yangilar F., Structural Features, Effects on Health and Definition, Obtaining and Analysis of Dietary Fibre: A Review. Journal of Food and Nutrition Research. 2013. Vol. 1. № 3, 13–23.

260. Nazarenko I., Bernyk I. Dedov O., Bondarenko, Zapryvoda A., Nazarenko M. Research of the processes of acoustic cavitation technology for processing dispersed

media. Dynamic processes in technological technical systems : monograph. Kharkiv : PC Technology Center, 2021. P. 94–109.

261. Gubskiy S., Nikitin S., Evlash V., Nemirich O. Iodine content determination in dried talli of laminaria by galvanostatic coulometry // Ukrainian Food Journal. 2015. Vol. 4(2). P. 320–327.

262. Мінаєва В. О. Хроматографічний аналіз: нвч. посіб для ВНЗ. Черкаси: Вид.від ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2013. 284 с.

263. Стратегія інноваційного розвитку України на 2010–2020 роки в умовах глобалізаційних викликів / за заг. ред. проф. Полохала В. І. URL: <http://kno.rada.gov.ua>

264. Методичні рекомендації з комерціалізації розробок, створених в результаті науково-технічної діяльності. URL: <http://do.gendocs.ru/docs/index-203203.html>.

265. Про порядок розробки та затвердження технологічної документації на фірмові блюда, кулінарні і борошняні кондитерські вироби на підприємствах ресторанного господарства: наказ № 210. URL: <http://www.zakon.rada.gov.ua>.

266. Дуденко Н. В., Павлоцька Л. Ф., Коваленко В. О. Наукові основи технології та системного використання харчових продуктів оздоровчої дії для різних верств населення: монографія. Х.: ХДУХТ, 2015. 274 с.

267. Золоська О. В. Розробка технологій молочно-рослинних десертів профілактичного призначення: дис. ... канд. техн. наук. Одеса: ОНАХТ, 2013. 186 с.

268. Сабат М. Я. Фруктани: хімічна структура, біологічні властивості та метаболізм кишковою мікрофлорою / М. Я Сабат, Р. Я. Іскра // Біологічні студії. – 2016, Т. 10, №2. – С. 203-214.

269. Гайдук О. В., Герлянд Т. М., Дрозіч І. А., Кулалаєва Н. В., Інноваційні процеси в харчовій промисловості України [Текст] : монографія / О.М. Петухова ; Нац. Ун-т харч. технологій. – К. : НУХТ, 2010. – 162 с.

270. Горощенко Л. Хліб і хлібобулочні вироби // Продовольчий бізнес. – 2016. – № 8.

271. Івашків Л.Я., Шах А.Є., Бомба М.Я. Використання насіння та олії кунжуту в харчуванні людини. Проблеми харчування. 2011. №3-4. С. 60-65.

272. Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві [Текст] : тези доп. Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції, 14-16 листопада 2012 р. / Голов. упр. економіки Харк. облдержадмін., Харк. торг.-пром. палата, Харк. держ. Ун-т харчування та торгівлі [та ін.]. – Х. : ХДУХТ, [2012]. – 212 с. – ISBN 978-966-405-268-6 : 26.00 р. УДК 664:330.341.1(06)

273. Зайцева Г.Т., Горпинко Т.М, Технологія виготовлення борошняних кондитерських виробів. – К.: Вікторія, 2012. – 400 с.

274. Дюкарева Г.І. Вплив стевії та еламіну на показники якості розроблених пастильних виробів / Г.І. Дюкарева, О.О. Соколовська // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: між нар.наук.-практ. конф., 14 травня 2015 року: тези. – Х.:ХДУХТ, 2015, Ч.1. – С. 116.

275. Філінська А.О. Конспект лекцій з дисципліни «Технології полісахаридів та їх застосування в харчовій промисловості» для студентів напрямку підготовки 6.051701 – Харчові технології та інженерія, спеціальності – Технологія жирів та жирозамінників / А.О.Філінська, О.В.Черваков, Т.Г.Філінська. – Дніпропетровськ: ДВНЗ "УДХТУ". – 2012. – 101с.

276. Короткий конспект лекцій з дисципліни «Теоретичні основи харчових техно-логій» для студентів спеціальності 181 «Харчові технології» ОПП «Харчові технології в ресторанній індустрії» ступеня вищої освіти бакалавр денної та заочної форми навчання / укладачі Пивоваров П.П., Омельченко С.Б., Діх-тярь А.М. Харків: ДБТУ, 2022. 350 с.

277. Jan Velisek, Richard Koplik, Karel Cejpek The Chemistry of Food : the textbook WILEY, 2020. 1000 p.

278. Борук С.Д. Модернізація технологічних процесів харчових виробництв: навчальний посібник / укл. С.Д. Борук, В.М. Федорів. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Юрія Федьковича, 2022. 112 с.

279. Пищевые эмульгаторы и их применение / под ред. Дж. Хазенхюттля, Р. Гартела; пер. с англ. В. Д. Широкова под науч. ред. Т. П. Дорожкиной. СПб.: Профессия, 2008. 288 с.
280. Березівський П.С., Михайлюк Н.І. Системи технологій : навч. посіб. Київ: Центр навчальної літератури, 2006. 288 с.
281. Домарецький В.А. Біологічні та фізико-хімічні основи харчових технологій: монографія / В.А. Домарецький, А.М. Куц, О.Ю. Шевченко // під ред. д-ра техн. наук, проф. В.А. Домарецького. К.: Фенікс, 2011. 704 с.
282. Біологічна хімія: Підруч. / Л.В. Левандовський, В.Г. Дрюк, О.І. Семенова та ін. К.: НУХТ, 2012. 386 с.
283. Губський Ю.І. Біологічна хімія: Підручник. Київ-Тернопіль: Укрмедкнига, 2000. 508 с
284. Сенсорний аналіз харчових продуктів : навч. підручник / Ф. Ф. Гладкий [та ін.] ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків : Технологічний центр, 2018.131 с.
285. Фізико-хімічні методи обробки сировини і харчових продуктів: підруч. для студ. ВНЗ / Соколенко А.І. та ін. К. : Кондор-Видавництво, 2015. 324 с.
286. Славов В.П., Шубенко О.І., Ковальчук Т.І. Біохімія молока та молочних продуктів: Навчальний посібник. Житомир. Вид-во ЖДУ Ім. І.Франка 2013, 208 с.
287. Капрельянц Л.В. Ферменти в харчових технологіях. Одеса : Друк, 2009. 468 с.
288. 18. Домарецький В.А. Загальні технології харчових виробництв. Підручник. [Електронний ресурс] – Домарецький В.А., Шиян П.Л., Калакура М.М., Романенко Л.Ф., Хомічак Л.М., Василенко О.О., Мельник І.В., Мельник Л.М. Київ: Університет «Україна», 2010. 814 с. Режим доступу: <http://padaread.com/?book=39976>.
289. Доценко В.Ф. Харчова хімія / В.Ф. Доценко. – К.: НУХТ, 2010. – 146 с.: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.harchova-himiya.ru/dotsenko/>.

290. Шаповалова Н.П. Зміни органолептичних показників якості нових ласощів під час зберігання / Н.П. Шаповалова // мат. науково-практичної конф. Інноваційні технології кондитерських виробів спеціального призначення. – К., 2012. –С. 12–13.

291. Берник І. М., Новгородська Н. В., Соломон А. М., Овсієнко С. М.,

292. Бондар М. М. Інноваційні технології харчових виробництв: монографія. Вінниця: Видавець ФОП Кушнір Ю. В., 2022. 300 с. (ум. – друк. арк. 11,4).

293. Луговський О. Ф., Берник І. М. Виробництво пектинового концентрату з використанням ультразвукових кавітаційних технологій. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія «Технічні науки». 2011. Вип. 9. С. 159–163.

294. Дейниченко Г. В., Мирончук В. Г., Гузенко В. В., Мазняк З. О. Застосування мембранних процесів у технології одержання пектинових концентратів : монографія. Харків : Факт, 2016. 176 с.

295. Nazarenko I., Bernyk I. Dedov O., Bondarenko, Zapryvoda A., Nazarenko M. Research of the processes of acoustic cavitation technology for processing dispersed media. Dynamic processes in technological technical systems : monograph. Kharkiv : PC Technology Center, 2021. P. 94–109.

296. Целень Б., Гоженко Л., Радченко Н., Іваницький Г. (2020). Використання кавітаційних ефектів в процесах екстрагування. Scientific Works. 2020. № 84 (1). С. 92–97.

297. Спосіб отримання пектиновмісного порошку і пектину із рослинної сировини: пат. 31332 Україна. № 31328; заявл. 06.08.1998; опубл. 15.12.2000, Бюл. № 7. 4 с

298. Advanced Drug Delivery Reviews; 3 January 2008, Pages 13-28.

299. Protein Modifications catalysed by Transglutaminase: Steven e. kornguth & heinrich waelsch; 188–189(1963).

300. Food Technol Biotechnol. 2017 Sep; 55(3): 420–428.

301. Food Product Development, the Web Edition. M.D. Earle, R.L. Earle and



A.M. Anderson. The New Zealand Institute of Food Science & Technology, 2017. Part 2, Chapter 3. – 380 p. ISBN No: 9781845697228.

302. Gürbüz, Esen. (2018). Theory of New Product Development and Its Applications. 10.5772/intechopen.74527.

303. Methods for Developing New Food Products, Expanded Second Edition. An Instructional Guide. Fadi Aramouni, Kathryn Deschenes. 2018, 430 pages.

304. <https://nzifst.org.nz/resources/foodproductdevelopment/Chapter-3-1-2.htm>

305. <https://www.destechpub.com/wontent/uploads/2015/01/Methods-for-Developing-New-Food-Products-preview.pdf>

306. <https://foodresearchlab.com/blog/new-product-development/the-process-of-food-product-development-from-concept-to-market-for-restaurants-and-food-industries/>

307. Transglutaminase-mediated modification of glutamine and lysine residues in native bovine beta-lactoglobulin; Biotechnol Bioeng: 2004 Feb 5; 85(3):248-58.

308. Texturisation and modification of vegetable proteins for food applications using 2microbial transglutaminase: European Food Research and Technology volume 225: 287 (2007)

309. International Journal of Gastronomy and Food Science: October–December 2016, Pages 27-32

310. Influence of transglutaminase treatment on the thermoreversible gelation of gelatin; Food Hydrocolloids 15(3):271-276.

311. C.W. Yung, L.Q. Wu, J.A. Tullman, G.F. Payne, W.E. Bentley, T.A. Barbari: Transglutaminase crosslinked gelatin as a tissue engineering scaffold; accepted 12 March 2007.

312. Paul D. Bishop, Gerald Lasser: Cross-linked gelatin gels and methods of making them; 1996.

313. Barbara H. Stuart. Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications, University of Technology, Sydney, Australia, 2004.

314. B. G. Osborne, T. Fearn. Near-Infrared Spectroscopy in Food Analysis, Wiley, New York, 2005.

315. S. Duthena, C. Levasseur-Garcia, D. Kleiber, F. Violleau, C. Vaca-Garcia, S. Tsuchikawa, C. D. Raynaud, J. Dayde, Using near-infrared spectroscopy to determine moisture content, gel strength, and viscosity of gelatin, *Food Hydrocoll.* 115 (2021) 106627. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106627>
316. V.H. Segtnan, T. Isaksson, Temperature, sample and time dependent structural characteristics of gelatine gels studied by near infrared spectroscopy, *Food Hydrocoll.* 18 (2004) 1–11. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(02\)00096-6](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(02)00096-6)
317. Cebi, N., Dogan, C.E., Mese, A.E., Ozdemir, D., Arıcı, M., Sagdic, O., A rapid ATR-FTIR spectroscopic method for classification of gelatin gummy candies in relation to the gelatin source, *Food Chem.* 277 (2019) 373-381. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.125>
318. Q. Xiao, D. An, C. Zhang, H. Weng, Y. Zhang, F. Chen, A. Xiao, Agar quality promotion prepared by desulfation with hydrogen peroxide, *Int. J. Biol. Macromol.* 145 (2020) 492-499. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.206>
319. L. Shahnaz, H. Shehnaz, A. Haider, Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopic investigations of four agarophytes from northern Arabian sea. *Bangladesh J. Bot.* 48(4) (2019) 925-932. <https://doi.org/10.3329/bjb.v48i4.48934>
320. Q-Q. Ouyang, Z. Hu, S-D. Li, W-Y. Quan, L-L. Wen, Z-M. Yang, P-W. Li, Thermal degradation of agar: mechanism and toxicity of products, *Food Chem.* 264 (2018) 277-283. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.098>
321. O. Berntsson, G. Zackrisson, G. Ostling, Determination of moisture in hard gelatin capsules using near-infrared spectroscopy: applications to at-line process control of pharmaceuticals, *J. Pharm. Biomed. Anal.* 15 (1997) 895-900. [https://doi.org/10.1016/S0731-7085\(96\)01926-7](https://doi.org/10.1016/S0731-7085(96)01926-7)
322. T.B. Gold, R.G. Buice Jr., R.A. Lodder, G.A. Digenis, Determination of extent of formaldehyde-induced crosslinking in hard gelatin capsules by near-infrared spectrophotometry, *Pharm. Res.* 14 (8) (1997) 1046–1050. <https://doi.org/10.1023/a:1012105412735>
323. Y. Shimokawa, E. Hayakawa, K. Takahashi, K. Okai, Y. Hattori, M. Otsuka, Pharmaceutical formulation analysis of a gelatin-based soft capsule film sheet

containing phytic acid using near-infrared spectroscopy, *J. Drug Del. Sci. Tech.* 53 (2019) 101126. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2019.101126>

324. M. Belay, S. Tyeb, K. Rathore, et al., Synergistic effect of bacterial cellulose reinforcement and succinic acid crosslinking on the properties of agar, *Int. J. Biol. Macromol.* 165 (2018) 3115-3122. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.10.144>

325. H. Chen, F. Chen, Q. Xiao, M Cai, Q. Yang, H. Weng, A. Xiao, Structure and physicochemical properties of amphiphilic agar modified with octenyl succinic anhydride, *Carbohydr. Polym.* 251 (2021) 117031. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117031>

326. F. Pertsevoi, E. Koshel, S. Sabadash, M. Mashkin, V. Mohutova, V. Volokh, Development of technology for preparing the thermostable milk-containing filling and study of infrared spectra of its components (October 30, 2020). *East.-Eur. J. Enterp. Technol.* 5 (2020) 25-31. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.214903>

327. O. Anjos, M. G. Campos, P. C. Ruiz, P. Antunes, Application of FTIR-ATR spectroscopy to the quantification of sugar in honey, *Food Chem.* 169 (2015) 218–223. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.138>

328. T. Gallardo-Velazquez, G. Osorio-Revilla, M. Z. de Loa, Y. Rivera-Espinoza, Application of FTIR-HATR spectroscopy and multivariate analysis to the quantification of adulterants in Mexican honeys, *Food Res. Int.* 42(3) (2009) 313–318. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.11.010>

329. J. Tewarii, J. Irudayaraj, Quantification of saccharides in multiple floral honeys using fourier transform infrared microattenuated total reflectance, *J. Agric. Food Chem.* 52 (2004) 3237–3243. <https://doi.org/10.1021/jf035176%2B>

330. J. Wang, M. M. Kliks, S. Jun, M. Jackson, Q. X. Li, Rapid analysis of glucose, fructose, sucrose, and maltose in honeys from different geographic regions using fourier transform infrared spectroscopy and multivariate analysis, *J. Food Sci.* 75(2) (2010) 208–214. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01504.x>

331. V.H. Segnan, K. Kvaal, E.O. Rukke, R.B. Schu'ller, T. Isaksson, Rapid assessment of physico-chemical properties of gelatine using near infrared spectroscopy, *Food Hydrocoll.* 17 (2003) 585–592. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(02\)00099-1](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(02)00099-1)

332. D. M. Hashim, Y. B. C. Man, R. Norakasha, M. Shuhaimi, Y. Salmah, Z. A. Syahariza, Potential use of Fourier transform infrared spectroscopy for differentiation of bovine and porcine gelatins, *Food Chem.* 118(3) (2010) 856–860. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.049>
333. L. N. Lisetski, Y. N. Makarovskaya, V. D. Panikarskaya, L. P. Eksperiandova, Studies of phase transformations in the gelatine–water system using near-IR spectroscopy, *Colloid Polym. Sci.* 279 (2001) 283 – 285. <https://doi.org/10.1007/s003960000443>
334. J. Tarkosova, J. Copikova, Fourier transform near infrared spectroscopy applied to analysis of chocolate, *J. Near Infrared Spectrosc.* 8 (2000) 251 – 257. <https://doi.org/10.1255/jnirs.285>
335. G. O. Phillips, P. A. Williams. *Handbook of Hydrocolloids*. Second Edition, (2009)
336. E. A. Elhefian, M. Nasef, A. Yahaya, Preparation and Characterization of Chitosan/Agar Blended Films: Part 1. Chemical Structure and Morphology, *J. Chem.* 9(3) (2012) 1431–1439 <https://doi.org/10.1155/2012/781206>
337. C. Rochas, M. Lahaye, W. Yaphe, Sulfate content of carrageenan and agar determined by infrared spectroscopy, *Bot. Mar.* 29 (1986) 335-340. <https://doi.org/10.1515/botm.1986.29.4.335>
338. X. Wei, K. Liu, Y. Zhang, Q. Feng, L. Wang, Y. Zhao, D. Li, Q. Zhao, X. Zhu, X. Zhu, W. Li, D. Fan, Y. Gao, Y. Lu, X. Zhang, X. Tang, C. Zhou, C. Zhu, L. Liu, R. Zhong, Q. Tian, Z. Wen, Q. Weng, B. Han, X. Huang, X. Zhang, Genetic discovery for oil production and quality in sesame, *Nat. Commun.* 6 (2015) 8609. <https://doi.org/10.1038/ncomms9609>
339. N. Pathak, A.K. Rai, S. Saha, S. Walia, S.K. Sen, K.V. Bhat, Quantitative dissection of antioxidative bioactive components in cultivated and wild sesame germplasm reveals potentially exploitable wide genetic variability, *J. Crop Sci. Biotechnol.* 17 (2014). 127-139. <https://doi.org/10.1007/s12892-013-0112-8>

340. Gawkowska, D., Cybulska, J., Zdunek, A. (2018). Structure-related gelling of pectins and linking with other natural compounds: A review. *Polymers*, 10(7), Article 762 <https://doi.org/10.3390/polym10070762>
341. Funami, T. (2010). Functions of food polysaccharides to control the gelatinization and retrogradation behaviors of starch in an aqueous system in relation to the macromolecular characteristics of food polysaccharides. *Food Science and Technology Research*, 15(6), 557-568. <https://doi.org/10.3136/fstr.15.557>
342. Tabatorovich, A.N., Reznichenko, I. Yu. (2019). Substantiation of formulations and quality assessment of jelly marmalade based on infusion of rosella petals (*Hibiscus Sabdariffa* L.). *Food industry*, 5, 66-71. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10075> V. Poharska, "Study of cryomechanical destruction and mechanochemistry processes in the development of nanotechnology of frozen carotenoid plant additives," *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 84, pp. 39-46, 2016)
343. Ch. Galanakis, "Innovation Strategies in the Food Industry," 1st ed., Academic Press, (2016)
344. Tabatorovich, A.N., Stepanova, Ye.N., Bakaytis, V.I. (2018). Analysis of the chemical composition and quality indicators of unconventional fruit puree-semi-finished products. *Food industry*, 8, 25-29
345. W. Mikasari, "Pengkajian Peningkatan Nilai Tambah Buah Jeruk Spesifik Bengkulu." Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Bengkulu, Bengkulu, 2015.
346. [https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169409X07001354#:~:text=2..proteins%20mediated%20by%20transglutaminase%20\(TGase\)&text=TGase%20catalyzes%20an%20acyl%20transfer.group%20of%20lysine%20%5B46%5D](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169409X07001354#:~:text=2..proteins%20mediated%20by%20transglutaminase%20(TGase)&text=TGase%20catalyzes%20an%20acyl%20transfer.group%20of%20lysine%20%5B46%5D).
347. T. Novita, T. Tutuarima, and Hasanuddin, Sifat Fisik dan Kimia Marmalade Jeruk Kalamansi (*Citrus microcarpa*):, vol. 18, no. 2. 2017.
348. M. Zainudin, "Kajian Penambahan Pektin dan Sukrosa pada Proses Pembuatan Marmalade Jeruk Rimau Gerga Lebong (*Citrus nobilis* SP)." Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu, Bengkulu, 2017.

349. E. W. P. Adityas, L. Kurniawati, and A. Mustofa, "Karakteristik Marmalade Jeruk Sunkist ( *Caridina cf propinqua* ) -Nanas ( *Ananas comosus* ) dengan Variasi Penambahan Gula," *J. Teknol. dan Ind. Pangan*, vol. 2, no. 2, pp. 103–110, 2017, [Online]. Available: <http://www.ejurnal.unisri.ac.id/index.php/jtpr/article/view/1896/1685>.
350. A. Inam, M. Hossain, A. Siddiqui, and M. Easdani, "Studies on the Development of Mixed Fruit Marmalade," *J. Environ. Sci. Nat. Resour.*, vol. 5, no. 2, pp. 315–322, 2013, doi: 10.3329/jesnr.v5i2.14836.
351. C. E. Tamer, "A research on raspberry and blackberry marmalades produced from different cultivars," *J. Food Process. Preserv.*, vol. 36, no. 1, pp. 74–80, 2012, doi: 10.1111/j.1745-4549.2011.00573.x.
352. F. Rashid et al., "Physico-Chemical and Sensory Properties of Orange Marmalade Supplemented With Aloe Vera Powder," *J. Agric. Res*, no. 4, p. 52, 2014, doi: 10.13140/RG.2.2.20795.36644.
353. Panchev, I. N., Slavov, A., Nikolova, K., Kovacheva, D. (2010). On the water-sorption properties of pectin. *Food Hydrocolloids*, 24(8), 763-769. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.04.002>.
354. Yuzhakova, K.V., Savenkova, T.V., Taleysnik, M.A. (2018). Technologic processes of the confectionery mass formation when marmalade production. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 1, 57-59.
355. Einhorn-Stoll, U. (2018). Pectin-water interactions in foods - from powder to gel. *Food Hydrocolloids*, 78, 109-119. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.05.029>
356. Guan, L., Xu, H., Huang, D. (2011). The investigation on states of water in different hydrophilic polymers by DSC and FTIR. *Journal of Polymer Research*, 18(4), 681-689. <https://doi.org/10.1007/s10965-010-9464-7>
357. Abasi, S., Podstawczyk, D. A., Sherback, A. F., Guiseppi-Elie, A. (2019). Bio-technical properties of poly(HEMA-co-HPMA) hydrogels are governed by distribution among water states. *ACS Biomaterials Science and Engineering*, 5(10), 4994-5004. <https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.9b00705>.

358. N. Skopenko, Herald of Lviv Polytechnic National University, 684, 66-71(2010)
359. N. Chorna, Innovative development of food production and food security risks ( monograph, Lviv, 2012)
360. A. Bashta, T. Leshchynska, Scientific Works of NUFT, 53, 63-70 (2013) 4. N. Sanzharovskaia, O. Khrapko, “Technical sciences, 64, 95-98 (2017)
361. N. Ershova, N. Tarasenko, “Composition for the production of marmalade,” Patent RF, no. 2650549, (2018)
362. G. Tsybikova, S. Batumunkeeva, “Vegetable marmalade,” Patent RF, no. 2631307, (2017)
363. Magomedov G. O., Method for producing jelly marmalade using concentrated pumpkin paste. Patent RF, no. 2603895 (2016).
364. T. Swer, S. Rani, Kh. Bashir, Processing of Fruits and Vegetables From Farm to Fork,366 (2019)
365. I. Syazin, G. Kasyanov, Food technology, 4, 123- 124 (2012)
366. M. Ahmedov, G. Kasyanov, A. Ramazanov, Z. Yarialieva, “Innovative technologies for the production of fruit and vegetable cryopowders,” Abstract journal “Food and processing industry”, No. 3, pp. 135-149
367. R. Pavlyuk, V. Pogarskaya, V. Pavlyuk, A. Berestova, N. Maksimova, Cryomechanochemistry in food nanotechnology, monograph, (2015)
368. R. Pavliuk, “New about carotenoids and oxidative enzymes of carotenoid vegetables during cryogenic «shock» freezing and grinding,” Advanced techniques and technologies of food production, restaurant business and trade, No. 1, pp. 52-60
369. Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості. Затверджено Наказом Міністерства промислової політики України від 09.07.07 р. № 373. – К.: ДІКЕД, 2007. – 321 с.
370. Інтернет-портал «Prom.Ua». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://prom.ua>
371. <https://www.nature.com/articles/198188a0>
372. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5654420/>

373. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14748079/>
374. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-006-0401-2>
375. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878450X16300269>
376. [Influence of transglutaminase treatment on the thermoreversible gelation of gelatin](https://www.researchgate.net/publication/248424882)
377. [https://www.centropiaggio.unipi.it/sites/default/files/course/material/2019.03.08-articolo\\_1.pdf](https://www.centropiaggio.unipi.it/sites/default/files/course/material/2019.03.08-articolo_1.pdf)
378. <https://patents.google.com/patent/US5834232A/en>



**Для нотаток**

*Наукове видання*

**КОШЕЛЬ** Олена Юріївна  
**ДІХТЯРЬ** Альона Миколаївна  
**ПЕРЦЕВОЙ** Федір Всеволодович  
**ФЕДАК** Наталя Василівна

# **ТЕХНОЛОГІЯ ТЕРМОСТАБІЛЬНОЇ МОЛОКОВМІСНОЇ НАЧИНКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЖЕЛАТИНУ**

**Монографія**

Під редакцією *Перцевого Ф. В.*

*Видається в авторській редакції*

Підписано до друку 15.01.2024.  
Формат 60×84  $\frac{1}{16}$ . Папір офсетний. Гарнітура Times.  
Обл.-вид. арк. 5,6. Ум. друк. арк. 8,5.  
Тираж 300 прим.

Надруковано у друкарні ТОВ «Діса+»  
61111, Харків, шосе Салтівське буд.154  
Тел. (057)768-03-15, e-mail: disadruk@gmail.com  
Свід.суб.вид.справи ДК № 4047 від 15.04.2011  
Адреса виробництва:  
61000 Харків, Ващенковський в'їзд, 16