

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра Технології цукру та підготовки води

«До захисту в ЕК»
Директор інституту
Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО
(підпис) (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

«___» _____ 2024 р.

«До захисту допущено»
В.о. завідувача кафедри
Інна КАРПОВИЧ
(підпис) (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

«___» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
зі спеціальності 181 «Харчові технології»
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми «Технології цукрів, полісахаридів і підготовки
води у промислових та крафтових виробництвах»
на тему: Удосконалення технології отримання морквяного пектинового
екстракту

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЦВ-2-11М

Муллер Юрій Андрійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Крапивницька Ірина Олексіївна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент Олена КУШНІР
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології цукру і підготовки води

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 181 «Харчові технології»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Технології цукрів, полісахаридів і підготовки води у промислових та крафтових виробництвах»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри ТЦ і ПВ

Інна КАРПОВИЧ

“ 07 ” жовтня 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Муллера Юрія Андрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології отримання морквяного пектинового екстракту

керівник роботи Крапивницька Ірина Олексіївна, доцент, кандидат технічних наук

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 07.10.2024 року № 882кс

2. Строк подання здобувачем роботи 06 грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи буряковий жом як сировина для пектиновмісних сорбентів, вода з поверхневих джерел

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, Сучасний стан виробництва пектинових екстрактів та їх застосування в харчовій промисловості. Об'єкти і методи досліджень, Отримання морквяного пектинового екстракту на визначення його якісних показників. Характеристика різних сортів моркви як пектиновмісної сировини. Дослідження процесу гідролізапротопектинувчавок моркви. Дослідження впливу температури, рН на процес гідролізу. Визначення якісних показників пектинових екстрактів. Визначення вмісту СР і ПР в екстракті. Визначення ступеня чистоти пектинових екстрактів. Дослідження аналітичних характеристик вилучених пектинів із моркви. Визначення ступеня етерифікації. Визначення поліуронідної складової. Технологічна схема виробництва морквяного пектинового екстракту. Оптимізація технологічного процесу, Екологічні, економічні та соціальні аспекти дослідження в контексті забезпечення сталого розвитку України, Загальні висновки і рекомендації.

5. Перелік графічного матеріалу _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 7 жовтня 2024 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Оформлення розділу “Сучасний стан виробництва пектинових екстрактів та їх застосування в харчовій промисловості ”	25.10.24	
2	Визначення об'єктів і методів досліджень	01.11.24	
3	Оформлення розділу “ Отримання морквяного пектинового екстракту на визначення його якісних показників»	07.11.24	
4	Виконання оптимізації отриманих даних досліджень	17.11.24	
5	Консультація щодо технологічної схеми	27.12.24	
6	Оформлення розділу “ Екологічні, економічні та соціальні аспекти дослідження в контексті забезпечення сталого розвитку України ”	01.12.24	
7	Затвердження магістерської роботи	06.12.24	

Здобувач _____
(підпис)

Юрій МУЛЛЄР
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Ірина КРАПИВНИЦЬКА
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається з п'яти розділів, виконаний на 87 сторінках, ілюстрований 6 таблицями і 20 рисунками, висновками, списком бібліографічних джерел з 99 найменувань.

Тема кваліфікаційної роботи – Удосконалення технології отримання морквяного пектинового екстракту

Об'єкт дослідження – технологія отримання пектинових екстрактів з морквяної сировини.

Предмет дослідження – пектиновий екстракт, морквяна пектиновмісна сировина, пектин.

У вступі сформульована мета даної роботи, її актуальність, наукова новизна та практична цінність одержаних результатів.

У першому розділі представлено аналітичний огляд літературних джерел по дослідженню природи пектинових полісахаридів в рослинній сировині, фізико-хімічних властивостях пектину. Обґрунтована доцільність використання пектинових екстрактів.

У другому розділі подається стисла характеристика об'єктів і методів досліджень, постановка досліджень, методика їх проведення, шляхи і методи отримання експериментальних даних.

У третьому розділі представлені результати одержання пектинового екстракту з морквяної сировини, його фізико-хімічні властивості, наведено технологічну та апаратурну схему отримання пектинових екстрактів.

У четвертому розділі представлені результати оптимізації процесу гідролізу морквяної сировини.

У п'ятому розділі представлено шляхи забруднення харчової продукції та державна політика в галузі здорового харчування.

У висновках наведені основні результати досліджень щодо вирішення поставленого завдання, представлені їх основні переваги.

Ключові слова: пектин; морквяна сировина; пектиновий екстракт.

ABSTRACT

The qualification work consists of five sections, executed on 87 pages, illustrated by 6 tables and 20 figures, conclusions, list of bibliographic sources from 99 names.

The topic of the qualification work – Improvement of the technology of obtaining carrot pectin extract

The object of the research – the technology of obtaining pectin extracts from carrot raw materials.

The subject of the research – pectin extract, carrot pectin-containing raw materials, pectin.

The introduction formulates the purpose of this work, its relevance, scientific novelty and practical value of the results obtained.

The first section presents an analytical review of literary sources on the study of the nature of pectin polysaccharides in plant raw materials, the physicochemical properties of pectin. The feasibility of using pectin extracts is substantiated.

The second section provides a brief description of the objects and methods of research, the formulation of the research, the methodology for conducting them, the ways and methods of obtaining experimental data.

The third section presents the results of obtaining pectin extract from carrot raw materials, its physicochemical properties, and a technological and instrumental scheme for obtaining pectin extracts.

The fourth section presents the results of optimizing the hydrolysis process of carrot raw materials.

The fifth section presents the ways of contamination of food products and state policy in the field of healthy nutrition.

The conclusions present the main results of research on solving the problem, and present their main advantages.

Keywords: pectin; carrot raw materials; pectin extract.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА ПЕКТИНОВИХ ЕКСТРАКТІВ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	9
1.1 Будова і фізико – хімічні властивості пектинових речовин.....	9
1.2 Сировина для виробництва пектину і пектинопродуктів.....	20
1.3 Морква як пектиновмісна сировина.....	22
1.4 Способи отримання пектинового екстракту із рослинної сировини	24
1.5 Застосування пектинових екстрактів у харчовій промисловості....	28
1.6 Лікувальні властивості пектинового екстракту.....	29
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	32
2.1 Об'єкти дослідження.....	32
2.2 Методи дослідження пектинових екстрактів.....	32
2.3 Визначення якісних показників пектину.....	33
РОЗДІЛ 3. ОТРИМАННЯ МОРКВ'ЯНОГО ПЕКТИНОВОГО ЕКСТРАКТУ НА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ	37
3.1 Характеристика різних сортів моркви як пектиновмісної сировини.....	37
3.2 Дослідження процесу гідроліза протопектину вичавок моркви..	40
3.2.1 Вибір гідролітичного чинника.....	40
3.2.2 Дослідження впливу температури, рН на процес гідролізу.....	44
3.3 Визначення якісних показників пектинових екстрактів.....	47
3.3.1 Визначення вмісту СР і ПР в екстракті.....	47
3.3.2 Визначення ступеня чистоти пектинових екстрактів.....	50
3.4 Фізико-хімічні властивості морквяних пектинових екстрактів.....	53
3.4.1 В'язкість, густина, поверхневий натяг пектинових екстрактів....	53
3.4.2 Комплексоутворювальна здатність пектинових екстрактів.....	55

3.4.3 Здатність до гелеутворення екстрактів пектинових.....	56
3.5. Дослідження аналітичних характеристик вилучених пектинів із моркви.....	57
3.5.1 Визначення ступеня етерифікації.....	57
3.5.2 Визначення поліуронідної складової.....	60
3.6 Технологічна схема виробництва морквяного пектинового екстракту.....	61
3.6.1 Розрахунок кількості продуктів.....	61
3.6.2 Опис технологічного процесу і апаратурно-технологічної схеми виробництва морквяного пектинового екстракту.....	62
РОЗДІЛ 4. ОПТИМІЗАЦІЯ ВИХОДУ ПЕКТИНУ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ ТА РН СЕРЕДОВИЩА В ПРОЦЕСІ ГІДРОЛІЗУ МОРКВЯНИХ ВИЧАВОК.....	66
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНІ, ЕКОНОМІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ В КОНТЕКСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ.....	74
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	83
ДОДАТКИ	89

ВСТУП

Полісахариди фруктів і овочів завдяки своїм фізико-хімічним властивостям, можливостям зміцнення здоров'я та профілактики захворювань привернули увагу як виробників, так і споживачів і використовуються в харчових, косметичних і фармацевтичних продуктах. Пектин є одним із цікавих типів полісахаридів, який міститься в середній пластинці та клітинній стінці тканини вищих рослин. Пектин зазвичай використовується в харчовій і фармацевтичній промисловості. У харчовій промисловості пектин застосовують як гелеутворювач, стабілізатор, емульгатор і загусник у джемах, желе, кондитерських виробках і фруктових соках, а також у фармацевтичній промисловості; він використовується для зниження жиру в крові, заспокоєння болю та зменшення серцевих захворювань.

Комерційний пектин часто виробляють із залишків екстракції фруктового соку (яблучних вичавок або шкірки цитрусових) або цукру (жому цукрових буряків). Тим не менш, через високий попит на пектин на світовому ринку (понад 30 000 тонн на рік), цей полісахарид також було отримано з інших джерел (як некомерційні джерела пектину), такі як вичавки персика, шкірка кавуна, шкірка граната), шкірка папайї, відходи сизалю, гарбуз, бананова шкірка і лушпиння сої.

Морква є одним із важливих коренеплодів, які вирощують у всьому світі. З точки зору споживання на душу населення морква займає шосте місце серед популярних овочів. Цей овоч є хорошим джерелом каротиноїдів, вітамінів В і К, магнію, антиоксидантів, харчових волокон (таких як пектин) і різних додаткових поживних речовин. Після переробки на сокових заводах морквяні вичавки зазвичай викидаються як промислові відходи або використовуються як корм для тварин, тоді як цей побічний продукт містить високий вміст корисних сполук, таких як пектин. Таким чином, використання цього побічного продукту для виробництва пектину та пектинопродуктів

може бути цінним для досягнення як продукту з доданою вартістю, так і для захисту довкілля.

Метою роботи є отримання пектинових екстрактів з морквяної сировини, дослідження їх фізико-хімічних властивостей та застосування у виробництві харчових продуктів.

Об'єкт дослідження – технологія отримання пектинових екстрактів з морквяної сировини.

Предмет дослідження – пектиновий екстракт, морквяна пектиновмісна сировина, пектин.

Наукова новизна одержаних результатів:

-визначена залежність проходження процесу гідролітичного розщеплення протопектину морквяної пектиновмісної сировини;

-розроблений спосіб одержання морквяного пектинового екстракту.

Практична цінність одержаних результатів. Розроблений пектиновий екстракт із морквяної сировини. Отримані результати були використані при розробці принципової технологічної схеми виробництва морквяних пектинових екстрактів.

Апробація результатів роботи. Матеріали магістерської роботи були представлені на 90-й Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (Київ, 2024 р.), Міжнародній науково-практично конференції «Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека» (Київ, 2024 р.).

Публікації. За матеріалами магістерської роботи опубліковано 2 тези доповідей.

Ключові слова: пектин; морквяна сировина; пектиновий екстракт.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА ПЕКТИНОВИХ ЕКСТРАКТІВ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

1.1 Будова і фізико-хімічні властивості пектинових речовин.

Пектинові речовини містяться у всіх вищих рослинах, входять до складу клітинних стінок, серединних пластинок, цитоплазми рослинних клітин. Вони виконують, завдяки своїм специфічним властивостям, ряд важливих функцій (регулювання водного режиму тканин, транспорт водного току та ін.), приймають участь в процесах росту клітинних стінок. Пектини виявлені в деяких водоростях і морських травах. Вміст пектинових речовин і їх хімічний склад неоднакові у різних видів рослин, їх складових, тканин і залежать від метеорологічних умов вирощування, географічної зони, сорту, періоду розвитку та віку рослини. Тому пектинові полісахариди розглядають як один із самих складних і динамічних за структурою клас біополімерів [1,].

Пектинові речовини (пектини) входять до великої групи гліканогалактуронанів, кислих рослинних полісахаридів, основний вуглецевий ланцюг який складають 1, 4 – зв'язані залишки α - D- галактуронової кислоти. Пектинові речовини включають протопектин, пектинові полісахариди і супутні арабінани, галактани і арабіногалактани.

Протопектин – нерозчинний високомолекулярний пектиновий комплекс, який разом з целюлозою та геміцелюлозами утворює каркас клітинної стінки і при обробці розведеними кислотами дає розчинний пектин, що, зазвичай, вилучається із рослинної сировини. Про структуру протопектина є лише дуже обмежені відомості [2,7].

До пектинових полісахаридів відносяться як компоненти нерозчинного протопектина, так і розчинні біополімерні складові соків рослин. Супутні арабінани, галактани і арабіногалактани мають складну розгалужену структуру.

Пектинові речовини накопичуються у плоді протягом всього періоду росту і дозрівання. Цей процес уповільнюється внаслідок одночасного

накопичення цукрів та інших речовин. У подальшому, при зберіганні плодів, відбувається частковий розпад пектину [5,6].

У початковій фазі розвитку в плоді переважає протопектин, який під час дозрівання плодів переходить у розчинний пектин. Темпи і особливості цього переходу розрізняються у окремих сортів залежно від терміну дозрівання, здатності зберігатися і будови м'якоті плода. Відомо, що пектинові речовини рослин, які розташовані в клітинній стінці, міцно зв'язані (за допомогою арабінанів і галактанів) з целюлозою та протеїнами [4].

В онтогенезі рослин відбуваються зміни вмісту загального пектину та співвідношення розчинного пектину та протопектину, характерного для кожного виду рослин. Так, у більшості плодів по мірі досягання збільшується кількість розчинного пектину. У цукровому буряку, навпаки, в досягаючих коренеплодах накопичується протопектин. Ці дані свідчать про те, що роль пектинових речовин в життєдіяльності рослин різноманітна.

Розчинний пектин та протопектин локалізовані в різних частинах рослинної клітини та виконують різні функції. Протопектин входить до складу клітинної оболонки, з нього в значній мірі складаються серединні пластинки, розчинний пектин знаходиться у соку вакуолі та міжклітинних шарах тканини зрілих плодів [8,9].

Пектинові полісахариди рослинної клітинної стінки відносять до класу найбільш складних полімерів. Ця складна будова і її роль серед полімерів клітинної стінки все ще повністю не з'ясована. Впродовж багатьох років використовувались різноманітні методи вивчення та характеристики пектинових полісахаридів. Значна кількість методів, що використовується на даний час, засновані на вимірюванні та інтерпретації колігативних властивостей та характеристики моносахаридного складу. Ці методи підтверджують потенційну можливість у розумінні як структурних, так і функціональних особливостей гетерогенності пектинових макромолекул.

Пектинові речовини – основний компонент харчових рослинних волокон. Рослинні волокна – це комплекс речовин, що складається з

полісахаридів (целюлоза, геміцелюлоза, пектин), а також лігніну та зв'язаних з ними білкових речовин, які формують клітинні стінки рослин (рис. 1.1) [2].

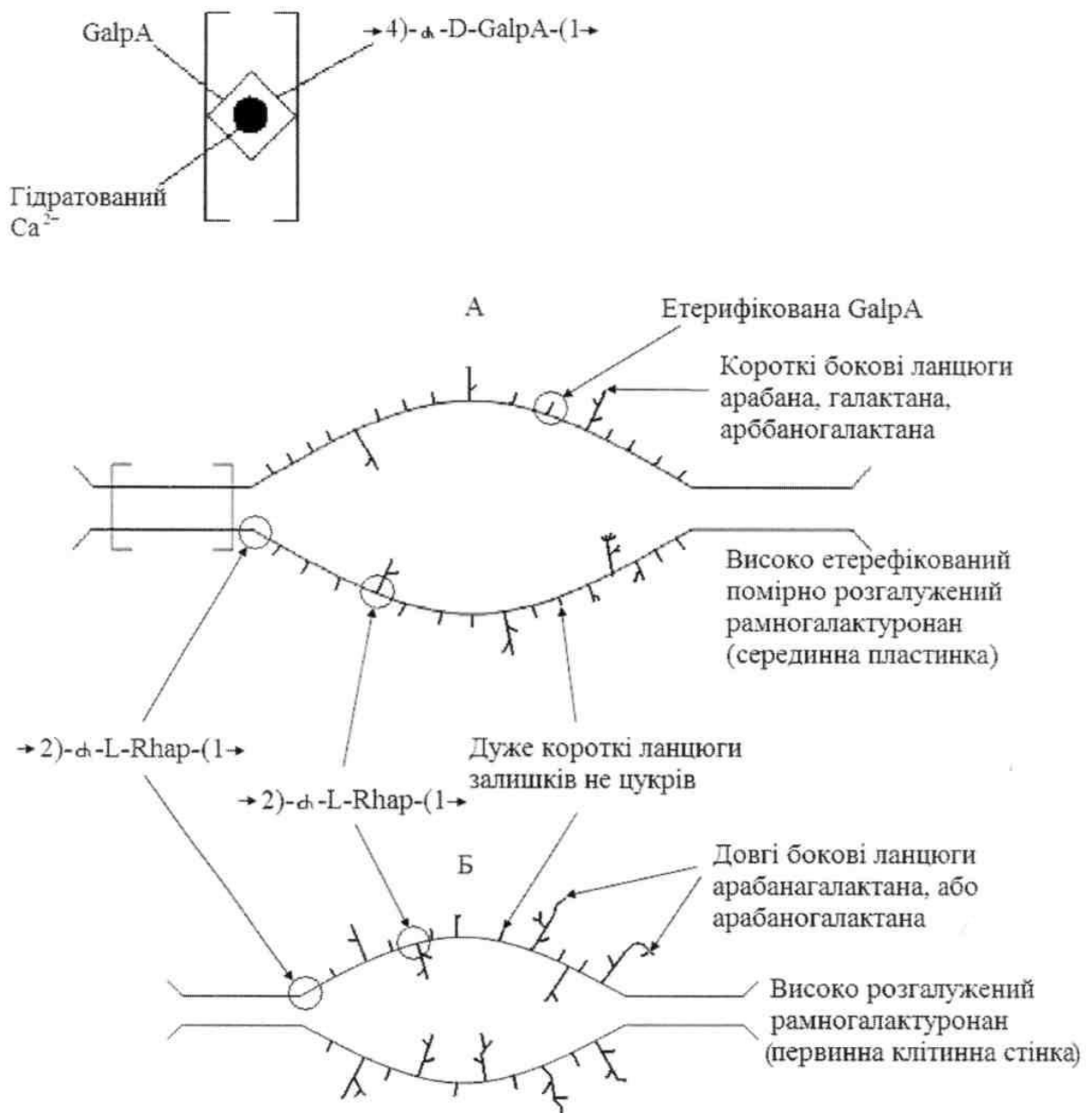


Рисунок 1.1 – Структурні особливості пектинових речовин серединної пластинки (А) і первинної клітинної стінки (Б)

Лінійна область гомогалактуронану складається із 1, 4 – зв'язаних залишків α -D-галактопіранозилуронової кислоти. Ці ділянки сполучаються між собою одним або двома залишками α -L-рамнопіранози, які включені в лінійний ланцюг 1,2 – зв'язком. Для багатьох пектинів головний вуглеводний

ланцюг побудований саме таким чином. Розрізняються вони лише довжиною ланцюга [7].

Загальна схема будови пектинових полісахаридів включає лінійну та розгалужену області (Рис.1.2).

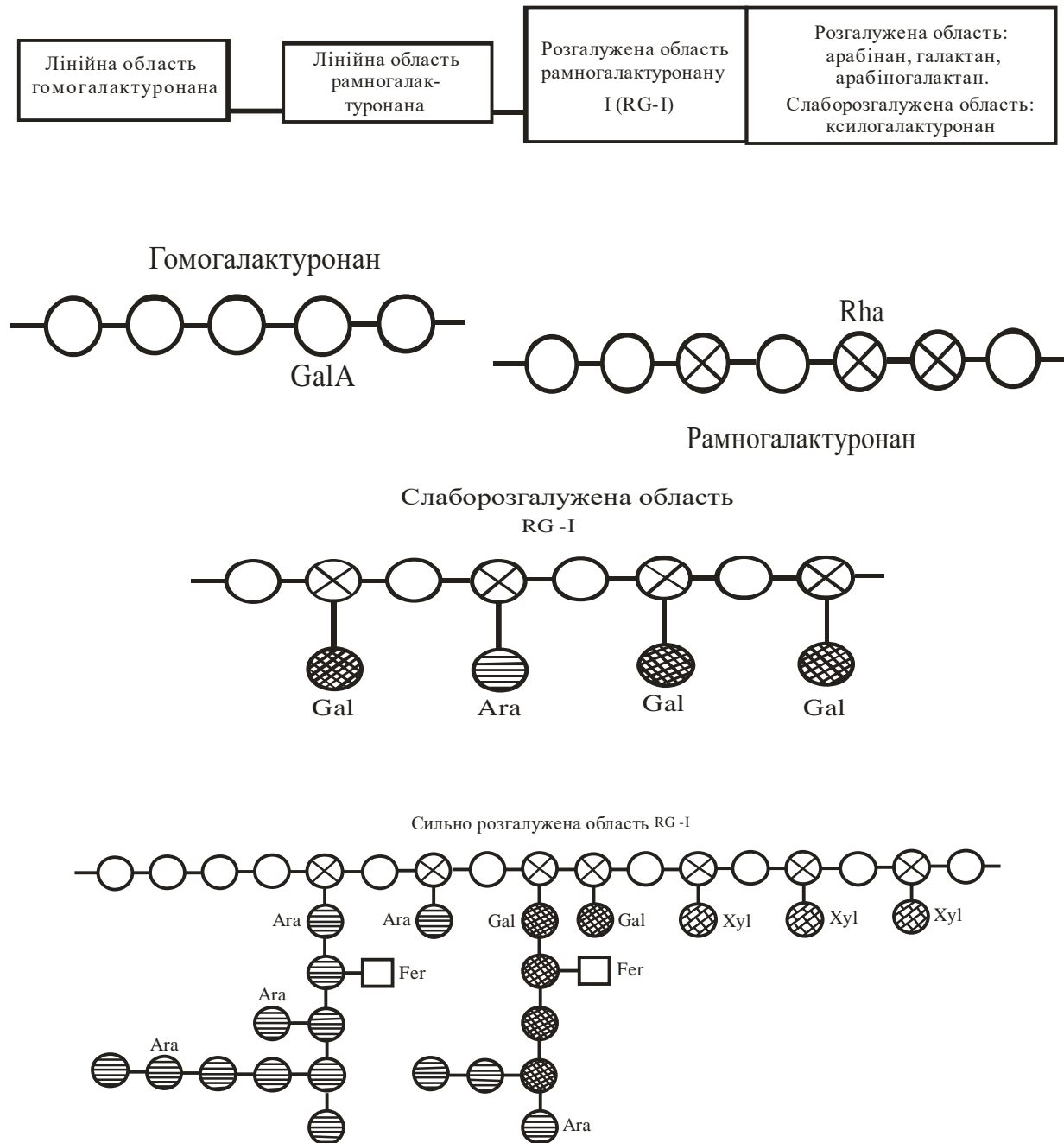


Рис. 1.2 – Схема будови пектинових полісахаридів

Розчинність та в'язкість пектину. Пектини, як і інші гелеутворювачі, не розчині у середовищі, де існують умови для гелеутворювання.

Найкращим розчинником пектинових речовин є вода. Розчиняються вони також у 84 %-ній фосфатній кислоті та рідкому амоніку; в гліцерині та формаліні – набухають. В інших органічних та неорганічних розчинниках вони практично нерозчинні [3].

Розчинність пектину залежить від ступенів полімеризації та етерифікації. Розчинність у воді збільшується при підвищенні ступеню етерифікації та зменшенні розміру молекули. Пектинові кислоти, повністю позбавлені метоксильних груп, навіть при невеликій молекулярній масі нерозчинні у воді. З двох пектинів з різними молекулярними масами легше розчиняється пектин з меншою довжиною ланцюга, але з більшою кількістю метоксильних груп. Для отримання однорідного розчину необхідно порошок пектину розтерти з цукром чи попередньо змочити спиртом. При кімнатній температурі можна отримати водні розчини, що містять не більше 3 % пектинових речовин [9].

В'язкість – одна з важливих характеристик пектинових речовин, як і інших ліофільних колоїдів. Молекули пектину легко асоціюються одна з одною або із великими молекулами супутніх речовин. Пектини не дифундують з розчинів через клітинні мембрани рослин, що пов'язано із їх належністю до високомолекулярних речовин. Ці властивості використовують для відділення низькомолекулярних речовин від пектинових речовин, наприклад, в процесі дифузії бурякового цукру [3,9].

Молекули пектину у воді підлягають сольватації, тобто утворюється гідратна оболонка, більш щільна у внутрішніх шарах і менш щільна – у ділянках, віддалених від частинок полімеру. Взаємне розташування пектинових молекул може змінюватися в залежності від хімічної природи ліофіла, розчинника, температури тощо. Золям ліофільних колоїдів властиві: висока відносна в'язкість, різко зростаюча при збільшенні концентрації, та явище структурної або аномальної в'язкості.

В'язкість водних розчинів пектину залежить від різних факторів: концентрації, довжини молекулярного ланцюга, ступеня естерифікації, присутності електролітів та температури. Із збільшенням молекулярної маси при інших рівних умовах в'язкість збільшується. При одному і тому ж значенні молекулярної маси в'язкість зростає із збільшенням електричного заряду макромолекули (кількість вільних гідроксильних груп). Досліди проведені з пектиновими речовинами, показали, що в інтервалі рН=3.5–8.0 пектиновий розчин веде себе як розчин пучків елементарних фібрил, при рН=6–7 в'язкість максимальна, при рН=4 – мінімальна. Додавання до розчину пектину незначної кількості натрій хлориду або його солей, приводить спочатку до помітного зниження в'язкості, а потім остання набуває постійного значення.

Висока відносна в'язкість пояснюється явищем сольватації. Для роз'яснення структурної в'язкості була запропонована гіпотеза про існування всередині золю сітки із з'єднаних між собою частинок. Пружні сили колоїдної «сітки» перешкоджають течії золю по капіляру віскозиметра, що обумовлює більшу величину в'язкості, ніж для неструктурованих золів тієї ж концентрації. При порушенні еластичної структури під тиском в'язкість розчину швидко падає.

При зміні вмісту розчинника та температури рівновага між сольватацією ланцюгових молекул та їх взаємної асоціації, зміщується в той чи інший бік. При підвищенні температури в'язкість знижується в наслідок руйнування надмолекулярної структури пектинових речовин. При збільшенні взаємної асоціації молекул пектину при додаванні цукру, спирту, утворюються стійкі агрегати молекул, золь переходить у гель. Структуроутворення під час застигання пектинових гелів іде безперервно, супроводжуючись поступовим збільшенням відносної в'язкості системи [15].

Кислотно-основні властивості пектину. Під дією кислот природний протопектин розчиняється навіть при низьких температурах. Механізм цієї дії точно не з'ясований. Одні дослідники вважають, що кислота видаляє з

протопектину багатовалентні катіони, інші – що спостерігається гідроліз комплексу целюлоза-пектин.

Під дією сильних мінеральних кислот пектова високоетерифікована кислота вже при кімнатній температурі гідролізується, а при її підвищенні – процес прискорюється. Причому швидкість кислотного гідролізу може збільшуватися настільки, що починає переважати деструкція пектину [1,15].

Встановлено, що в пектиновому екстракті, одержаному з сушеного бурякового жому, при температурі 78...80° С і рН=0,8...1,0 протягом 12 год відбувається повна деструкція пектинових речовин [11].

Реакція взаємодії пектину з кислотами широко використовується для промислового одержання гелеутворюючого пектину з рослинної сировини, пектинового клею і D-галактуронової кислоти. Для гідролізу протопектину застосовують різні мінеральні (хлоридна, нітратна, фосфатна та ін.) і органічні (винна, лимонна, молочна та ін.) кислоти [11,12].

Деполімеризація при низькому значенні рН протікає в результаті гідролізу глікозидних зв'язків. У більшості розщеплюється L-рамнозний-глікозидний зв'язок з утворенням галактуроногліканових ланцюгів із ступенем полімеризації близько 25. Гідроліз ефірних груп каталізується не тільки кислотами, але і лугами. Луги викликають деетерифікацію молекулярних ланцюгів, що супроводжується реакцією β-елімінування. При рН=5 розчини пектину стабільні тільки при кімнатній температурі. При підвищенні температури гідроліз складно-ефірних груп супроводжується розщеплюванням полімерного ланцюга, β-відщеплення має місце лише у глікозидних зв'язків, що знаходяться поряд з етерифікованою карбоксильною групою. При рН=6 деетерифікація і деполімеризація прискорюються навіть при кімнатній температурі, швидкість цих реакцій підвищується із зростанням рН. При збільшенні температури руйнування пектинової молекули відбувається інтенсивно [15].

Комплексоутворення пектинів. Однією із важливих властивостей пектинових речовин є їх здатність до комплексоутворення, яка пов'язана із

взаємодією молекули пектину з іонами важких і радіоактивних металів. Ця властивість дає підставу рекомендувати пектин для включення у раціон харчування осіб, що знаходяться на забрудненій радіонуклідами території та мають контакт з важкими металами. Для організму людини особливо небезпечні стійкі ізотопи цезію, стронцію, ітрію та ін. Екскреція пектину по відношенню до дози Cs^{137} складає 8,4 %, Sr^{90} – 52,6 % [14,16].

Комплексоутворюючі властивості пектинових речовин залежать від вмісту вільних карбоксильних груп, тобто ступеня етерифікації цих груп метанолом. Ступінь етерифікації визначає лінійну щільність заряду макромолекули, і, відповідно, силу і спосіб зв'язку катіонів [15].

При високому ступені етерифікації пектину (вище за 90 %) вільні карбоксильні групи, в які включені атоми С6, значною мірою віддалені один від одного. При цьому кальцієві або стронцієві солі пектової кислоти практично повністю дисоціюють. Із зменшенням ступеня етерифікації, тобто при збільшенні заряду макромолекули, зв'язок пектинових речовин з катіонами зростає, а константа стабільності пектатів збільшується згідно з функцією, близькою до логарифмічної залежності. При ступені етерифікації 40 % відбувається зміна конформації, що призводить до агрегування пектинових макромолекул і утворенню міцного внутрішньомолекулярного хелатного зв'язку [18].

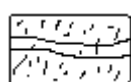
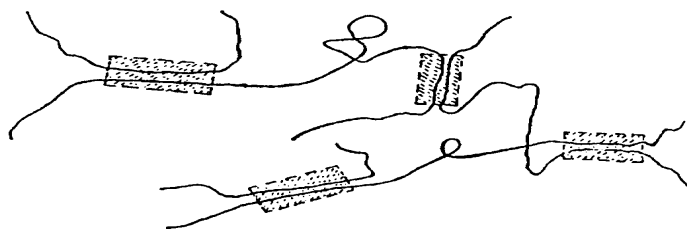
Здатність до комплексоутворення не залежить від молекулярної маси пектину і визначається коефіцієнтом селективності катіонного обміну, що є характеристикою насичення пектинових речовин двохвалентним катіоном. Здатність до комплексоутворення пектину залежить від рН середовища. При різних значеннях рН пектинові речовини мають різні значення цієї здатності. Таким, чином, оптимальне значення рН середовища, при якому відбувається максимальне комплексоутворення, для кожного типу пектину індивідуальне і залежить від типу пектиновмісної сировини. Висока здатність до комплексоутворення у всіх пектинових речовин спостерігається в інтервалі рН=4...12, причому максимальні значення досягаються при рН=5 і рН=9.

Істотний вплив на здатність до комплексоутворення має парний ефект пектину і солі важкого металу. Одночасне зниження концентрації пектину у розчині при збільшенні концентрації важкого металу у ньому призводить до значного збільшення константи зв'язування. Так, при взаємодії в розчині 1 частини кобальту з 10 частинами пектину соняшника зв'язується 7,8 % металу, а при співвідношенні 1:100 – 80,2 %, аналогічно цьому при зниженні концентрації до 0,5 % бурякового пектину їм зв'язується 75 % стронцію [].

Завдяки здатності до комплексоутворення по відношенню до металів пектин є незамінною речовиною у виробництві харчової продукції профілактичної та лікувальної дії. Оптимальна профілактична доза пектину складає 2...4 г на добу для тих, хто контактує із важкими металами, а в умовах радіаційного забруднення – 15...16 г [16,18].

Природа, механізми гелеутворення пектинів. Сучасні теорії гелеутворення пектину припускають наявність в молекулах пектину характерних зон, створених з неврегульованих сполучених пектинових ланцюгів. Разом з цими зонами знаходяться також фрагменти вільних незв'язаних один з одним ланцюгів, що є результатом наявності ацетильних груп, рамнози та бічних ланцюгів. Така структура має характер бічної сітки і одночасно перешкоджає утворенню нерозчинних ланцюгів (рис. 3.1).

В процесі гелеутворення ниткоподібні молекули пектину в присутності різних добавок (цукор, кислота, іони кальцію) утворюють тривимірний каркас [19,20].



- характерні, сполучені ділянки, які створені з впорядкованих пектинових ланцюгів.

Рис. 1.3 – Структура гелю пектину.

Найбільш загальноприйнятою є теорія утворення гелів пектину, що ґрунтується на таких припущеннях:

- пектин є гідрофільним колоїдом;
- цукор розглядається як дегідратуючий чинник;
- внесення харчових кислот сприяє значному зниженню від'ємного заряду макромолекули пектину, що створює умови відносного зближення молекул та виникненню між ними водневих зв'язків;
- процес дегідратації макромолекул пектину та утворення між ними водневих зв'язків протікає протягом певного часу, так само як процеси в інших полімерних системах;
- швидкість дегідратації пектину зростає по мірі збільшення концентрації водневих іонів;
- максимальна міцність гелю відмічається при іонній рівновазі [24].

Гелеутворення залежить від молекулярної маси пектину, етерифікації його молекули і вмісту функціональних груп, концентрації цукру у розчині, кількості баластних речовин, супутніх даному пектину, температури та рН середовища.

З урахуванням ступеня етерифікації молекули пектину розрізняють два види гелів: із побічною валентністю і основною [25,26].

Кислотно-цукрові пектинові гелі утворюються завдяки водневим зв'язкам при участі недисоційованих вільних карбоксильних груп. Такий тип гелю характерний для високоетерифікованих пектинів. Низькоетерифіковані пектини утворюють гелі тільки в присутності іонів Ca^{2+} . При цьому молекули пектину взаємодіють між собою за рахунок вільних карбоксильних груп, що зв'язуються Са-іоном у міцний каркас. Такі драглі називають іонозв'язаними. Крім цих основних, можливе утворення драглів проміжних, що містять і цукор, і Са-іон. Такі драглі характерні для пектинів із ступенем етерифікації близько 50 %, зокрема, для бурякового пектину [27].

Залежно від умов, в яких утворюється гель, його структура створюється при неоднаковій кількісній участі різних зв'язків. Додана для гелеутворення

кислота витісняє катіони із пектинової молекули, створює вільні карбоксильні групи, зменшує їх дисоціацію, нейтралізуючи електростатичні сили відштовхування між молекулами пектової кислоти. Найбільш міцні драгли утворюються в присутності лимонної, винної і триоксиглутарової кислот.

Цукор у процесі гелеутворення виконує роль дегідратуючої речовини. Здатність до дегідrataції у різних цукрі – сахарози, глюкози, мальтози різна, і визначає характер їх впливу на в'язкість пектинових розчинів. Найбільша міцність гелю досягається при додаванні сахарози, найменша – мальтози.

Для утворення міцного гелю у трьохкомпонентній системі пектин-цукор-кислота необхідне їх оптимальне співвідношення, яке не носить абсолютного характеру, а залежить від виду пектину, що визначає межі співвідношення компонентів рецептурної суміші. На практиці оптимальною умовою є приблизне співвідношення пектин:цукор:кислота – 1:60:1.

Гелеутворення пектину залежить від рН середовища і температури процесу. Для високоетерифікованих пектинів максимальна міцність гелю досягається при рН=3,0...3,3, для низькоетерифікованих – при рН=2,5...2,8. Зниження рН на 1/10 у певних умовах гелеутворення може викликати підвищення оптимальної температури на 5°C.

Вітчизняна харчова промисловість зорієнтована на використання пектину як гелеутворювача у виробництві желейних кондитерських і консервних виробів масового вжитку. Пектин широко застосовується у виробництві продуктів профілактичного і оздоровчого напрямлення, таких як напої, молочні, хлібобулочні вироби тощо, що вживаються щоденно, і в яких пектин використовується як структуроутворювач, детоксикант, комплексоутворювач, тобто високих вимог до гелеутворювальної здатності не пред'являють [29].

1.2 Сировина для виробництва пектину і пектинопродуктів.

Виділення функціональних сполук із залишків харчових відходів є привабливий підхід до зменшення впливу агропромислової діяльності на навколишнє середовище. Тому багаті на пектин залишки рослинної біомаси заслуговують на дослідження, особливо враховуючи, що пектинові полісахариди є у великій кількості у відходах біомаси від переробки фруктів і овочів. Різні потоки відходів забезпечують пектин із різноманітною хімічною структурою, фізико-хімічними властивостями та потенційними функціями. Однак комерційно доступний пектин в основному отримують з трьох основних джерел: жом цукрових буряків, цедра цитрусових і яблучні вичавки. Залишки відходів отримані з цитрусових і обробки яблук є багатими і бажаними джерелами пектину [2, 31]. Цитрусові, які використовують для промислової переробки, утворюють понад 10 мільйонів тонн відходів щорічно [33]. Методи екстракції впливають на структуру пектину з шкірки цитрусових. Дослідження Кауа et al. [32] показали, що різні методи екстракції дозволили отримати пектин із шкірки цитрусових з різною молекулярною масою. Пектин, виділений з різних тканин цитрусових, може мати різні структурні властивості. Пектин, виділений із лимонного соку, лимонного альбедо, частин серцевини лимона, насіння та плодолистка, продемонстрував чіткі структурні властивості, які також можуть відрізнятися за функціями [32].

Виробництва з переробки яблук (*Malus sp.*) також утворюють відходи, зокрема вичавки, насіння та шкірка. Яблучні вичавки та відходи шкірки вважаються багатими та універсальними джерелами пектину [34]. За оцінками, щороку виробляється 84,7 мільйона тонн яблук, з яких вичавки становлять близько 25–30%. Цей побічний продукт в основному складається з нерозчинних вуглеводів, моносахаридів і дисахаридів [36].

Пектинові речовини з яблучних вичавок складається переважно з протопектину, кислоторозчинного полісахариду. Відновлення пектину з яблучних вичавок демонструє різний ступінь етерифікації та структурних

властивостей залежно від умов методу екстракції, подібно до ситуації з цитрусовими. Пектинові полісахариди з низьким (43,29%) і високим (65,88%) ступенями етерифікації (DE) були виділені з яблучних вичавок з використанням розчину лимонної кислоти як розчинника [13]. Інші умови екстракції показали, що яблучний пектин є високометоксильованим (54,5–67,1%), а значення DE від 61 до 63 [17].

Під час подальшої обробки цукрових буряків (*Beta vulgaris*) утворюються відходи у вигляді жому (нерозчинної бурякової тканини) і патоки (концентрованого соку). За оцінками, в Європі щорічно виробляється приблизно 20 мільйонів тонн жому цукрових буряків [23]. Він має високий вміст пектину (15–32%) з іншими основними компонентами, включаючи целюлозу (22–30%) і геміцелюлозу (24–32%). У цукрових буряках переважає пектин з високим вмістом метоксилів. Пектин, який міститься в жому цукрового буряка, відрізняється від пектину, який міститься в цитрусових і яблуках, ступенем ацетилювання, пов'язаним із залишками галактуронової кислоти, вмістом рамнози та наявністю ферулової кислоти. Бічні ланцюги нейтрального цукру несуть фенольні ефіри (ферулову кислоту), приєднані до залишків арабінози, а також галактози [15].

Пектин також було виділено з корзинок соняшнику. Козинки соняшнику є природним джерелом низькометоксилового пектину зі значеннями DE 10–40% [35]. Пектин соняшнику характеризується молекулярною масою від 30 000 до 500 000 г/моль, вмістом GalA 70-90 % і ступенем ацетилювання 2-4 % (мас./мас.) [36].

Інші менш вивчені харчові відходи як джерела пектину включають помідори, моркву, боби, горох і сою [37]. Багато з цих джерел демонструють високий вміст пектину. Однак властивості пектину є основним визначальним фактором для промислових цілей, таких як гелеутворювачі. Використання відходів від гороху як джерела пектину є привабливим через кількість відходів, які вони утворюють на рік [38]. Пектин, вилучений зі стручків гороху, продемонстрував вміст ацетилювання 10% зі ступенем метилювання

30%, вміст уронової кислоти між 70 і 95% і високий рівень арабінози, ксилози та галактози [38]. Відомо, що лушпиння фавових бобів містить достатній рівень пектину для промислових цілей і що структура пектину змінюється залежно від методу екстракції [39].

1.3 Морква як пектиновмісна сировина.

Морква посівна широко культивується як овочева культура, яка має безліч сортів, які відрізняються за кольором та формою коренеплодів. Сорти моркви поділяються на ранньостиглі, середньостиглі і пізньостиглі. У Х столітті в історичних рукописах описана морква пурпурного та жовтого кольорів, яка була поширена в Ірані та на півночі Аравії, потім вона стала поширюватися на схід та захід і в середині XV століття була вже відома на Близькому Сході, у Китаї, в Європі та у Північній Африці. На півночі Європи була поширена морква з жовтими коренеплодами, доки у XVIII столітті у Нідерландах не з'явилася морква з коренеплодами оранжевого кольору. Сорти моркви з білими та червоними коренеплодами виникли у Китаї приблизно у цей же час, але вони не знайшли широкого поширення на території Європи. На сьогодні морква з оранжевими коренеплодами стала найпопулярнішою на Заході, але фіолетові та жовті коренеплоди моркви досі поширені у деяких районах Туреччини, Китаю, Індії, а червоні – у Японії.

В Україні найбільш поширеною є *var. Aurantius* західного підвиду. За ознакою форми і розміру коренеплоду виділяють три групи сортотипів: конічна, циліндрична й овальна. Група сортотипів конічна об'єднує сортотипи Амагер, Валерія, Геранда, Шантене і представлена великою кількістю сортів моркви вітчизняної та іноземної селекції [4].

Вміст рослинних волокон варіюється між сортами, а також під час обробки та зберігання коренеплодів моркви. За даними різних джерел коренеплоди моркви містять 2,5-6,5% рослинних волокон. Нерозчинні волокна складаються переважно з целюлози та геміцелюлози, вміст яких 50-92% та незначної кількості лігніну (4%). До складу розчинних волокон

входять геміцелюлоза, що ферментується, та пектин, у кількості 8-50% від загального вмісту волокон. Переважно у коренеплодах моркви зустрічаються прості цукри: сахароза, глюкоза, ксилоза та фруктоза з невеликою кількістю крохмалю. До складу пектину коренеплодів моркви входять арабінани, галактани, арабіногалактани, галактуронани та рамногалактуронани. У коренеплодах моркви дослідниками з Іспанії методом газової хроматографії були виявлені скілоїнозитол, седогептулоза, міо-інозитол та манітол [5].

На основі проведених досліджень та оптимізації окремих технологічних режимів запропоновано комплексну технологію переробки моркви, яка дозволяє отримати каротиновмісний порошок і морквяний концентрат. Суть цієї технології зводиться до того, що підготовлені коренеплоди моркви (помиті й очищені) із вмістом сухих речовин (СР) 10 %, подрібнювали на дробарці, бланшували парою протягом 10 хвилин, піддавали дії антиокислювачів та направляли на пресування. Таким чином здійснювали первинне розділення моркви на тверду й рідку фази. Після цього тверду фазу (вичавки із вмістом СР 15%) повторно обробляли антиоксидантами, висушували різними способами до вмісту вологи 6-7% й подрібнювали, а отримані порошки порівнювали між собою за якісними показниками. Оптимальним виявився спосіб НВЧ-сушіння, у результаті чого була одержана порошкоподібна харчова добавка з високим вмістом (3-каротину та харчових волокон. Рідку фазу - натуральний морквяний сік (СР-8,5%), можна вживати охолодженим при дієтотерапії, а можна використовувати в інших технологіях купажованих соків як корисний інгредієнт з високим вмістом каротиноїдів та β -каротину та пектинових речовин. Авторами запропоновано концентрування натурального морквяного соку, що дозволяє отримати продукт з високим вмістом сухих речовин (70%) та БАР. Така поліфункціональна добавка є бажаною для різних галузей харчової промисловості, так як крім β -каротину та барвників містить істотні кількості цукрів та пектинових речовин, які мають високу желюючу здатність [8].

Кожну з отриманих добавок порівнювали з існуючим класичним аналогом за органолептичними та фізико-хімічними показниками. Оцінюючи якісні показники та технологічні властивості, їх піддавали різним технологічним впливам. Так, морквяний порошок та концентрований морквяний сік були апробовані в технології виготовлення кондитерських та хлібобулочних виробів, що дало свій позитивний результат. У результаті цих випробувань можна відзначити порівняно високу стійкість отриманих продуктів і рекомендувати їх для використання в інших технологіях харчових продуктів як поліфункціональну збагачуючу добавку [23].

1.4 Способи отримання пектинового екстракту із рослинної сировини.

Пектин із різних джерел видобувається кількома поширеними методами. Зазвичай опубліковані показники ефективності цих методів визначалися за допомогою лабораторних установок, а оптимізація є важливою при масштабуванні до промислового виробництва. Змінні включали співвідношення твердої речовини та рідини, силу кислоти (якщо використовується), температуру/потужність (залежно від використовуваного методу), тривалість екстракції та метод осадження. Ці змінні не тільки впливають на вихід пектину, але також впливають на якість пектину з точки зору ступеня етерифікації (DE), молекулярної маси, складу, чистоти та кольору [38].

Попередня обробка агропромислових відходів зазвичай необхідна перед фактичним вилученням пектину. Деякі з цих процесів, хоча і необов'язкові, також значно сприяють якості та кількості остаточно вилученого пектину. По-перше, агропромислові відходи сортуються та очищаються для видалення небажаних матеріалів, змішаних із агропромисловими відходами, оскільки забруднювачі можуть знизити ефективність вилучення. Як правило, достатньо промивання водою або спиртом, але промивання кислотою може підвищити вихід пектину. Також рекомендується сушити сировину, оскільки надлишок води може знизити

силу розчинника, а отже, ефективність екстракції. Однак за тих самих умов екстракції Salam et al. виявили, що з сухої лимонної шкірки витягується менше пектину, ніж зі свіжої лимонної цедри, і суха цедра вимагає додаткового часу для регідратації [40].

Мацерація - це просто подрібнення матеріалів у дрібний порошок, щоб збільшити площу поверхні для екстракції [41]. Нещодавно було продемонстровано ефективність надтонкого помелу в покращенні вилучення пектину з соняшнику за рахунок покращення масообміну [45].

Традиційна екстракція пектину вимагає використання кислоти. Пектин також можна екстрагувати в лужних умовах, хоча вихід, як правило, набагато нижчий. Нагрівання сировини в підкисленому буфері з перемішуванням забезпечує гідроліз протопектину в пектин і розчинення пектину в буфері. У більшості випадків розчинники, що використовуються в нетрадиційних методах, також вимагають певного ступеня підкислення, щоб сприяти розчиненню пектину. Широко використовуються такі сильні мінеральні кислоти, як соляна кислота, азотна кислота, фосфорна кислота та сірчана кислота. Для органічних кислот зазвичай використовуються: оцтова, лимонна, щавлева та винна кислоти тощо [15]. Лимонна кислота є як кислотою, так і хелатоутворювачем, що володіє видатною ефективністю в екстракції пектину [36]. Наприклад, серед різних кислот (HNO_3 , HCl , H_2SO_4 , оцтова та лимонна кислоти), використаних у порівняльному дослідженні, лимонна кислота отримала найвищий вихід пектину (14,34%) з картопляної м'якоти, що еквівалентно понад 80% загального пектину. Однак, хоча хелатні агенти можуть бути корисними в цьому процесі, деякі з них може бути важко видалити після екстракції пектину. Хоча як мінеральні, так і органічні кислоти є ефективними, вибір кислоти зазвичай залежить від їх наявності, ефектів після обробки, бажаних властивостей і вимог до кінцевих продуктів. Іони кальцію необхідні для формування пектинової матриці в клітинній стінці, наявність хелатуючих агентів, таких як: лимонна кислота, щавлева кислота, оксалат амонію, гексаметафосфат натрію, етилендіамінтетраоцтова

кислота, може сприяти захопленню Ca^{2+} і вивільненню пектину [41]. Екстракційні розчинники, що містять хелатні агенти, можуть вилучати більшу кількість пектину, ніж кислотні розчини окремо [1].

Екстракція за допомогою ферментів. Принцип екстракції за допомогою ферментів полягає у використанні ферментів для руйнування матриці клітинної стінки для вивільнення пектину. Ферменти, які беруть участь у екстракції за допомогою ферментів, включають: целюлазу, геміцелюлазу, ксиланазу, пектиназу, α -амілазу, β -глюканазу, ендополігалактуроназу [42]. Хоча різні ферменти служать різним цілям, змішування різних ферментів разом може покращити швидкість і продуктивність вилучення пектину. Для ефективної екстракції пектину доступні комерційні мультиферментні суміші [42].

Екстракція за допомогою ферментів — це екологічне рішення для екстракції пектину, оскільки для цього потрібно менше хімікатів. Ще одна головна перевага екстракції за допомогою ферментів перед звичайною екстракцією пов'язана з економією енергії, оскільки екстракція зазвичай проводиться при нижчій температурі [43]. Однак цей метод вилучення, як правило, є більш дорогим і трудомістким, що збільшує загальну вартість видобутку в промислових масштабах.

Екстракція за допомогою мікрохвиль. Екстракція за допомогою мікрохвиль може значно скоротити період екстракції до хвилинного масштабу. Мікрохвильова піч нагріває зразок і розчинник за допомогою іонної провідності та обертання диполя [44]. Тепло, викликане мікрохвилями в матеріалах, за короткий проміжок часу спричиняє руйнування рослинних тканин і сприяє розчиненню пектину в навколишньому розчиннику. Мікрохвильова піч також може швидко денатурувати пектинази, які викликають розпад пектину. Однак якість пектину залежить від умов екстракції. Збільшення потужності мікрохвиль або тривалості опромінення може призвести до деградації пектину, що призведе до зниження виходу. Виявили, що при мікрохвильовій потужності 360 Вт вихід пектину з шкірки

кві збільшився з 10,48% при тривалості опромінення 1 хв до 17,79% при тривалості опромінення 3 хв. [44] З іншого боку, при мікрохвильовій потужності 600 Вт вихід пектину з шкірки кві знизився з 16,27% при тривалості опромінення 1 хв до 12,18% при тривалості опромінення 3 хв.

Екстракція за допомогою ультразвуку. Ультразвук відноситься до звукових хвиль із частотою, що виходить за межі людського чутливого діапазону, зазвичай, потрапляючи в діапазон 20–40 кГц для вилучення пектину. Опромінення сировини ультразвуком служило багатьом цілям. З одного боку, ультразвукове опромінення посилює руйнування клітин через кавітацію, таким чином піддаючи внутрішню структуру клітин впливу розчинника. З іншого боку, обробка ультразвуком також прискорює регідратацію сухих матеріалів, покращуючи проникнення розчинника [45]. Нагрівальний ефект ультразвукової вібрації також сприяє дифузії маси, покращуючи розчинення пектину в буферній системі [44]. Коли пектин екстрагували з апельсинової шкірки Navel у кислому середовищі при 30 °С, обробка ультразвуком значно підвищила вихід у 5-10 разів залежно від рН розчину та робочого циклу обробки ультразвуком [42].

Субкритичний відбір води. Вода з температурою вище точки кипіння (100 °С) під високим тиском називається субкритичною водою. За таких умов вода поводить себе більше як менш полярний розчинник через зменшення діелектричної проникності [41]. Висока температура також зменшує поверхневий натяг і покращує дифузю докритичної води. Таким чином, підкритична вода може сприяти вилученню пектину з відходів агропромислового виробництва. Однак, з одного боку, розкладання пектину відбувається, коли температура екстракції перевищує певний температурний поріг, і цей поріг залежить від складу пектину, що міститься в сировині. Небажані реакції Майяра також можуть відбуватися при високих температурах, що призводить до потемніння пектину. Однак розчинність інших клітинних компонентів (домішок) також збільшиться разом із

покращеним вилученням пектину. Отже, оптимальну температуру екстракції для різних матеріалів необхідно визначати емпірично [43].

Метод вуглекислого газу під тиском і деіонізованої води. Було розроблено новий метод екстракції, враховуючи, що вуглекислий газ під тиском може як підкислювати воду, так і генерувати карбонатний іон (CO_3^{2-}), природний хелат Ca^{2+} [44]. З'ясували, що хоча метод із вуглекислим газом під тиском має нижчу ефективність у вилученні пектину з апельсинової шкірки, у порівнянні з соляною кислотою (HCl) і хелатуючим агентом (гексаметафосфатом натрію) він генерує пектин із вищою концентрацією.

Обробка після екстракції. Після розчинення пектину в буфері/розчиннику його потрібно зібрати та очистити перед подальшим застосуванням. Основна мета полягає в тому, щоб видалити або нейтралізувати хімічні речовини, змішані з пектином, і видалити/замінити буфер/розчинник. Найпростіший і поширений спосіб - це вилучити пектин шляхом осадження спиртом. Після фільтрації твердої речовини з екстракту розчинений пектин слід осадити шляхом змішування розчиненого пектину з етанолом [6]. Для осадження пектину достатньо концентрації 60% етанолу. За даними [7], збільшення концентрації етанолу не призвело до збільшення виходу пектину. Осад пектину можна зібрати шляхом фільтрування або центрифугування. Для отримання чистого пектину необхідні подальші етапи промивання з використанням різних концентрацій етанолу. Окрім етанолу, для процесу осадження також можна використовувати метанол та ізопропанол, але з огляду на токсичність етанол буде найкращим вибором.

1.5 Застосування пектинових екстрактів у харчовій промисловості.

Будучи природним полісахаридним компонентом первинних клітинних стінок рослин, пектин пропонує привабливу альтернативу синтетичним полімерам завдяки їх поновлюваному джерелу (відходи біомаси), нетоксичності, низькій вартості та біосумісності і [2]. З моменту його комерційного виробництва на початку 20-го століття пектин

використовувався в багатьох сферах харчової промисловості як гелеутворювач, засіб для збільшення в'язкості, мікро- та нанокапсулюючий агент, як плівка/покриття для свіжих фруктів і овочів, а також емульгатор [3]. Як гелеутворювач, ступінь метилювання впливає на його гелеутворювальні властивості: низький метоксипектин утворює гель у присутності двовалентних катіонів, а рН коливається від 2 до 9,50, тоді як гелеутворення з високим вмістом метоксипектину вимагає високих концентрацій цукру та кислотності (рН 2,50–3,50) М. Однак вибір пектину також залежить від бажаного продукту, такого як джеми, желе та фруктові соки. Пектин, отриманий із цитрусових і яблук, використовується завдяки його гелеутворюючим властивостям, тоді як пектин з інших рослинних тканин, таких як цукровий буряк і бамія, є кращим за його емульгуючі властивості. Здатність пектину до емульгування пов'язана з його високим вмістом ацетилу, фрагментами ферулової кислоти, ковалентно зв'язаними білками та збагаченням сегментів RG I [26]. Текстура харчових продуктів досягається шляхом використання амідованого пектину з високим, низьким і низьким вмістом складних ефірів. Вибір пектину залежить від різних параметрів, включаючи розчинні тверді речовини та вміст кальцію тощо. Інше застосування в харчових продуктах включає інкапсуляцію активних речовин, таких як альфа-токоферол, риб'ячий жир, та D-лімонен [24]. Інкапсуляція використовується для захисту біологічно активного матеріалу та продовження терміну його зберігання за допомогою нанесення полімерного покриття [33]. Цей механізм інкапсуляції використовується в різних галузях, таких як харчова, медицина та текстильна промисловість.

1.6 Лікувальні властивості пектинового екстракту.

Пектин не перетравлюється і не поглинається в організмі людини, але він взаємодіє з корисними бактеріями в товстому кишечнику, надаючи пребіотичні властивості. Кишкова мікробіота ферментує пектин і вивільняє вторинні метаболіти, які сприяють користі для здоров'я [1]. Як зазначалося

раніше, повідомлялось про позитивний вплив використання пектину на здоров'я, включаючи профілактику алергії та запальних захворювань, допомогу в лікуванні раку [40], зниження рівня цукру в крові та рівня холестерину. Крім того, застосування пектину включає контрольовану доставку екзогенних нутрицевтиків або ліків за допомогою технології емульсії або гідрогелю. Це ґрунтується на біосумісності пектину, механізмі гелеутворення в кислих умовах, мікробній деградації в шлунково-кишковому тракті та його здатності іммобілізувати ліки, гени та білки для продовження часу утримання та покращення результатів лікування [42]. Крім того, гідрогелі показали свою придатність для іммобілізації ферментів для розробки біосенсорів. Гідрогелі можуть стабілізувати ферменти та забезпечувати захист від екстремальних робочих умов (рН і тепла) [46].

Пектин також має застосування в тканинній інженерії, оскільки ним можна маніпулювати для отримання 3-D матриць або каркасів. Тривимірні матриці на основі пектину діють як підтримка для доставки біоактивних сполук і сприяють реконструкції тканин. Використання пектину в інженерії кісткової тканини було предметом численних досліджень завдяки його біорозкладаності, біосумісності та здатності імітувати позаклітинний матрикс. Інші біомедичні застосування включають використання пектину в генній терапії та полімерних плівках [47]. Генна терапія спрямована на заміну дефектних генів або придушення експресії певного гена, який може викликати небажаний ефект. Полімерні наночастинки можуть запропонувати контрольоване вивільнення генів або ліків не тільки в цільовому місці, але й залежно від часу [48]. Доставка ліків досягається шляхом захоплення біомолекул/терапевтичних засобів внутрішньою структурою наночастинок або іммобілізації на зовнішніх поверхнях наночастинок. Полімерні наночастинки — це склади на основі пектину разом з іншими матеріалами, щоб уникнути передчасного вивільнення ліків через наявність у пектині гідрофільних функціональних груп [48]. Інші переваги полімерних наночастинок включають підвищення ефективності доставки ліків або генів,

проникнення в клітини шляхом ендоцитозу та уникнення очищення фагоцитами [43]. Полімерні плівки, такі як гідрогелеві, використовувалися на ранах або виразках, щоб запобігти бактеріальним інфекціям, підтримувати належне середовище загоєння, підтримувати аутолітичну обробку ран і вивільнення ліків для сприяння загоєнню ран [38]. Гідрогелі також можна пристосувати для доставки специфічних антибіотиків для лікування інфекції та зняття запалення протизапальними засобами та антиоксидантами [39].

Кілька досліджень показали, що адсорбційні властивості, адсорбційна здатність і селективність пектину щодо важких металів залежать від джерела пектину. Загалом пектин може зв'язувати важкі метали залежно від їх структури. Спорідненість пектину до іонів важких металів була оцінена за допомогою наступної послідовності селективності: $Pb^{2+} > Cu^{2+} > Co^{2+} > Ni^{2+} > Zn^{2+} > Cd^{2+}$. Інші дослідження підтвердили високу спорідненість пектину цукрових буряків до іонів Pb^{2+} і Cu^{2+} [32]. Пектин, отриманий із цитрусових, яблук і винограду, оцінювався як біосорбенти для видалення кадмію [15]. Однак застосування пектину як адсорбенту важких металів має деякі обмеження, оскільки навіть пектин з одного джерела може мати різну адсорбційну здатність через використання різних методів екстракції. Цей факт спостерігався для цитрусового пектину та його адсорбційної здатності Pb^{2+} [15,17]. Крім того, за взаємодією між пектином і важкими металами можуть стояти різні механізми. Утворення специфічних областей зв'язування, структур, подібних до яйцеподібної коробки, відіграє ключову роль у запропонованому механізмі. У цьому процесі вільні карбоксильні групи D-галактуронової кислоти пектину є місцями зв'язування, що дозволяє утворювати зв'язки з важкими металами.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Об'єкти дослідження.

Під час проведення лабораторних досліджень як об'єкти досліджень використовували:

- морквяні вичавки– побічний продукт після видалення соку із моркви;
- пектиновий екстракт з морквяних вичавок;
- пектин морквяний.

2.2 Методи дослідження пектинових екстрактів.

Методика визначення вмісту пектину. Зважують 15 г пектиновмісної сировини, поміщають у колбу і додають 75 мл дистильованої води за температури 30...40 °С і залишають для набухання 15...20 хв. Потім додають 250 мл 0,1 н розчину соляної кислоти, рН суміші 1,8...2,0. Колби нагрівають на водяній бані до 80...85 °С і витримують протягом 45...60 хв.

Після проведення процесу гідролізу колби охолоджують до 50 °С і розділяють гідролізну суміш на фільтрувальних серветках. Пектиновий екстракт нейтралізують 0,1 н розчином гідроксиду натрію до рН 4,0-4,5.

У хімічний стакан об'ємом 200...300 мл наливають 90 мл етилового спирту міцністю не менше як 96 % об., а потім тоненькою цівкою при повільному перемішуванні – 30 мл пектинового екстракту. Суміш залишають у спокої на 0,5 год для формування осаду пектину. Далі осад відокремлюють від водно-спиртового розчину фільтруванням. Осад на фільтрувальному папері ретельно віджимають. Фільтрувальний папір попередньо зважують, а потім кладуть у сушильну шафу і висушують до постійної маси при температурі 60...70 °С. Сухий фільтрувальний папір зважують з точністю до 0,01 г і розраховують вміст пектину.

Визначення вмісту сухих розчинних речовин. Визначення здійснюють рефрактометрично.

Визначення рН екстракту. Активну кислотність екстракту визначають за допомогою рН-метра за температури 20 °С.

2.3 Визначення якісних показників пектину

Визначення рН 1%-вого розчину пектину. Активну кислотність розчину пектину визначають за допомогою рН-метра за температури 20 °С.

Визначення ступеня етерифікації пектину. Наважку пектину 0,5 г поміщають у конічну колбу місткістю 300 см³ змочують етиловим спиртом та доводять об'єм проби дистильованою водою до 100 см³. Колбу щільно закривають і струшують вміст до повного розчинення пектину. Пробу титрують 0,1 моль/дм³ розчином гідроксиду натрію, додаючи шість крапель змішаного індикатору Хінтона до рожевого забарвлення, яке не зникає протягом 30 с. Враховують об'єм затраченого розчину гідроксиду натрію. Потім додають 50 мл того самого розчину гідроксиду натрію, щільно закривають колбу і залишають на 1 год. для омилення етерифікованих карбоксильних груп. Після цього до розчину додають піпеткою 50 мл 0,1 моль/дм³ розчину соляної кислоти, а її залишок знову відтитровують розчином гідроксидом натрію.

Ступінь етерифікації Е у відсотках обчислюють за формулою:

$$E = 100V_2 / (V_1 + V_2) ,$$

де V_1 – об'єм 0,1 моль/дм³ розчину гідроксиду натрію, який використовується на перше титрування, мл; V_2 – об'єм 0,1 моль/дм³ розчину гідроксиду натрію, який використовується на друге титрування, мл; 100 – коефіцієнт перерахування у відсотки.

За кінцевий результат приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних вимірювань, підрахованих з точністю до другого знака.

Визначення масової частки поліуронідів. Метод засновано на визначенні масової частки поліуронідів за титрами вільних і відповідно етерифікованих кілець полігалактуронової кислоти, визначених за розчином гідроксиду натрію.

Діапазон вимірювання становить від 20 % до 50 %.

Масову частку поліуронідів ω у відсотках обчислюють за формулою:

$$\acute{\omega} = (1,76 V_1 + 1,9 V_2) 100 / V,$$

де 1,76 і 1,9 – титри відповідно етерифікованих кілець полігалактуранової кислоти, визначених за розчином гідроксиду натрію концентрацією 0,1 моль/дм³; V₁ – об'єм 0,1 моль/дм³ розчину гідроксиду натрію, який використовується на перше титрування, мл; V₂ – об'єм 0,1 моль/дм³ розчину гідроксиду натрію, який використовується на друге титрування, мл; V – об'єм дослідної проби, мл; 100 – коефіцієнт перерахування у

Визначення міцності пектинових драглів за методом Сосновського

Міцність драглів вимірюють за зусиллям, яке потрібно, щоб пробити драглі товщиною 10 мм.

Зважений з точністю до 0,01 г досліджуваний порошок пектину масою 4 г розчиняють при перемішуванні в 120 мл дистильованої води. Щоб запобігти утворенню грудок пектину при розчиненні його у воді, рекомендується заздалегідь змочити наважку пектину однаковою кількістю етилового спирту або змішати з п'ятикратною кількістю цукрового піску.

Колоїдний розчин кількісно переносять у ємкість з нержавіючої сталі, додають 130 г цукру за винятком тієї кількості, яку взято для розчинення пектину. Суміш перемішують і уварюють до вмісту сухих речовин 70% за рефрактометром. Тривалість уварювання має не перевищувати 10 хв. Після закінчення варіння в гарячу масу додають 4...5 мл 50% розчину лимонної кислоти, рН одержаної маси має бути (2,8...2,9)±0,05. Масою заповнюють три Посудини приладу Сосновського, частину, що залишилась, розливають у мармеладні форми для визначення швидкості драглеутворювання (часу, після закінчення якого мармелад легко вибирається з форми).

Розчин в кількості, трохи більшій за місткість посудини, заливають у посудину. Меніск, який утворився, зрізують покривним диском. При цьому маса драглів, яка відповідає місткості посудини, становить близько 10 г, товщина зразка — 1 мм. Посудину щільно загвинчують кришкою, щоб захистити зразок, який заповнює прилад, від висихання і утворення плівки на

верхній та нижній поверхнях. Площа отвору, крізь який проводиться розрив, є сталою і становить 0,2 см (при діаметрі отвору 5 мм).

Прилад Сосновського поміщають у водяну баню температурою 20 °С і витримують 2 год. Рівень води у бані має бути на .4 мм нижчий за верхній отвір приладу. Після цього прилад виймають з бані, з кришки і основи витягають пробки. Нижній отвір приєднують гумовою трубкою до вакуум-насосу і манометра через запобіжний уловлювач, яким може бути випробувана під вакуумом тонкостінна колба чи колба Бунзена. Потім вмикають вакуум-насос і фіксують покази манометра в момент пробивання драглів (цей момент фіксується за звуком).

Міцність пектинових драглів виражають у мм рт. ст. за показниками манометра або у г/см; 1 мм рт. ст. відповідає зусиллю, яке дорівнює 1,32 г/см або 0,133 кПа.

Визначення комплексотвірної здатності пектину. Суть методу полягає у тому, що визначену кількість пектину обробляють стандартним розчином свинцю.

У мірну колбу насипаємо порошок (пектин), додаємо 25 см³ 0,035 н Pb(NO₃)₂. Злегка підігріваємо 10-15 хв. Пектин зв'язує частину Pb. Порошок відфільтровуємо через червоний фільтр і промиваємо дистильованою водою до відсутності Pb⁺⁺ в промивній воді по Na₂S.

Фільтрат збираємо в мірну колбу на 200-250 см³ і відтитруємо вміст Pb⁺⁺ або прямим титруванням з еріохромом чорним, або оберненим з ZnSO₄.

Для визначення свинцю (II) трилоном Б використовується метод зворотного титрування аліквоти свинцю (II) стандартним розчином сульфату цинку. До аліквоти свинцю (II) попередньо доливають надлишкову кількість стандартного розчину трилону Б. Стандартний розчин сульфату цинку готують розведенням відповідної наважки солі ZnSO₄ · 7H₂O в дистильованій воді з розрахунку 0,05 н концентрації. Титр розчину сульфату цинку встановлюють за 0,05 н розчином трилону Б, виготовленого з фіксаналу.

Нормальність аналізованого розчину свинцю встановлюють так: відбирають піпеткою в титрувальну колбу місткістю 10...20 см³ розчин, що містить свинець, доливають 10...20 см³ 0,05 н розчину трилону Б, 15 см³ аміачного буфера і 1 см³ індикатора еріохрому чорного Т далі титрують стандартним розчином сульфату цинку до переходу забарвлення індикатора від синього до бузкового.

Розрахунки виконують за формулою:

Нормальність розчину, що містить свинець,

$$N_{Pb} = \frac{N_{Tp} \times V_{Tp} - N_{Zn} \times V_{Zn}}{V_{Pb}},$$

де N_{Tp} , V_{Tp} – відповідно нормальність та об'єм стандартного розчину трилону Б, який додається до аліквотного розчину, що містить свинець; N_{Zn} , V_{Zn} – відповідно нормальність і об'єм стандартного розчину сульфату цинку; V_{Pb} – об'єм аліквотного розчину, що містить свинець;

Маса свинцю в розчині m_{Pb} , г:

$$m_{Pb} = \frac{N_{Pb} \times E_{Pb} \times V_{заг}}{1000},$$

де E_{Pb} – еквівалентна маса свинцю (II), яка дорівнює 103,6 г; $V_{заг}$ – загальний об'єм розчину, що містить свинець.

Комплексотвірна здатність (КЗ) пектинового екстракту, мг Pb²⁺/мл:

$$КЗ = \frac{m_{Pb} \times 1000}{W_n},$$

де W_n – кількість пектину.

РОЗДІЛ 3. ОТРИМАННЯ МОРКВЯНОГО ПЕКТИНОВОГО ЕКСТРАКТУ НА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ

3.1 Характеристика різних сортів моркви як пектиновмісної сировини.

Рід Морква належить до родини Селерових (типовий рід *Ariaceae* Lindl., *Umbelliferae* Juss.) і представлена двома підвидами: західним (*Subsp. occidentalis* Rubasch.) і східним (*Subsp. orientalis* Setch.). В Європі поширений західний підвид, який включає такі різновиди дикої і культурної моркви: *var. albus* Alef. – морква європейська біла, *var. Sulfureus* Alef. – морква європейська жовта (ксантофілова), *var. atrorubrus* Alef. – морква європейська оранжева (каротинова).

В Україні найбільш поширеною є *var. Aurantius* західного підвиду. За ознакою форми і розміру коренеплоду виділяють три групи сортотипів: конічна, циліндрична й овальна. Група сортотипів конічна об'єднує сортотипи Амагер, Валерія, Геранда, Шантене і представлена великою кількістю сортів моркви вітчизняної та іноземної селекції.

Коренеплоди моркви на 88% складаються з води, на 7% – з вуглеводів, на 3% – з рослинних волокон, на 1% – з білку.

Вміст рослинних волокон варіюється між сортами, а також під час обробки та зберігання коренеплодів моркви. За даними різних джерел коренеплоди моркви містять 2,5-6,5% рослинних волокон. Нерозчинні волокна складаються переважно з целюлози та геміцелюлози, вміст яких 50-92% та незначної кількості лігніну (4%). До складу розчинних волокон входять геміцелюлоза пектин, у кількості 8-50% від загального вмісту волокон. Переважно у коренеплодах моркви зустрічаються прості цукри: сахароза, глюкоза, ксилоза та фруктоза з невеликою кількістю крохмалю. До складу пектину коренеплодів моркви входять арабінани, галактани, арабіногалактани, галактуронани та рамногалактуронани.

У коренеплодах моркви містяться вітаміни групи В, зокрема, тіамін, рибофлавін, ніацин, фолієва та пантотенова кислоти, а також вітаміни Е та С.

Каротиноїди відповідають за оранжевий, жовтий та червоний кольори коренеплодів. У коренеплодах моркви ідентифіковано α -, β -, γ - та ζ -каротин, β -зеакаротин, лікопін, лютеїн. Домінуючими сполуками у коренеплодах моркви, які відносяться до каротиноїдів, є α -каротин (13-40%) та β -каротин (45-80%).

Відомо, що калій – найпоширеніший елемент моркви, його вміст у коренеплодах оранжевого, жовтого, білого та фіолетового кольорів широко варіюється (від 443,0 мг/100 г до 758,0 мг/100 г у свіжій сировині). Вміст купруму, кальцію та цинку менше змінюється в залежності від сорту моркви. Також слід відзначити, що зі збільшенням вмісту кальцію збільшується і вміст феруму у коренеплодах моркви. У коренеплодах моркви міститься молібден, який дуже рідко зустрічається в овочах.

У коренеплодах моркви містяться бурштинова, гліколева, α -кетоглутарова кислоти. Серед фенольних кислот у коренеплодах моркви ідентифіковано хлорогенову, кофейну, ферулову, *p*-бензойну, *p*-кумарову, коричну кислоти, а також похідні, які утворилися шляхом їх етерифікації з хінною кислотою.

Хімічний склад моркви посівної представлений вуглеводами, леткими сполуками, речовинами фенольної природи, поліацетиленами. Численними дослідженнями, що проведені закордонними вченими, виявлено позитивний вплив комплексних та індивідуальних засобів на основі моркви посівної на шлунково-кишковий тракт, нервову, сечостатеву, серцево-судинну, ендокринну системи. Відсутність системного вивчення хімічного складу сировини моркви посівної, використання в кулінарії та народній медицині, широкий спектр потенційної біологічної активності та відсутність лікарських рослинних засобів на її основі на ринку України робить дану рослину перспективним об'єктом для ретельного вивчення.

Проведені дослідження вмісту пектинових речовин в коренеплодах моркви різних сортів, Для вилучення пектинових речовин з вичавок моркви досліджували процес гідролізу 0.3 н розчином HCl за температури 95⁰C, pH

2.5 протягом 80 хв. Результати дослідження по вилученню пектинових речовин із вичавок різних сортів моркви приведено на рис. 3.1.

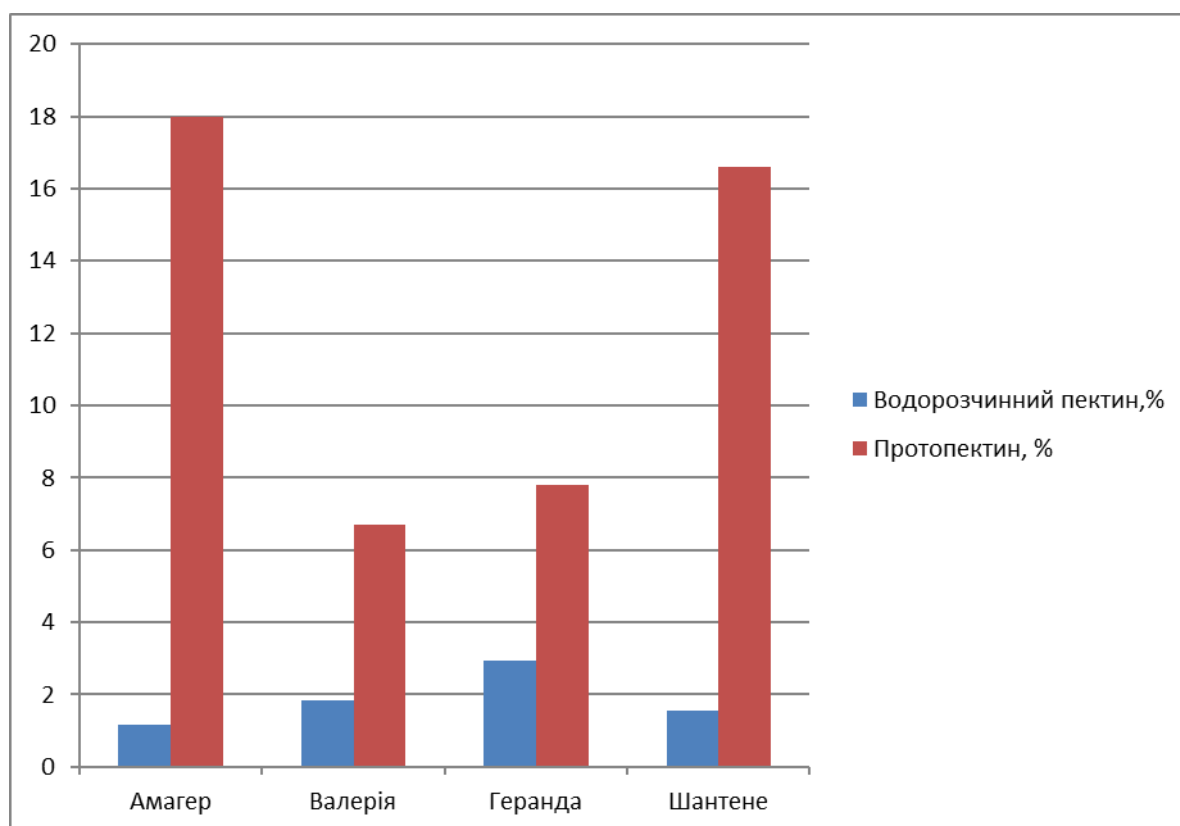


Рис.3.1 Вміст пектинових речовин у моркви різних сортів

Проаналізувавши отримані експериментальні дані, можна зробити висновок, що найкращою сировиною для отримання пектинових речовин, доцільно використовувати сорт Амагер, протопектин в якому складає 18.1 %, і Шантене горійську, в якій вміст протопектину складає 16.7%. Два інші зразка характеризуються меншим вмістом протопектину, але з значною кількістю водорозчинного пектину. Сорти з високим вмістом протопектину вибрані для подальших досліджень.

3.2 Дослідження процесу гідроліза протопектину вичавок моркви.

3.2.1 Вибір гідролітичного чинника.

Виходячи з основних положень гідролізу і умов його проведення та з урахуванням вимог до якості пектинового екстракту, проведені дослідження процесу гідролітичного розщеплення протопектину морквяних вичавок.

Гідроліз протопектину є внутрішнім процесом і залежить від температури, тривалості процесу і показника рН середовища. Від співвідношення витрати маси твердої та рідкої фаз і форм частинок сировини процес гідролізу не залежить. В залежності від підготовки та глибини проведення гідролізу пектиновмісної сировини змінюється молекулярна маса пектину, ступінь етерифікації, а також його здатність до гелеутворення і комплексоутворення. Щоб досягти максимального ступеню гідролізу (C_T) можна змінювати температуру, рН середовища та тривалість процесу гідролізу.

Встановлено, що при підвищенні температури збільшується не тільки ступінь гідролізу, але й швидкість процесу. Так, при зміні температури від 70° С до 80° С константа гідролізу зростає приблизно в три рази, максимальний ступінь гідролізу – за температури 90° С. Однак при такій температурі погіршуються якісні показники пектину із-за термічної деструкції пектинових речовин.

Для створення необхідного рН середовища використовуються різні органічні і неорганічні кислоти, вибір яких обумовлювався тим, що в малих концентраціях вони утворюють низькі значення рН середовища: соляна, фосфорна, азотна і лимонна кислоти. Гідроліз проводили при однакових значеннях рН = 1,5 протягом 1,5 год при температурі 85⁰С.

В якості гідролітичного агента була вибрана соляна кислота, тому що вона найбільш реакційно здатна в порівнянні з іншими кислотами. Гідроліз проводили за температури 85⁰С протягом 1,5. Концентрацію кислоти змінювали від 0,25 до 0,35%. Через кожні двадцять хвилин в гідролізованій суміші визначали концентрацію пектину. По закінченні процесу визначили

загальний вміст пектину. Досліджено, що при підвищенні концентрації соляної кислоти, вміст протопектину в сировині знижується. Так, при концентрації кислоти 0,25% - 0,30% вміст протопектину в сировині складає відповідно 1,79 і 1,66. При більш високій концентрації соляної кислоти 0,35% вміст протопектину знижується до 1,42%. Таким чином, зміна рН середовища забезпечує можливість глибокого вилучення пектинових речовин сировини без погіршення її якості.

Але зважаючи на те, що соляна кислота не належить до харчових кислот, було досліджено ряд інших кислот як гідролітичних чинників. Найкращі результати по вилученню пектинових речовин отримали за допомогою використання фосфорної і лимонної кислот, а також їх суміші.

Дослідження ступеню гідролізу проводилися з різною сировиною, при цьому гідроліз при постійних значеннях: показника рН середовища 2,1, за температури 80° С та тривалості процесу – 120 хв. Досліджено ступінь гідролізу протопектину лимонною кислотою з концентрацією 2,0 %, що відповідає рН середовища 2,1.

На рис. 3.1 показані ступені гідролізу підготовленої морквяної сировини при її гідролізі лимонною, фосфорною кислотою та їх сумішшю у співвідношенні 1:0,5.

Результати досліджень гідролізу протопектину морквяної та бурякової підготовленої сировини сумішшю харчових кислот різної концентрації показують, що найбільш ефективно використовувати суміш кислот концентрацією 1 % лимонної та 0,5 % фосфорної. При такому співвідношенню кислот ступінь гідролізу протопектину для морквяної сировини становить 89 %.

Отже, попередні дослідження показали, що процес гідролізу залежить не тільки від температури, рН середовища, тривалості і способу підготовки сировини, а також і від природи гідролітичного чинника.

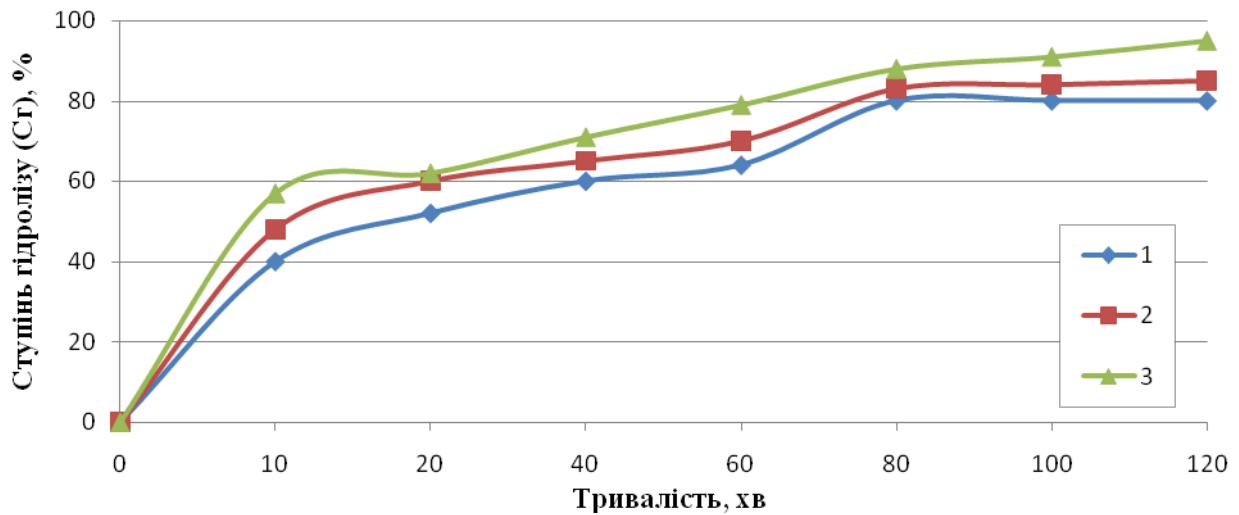


Рис. 3.2 – Залежність ступеню гідролізу підготовленої морквяної сировини від тривалості процесу гідролітичного розчеплення пектину: 1 - лимонною кислотою; 2 - сумішшю лимонної та фосфорної кислот у співвідношенні 1:0,5; 3 - фосфорною кислотою.

Визначення констант швидкості гідролізу протопектину. Основною технологічною задачею процесу хімічної деструкції протопектину є досягнення найбільш високого ступеня гідролізу при мінімальній тривалості і деполімеризації пектинових речовин. Одним із лімітуючих факторів процесу вилучення пектину є швидкість проникнення гідролітичного чинника в рослинну тканину шляхом дифузії у випадку коли рослинна тканина піддавалася набуханню, і за рахунок дифузії і сорбції у випадку, коли тканина знаходиться у частковій або повній гідратації, В такому випадку часткової гідратації сухої пектиновмісної сировини проникнення гідролітичного чинника в рослинну тканину має сорбційний характер.

По закінченню процесу гідролізу протопектину із рослинної тканини її можна розглядати як тіло з порами, які заповнені пектиновим розчином. Виникнення градієнту концентрацій між розчином в середині тканини та зовні тканини приводить до руху молекул в напрямленні з поверхні частинки в рідку фазу.

Експериментальні дані по кінетиці гідролізу екстрагуванні пектиновмісної сировини (морквяні вичавки) харчовими кислотами (лимонної, фосфорної та суміші лимонної з фосфорною) проводили при рН середовища 1,5...2,1, за температури 80° С, гідромодулі 1:25 та тривалістю 120 хв., з метою встановлення констант швидкості реакції гідролітичного розщеплення протопектину. Порядок реакції був визначений встановленням залежності логарифма концентрації від часу реакції, яка описується рівнянням першого порядку. Тому для розрахунку констант швидкості цього процесу використовується рівняння:

$$K_r = \frac{1}{\tau} \ln \frac{A}{A-X}$$

де А – початкова кількість речовини (пектину) в сировині; Х – кількість речовини, яка прореагувала за даний момент часу; τ – тривалість реакції гідролізу.

Результати досліджень констант швидкості гідролізу харчовими кислотами та їх сумішшю наведено в табл. 3.1 за температури 80° С протягом певних періодів часу. Дані табл.3.1 демонструють, що найбільша константа швидкості реакції спостерігається для морквяних вичавок, гідролізованих фосфорною та сумішшю лимонної з фосфорною кислот.

Одним з способів активування молекул є підвищення температури. Відомо, що швидкість хімічних реакцій з підвищенням температури різко зростає. Згідно закону Вант-Гоффа при нагріванні на 10° С константа швидкості збільшується 2...4 рази. В табл. 4.7 наведено результати розрахунку константи швидкості гідролізу-екстрагування пектинових речовин із морквяних вичавок з вмістом пектину 17,36 % (до сухої маси).

Отримані вище дані обумовлювалися: для гетерогенних реакцій температурний коефіцієнт швидкості завжди нижче, чим для гомогенних, тому

що при цьому додається вплив інших факторів, і найбільш повільною стадією процесу є не сама хімічна реакція, а процес дифузії, її адсорбції та ін.

Таблиця 3.1- Константи швидкості гідролізу протопектину морквяної сировини за температури середовища 80° С із застосуванням різних кислот

Тривалість, хв	Константи гідролізу (K_r , 1/хв.)		
	Лимонна кислота, рН=2,1	Лимонна і фосфорна кислоти рН=1,8	Фосфорна кислота рН=1,5
7	0,170467	0,06503	0,118757
20	0,042307	0,035262	0,033517
40	0,022141	0,022998	0,026832
60	0,017238	0,017985	0,028479
80	0,018101	0,025949	0,026014
120	0,01376	0,022915	0,026639
Середнє	0,007051	0,03169	0,043373

Відповідно константа швидкості гідролізу пектинових речовин в рослинній сировині із збільшенням температури зростає, але не рівномірно, хоча загальна тенденція, описана Вант-Гоффом, зберігається.

3.2.2 Дослідження впливу температури, рН на процес гідролізу.

Існують різні фактори впливу, від яких залежить процес гідролізу. Їх дотримання забезпечить максимальний вихід пектину з високою якістю.

Існують розроблені схеми отримання пектинового екстракту з використання в якості екстрагента молочної, лимонної, винної, фосфорної і соляної кислот. Даний гідроліз - екстрагування пектинових речовин проводили при наступних параметрах: температура 85 – 95⁰С; рН середовище

в інтервалі з 2.9 до 3.5, тривалість 130 хв. В якості екстрагента використовували лимонну кислоту. Під час проведення досліду за початок відліку було взято 30 хв, лише змінювали значення рН екстрагента в широких межах.

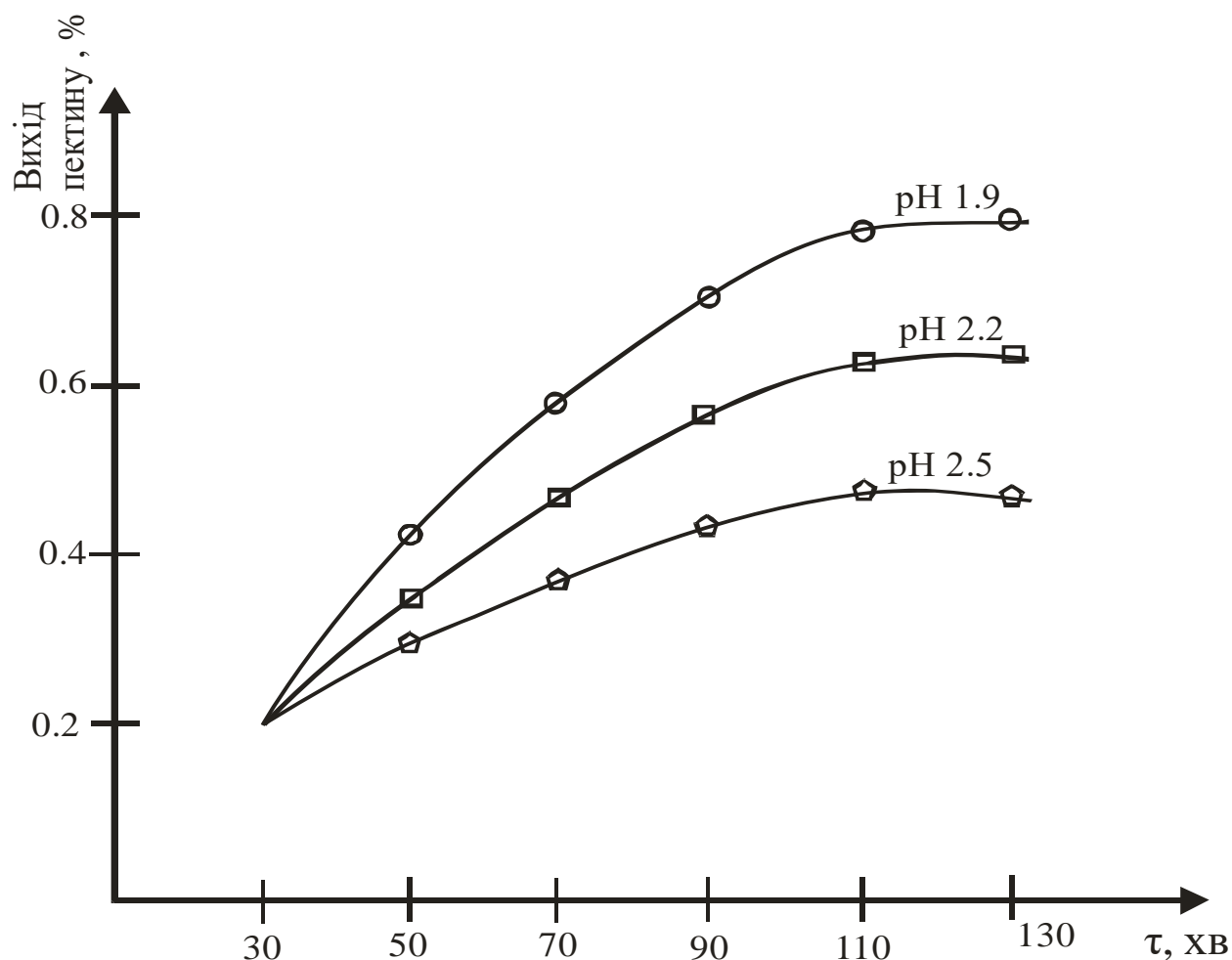


Рис. 3.3 Залежність виходу пектину від тривалості процесу гідролізу за різних значень рН

Значення, які ми отримали, пояснюють те, що чим нижче значення рН середовища тим ефективніше буде відбуватися вилучення пектинових речовин. Так при рН 1.9 – вихід становить 0.81%, а при рН 2.5 – 0.51%. Подальше збільшення протікання процесу є недоцільним, тому що вихід збільшується в незначній кількості, а якість пектину в наслідок деструкції пектинових молекул може погіршитися.

Тому при таких значеннях рН 2.5, протягом 130 хв вихід максимальний, і ці параметри проведення процесу є оптимальними.

На рис. 3.4 представлені залежності накопичення пектинових речовин від рН середовища.

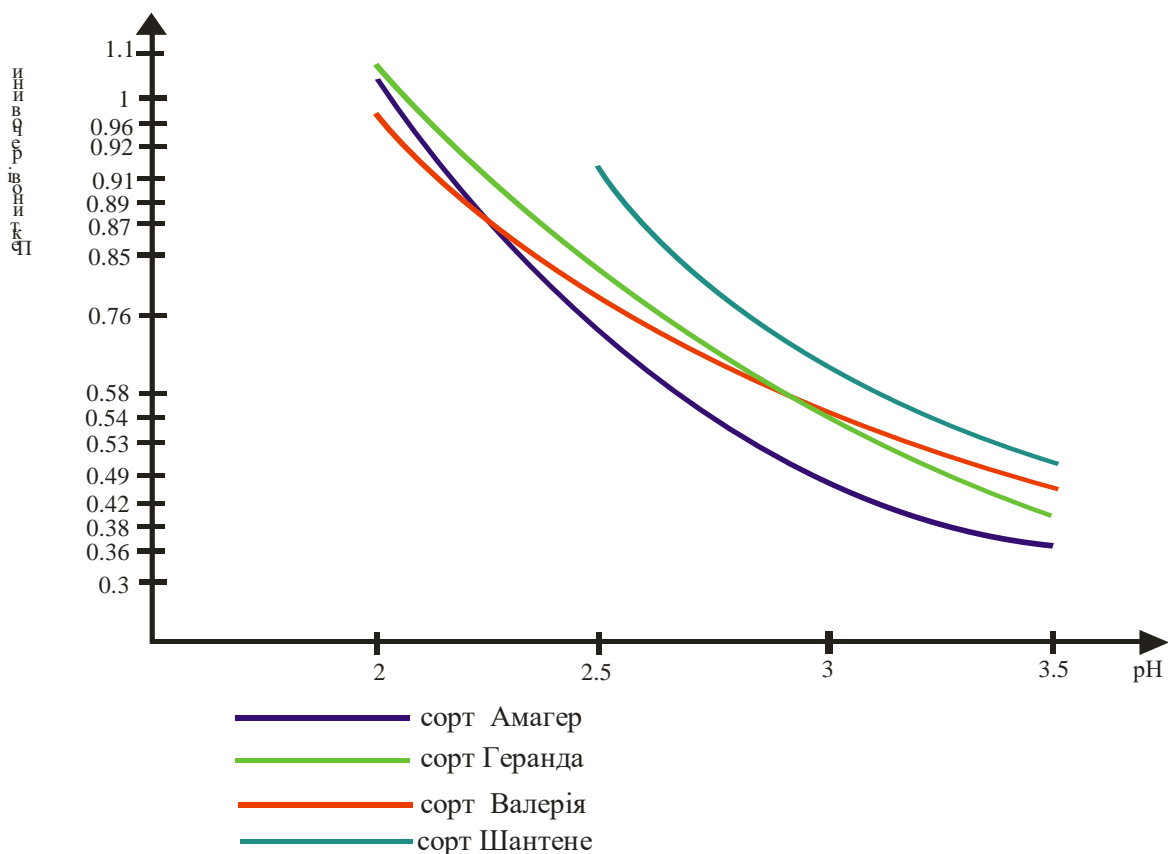


Рис. 3.4 Залежність виходу пектину від рН середовища

Вилучення пектинових речовин із вичавок моркви залежить від зміни рН, і ступінь вилучення найвищий при рН 2, кількість вилученого пектину становить 0.3-1.1%.

3.3 Визначення якісних показників пектинових екстрактів.

3.3.1 Визначення вмісту СР і ПР в екстракті.

Експеримент полягає у визначенні вмісту накопичених сухих речовин від тривалості проведення процесу. По даним зазначених по графіку видно, що при збільшенні тривалості проведення процесу збільшується накопичення сухих речовин в розчині. Так при 70 хв. сухі речовини будуть мати максимальне значення 5. Відбувається поступове накопичення сухих речовин, що важливо при подальшому його використанні. Зазначимо, що після проходження кожних 10 хв. в розчині збільшувались сухі речовини приблизно на 0.51%, а починаючи з 50 хв. їх вміст зростає на 1 одиницю і в кінці гідролізу становить 5.1%. Після 70 хв. гідролізу сухі речовини змінюються в незначній кількості і становить 5.6%.

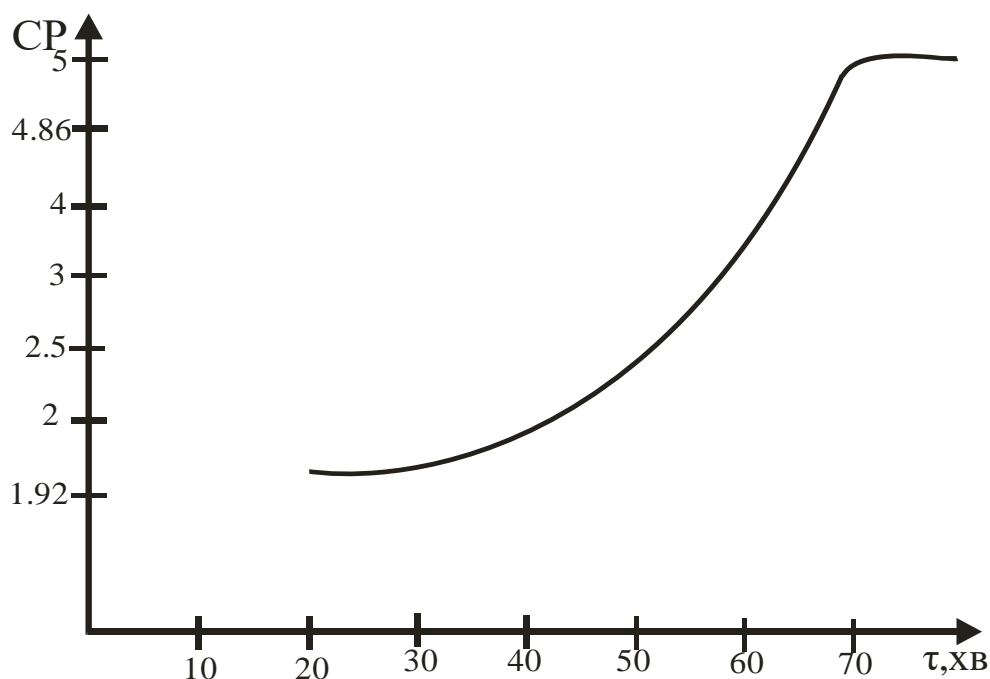


Рис 3.5 Залежність накопичення сухих речовин від тривалості процесу гідролізу – екстрагування

Експериментальні дані відображають залежність виходу пектинових речовин і накопичення сухих речовин від зміни рН середовища в межах 2;

2.5; 3; 3.5. Найкращі значення отримали при рН 2, тому що кисле середовище є сприятливим для вилучення і накопичення пектинових речовин і сухих речовин. Проміжок значень рН 2.5 – 3 показало значно менше вилучення, а при рН 3.5 - недоцільно використовувати. Значення пектинових речовин які ми отримали при такому рН середовищі є низькі. Дослідивши чотири різні сорти, можна сказати, що найбагатшою по вмісту пектинових речовин є Амагер. Інші сорти як: Валерія і Шантане теж дають задовільні результати.

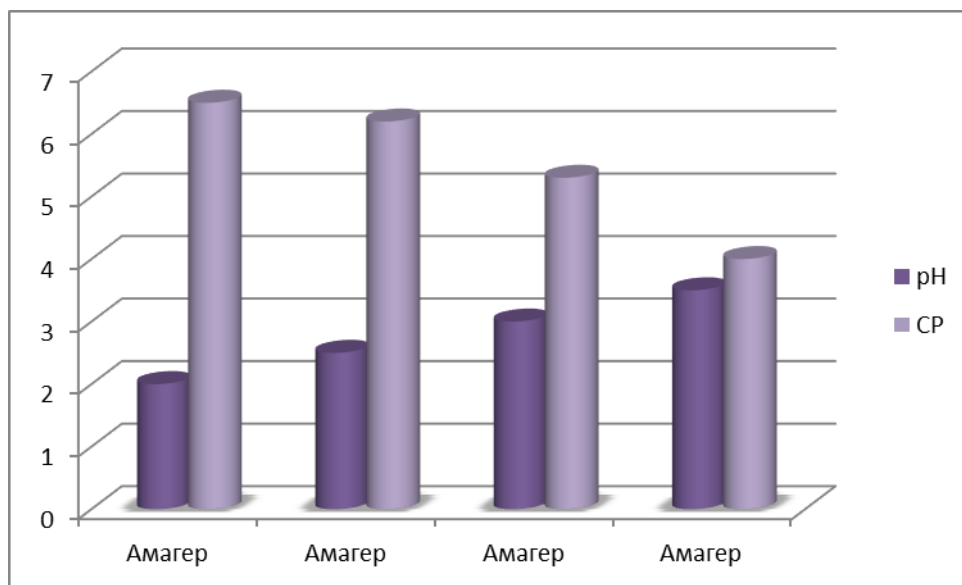


Рис. 3.6 Накопичення сухих речовин в від зміни рН середовища під час проведення гідролізу вичавок моркви сорту Амагер

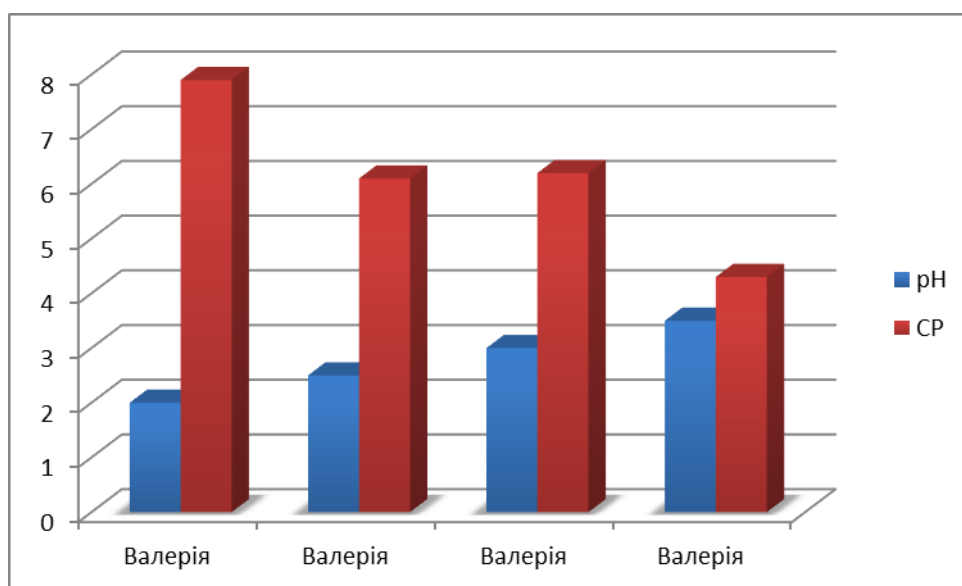


Рис. 3.7 Накопичення сухих речовин від зміни рН середовища під час проведення гідролізу вичавок моркви сорту Валерія.

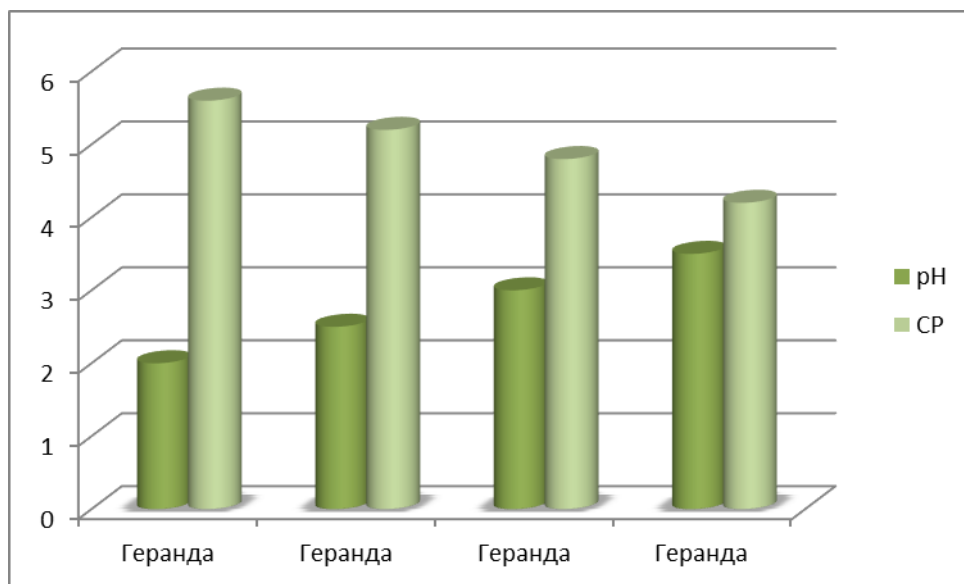


Рис. 3.8 Накопичення сухих речовин від зміни рН середовища під час проведення гідролізу вичавок моркви сорту Геранда.

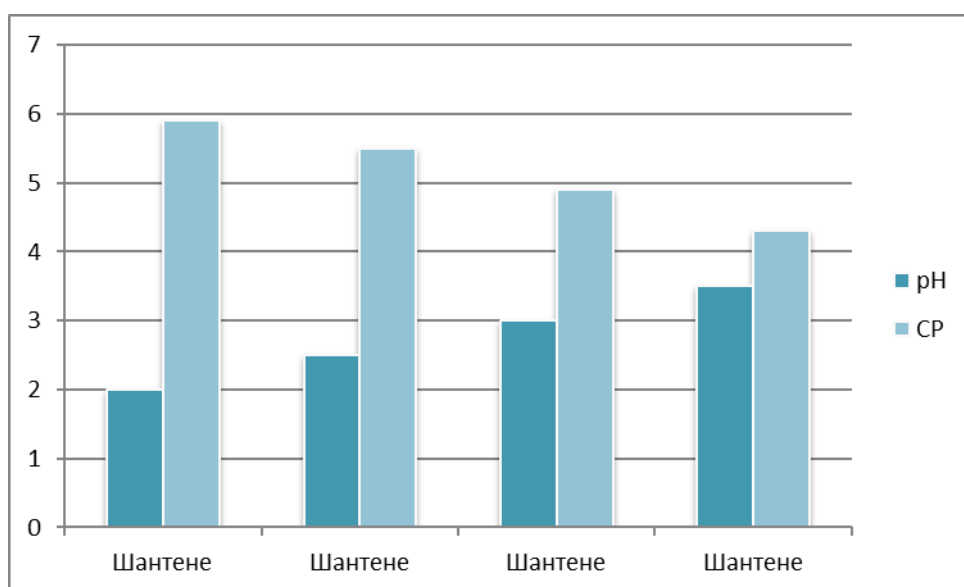


Рис. 3.9 Накопичення сухих речовин від зміни рН середовища під час проведення гідролізу вичавок моркви сорту Шантене

3.3.2 Визначення ступеня чистоти пектинових екстрактів.

Пектиновмісна сировина, що є вторинним продуктом виробництва, містить велику кількість водорозчинних баластних по відношенню до пектину речовин, внаслідок чого вона характеризується низькою чистотою (менше 60 %).

Вміст баластних по відношенню до пектину речовин може складати від 50 до 70% сухих речовин екстракту. При цьому склад самих пектинових речовин в екстракті неоднорідний, фракціонування по хімічній структурі дає змогу виділити кілька фракцій, що відрізняються також ступенем етерифікації, масовою долею галактуронової кислоти, гелеутворювальною здатністю. Ці фракції містять нейтральні вуглеводи, сильнорозгалужені молекули галактуронана, високомолекулярні молекули пектину, суміш олігомерів галактуронової кислоти з низькою молекулярною масою.

Крім того, в залежності від конструктивних особливостей обладнання на стадії розділення пектинового екстракту і прогідролізованої сировини екстракт може містити до 25,0 г/д сухого залишку, в склад якого входять частинки самої сировини і мінеральні домішки.

При вилученні пектинових речовин із рослинної сировини з неї екстрагуються інші водорозчинні речовини: цукри, білки, крохмаль, органічні кислоти, поліфеноли, барвні речовини, макро- і мікроелементи, що є баластними щодо пектину, але підвищують біологічну цінність пектинопродуктів.

Основну частину клітинного соку рослин складають вуглеводи (глюкоза, фруктоза, сахароза та інші олігосахариди).

До 30% клітинного соку залишається в сировині після пресування. Крім того, в процесі гідролізу протопектину проходить руйнування молекул крохмалю, геміцелюлоз, целюлози, в результаті чого утворюються розчинні вуглеводи, склад і кількість яких залежать від сорту моркви. Наприклад, в свіжих морквяних вичавках міститься 10,2...12,2 %, в процесі гідролізу їх кількість збільшується до 11,2...14,2 %. Попереднє промивання вичавок

перед гідролізом забезпечує зниження вмісту сухих речовин в сировині до 2,1%, цукрів до 0,8%.

Вміст білкових речовин в овочевих культурах незначний – 1,5 %, і більшу їх частину складають ферментні і мембранні системи. В процесі кислотного-термічного оброблення сировини проходить денатурація білків, проникність рослинної тканини збільшується і деяка кількість білків екстрагується із сировини.

Крохмаль міститься в пектиновмісній сировині в невеликій кількості і значна частина його гідролізується під час термічного оброблення. В морквяних пектинових екстрактах міститься 0,1% крохмалю.

Із морквяної сировини разом з пектиновими речовинами екстрагуються поліфеноли: антоціани, лейкоантоціани, катехіни. Наявність поліфенолів в пектинових екстрактах приводить до потемніння внаслідок реакцій ферментативного окиснення як самих екстрактів, так і пектинів. З'ясовано, що під час проведення кислотного-термічного оброблення морквяних вичавок барвні речовини протягом 30 хв. Руйнуються і пектиновий екстракт набуває світло-жовтого кольору.

В пектиновмісній сировині містяться і екстрагуються органічні кислоти: Вміст їх у сировині зумовлює кислотність. Активна кислотність (рН) для овочів рН 4,5...6. Кислотність визначає смак і впливає на деякі технологічні процеси: гідроліз, гелеутворення, стерилізація тощо. Наявність кислот у рідких і сухих пектинових екстрактах зумовлює кислий смак, збільшує термін зберігання.

Вітаміни, що містяться в рослинній сировині, мають різний якісний і кількісний склад навіть для рослин одного виду. Однак при технологічній обробці сировини руйнуються і містяться в пектинових екстрактах в незначних кількостях.

Екстрагування пектину супроводжується вилученням із рослинної сировини макро- (К, Са, Mg, Fe, P, S, Na) і мікроелементів (Cu, Mn, Mo). Розподіляються вони в рослинах нерівномірно. Деякі із макро - і

мікроелементів містяться в рослинах як солі органічних кислот (фітати, оксалати тощо). Частина іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} входять до складу протопектину і звільняються в процесі гідролізу, переходячи в пектиновий екстракт. Кількість мінеральних речовин в продукті визначає вміст золи, що в пектиновому екстракті становить 0,1...1,0 %. Вміст золи в пектині і пектинопродуктах визначає ефективність процесів очищення пектинових екстрактів і пектину.

Разом з тим, органолептичні показники пектинових екстрактів (смак, запах) із сировини покращуються при збільшенні ступеня екстрагування клітинного соку із сировини, що дозволяє використовувати їх як напій, а також для виробництва купажних напоїв широкого вжитку. При цьому харчова цінність продуктів підвищується.

Наступним етапом досліджень присвячений визначенню чистоти пектинових екстрактів (відношення вмісту пектинових речовин до загального вмісту сухих розчинних речовин) у різних зразках моркви, який в деякій мірі визначає область застосування пектинових екстрактів. На діаграмі показані значення чистоти, визначених у зразках моркви різних сортів (рис. 3.10).



Рис. 3.10 Чистота пектинового екстрактів, отриманих із моркви різних сортів.

На підставі отриманих результатів найвищий показник чистоти визначений у пектиновому екстракті, отриманого із моркви сорту Амагер.

3.4 Фізико-хімічні властивості морквяних пектинових екстрактів

Пектиновий морквяний екстракт – це однорідна в'язка рідина, що має кислуватий, властивий вихідній сировині смак та запах, від світло- жовтого до коричневого кольору. Основні фізико-хімічні показники представлені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Фізико-хімічні показники екстрактів пектинових морквяних

Показники	Екстракт	Концентрат
Масова частка розчинних сухих речовин, %	2,7	7,3
Масова частка пектину, %	1,5	3,1
pH	2,8	2,8
Міцність 2%-го геля пектина за методом Сосновського, кПа	30	30
Комплексоутворювальна здатність, P _b ²⁺ /мл	2,5	2,9

3.4.1 В'язкість, густина, поверхневий натяг пектинових екстрактів.

Однією із основних характерних властивостей пектинових речовин, як ліофільних колоїдів є в'язкість. Це пояснюється тим, що молекули пектину легко асоціюють одна з одною або з великими молекулами супутніх речовин, утворюючи агрегати. Друга причина полягає в надмірній гідратації високополімерних молекул, що визнає їх форму.

В'язкість водних пектинових розчинів і пектинових екстрактів залежить від температури, вмісту сухих речовин, вмісту пектинових речовин та від природи пектинів (ступеню полімеризації та етерифікації, молекулярної маси), а також вмісту супутніх речовин. Супутніми речовинами є моносахариди, білки, органічні кислоти, солі та ін.

Об'єктом дослідження були висококонцентровані пектинові екстракти з морквяних вичавок. Пектинові екстракти отримували шляхом гідролізу протопектину підготовленої сировини лимонною кислотою. Гідроліз проводили протягом 2 годин, за температури 80° С, рН гідролісної маси 2,5. Такий технологічний режим забезпечує процес вилучення пектинових речовин з високими якісними показниками.

Після екстрагування пектинових речовин гарячою водою і очищення його від нерозчинних домішків, в екстракті містилось 3...5 % сухих речовин і 0,58...2 % пектинових речовин. Для концентрування пектинових екстрактів використовувався лабораторний вакуумний ротаційний випарювач. Концентрування відбувалося протягом 4...6 год. за температури 60...70° С. За такий час при таких умовах зберігаються всі першопочаткові властивості пектинових речовин. Під час концентрування пектинових екстрактів відбиралися проби з різною концентрацією сухих і пектинових речовин. За температури 20° С визначалась густина і динамічна в'язкість екстрактів.

Дослідження динамічної в'язкості проводили за допомогою віскозиметра Геплера. Дослідження густини і динамічної в'язкості пектинових екстрактів від від масової частки пектину за температури 20° С наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Густина та динамічна в'язкість екстрактів пектинових залежно від масової частки пектину

Морквяний пектиновий екстракт					
СР, %	15	12	9	6	3
ПР, %	2,92	2,33	1,75	1,17	0,58
ρ, кг/м	1065,2	1051,4	1037,6	1023,8	1010
μ·10 ³ Па·с	19,86	11,86	7,27	4,34	2,24

Поверхневий натяг рідини залежить від речовин, що знаходяться в розчині. Деякі з них, що відносяться до поверхнево-активних речовин (ПАР) здатні знижувати поверхневий натяг. Однією з таких ПАР є пектин, який виявляє емульгуючі і піноутворюючі властивості.

3.4.2 Комплексоутворювальна здатність пектинових екстрактів

Здатність до комплексоутворення пектинових речовин залежить від вмісту вільних карбоксильних груп, тобто від ступеня етерифікації карбоксильних груп метанолом. Ступінь етерифікації визначає лінійну густину заряду макромолекул, а також силу та спосіб зв'язку катіонів. Ця здатність залежить від структури і ступеня чистоти пектину, природи металів, що взаємодіють з пектинами, рН середовища, в якому проходить комплексоутворення та інших факторів.

Для проведення дослідження здатності до комплексоутворення були обрані рідкі, концентровані пектинові екстракти і пектини, які одержували із морквяної сировини.

Досліджували здатність до комплексоутворення пектинових екстрактів залежно від вмісту пектину (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Здатність до комплексоутворення пектинових екстрактів, мг Pb²⁺/мл

Назва	Вміст пектину в екстракті, %		
	1,2	2,5	3,5
Комплексоутворювальна здатність, мг Pb ²⁺ /мл	3,6	5,5	7,2

Вивчення здатності до комплексоутворення пектинових екстрактів показало, що вона зростає пропорційно збільшенню вмісту пектинових речовин в екстракті і досягає значення для морквяного сухого пектинового екстракту 150 мг Pb²⁺/г. Значення здатності до комплексоутворення пектинових екстрактів порівнювали з пектином, який виділяли з отриманих сухих екстрактів, і які відповідно становили для морквяного – 345 мг Pb²⁺/г. Високі значення здатності до комплексоутворення пектинів пояснюється тим, що в процесі висушування знижується ступінь етерифікації і збільшується вміст карбоксильних груп.

3.4.3 Здатність до гелеутворення екстрактів пектинових

Здатність до гелеутворення пектинів, які отримують при зміні тих чи інших параметрів процесів технології, є одним із критеріїв оцінки ефективності технологічних процесів виробництва пектину і пектинопродуктів. Дослідження проводили з пектиновим екстрактом, який отримували з морквяних вичавок із застосуванням як гідролітичного чинника – лимонної кислоти.

В технології желейних виробів з пектином кислоти (лимонна, молочна) забезпечують буферність системи пектин-цукор-кислота, а також подавляє дисоціацію полігалактуранової кислоти, що є одним із факторів утворення пектинового гелю. Тобто наявність цитрат іонів у пектинових екстрактах виключає додаткове внесення харчових кислот. Основними показниками пектину, що визначають тип гелеутворення і здатність його утворювати гелі, є молекулярна маса і ступінь етерифікації. Високоетерифіковані пектини ($E=68...78\%$) утворюють гелі в присутності 60...65 % цукру і 1 % кислоти, низькоетерифіковані пектини ($E=35...50\%$) можуть утворювати гелі при значно меншій концентрації цукру або взагалі без нього при наявності іонів полівалентних металів. Тому нами досліджено морквяний пектиновий екстракт, пектин якого має такі показники: вміст пектину 4 %, ступінь етерифікації 48 %.

Здатність до гелеутворення морквяного пектину визначали в системі пектин - іон Ca^{2+} - цукор. У якості джерела іонів кальцію використовували хлорид кальцію у розрахунку 40 мг солі на 1 г пектину. Міцність 2%-го геля пектина за методом Сосновського становить 30 кПа.

Встановлено, що екстракт можна використовувати як згущувач, стабілізатор у виробництві консервних виробів, молочних продуктів тощо.

Результати досліджень свідчать, що для низькоетерифікованого морквяного екстракту область максимального гелеутворення доволі широка і реакція середовища становить $pH=2,5... 4,8$.

3.5. Дослідження аналітичних характеристик вилучених пектинів із моркви.

3.5.1 Визначення ступеня етерифікації пектину.

Низькоетерифіковані пектини мають ступінь етерифікації нижче 50%, вони переважно виробляються з рослинного матеріалу, що містить високоетерифікований пектин. Деетерифікація високоетерифікованого пектину у низькоетерифікований відбувається у слабких розчинах кислот, лугів або за допомогою ферментів. Визначення ступеня етерифікації здійснюють згідно методики ДСТУ № 29059 – 91. Всі отримані дані наведені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5- Визначення ступеня етерифікації пектину, отриманого із вичавок моркви різними кислотами

№	Сировина	Назва кислоти	Ступінь етерифікації, %
1	Амагер	Соляна	34
		Фосфорна	35
		Лимонна	38
		Суміш лимонної і фосфорної	43
2	Валерія	Соляна	31
		Фосфорна	33
		Лимонна	40
		Суміш лимонної і фосфорної	41
3	Геранда	Соляна	33
		Фосфорна	36
		Лимонна	37
		Суміш лимонної і фосфорної	44
4	Шантане	Соляна	31
		Фосфорна	36
		Лимонна	41
		Суміш лимонної і фосфорної	44

Пектин моркви являється низькоетерифікованим. Визначення ступеня етерифікації здійснювалося у всіх зразках. Високі показники при визначенні

ступеня етерифікації показали кислоти і їх суміш – це лимонна кислота і суміш яка складається з двох кислот лимонної і фосфорної. Тому що їх значення показали 43 – 40% по ступеню етерифікації.

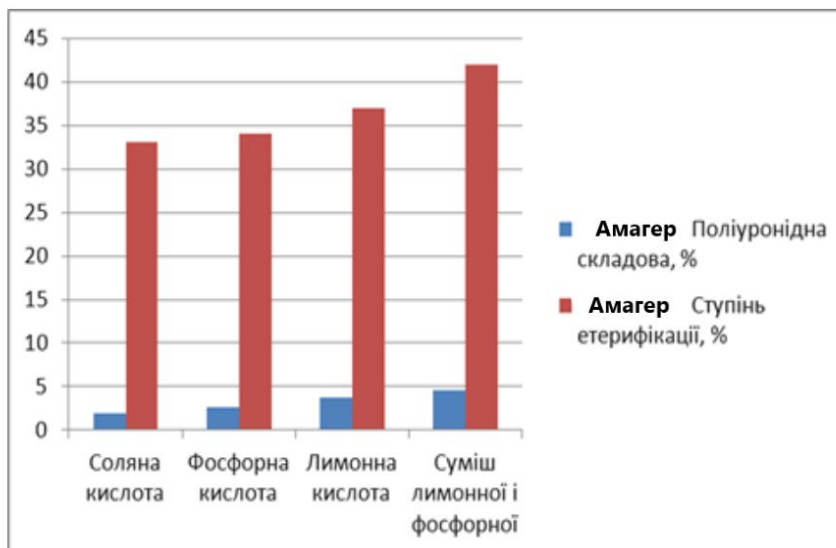


Рис. 3.11. Ступінь етерифікації та поліуронідна складова в пектині із моркви сорту Амагер

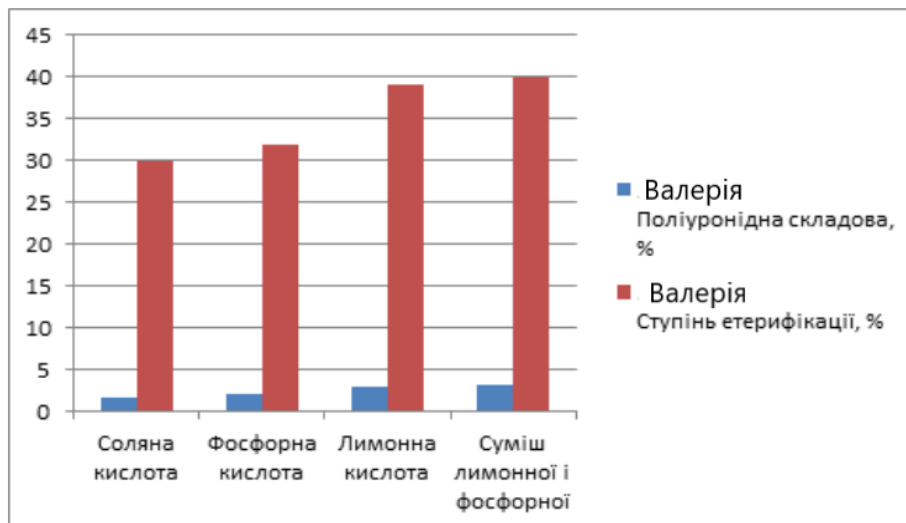


Рис. 3.12 Ступінь етерифікації та поліуронідна складова в пектині із моркви сорту Валерія

Аналізуючи структуру побудови діаграми, спостерігаємо значний вплив різних органічних кислот на визначення ступеня етерифікації і

поліуронідної складової. Всі використані кислоти відносяться до харчових крім соляної кислоти.

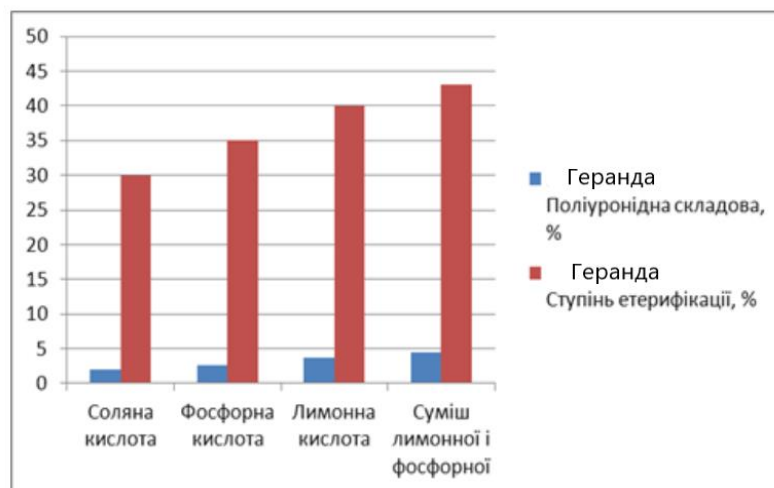


Рис. 3.13 Ступінь етерифікації та поліуронідна складова в пектині із моркви сорту Геранда

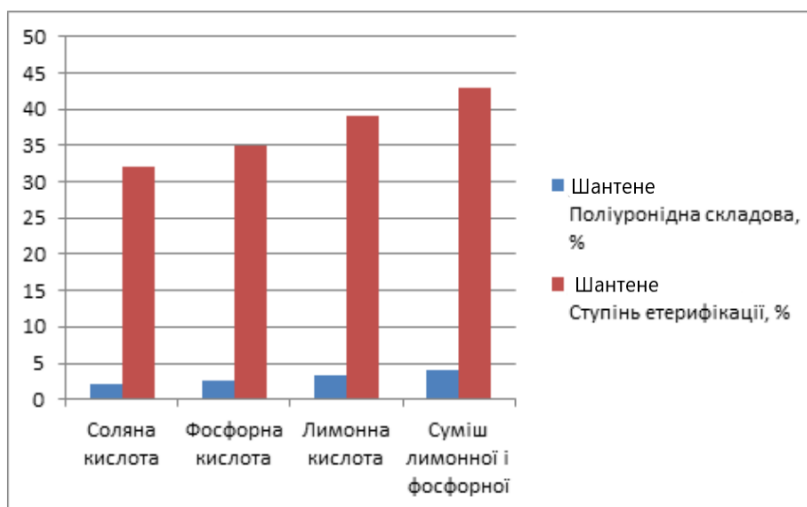


Рис. 3.14 Ступінь етерифікації та поліуронідна складова в пектині із моркви сорту Шантене

Отримані дані під час проведення експериментів показують, що пектин який отримали із моркви є низькоетерифікованим.

3.5.2 Визначення поліуронідної складової.

Пектин овочевих культур має складну хімічну структуру. Показник поліуронідної складової показує вміст полігалактуранової кислоти, що в свою чергу, визначає фізико-хімічні властивості даного пектину.

Вміст поліуроніду визначали в пектинах, вилучених із моркви різних сортів шляхом гідролізу-екстрагування соляною, фосфорною, лимонною кислотами та сумішшю лимонної та фосфорної кислот. Результати досліджень представлені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Поліуронідна складова пектинів із моркви

№	Сировина	Назва кислоти	Поліуронідна складова, %
1	Амагер	Соляна	20
		Фосфорна	28
		Лимонна	39
		Суміш лимонної і фосфорної	47
2	Валерія	Соляна	18
		Фосфорна	23
		Лимонна	30
		Суміш лимонної і фосфорної	33
3	Геранда	Соляна	22
		Фосфорна	27
		Лимонна	34
		Суміш лимонної і фосфорної	41
4	Шантене	Соляна	21
		Фосфорна	27
		Лимонна	38
		Суміш лимонної і фосфорної	45

Дані показують те, що пектини із моркви мають невисоку поліуронідну складову, що свідчать про наявність великої кількості розгалужених фрагментів.

3.6. Технологічна схема виробництва морквяного пектинового екстракту

3.6.1 Розрахунок кількості продуктів.

Свіжі морквяні вичавки (масою 4864 кг.), промивають водою. Об'єм води, що використовують для цього в 3 рази більший за масу вичавок.

Тому маса вичавок 4864 кг, а води:

$$4864 \cdot 3 = 14592 \text{ кг.}$$

Після промивання маса вичавок складає 99% від початкової маси, тобто: $(4864 \cdot 99) : 100 = 4816$ кг, а відпрацьованої води : $(4864 + 32354) - 4816 = 24402$ кг.

Далі вичавки піддаються гідролізу – екстрагування. Для цього до промитих вичавок додається лимонна кислота у співвідношенні 1 : 3, а сама маса лимонної кислоти складає:

$$4816 \cdot 3 = 14449 \text{ кг.}$$

Маса гідролізної суміші:

$$4816 + 14449 = 19265 \text{ кг.}$$

Гідролізну суміш направляють на розділення на центрифугу, де вихід вичавок прогідролізованих 60%, а гідролізату 40%, який містить пектину 1% і СР 3.5.

Звідси отримують, що маса прогідролізованих вичавок складає:

$$(19265 \cdot 60) : 100 = 11559 \text{ кг.}$$

$$\text{а гідролізату : } (19265 \cdot 40) : 100 = 7706 \text{ кг.}$$

Гідролізат для очищення направляють на сепарування; Вихід розчину складає 97%, тобто:

$$(7706 \cdot 97) : 100 = 7474 \text{ кг.}$$

Екстракт направляють на фільтрування, після чого отримують готовий очищений екстракт масою 95% від маси екстракту, що поступив на фільтрування:

$$(7474 \cdot 95) : 100 = 7101 \text{ кг.}$$

Далі екстракт подається у випарний апарат на концентрування. Отриманий концентрат складає 1/3 від маси пектинового – екстракту, що поступає на випарювання:

$$7101 : 3 = 2367 \text{ кг.}$$

Концентрат, що містить 18 % СР подається на розпилювальну сушарку. Кількість СР складає:

$$2367 \cdot 0.18 = 426,06 \text{ кг.}$$

В результаті висушування отримуємо сухий екстракт із вологістю 4% в кількості:

$$426.06 \cdot 0.04 = 17 \text{ кг.}$$

Частина води йде на промивання, а частина на гідроліз – екстрагування.

3.6.2 Опис технологічного процесу і апаратурно – технологічної схеми виробництва морквяного пектинового екстракту.

1. подача сировини на елеватор, потім вона потрапляє у бункер. В бункері відбувається очищення у 2 стадії на барабанній мийці із каменевловлювачем. Сировина проходить мийне відділення .

2. По технологічній схемі в подальшому відбувається подрібнення і пресування і відправляється на подальше оброблення.

3. Промивання вичавок – свіжі вичавки з моркви поступають в цех отримання пектину. Вони загружаються в промивну ємність з мішалкою, де відбувається промивання. Промивання здійснюють при $T = 20 - 25^{\circ}\text{C}$ при співвідношенні сировини та води 1:3 протягом 10 хв. Після чого гвинтовим мезгонасосом SPST – 100 подається на стрічковий прес.

4. Віджимання вичавок – вичавки подаються на стрічковий прес, віддаляється промивна вода. Морквяні вичавки з вмістом СР 25 – 28% шнековим транспортером подаються в накопичувальну ємність.

5. Підготовка морквяної сировини до гідролізу в накопичувальну ємність для промивання морквяних вичавок одночасно з сировиною подають лимонну кислоту температурою 90 – 98⁰С. Співвідношення вичавок і води в ємності 1:3. Промиті морквяні вичавки за допомогою насоса подають в гідролізатор . Використання лимонної кислоти як гідролізуючого агента для промивання вичавок і підготовки їх до гідролізу дозволяє збільшити загальний гідроліз пектину.

6. Підігрів лимонної кислоти – здійснюють в теплообміннику. Теплообмінник – горизонтально розміщена ємність із нержавіючої сталі. Для підводу і відводу теплоносіїв, підігрівник оснащений патрубками, а для контролю температури і тиску встановлені манометри і термометри. Гріюча пара надходить в підігрівник через патрубок і конденсується на теплообмінних патрубках, нагріваючи лимонну кислоту, яка рухається в трубках до температури 90 – 98⁰С. Підігріта вода подається в гідролізатор.

7. Гідроліз - екстрагування пектинових речовин проводиться при періодичному перемішуванні з додаванням до морквяних вичавок лимонної кислоти (при співвідношенні 1:3). Температура процесу гідролізу проводиться за 80 - 95⁰С.

Після закінчення завантаження реагентів гідролізатор герметично закривають і проводять процес гідролізу – екстрагування пектинових речовин при таких параметрах:

- рН лимонної кислоти – 1.7 – 2.0;
- співвідношення вичавок 1 : 3;
- температура процесу – 80 - 96⁰С;
- тривалість процесу – 1.5 години.

Після закінчення процесу гідролізу – екстрагування, масу перекачують насосом на розподілю вальну центрифугу.

8. Розподілення гідролізної суміші: для розділення екстракту, гідролізну суміш подають на шнековий прес. Відпресовані морквяні вичавки

направляють на виробництво пектинової продукції, а пектиновий екстракт надходить у сепаратор.

Якісні показники пектинового екстракту після центрифугування:

- вміст СР 3.5%
- рН 2.8 – 3.2
- вміст пектинових речовин 1 %
-

9. Сепарування пектинового екстракту – пектиновий екстракт із преса подається у сепаратор, де проходить процес його очищення. Осад, що утворився в результаті сепарування направляють на виробництво пектиновмісної продукції. Освітлений екстракт із сепаратора подають у збірник, а потім насосом перекачують у вакуум – випарну установку.

10. Схемою передбачено концентрування екстракту. Відсепарований екстракт подається на випарну установку. Екстракт концентрують на вакуум – випарній установці до вмісту СР 8 – 10 %, а концентрація осаджувальних пектинових речовин 2.5 – 3.5%, рН екстракту - 2.2. Концентрування відбувається за 60 - 70⁰С; протягом 2 год.

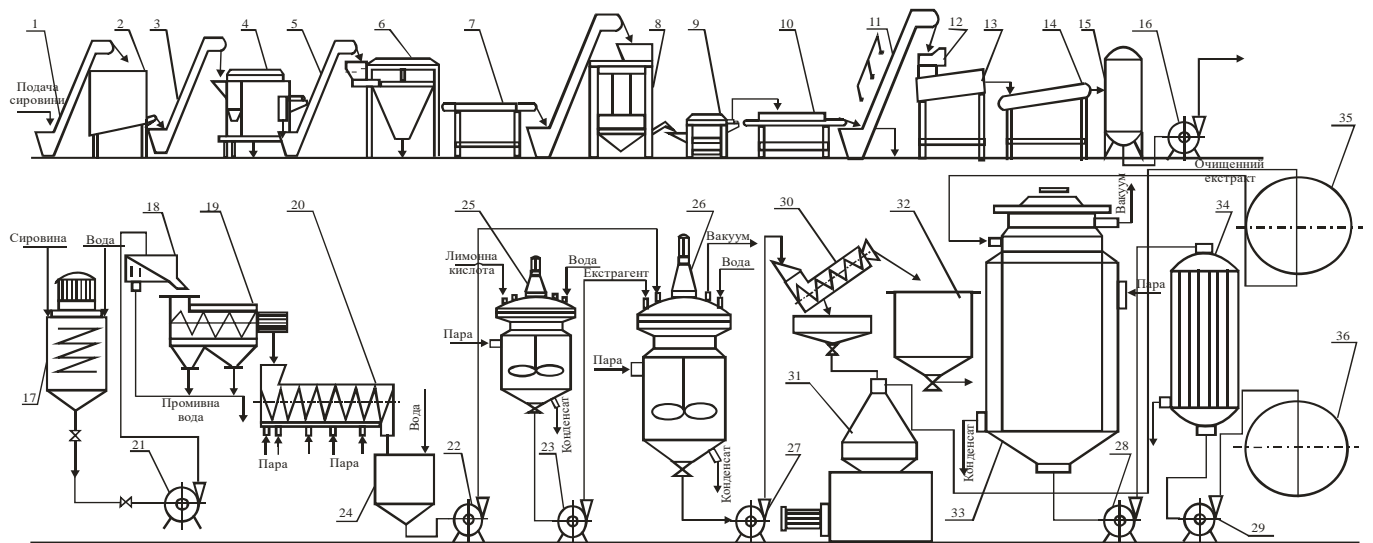


Рис. 5.1. Технологічна схема виробництва пектинового екстракту із морквяних вичавок

1, 3, 5 - елеватори, 2 - накопичувальний бункер, 4 - барабанна мийка із каменевловлювачем, 6 – барабанна мийка, 7,10 – інспекційні транспортери, 8 – паротермічний агрегат, 9 – щіточна мийка, 11 – Елеватор «Гусина шия», 12 – дробарка, 13 – ємність, 14 – прес, 15 – збірник соку, 16, 21, 22, 23, 27, 28, 29 – насоси, 17 – екстрактор, 18 – розділювальне сито, 19 – шнековий прес, 20 – ошпарювач, 25 – ємність, 26 – гідролізатор, 30 – стікач, 31 – сепаратор, 32 – збірник, 33 – вакуум – випарний апарат, 34 – теплообмінник

РОЗДІЛ 4. ОПТИМІЗАЦІЯ ВИХОДУ ПЕКТИНУ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ ТА pH СЕРЕДОВИЩА В ПРОЦЕСІ ГІДРОЛІЗУ МОРКВЯНИХ ВИЧАВОК

1. Теоретична частина.
2. Постановка задачі оптимізації.
3. Розроблення математичної моделі.

Головна мета: знаходження оптимальних умов виходу пектину від температури та pH середовища.

Завдання: знаходження оптимальних умов проведення процесу гідролізу при різних значеннях pH середовища.

Оптимізація можлива у випадку коли існує декілька рішень задачі серед яких треба вибрати найкраще. Для вибору кращого рішення користуються ефективним критерієм оцінки рішення. Даний критерій витікає з мети оптимізації.

Мета оптимізації: визначити залежність виходу пектину від температури.

Теоретичні дані: процес гідролізу проводиться при таких основних параметрах як зміна температури і pH середовища, необхідно встановити найкращі умови за яких вихід пектину буде максимальним.

T, °C	pH			
	2	2.5	3	3.5
70	0.36	0.33	0.3	0.3
76	0.46	0.48	0.36	0.33
85	0.56	0.53	0.53	0.48
90	0.77	0.78	0.75	0.67
95	0.87	0.91	0.87	0.87

2. Постановка задачі оптимізації.

В якості параметрів вибрано: температура, рН середовище.

Вихідна функція яка залежить від даних параметрів – оптимальне значення виходу пектинових речовин. Розв'язання задачі оптимізації передбачає розроблення математичної моделі:

1) підбираємо математичне рівняння для кожного критерію оптимальності які з найменшою похибкою описували емпіричну залежність обраної функції від аргументу

X_1 – температура.

X_2 – рН середовище.

2) вибір рівнянь, розрахунок та уточнення коефіцієнтів рівнянь для кожного із визначень локальних критеріїв оптимізації здійснювати за допомогою пакету прикладних програм Mathcad Profesional 2007, які виключали розрахунок середньоквадратичної похибки шляхом порівняння розрахункових даних з дійсними.

3) за даними екстремуму математична модель кожного з обраних критеріїв оптимізації має бути представлена у вигляді.

Таким чином математична модель для локальних критеріїв оптимізації в натуральній формі має вигляд $F_1(X_1, X_2) = -0.0001 - 0.13484 * X_1 + 0.01449 * X_2 + 0.00029 * X_1 * X_2 + 0.034 * X_1$

4) вказуємо похибку СКР = 0.071

5) будуємо графік залежності виходу пектинових речовин від температури і зміни рН середовища 2, 2.5, 3, 3.5. Для перерахунку значень локальних критерій у безрозмірну величину використовуємо метод Харрінгтона згідно якого проміжок значень від 0.3 до 0.91 поділити на 6 частин у відповідності до їх значень.

б) на параметри оптимізації покладено обмеження які визначаються особливостями технологічного режиму:

$A_1=2.0$ $B_1=3.5$ $A_2=70$ $B_2=95$

$$\text{Де } 2.0 \leq K_p \leq 3.5$$

$$70 \leq C_H \leq 95$$

В якості цільової функції обрано узагальнені критерії оптимізації, який за методом зважених добутоків дорівнює $F_{f_{i,j}} = (f_{i,j})^1$

Оптимізація виходу пектину від температури та рН середовища

Знаходження виходу пектину від температури процесу гідролізу та рН

середовища.

$$N := 19$$

$$i := 0..N$$

$$P := (2 \ 2.5 \ 3 \ 3.5 \ 2 \ 2.5 \ 3 \ 3.5 \ 2 \ 2.5 \ 3 \ 3.5 \ 2 \ 2.5 \ 3 \ 3.5 \ 2 \ 2.5 \ 3 \ 3.5)^T$$

$$t := (70 \ 70 \ 70 \ 70 \ 76 \ 76 \ 76 \ 76 \ 85 \ 85 \ 85 \ 85 \ 90 \ 90 \ 90 \ 90 \ 95 \ 95 \ 95 \ 95)^T$$

$$G := (0.53 \ 0.46 \ 0.33 \ 0.3 \ 0.75 \ 0.61 \ 0.48 \ 0.36 \ 0.87 \ 0.77 \ 0.56 \ 0.41 \ 0.91 \ 0.83 \ 0.78 \ 0.83 \ 0.77 \ 0.63 \ 0.51 \ 0.4)^T$$

$$A := \begin{bmatrix} N+1 & \sum P & \sum t & \sum P_i \cdot t_i & \sum P^2 & \sum t^2 \\ \sum P & \sum P^2 & \sum P_i \cdot t_i & \sum (P_i)^2 \cdot t_i & \sum P^3 & \sum P_i \cdot (t_i)^2 \\ \sum P & \sum P_i \cdot t_i & \sum t^2 & \sum P_i \cdot (t_i)^2 & \sum (P_i)^2 \cdot t_i & \sum t^3 \\ \sum P_i \cdot t_i & \sum (P_i)^2 \cdot t_i & \sum P_i \cdot (t_i)^2 & \sum (P_i)^2 \cdot (t_i)^2 & \sum (P_i)^3 \cdot t_i & \sum P_i \cdot (t_i)^3 \\ \sum P^2 & \sum P^3 & \sum (P_i)^2 \cdot t_i & \sum (P_i)^3 \cdot t_i & \sum P^4 & \sum (P_i)^2 \cdot (t_i)^2 \\ \sum t^2 & \sum P_i \cdot (t_i)^2 & \sum t^3 & \sum P_i \cdot (t_i)^3 & \sum (P_i)^2 \cdot (t_i)^2 & \sum t^4 \end{bmatrix}$$

$$a := A^{-1} \cdot P1$$

$$F1(x1, x2) := a_0 + a_1 \cdot x1 + a_2 \cdot x2 + a_3 \cdot x1 \cdot x2 + a_4 \cdot x1^2 + a_5 \cdot x2^2$$

$$\text{SKP1} := \sqrt{\sum_{i=0}^N \frac{(G_i - F1(P_i, t_i))^2}{N}} \quad \text{SKP1} = 0.114$$

$$f06(x) := F1(3.0, x) \quad f02(x) := F1(2.0, x)$$

$$f08(x) := F1(3.5, x) \quad f04(x) := F1(2.5, x)$$

$$j := 0..4$$

$$t1_j := t_{0+4,j}$$

$$a = \begin{pmatrix} -0.00029 \\ -0.6379 \\ 0.0327 \\ 0.00291 \\ 0.034 \\ -0.00018 \end{pmatrix}$$

$$g02_j := G_{0+4,j}$$

$$g06_j := G_{2+4,j}$$

$$P1 := \begin{bmatrix} \sum G \\ \sum_i G_i \cdot P_i \\ \sum_i G_i \cdot t_i \\ \sum_i G_i \cdot P_i \cdot t_i \\ \sum_i G_i \cdot (P_i)^2 \\ \sum_i G_i \cdot (t_i)^2 \end{bmatrix}$$

$$g04_j := G_{1+4,j}$$

$$g08_j := G_{3+4,j}$$

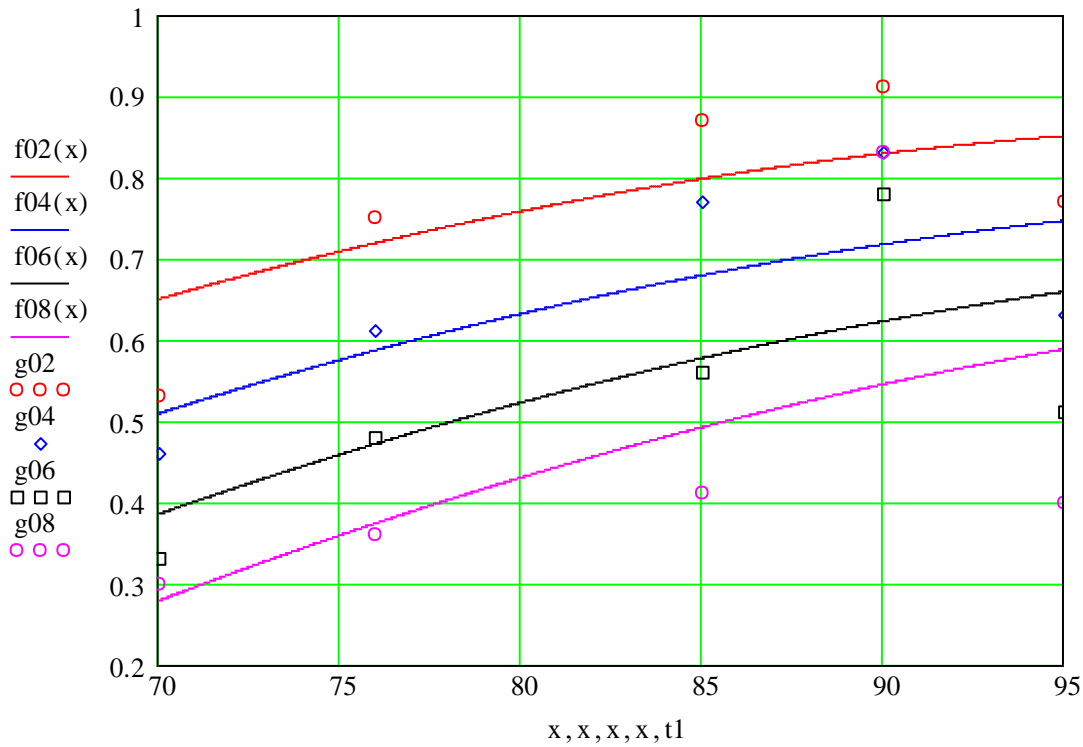


Рис. 4.1. Залежність виходу пектину від температури процесу гідролізу при зміні рН середовища 2,0; 2,5; 3,0; 3,5.

4. Визначення оптимальних параметрів процесу

Програма переведення натуральних значень локальних критеріїв оптимальності в безрозмірну форму методом Харрінгтона.

```

HAR(FN , D, fn, z) := FP ← -ln(-ln(D))
if z = 1
  if fn < FN0
    fb ← D0
    break
  if fn > FN5
    fb ← D5
    break
  for i ∈ 0, 1..5
    if fn = FNi
      fb ← Di
      break
    if fn < FNi+1
      fp ← FPi +  $\frac{(fn - FN_i) \cdot (FP_{i+1} - FP_i)}{FN_{i+1} - FN_i}$ 
      fb ← e-e-fp
      break
  otherwise
    if fn > FN0
      fb ← D0
      break
    if fn < FN5
      fb ← D5
      break
    for i ∈ 0, 1..5
      if fn = FNi
        fb ← Di
        break
      if fn > FNi+1
        fp ← FPi +  $\frac{(fn - FN_i) \cdot (FP_{i+1} - FP_i)}{FN_{i+1} - FN_i}$ 
        fb ← e-e-fp
        break
fb

```

Інтервали бажаності:

$$IBG := (0.3 \ 15 \ 23 \ 30 \ 37 \ 1.1)^T \quad D := (0.01 \ 0.2 \ 0.37 \ 0.63 \ 0.8 \ 0.99)^T$$

$$a1 := 2.0 \quad b1 := 3.5 \quad a2 := 70 \quad b2 := 95$$

$$m := 20 \quad i1 := 0..m \quad j1 := 0..m$$

$$h1 := \frac{b1 - a1}{m} \quad h2 := \frac{b2 - a2}{m} \quad p1_{i1} := a1 + h1 \cdot i1$$

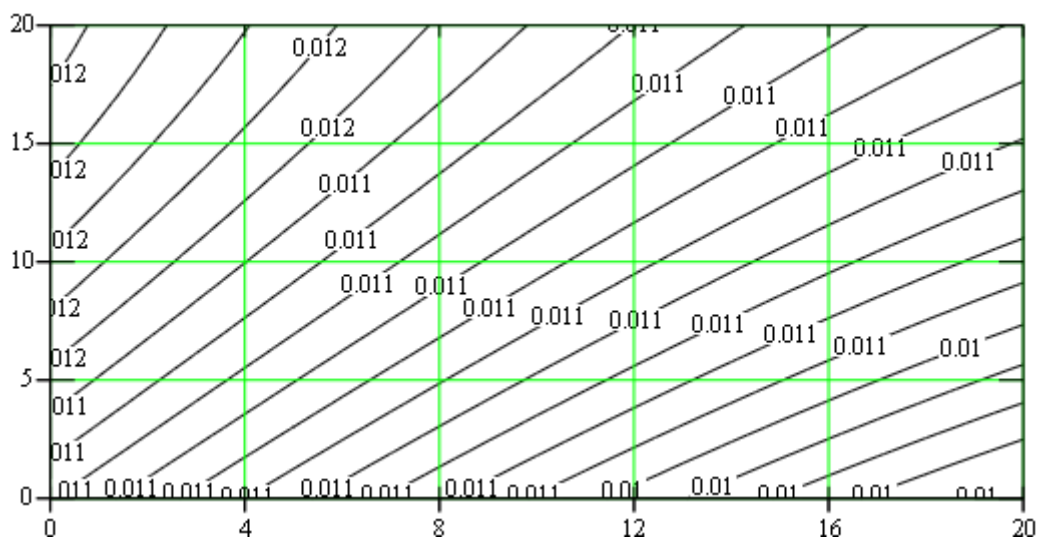
$$p2_{j1} := a2 + h2 \cdot j1$$

$$h1 = 0.075 \quad h2 = 1.25$$

$$Y1_{i1, j1} := F1(p1_{i1}, p2_{j1})$$

$$ff1_{i1, j1} := HAR(IBG, D, Y1_{i1, j1}, 1)$$

$$Ff_{i1, j1} := (ff1_{i1, j1})$$



Ff

Рис. 4.2. Лінії рівня узагальненого критерію оптимальності

$\text{OPT2}(F, n, a_1, a_2, h_1, h_2) :=$

```

MA ← F0,0
im ← 0
jm ← 0
for il ∈ 0..n-1
  for j1 ∈ 0..n-1
    if Fil,j1 > MA
      MA ← Fil,j1
      im ← il
      jm ← j1
x1m ← a1 + h1 · (im)
x2m ← a2 + h2 · (jm)
z0 ← MA
z1 ← x1m
z2 ← x2m
z

```

Програма знаходження
максимального значення критерія
оптимальності з двовимірною
масиву

$$\text{OPT2}(F_f, N, a_1, a_2, h_1, h_2) = \begin{pmatrix} 0.012 \\ 2 \\ 92.5 \end{pmatrix}$$

Оптимальними параметрами процесу гідролізу пектинових речовин при максимальному значенні узагальненого критерію оптимальності $F(x) = 0.012$ будуть $pH=2$ та температура 92.5 С. Оптимальні результати підтверджують проведення процесу гідролізу за даних умов. $F_1(X_1, X_2) = -0,0001 - 0,13484 \cdot X_1 + 0,01449 \cdot X_2 + 0,00029 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,034 \cdot X_1$.

Середньоквадратична похибка процесу становить $0,071$.

РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНІ, ЕКОНОМІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ В КОНТЕКСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ

Джерела забруднення харчових продуктів. Основною метою будь-якого суспільства є поліпшення якості життя людей, важливою частиною складового якого є стан здоров'я людини, що значною мірою залежить від якості харчових продуктів.

Проблема якості харчових продуктів настільки важлива, що у високорозвинених державах установлюється правова основа гарантії якості та безпеки продовольчої сировини і харчових продуктів. Тобто забезпечення якості харчових продуктів і їх безпека розглядається на державному рівні

Правові основи забезпечення якості харчових продуктів і здійснення їх контролю здійснює встановлює низка законів, що набули чинності в Україні.

Закон України "Про захист прав споживачів" регламентує право споживачів регламентує право споживачів на відповідну якість продукції, її безпеку та достовірну інформацію на неї. [49].

Державна політика в галузі здорового харчування. Визначення безпечності продукції та сировини для її виробництва. Харчові продукти і раціони вважають безпечними, якщо вони не містять шкідливих речовин або їх вміст не перевищує законодавчо визначені гігієнічні нормативи. Нормативи хімічних контамінантів представлені у документах Міністерства охорони здоров'я "Гранично допустимі концентрації важких металів і миш'яку у продовольчій сировині і харчових продуктах", "Допустимі рівні вмісту пестицидів в об'єктах навколишнього середовища", "Медико-біологічних вимогах і санітарних нормах якості продовольчої сировини і харчових продуктів", де поряд із згаданими відбиті нормативи інших забруднювачів хімічної і біологічної природи, а також вміст харчових добавок. Експертиза здійснюється виконавцями державної санітарно-епідеміологічної експертизи – головними експертними установами,

експертними установами або підрозділами, експертами та виконавцями лабораторних досліджень, а в особливо складних випадках - експертними комісіями. Офіційним документом, що видається за результатами експертизи є висновок Державної санітарно-гігієнічної експертизи, документ, що містить опис ознак продукції, оцінку відповідних показників цих ознак, повноту представлених матеріалів та проведених досліджень, висновок щодо відповідності продукту вимогам санітарного законодавства та рівню гігієнічної науки, а також установлені в ході експертизи критерії безпеки.

Гігієнічну експертизу харчових продуктів проводять в такій послідовності: Експертиза харчових продуктів → ознайомлення з транспортною документацією, сертифікатом → загальний огляд продуктів, партії на місці → вибір середніх зразків для лабораторних досліджень → проведення комплексних досліджень → узагальнення результатів дослідження.

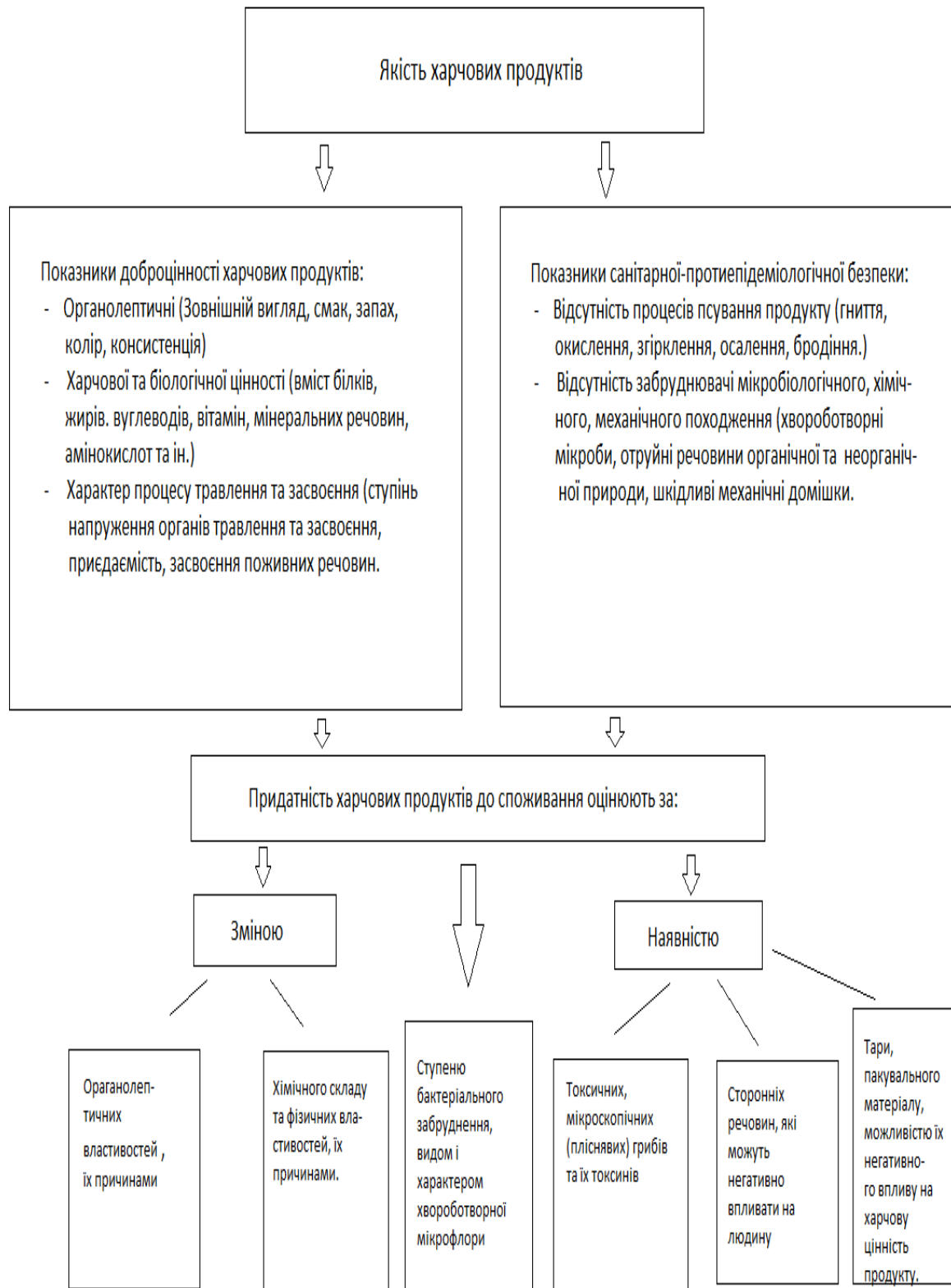
Отже, під державною політикою в галузі розуміється комплекс заходів, спрямованих на створення умов для безпечності харчових продуктів (в даному випадку ми розглядаємо консервовану продукцію). [49]

Ксенобіотики, потрапляючи до навколишнього середовища внаслідок антропогенної діяльності людини, здатні накопичуватися в ґрунтах, водоймах, з атмосферними та водними потоками поширюватися за тисячі кілометрів.

Переміщуючись харчовими ланками, ксенобіотики надходять до організму людини і викликають серйозні порушення здоров'я – від гострих отруєнь з летальними наслідками, до захворювань, що можуть виявитися тільки через роки.

Забруднення харчових продуктів – наявність шкідливих речовин, які надходять із зовнішнього середовища та утворюються в сировині під дією фізичних та хімічних факторів. Промислові викиди хімічних та радіоактивних відходів у навколишнє середовище спричиняють забруднення харчових продуктів. Так, у деяких промислових районах поширені такі

канцерогенні речовини, як багатоядерні ароматичні вуглеводні, антроцен, фенантрон, бензантрацен, пірен, бензопірен та інші сполуки з конденсованими циклами.



Вони є в повітрі, воді, коптильному димі, вихлопних газах. Хоча ці речовини мають різну канцерогенну активність, проте необхідно повсякденно аналізувати продукцію на наявність у ній багатоядерних ароматичних вуглеводів. Понаднормативне застосування мінеральних добрив, пестицидів призводить до забруднення рослинної продукції шкідливими речовинами; використання стимуляторів росту тварин, антибіотиків призводить до забруднення тваринницької продукції. [49]

Вплив технологічної обробки на якість харчових продуктів. При зберіганні сировини, її технологічній обробці утворюється багато шкідливих сполук. Використання недосконалої технології та обладнання при виробництві харчових продуктів призводить також до потрапляння шкідливих домішок у кінцевий продукт.

З'являються нові технології та апаратні рішення, пов'язані з новими жорсткими видами впливу на харчову сировину та напівфабрикати. Значного поширення здобули різноманітні види неперевіраних харчових добавок та нові пакувальні матеріали.

Однак глибоке дослідження впливу цих факторів на властивості, харчову цінність та безпечність продуктів харчування не завжди проводиться. Крім того, з'явилась велика кількість малих підприємств, технологічний процес та якість продуктів харчування, які вони виробляють, погано або зовсім не контролюються. Наповнення ринку України імпортними продуктами також є небезпечним для здоров'я населення.

Чужорідні забруднювачі, які потрапляють у людський організм з продуктами харчування - високотоксичні. До них відносять:

- металеві забруднення (ртуть, свинець, олово, цинк, мідь тощо);
- радіонукліди;
- пестициди;
- нітрати, нітрити;
- діоксини;

- метаболіти мікроорганізмів, які розвиваються у харчових продуктах.

Забруднення харчових продуктів важкими та рідкісними металами: ртуть, свинець, миш'як, мідь, цинк, залізо.

Пакування харчових продуктів. Шкідливі речовини можуть міститися також і в пакувальному матеріалі. До них відносять пластифікатори пластмас, незаполімерований мономер вінілхлорид в полівінілхлориді, які мають канцерогенною дію. Паперові пакувальні матеріали та матеріали із картону містять нітроти та нітрати. Має бути детально вивченим в майбутньому проникнення різних домішок із пакувальних матеріалів у продукти харчування, щоб запобігти забрудненню продуктів харчування речовинами, шкідлива дія яких раніше недооцінювалася.

Класифікація шкідливих та сторонніх речовин у сировині, питній воді, продуктах харчування: [49]

Токсичні метали (свинець, кадмій, ртуть та ін.) і металоїд миш'як присутні майже у всіх харчових добавках, частково за рахунок природного тла, частково внаслідок діяльності людини.

Свинець відноситься до найбільш відомих отрут. Тепер практично всі харчові продукти, вода та інші об'єкти навколишнього середовища забруднені свинцем. Основними джерелами забруднення є двигуни внутрішнього згорання, в яких використовується пальне з присадкою тетраетилсвинцю, як антидетонуючого засобу. З відпрацьованих газів двигунів, свинець потрапляє на поверхню землі у вигляді пилу і забруднює навколишнє середовище. Середня кількість свинцю, який потрапляє в організм з харчовими продуктами, становить 250 – 300 мкг в день, з повітря надходить 90 мкг. При обробці продуктів основним шляхом потрапляння свинцю є жерстяна банка, в яку зазвичай упаковують харчові вироби. Свинець потрапляє у продукт із свинцевого припою у швах банки. Встановлено, що біля 20 % свинцю у щоденному раціоні людей поступає з консервованої продукції, в тому числі від 13 до 14 % з припою, а 6-7 % – з

самого продукту. В останній час, з уведенням нових методів пайки та закрутки банок, вміст свинцю у консервованій продукції зменшується.

Фонове надходження свинцю з типовим раціоном в організм людини складає у середньому 0,15 г за добу. Є дані про те, що одноразова смертельна доза неорганічного свинцю для людини складає 150-500 г/кг.

Смертельна доза **кадмію** для людини 30-90 мг/кг, але транс аліментарні захворювання відбуваються рідко. Описані випадки, пов'язані з вживанням фруктових соків і алкогольних напоїв з консервних банок, торговельних автоматів, керамічного посуду з кадмієвим покриттям. Симптоми отруєння проявляють у разі концентрації кадмію 15 мг/л.

У 50-70-ті роки зареєстровано близько 10-ти випадків масових отруєнь **ртуттю** з харчових джерел. Фактичне надходження ртуті з їжею у різних країнах залежить від кількості риби і рибних продуктів, які споживаються і коливаються до 30 мкг на добу. Ртуть належить до найпоширеніших у природі мікроелементів, вона легко утворює велику кількість органічних і неорганічних сполук, значна частина яких отруйна. Джерелами забруднення сільськогосподарських продуктів є пестициди, а морських та річкових – стоки целюлозної і паперової промисловості, а також хімічних підприємств. Якщо в деяких харчових продуктах вміст ртуті менший 60 мкг/кг, то у прісноводній рибі з незабруднених річок і водоймищ він становить від 100 до 200 мкг/кг маси тіла, а із забруднених – 500-700 мкг/кг.

Миш'як широко розповсюджений у навколишньому середовищі. Він зустрічається майже у всіх ґрунтах. Світове виробництво миш'яку складає приблизно 50 тис. Тон в рік. Останнім часом виробництво миш'яку кожні 10 років зростає на 25 %. В результаті широкого розповсюдження в навколишньому середовищі і використанні у сільському господарстві, миш'як присутній у більшості продуктах харчування. Зазвичай його вміст у продуктах харчування малий – менш ніж 0,5 мг/кг, і рідко перевищує 1 мг/кг, за виключенням деяких морських організмів. При відсутності значних забруднювачів, вміст миш'яку в: хлібних виробах складає до 2,4 мг/кг,

фруктах – до 0,17мг/кг, напоях – до 1,3 мг/кг, м'ясі – до 1,4 мг/кг, молочних продуктах – до 0,23 мг/ кг, в морських продуктах вміст миш'яку зазвичай більший – на рівні 1,5... 15,3 мг/кг.

Мідь присутня майже у всіх продуктах харчування. Джерелами забруднення харчових продуктів можуть бути виробни з міді, які використовують у харчовій промисловості. У зв'язку з тим, що мідь каталізує окислення жирів і аскорбінової кислоти, наявність її може негативно впливати на харчову цінність і смак харчових продуктів і напоїв. Сліди міді у харчових продуктах з фруктів і овочів призводять до повного руйнування вітаміну С.

Цинк належить до малотоксичних мікроелементів. Хронічні отруєння та забруднення ним харчових продуктів через побутові речі практично не реєструються. Проте вміст цинку у ґрунті поблизу металургійних підприємств до 4200 мг/кг робить землі непридатними для використання під сільськогосподарські культури. Так, у стручковій квасолі, вирощеній за 10 км від забруднюючого підприємства, вміст цинку становить 6 мг/кг. У зеленій масі – до 56,4 мг/кг. У продуктах харчування основна частина цинку являє собою речовину природного походження, і становить 0 – 20 мг/кг. Для харчових продуктів рекомендовані такі допустимі величини вмісту цинку: м'яса – до 20 мг/кг, напоїв – до 5 мг/кг, фруктів та овочів – до 100 мг/кг, варення та мармеладу – до 5 мг/кг.

Пестициди – хімічні препарати призначені для боротьби зі шкідливими у сільському і лісовому господарствах, з хворобами рослин та бур, з хворобами рослин та бур'янами.

Для оцінки небезпеки пестицидів запропонований ряд класифікацій. Наприклад, класифікація ВООЗ .

Залишкова кількість пестицидів у харчових продуктах, кормах, ґрунті, воді – активна частка пестицидного препарату, його похідні, а також неминучі хімічні домішки у пестицидному препараті, які мають біологічну активність і можуть шкідливо діяти на організм.

Санітарна доброякісність та епідемічна безпека харчових продуктів. На всіх етапах виробництва, зберігання та реалізації харчових продуктів важливу роль відіграє лабораторний контроль за якістю сировини та готової продукції. Здійснюється він як виробниками (відомчими лабораторіями, так і службою санітарно-відомчого нагляду).

В обов'язки відомчих лабораторій входить повсякденний контроль якості сировини, миття та знезараження посуду, технології виготовлення, зберігання готової продукції тощо.

Санітарно-гігієнічний контроль передбачає плановий вибірковий контроль за якістю в першу чергу вже виготовлених харчових продуктів або ж участь у вирішенні питань, пов'язаних із можливістю вживання продуктів без шкоди для здоров'я споживачів за наявності деяких ознак їх псування.

Відомчі лабораторії та служба санітарно-епідеміологічного нагляду забезпечують контроль за санітарною доброякісністю та епідеміологічною безпекою продуктів. Оцінка санітарної доброякісності обумовлює дослідження на вміст важких металів у консервованих продуктах, пестицидів, мітоксинів, нітрозамінів та інших шкідливих речовин.

Таким чином, вирішення проблем безпеки харчових продуктів як однієї з ключових передумов забезпечення належного рівня здоров'я населення вимагає застосування структурованого підходу, що поєднує в собі виявлення небезпеки і ризиків та контрольні заходи відповідної дії. Дієвість такого підходу залежить від забезпечення співробітництва між виробниками, органами контролю і споживачами.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи була вирішена науково-практична задача отримання морквяного пектинового екстракту, визначення його якісних показників та одержані наступні результати:

1. Проведено аналіз літературних джерел про сучасний стан наукових досліджень природи пектинових речовин та їх фізико-хімічних властивостей, методів вилучення пектину з рослинної сировини, перспективи використання пектинових екстрактів.

2. Експериментально досліджено процес гідролітичного розщеплення протопектину вторинної морквяної сировини гідролітичними чинниками харчової якості, отримано морквяний пектиновий екстракт з вмістом пектину 0,7...0,9 % концентрований пектиновий екстракт з вмістом пектину 2,8...3,2 %.

3. Визначено фізико-хімічні показники морквяних пектинових екстрактів: в'язкість, густину, поверхневий натяг, значення яких дозволяє віднести отримані пектинові продукти до ефективних згущувачів та емульгаторів.

4. Досліджено у комплексотвірну здатність морквяних пектинових екстрактів з різним вмістом пектину відносно іонів свинцю, що становить 3,6...150 мг Pb²⁺/г., а також здатність екстракту до гелеутворення.

5. Розроблено апаратурно-технологічну схему виробництва пектинових екстрактів з морквяної пектиновмісної сировини.

6. Пектиновий екстракт можна використовувати у різних галузях харчової промисловості, як структуроутворювач харчових технологічних середовищ та у виробництві продуктів лікувально – оздоровчого призначення, як природний детоксикант та радіопротектор.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Салєба Л. В. Пектин: структура, властивості, біологічні функції / Л. В. Салєба // Вісник Херсонського національного технічного університету . - 2018. - № 2. - С. 143-149.
2. Krapivnytska I. Scientific and practical aspects of pectin and pectin products/ I. Krapivnytska, V. Ladyka, M. Ianchik, S. Omelchenko, O. Melnyk F.Pertsevov. Kharkiv: Dissa +, 2022.-228 p.
3. Камбулова, Ю. В. Дослідження реологічних властивостей розчинів пектинів, альгінату натрію та їх комплексів [Електронний ресурс] / Ю. В. Камбулова, І. О. Соколовська // Харчова наука і технологія. – 2014. – № 1 (26). – С. 68–73.
4. Рашевська, Т. О. Мікроструктура водних розчинів пектину / Т. О. Рашевська, І. С. Гулий, А. І. Українець // Харчова промисловість. – 2004. – Вип. 3. – С. 20–22.
5. Фізико-хімічні властивості пектинів з різним ступенем етерифікації та обґрунтування умов їх використання в кондитерських виробках / У. Йовбак, В. Оболкіна, І. Карпович // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2015. – № 3 (124). – С. 3–5.
6. Даценко, А. О способности пектинов к студнеобразованию / А. Даценко // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2015. – № 7–8 (128–129). – С. 56–58.
7. Наукові та практичні аспекти пектину і пектинопродуктів : монографія / І. О. Крапивницька, Ф. В. Перцевой, Є. О. Омельчук та ін. – Суми : Сумський національний аграрний університет, 2015. – 314 с.
8. Застосування мембранних процесів у технології одержання пектинових концентратів : монографія / Г. В. Дейниченко, В. Г. Мирончук, В. В. Гузенко, З. О. Мазняк та ін. ; Харківський державний університет харчування та торгівлі. – Харків : Факт, 2016. – 176 с.

9. Берник, І. М. Особливості вилучення пектину в ультразвуковому кавітаційному полі та його властивості / І. М. Берник, О. Ф. Луговський, І. О. Крапивницька // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – Київ : НУХТ, 2010. – № 32. – С. 59–62.
10. Дейниченко, Г. В. Аналіз упровадження мембранних технологій під час обробки пектинового екстракту [Електронний ресурс] / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, В. В. Гузенко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць Харківського державного університету харчування та торгівлі. – Харків : ХДУХТ, 2009. – Вип. 1 (9). – С. 165–172. –
11. Тошков, Н. Сорбционные характеристики пектина, выделенного из клубней топинамбура / Н. Тошков, Н. Делчев, С. Козлуджова // Ukrainian food journal. – 2014. – Vol. 3, issue 2. – С. 185–192.
12. Йовбак, У. С. Вплив додаткових структуроутворювачів на властивості желейних начинок на основі морквяного та морквяно-яблучного пюре [Електронний ресурс] / У. С. Йовбак, В. І. Оболкіна, І. О. Крапивницька // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2012. – № 7–8 (92–93). – С. 5–7. –
13. Стабільність β-каротину при одержанні порошку з морквяних вичавок. / Косоголова Л.О., Левківська Т.М.// Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Випуск 1.-2006.-35с.
14. Розробка способу одержання порошку з морквяних вичавок з підвищеним вмістом β-каротину/ Левківська Т.М., Косоголова Л.О., Носенко В.ЄУ Праці Таврійської державної агротехнічної академії, Випуск 34 - 2005 - 140-143&
15. Морозова Л. П., Вивчення хімічного складу та біологічної активності моркви посівної (*daucus carota* L. var. *sativus*), огляд літератури Продовольчі ресурси Т. 11 (2023), № 20 с. 72-87

16. Pectin: An overview of sources, extraction and applications in food products, biomedical, pharmaceutical and environmental issues. Carolina A. Contador D , Man-WahLi D , Hon-Ming Lam, Kong Ah-Hen, Pilar E., María Cristina Ravanal, *Food Chemistry Advances*. -2.- 2023. – P. 2-13.
17. *Ridley B.L.* Pectins: structure, biosynthesis, and oligogalacturonide-related signaling / B.L.Ridley, M.A.O'Neill, D.Mohnen // *Phytochemistry*. – 2001. – V.57. – P.929-967.
18. *O'Neill M.A.* The composition and structure of plant primary cell walls / M.A.O'Neill, W.S.York // *The Plant Cell Wall*. – Ed. Rose J.K.C. – Oxford: Blackwell Publ. – 2003. – V.8. – P.1-54.
19. *Round A.N.* A new view of pectin structure revealed by acid hydrolysis and atomic force microscopy / A.N.Round, N.M.Rigby, A.J.MacDougal, V.J.Morris // *Carbohydr. Res.* – 2010. – V.345. – P.487-497.
20. *Vincken J.-P.* If Homogalacturonan were a side chain of rhamnogalacturonan I. Implication for cell wall architecture / J.-P.Vincken, H.A.Schols, R.J.F.J.Oomen et al. // *Plant Physiol.* – 2003. – V.132. – P.1781-1789.
21. *Kirby A.R.* Atomic force microscopy of tomato and sugar beet pectin molecules / A.R.Kirby, A.J.MacDougal, V.J.Morris // *Carbohydr. Polym.* – 2008. V.71. – P.640-647.
22. *Ridley, B.L.* Pectins: Structure, Biosynthesis, and Oligogalacturonide-related signaling / B.L.Ridley, M.A.O'Neill, D.A.Mohnen // *Phytochemistry*. – 2001. – V.57. – P.929-967.
23. *Advance in Pectin and Pectinase Research/ [ed. by Voragen, F.]* Schools, H. and Visser R. Kluwer, Academic Publisher, 2003. – 514p.
24. *Mohnen, D.* Pectin Structure and Synthesis. *Curr. Opin. Plant Biology* 2008. – V.11. – P.266-277.
25. *Willats W.G.T.* Pectin: cell biology and prospects for functional analysis./ W.G.T.Willats, L.McCartney, W.Mackie, J.P.Knox // *Plant Mol. Biol.* – 2001. – V.47. – P.9-27.
26. *Schols H.A., Voragen A.GJ.* // *Pectins and their Manipulation / Ed.*

Seymour G.B., Knox J.P. Oxford: Black-well Publ., 2002. P. 1-29.

27. Mohnen, D. Pectin Structure and Synthesis. *Curr. Opin. Plant Biology* 2008. – V.11. – P.266-277.

28. Hilz, H. The pectic polysaccharide rhamnogalacturonan II is present as a dimer in pectic populations of bilberries and black currants in muro and in juice / H.Hilz, P.Williams etc. // *Carbohydr. Polym.* – 2006. – V.65. – P.521-528.

29. Ishii T. Rhamnogalacturonan II is covalently cross-linked to homogalacturonan / T.Ishii, T.Matsunaga // *Phytochemistry.* – 2001. – V.57. – P.969-974.

30. O'Neill, M.A., Rhamnogalacturonan II: Structure and function of a borate cross-linked cell wall pectic polysaccharide / M.A.O'Neill, T.Ishii, P.Albersheim, A.G.Darvill // *Ann. Rev. Plant Biol.* – 2004. – V.55. – P.109-139.

31. Rolin C. Pectins and their manipulation / Eds Seymour G.B., Knox J.P. Oxford: Blackwell Publ.,- 2002.- P. 222-239.

32. Rosenbohm C. Chemically methylated and reduced pectins: preparation, characterisation by ^1H NMR spectroscopy, enzymatic degradation, and gelling properties / C.Rosenbohm, I.Lundt, T.M.I.E.Christensen, N.W.G.Young // *Carbohydr. Res.* – 2003. – V. 338. – P. 637-649.

33. Mohnen, D., Bar-Peled, M. and Somerville, C. Biosynthesis of Plant Cell Walls. In *Biomass Recalcitrance*, ed. Himmel, M., Blackwell Publishing, Oxford. Chapter 5,- 2008.- P. 94-187.

34. H. Kastner, U. Einhorn-Stoll, B. Senge Structure formation in sugar containing pectin gels – Influence of Ca^{2+} on the gelation of low-methoxylated pectin at acidic pH // *Food Hydrocoll.* – 2012. – V. 27. – P. 42-49.

35. Huisman M. The occurrence of internal (1–5)-linked arabinofuranose and arabinopyranose residues in arabinogalactan side chains from soybean pectic substances / M. Huisman, L. Briill, J. Thomas-Oates, J. Haverkamp, H. Schols and A. Voragen // *Carbohydr Res.* – 2001. – № 330. – P.103-114.

36. *Marudova M.* Influence of sodium citrate and potassium-sodium tartrate on gelation of low-methoxyl amidated pectin / M.Marudova, N.Jilov // *Food Eng.* – 2003. – V. 59. – P. 177-180.

37. *Yoo S.-H.* Viscometric behavior of high-methoxy and low-methoxy pectin solutions / S.-H.Yoo, M.L.Fishman, Jr.A.T.Hotchkiss, H.G.Lee // *Food Hydrocoll.* – 2006. – V. 20. – P. 62-67.

38. *Lofgren C.* Synergistic rheological behaviour of mixed HM/LM pectin gels / C.Lofgren, A.-M.Hermansson // *Food Hydrocoll.* – 2007. – V. 21. – P.480-486.

39. *Lofgren C., Hermansson A.-M.* // *Gums and Stabilisers for the Food Industry* /Eds Williams P.A., Phillips G.O. Cambridge: The Royal Soc. of Chem., 2004. V. 12. P. 153-159.

40. *Fu J.-T.* Rheology and structure development during gelation of low-methoxyl pectin gels: the effect of sucrose / J.-T.Fu, M.A.Rao // *Food Hydrocoll.* – 2001. – V. 15. – P. 93-100.

41. Патент № 71366 А Україна, МПК А23L1/0524, С 08 В 37/06. Спосіб виробництва яблучного пектинового концентрату / Крапивницька І.О., Воїнова С.М., Хачко В.І., заявник і патентовласник Нац. унів-т харч. техн. – №20031212355; заявл. 25.12.03; опубл. 15.10.04, Бюл. № 11.

42. *Крапивницька І.О.* Новий вид желевної продукції спеціального призначення / Крапивницька І.О., Джуренко Н.І., Бандуренко Г.М., Паламарчук О.П., Скрипченко Н.В. // *Проблеми техніки і технології харчових виробництв: матеріали міжвузівської науково-практичної конференції (8-9 квітня 2004 р.)* – Полтава, 2004. – С.160-162

43. *Оболкіна В.І.* Перспективи використання овочевих пектиновмісних паст у виробництві кондитерських виробів / В.І.Оболкіна, І.О.Крапивницька, С.Г.Кияниця [и др.] // *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України.* – 2009. – № 6 (55). – С.40-50.

44. Йовбак У., Оболкіна В., Крапивницька І. Вплив додаткових структуроутворювачів на властивості жележних начинок на основі

морквяного та морквяно-яблучного пюре // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2012.- № 07-08 (92-93).- с.5-7

45. Yovbak U. The use of plant material to create semi-gelatinous pastry products/ U.Yovbak, V.Obolkina, I.Krapivnitska // NEEFood – 2013: The Second North and East European Congress on Food, 26-29 May 2013, - К.: NUFT, - 2013.

46. M. Bilal et al. Biotransformation of lignocellulosic materials into value-added products—a review *Int. J. Biol. Macromol.* (2017)

47. S. Croak et al. The role of pectin in orange juice stabilization: effect of pectin methylesterase and pectinase activity on the size of cloud particles *Food Hydrocoll.* (2006)

48. Крайнюк Л.М. Методи контролю рослинної та тваринної продукції. – 2 вид., перероб. і доп. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2009. – 300 с.

49. Царенко О.М. Основи фізіології, гігієни та безпеки харчування: Навч. посіб.: У 2 ч. – Ч. II. Основи гігієни та безпеки харчування/ О.М. Царенко, М.І. Машкін, Л.Ф. Павлоцька та інші. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2004. – 278 с.

Ministry of Education and Science of Ukraine

National University of Food Technologies

**90th
International scientific conference
of young scientist and students**

**"Youth scientific achievements
to the 21st century nutrition
problem solution"**

April, 11–12 2024

Part 1

Kyiv, NUFT, 2024

Міністерство освіти і науки України

Національний університет харчових технологій

**90-та
Міжнародна наукова
конференція молодих учених,
аспірантів і студентів**

**"Наукові здобутки молоді –
вирішенню проблем
харчування людства у ХХІ
столітті"**

11–12 квітня 2024 р.

Частина 1

Київ НУХТ 2024

90th International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April, 11–12, 2024. Book of abstract. Part 1. NUFT, Kyiv.

The publication contains materials of 90th International scientific conference of young scientists and students "Youth scientific achievements to the 21st century Nutrition problem solution".

It was considered the problems of improving existing and creating new energy and resource saving technologies for food production based on modern physical and chemical methods, the use of unconventional raw materials, modern technological and energy saving equipment, improve of efficiency of the enterprises, and also the students research work results for improve quality training of future professionals of the food industry.

The publication is intended for young scientists and researchers who are engaged in definite problems in the food science and industry.

ISBN 978-966-612-317-9

© NUFT, 2024

Матеріали 90-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 11–12 квітня 2024 р. – Київ: НУХТ, 2024. – Ч.1. – 439 с.

Видання містить матеріали 90-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті".

Розглянуто проблеми удосконалення існуючих та створення нових енерго-та ресурсощадних технологій для виробництва харчових продуктів на основі сучасних фізико-хімічних методів, використання нетрадиційної сировини, новітнього технологічного та енергозберігаючого обладнання, підвищення ефективності діяльності підприємств, а також результати науково-дослідних робіт студентів з метою підвищення якості підготовки майбутніх фахівців харчової промисловості.

Розраховано на молодих науковців і дослідників, які займаються означеними проблемами у харчовій науці та промисловості.

ISBN 978-966-612-317-9

© НУХТ, 2024

Зміст

Introduction	7
1. Technology of functional ingredients and new food	9
2. Foodstuff expertise	69
3. Technology of bread, pastry, pasta and food concentrates	110
4. Grain processing technology	142
5. Technology of sugars, polysaccharides and water treatment	162
6. Technology of fermentation and wine	196
7. Technology of preservation	220
8. Technology of meat and meat products	254
9. Technology of milk and dairy products	308
10. Technology of fats and perfumery-cosmetic products	328
11. Ecology and sustainable development	340
12. Biotechnologies and bioengineering	366

Content

Передмова	7
1. Технологія функціональних інгредієнтів та нових харчових продуктів	9
2. Експертизи харчових продуктів	69
3. Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів	110
4. Технологія переробки зерна	142
5. Технології цукру, полісахаридів і підготовки води	162
6. Технологія продуктів бродіння і виноробства	196
7. Технологія консервування	220
8. Технологія м'яса і м'ясних продуктів	254
9. Технологія молока і молочних продуктів	308
10. Технологія жирів та парфумерно-косметичних виробів	328
11. Екологія і сталий розвиток	340
12. Біотехнології та біоінженерія	366

10. Дослідження процесів отримання морквяного пектинового екстракту та його фізико-хімічних показників

Юрій Муллер, Ірина Крапивницька

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Вступ. Пектин широко застосовуються у виробництві продуктів харчування як харчова та біологічно-активна добавка [1]. Перспективним є використання морквяного пектинового екстракту для створення функціональних продуктів.

Матеріали та методи. Для проведення досліджень використовували морквяні вичавки, морквяний пектиновий екстракт. Вміст пектину, ступінь етерифікації визначали титрометричним методом, розчинних сухих речовин – рефрактометричним; дослідження динамічної в'язкості проводили за допомогою вискозиметра Геплера, визначення рН, густини та інших показників загальноприйнятими методами.

Результати та обговорення. Дослідження процесів гідролізу і екстрагування пектинових речовин з морквяних вичавок проводились за таких параметрів: температурі 70...85° С, рН середовища 2,1–2,6 та тривалості 90 - 120 хв. Такі умови забезпечували ступінь гідролізу протопектину до 90%, ступінь екстрагування розчиненого пектину від 50 % до 80 % з модулем екстрагування 1:25.

Пектиновий морквяний екстракт – це однорідна в'язка рідина, що має кислуватий, властивий вихідній сировині смак та запах, від світло - жовтого до помаранчевого кольору. До хімічного складу екстракту входять пектин, цукри, органічні кислоти, β-каротин. Визначено ступінь етерифікації морквяного пектину, що становить 42 -47 %. Такий пектин відноситься до низькоетерифікованих пектинів.

Дослідження процесу концентрування морквяного пектинового екстракту проводили на лабораторному вакуумному ротаційному випарнику. Концентрування здійснювали протягом 2...4 год. за температури 60...70° С до вмісту пектинових речовин 3,5 %. Під час концентрування пектинового екстракту відбирали проби з різною концентрацією сухих і пектинових речовин. За температури 20° С визначали густину і динамічну в'язкість екстрактів.

Досліджували здатність до комплексоутворення морквяних пектинових екстрактів залежно від вмісту пектину. Вивчення здатності до комплексоутворення пектинових екстрактів показало, що вона зростає пропорційно збільшенню вмісту пектинових речовин в екстракті і досягає значення від 3,5 до 9,5 мг Рb₂+/мл. Значення здатності до комплексоутворення морквяних пектинових екстрактів порівнювали з комплексоутворювальною здатністю морквяного пектину, який виділяли з отриманих екстрактів, і яка становила – 345 мг Рb₂+/г.

Визначені фізико-хімічні показники морквяних пектинових екстрактів: в'язкість, густину,, значення яких дозволяє віднести отримані пектинопродукти до ефективних згущувачів та емульгаторів.

Висновки. На підставі проведених досліджень визначені параметри отримання морквяного пектинового екстракту та його фізико-хімічні та технологічні властивості.

Література

1. Krapivnytska I. Scientific and practical aspects of pectin and pectin products/ I. Krapivnytska, V. Ladyka, M. Ianchik, S. Omelchenko, O. Melnyk F.Pertsevov. Kharkiv: Dissa +, 2022.-228 p.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ



МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ

„ОЗДОРОВЧІ ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ ТА ДІЄТИЧНІ
ДОБАВКИ: ТЕХНОЛОГІЇ, ЯКІСТЬ ТА БЕЗПЕКА”

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

7 листопада 2024 р.

КИЇВ НУХТ 2024

Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 7 листопада 2024 р., м. Київ. К.: НУХТ, 2024 р. 157 с.

У матеріалах конференції наведено тези доповідей за актуальними напрямками розроблення, виробництва та споживання принципово нового покоління харчових продуктів – продуктів оздоровчого, профілактичного, лікувального та спеціального призначення. Коло наукових інтересів учасників конференції сформовано за такими напрямками: фармаконутриціологія у парадигмі нової концепції харчування, стан та перспективи розвитку технологій оздоровчих продуктів та дієтичних добавок, натуральні збагачувачі як альтернатива синтетичним харчовим добавкам, нетрадиційні джерела сировини у виробництві продукції нового покоління, інновації у виробництві та споживанні харчових продуктів, якість, безпека, ефективність оздоровчих продуктів та дієтичних добавок, харчові звички та культура харчування.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень запропоновано науково обґрунтовані, технологічно доцільні та економічно вигідні способи вирішення прикладних завдань формування, створення та розвиток в Україні індустрії оздоровчих продуктів, які відповідають основним принципам харчування XXI століття – ефективність, якість та безпека.

Матеріали конференції стануть в нагоді фахівцям різних галузей харчової промисловості, інженерно-технічним працівникам, потенційним інвесторам, студентам вищих навчальних закладів та всім, хто цікавиться проблемами здорового харчування.

Автори поданих матеріалів несуть повну відповідальність за підбір, точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, галузевої термінології, інших відомостей.

ЗМІСТ

Секція 1. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ НАУКОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ОЗДОРОВЧИХ ПРОДУКТІВ	
<i>Маслійчук О., Кончак О.</i> Інноваційні технології оздоровчих напоїв у харчуванні спортсменів	8
<i>Stetsenko N., Medvedyuk I.</i> Improvement of the technology of children's canned goods For health purposes with a combined composition	9
Секція 2. НУТРИЦІОЛОГІЧНЕ КОРЕГУВАННЯ ТА ПРОФІЛАКТИКА ХВОРОБ ЗАСОБАМИ ОЗДОРОВЧОГО ХАРЧУВАННЯ	
<i>Сімахіна Г., Камінська С.</i> Нові підходи у нутриціології до формування харчових раціонів	12
<i>Бондар А., Боярський Б., Литвинов Г.</i> Принципи створення і використання підсистеми штучного інтелекту для клітинної нутриціології	14
<i>Стеценко Н.</i> Функціональні харчові продукти та інгредієнти для подолання наслідків стресу у населення країни в умовах військового стану	17
<i>Лисюк Р., Раух А.</i> Розробка різних типів продуктів функціонального призначення з вітамінною активністю на основі рослинних субстанцій	19
<i>Базиліук М., Бажай-Жежерун С.</i> Хліб на основі лляного борошна для дієтичного харчування	21
<i>Лопатинська О.</i> Обґрунтування принципів раціонального харчування хворих при антибіотикотерапії	23
Секція 3. МЕДИКО-БІОЛОГІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА ОЗДОРОВЧИХ ПРОДУКТІВ.	
<i>Антіпіна О., Озоліна С., Губська Ю.</i> Крем-сир з додаванням топінамбуру	26
<i>Борук С.</i> Проведення заміни пшеничного борошна на рисове та кукурудзяне у кондитерських виробках	28
<i>Калайда К., Гайдай І.</i> Удосконалення рецептурної композиції зефіру зниженої калорійності	30
<i>Shlapak H., Synytsia O., Reus O.</i> Prospects for the use of vegetable raw materials in meat products	32
<i>Білик О., Березницька В., Білохатнюк В.</i> Картопляна клітковина ефективний збагачувач здобних виробів харчовими волокнами	34
<i>Гезь Я., Климова В.</i> Виробництво печива з використанням чорничної і смородинової клітковини	37
<i>Герасименко В., Красінько В.</i> Використання грибів для створення оздоровчих продуктів на основі мікопротеїну	39
<i>Юрова Т., Угляр Б.</i> Застосування гарбузового пюре при виробництві хлібу оздоровчого призначення	41
<i>Козлова Я., Гойко І.</i> Фірма «Фавор» лідер молочної продукції в Україні	43

<i>Олійник Д.</i> Розвиток молочного сектора в Україні в контексті інтеграції в міжнародну торгівлю та економічного зростання: кейс Україна – Швейцарія,	45
<i>Грабовська О., Вітряк О., Литвинов А., Бельмас А.</i> Веганський майонез з використанням концентрату протеїну кінських бобів	47
<i>Побрусило М., Івчук Н.</i> Вплив зернової безглютенової сировини на реологічні властивості тіста для здобного печива	49
<i>Кузьменко Р., Павлюченко О.</i> Асортимент та організація виробництва салатних заправок на основі купажованих рослинних олій для закладів ресторанного господарства	51
Секція 4. НЕТРАДИЦІЙНІ РЕСУРСИ (РОСЛИННОГО І ТВАРИННОГО ПОХОДЖЕННЯ) У ВИРОБНИЦТВІ ОЗДОРОВЧИХ ПРОДУКТІВ.	
<i>Воробець М., Кобаса І., Ткачук О.</i> Листя буряка столового як альтернатива норі	53
<i>Сема О., Сачко А., Аксьонова О., Губський С.</i> Застосування барбарису (<i>Berberis vulgaris L.</i>) у виробництві карамелі	55
<i>Следь К., Туз Н.</i> Впровадження органічних інгредієнтів у хлібобулочні вироби для покращення споживчої цінності	58
<i>Сімахіна Г., Созонюк Б.</i> Переваги комплексного перероблення рослинної сировини	60
<i>Бажай-Жежерун С., Шорнікова М., Рахметов Д.</i> Антиоксидантна активність бульб смикавцю істівного (<i>Cyperus esculentus L.</i>)	61
<i>Synytsia O., Shlapak H., Mishyna M.</i> Use of hemp seed oil in the composition of minced cooked sausages	64
<i>Кушнеренко Х., Кушнеренко А., Дійчук І., Дійчук В.</i> Розробка функціонального продукту, збагаченого мінералами	66
<i>Маслійчук О., Іванішин Р.</i> Технологія розробки м'ясних посічених страв з використанням нетрадиційної сировини	68
<i>Сабаш Г., Храпцева І.</i> Перспективи використання дикорослих рослинних ресурсів у виробництві харчових продуктів оздоровчого призначення	70
<i>Фокша Д., Павлюченко О.</i> Топінамбур та батат як перспективна сировина продукції ресторанного господарства	73
<i>Благополучна А.</i> Використання нетрадиційних ресурсів рослинного походження у виробництві оздоровчих харчових продуктів	75
<i>Воробець Н.</i> Використання проростків соняшника у якості спеціальних харчових продуктів – вміст пігментів	77
<i>Радченко А., Шокотько Н.</i> Технологія майонезу з рослинними заміниками яєць	79
<i>Дущак О., Кіях Є.</i> Створення нових снєкових виробів із використанням томатної сировини	81
Секція 5. ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМИ КОМПЛЕКСНОЇ ПРОБЛЕМИ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ.	
<i>Сімахіна Г., Михайлова Р., Зімірьов О.</i> Здорове харчування – основа співпраці кафедри та ТОВ «Фірма «Фавор»	83
<i>Акіншина О.</i> Оздоровче харчування у системі реабілітації онкохворих	85
<i>Науменко Н.</i> Яблуко як фольклорний і поетичний образ України	87

<i>Баишта А.</i> Оцінка стану харчування студентської молоді в сучасних умовах	89
<i>Бажай-Жежерун С., Шевцова К.</i> Стародавні українські страви, як складова оздоровчого харчового раціону	91
<i>Резнік А.</i> Психологічні аспекти формування здорових харчових звичок в українській сім'ї	93
<i>Романовська Т.</i> Есенціальні жирні кислоти в оздоровчих харчових продуктах	95
<i>Водяничук Ю.</i> Зміцнення здоров'я населення України - пріоритетне завдання сьогодення	96
<i>Науменко І.</i> Формування здорового способу життя молоді	98
<i>Шапіренко Д., Силка І.</i> Мусові десерти на основі грецького йогурту як тренд оздоровчого харчування	100
<i>Бажай-Жежерун С., Воропай К.</i> Використання бобових культур в оздоровчому харчуванні	101
<i>Склярєнко О.</i> Борщ як складова традиційної культури українців	103
<i>Борисова Е., Науменко Н.</i> Базова страва ідлі для врівноваження вата доші	105
<i>Шуба Є.</i> Валеологічні аспекти стресу та стресостійкості	107
<i>Благополучна А.</i> Особливості застосування натуральних харчових добавок у ресторанному господарстві	108
<i>Слепко А., Христюк О.</i> Здорове харчування як фактор психічного здоров'я	110
<i>Бажай-Жежерун С., Береза-Кіндзерська Л., Романенко О.</i> Зниження споживання натрію – шлях до поліпшення стану здоров'я населення	112
<i>Vazilyuk M., Kaminska S.</i> Analysis of dietary fiber content in healthy products for patients with chronic pancreatitis	115
<i>Федоренко Т.</i> Основні тенденції та перспективи виробництва продукції для лікувального харчування дітей	116
Секція 6. ОЗДОРОВЧЕ ХАРЧУВАННЯ ДЛЯ РАЦІОНІВ ТА РЕАБІЛІТАЦІЇ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ.	
<i>Маслійчук О., Сімахіна Г., Булботка Н.</i> Розробка дегідратованих продуктів із додаванням білкового збагачувача для харчування військовослужбовців В екстремальних умовах	119
<i>Havryliuk O., Goyko I., Sherstiuk N.,</i> Study of the chemical composition of berry powder for the production of instant drinks for military use	121
<i>Бондар Г., Красінько В.</i> Перспективи використання дріжджів, збагачених залізом, у оздоровчому харчуванні військовослужбовців	123
<i>Шерганов В.</i> Оздоровче харчування для раціонів та реабілітації військовослужбовців	125
<i>Богдан О., Стукальська Н.</i> Пектиновмісні продукти як засіб для оздоровлення військових	127

Секція 7. КРАФТОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЗДОРОВЧИХ ПРОДУКТІВ	
<i>Красний Д., Салєба Л.</i> Крафтові технології виробництва хлібобулочних виробів	129
<i>Вокії У.</i> Zastosowanie grzybów w kuchni polskiej	131
<i>Благополучна А.</i> Технологія крафтового виробництва оздоровчих харчових продуктів	134
<i>Фастаковський Д., Неміріч О., Силка І.</i> Сучасні технологічні підходи теплової обробки у технології продукції ресторанного господарства	136
Секція 8. ЕКОБЕЗПЕКА ТЕХНОЛОГІЙ ТА ПАКУВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ У ВИРОБНИЦТВІ ОЗДОРОВЧИХ ПРОДУКТІВ.	
<i>Шульга О., Шульга С.</i> CARVER+Shock – методологія, що забезпечує реалізацію системи ТАССР для операторів ринку харчових продуктів	137
<i>Благополучна А.</i> Безпечні пакувальні матеріали у виробництві оздоровчих харчових продуктів	139
<i>Воробець Н., Зазуляк Т.</i> Вміст свинцю, кадмію і нікелю у проростках соняшника за вищивання на надлишкових їх кількостях у субстраті	141
<i>Юхно В., Соловей І.</i> Використання рослинної сировини у технології напоїв на основі молочної сироватки	143
<i>Ткач В., Кушнір М., Морозова Т., М. Жуау Монтейру, Ізабел О'Ніл де Маскареньяш Гайвау, Іванушко Я., Адріано О. да Сілва, Луканьова С., Ягодинець П., Жолт О. Кормош, Луганська О., Гарсія Ж.Р., Жозе Інасіу Феррау да Пайва Мартіни, Акинай Ю., Каракочун Н., Тюркменоглу М.</i> Теоретико-експериментальний опис електрохімічного визначення ергостеролу у грибних продуктах та спецхарчуванні	146
<i>Вознюк С., Коваль О., Ющенко Н.</i> Аналіз ризиків і критичних контрольних точок у виробництві тістечок підвищеної біологічної цінності за допомогою системи НАССР	148
<i>Кравченко А., Ющенко Н., Фролова Н.</i> Аналіз небезпечних чинників на етапі зберігання сировини для виготовлення яблучного джему в закладі ресторанного господарства	150
Секція 9. ТЕХНОЛОГІЇ НАТУРАЛЬНИХ ДІЄТИЧНИХ ДОБАВОК: ВЕКТОРИ РОЗВИТКУ.	
<i>Kaminska S.</i> Comparison of the Concept of Superfood in Ukraine and Japan	152
<i>Смоляр В., Карнович І., Крапивницька І.</i> Отримання бурякового пектину медичного призначення	154
<i>Маркін Д., Стукальська Н.</i> Ефективність використання дієтичних харчових добавок у виробництві продуктів харчування	155
<i>Муллер Ю., Крапивницька І., Омельчук Є.</i> Морквяний пектиновий екстракт – дієтична добавка у створенні функціональних продуктів	157

МОРКВЯНИЙ ПЕКТИНОВИЙ ЕКСТРАКТ – ДІЄТИЧНА ДОБАВКА У СТВОРЕННІ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОДУКТІВ

Юрій Муллер, Ірина Крапивницька, Євген Омельчук

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

Пектин широко застосовуються у виробництві продуктів харчування як харчова та дієтична добавка. Морква є привабливою сировиною для отримання цінних біологічно активних речовин. У складі функціональних продуктів морква активує внутрішньоклітинні окислювально-відновні процеси, регулює вуглеводний обмін, підвищує імунні функції організму. Перспективним є використання морквяного пектинового екстракту для створення функціональних продуктів.

Як сировину для пектинового екстракту використовували морквяні вичавки. У вичавках різних сортів моркви визначали вміст пектинових речовин, що становить 10-15 %, кислотність, вміст розчинних сухих речовин, β -каротину.

Пектиновий морквяний екстракт – це однорідна в'язка рідина, що має кислуватий, властивий вихідній сировині смак та запах, від світло - жовтого до помаранчевого кольору. До хімічного складу екстракту входять пектин, цукри, органічні кислоти, β -каротин. Вміст пектину в екстракті становить 1,5-4,5 % залежно від ступеня концентрування, ступінь етеріфікації морквяного пектину 42 -47 %.

Досліджували здатність до комплексоутворення морквяних пектинових екстрактів залежно від вмісту пектину, що становить 3,5- 9,5 мг Pb^{2+} /мл. Визначено фізико-хімічні показники морквяних пектинових екстрактів: в'язкість, густину, значення яких дозволяє віднести отриманий екстракт до ефективних стабілізаторів та емульгаторів харчових продуктів. Досліджено можливість застосування морквяного пектинового екстракту при створенні функціональних продуктів, зокрема, напою та майонеза.

Література

1. Морозова , Л. П. (2023). Вивчення хімічного складу та біологічної активності моркви посівної (*daucus carota l. var. sativus*). огляд літератури. Продовольчі ресурси, *11(20)*, 72–87. <https://doi.org/10.31073/foodresources2023-20-08>.
2. Krapivnytska I. Scientific and practical aspects of pectin and pectin products/ I. Krapivnytska, V. Ladyka, M. Ianchik, S. Omelchenko, O. Melnyk F.Pertsevov. Kharkiv: Dissa +, 2022.-228 p.