

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

**Лабейко Марина Анатоліївна**



УДК 665.117:66.061

**ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ І ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ  
АНТИОКСИДАНТІВ ІЗ ВТОРИННИХ ПРОДУКТІВ ОЛІЄЖИРОВИХ  
ВИРОБНИЦТВ**

Спеціальність 05.18.06 – технологія жирів, ефірних масел і  
парфумерно-косметичних продуктів

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2021

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі технології жирів та продуктів бродіння Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України, а також у відділі досліджень технології переробки олій та жирів Українського науково-дослідного інституту олій та жирів Національної академії аграрних наук України, м. Харків.

**Науковий керівник** доктор технічних наук, професор  
**Гладкий Федір Федорович**,  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»,  
професор кафедри технології жирів  
та продуктів бродіння

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Носенко Тамара Тихонівна**,  
Національний університет харчових  
технологій, м. Київ,  
завідувач кафедри технології жирів,  
хімічних технологій, харчових  
добавок і косметичних засобів;

кандидат технічних наук, доцент  
**Луценко Марина Василівна**,  
ТОВ «Десналенд», м. Глухів,  
Сумська область,  
інженер-технолог

Захист відбудеться «30» квітня 2021 року, о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.05 у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2.

Автореферат розіслано «29» березня 2021 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради



Арутюнян Т.В

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Проблеми раціонального використання вторинної сировини олійножирового виробництва і окиснювального псування олій та жирів відносяться до числа пріоритетних в галузі.

Серед вторинної сировини олійновидобувного виробництва, використання якої до тепер не є ефективним, значне місце займає соняшниковий шрот.

Це дешевий вторинний продукт олійножирових виробництв, який в нашій країні виробляється у великій кількості та використовується переважно як корм для сільськогосподарських тварин. Між тим, він є джерелом цінних природних компонентів, таких як соняшниковий білок та хлорогенова кислота. Якщо отриманню та використанню соняшникового білку присвячено досить багато досліджень, то виділенню із соняшникового шроту такого потужного антиоксиданту, як хлорогенова кислота – вкрай мало. Крім того слід зазначити, що попереднє вилучення хлорогенової кислоти дозволить у подальшому отримувати рослинний білок, вільний від вказаної фенольної сполуки, яка зазвичай вилучається разом із білком і негативно впливає на його колір під час технологічної обробки. Цей фактор унеможливує використання соняшникових білків у виробництві комбінованих продуктів харчування світлого кольору.

Таким чином, дослідження, спрямовані на розробку науково обґрунтованої технології природного антиоксиданту із соняшникового шроту є актуальними і складають наукове завдання, яке вирішує дисертаційна робота.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційну роботу виконано на кафедрі технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХП» за планами науково-дослідних робіт, а також в Українському науково-дослідному інституті олій та жирів НААН України у межах держбюджетних НДР: «Фундаментальні засади одержання цінних природних речовин із вторинних продуктів олієжирової промисловості» (ДР № 0116U000092), в якій здобувач був відповідальним виконавцем усіх етапів, та «Дослідження процесів отримання білкових продуктів на підставі дослідження хімічного складу насіння соняшнику вітчизняної селекції та розробка теоретичних основ технології одержання різноманітних форм білкових продуктів» (ДР № 0111U005035), в якій здобувач був відповідальним виконавцем окремих етапів роботи.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є дослідження закономірностей вилучення хлорогенової кислоти із соняшникового шроту та розробка науково обґрунтованої технології одержання природного антиоксиданту. Для досягнення зазначеної мети поставлено наступні задачі:

- провести теоретичні дослідження та сформулювати робочу гіпотезу щодо можливості отримання хлорогенової кислоти із соняшникового шроту;
- науково обґрунтувати удосконалену методику кількісного визначення хлорогенової кислоти у соняшниковому шроті;
- виявити ефективні технологічні параметри вилучення хлорогенової кислоти із соняшникового шроту;

- виконати комплекс досліджень з ідентифікації кристалічної хлорогенової кислоти та визначення її антиоксидантних та антибактеріальних властивостей;
- розробити технологічну схему та проект технічних умов одержання хлорогенової кислоти із соняшникового шроту;
- провести економічну оцінку ефективності виробництва хлорогенової кислоти за запропонованою технологією та використати результати досліджень у виробництві та навчальному процесі.

*Об'єкт дослідження* – технологія отримання хлорогенової кислоти із соняшникового шроту.

*Предмет дослідження* – технологічні параметри вилучення та очищення хлорогенової кислоти; ідентифікація кристалічної хлорогенової кислоти; антиоксидантні та антибактеріальні властивості одержаного природного антиоксиданту.

**Методи дослідження.** Дослідження технологічних показників соняшникового шроту здійснювалося згідно ДСТУ 4638 «Шрот соняшниковий. Технічні умови»; визначення періодів індукції та дослідження процесу плавлення отриманих кристалічних продуктів проводились за допомогою методу диференційної скануючої калориметрії; дослідження щодо ідентифікації отриманих продуктів здійснювались за допомогою методу високоефективної рідинної хроматографії та інфрачервоної спектроскопії; фізико-хімічні та органолептичні показники емульсійного продукту – майонезу з додаванням хлорогенової кислоти визначено згідно з ДСТУ 4560, а мікробіологічні показники – згідно з ДСТУ 4487; для планування експериментів і обробки експериментальних даних застосовували математичні методи з використанням програмних пакетів *MathCad, Microsoft Excel ma Stat Soft Statistica v6.0*.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в тому, що вперше:

- науково обґрунтовано технологічні прийоми щодо вибору екстрагента хлорогенової кислоти (60%-вого етилового спирту), способу екстрагування, а також очищення спиртових екстрактів від жирових домішок за допомогою промивання хлороформом, що дозволило підвищити вихід, покращити склад (збільшити вміст основної речовини – хлорогенової кислоти) та знизити собівартість цільового продукту;

- експериментально та шляхом апроксимаційного моделювання обґрунтовано удосконалення методики кількісного визначення хлорогенової кислоти, яка відрізняється умовами пробопідготовки і титрування, що дозволило скоротити тривалість та підвищити якість проведення аналізу;

- визначено раціональні параметри екстрагування хлорогенової кислоти із соняшникового шроту 60%-вим етиловим спиртом з використанням апроксимаційного поліному, що дозволило підвищити ступінь вилучення хлорогенової кислоти;

- з використанням методу диференційної скануючої калориметрії встановлено закономірності плавлення кристалічних форм хлорогенової кислоти, що дозволило на основі фазових переходів визначити склад (вміст основної речовини – хлорогенової кислоти) отриманого антиоксиданту;

- виявлено антиоксидантну та антибактеріальну дію водного розчину

хлорогенової кислоти у складі емульсії щодо дисперсної неполярної фази (соняшникової олії), що дозволило використовувати виявлені властивості хлорогенової кислоти у складі комбінованих жирових продуктів емульсійного типу.

Набула подальшого розвитку технологія кваліфікованого використання вторинного продукту олійножирового виробництва – соняшникового шроту, яка передбачає вилучення із нього ефективного антиоксиданту (хлорогенової кислоти), що дозволило наблизитися до безвідходної переробки насіння соняшнику.

**Практичне значення одержаних результатів** для олійножирової галузі полягає у розробці технології отримання хлорогенової кислоти із соняшникового шроту, за якою вироблено кристалічний продукт та доведено його антиоксидантну і антибактеріальну дії у складі емульсійного продукту – майонезу. Використання хлорогенової кислоти дає можливість відмовитися від відповідних синтетичних промислових антиоксидантів та консервантів, кількість додавання яких у харчові продукти суворо регламентується у зв'язку з потенційною небезпекою для здоров'я споживача.

На хлорогенову кислоту, отриману із соняшникового шроту за розробленою технологією, підготовлено та узгоджено відповідний проект технічних умов ТУ У 20.14.33-00334882:001-2020 «Кислота хлорогенова. Технічні умови».

Результати дисертаційної роботи опочатковано в умовах ТОВ «Ново-Водолажський Масло-Жировий Комбінат». Отриманий зразок хлорогенової кислоти використано під час випуску виробничої партії майонезу «Провансаль» (акт дослідно-промислових випробувань від 03.09.2020р.).

Результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі кафедри технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХПІ» під час викладання дисциплін «Технологія галузі. Технологічні розрахунки, облік та звітність у галузі», «Інноваційні технології переробки жирів» та «Інженерне проектування технологій олійножирової галузі»; в курсовому та дипломному проектуванні, а також науково-дослідній роботі студентів спеціальностей 181 «Харчові технології» та 181.01 «Технології жирів, жирозамінників та ефірних масел» (акт впровадження від 03.12.2020р.).

**Особистий внесок здобувача.** Основні положення і наукові результати дисертаційної роботи, що винесено на захист, отримані здобувачем особисто. Серед них: теоретичні дослідження сучасного стану щодо отримання та використання антиоксидантів і, зокрема, хлорогенової кислоти; планування, виконання та обробка даних експериментів щодо удосконалення методу визначення хлорогенової кислоти, встановлення раціональних параметрів процесу екстрагування хлорогенової кислоти із соняшникового шроту, впливу умов очищення спиртового екстракту хлорогенової кислоти на вихід отриманого кристалічного продукту, встановлення залежності між ступенем екстрагування хлорогенової кислоти та способом екстрагування, ідентифікації та визначення антиоксидантної і антибактеріальної дії отриманого кристалічного продукту); розробка технологічної схеми отримання хлорогенової кислоти із соняшникового

шроту; формулювання основних висновків, а також розробка проекту технічних умов на хлорогенову кислоту, отриману за розробленою технологією. Постановка мети та задач дослідження, обговорення та аналіз одержаних результатів виконано разом з науковим керівником.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення та результати дисертаційної роботи представлено та обговорено на конференціях: «Олійножирова галузь: технології та ринок» (м. Київ, 2016 р., 2017 р., 2019 р.); «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (м. Київ, 2016 р.); «Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології якості та безпека» (м. Київ, 2016 р.); «Хімія, біо- і нанотехнології, екологія і економіка в харчовій та косметичній промисловості» (м. Харків, 2016 р.); «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (м. Харків, 2017 р.); «Інноваційний розвиток харчової індустрії» (м. Київ, 2017 р.); «Dynamics of the Development of World Science» (Canada, s. Vancouver, 2020 р.).

**Публікації.** Основні результати дисертаційної роботи відображено у 15 наукових працях, з них: 6 статей у наукових фахових виданнях України, 1 – в іноземному періодичному виданні, 1 – у галузевому виданні України, 7 – у матеріалах конференцій.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертація складається з анотації та списку публікацій здобувача на двох мовах, вступу, шести розділів, висновків та дев'яти додатків. Повний обсяг дисертації складає 243 сторінки, з них: 23 рисунки за текстом; 28 таблиць за текстом; список використаних джерел із 227 джерел інформації на 29 сторінках; 9 додатків на 82 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність досліджень щодо розробки технології отримання хлорогенової кислоти зі шроту насіння соняшнику, сформульовано мету, основні задачі, представлено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, зазначено особистий внесок здобувача, надано відомості щодо апробації та реалізації результатів роботи, зазначено кількість публікацій.

**У першому розділі** наведено аналіз науково-технічної інформації з питань здатності сполук-антиоксидантів інгібувати процеси вільнорадикального окиснення, як в організмі людини, так і у складі харчових продуктів. Наведено класифікацію антиоксидантів та механізми їх дії щодо реакцій пероксидного окиснення. Зосереджено увагу на можливості використання соняшникового шроту, як дешевої сировини для отримання потужного природного антиоксиданту – хлорогенової кислоти (ХК). Детально розглянуто фізико-хімічні, антиоксидантні властивості вказаної фенольної сполуки, а також широкий спектр її біологічної активності, методи визначення та способи отримання з рослинної сировини.

На основі аналізу науково-технічних і патентних даних обґрунтовано доцільність розробки технології отримання ХК із шроту насіння соняшнику.

**У другому розділі** наведено загальну схему проведення дисертаційного

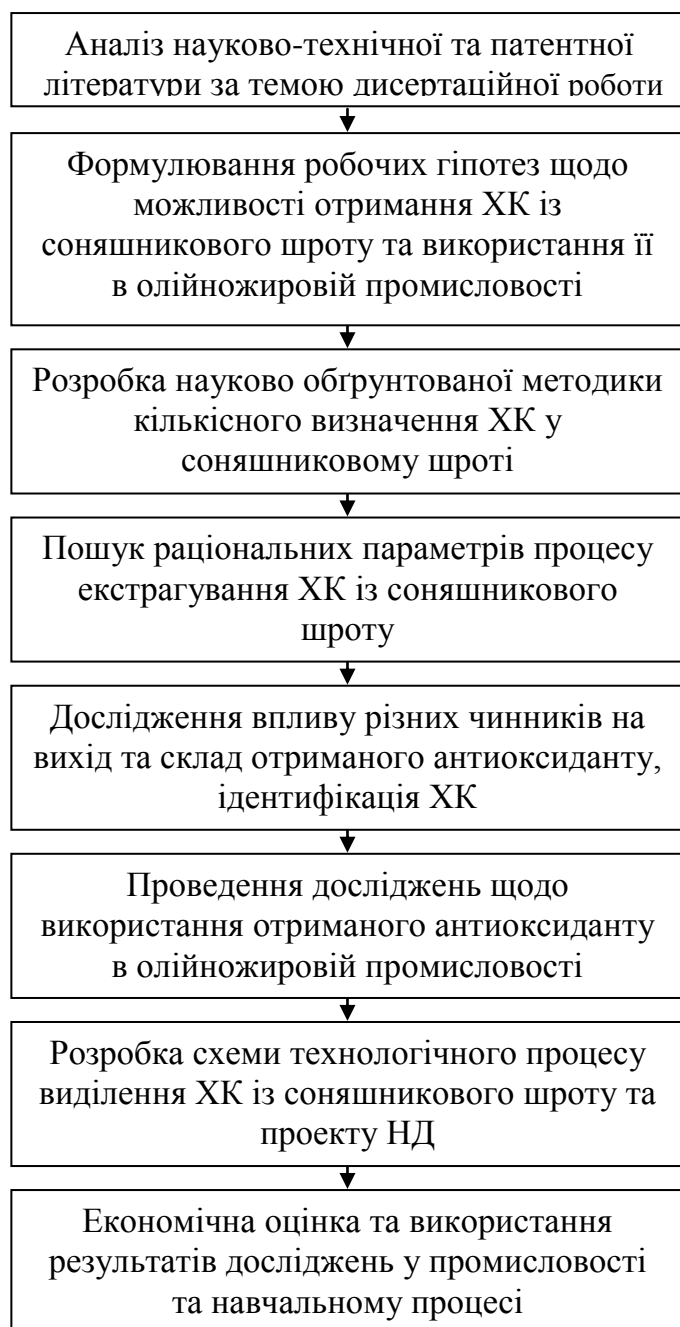


Рисунок 1 – Загальна схема досліджень дисертаційної роботи

У третьому розділі представлено результати досліджень щодо наукового обґрунтування удосконаленої методики кількісного визначення ХК у соняшниковому шроті, а саме:

- змінено характер прободготовки ХК шляхом експериментального вибору ефективного екстрагенту та вибору ефективних технологічних параметрів вилучення ХК на підставі апроксимаційних моделей;

- запропоновано нетрадиційний реагент для кількісного визначення ХК титриметричним методом.

Метод титрування перманганатом калію не вимагає додаткового коштовного устаткування та складних у приготуванні, специфічних реактивів, а також дозволяє визначити навіть незначну кількість фенольних речовин, тому

дослідження (рис. 1)

Обґрунтовано використання реактивів, матеріалів та методик проведення експериментальних досліджень, алгоритми обробки отриманих даних із зазначенням використаного обладнання, а саме: дослідження параметрів соняшникового шроту здійснювалося згідно ДСТУ 4638:2006, фізико-хімічні та органолептичні показники емульсійного продукту – майонезу з додаванням ХК визначено згідно з ДСТУ 4560, а мікробіологічні показники – згідно з ДСТУ 4487; визначення періодів індукції та дослідження процесу плавлення отриманих кристалічних продуктів проводились за допомогою диференційної скануючої калориметрії (ДСК); дослідження щодо ідентифікації ХК здійснювались за допомогою методу вискоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) та інфрачервоної спектроскопії (ІЧС); для планування експериментів і обробки експериментальних даних застосовували математичні методи з використанням програмних пакетів *MathCad*, *Microsoft Excel* та *Stat Soft Statistica v6.0*.

Таким чином, в дисертаційній роботі використано сучасні методи досліджень.

його обрано для подальших експериментальних досліджень.

Базовий метод визначення ХК титруванням перманганатом калію має суттєві недоліки:

- неможливо визначити кінець реакції, що обумовлено насиченістю розчину індигокарміну;
- окиснювальні властивості перманганат-іонів, які надають розчину малинове забарвлення, в нейтральному середовищі виражені досить погано (для титрування використовують 0,25 %-й розчин індигокарміну).

Для визначення ефективності розчинників стосовно екстрагування ХК із соняшникового шроту обрано: 5 %-й розчин ацетаміду у 80 %-му водному розчині етилового спирту; водний розчин етилового спирту з концентрацією 80 %; етилацетат; 5 %-й розчин натрієвої солі гліцину у 80 %-му водному розчині етилового спирту; диметилформахід; 5 %-й розчин цетилового спирту у диметилформаміді; цетиловий спирт. Результати досліджень наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Ефективність екстрагування ХК різними розчинниками

№/п	Екстрагент	Гідромодуль в системі «шрот-екстрагент»	Ступінь вилучення ХК, %
1	Ацетамід 5% у 80 % етиловому спирті	1:10	2,67±0,61
2	Етиловий спирт, 80%		2,93±0,56
3	Етилацетат		0,42±0,59
4	Натрієва сіль гліцину 5% у 80% етиловому спирті		2,15±0,62
5	Диметилформахід		2,25±0,63
6	Цетиловий спирт 5% у диметилформаміді		2,41±0,59
7	Цетиловий спирт, 100%		0,68±0,58

Визначено, що найбільшу екстрагуючу здатність стосовно ХК серед досліджуваних розчинників проявляє 80 %-й розчин етилового спирту зі ступенем вилучення ХК – 2,93±0,56% в перерахунку на наважку шроту.

Досліджено доцільність проведення дев'яноступеневого екстрагування шляхом вимірювання показника заломлення екстракту, отриманого після кожної стадії екстрагування, у порівнянні з контрольним зразком – 80%-м розчином етилового спирту. Доведено, що проведення шостої та наступних стадій екстрагування є недоцільним, тому, з метою встановлення раціональних умов процесу екстрагування ХК із соняшникового шроту проведено додаткові дослідження.

Під час аналізу впливу умов екстрагування ХК із соняшникового шроту на ступінь її вилучення досліджено наступні фактори: концентрація екстрагента – водного розчину етилового спирту ( $C_{сп}$ ), гідромодуль в системі «шрот-екстрагент» (ГМ) та тривалість екстрагування ( $\tau$ ). Пошук раціональних умов процесу екстрагування ХК із соняшникового шроту відбувався з використанням методу математичного планування експерименту на основі 11 дослідів (з



використанням трьох паралельних дослідів у центрі плану експерименту) за допомогою програмного пакету *MathCad*.

Основні параметри процесу екстрагування варіювали наступним чином: концентрація водного розчину етилового спирту – у межах 60-80%, гідромодуль в системі «шрот-екстрагент» – у межах 1:10-1:90 та тривалість процесу у межах 30-60 хв.

Залежність ступеню вилучення ХК ( $Y$ , %) від основних параметрів екстрагування описується наступним рівнянням, яке у кодових змінних має вигляд

$$Y = 2,6975 + 0,09 \cdot X_1 + 1,0925 \cdot X_2 - 0,103 \cdot X_3 - 0,1 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,125 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,1875 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,115 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3. \quad (1)$$

Після перевірки значимості коефіцієнтів рівняння (1) за критерієм Ст'юдента, можна констатувати, що домінуючим фактором впливу на ступінь вилучення ХК є гідромодуль в системі «шрот-екстрагент». Помітний вплив виявляє також ефект взаємодії гідромодуля та тривалості екстрагування, а такий фактор як концентрація водного розчину етилового спирту в межах 60-80 % не впливає на ступінь вилучення ХК і тому коефіцієнт при  $X_1$  є незначимим.

За допомогою розрахунку критерію Фішера (за умови рівня значимості  $\alpha=0,05$ ) перевірено та доведено адекватність рівняння регресії (1), яке після розкодування має наступний вигляд (2)

$$Y = -5,581 + 0,0931 \cdot C_{cn} + 0,1193 \cdot GM + 0,1342 \cdot \tau - 0,0012 \cdot C_{cn} \cdot GM - 0,0018 \cdot C_{cn} \cdot \tau - 0,0016 \cdot GM \cdot \tau + 0,000023 \cdot C_{cn} \cdot GM \cdot \tau. \quad (2)$$

На рис. 2 показано залежність ступеня вилучення ХК від гідромодуля в системі «шрот-екстрагент» та тривалості екстрагування при фіксованому значенні концентрації водного розчину етилового спирту 80 %.

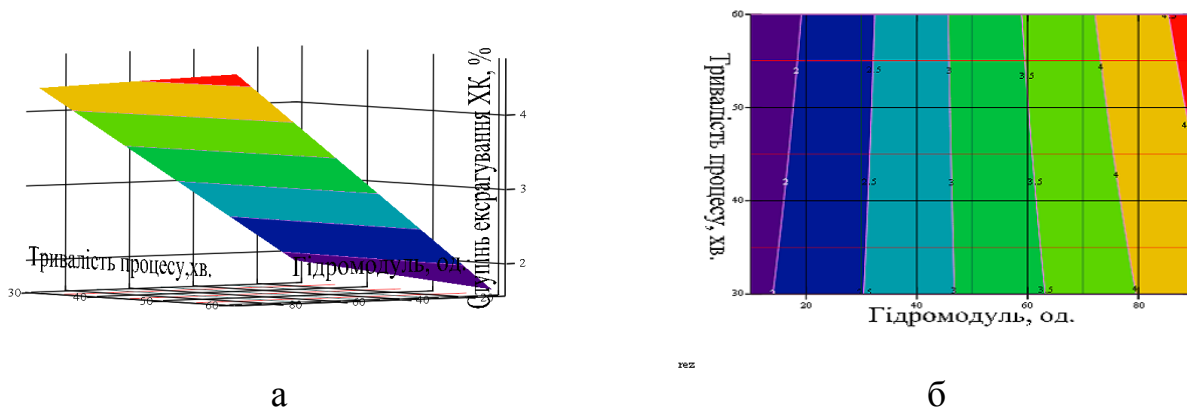


Рисунок 2 – Залежність ступеня вилучення ХК від гідромодуля в системі «шрот-екстрагент» та тривалості екстрагування за концентрації водного розчину етилового спирту 80 %: а – модель поверхні відгуку; б – зона раціональних значень

На рис. 3 наведено залежність ступеня вилучення ХК від концентрації водного розчину етилового спирту та тривалості екстрагування при фіксованому значенні гідромодуля в системі «шрот-екстрагент» 1:90.

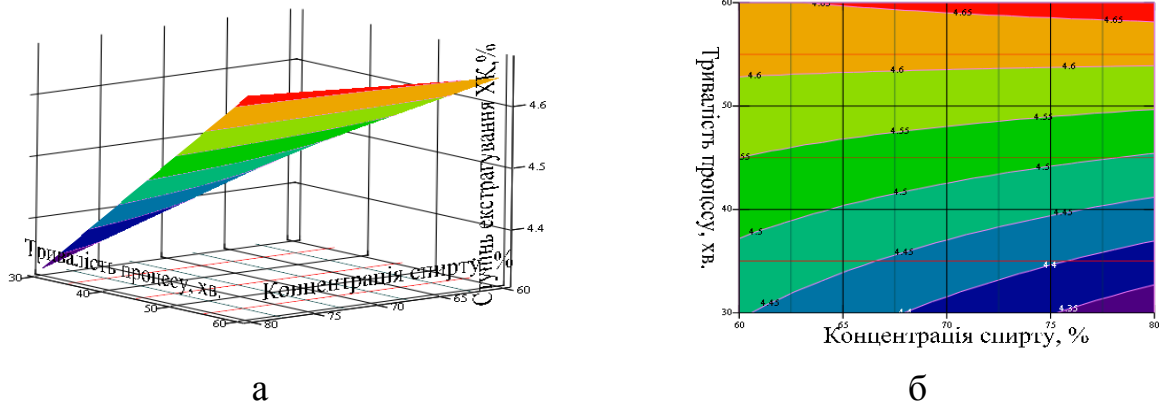


Рисунок 3 – Залежність ступеня вилучення ХК від концентрації водного розчину етилового спирту та тривалості екстрагування при гідромодулі в системі «шрот-екстрагент» 1:90: а – модель поверхні відгуку; б – зона раціональних значень

На рисунку 4 представлено залежність ступеня вилучення ХК від концентрації водного розчину етилового спирту та гідромодуля в системі «шрот-екстрагент» при фіксованому значенні тривалості екстрагування 60 хвилин.

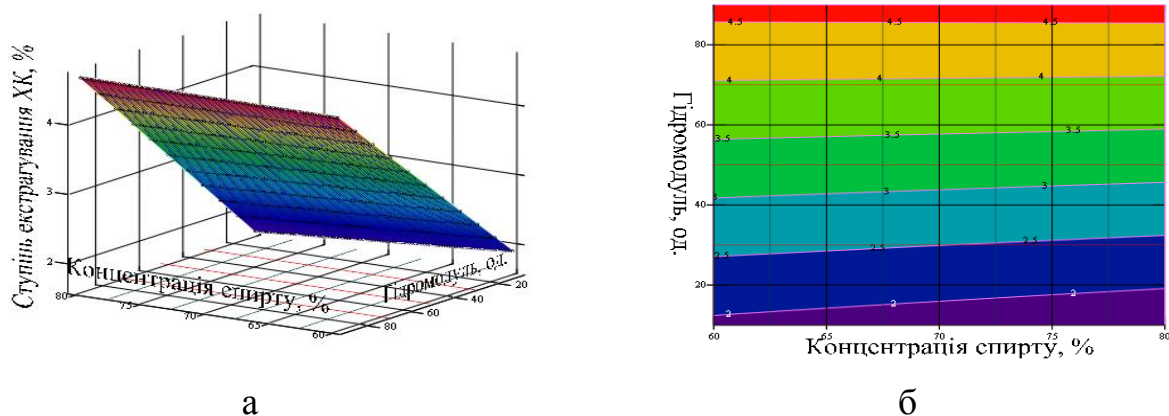


Рисунок 4 – Залежність ступеня вилучення ХК від концентрації водного розчину етилового спирту та гідромодуля в системі «шрот-екстрагент» за тривалості екстрагування 60 хв.: а – модель поверхні відгуку; б – зона раціональних значень

На основі аналізу рівняння (2) та одержаних графічних залежностей встановлено, що раціональними умовами екстрагування ХК із соняшникового шроту є наступні: концентрація водного розчину етилового спирту – 60 %, гідромодуль в системі «шрот-розчинник» – 1:90, тривалість процесу – 30 хв.

За допомогою отриманих даних обґрунтовано необхідність удосконалення методики кількісного визначення ХК у соняшниковому шроті.

**У четвертому розділі** наведено дані стосовно адаптування удосконаленого методу кількісного визначення ХК у соняшниковому шроті до технології отримання кристалічної ХК. Крім того, показано вплив ряду технологічних факторів на вихід та чистоту кінцевого продукту, а також наведено результати досліджень щодо ідентифікації отриманих зразків ХК різними методами.

Раціональною наважкою шроту для проведення лабораторних досліджень щодо виділення ХК обрано наважку у кількості 100 г. Враховуючи, що за удосконаленим методом визначення ХК наважка шроту складає усього 1 г, слід

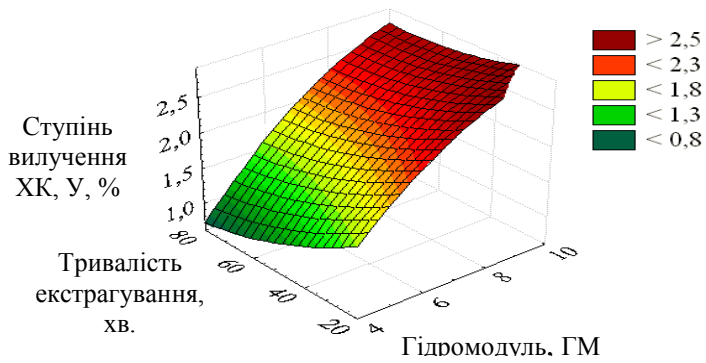


Рисунок 5 – Залежність ступеня вилучення ХК із соняшникового шроту від гідромодулю в системі «шрот – екстрагент» та тривалості екстрагування

вилучення ХК з наважки шроту 100 г, особливо якщо враховувати високий ступінь набухання шроту під час контакту з рідинами.

Враховуючи вище наведені аргументи, такі технологічні параметри процесу екстрагування ХК, як гідромодуль в системі «шрот-екстрагент» та тривалість екстрагування досліджено повторно у нових умовах. Експериментально та за допомогою математичного моделювання визначено раціональні параметри екстрагування. Для цього проведено серію дослідів (у кількості 9), в яких параметри екстрагування змінювали наступним чином: гідромодуль в системі «шрот-екстрагент» (ГМ) – у варіаціях 1:5, 1:8 та 1:10, а тривалість екстрагування ( $\tau$ ) – у варіаціях 30 хв., 45 хв. та 60 хв.

На основі отриманих експериментальних даних побудовано графічну залежність (рис. 5) взаємного впливу гідромодулю в системі «шрот – екстрагент» та тривалості процесу на ступінь екстрагування ХК із соняшникового шроту. Створено статистичну модель (3) залежності ступеня вилучення ХК із соняшникового шроту від гідромодулю (ГМ) та тривалості екстрагування ( $\tau$ ) при величині достовірності апроксимації  $R > 0,951$ . За допомогою даної моделі можна прогнозувати ступінь вилучення ХК із соняшникового шроту від означених факторів.

$$Y(GM, \tau) = 0,0145 + 0,6629 \cdot GM - 0,0359 \cdot \tau - 0,0322 \cdot GM^2 + 0,0015 \cdot GM \cdot \tau + 0,0001 \cdot \tau^2. \quad (3)$$

Коефіцієнти даного рівняння регресії визначали, використовуючи метод найменших квадратів. Значимість окремих коефіцієнтів регресії здійснювали за допомогою критерію Ст'юдента ( $t$ ), шляхом перевірки гіпотези про рівність нулевідповідного параметра рівняння.

З експериментальних даних видно, що відбувається збільшення ступеня вилучення ХК при екстрагуванні її із соняшникового шроту з 1,29 – 1,81 % до 2,59–2,92 %. Це спостерігається при збільшенні гідромодулю в системі «шрот – екстрагент» з 1:5 до 1:10 та при зменшенні тривалості процесу з 60 хв. до 30 хв.

Ступінь вилучення ХК досягає максимального значення в даному експерименті – 2,92 % за наступних умов: гідромодуль – 1:10, тривалість

вказати, що деякі технологічні параметри процесу екстрагування потребують уточнення.

Якщо окремо розглядати такий параметр, як гідромодуль в системі «шрот-екстрагент», слід зауважити, що під час роботи з наважкою шроту у кількості 100 г, використання гідромодулю 1:90 економічно недоцільне через непомірно високі витрати екстрагента. Крім того, тривалості процесу екстрагування у 30 хвилин може бути недостатньо для

екстрагування – 30 хв., тобто вказані параметри є раціональними параметрами процесу екстрагування ХК із соняшникового шроту.

Окрім визначення раціональних параметрів процесу екстрагування ХК із соняшникового шроту, існують також інші способи підвищення ступеня вилучення ХК, наприклад, вибір більш ефективного способу екстрагування. Розглянуто можливість підвищення ступеня вилучення ХК із соняшникового шроту двома способами за допомогою 60 %-го водного розчину етилового спирту:

– спосіб № 1 – проведення багатоступеневого екстрагування;

– спосіб № 2 – проведення процесу екстрагування в одну стадію з додатковим промиванням шроту під час фільтрування 60 %-м водним розчином етилового спирту.

В таблиці 2 наведено результати проведення екстрагування ХК із соняшникового шроту способом № 1, враховуючи гідромодуль в системі «шрот-екстрагент» для кожної стадії екстрагування (1:10)

Таблиця 2 – Постадійний ступінь вилучення ХК із соняшникового шроту

Стадія екстрагування	Кількість ХК, %		
	у вихідному шроті	у спиртовому екстракті	у шроті після екстрагування
1	4,53±0,63	2,48±0,60	Не визначали
2		0,81±0,58	Не визначали
3		0,31±0,62	0,93±0,60
4		0,1±0,65	0,82±0,64

Згідно з даними табл. 2 проведення четвертої стадії екстрагування недоцільне тому, що приріст ступеня вилучення ХК під час проведення даної стадії незначний. Сумарний ступінь вилучення ХК після трьох стадій екстрагування складає 79,5 % від кількості ХК у вихідному шроті. Загальний гідромодуль в системі «шрот-етиловий спирт» склав 1:18,5.

В табл. 3 наведено результати проведення екстрагування ХК із соняшникового шроту способом № 2.

Таблиця 3 – Залежність ступеня вилучення ХК від кількості 60 %-го спиртового розчину для промивання

№ досліду	Кількість ХК у вихідному шроті, %	Гідромодуль в системі «шрот-розчин етилового спирту для промивання»	Кількість ХК, %	
			у спиртовому екстракті	у шроті після екстрагування
1	4,53±0,63	1:1	2,86±0,65	1,60±0,6
2		1:3	3,45±0,59	1,03±0,66
3		1:5	3,56±0,61	0,91±0,61
4		1:7	3,61±0,6	0,85±0,63
5		1:9	3,65±0,58	0,81±0,67
6		1:11	3,67±0,6	0,78±0,65

Аналізуючи дані, представлені в табл. 3, слід зазначити, що раціональний показник гідромодулю в системі «шрот-розчин етилового спирту для

промивання», становить 1:5. Ступінь вилучення хлорогенової кислоти в даному випадку складає 79,11% від кількості ХК у вихідному шроті. Загальний гідромодуль в системі «шрот - етиловий спирт» склав 1:9,3.

Порівнюючи результати, отримані двома способами можна констатувати, що проведення екстрагування ХК із соняшникового шроту за допомогою способу № 2, тобто здійсненням процесу екстрагування в одну стадію з додатковим промиванням шроту 60%-м етиловим спиртом (гідромодуль в системі «шрот-розчин етилового спирту для промивання – 1:5), дає можливість зменшити витрати спирту етилового ректифікованого у 2 рази.

Для одержання кристалічної ХК з отриманих спиртових екстрактів потрібно вилучити розчинник, білкові та жирові домішки, екстрагувати ХК етилацетатом, упарити його і кристалізувати кінцевий продукт.

Для виконання зазначених перетворень задіяно відомі та удосконалені технологічні прийоми за схемою (рис. 6).

Окремо досліджено вплив типу екстрагента жирових домішок на ступінь вилучення ХК. Спиртові екстракти оброблено гексаном, хлороформом і петролейним ефіром та отримано фракції кристалічних продуктів, характеристики яких наведено у таблиці 4.

Аналізуючи отримані результати слід зазначити, що використання хлороформу як екстрагента жирових домішок найбільш доцільне, тому що спостерігається більш послідовне випадіння фракцій кристалічного продукту та максимальний сумарний вихід продукту – 0,5967 % (в перерахунку на наважку шроту).

Таблиця 4 – Залежність виходу кристалічних продуктів від типу екстрагенту жирових домішок

Екстрагент жирових домішок	Номер фракції кристалічного продукту	Вихід кристалічного продукту, %	Тривалість процесу випадіння кристалів, діб
1	2	3	4
Гексан	1	0,1822	2
	–	–	7
	2	0,1128	13
	–	–	19
	3	0,0687	26

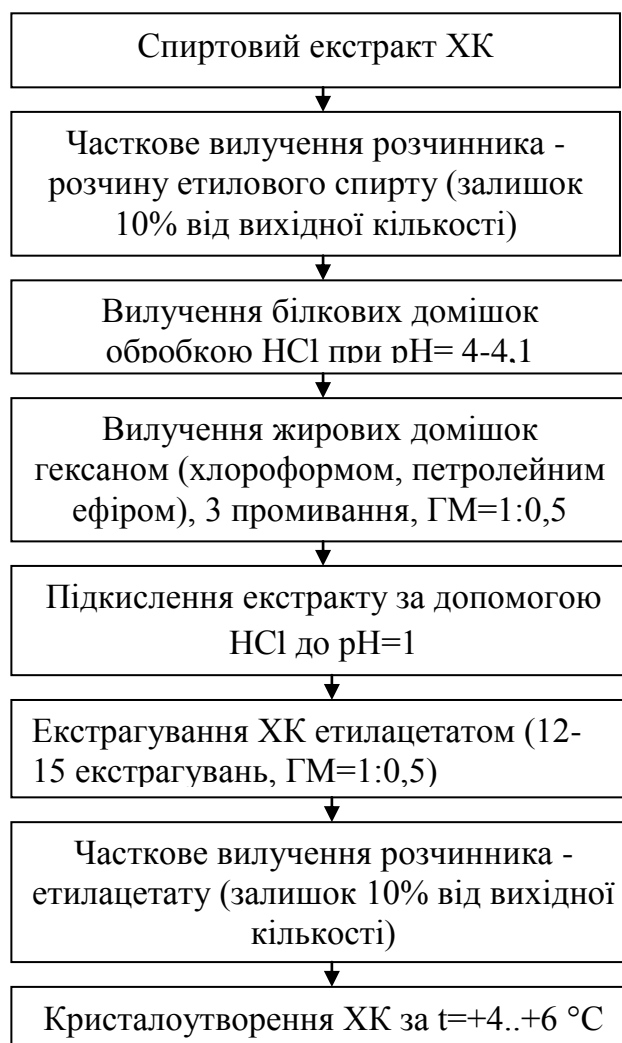


Рисунок 6 – Функціональна схема отримання кристалічної ХК із спиртового екстракту

1	2	3	4
Хлороформ	1	0,0365	2
	2	0,2088	7
	3	0,1439	13
	4	0,1060	19
	5	0,1015	26
Петролейний ефір	1	0,1529	2
	–	–	7
	2	0,1859	13
	3	0,0703	19
	–	–	26

Отримані кристалічні продукти ідентифіковано за допомогою наступних методів: ДСК, ІЧС, ВЕРХ.

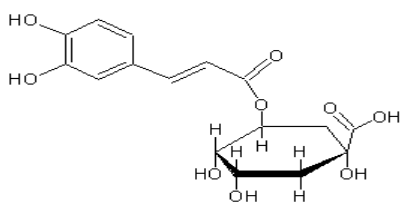


Рисунок 7 – Структурна формула ХК

Структурна формула ХК (рис. 7) свідчить про наявність в молекулі: ароматичного кільця та характеристичних груп: карбоксильної  $-COOH$ , гідроксильної  $-OH$ , ефірної  $-OOC$ .

За допомогою ІЧ-спектрів (рис. 8) контрольного зразку та фракцій кристалічного продукту, отриманого при видаленні жирових домішок хлороформом, підтверджено, що ХК притаманні характеристичні смуги карбоксильної групи – валентних коливань  $C=O$  зв'язків на  $1750-1700\text{ cm}^{-1}$  та  $C-O$  зв'язків на  $1275-1050\text{ cm}^{-1}$ , а також характеристичні смуги –  $1550$  та  $1450\text{ cm}^{-1}$ , які відповідають ароматичному кільцю, характеристичні смуги –  $1200$ ,  $1150$ ,  $1125$ ,  $1100$ ,  $1000\text{ cm}^{-1}$ , що відповідають коливанням  $C-O$  зв'язків в складних ефірах та смуги  $3450$  та  $3300\text{ cm}^{-1}$ , що відповідають  $-OH$  групам.

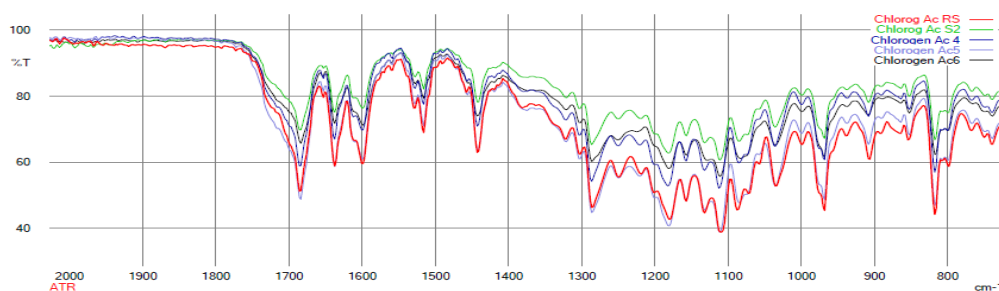


Рисунок 8 – Порівняльні ІЧ-спектри контрольного та дослідних зразків: *Chlorog Ac RS* – контрольний зразок; дослідні – фракції продукту, отриманого при видаленні жирових домішок хлороформом (дослід № 2): *Chlorog Ac S2* – друга фракція, *Chlorog Ac S4* – третя фракція, *Chlorog Ac S5* – четверта фракція, *Chlorog Ac S6* – п'ята фракція.

За отриманими ІЧ-спектрами (рис. 8) можна констатувати подібність складу отриманих фракцій кристалічного продукту до складу контрольного зразку за характеристичними групами.

За допомогою методів ДСК та ВЕРХ визначено чистоту (масову долю основної речовини – ХК) окремих фракцій, що наведено в табл. 5.

Таблиця 5 – Порівняльні дані щодо вмісту хлорогенової кислоти в окремих фракціях кристалічних продуктів, отримані методами ДСК та ВЕРХ

Екстрагент жирових домішок	Номер фракції	Чистота фракцій, %	
		за методом ДСК	за методом ВЕРХ
Контроль	–	99,41±0,08	99,29±0,005
Гексан	1	94,36±0,10	95,61±0,03
	2	96,07±0,12	97,07±0,04
Хлороформ	2	98,03±0,10	97,62±0,21
	3	98,55±0,11	98,23±0,05
	4	99,27±0,11	96,93±0,02
Петролейний ефір	1	97,42±0,13	96,41±0,02
	2	99,25±0,12	97,11±0,02
	3	98,72±0,10	97,61±0,04

За даними табл. 5, можна зробити висновок про досить високу чистоту (вміст основної речовини – ХК) фракцій отриманих продуктів та доцільність застосування методів ДСК та ВЕРХ для ідентифікації ХК.

Враховуючи той факт, що у досліді № 2 отримано найбільшу сумарну кількість продукту (0,5967 % в перерахунку на наважку шроту) з найвищою загальною чистотою (середнє значення – 98,27 %), його обрано для подальших досліджень.

За допомогою проведених досліджень виявлено ефективні технологічні параметри вилучення хлорогенової кислоти із соняшникового шроту, одержано та ідентифіковано кристалічний продукт, як хлорогенову кислоту з масовою часткою основної речовини понад 98 %.

**П'ятий розділ** присвячено експериментальним дослідженням антиоксидантних та антибактеріальних властивостей отриманої ХК.

Слід зауважити, що ХК розчиняється у воді і не розчиняється в оліях та жирах. Цей факт унеможливорює перевірку антиоксидантної здатності отриманого продукту безпосередньо в оліях, тому прийнято рішення щодо перевірки його антиоксидантних властивостей у складі емульсійного продукту – майонезу, близько чверті якого складає вода.

Використання безпосередньо майонезу для досліджень, враховуючи його багатокомпонентність – проблематичне, через специфіку роботи приладу – ДСК, який використовується в даному експерименті. Тому прийнято рішення щодо дослідження антиокиснювальної здатності ХК щодо модельної суміші «вода-олія соняшникова». Як контрольний зразок використано суміш «вода – олія соняшникова», а як дослідний зразок – суміш «вода з додаванням хлорогенової кислоти (0,02%) – олія соняшникова».

Дослідження антиокиснювальної здатності ХК методом ДСК засноване на порівнянні періодів індукції контрольного та дослідного зразків.

Визначання періоду індукції зразків проведено за температур + 90 °С та +110 °С. Отримані дані наведено в табл. 6.

Таблиця 6 – Величини періодів індукції

Назва зразка	Період індукції, хв.	
	При +110 °С	При +90 °С
Контрольний зразок	236±4	943±31
Дослідний зразок	290±6	1300±43

Аналізуючи дані табл. 6, відзначено збільшення періоду індукції у дослідному зразку у порівнянні з контрольним. При цьому, проведення експерименту при температурі +110 °С дає приріст періоду індукції дослідного зразка на 19 %, а при температурі +90 °С – на 28 %. Отримані результати вказують на факт часткового руйнування ХК за більш високих температур. Якщо брати до уваги, що проведення досліджень відбувалося у досить екстремальних умовах (прискорене окиснювання), тобто за високих температур, а температура зберігання продукції для реалізації споживачу не вища за +40 °С, то можна припустити, що термін зберігання готової продукції (наприклад, майонезу) з додаванням отриманого антиоксиданту може бути значно вищим за визначений в даному експерименті.

Також досліджено можливість використання отриманого зразку ХК як консерванту у складі емульсійного продукту – майонезу «Провансаль». Кількість введеного дослідного консерванту – ХК, дорівнювала кількості промислового консерванту – сорбінової кислоти (1000 мг/кг) згідно з ДСТУ 4487:2015. Виготовлено два зразки майонезу: зразок № 1 – контрольний (без додавання консерванту), зразок № 2 – з додаванням консерванту (ХК).

Антибактеріальну здатність ХК оцінено за зміною мікробіологічних показників протягом 15 діб зберігання.

У свіжовироблених зразках майонезу визначено наступні показники: плісняві гриби та дріжджі, патогенні мікроорганізми, у тому числі бактерії роду *Salmonella*, бактерії групи кишкової палички (БГКП) (протокол випробувань від 30.06.2020 р.). Після зберігання свіжовиробленого майонезу протягом двох тижнів за температури +35 °С (температура навколишнього середовища), дослідження провели повторно (протокол випробувань від 13.07.2020р.), згідно з якими після зберігання свіжовиробленого майонезу протягом двох тижнів за температури +35 °С, кількість дріжджів у зразку майонезу з додаванням консерванту – ХК, склала >10 КУО/г (як і у свіжовироблених зразків), а у зразку майонезу без додавання консерванту – 20±7,9 КУО/г. Отримані значення відповідають нормі згідно з нормативною документацією, однак ріст кількості дріжджів у контрольному зразку вказує на розвиток кількості останніх під час зберігання, у той час, як зразок майонезу з додаванням консерванту – ХК, демонструє відсутність даного розвитку дріжджів.

Результатами проведених досліджень підтверджено наявність антиоксидантних та антибактеріальних властивостей у отриманого зразку ХК.

**У шостому розділі** на підставі виконаних досліджень, математичного моделювання та теоретичних узагальнень розроблено технологічну схему одержання ХК із соняшникового шроту, яка представлена на рис. 9, та проект технічних умов ТУ У 20.14.33-00334882:001-2020 Хлорогенова кислота. Технічні умови.

Згідно з економічними розрахунками визначено, що очікувана відпускна ціна 1 кг ХК з масовою долею 98,27 %, виробленою за розробленою



технологічною схемою, складає 480 тис грн., що значно нижче за ринкову ціну (3 322,3 тис. грн/кг) та є конкурентоспроможною.

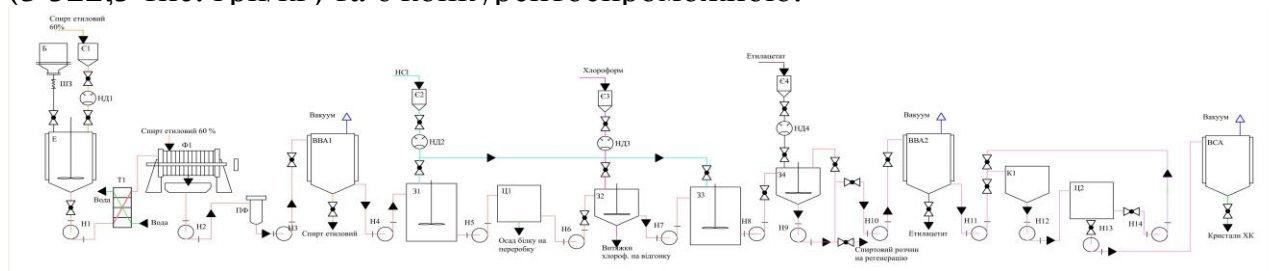


Рисунок 9 – Технологічна схема отримання хлорогенової кислоти із соняшникового шроту: Е – екстрактор, Є1 - 4 – ємність, Б – бункер, НД1-4 – насос-дозатор, ШЗ – шлюзовий затвор, Н1-14 – насос відцентровий, Т1 – теплообмінник – охолоджувач, Ф1 – фільтр, ПФ – полірувальний фільтр, ВВА1-2 – вакуум-випарний апарат, З1-4 – змішувач, Ц1-2 – центрифуга, К1 – кристалізатор, ВСА – вакуум-сушильний апарат.

У додатках наведено діаграми ДСК процесу плавлення кристалів контрольного та зразків фракцій отриманих продуктів; ІЧ спектри та хроматограми ВЕРХ контрольного та зразків фракцій отриманих продуктів; діаграми ДСК періодів індукції контрольного та дослідного зразків; протоколи випробувань майонезу «Провансаль» з додаванням хлорогенової кислоти; акт дослідно-промислових випробувань; акт впровадження результатів дисертаційної роботи у навчальний процес кафедри технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХП»; проект технічних умов на виробництво хлорогенової кислоти; перелік опублікованих праць.

## ВИСНОВКИ

На основі проведених експериментальних досліджень, математичного моделювання та теоретичних узагальнень одержаних результатів щодо закономірностей вилучення хлорогенової кислоти із соняшникового шроту виконано завдання – розробка науково обґрунтованої технології одержання природного антиоксиданту. Сформульовано наступні висновки:

1. За результатами аналізу науково-технічної літератури та теоретичних узагальнень сформульовано робочу гіпотезу щодо можливості кваліфікованого використання соняшникового шроту з метою отримання кристалічної хлорогенової кислоти, що дозволяє наблизитись до безвідходної переробки насіння соняшнику.

2. Науково обґрунтовано удосконалену методику кількісного визначення хлорогенової кислоти у соняшниковому шроті: в частині пробопідготовки – застосування екстрагенту – 60%-го етилового спирту з визначенням величини гідромодуля і тривалості екстрагування; в частині титрування – застосування взаємодії перманганату калію з хлорогеновою кислотою у присутності індикатору індигокарміну (по аналогії з визначенням таніну в чаї). Це дозволяє скоротити тривалість та підвищити якість проведення аналізу.

3. Експериментально та за допомогою апроксимаційного моделювання встановлено залежність ступеня вилучення хлорогенової кислоти із соняшникового шроту від гідромодулю в системі «шрот-екстрагент» та тривалості екстрагування; визначено, що раціональними параметрами процесу

екстрагування хлорогенової кислоти є наступні: гідромодуль в системі «шрот-екстрагент» – 1:10, тривалість екстрагування – 30 хвилин. Визначено вплив ряду факторів щодо підвищення виходу кристалічної хлорогенової кислоти:

– способу екстрагування хлорогенової кислоти – проведенням процесу в одну стадію з додатковим промиванням шроту під час фільтрування водним 60 %-м розчином етилового спирту, що у порівнянні з триступеневим екстрагуванням дозволяє зменшити витрати спирту етилового ректифікованого у 2 рази;

– параметрів очищення спиртового екстракту хлорогенової кислоти: вилучення білкових домішок за допомогою соляної кислоти (концентрованої або розчину з масовою долею 10%) при рН 4-4,1; вилучення жирових домішок за допомогою хлороформу (триразове екстрагування з гідромодулем в системі «спиртовий екстракт хлорогенової кислоти - хлороформ» – 1:0,5; екстрагування хлорогенової кислоти етилацетатом (раціональна кількість екстрагувань – 12-15; гідромодуль в системі «спиртовий екстракт-етилацетат» – 1:0,5); температура кристалоутворення – +4..+6 °С.

4. Визначено склад отриманих кристалічних зразків хлорогенової кислоти методами: інфрачервоної спектроскопії та високоефективної рідинної хроматографії і закономірності плавлення її методом диференційної скануючої калориметрії. Доведено наявність антиоксидантних та антибактеріальних властивостей хлорогенової кислоти у складі емульсійного продукту – майонезу «Провансаль», а саме: збільшився період індукції, що характеризує швидкість окиснення (псування) продукту, за температури +110 °С на 19 %, а при температурі +90 °С – на 28 %; після зберігання свіжовиробленого майонезу протягом двох тижнів за температури +35 °С, кількість дріжджів у зразку майонезу з додаванням консерванту (хлорогенової кислоти) склала >10 КУО/г (як і у свіжовироблених зразків), а у зразку майонезу без додавання консерванту – 20±7,9 КУО/г., що свідчить про певний розвиток дріжджів за відсутності консерванту – хлорогенової кислоти.

5. Розроблено технологію отримання кристалічної хлорогенової кислоти та проект технічних умов ТУ У 20.14.33-00334882:001-2020 на хлорогенову кислоту.

6. Запропонована технологія вилучення хлорогенової кислоти із соняшникового шроту має високий економічний потенціал, а саме: очікувана відпускна ціна отриманої хлорогенової кислоти з масовою долею основної речовини 98,27% складає 480 тис. грн/кг, що значно нижче за ринкову ціну (3 322,3 тис. грн/кг) хлорогенової кислоти з масовою долею основної речовини 98%. Результати дисертаційної роботи опочатковано у виробництві: в умовах ТОВ «Ново-Водолажський Масло-Жировий Комбінат» вироблено партію майонезу «Провансаль» з додаванням хлорогенової кислоти; також результати дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі кафедри технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХП».

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Лабейко М.А. Получение пищевых белковых продуктов из семян и

шротов подсолнечника и их использование / В.В. Карабутов, Л.М. Горшкова, М.А. Лабейко, З.П. Федякіна // Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях, 2008. – № 43. – С. 9–13.

*Здобувачем експериментально визначено ізоелектричну точку соняшникового білку, яка спостерігається при значенні рН 4–4,1.*

2. Лабейко М.А. Про здатність природних антиоксидантів впливати на окиснення харчових рослинних олій / М.А. Лабейко, Н.М. Любченко, О.А. Литвиненко, Ф.Ф. Гладкий // Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків, НТУ «ХПІ», 2019. – № 1. – С. 78–85.

*Здобувачем отримано природний антиоксидант із соняшникового шроту та досліджено його антиокиснювальні властивості.*

3. Лабейко М.А. Удосконалення методики кількісного визначення хлорогенової кислоти у шроті з насіння соняшнику / М.А. Лабейко, О.А. Литвиненко, Ф.Ф. Гладкий, З.П. Федякіна // Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – 2019. – №10 (1335). – С. 88–92.

*Здобувачем удосконалено метод кількісного визначення хлорогенової кислоти: в частині екстрагування із соняшникового шроту (готування проб) – шляхом визначення раціональних параметрів процесу з одержанням математичних моделей, та в частині титрування – шляхом визначення кількості хлорогенової кислоти по аналогії з методом визначення таніну в чаї.*

4. Лабейко М.А. Деякі аспекти щодо гідролізу хлорогенової кислоти, отриманої зі соняшникового шроту / М.А. Лабейко, Н.М. Любченко, О.А. Литвиненко, Ф.Ф. Гладкий // Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків, НТУ «ХПІ», 2019. – № 2. – С. 32–37.

*Здобувачем досліджено можливість отримання ефективного антиоксиданту шляхом гідролізу хлорогенової кислоти, отриманої із соняшникового шроту.*

5. Лабейко М.А. Дослідження ефективності ряду розчинників щодо можливості екстрагування хлорогенової кислоти / М.А. Лабейко, Н.М. Любченко, О.А. Литвиненко, Ф.Ф. Гладкий // Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – 2019. – №15 (1340). – С. 56–60.

*Здобувачем проаналізовано ряд розчинників щодо ефективності екстрагування хлорогенової кислоти із соняшникового шроту та визначено, що найбільшою екстрагуючою здатністю володіє 80% розчин етилового спирту.*

6. Labeiko M. Analysis of the influence of technological parameters of the chlorogenic acid extraction process from sunflower meal on the degree of its extraction / M. Labeiko, F. Gladkiy, S. Bochkarev, V. Mazaeva, E. Litvinenko, T. Ovsianikova, S. Zhyrnova, N. Sytnik // Technology audit and production reserves. – Kharkiv, 2020. – № 1/3 (51). – P. 38–43.

*Здобувачем визначено раціональні значення параметрів екстрагування хлорогенової кислоти із соняшникового шроту, таких як: гідромодуль в системі «шрот-екстрагент» та тривалість екстрагування.*

7. Лабейко М.А. Влияние способа экстрагирования на эффективность извлечения хлорогеновой кислоты из подсолнечного шрота / М.А. Лабейко, Ф.Ф. Гладкий, О.В. Жулинская, Ю.И. Нечитайло // Norwegian

Journal of development of the International Science. – Oslo, 2020. – Vol. 2. – №44. – P. 23–27.

*Здобувачем досліджено залежність ступеня екстрагування хлорогенової кислоти із соняшникового шроту від способу екстрагування.*

8. Лабейко М.А. О ценности подсолнечного шрота в качестве источника природных антиоксидантов / М.А. Лабейко, Н.М. Любченко // Научно-практический журнал «Масложировой комплекс». – 2019. – № 2 (65). – С. 48–49.

*Здобувачем отримано зразок природного антиоксиданту та досліджено його антиоксидантні властивості.*

9. Лабейко М.А. Дослідження методів екстрагування фенольних сполук зі соняшникового шроту / М.А. Лабейко, О.А. Литвиненко, З.П. Федякіна, Є.І. Шеманська // «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті»: матеріали 82-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. – Київ: НУХТ, 2016. – Ч. 1.– С. 342.

*Здобувачем експериментально досліджено ефективність різних методів екстрагування щодо ефективності вилучення хлорогенової кислоти із соняшникового шроту.*

10. Лабейко, М.А. Исследование процесса получения фенольных соединений из продуктов переработки семян подсолнечника / М.А. Лабейко, З.П. Федякіна // «Масложировая отрасль: Технологии и рынок»: материалы IX Международной конференции. – Киев-Днепропетровск: Эксперт Агро, 2016. – С.27–28.

*Здобувачем розглянуто можливість вилучення хлорогенової кислоти на різних етапах отримання соняшникового білку.*

11. Лабейко М.А. Возможность получения хлорогеновой кислоты из соняшникового шроту / М.А. Лабейко, О.А. Литвиненко, З.П. Федякіна, Є.І. Шеманська // «Наукові здобутки молоді - вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті»: матеріали 83-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів. – Київ: НУХТ, 2017. – Ч. 1. – С. 375.

*Здобувачем експериментально визначено залежність виходу та чистоти отриманої хлорогенової кислоти від умов очищення спиртового розчину хлорогенової кислоти від супутніх домішок.*

12. Лабейко М.А. Новые аспекты переработки подсолнечного шрота / М.А. Лабейко, З.П. Федякіна // «Масложировая отрасль: Технологии и рынок»: материалы X Международной конференции. – Киев-Днепропетровск: Эксперт Агро, 2017. – С.31–32.

*Здобувачем вивчено можливість вилучення хлорогенової кислоти із спиртового екстракту, отриманого за допомогою екстрагування хлорогенової кислоти із соняшникового шроту.*

13. Лабейко М.А. Вивчення можливостей отримання хлорогенової кислоти зі соняшникового шроту / М.А. Лабейко, З.П. Федякіна // «Інформаційні технології: Наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я»: матеріали ХХV Міжнародної науково-практичної конференції. – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – Ч. II. – С. 308.

*Здобувачем визначено раціональні умови процесу очищення спиртового екстракту хлорогенової кислоти від білково-жирових домішок.*

14. Лабейко М.А. Складнощі використання соняшникових білків у складі харчових продуктів функціонального призначення / М.А. Лабейко, З.П. Федякіна // «Інноваційний розвиток харчової індустрії»: збірник наукових праць за матеріалами V Міжнародної науково-практичної конференції. – Київ: Інститут продовольчих ресурсів, 2017. – С. 79–81.

*Здобувачем досліджено можливість отримання кристалічної хлорогенової кислоти високої якості шляхом визначення раціональних параметрів на всіх стадіях технологічного процесу отримання.*

15. Лабейко М.А. Наукові дослідження з добування та переробки олій і жирів / В.Ю. Папченко, Т.В. Матвєєва, М.А. Лабейко // «Dynamics of the development of world science»: abstracts of XI international scientific and practical conference. – Vancouver, 2020. – С. 355–358.

*Здобувачем отримано хлорогенову кислоту із соняшникового шроту з метою використання її в олійножировій галузі в якості антиоксиданту.*

## АНОТАЦІЇ

**Лабейко М.А. Технологія одержання и використання природних антиоксидантів із вторинних продуктів олієжирових виробництв.** На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.06 – технологія жирів, ефірних масел і парфумерно-косметичних продуктів. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2021.

Дисертацію присвячено науковому обґрунтуванню та розробці технології отримання хлорогенової кислоти із соняшникового шроту.

Удосконалено метод кількісного визначення (метод титрування перманганатом калію) хлорогенової кислоти: в частині екстрагування із соняшникового шроту (готування проб) – шляхом визначення раціональних параметрів процесу (концентрація етилового спирту, гідромодуль в системі «шрот-екстрагент», тривалість екстрагування) з одержанням математичних моделей, та в частині титрування – шляхом визначення кількості хлорогенової кислоти по аналогії з методом визначення таніну в чаї. Досліджено ефективність ряду розчинників щодо екстрагування хлорогенової кислоти із соняшникового шроту. Експериментально та за допомогою математичного моделювання встановлено залежність ступеня вилучення хлорогенової кислоти із соняшникового шроту від параметрів екстрагування: гідромодулю в системі «шрот-екстрагент» та тривалості екстрагування. Визначено залежність ступеня екстрагування хлорогенової кислоти із соняшникового шроту від способу екстрагування. Одержано нові наукові дані щодо впливу умов очищення спиртового екстракту хлорогенової кислоти на вихід кінцевого кристалічного продукту. Проведено ідентифікацію отриманого продукту за допомогою методів диференційної скануючої калориметрії, інфрачервоної спектроскопії та

високоєфективної рідинної хроматографії. Визначено антиоксидантні властивості хлорогенової кислоти у складі основи майонезу – модельної суміші «вода-олія соняшникова». Доведено можливість використання хлорогенової кислоти як консерванту у складі емульсійного продукту – майонезу. Розроблено технологічну схему одержання хлорогенової кислоти із соняшникового шроту. Проведено економічні розрахунки щодо собівартості отриманого антиоксиданту. Розроблено проект технічних умов щодо хлорогенової кислоти, отриманої із соняшникового шроту.

*Ключові слова:* соняшниковий шрот, хлорогенова кислота, природний антиоксидант, процес екстрагування, раціональні параметри, методи ідентифікації.

**Лабейко М.А. Технология получения и использования природных антиоксидантов из вторичных продуктов масложировых производств.** На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.06 – технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, 2021.

Диссертация посвящена научному обоснованию и разработке технологии получения хлорогеновой кислоты из подсолнечного шрота.

Усовершенствован метод количественного определения (метод титрования перманганатом калия) хлорогеновой кислоты: в части извлечения из подсолнечного шрота (приготовление проб) – путем определения рациональных параметров процесса (концентрация этилового спирта, гидромодуль в системе «шрот-экстрагент», продолжительность экстрагирования) с получением математических моделей и в части титрования – путем определения количества хлорогеновой кислоты по аналогии с методом определения танина в чае. Исследована эффективность ряда растворителей касательно экстрагирования хлорогеновой кислоты из подсолнечного шрота. Экспериментально и с помощью математического моделирования установлена зависимость степени извлечения хлорогеновой кислоты из подсолнечного шрота от параметров извлечения: гидромодуля в системе «шрот-экстрагент» и продолжительности экстрагирования. Определена зависимость степени извлечения хлорогеновой кислоты из подсолнечного шрота от способа экстрагирования. Экспериментально доказана эффективность проведения процесса экстрагирования хлорогеновой кислоты из подсолнечного шрота в одну стадию с последующим промыванием шрота во время фильтрования 60%-м этиловым спиртом при гидромодуле 1:5. Получены новые научные данные касательно влияния условий очистки спиртового экстракта хлорогеновой кислоты от белковых и жировых примесей, а также условий кристаллизации, на выход конечного кристаллического продукта. Проведена идентификация полученного продукта с помощью методов дифференциальной сканирующей калориметрии, инфракрасной спектроскопии и высокоэффективной жидкостной хроматографии. Доказано, что полученный продукт – это хлорогеновая кислота с массовой долей основного вещества более

98%. Определены антиоксидантные свойства хлорогеновой кислоты в составе основы майонеза – модельной смеси «вода-масло подсолнечное». Доказана возможность использования хлорогеновой кислоты в качестве консерванта в составе эмульсионного продукта – майонеза. Разработана технологическая схема получения хлорогеновой кислоты из подсолнечного шрота. Проведены экономические расчеты себестоимости полученного антиоксиданта. Разработан проект технических условий на хлорогеновую кислоту, полученную из подсолнечного шрота.

*Ключевые слова:* подсолнечный шрот, хлорогеновая кислота, природный антиоксидант, процесс экстрагирования, рациональные параметры, методы идентификации.

**Labeiko M.A. Technology of obtaining and using of natural antioxidants from by-products of oil and fat production.** On the rights of the manuscript.

Thesis for a candidate of technical sciences degree, specialty 05.18.06 – technology of fats, essential oils and perfumery and cosmetic products. – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, 2021.

The dissertation is devoted to the scientific substantiation and development of the technology of obtaining chlorogenic acid from sunflower meal.

The method of quantitative determination (potassium permanganate titration method) of chlorogenic acid has been improved: in terms of extraction from sunflower meal (sample preparation) – by determining rational process parameters (concentration of ethyl alcohol, hydromodule in «meal-extractant» system, extraction duration of mathematical models), and in terms of titration – by determining the amount of chlorogenic acid by analogy with the method of determining tannin in tea. The efficiency of a number of solvents in the extraction of chlorogenic acid from sunflower meal has been studied. The dependence of the degree of extraction of chlorogenic acid from sunflower meal on the extraction parameters: the hydromodule in the «meal-extractant» system and the duration of extraction was established experimentally and with the help of mathematical modeling. The dependence of the degree of extraction of chlorogenic acid from sunflower meal on the extraction method was determined. New scientific data on the influence of conditions of purification of alcohol extract of chlorogenic acid on the yield of the final crystalline product are obtained. The obtained product was identified using the methods of differential scanning calorimetry, infrared spectroscopy and high performance liquid chromatography. The antioxidant properties of chlorogenic acid in the composition of mayonnaise base – model mixture «water-sunflower oil» were determined. The possibility of using chlorogenic acid as a preservative in the composition of the emulsion product – mayonnaise. A technological scheme for obtaining chlorogenic acid from sunflower meal has been developed. Economic calculations on the cost of the obtained antioxidant were performed. The project of technological conditions concerning the chlorogenic acid received from sunflower meal is developed.

*Key words:* sunflower meal, chlorogenic acid, natural antioxidant, extraction process, rational parameters, identification methods.

Відповідальний за випуск д.т.н., проф. Заковоротний О.Ю.

\_ Підп. до друку 23.03.2021. Формат 60x90/16.  
Папір офсетний. Друк – ризографія. Ум. друк. арк. – 0,9.  
Гарнітура Times New Roman. Наклад 100 прим. Зам. № 270320211

---

Надруковано у копії-центрі «МОДЕЛІСТ»  
(ФО-П Миронов М.В. Свідоцтво №В04№22953)  
м. Харків, вул. Мистецтв, 3 літер Б-1  
Тел.+38 067-91-93-922  
[www.modelist.in.ua](http://www.modelist.in.ua)

---