

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Добрунов Дмитро Євгенійович



УДК 665.3+665.117

**ТЕХНОЛОГІЯ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ
СОНЯШНИКОВОЇ МАКУХИ З БЕЗЛУШПИННОГО ЯДРА**

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

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі технології жирів та продуктів бродіння Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” Міністерства освіти і науки України, м. Харків

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Перевалов Леонід Іванович,
Національний технічний університет
“Харківський політехнічний інститут”,
професор кафедри технології жирів
та продуктів бродіння

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Черваков Олег Вікторович,
Державний вищий навчальний заклад
«Український державний хіміко-технологічний університет»,
м. Дніпропетровськ,
завідувач кафедри хімічної технології
високомолекулярних сполук

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Левчук Ірина Володимирівна,
Державне підприємство «Укрметртестстандарт»,
м. Київ,
начальник науково-методичної лабораторії
хроматографічних досліджень

Захист відбудеться “29” червня 2016 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.05 Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.

Автореферат розіслано “27” травня 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
Д 64.050.05



Литвиненко О.А.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У сучасній олійно-жировій галузі поширюється тенденція створення безвідхідного та безпечного до навколишнього середовища виробництва. Водночас існує потреба у пошуку нових джерел отримання харчового білку у зв'язку із швидким зростанням цін на продукти харчування. Вдосконалення існуючих технологій промислової переробки білкової сировини рослинного походження, освоєння нових технологій виробництва харчових білкових продуктів і добавок є одним з реальних шляхів збільшення ресурсів продовольства і поліпшення структури харчування населення.

Білковий продукт, який нині отримують на заводах (зі шроту), не використовується в харчуванні людини, оскільки містить залишкову кількість нехарчового органічного розчинника, що застосовують під час екстрагування олії та містить лушпиння, яке необхідне для забезпечення більш жорсткої структури матеріалу при пресуванні.

Використання безлушпинного ядра насіння соняшнику дозволяє одержати такий напівпродукт – макуху, яка за певних умов може бути джерелом повноцінного харчового білку, олії та жиророзчинного антиоксиданту. Застосування харчового розчинника (етилового спирту) для одержання екстракційної олії та шроту з безлушпинного ядра насіння соняшнику надає можливості отримувати продукти з підвищеною харчовою цінністю.

Викладене вище обумовлює актуальність обраної теми дисертаційної роботи, що спрямована на вирішення науково-практичного завдання – створення технології одержання з соняшnikової макухи білкового шроту та олії, які за показниками відповідатимуть харчовим продуктам та екстракту з безлушпинного насіння соняшника, що матиме антиоксидантні властивості і може бути використаний у харчовій промисловості.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано на кафедрі технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХП» та у межах держбюджетних НДР НААН України: «Створення харчових продуктів підвищеної біологічної цінності з використанням білкового концентрату із безлушпинного ядра насіння соняшника» (ДР № 0116U003221), та «Наукові основи гальмування окислення жирів ефективними системами антиоксидантів біологічного походження» (ДР № 0116U000089), де здобувач був виконавцем окремих етапів робіт.

Мета і задачі дослідження. Мета дослідження – розробка технології одержання харчового білкового продукту, олії та жиророзчинного рослинного антиоксиданту з соняшnikової макухи з безлушпинного ядра шляхом екстрагування харчовим розчинником (етиловим спиртом), або сумішшю розчинників (гексан:етиловий спирт) з використанням кавітаційної установки.

Для реалізації зазначеної мети поставлено задачі:

- провести теоретичні дослідження та сформулювати робочу гіпотезу щодо застосування харчового розчинника (етилового спирту), або суміші розчинників (гексан:етиловий спирт) та методу кавітації у технології отримання харчового білкового продукту, соняшnikової олії та жиророзчинного антиоксиданту;

- дослідити вплив попередньої підготовки олійного матеріалу та складу розчинника на якісні показники продуктів, одержаних екстрагуванням в кавітаційній установці;

- експериментально та шляхом створення апроксимаційних моделей виявити ефективні технологічні параметри процесу одержання харчового білкового продукту, олії та жиророзчинного рослинного антиоксиданту екстрагуванням соняшникової макухи із безлушпинного ядра етанолом, або його технологічною сумішшю з гексаном, у кавітаційному полі;

- визначити антиоксидантні властивості сухих речовин екстрактів соняшникової макухи із безлушпинного ядра, отриманих із використанням кавітаційної установки, на модельній системі та по відношенню до промислових харчових жирів і жировмісних продуктів;

- розробити технологію комплексної переробки макухи із безлушпинного ядра насіння соняшнику та створити відповідну нормативну документацію;

- експериментально оцінити фізико-хімічні та органолептичні показники одержаних продуктів;

- запровадити результати наукових досліджень у виробництво та навчальний процес.

Об'єктом дослідження є технологія комплексної переробки соняшникової макухи з безлушпинного ядра.

Предметом дослідження є фізико-хімічні і технологічні властивості харчового білкового продукту, олії та жиророзчинного рослинного антиоксиданту, технологічні параметри екстрагування олії та хлорогенової кислоти етанолом та сумішшю розчинників етанол:гексан.

Методи дослідження. Вміст сирого протеїну та фракційного складу білкових речовин у шроті визначали методом К'ельдаля; вміст хлорогенової кислоти у шроті визначали титрометричним методом; вміст сирої олії у борошні та шроті визначали методом Сокслету; вміст інгібіторів визначали волюметричним методом; склад стеролової фракції сухих речовин соняшникової макухи безлушпинного ядра, визначали методом газорідинної хроматографії; визначення складу токоферолів жиророзчинного рослинного антиоксиданту визначали методом високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ); фізико-хімічні та органолептичні показники якості жирів і жировмісних продуктів визначали за стандартними методиками. Для планування експериментів і обробки експериментальних даних застосовували математичні методи з використанням програмних пакетів MathCad і Microsoft Excel.

Наукова новизна одержаних результатів. В дисертаційній роботі вперше:

- експериментально обґрунтовано доцільність одержання харчового білкового продукту, олії та жиророзчинного рослинного антиоксиданту шляхом екстрагування харчовим розчинником (етилловим спиртом), або сумішшю розчинників (гексан-етилловий спирт) з макухи безлушпинного ядра насіння соняшнику в кавітаційній установці;

- встановлено, що структура олійного матеріалу і величина гідромодулю (у межах від 1:2 до 1:10) не впливають на ступінь вилучення олії з матеріалу при екстрагуванні в кавітаційній установці на відміну від традиційної технології;

- експериментально виявлено залежність у вигляді апроксимаційної моделі між ступенем вилучення олії з макухи, отриманої із безлушпинного ядра насіння соняшнику, і технологічними параметрами екстрагування у кавітаторі;

- встановлено залежність ступеню вилучення хлорогенової кислоти з макухи від складу розчинника, температури та тривалості екстрагування у кавітаційній установці та отримано математичний опис цього процесу у вигляді регресійного рівняння;

- уточнено механізм антиоксидантної дії нових жиророзчинних рослинних антиоксидантів, що відносить їх до інгібіторів 1 групи, та визначено ефективні константи швидкості обриву ланцюгів на молекулах розроблених антиоксидантів;

- експериментально встановлено кількісні кінетичні характеристики (швидкість окиснення, період індукції, коефіцієнт інгібування) взаємодії пероксидних радикалів відповідних сполук олійного купажу та кондитерського жиру з інгібіторами окиснення жиророзчинного рослинного антиоксиданту;

- виявлено, що антиоксидантна активність розроблених антиоксидантів не залежить від ступеню ненасиченості жирних кислот, що входять до складу купажованої олії та кондитерського жиру.

Практичне значення одержаних результатів для олійно-жирової галузі полягає у розробці технології одержання з соняшникової макухи безлушпинного ядра харчового білкового продукту, олії та нових жиророзчинних антиоксидантів (сухих речовин екстрактів соняшникової макухи) у кавітаторі з використанням підібраних розчинників. Розроблено технологічну схему отримання харчового білкового продукту, олії та жиророзчинного рослинного антиоксиданту.

Технологію одержання харчового соняшникового шроту впроваджено на підприємстві ТОВ «Нові енергозберігаючі технології» (м. Херсон, акт від 27.05.2015 р.). Розроблено спосіб стабілізації кондитерського жиру, купажованої олії та жиромісних продуктів (печива «Вівсяне» та «Ювілейний букет») щодо окиснювального псування з використанням розроблених антиоксидантів з гарантованим подовженням їхнього терміну зберігання від 1,5 до 2 рази. Нові жиророзчинні рослинні антиоксиданти використано у випуску виробничих партій печива «Вівсяне» (акт від 02.10.2015 р.) та «Ювілейний букет» (акт від 03.03.2015 р.) з підвищеним терміном зберігання (в 1,5 – 1,7 рази) на ПАТ «Харківська бісквітна фабрика» (м. Харків). Запропоновано сфери використання отриманого харчового білкового продукту, олії та нових рослинних антиоксидантів.

Результати дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі кафедри технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХПІ» під час викладання дисциплін «Сучасні напрями розвитку технології видобування жирів» і «Технологія галузі», при виконанні дипломних робіт, а також у науково-дослідній роботі студентів (акт впровадження від 15.03.2016 р.) за спеціальністю 7 (8).05170102 – «Технологія жирів і жирозамінників».

Особистий внесок здобувача полягає у постановці науково-прикладних задач та їх реалізації при розробці технології комплексної переробки соняшникової макухи з безлушпинного ядра з використанням кавітаційної установки. Здобувачем здійснено планування і проведення експерименту щодо: встановлення залежності між кількістю вилученої олії і хлорогенової кислоти з макухи, складом розчинника і параметрами процесу екстракції у кавітаторі (температура, тривалість); визначення

ефективних констант швидкості обриву ланцюгів на молекулах розроблених антиоксидантів та кількісних кінетичних характеристик взаємодії пероксидних радикалів відповідних сполук олійного купажу та кондитерського жиру з інгібіторами окиснення жиророзчинного рослинного антиоксиданту; обробка експериментальних даних, математичне моделювання, узагальнення отриманих результатів і формулювання основних висновків, розробка проекту нормативної документації, впровадження розробленої технології у виробництво.

Апробація результатів наукової роботи: Основні положення та результати дисертаційної роботи представлено на: XIX, XX, XXIII Міжнародних науково-практичних конференціях «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (м. Харків, 2011, 2012, 2015 р.р.); IV, V, VI Міжнародних науково - технічних конференціях «Хімія і технологія жирів. Перспективи розвитку олійно-жирової галузі» (м. Алушта, 2011, 2012, 2013 р.р.); X Міжнародній науково - практичній конференції «Информационно-вычислительные технологии и математическое моделирование в решении задач строительства, техники, управления и образования» (м. Пенза, 2013 р.); VII Міжнародній конференції «Олійно-жирова галузь: технології та ринок», (м. Київ, 2014 р.).

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 15 наукових праць, з яких 4 статті – у наукових фахових виданнях України (1 – у міжнародній наукометричній базі даних), 2 – у зарубіжних фахових періодичних виданнях, 9 – у матеріалах конференцій.

Структура та об'єм роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи складає 181 сторінка; з них 44 рисунки за текстом; 2 рисунки на окремій сторінці; 42 таблиці за текстом; 4 таблиці на 2 окремих сторінках; список використаних джерел з 138 найменувань на 16 сторінках; 3 додатки на 30 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** розкрито актуальність досліджень щодо удосконалення технології одержання харчового білкового продукту, олії та жиророзчинного антиоксиданту з соняшникової макухи безлушпинного ядра, сформульовано мету, основні задачі роботи. Також представлено наукову новизну роботи та її практичну значущість, зазначено особистий внесок здобувача. Наведено відомості щодо апробації та реалізації результатів роботи, наведено кількість публікацій.

У **першому розділі** проведено аналіз існуючих технологій переробки олійної сировини методом екстрагування та наведено їх переваги і недоліки.

З'ясовано, що використання ядра соняшника з вмістом лушпиння близько 8% під час пресування та нафтових розчинників (таких, як гексан) при екстрагуванні залишкової олії з макухи за певних умов (висока температура та тривалий контакт) сильно знижує харчову цінність отриманих кінцевих продуктів, а також призводить до обмеження використання білкового шроту як продукту харчування людини. Ще однією причиною обмеження використання соняшникового білка у рецептурах харчових продуктів є присутність хлорогенової кислоти, яка під час нагрівання білків соняшнику та при введенні їх у лужне середовище, окиснюється

з утворенням темнозбарвлених продуктів, що знижує споживчі властивості одержаних продуктів. Отже, доцільним є удосконалення існуючих технологій переробки насіння соняшнику. Показано, що використання безлушпинного ядра на стадії пресування та наступного екстрагування олії «харчовим» розчинником, таким як етанол, дозволить отримати харчовий білковий шрот та олію високої якості. Здійснений аналіз існуючих технологічних процесів та апаратурного оформлення технологічних схем екстракції довів доцільність застосування кавітаційних установок як екстракторів. Сформульовано робочі гіпотези щодо можливості використання харчового розчинника (етилового спирту), або суміші розчинників (гексан:етиловий спирт) та методу кавітації у технології отримання харчового білкового продукту, соняшникової олії та жиророзчинного антиоксиданту.

У **другому розділі** наведено методологію досліджень, виконаних у дисертаційній роботі (рис.1).

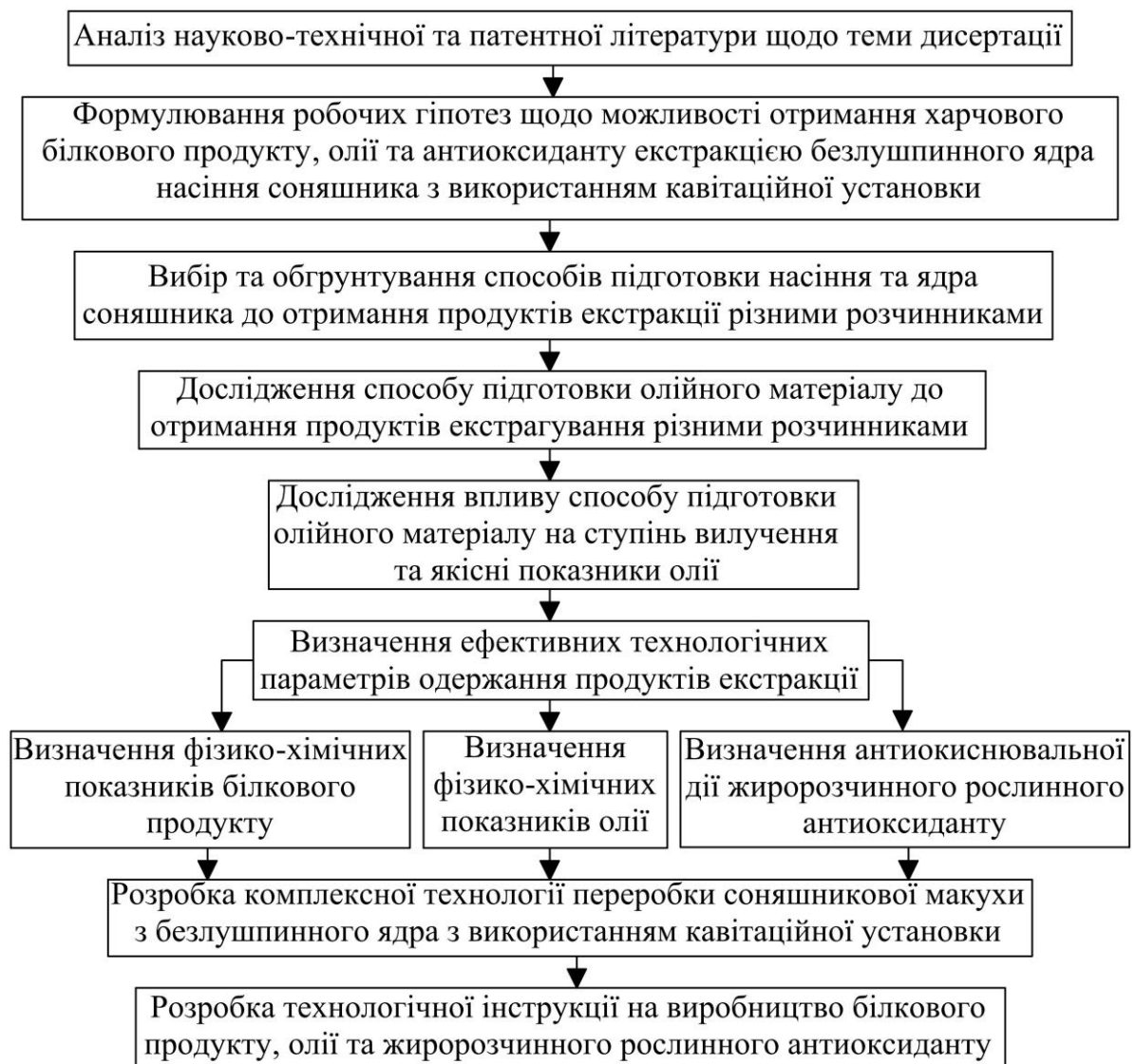


Рисунок 1 – Загальна схема досліджень дисертаційної роботи

Обґрунтовано використання реактивів, матеріалів та методик проведення експериментів, алгоритми обробки отриманих даних із зазначенням використаної технічної апаратури, а саме: наведено методики визначення основних параметрів почат-

кового насіння, ядра, макухи, шроту та екстракційної олії; методики дослідження шроту: визначення фракційного складу білків, вміст загальної кількості білка, визначення вмісту хлорогенової кислоти в шроті та методику визначення молярної концентрації антиоксидантів у жирах. Наведено методологічний підхід до використання методів обробки експериментальних даних на основі програмних продуктів. Приведено схему пілотної кавітаційної установки, описано її устрій і принцип роботи.

У **третьому розділі** представлені результати експериментальних досліджень щодо наукового обґрунтування і розробки технології переробки соняшникової макухи з безлушпинного ядра.

На першому етапі визначено вплив способу підготовки безлушпинного ядра насіння соняшнику до екстрагування у кавітаційній установці на ступінь вилучення олії з досліджуваного олійного матеріалу та на якісні показники одержаних продуктів. Для інтенсифікації екстрагування у дослідженнях використовувалась кавітаційна установка з «м'яким» режимом кавітації, що дозволяє зберегти у нативному стані ліпідну і білкову складову напівзнежиреної соняшникової макухи безлушпинного ядра.

Для визначення впливу способу підготовки ядра насіння соняшнику на ступінь вилучення олії в кавітаційній установці досліджували 4 зразки: №1 – зразок макухи у вигляді напівзнежиреної пелюстки, що одержана з необробленого безлушпинного ядра насіння соняшнику у плющильній чарунці (контроль); №2 – зразок макухи у вигляді напівзнежиреної пелюстки, що одержана з охолодженого (-30°C) безлушпинного ядра насіння соняшнику у плющильній чарунці; №3 – зразок макухи екструдованої у вигляді крупки, що одержана з необробленого безлушпинного ядра насіння соняшнику у екструдері; №4 – зразок необробленого безлушпинного ядра насіння соняшнику. Початкові данні та параметри екстрагування наведено у табл.1.

Таблиця 1 – Початкові характеристики досліджуваного олійного матеріалу та технологічні параметри екстрагування у кавітаційній установці

| Розчинник | № зразка | Найменування зразка | Масова частка жиру, % | Температура насіння соняшнику при обрушуванні, °C | Тривалість екстрагування, хв. | Температура екстрагування, °C | Гідромодуль |
|----------------------|----------|-----------------------------------|-----------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------|
| Гексан | 1 | Макуха (напівзнежирена пелюстка) | 36,6±0,07 | +20±1 | 10±0,5 | 55±1 | 1:2 |
| | 2 | Макуха (напівзнежирена пелюстка)* | 31,3±0,06 | -30±1 | | | |
| | 3 | Макуха екструдована (крупка) | 15,5±0,03 | +20±1 | | | |
| Етанол: гексан (1:1) | 4 | Ядро | 62,5±0,12 | +20±1 | | | |

* Макуха одержана з попередньо охолодженого насіння (при знайденій раціональній температурі для здійснювання його 100% обрушування).

Результати досліджень визначення впливу способу підготовки ядра насіння соняшнику на ступінь вилучення олії наведено у табл.2.

Таблиця 2 – Ефективність вилучення жиру з олійного матеріалу у кавітаційній установці

| № зразка | Залишкова масова частка сирого жиру, % | Ступінь вилучення олії, % |
|----------|--|---------------------------|
| 1 | 8,2 | 77,6 |
| 2 | 7,0 | 77,6 |
| 3 | 3,3 | 78,7 |
| 4 | 12,3 | 80,3 |

У зразках екстракційної олії, вилученої з місцели, визначено фізико-хімічні показники, що характеризують якість отриманого продукту – пероксидне число та кислотне число. Одержані значення цих показників відповідають вимогам державного стандарту до олії соняшникової нерафінованої невимороженої.

У результаті експериментів виявлено доцільність використання кавітаційної установки для одержання харчового соняшникового шроту і якісної екстракційної олії, та встановлено, що попереднє охолодження насіння соняшнику (при знайдений раціональній температурі -30°C для здійснювання його 100% обрушування), не впливає на ступінь вилучення олії з його макухи (напівзнежиреної пелюстки) і суттєво не впливає на пероксидне та кислотне число олії, вилученої з такої макухи.

Дослідження впливу способу підготовки ядра насіння соняшнику на ступінь вилучення олії з використанням кавітаційної установки показали, що структура олійного матеріалу не впливає на ступінь вилучення олії на відміну від традиційної технології. Також встановлено, що можна переробляти ціле ядро прямим екстрагуванням без попереднього видалення олії. Однак, відомо, що пресова олія першого холодного віджимання, що одержана з олійного безлушпинного ядра насіння соняшнику, є основним і дуже цінним продуктом, тому доцільним є попереднє віджимання олії з ядра перед екстрагуванням.

З науково-технічної літератури відомо, що під час одержання білкових продуктів за традиційною технологією, хлорогенова кислота окиснюється з утворенням темнозабарвлених речовин, що знижує споживчі властивості одержаних продуктів. Зважаючи на це, на наступному етапі роботи визначено вплив складу розчинника та технологічних факторів екстрагування на ступінь вилучення олії і хлорогенової кислоти з макухи та на фракційний склад білків одержаного шроту. Досліджено 5 зразків соняшникової напівзнежиреної макухи. Початкові показники макухи: масова частка сирого жиру (зразки №1-4) – $31,25 \pm 0,2$ %; масова частка сирого жиру (зразок №5) – $36,56 \pm 0,2$ %; масова частка вологи та летких речовин – 5,7 %. Вміст хлорогенової кислоти у зразках макухи №1-4 – 3,45 %, у зразку №5 – 3,22%. Початкові параметри екстрагування: температура – $55 \pm 1^{\circ}\text{C}$; тривалість – $10 \pm 0,5$ хв.; гідромодуль – 1:10. Результати досліджень ступеню вилучення олії і хлорогенової кислоти з макухи наведено на рис. 2 і 3.

Визначено, що склад розчинника впливає на ступінь вилучення олії і хлорогенової кислоти з макухи. Чим більше концентрація етанолу у складі розчинника, тим менший ступінь вилучення олії і більший ступінь вилучення хлорогенової кислоти з макухи за однаковий час перебування у кавітаційній установці.

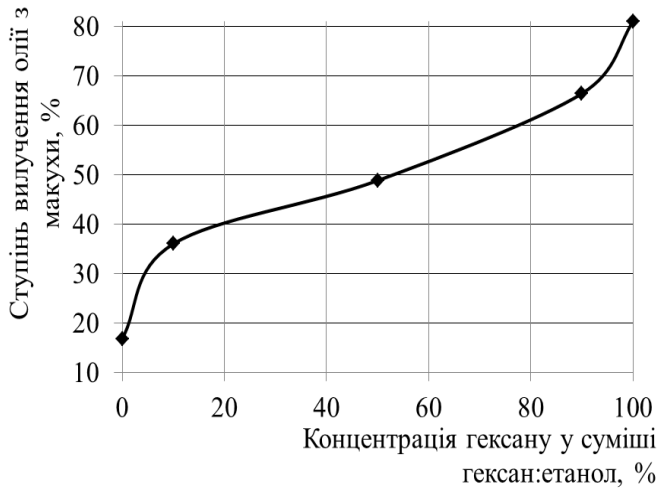


Рисунок 2 – Залежність ступеню вилучення олії з макухи від складу розчинника



Рисунок 3 – Залежність ступеню вилучення хлорогенової кислоти з макухи від складу розчинника

Така залежність пояснюється зміною полярності розчинника від неполярного до більш полярного, тобто найкраще розчинення досягається, коли полярність розчинника і речовини, що екстрагується близькі за значенням.

Під час екстрагування олії із соняшникової макухи у кавітаційній установці можлива теплова денатурація білкових речовин, що приводить до зміни розчинності білків, а це, у свою чергу, впливає на функціональні властивості білкових продуктів. На денатурацією білкових речовин також може впливати етанол.

У зв'язку з цим, досліджено вплив складу розчинників в умовах кавітаційної обробки макухи на фракційний склад білків одержаного шроту. Початкові показники макухи: масова частка сирого протеїну – 39,9%; вміст розчинних білків (від масової частки сирого протеїну) – 88,35 %.

В табл. 3 наведено результати дослідження змін фракційного складу білків від складу розчинників в умовах кавітаційної обробки макухи. Масова частка сирого протеїну досліджуваних зразків наведена з урахування залишкової олійності шроту.

Таблиця 3 – Фракційний склад білків соняшnikового шроту в залежності від складу розчинника, що використовувався під час екстрагування

| Параметр | Зразок шроту | | | | |
|--|--------------|-----------|-----------|-----------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | Розчинник | | | | |
| | ЕТ | ЕТ:ГК 9:1 | ЕТ:ГК 1:1 | ЕТ:ГК 1:9 | ГК |
| Масова частка сирого протеїну, % | 42,87 | 48,40 | 52,30 | 52,30 | 52,22 |
| Сумарна масова частка розчинних протеїнів (від масової частки сирого протеїну), %, в тому числі: | 79,3 | 81,2 | 82,4 | 83,3 | 85,0 |
| - водорозчинних білків, % | 20,20 | 25,00 | 29,80 | 27,90 | 29,2 |
| - солерозчинних білків, % | 12,1 | 18,15 | 15,25 | 16,78 | 15,76 |
| - лугорозчинних білків, % | 47,0 | 37,7 | 37,35 | 38,62 | 40,04 |

Експериментальні дані табл.3 підтверджують, що білки не залишаються в незмінному стані під час кавітаційного оброблення макухи різного складу розчинниками: відбувається зміна у співвідношенні фракцій білків зразків соняшникового шроту, що підтверджує припущення про можливу денатурацію білків. З підвищенням концентрації етанолу зменшується сумарний вміст водорозчинних і солерозчинних білків, але загальний вміст розчинних білків змінюється незначно, що пояснюється короткочасним впливом невисокої температури під час кавітаційного оброблення, тому при одержанні харчового шроту в подальшому слід уникати високих температур, щоб отримати продукт з більш високим значенням розчинних білків.

За традиційною технологією екстрагування одним із факторів, що впливає на ступінь вилучення олії з макухи є гідромодуль, тому на наступному етапі роботи досліджено екстрагування макухи гексаном та етанолом в кавітаційній установці за температури $55 \pm 1^\circ\text{C}$ та тривалості $10 \pm 0,5$ хв. при гідромодулі 1:2, 1:5 та 1:10.

Аналіз результатів експерименту показав, що при використанні кавітаційної установки для екстрагування олії з макухи при $55 \pm 1^\circ\text{C}$ і тривалості $10 \pm 0,5$ хв. гідромодуль не впливає на ступінь вилучення олії з макухи. Враховуючи той факт, що оброблюваний матеріал має низьке значення насипної ваги і високе значення поглинаючої здатності, на основі додаткового експерименту встановлено, що у подальших дослідженнях доцільно використовувати гідромодуль 1:5. Це пов'язано з технологічною особливістю розвантаження одержаної суспензії.

На наступному етапі з використанням методу математичного планування експерименту за допомогою програмних пакетів MathCad і Microsoft Excel встановлено кількісну залежність (у вигляді регресійної моделі) ступеню вилучення олії та ступеню вилучення хлорогенової кислоти з макухи від тривалості і температури екстрагування та концентрації етанолу у суміші розчинників, а також розраховано ефективні параметри процесу. Умови основного експерименту щодо встановлення ефективних значень параметрів екстрагування олії і хлорогенової кислоти з соняшникової макухи безлушпинного ядра, організованого за планом $N = 2^3$, наведено у табл. 4.

Таблиця 4 – Умови проведення досліджень

| Фактори | Тривалість екстрагування, хв. | Температура екстрагування, $^\circ\text{C}$ | Концентрація етанолу у суміші, % |
|-----------------------------------|-------------------------------|---|----------------------------------|
| Код | X_1 | X_2 | X_3 |
| Основний рівень, X_{10} | 16 | 55 | 55 |
| Інтервал варіювання, ΔX_1 | 2 | 5 | 45 |
| Верхній рівень, +1 | 18 | 60 | 100 |
| Нижній рівень, -1 | 14 | 50 | 10 |

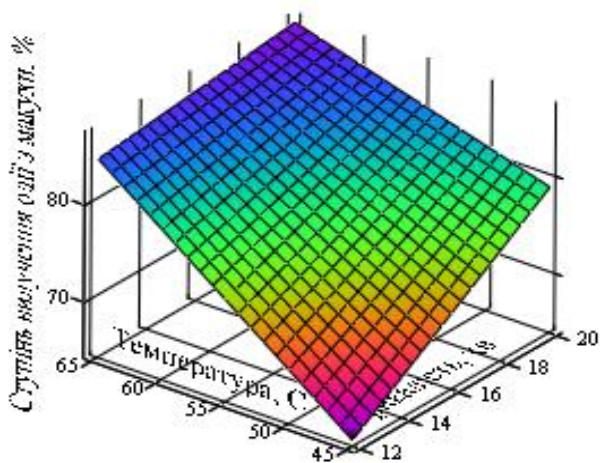
Залежність ступеню вилучення олії з макухи різними розчинниками у кавітаційній установці (y , %) від тривалості та температури екстрагування і складу розчинника описується наступним рівнянням

$$y = 4,14 \cdot x_1 + 1,55 \cdot x_2 - 2,44 \cdot x_3 - 0,0578 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,103 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,0341 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,00172 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 - 17,4. \quad (1)$$

Залежність ступеню вилучення хлорогенової кислоти з макухи після екстрагування у кавітаційній установці (z , %) від тривалості, температури процесу і складу розчинника описується наступним рівнянням

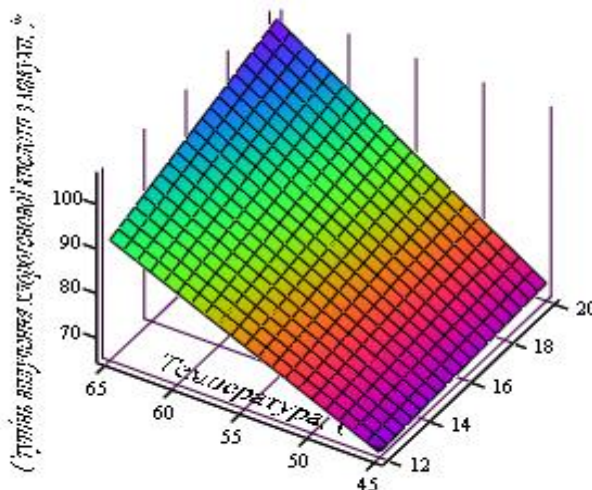
$$z = 5,96 \cdot x_1 + 2,69 \cdot x_2 + 1,66 \cdot x_3 - 0,0886 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,0886 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,0226 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,0016 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 - 124. \quad (2)$$

Графічні зображення поверхонь відгуку при використанні розчинників різного складу наведено на рис. 4 та 5.



rez

Рисунок 4 – Залежність ступеню вилучення олії з макухи від температури та тривалості екстрагування сумішшю розчинників гексан:етанол (9:1)



rez

Рисунок 5 – Залежність ступеню вилучення хлорогенової кислоти з макухи від температури та тривалості екстрагування етанолом

Для наведених залежностей (1 і 2) знайдено екстремальні значення: $y_{\max} = 83,72\%$ ($x_1 = 18$ хв, $x_2 = 60^\circ\text{C}$, $x_3 = 10\%$); $z_{\max} = 94,2\%$ ($x_1 = 18$ хв, $x_2 = 60^\circ\text{C}$, $x_3 = 100\%$).

Результати досліджень підтвердили, що ступінь вилучення олії і хлорогенової кислоти з макухи збільшується з підвищенням температури і тривалості екстрагування: для вилучення олії – при знижуванні концентрації етанолу у суміші розчинників, а для хлорогенової кислоти – навпаки. Для досягнення більш високого ступеню вилучення олії (до 95%) і хлорогенової кислоти (до 97%) з макухи запропоновано спосіб двоступеневого екстрагування (рис.5) у кавітаційній установці відповідними розчинниками при встановлених раціональних параметрах.

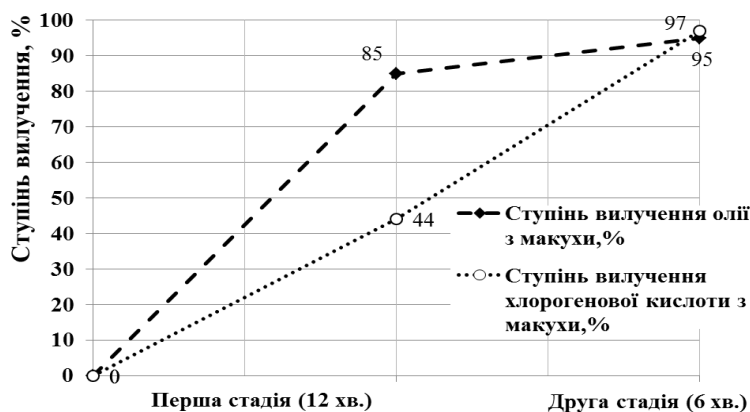


Рисунок 6 – Динаміка вилучення олії і хлорогенової кислоти при двоступеневому екстрагуванні

На підставі виконаних досліджень розроблено апаратурно-технологічну схему виробництва харчового білкового продукту, олії та жиророзчинного рослинного антиоксиданту (сухі речовини екстрактів соняшnikової макухи безлушпинного ядра). Структурну схему виробництва наведених продуктів представлено на рис.7.



Рисунок 7 – Схема виробництва харчового білкового продукту, олії та антиоксиданту

Запропонована технологія харчового білкового продукту, олії та жиророзчинного рослинного антиоксиданту дозволяє знизити матеріальні та енергетичні витрати, оскільки за традиційною технологією додається стадія подрібнення ядра та підготовки розчинника, як результат – одержання олії та шроту, а у запропонованій технології можна одержати одночасно три харчових продукти.

Четвертий розділ присвячено експериментальному дослідженню антиоксидантних властивостей розроблених жиророзчинних рослинних антиоксидантів. Всі кінетичні характеристики визначено волюметричним методом.

На першому етапі досліджень уточнено механізм антиоксидантної дії нових антиоксидантів та зроблено висновок, що всі вони відносяться до інгібіторів першої групи (тобто обривають ланцюги за взаємодією з пероксидними радикалами), тому що графічна залежність W від $\sqrt{W_i}$ кумолу з додаванням всіх екстрактів не є лінійною, а залежність W від W_i – навпаки. Визначено ефективні константи швидкості обриву ланцюгів на молекулах розроблених антиоксидантів (сухих речовин «екстрактів соняшnikової макухи» – ЕСМ) (табл.6). Нумерація зразків наступна: зразок № 1 – ЕСМ, що отримані після випаровування суміші

розчинників (гексан:етанол – 1:9 об.); зразок № 2 – ЕСМ, що отримані після випарювання етанолу; зразок № 3 – ЕСМ, що отримані після випаровування суміші розчинників (гексан:етанол – 1:1 об.); зразок № 4 – ЕСМ, що отримані після випаровування суміші розчинників (гексан:етанол – 9:1 об.).

Таблиця 6 – Ефективні константи швидкості обриву ланцюгів для ініційованого окислення кумолу з додаванням ЕСМ

| № зразка | Ефективна константа обриву ланцюгів, k_7 , л/моль·с |
|----------|--|
| 1 | $1,4 \cdot 10^5$ |
| 2 | $1,6 \cdot 10^5$ |
| 3 | $1,0 \cdot 10^5$ |
| 4 | $1,0 \cdot 10^5$ |

Згідно даним табл.6 всі значення констант обриву ланцюгів (k_7) зразків ЕСМ свідчать про їхню антиоксидантну активність близьку до α -токоферолу. Значення констант (k_7) коливаються від $1,0 \cdot 10^5$ л/моль·с до $1,6 \cdot 10^5$ л/моль·с. Для токоферолу ці значення варіюються у діапазоні від $0,7 \cdot 10^5$ до $3 \cdot 10^5$ л/моль·с, а для найбільш використовуваного для гальмування реакцій окиснення синтетичного антиоксиданту іонолу $k_7 = (1,2 - 2,5) \cdot 10^4$ л/моль·с. Тобто, всі дослідні зразки ЕСМ є не менш ефективними інгібіторами, ніж токоферол та іонол.

Досліджено хімічну природу антиоксидантних речовин, що екстрагуються етанольними та етанольно-гексановими розчинами з соняшникової макухи безлушпинного ядра у кавітаційному полі. Вміст та склад токоферолів і стеролів, а також вміст фосфоліпідів та хлорогенової кислоти визначено тільки у зразках № 1 і № 2, оскільки вони виявили більшу антиоксидантну активність ніж зразки № 3 і № 4. Наявність та склад токоферолів і стеролів досліджено за допомогою методу вискоелективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) та газорідинної хроматографії відповідно. Результати щодо складу зразків №1 і №2 наведено на рис.8 і 9 та у табл.7.

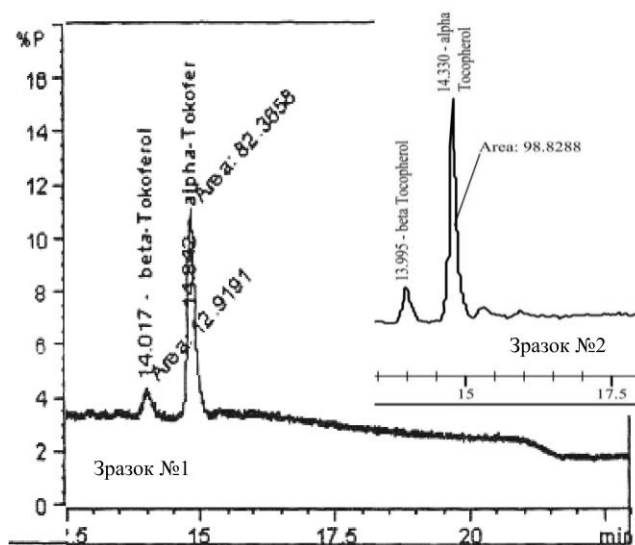


Рисунок 8 – ВЕРХ складу токоферолів зразка №1 і зразка №2

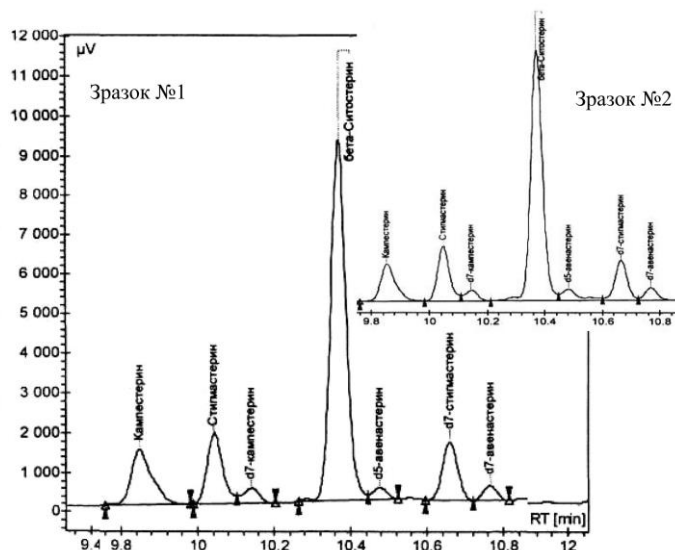


Рисунок 9 – Газорідинна хроматограма складу стеролів зразка №1 і зразка №2

Таблиця 7 – Склад основних компонентів зразків ЕСМ №1 і №2

| № зразка | Масова частка фосфоліпідів, у перерахунку на стеароолеолецитин, % | Масова частка хлорогенової кислоти, % | Масова частка стеролів, % | Масова частка токоферолу, % |
|----------|---|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 1 | 6,76 ± 0,02 | 6,56 ± 0,02 | 0,46 ± 0,03 | 0,10 ± 0,004 |
| 2 | 6,92 ± 0,02 | 6,7 ± 0,02 | 0,43 ± 0,03 | 0,15 ± 0,006 |

Отримані дані (рис. 8, 9 і табл. 7) підтверджують наявність у зразках ЕСМ речовин з антиоксидантними властивостями, таких як: токоферолі, хлорогенова кислота, стероли та фосфоліпіди. Враховуючи компонентний склад можна стверджувати, що всі досліджувані зразки ЕСМ є інгібіторами окиснення та уповільнюють реакцію продовження ланцюгів, а це означає, що всі вони можуть бути використані для запобігання окиснювального псування жировмісних виробів для збільшення терміну їх придатності.

Далі визначено вплив антиоксидантів, одержаних за розробленою технологією, на швидкість окиснення кондитерського жиру (як представника насичених жирів) з додаванням 1% досліджуваних екстрактів. Результати щодо швидкості окиснення кондитерського жиру наведено у табл. 8.

Таблиця 8 – Швидкість окиснення кондитерського жиру з додаванням зразків ЕСМ №1 – 4 у порівнянні з контролем

| Найменування зразка | Швидкість окиснення, $W_{O_2} \cdot 10^6$, моль/л·с | Співвідношення швидкостей |
|----------------------------|--|---------------------------|
| Без екстракту (контроль) | 4,3 | 1,00 |
| З додаванням зразка ЕСМ №1 | 2,0 | 2,15 |
| З додаванням зразка ЕСМ №2 | 1,1 | 3,90 |
| З додаванням зразка ЕСМ №3 | 3,5 | 1,30 |
| З додаванням зразка ЕСМ №4 | 2,3 | 1,80 |

Одержані дані табл. 8 свідчать, що швидкість окиснення кондитерського жиру у присутності всіх досліджуваних зразків ЕСМ менше за швидкість окиснення кондитерського жиру без додавання екстракту, але кращими виявилися зразки ЕСМ №1 і №2, тому у подальших дослідженнях щодо підвищення антиоксидантної стабільності жировмісних продуктів, до рецептури яких входять насичені жири, використовували саме ці зразки.

Визначено вплив розроблених антиоксидантів на швидкість окиснення купажованої олії (як представника поліненасичених жирів). Стійкість купажу олій (арахісової і лляної) до окиснювального псування в присутності розроблених антиоксидантів визначено за допомогою волюметричного методу за величиною періоду індукції зразка, що окиснювався у присутності ініціатору – 2, 2-азобісізо-бутіронітріл (АІБН) за температури 75°C. Одержані періоди індукції всіх зразків купажованих олій з додаванням 1% ЕСМ збільшилися в 1,7 – 2 рази у порівнянні з періодом індукції контрольного зразка, тобто термін зберігання досліджуваного олійного купажу може бути збільшений до 2 разів.

Вивчено вплив антиоксидантної дії розробленого антиоксиданту (зразок ЕСМ №1, 2) на окиснювальну стабільність жирової основи печива «Вівсяне» з гаран-

тованим терміном зберігання 3 місяці та печива «Ювілейний букет» (упаковане в полімерну плівку) з гарантованим терміном зберігання 8 місяців (згідно діючого стандарту). Вміст жиру у рецептурах цих видів печива складав приблизно 20%. Під час дослідження визначена кінетика накопичення пероксидних і карбонільних сполук (продуктів окиснення) у жировій частині печива «Вівсяне» та «Ювілейний букет». Встановлено, що термін зберігання здобного печива, жирова основа якого була стабілізована розробленим рослинним антиоксидантом (1%), збільшився у 1,5 («Ювілейний букет») і 1,7 («Вівсяне») рази у порівнянні з контрольними зразками.

Зазвичай антиоксидантна дія інгібітору залежить від ступеню ненасиченості жирних кислот, що входять до його складу. Проведені дослідження показали, що антиокиснювальна активність розроблених антиоксидантів не залежить від ступеню ненасиченості жирних кислот, що входять до складу купажованої олії та кондитерського жиру. Цей факт пояснюється тим, що до складу одержаних антиоксидантів входять декілька речовин, кожна з яких виявляє свою інгібуючу дію в залежності від умов окиснення і складу окиснювального продукту (наприклад, фосфоліпіди діють як синергісти з токоферолом і гальмують аутоокиснення поліненасичених жирних кислот). Це свідчить про можливість використання нових антиоксидантів у більш широкому спектрі. Таким чином, розроблено харчові жиророзчинні рослинні антиоксиданти для подовження терміну зберігання жирів різного ступеню ненасиченості та жировмістивних кондитерських виробів.

У **п'ятому розділі** досліджено основні якісні показники продуктів, одержаних з соняшникової макухи безлушпинного ядра екстрагуванням у кавітаційній установці.

Основні якісні показники харчового білкового продукту (шроту та борошна) під час зберігання за температури $20 \pm 2^\circ\text{C}$ наведено у таблиці 9. За ДСТУ 4638 соняшниковий шрот може зберігатися без погіршення якості 3 місяці, а соєве борошно (взяте за аналог) за ДСТУ 4543 – 6 місяців.

Таблиця 9 – Основні показники харчового шроту та борошна під час зберігання

| Найменування показника | Термін зберігання, міс | | | | |
|--|---|---------|-------|---------|------|
| | 0 | | 6 | | 12 |
| | шрот | борошно | шрот | борошно | шрот |
| Масова частка вологи та летких речовин, % | 1,8 | 4,5 | 2,4 | 5,2 | 3,1 |
| Масова частка сирого жиру, у перерахунку на абс. суху речовину, % | 0,9 | 14,4 | 0,9 | 14,5 | 1,0 |
| Кислотне число жиру, мг КОН/г | 0,10 | 0,20 | 0,15 | 0,20 | 0,18 |
| Масова частка сирого протеїну, у перерахунку на абс. суху речовину, % | 56,4 | 41,4 | 56,26 | 41,5 | 56,3 |
| Масова частка розчинних протеїнів в шроті до загального вмісту протеїну, % | 85,7 | 77,7 | 85,5 | 77,5 | 85,5 |
| Запах | Без запаху | | | | |
| Смак | Характерний соняшниковому шроту (борошну), без стороннього присмаку | | | | |
| Зовнішній вид | Однорідний | | | | |
| Колір | Білий з кремовим відтінком | | | | |

Наведені дані табл.9 свідчать, що основні показники шроту за 12 місяців (борошна за 6 місяців) зберігання майже не змінилися. Під час зберігання збільшувались, не суттєво, тільки масова частка вологи та кислотне число сирого жиру.

Визначено основні показники екстракційної олії і розробленого антиоксиданту під час зберігання за температури $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, значення яких наведені у табл.10.

Таблиця 10 – Основні показники екстракційної олії і розробленого антиоксиданту

| Найменування показника | Термін зберігання, міс | | | | | |
|--|------------------------|------|------|--------------|------|------|
| | Олія | | | Антиоксидант | | |
| | 0 | 1 | 3 | 0 | 6 | 12 |
| Масова частка вологи та летких речовин, % | 0,07 | 0,08 | 0,10 | 0,10 | 0,15 | 0,20 |
| Пероксидне число, $\frac{1}{2}\text{O}$ ммоль/кг | 2,9 | 3,6 | 8,8 | 3,5 | 3,8 | 4,3 |
| Кислотне число жиру, мг КОН/г | 0,90 | 0,92 | 1,00 | 6,50 | 6,50 | 6,60 |

Дослідження показали, що основні показники екстракційної олії під час зберігання знаходились у межах показників, що відповідають ДСТУ 4492.

В процесі зберігання розробленого антиоксиданту встановлено, що за 12 місяців зберігання основні показники суттєво не змінилися.

Отже, рекомендований термін зберігання харчового шроту, отриманого за запропонованою технологією не менш 12 місяців. Шрот відрізняється високим вмістом розчинних білків, тривалим терміном зберігання та відповідає вимогам до сировини для отримання харчових білків та продуктів харчування і може бути рекомендований для використання у виробництві кондитерських, м'ясних та хлібопекарських виробів, а також у виноробстві на стадії освітлення як адсорбент. Рекомендований термін зберігання харчового соняшникового борошна – 6 місяців, екстракційної олії за температури $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ – не менш 3 місяців, розробленого антиоксиданту – не менш 12 місяців. Антиоксидант має світложовтий колір, приємний смак та запах і може бути використаний для запобігання окиснювального псування харчових жирів та жиророзчинних виробів для збільшення терміну їх придатності.

У додатках наведено графічні залежності ступіню вилучення олії і хлорогенової кислоти з макухи від параметрів екстрагування та складу розчинника; акти впровадження результатів роботи: на підприємстві ТОВ «Нові енергозберігаючі технології» (м.Херсон), ПАТ «Харківська бісквітна фабрика», навчальний процес кафедри технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХП»; проект нормативно-технологічної документації (технологічна інструкція) на виробництво продукту білкового харчового, олії і антиоксиданту із соняшnikової макухи з безлушпинного ядра.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-практичного завдання – розробці науково-обґрунтованої технології комплексної переробки соняшnikової макухи з безлушпинного ядра. На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень сформульовано такі висновки:

1. Встановлено, що у науково-технічній літературі недостатньо системних даних, щодо вирішення проблеми одержання високоякісного харчового білкового продукту, олії та жиророзчинного антиоксиданту із соняшnikової макухи безлушпинного ядра. Сформульовано та експериментально підтверджено робочу гіпотезу щодо доцільності одержання харчових білкових продуктів (борошна та шроту), олії та жиророзчинного рослинного антиоксиданту екстрагуванням харчовим

розчинником (етиловим спиртом), або сумішшю розчинників (гексан-етиловий спирт) з макухи безлушпинного ядра насіння соняшника в кавітаційній установці.

2. Виявлено, що структура олійного матеріалу та гідромодуль (у межах від 1:2 до 1:10) не впливають на ступінь вилучення олії з матеріалу при екстрагуванні в кавітаційній установці на відміну від традиційної технології.

3. Отримано кількісну залежність (у вигляді регресійної моделі) ступеню вилучення олії та ступеню вилучення хлорогенової кислоти з макухи від тривалості і температури екстрагування та концентрації етанолу у суміші розчинників (гексан:етанол), а також розраховано ефективні параметри процесу (температура 60 °С, тривалість – 18 хв.) та встановлено, що для досягнення більш високого ступіню вилучення олії (до 95%) і хлорогенової кислоти (до 97%) з макухи доцільно використовувати спосіб двоступеневого екстрагування.

4. Визначено антиоксидантні властивості сухих речовин екстрактів соняшникової макухи безлушпинного ядра. Показано, що досліджені екстракти інгібують ланцюгові вільно-радикальні реакції окиснення. Оцінені ефективні константи швидкості обриву ланцюгів на молекулах інгібіторів, що входять до складу екстрактів, значення яких знаходяться у межах від $k_7 = 1 \cdot 10^5$ л/моль·с до $k_7 = 1,6 \cdot 10^5$ л/моль·с, що приблизно у 7 разів перевищує активність найбільш використовуваного синтетичного антиоксиданту іонолу $k_7 = (1,2 - 2,5) \cdot 10^4$ л/моль·с.

5. Науково обґрунтовано та розроблено перспективну технологію комплексної переробки соняшникової макухи з безлушпинного ядра, за якою можна отримати: олію екстракційну, шрот (або борошно) та жиророзчинний рослинний антиоксидант. Завдяки скороченню декількох технологічних операцій техніко-економічний ефект використання запропонованої технології полягає у зниженні матеріальних і енергетичних витрат. Доцільність застосування такої безвідходної технології підтверджується підвищенням прибутковості підприємств, оскільки дозволить отримувати одночасно три харчових продукти. На виробництво продуктів з макухи безлушпинного ядра розроблено проект технологічної інструкції.

6. За оцінкою фізико-хімічних та органолептичних показників показано, що екстрагуванням у кавітаційній установці одержано олію, яку згідно ДСТУ 4492 можна класифікувати як олію соняшникову нерафіновану невиморожену вищого та першого ґатунку, та харчовий шрот з вмістом розчинних протеїнів більше 80 %. Встановлено, що прогнозований термін зберігання харчового шроту та розробленого антиоксиданту складає не менш 12 місяців, борошна – не менш 6 місяців.

7. За результатами промислових випробувань встановлено, що кондитерські вироби (печиво «Вівсяне» та печиво «Ювілейний букет») мають підвищений до 1,7 разів термін зберігання за рахунок уведення 1% розробленого антиоксиданту. Результати роботи впроваджено на ТОВ «Нові енергозберігаючі технології» (м.Херсон) та ПАТ «Харківська бісквітна фабрика», а також у навчальний процес кафедри технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХП».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Добрунов Д.Є. Удосконалення технології отримання харчового білку та олії з насіння соняшника / Д.Є. Добрунов, Л.І. Перевалов, О.М. Півень // Вісник

Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2013. – № 55 (1028). – С. 113–118.

Здобувачем досліджено вплив попередньої обробки насіння соняшнику на фізико-хімічні показники олії та шроту, отриманого з використанням кавітаційної установки.

2. Добрунов Д.Є. Вплив попередньої підготовки безлушпинного ядра соняшника на ступінь вилучення олії / Д.Є. Добрунов, Л.І. Перевалов, О.М. Півень // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 16 (1059). – С. 140–144.

Здобувачем встановлено вплив попереднього охолодження насіння соняшнику на ступінь вилучення олії з макухи.

3. Добрунов Д.Є. Получение белковых продуктов из ядра и шрота семян подсолнечника / Е.А. Литвиненко, Л.И. Перевалов, П.Ф. Петик, З.П. Федякина, Д.Е. Добрунов // Современный научный вестник. – Белгород: Руснаучкнига, 2014. – № 46 (242). – С.10–17.

Здобувачем досліджено спосіб одержання білкового продукту з соняшnikової макухи з безлушпинного ядра в кавітаційній установці.

4. Добрунов Д.Є. Экстракт из безлузгового ядра подсолнечника – антиоксидант для кондитерского жира / Д.Є. Добрунов, О.М. Півень, Л.І. Перевалов // Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків: НТУ «ХПІ», 2015. – № 1. – С. 78–81.

Здобувачем визначено кількісні кінетичні характеристики взаємодії пероксидних радикалів відповідних сполук кондитерського жиру з інгібіторами окиснення жиророзчинного рослинного антиоксиданту.

5. Добрунов Д.Є. Антиоксидант для смесевых растительных масел / Д.Є. Добрунов, Е.Н. Півень, Л.И. Перевалов // Уральский научный вестник. – Уральск: ЖШС «Уралнаучкнига», 2015. – № 9 (140). – С. 66–70.

Здобувачем досліджено вплив жиророзчинного рослинного антиоксиданту на термін зберігання олійного купажу.

6. Dobrunov D. Determination of Antioxidant Activity of Solids Extracts Obtained from Sunflower Cakes / D. Dobrunov, L. Perevalov, O. Piven // Ukrainian Journal of Food Science. – Kyiv: NUFT, 2015. – Vol. 3. – Issue 2. – P. 206–216.

Здобувачем визначені ефективні константи швидкості реакції обриву ланцюгів на молекулах жиророзчинних рослинних антиоксидантів.

7. Добрунов Д.Є. Получение белковых продуктов из семян подсолнечника / [Е.А. Литвиненко, Л.И. Перевалов, П.Ф. Петик и др.] // Масложировой комплекс – Днепропетровск: ИА «Эксперт АГРО», 2013. – № 2 (41). – С.25–27.

Здобувачем досліджено спосіб одержання білкового продукту з використанням кавітаційної установки.

8. Добрунов Д.Є. Нова технологія одержання олії та білкового продукту з макухи соняшника / О.М. Півень, Л.І. Перевалов, А.В. Попсуйшапка, П.Ф. Петік, Д.Є. Добрунов, Ю.Є. Омельченко / Тези доповідей IV Міжнародної науково - технічної конференції [«Хімія і технологія жирів. Перспективи розвитку олійно-жирової галузі»], 25–29 травня 2011 р., Алушта. – Харків: УкрНДІОЖ УААН, 2011. – С. 59.

Здобувачем досліджено показники якості білкового продукту одержаного екстракцією з соняшnikової макухи безлушпинного ядра.

9. Добрунов Д.Є. Розробка технології самообрушування насіння соняшника / Д.Є. Добрунов, Ю.Є. Омельченко, Л.І. Перевалов, О.М. Півень, / Тези доповідей XIX Міжнародної науково-практичної конференції [«Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я»], 01–03 червня 2011 р., Харків. – Харків: НТУ «ХП», 2011. – С. 283.

Здобувачем досліджено вплив попередньої обробки насіння соняшника на процес самообрушування.

10. Добрунов Д.Є. Вдосконалення технології отримання рослинних олій та харчового білку / О.М. Півень, Л.І. Перевалов, А.В. Попсуйшапка, Д.Є. Добрунов / Тези доповідей XX Міжнародної науково-практичної конференції [«Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я»], 21–23 травня 2012 р.,

Харків. – Харків: НТУ «ХП», 2012. – С. 316.

Здобувачем досліджено ефективність подрібнення безлушпинного ядра соняшника у кавітаційній установці з метою одержання харчового білкового продукту та олії.

11. Добрунов Д.Є. Особенности технологии переработки сырого ядра подсолнечника с получением масла и пищевого белкового продукта / Е.Н. Пивень, Л.И. Перевалов, А.В. Попсуйшапка, Д.Е. Добрунов / Тези доповідей V Міжнародної науково - технічної конференції [«Хімія і технологія жирів. Перспективи розвитку олійно-жирової галузі»], 23–24 травня 2012 р., Алушта. – Харків: УкрНДІОЖ УААН, 2012. – С. 67.

Здобувачем досліджено вплив типу розчинника на ступінь вилучення хлорогенової кислоти з метою одержання харчового білкового продукту.

12. Добрунов Д.Е. Использование смеси растворителей в технологии получения подсолнечного масла и белка / Д.Е. Добрунов, Ю.В. Храмота, Е.Н. Пивень, Л.И. Перевалов / Тези доповідей VI Міжнародної науково - технічної конференції [«Хімія і технологія жирів. Перспективи розвитку олійно-жирової галузі»], 29–30 травня 2013 р., Алушта. – Харків: УкрНДІОЖ УААН, 2013. – С. 44.

Здобувачем одержано нові наукові дані щодо використання суміші розчинників у технології одержання з соняшникової макухи олії та білкового продукту шляхом екстракції у кавітаційній установці.

13. Добрунов Д.Е. Математическая модель процесса экстракции хлорогеновой кислоты из безлузгового ядра подсолнечника с использованием кавитационной установки / Д.Е. Добрунов, Л.И. Перевалов, Е.Н. Пивень, А.В. Попсуйшапка / Тезиси докладов X Международной научно-практической конференции [«Информационно-вычислительные технологии и математическое моделирование в решении задач строительства, техники, управления и образования»], 18–20 декабря 2013 г., Пенза. – Пенза: ПГУАС, 2013. – С. 111–117.

Здобувачем проведено експериментальні дослідження для встановлення залежності кількості хлорогенової кислоти у шроті від типу розчинника, температури та тривалості процесу екстракції у кавітаційній установці.

14. Добрунов Д.Е. Получение масла и пищевого белка двух-стадийной экстракцией жмыха в кавитационном аппарате / Д.Е. Добрунов, Л.И. Перевалов, Е.Н. Пивень / Тезиси докладов VII Международной конференции [«Масложировая

отрасль: технологии и рынок»], 08–09 октября 2014 г., Киев. – Днепропетровск: «Эксперт Агро», 2014. – С. 52.

Здобувачем запропоновано перспективну ресурсозберігаючу технологію одержання олії та харчового білкового продукту екстракцією соняшникової макухи з безлушпинного ядра у кавітаційній установці.

15. Добрунов Д.Е. Получение антиоксидантов из безлузгового ядра подсолнечника кавитационным методом / Д.Е. Добрунов, Л.И. Перевалов, Е.Н. Пивень / Тези доповідей XXIII Міжнародної науково - практичної конференції [«Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я»], 20–22 травня 2015 р., Харків: у 4 ч. – Ч. II. – Харків: НТУ «ХПІ», 2015. – С. 253.

Здобувачем запропоновано ефективний метод одержання жиророзчинного рослинного антиоксиданту.

АНОТАЦІЇ

Добрунов Д. Є. Технологія комплексної переробки соняшникової макухи з безлушпинного ядра. – 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” Міністерства освіти і науки України, Харків, 2016.

Дисертацію присвячено науковому обґрунтуванню технології комплексної переробки соняшникової макухи з безлушпинного ядра.

Встановлено залежність ступеню вилучення олії і хлорогенової кислоти з соняшникової макухи безлушпинного ядра від складу розчинника, температури та тривалості екстрагування у кавітаційній установці та отримано математичний опис цього процесу у вигляді регресійного рівняння.

Виявлено антиоксидантні властивості сухих речовин екстрактів соняшникової макухи безлушпинного ядра. Показано, що досліджені екстракти інгібують ланцюгові вільно-радикальні реакції окиснення.

Розроблено перспективну технологію комплексної переробки соняшникової макухи з безлушпинного ядра, за якою можна отримати: олію екстракційну, шрот (або борошно) та жиророзчинний рослинний антиоксидант.

Результати роботи впроваджені на ТОВ «Нові енергозберігаючі технології» (м.Херсон), ПАТ «Харківська бісквітна фабрика» (м.Харків) та в навчальний процес кафедри технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХПІ».

Ключові слова: видобування жирів та білків, безлушпинне ядро, макуха соняшникова, екстрагування етанолом, кавітаційна установка, олія, харчовий шрот, антиоксидант.

Добрунов Д. Є. Технология комплексной переработки подсолнечного жмыха из безлузгового ядра – 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 “Харьков-

ский политехнический институт” Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2016.

Диссертация посвящена научному обоснованию технологии комплексной переработки подсолнечного жмыха из безлузгового ядра.

Проведен анализ состояния научно-практической задачи, в результате которого подтверждены актуальность темы и ее научная новизна. Показана целесообразность использования метода кавитации в технологии получения пищевого белкового продукта, подсолнечного масла и жирорастворимого антиоксиданта.

Установлено, что структура масличного материала и гидромодуль не влияют на степень извлечения масла из материала при экстракции в кавитационной установке в отличие от традиционной технологии. Установлена зависимость степени извлечения масла и хлорогеновой кислоты из подсолнечного жмыха безлузгового ядра от состава растворителя, температуры и продолжительности экстракции в кавитационной установке и получено математическое описание этого процесса в виде уравнения регрессии и рассчитаны эффективные параметры экстракции. Для достижения более высокой степени извлечения масла (до 95%) и хлорогеновой кислоты (до 97%) из жмыха предложен способ двуступенчатой экстракции в кавитационной установке соответствующими растворителями при установленных рациональных параметрах процесса.

Выявлены антиоксидантные свойства сухих веществ экстрактов подсолнечного жмыха безлузгового ядра и показано, что исследуемые экстракты ингибируют цепные свободно-радикальные реакции окисления. Оценены эффективные константы скорости обрыва цепей на молекулах ингибиторов, входящих в состав экстрактов. Значения констант находятся в пределах от $k_7 = 1 \cdot 10^5$ л/моль·с до $k_7 = 1,6 \cdot 10^5$ л/моль·с, что приблизительно в 7 раз превышает активность наиболее применяемого синтетического антиоксиданта ионола $k_7 = (1,2 - 2,5) \cdot 10^4$ л/моль·с. Установлено, что антиокислительная активность разработанных антиоксидантов не зависит от степени ненасыщенности жирных кислот, входящих в состав купажированного масла и кондитерского жира, что значительно расширяет сферу применения полученных жирорастворимых растительных антиоксидантов.

Разработан способ стабилизации кондитерского жира, купажированного масла и жиросодержащих продуктов (печенья «Овсяное» и «Юбилейный букет») относительно окислительной порчи с использованием новых антиоксидантов с гарантированным продлением его срока хранения приблизительно в 1,5 - 2 раза.

По оценке физико-химических и органолептических показателей показано, что экстракцией в кавитационной установке получено масло, которое согласно ДСТУ 4492 можно классифицировать как масло подсолнечное нерафинированное невымороженное высшего сорта, и пищевой шрот с содержанием растворимых протеинов более 80 %. Установлено, что прогнозируемый срок хранения пищевого шрота и разработанного антиоксиданта составляет не менее 12 месяцев, муки – не менее 6 месяцев.

Предложена перспективная технология комплексной переработки подсолнечного жмыха из безлузгового ядра, по которой можно получить: пищевой белковый продукт (шрот или муку), масло экстракционное и жирорастворимый растительный антиоксидант.

Результаты работы внедрены на ТОВ «Новые энергосберегающие технологии» (г. Херсон), ПАТ «Харьковская бисквитная фабрика» (г. Харьков) и в учебный процесс кафедры технологии жиров и продуктов брожения НТУ «ХПИ».

Ключевые слова: добывание масел и белков, ядро безлузговое, жмых подсолнечный, экстракция этанольная, установка кавитационная, масло, пищевой шрот, антиоксидант.

Dobrunov D.E. Technology of Complex Processing of Sunflower Cakes Obtained from Dehulled Kernels. – Manuscript copyright.

Thesis for a candidate of technical sciences degree. Speciality 05.18.06 – fats, essential oils and perfume-cosmetic products technology – National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”. Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2016.

The dissertation is devoted to the basis of technology of complex processing of sunflower cakes obtained from dehulled sunflower kernels.

During the work it was ascertained that sunflower oil and chlorogenic acid extraction rates depend on solvent type, temperature, and extraction time in the cavitation facility. The regression equations for the abovementioned processes were derived.

Antioxidant properties of solids extracts obtained from dehulled sunflower kernels (SE) were discovered. It was shown that all of the investigated SE terminate the chain reactions during the propagation step.

Complex technology of sunflower cakes processing obtained from dehulled sunflower kernels was designed. This technology allows obtaining of extracted oil, sunflower meal (or protein-rich flour), and fat-soluble antioxidant.

The results of the work are adopted at “New Energy-Efficient Technologies”, LLC, “Kharkiv Biscuit Factory”, OJSC, and implemented in the educational process at the Department of Technology of Fats and Fermentation Products of NTU "KhPI"

Key words: vegetable oil and protein extraction, dehulled kernels, sunflower cakes, ethanol extraction, cavitation facility, edible meal, antioxidants.



Відповідальний за випуск д.т.н, проф. Гладкий Ф.Ф.

Підп. до друку 23.05.16. Формат 60x90/16.
Папір офсетний. Друк – ризографія. Ум. друк. арк. – 0,9.
Гарнітура Times New Roman. Наклад 100 прим. Зам. № 2496456

Надруковано у копії-центрі «МОДЕЛІСТ»
(ФО-П Миронов М.В. Свідоцтво №В04№22953)
61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 3 літер Б-1
т.: 7-170-354
www.modelist.in.ua
