

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до кваліфікаційної роботи
ступеня вищої освіти «Магістр»
на тему:

**Обґрунтування процесу переробки насіння
соняшника в олію**

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу,
групи МгХТ-1-22
освітньо-професійної програми «Харчові технології»
зі спеціальності 181 «Харчові технології»

_____ Валентин КУЛІКОВ

Керівник: _____ Юрій ЧУРСІНОВ

Рецензент: _____ Руслан БРОВКО

Дніпро 2023

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

харчових технологій,

кандидат технічних наук, доцент

Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«09» листопада 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Кулікову Валентину Олександровичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування процесу переробки насіння соняшника в олію». Керівник роботи: Чурсінов Юрій Олександрович, доктор технічних наук, професор, затверджені наказом закладу вищої освіти від «09» листопада 2023 року № 3423.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 08 грудня 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: 1. Літературні джерела та періодичні видання. 2. Наукова та науково-технічна документація, що стосується питань виробництва рослинної олії механічним та хімічним способами. 3. Нормативно-технологічна документація. 4. Патентна документація.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналітичний огляд. 2 Матеріали і методи досліджень. 3 Експериментальна частина. 4 Дослідження і розробка ефективної технології рафінації та окислення соняшникової олії. 5 Охорона праці та захист навколишнього середовища. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Стан питання. 2. Мета та задачі досліджень. 3. Результати експериментальних досліджень. 4 Кошторис витрат на проведення досліджень. 5 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, прізвище та ім'я консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4	професор ЧУРСІНОВ Юрій	09.11.2023	08.12.2023
5	професор ЧУРСІНОВ Юрій	09.11.2023	08.12.2023
6	професор ЧУРСІНОВ Юрій	09.11.2023	08.12.2023

7. Дата видачі завдання 09 листопада 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	09.11-10.11.23	виконано
2	Аналітичний огляд	13.11-15.11.23	виконано
3	Матеріали і методи досліджень	16.11-17.11.23	виконано
4	Експериментальна частина	20.11-22.11.23	виконано
5	Дослідження і розробка ефективної технології рафінації та окислення соняшникової олії	23.11-28.11.23	виконано
6	Охорона праці та захист навколишнього середовища	29.11-30.11.23	виконано
7	Організаційно-економічна частина	01.12-04.12.23	виконано
8	Загальні висновки та бібліографія	05.12-06.12.23	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	07.12.2023	виконано

Здобувач вищої освіти _____ Валентин КУЛКОВ
(підпис)

Керівник роботи _____ Юрій ЧУРСІНОВ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування процесу переробки насіння соняшника в олію»

Дипломна робота магістра: 72 с., 6 рис., 18 табл., 50 літературних джерел посилань.

Метою роботи є удосконалення технології отримання та рафінації олії за допомогою нових ефективних реагентів.

Об'єкт дослідження – технологія виробництва рослинної олії.

Предмет дослідження – рослинна олія отримана та рафінована за допомогою нових ефективних реагентів.

Однією з сучасних тенденцій інноваційного розвитку олійно-жирової промисловості є виробництво конкурентоспроможних продуктів харчування функціонального призначення з підвищеною біологічною цінністю, безпечних у споживанні. Тому розробка нових та вдосконалення існуючих технологій отримання та переробки рослинних олій, що дозволяють отримувати високоякісні жирові продукти, є найважливішим завданням.

Рафіновані олії зі збалансованим жирнокислотним складом, є основою для створення емульсійних жирових продуктів харчування для різних груп населення. Соняшникова олія є традиційною в харчування населення України. За останні роки розширилися посівні площі, які займає соняшник, збільшилася кількість виробництв з переробки насіння соняшника, тому вдосконалення технології отримання та переробки соняшникової олії зумовлює актуальність дипломної роботи.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Олія, рафінація, окислення, жирові продукти, соняшник, асортимент, екструдер, жирнокислотний склад, перекисне число.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	8
1.1 Характеристика олійної сировини та технологій отримання рослинних олій	8
Висновки за розділом	16
2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	18
2.1 Характеристика сировини	18
2.2 Визначення олійності сировини	18
2.3 Визначення вологості сировини	19
2.4 Отримання олії з соняшнику	20
2.5 Визначення виходу олії	21
2.6 Визначення вологості олії	22
2.7 Визначення кислотного числа олії	22
2.8 Визначення перекисного числа	23
2.9 Прискорений метод визначення стійкості олії	24
2.10 Визначення карбонильного числа	24
2.11 Методи оцінки дезодорованих та недезодорованих олій	25
2.12 Визначення в'язкості розчинів	26
Висновки за розділом	27
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	28
3.1 Дослідження екструзійного способу отримання соняшникової мезги та оцінка якості одержуваної олії	28
Висновки за розділом	35
4 ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РАФІНАЦІЇ ТА ОКИСЛЕННЯ СОНЯШКОВОГО ОЛІЇ	37
4.1 Розробка процесу виведення фосфоліпідів з олії за допомогою полімерів катионної природи	37
4.2 Дослідження впливу розроблених композиційних реагентів на ступінь	

виведення супутніх речовин із олії	43
4.3 Дослідження швидкості окислення соняшникової олії, рафінованої існуючим та пропонованим методом	51
Висновки за розділом	54
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	56
5.1 Розробка карти безпеки праці	56
5.2 Утилізація відходів виробництва	57
Висновки за розділом	58
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	59
6.1 Організація проведення досліджень	59
6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	60
6.3 Розрахунок ціни дослідження	64
Висновки за розділом	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	65
БІБЛІОГРАФІЯ	67

ВСТУП

Основні напрямки та актуальність досліджень. Однією з сучасних тенденцій інноваційного розвитку олійно-жирової промисловості є виробництво конкурентоспроможних продуктів харчування функціонального призначення з підвищеною біологічною цінністю, безпечних у споживанні. Тому розробка нових та вдосконалення існуючих технологій отримання та переробки рослинних олій, що дозволяють отримувати високоякісні жирові продукти, є найважливішим завданням.

Рафіновані олії зі збалансованим жирнокислотним складом, є основою для створення емульсійних жирових продуктів харчування для різних груп населення. Соняшникова олія є традиційною в харчування населення України. За останні роки розширилися посівні площі, які займає соняшник, збільшилася кількість виробництв з переробки насіння соняшника, тому вдосконалення технології отримання та переробки соняшникової олії зумовлює актуальність дипломної роботи.

Мета і завдання дослідження. Метою цих досліджень є удосконалення технології отримання та рафінації олії за допомогою нових ефективних реагентів.

Основними завданнями дослідження є:

- застосування екструзійної технології переробки насіння соняшнику з метою поліпшення якості одержуваної мезги;
- розробка технологічного процесу глибокого виведення гідратованих та негідратованих фосфоліпідів із соняшникової олії за допомогою нових ефективних реагентів;
- розробка поєднаної технології рафінації соняшникової олії;
- дослідження механізму процесу окиснення олії;
- розрахунок вартості проведення експериментальних досліджень.

Об'єкт дослідження – технологія виробництва рослинної олії.

Предмет дослідження – рослинна олія отримана та рафінована за допомогою нових ефективних реагентів.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Характеристика олійної сировини та технологій отримання рослинних олій

Технологія рафінаційного виробництва є одним із складних і важливих процесів внаслідок того, що рафінована та дезодорована олія в жиропереробці є одним із важливих компонентів у будь-якому жировмісному продукті. Тому від того, наскільки якісно проведена рафінація, залежить фізико-хімічні, харчові та фізіологічні властивості кінцевого продукту. Тим більше, якщо врахувати, що кожна партія олії, що надійшла на підприємство, має неоднакові показники і поводить при рафінації по-різному.

Сирі рослинні олії різного виду та походження, різних умов виробництва та зберігання відрізняються одна від одної за характеристиками, залежно від кислотного числа, гліцеридного та нежирового складу і ця обставина, звичайно, впливає на якість процесу рафінації. У зв'язку з цим науково обґрунтований технологічний режим отримання рослинних олій дозволить провести найбільш якісну їхню рафінацію. Цього можна досягти, якщо фахівці підприємства озброєні сучасними знаннями в галузі фізико-хімії, процесів та апаратів, органічної, біологічної, аналітичної хімії тощо.

Рафінація олій (жирів) – одна з істотних ланок у довгому ланцюгу процесів обробки та переробки жирів. Мета рафінації олії (жирів) полягає у видаленні різноманітних речовин нежирового комплексу: вільних жирних кислот, речовин, що зумовлюють специфічне забарвлення, запах і смак тощо. Результати вивчення складної системи, яку являють собою сирі рослинні олії, взаємодії супутніх речовин з гліцеридною частиною та з реагентами, що застосовуються для рафінації, розкриття механізму процесів, що протікають на різних стадіях рафінації, лягли в основу наукового пояснення процесів і дали поштовх подальшому удосконаленню методів рафінації [5].

Далі доцільно вказати на процеси, що протікають в олієвмісному насінні при проростанні, зберіганні, транспортуванні, олієдобуванні тощо.

Хімічні та біохімічні процеси, пов'язані з умовами проростання, зберігання насіння та методами олієдобування, впливають на гліцеридну та нежирову частини олії. Залежно від умов проростання та селекції може змінюватися не тільки вміст олії в ядрі насіння, але й склад жирних кислот та нежирових домішок. У міру дозрівання насіння поряд із зменшенням вмісту вільних жирних кислот збільшується вміст ненасичених жирних кислот (йодне число зростає).

Зберігання олійного насіння в умовах підвищеної вологості і при підвищеній температурі призводить до значної зміни гліцеридної частини олії за рахунок впливу ферментів, що містяться в насінні, і мікрофлори, що вноситься ззовні.

При нагріванні та зволоженні під впливом води пари та тепла, що застосовуються в процесі олії, активізується розщеплююча дія ліпаз.

До хімічних та біохімічних процесів, що протікають при дозріванні, збиранні, транспортуванні та зберіганні насіння в несприятливих умовах, додається розщеплення гліцеридної частини та окислювальні процеси при виробництві олії. Зміни гліцеридної частини олії при олієдобуванні, за винятком накопичення вільних жирних кислот, порівняно невеликі, склад домішок в олії зазнає значних змін.

Взаємодія олійної фази насіння та нежирових речовин або органічних сполук, близьких до жирових речовин (фосфоліпіди), обумовлюється накопиченням та станом їх у насінні, їх змінами в процесі зберігання, особливо під впливом вологи та тепла.

Вирішальними факторами у взаємодії нежирової частини з жирною в насінні є процеси, що протікають при олієдобуванні, при яких значна частина нежирових речовин переходить в олію. Оцінити вплив окремих факторів на перехід домішок у олію можна лише вивчаючи їх виникнення та зміни, починаючи з насіння.

Насіння олійних рослин складається з великої кількості клітин. Клітина складається із клітинної оболонки, заповненої клітинним ядром, протоплазмою, пластидами, алейроновими зернами. Клітинна оболонка складається з целюлози

та тісно пов'язаною з нею геміцелюлозою. Протоплазма складається з протоплазматичного тіла та розподіленої в ньому олії. Поряд з олією у протоплазмі міститься значна кількість плазматичних білків та їх сполук з іншими речовинами.

Фосфоліпіди також локалізовані у протоплазмовій частині клітини в основному у зв'язаному стані з вуглеводами та білками. Можливо, що частина фосфоліпідів може перебувати у вільному стані, не пов'язаному з вуглеводами та білками, розподіляючись у плазмовій та олійній фазах.

Середній відсотковий склад протоплазми рослинних клітин наводиться нижче [5]:

Фосфоровмісні білки	40
Білки, позбавлені фосфору	15
Вуглеводи	12
Жири	12
Амінокислоти	1,5
Холестероли	2,0
Смоли	1,5
Калійні та інші неорганічні солі фосфорної кислоти	6,5
Лецитин	0,3
Мурашина, оцтова та інші кислоти	0,5
Невизначені речовини	0,5

В олійній фазі розподілено високомолекулярні жирні кислоти, стерини. Алейронові зерна; крім білкових сполук, містять інші речовини. Це підтверджується складом зольного залишку, в який входять натрій, фосфор, сірка, калій, магній, кальцій; залізо та марганець, що вказують на складний органічний склад цих речовин.

У початковій стадії розвитку насіння плазма клітин має рідку структуру. Плазма зрілого, сухого насіння за своїм агрегатним станом наближається до твердого гелю. Складна колоїдна система насіння довго формується. У

початковий період дозрівання насіння відбувається накопичення високомолекулярних запасних поживних речовин, що утворюються за рахунок хімічного синтезу пластичних речовин материнського насіння. Після припинення зв'язку з материнським насінням у міру досягнення повної зрілості синтезні процеси слабшають. Зволоження насіння може призвести до посилення біохімічних процесів.

Вміст клітини зрілого насіння можна уявити у вигляді складної колоїдної системи, що складається з двох фаз: гелевої та олійної. Гелева фаза, що складається з білків, вуглеводів та інших речовин, пов'язаних одна з одною, є гідрофільною – полярною частиною, а олійна – неполярною частиною, що включає розчинені в ній речовини.

Здатність насіння до набухання, поглинання вологи з повітря, обумовлена наявністю гідрофільної гелевої фази, як безперервної в колоїдній системі насіння. Гідрофільність гелевої фази пояснюється великим вмістом білків, розчинних у воді (багатих полярними групами- COOH , O , NH_2 , NH), а також наявністю фосфоліпідів та вуглеводів. Вода переважно розміщена в гелевій фазі насіння, і лише незначна частина її міститься в нежировому комплексі.

У процесі зберігання насіння піддається впливу ферментів, у присутності вологи та повітря це призводить до розпаду органічних речовин з виділенням тепла та утворенням продуктів реакції, аж до вуглекислоти та води, а також впливу речовин, що вносяться ззовні бактеріями, пліснявими грибами, шкідниками тощо. Склад насіння може бути різний залежно від їх сорту та умов дозрівання. Під впливом процесів, що розвиваються в насінні за різних умов зберігання, змінюється їх склад. Ці зміни відбуваються як у гелевій частині насіння, так і в жирах. І залежно від цього може змінюватися склад гліцеридної частини жиру і домішок, що містяться в ньому.

Олії, одержувані різними методами (холодного або гарячого пресування, екстракційний і т. д.), відрізняються за смаком, запахом, кольором та нерівноцінними харчовими перевагами. Незначно відрізняючись за гліцеридним складом, вони дуже різні за кількістю та складом нежирових домішок.

Принципова схема виробництва рослинних олій наведена на рисунку 1.1.

Вже в початковій стадії добування олії можлива поява джерел домішок. Так, наприклад, погане очищення насіння, незадовільна робота рушально-віяльних машин призводять до дотику олії з сторонніми мінеральними та олійними (лушпиння) домішками.

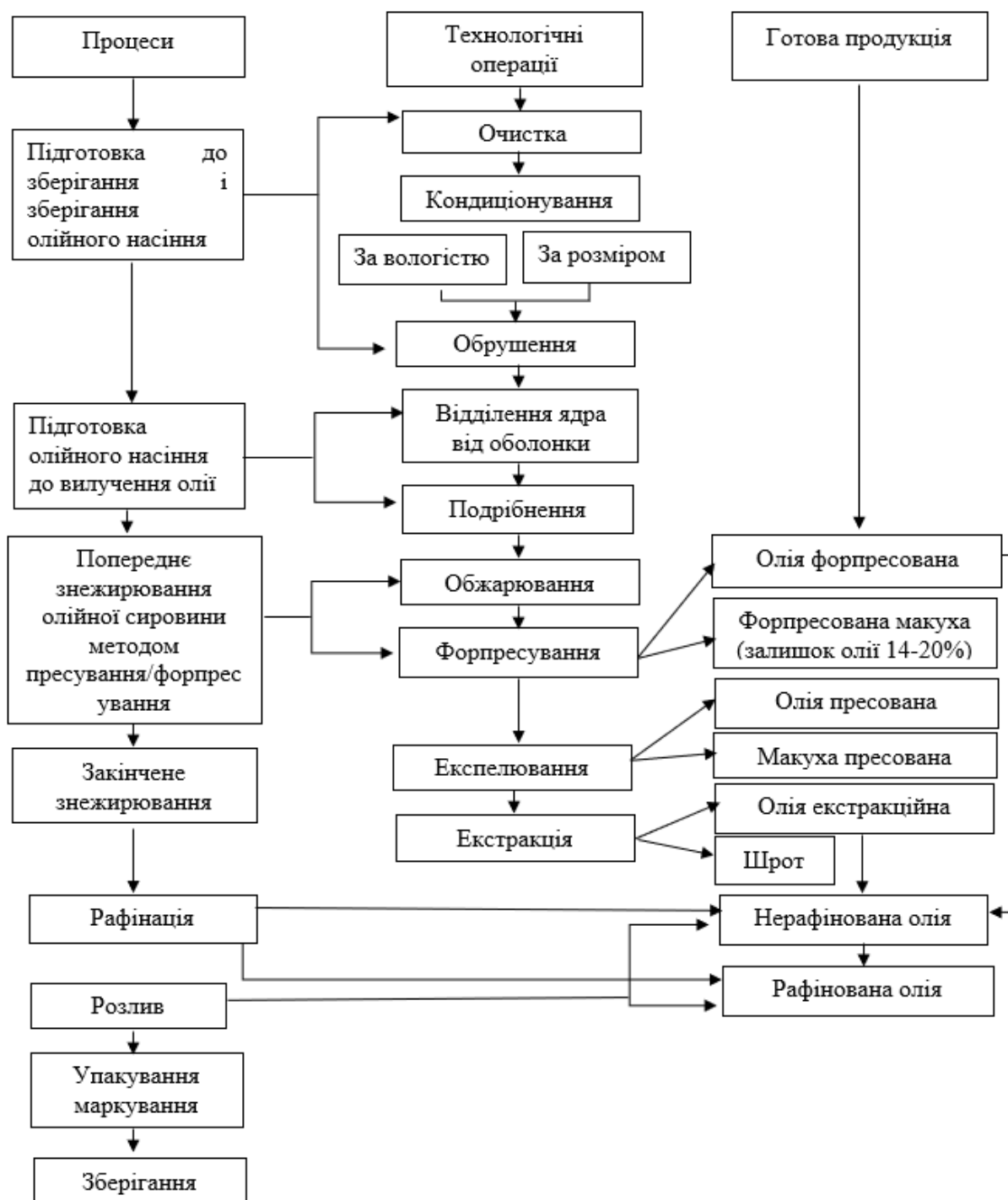


Рисунок 1.1 – Принципова схема виробництва рослинних олій

При подрібненні насіння тонка структура елеоплазми руйнується, сприяючи тісному дотику олії, що виділяється, з внутрішньоклітинним вмістом. Чим вище ступінь подрібнення, тим інтенсивніший перехід барвників в олію і руйнування складних, але нестійких комплексних сполук, наприклад, фосфатидо-протеїдів, фосфатидо-вуглеводо-протеїдів.

Завдяки впливу тепла і вологи, а також перемішування при смаженні відбувається тісна взаємодія між олійною та гелевою частинами м'ятки, що триває під час пресування, в результаті чого олія збагачується домішками, частина яких розчиняється молекулярно, частина колоїдно, а частина залишається в олії у вигляді суспензії.

Нагрів при олієдобуванні є потужним фактором, що впливає на перехід домішок в олію. Відомо, що барвники можуть розчинитися в олії вже при низькій температурі (олія холодного пресування забарвлена). З підвищенням температури перехід пігментів у олію різко посилюється. Високі температури викликають глибокі зміни пігментів та білково-фосфоліпідних речовин.

Особливе місце під час процесів олієдобування належить зволоженню. Руйнуючи клітини при процесі смаження, волога сприяє контакту нежирових домішок з олією та переходу до неї домішок. Зволоження у поєднанні з високою температурою призводить до теплової денатурації білкових речовин.

Характеризуючи умови переходу домішок в олію в залежності від режиму та способу олієдобування, необхідно відзначити особливості екстракційного методу вилучення олії з насіння. Застосовувані для екстракції жирів із насіння розчинники – бензин, дихлоретан вилучають також і нежирові домішки. При цьому відзначається посилений перехід нежирових речовин в місцелу, а потім в олію, навіть у тих випадках, коли окремі органічні домішки, нерозчинні безпосередньо в чистому розчиннику (бензині). Розчинники (бензин і дихлоретан) не впливають на гліцеридний склад екстрагованих жирів, але в їх присутності нежирові речовини зазнають змін, внаслідок яких їх видалення стає неможливим.

Дослідженнями [15] встановлено, що якщо подрібнене олійне насіння (м'ятку) направити після вальцового верстата в прес, то, незважаючи на великий

тиск, в пресі вдається витягти лише невелику кількість (приблизно 10 – 15 % загального вмісту) олії, що міститься в м'ятці. Це обумовлено тим, що олія розподілена в м'ятці у вигляді тонких плівок на поверхні подрібненого ядра, утримується величезними поверхневими силами, величина яких набагато більша тисків, що розвиваються пресами, що застосовуються для вилучення олії. Для ефективного вилучення олії з м'яки необхідно подолати або хоча б помітно зменшити поверхневі сили, що утримують олію.

Цій меті служить вологотеплова обробка м'ятки – приготування мезги, або смаження, яке є найважливішою технологічною операцією підготовки м'ятки до вилучення олії. Під дією вологи олія в м'ятці переходить у відносно вільний стан.

У зволоженій м'ятці олія міститься у формі, що легко видобувається. Але одночасно з цим м'ятка, що містить велику кількість води, є дуже пластичним матеріалом, і якщо її направити в такому вигляді в прес, то вона не чинитиме опору пресуючому впливу в пресі і олія не відпресується. Щоб віджати олію, необхідно надати м'ятці жорсткості, зменшивши її пластичність. Для цього необхідно знизити її вологість і одночасно змінити фізико-хімічні властивості її компонентів. Це досягається дією тепла на зволожену м'ятку.

Під дією тепла на зволене подрібнене олійне насіння (м'ятку) спочатку зростає активність ферментів, що погіршують якість олії, - посилюються гідроліз триацилгліцеролів з утворенням вільних жирних кислот, окислення ненасичених жирних кислот, відбувається зміна фосфоліпідів ускладнюючи їх виділення з олії. Виникають також інші небажані зміни в ліпідній та неліпідній частинах м'ятки, знижується якість продуктів одержуваних при переробці олійного насіння. Істотним змінам піддаються білки – основний за масою компонент неліпідної частини насіння. Починаються при зволоженні м'ятки та її нагріванні гідролітичні процеси в результаті яких у м'ятці накопичуються поліпептиди і вільні амінокислоти, швидко припиняються через швидке зростання температури. Подальше нагрівання м'ятки супроводжується глибокою денатурацією насіння білків.

У виробничих умовах процес приготування мезги проходить у два етапи:

- інтенсивне нагрівання м'ятки: до температури 80 – 85 °С з одночасним зволоженням; Наприклад, вологість м'ятки соняшника має перевищувати 8 – 9 %;
- висушування та нагрівання зволоженої м'ятки у високому (товстому) шарі понад 300 мм. Наприклад, вологість готової мезги соняшника становить 5 – 6 %, температура 105 °С, а остаточне віджимання мезги проводиться за її вологості 3 – 4 % і температурі 110 – 120 °С.

При такій вологотепловій обробці утворюються спеклі важко дезагрегуючі частинки мезги – вторинні структури, що складаються з денатурованих білків, з яких віджимання олії ускладнено. Самопропарювання веде до деякого зменшення вторинних структур, розпушуючи, поверхню спеклих частинок, хоча глибина денатурації білків росте.

Відомі різні способи: отримання олії з рослинної олійної сировини [12]. Основним недоліком способу отримання за класичною схемою [13] форпресування – екстракція, що включає очищення, подрібнення, плющення, вологотеплову обробку, пресування подрібнення макухи, кондиціонування, екстракцію олії 4 год є застосування води на стадіях вологотеплової обробки та кондиціонування, що не дозволяє максимально вилучити олію, при цьому олійність макухи становить 20 – 25 %, а олійність шроту 1,5 – 2,0 %.

Розроблено спосіб [18], що включає подрібнення сировини, зволоження водними розчинами ПАР (0,5 %), жаріння (вологість 2 – 3 %) при температурі 100 – 105 °С. Як ПАР застосовують розчини натрієвої солі олеїнової кислоти, неіоногенних речовин типу ОП-7 та ОП-10 та ін.

Цей спосіб також недостатньо ефективний, так як при обробці сировини солями жирних кислот відбувається частковий гідроліз мил і перехід жирних кислот, що виділяються в олію, що призводить до підвищення кислотного числа одержуваної олії.

У дослідженнях [19] використовуються як ПАР мила у складі соапстоків, отриманих при нейтралізації вільних жирних кислот. Однак, такі ПАР, в яких відсутній електроліт, ефективно реагують на межі розділу фаз тверде тіло – рідина і тому впливають на вилучення тільки вільної олії, а пов'язані ліпіди

залишаються без змін.

Найбільш перспективним способом отримання рослинних олій є, на нашу думку, екструзійний спосіб.

Екструдерна технологія [46] використовується в різних галузях. Завдяки своїй високій універсальності і тому, що вона дозволяє контролювати характеристики продуктів, принципи екструдера почали застосовувати при переробці олійних культур. За минуле десятиліття екструдер швидко завоював визнання під час переробки олійних культур.

Екструдер, який використовується на підприємствах з переробки олійних культур, має кілька модифікацій з різними назвами, спеціально створених для цього. Швидке зростання популярності екструдера пояснюється його численними перевагами та низькою вартістю. Це високопродуктивна універсальна установка, якою можна обладнати будь-яке підприємство.

Висновки за розділом

Встановлено, що рафіновані олії зі збалансованим жирнокислотним складом, є основою для створення емульсійних жирових продуктів харчування для різних груп населення. Соняшникова олія є традиційною в харчування населення України. За останні роки розширилися посівні площі, які займає соняшник, збільшилася кількість виробництв з переробки насіння соняшника, тому вдосконалення технології отримання та переробки соняшникової олії зумовлює актуальність дипломної роботи.

Мета і завдання дослідження. Метою цих досліджень є удосконалення технології отримання та рафінації олії за допомогою нових ефективних реагентів.

Основними завданнями дослідження є:

- застосування екструзійної технології переробки насіння соняшнику з метою поліпшення якості одержуваної мезги;
- розробка технологічного процесу глибокого виведення гідратованих та негідратованих фосфоліпідів із соняшникової олії за допомогою нових

ефективних реагентів;

- розробка поєднаної технології рафінації соняшникової олії;
- дослідження механізму процесу окиснення олії;
- розрахунок вартості проведення експериментальних досліджень.

Об'єкт дослідження – технологія виробництва рослинної олії.

Предмет дослідження – рослинна олія отримана та рафінована за допомогою нових ефективних реагентів.

2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристика сировини

У роботі використовували насіння різних сортів соняшнику. Соняшник очищали вручну і використовували ядро. Ядро подрібнювали на кавовому млині, олійність різних партій варіювалась від 55,6 до 62 %, вологість від 3 до 5 %. При отриманні макухи методом м'якого знімання олії використовували м'ятку соняшнику (розмелене ядро), що має характеристики представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика м'ятки соняшнику

Показник	Одиниця вимірювання	Величина показника в партії			
		1	2	3	4
Сухі речовини	% до натури	97.0	96.9	95.0	96.0
Олійність	% до СР	61.4	62.2	55.6	62.0
Токофероли	мг/г	21,92	21,65	21,79	19,72
Масова частка токоферолів у фракції ліпідів	%	3,57	3,54	3,92	3,18

М'ятку соняшника зволожували до 10 – 12 % при тиску 5 кг/см². Отриману макуху зберігали в холодильнику. Характеристики макухи наведено в таблиці 2.2.

2.2 Визначення олійності сировини

Наважку соняшнику масою 1 г поміщають у паперовий патрон. Для видалення вологи папір з наважкою висушують до постійної ваги, а потім поміщають в екстрактор апарату Сокслета, який складається з трьох частин: колби для розчинника, екстрактора і кулькового холодильника, з'єднаних між обома шліфами. Перед визначенням колбу висушують до постійної ваги та зважують. До неї доливають розчинник (хлороформ, трохи більше 2/3 об'єму

колби). Готовий апарат Сокслета ставлять на водяну баню і включають холодильник. Екстракцію ведуть 2,5 – 3 години.

Таблиця 2.2 – Характеристика соняшникової макухи

Показник	Одиниці вимірювання	Величина показника	
		Макуха м'якого знімання	Макуха пресова заводська
Сухі речовини	%	88,0	92,5
Олійність	% до СР	39,0	16,58
Токофероли	мг/г натуре	31,1	37,36
Масова частка токоферолів у фракції ліпідів	%	7,98	24,36

По закінченню екстракції колбу відокремлюють від екстрактора, відганяють розчинник і остаточно висушують в сушильній шафі при температурі 60 – 62 °С.

Олійність сировини розраховується за формулою:

$$X = \frac{A \cdot 100}{H}, \quad (2.1)$$

де A – вага сирого жиру (визначається по різниці ваги колби до і після екстракції), г;

H – вага матеріалу, взятого на екстракцію (1 г).

2.3 Визначення вологості сировини

Насіння соняшнику розмелюють до отримання крупки. Наважку соняшнику масою 1г висушують у сушильній шафі при температурі 60 °С протягом 24 годин. Після сушіння наважку зважують.

Вологість сировини у,% розраховують по формулі:

$$W = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{m_1}, \quad (2.2)$$

де m_1 – маса наважки сировини до сушіння, г;

m_2 – маса наважки сировини після сушіння, м.

2.4 Отримання олії з соняшнику

Метод заснований на виділенні олії з сировини, зволоженої до 10 – 12 %, пресуванням за низького тиску. У лабораторних умовах олію віджимають ручним пресом при тиску близько 5 кг/см².

Олію виділяють з однієї або суміші кількох видів сировини. Кількість води необхідну для отримання заданою вологості розраховують за формулою:

$$m_6 = \frac{m_c \cdot (100 - W_c)}{100 - W_{зад}} - m_c, \quad (2.3)$$

де m_6 – маса води, яку необхідно додати до сировини для досягнення заданої вологості, г;

m_c – маса вихідної сировини, г;

W_c – вологість вихідної сировини, %;

$W_{зад}$ – задана вологість сировини, %.

За використання більше одного виду сировини в розрахунках беруть показники маси і вологості змішаної сировини.

Зволожену сировину витримують в умовах, передбачених експериментом. Після чого проводять віджимання олії. Визначають її вихід та якісні показники.

2.5 Визначення виходу олії

Наважку матеріалу з відомою вологістю зважують на аналітичних вагах, потім поміщають в паперовий фільтр-патрон і віджимають олію ручним пресом. У процесі віджиму олія вбирається в паперовий патрон. Розмір патрона повинен забезпечувати повне поглинання олії, що міститься в наважці матеріалу.

Після віджиму олії матеріал переносять з патрона на металеву підкладку та поміщають у термостат, де висушують при температурі 60 – 62 °С до постійної ваги.

При розрахунку виходу олії вносять поправку, яка враховує перехід в олію дрібнодисперсних частинок білкової природи («білкова поправка B »).

Розрахунок виходу олії у відсотках до маси сухих речовин сировини розраховують по формулі:

$$B = 100 - \frac{m_2 \cdot 10000}{m_1 \cdot (100 - W)} - B, \quad (2.4)$$

де m_1 – маса наважки до віджиму олії, г;

m_2 – маса наважки після віджиму олії та висушування, г;

W – вихідна вологість наважки, %;

B – білкова поправка, %.

Вихід олії у відсотках до олійності розраховують за формулою:

$$B_{олії} = \frac{100 \cdot B}{M}, \% \quad (2.5)$$

де M – олійність сировини, м.

2.6 Визначення вологості олії

У попередньо висушений та зважений бюкс поміщають наважку 1 г олії. Олію висушують при температурі 60 °С протягом 24 годин. Після сушіння наважку зважують.

Вологість олії розраховують по формулі:

$$m_g = m_1 - m_2, \quad (2.6)$$

де m_1 – маса олії до сушіння, г;

m_2 – маса олії після сушіння, г.

Відсотковий вміст води розраховують по формулі:

$$W = \frac{m_g \cdot 100}{m_1}, \quad (2.7)$$

2.7 Визначення кислотного числа олії

Реактиви: діетиловий ефір; етиловий спирт (96 %); 1 % розчин фенолфталеїну; 1,1 н спиртовий розчин КОН.

Посуд хімічний: конічна широкогорла колба на 100 мл.

Техніка виконання.

3 – 5 г олії (зваженої на аналітичних вагах); 50 мл нейтральної суміші (ефір:спирт – 2:1) переливають в наважку олії.

Отриманий розчин перемішують.

У розчин додають кілька крапель індикатора.

Титрують 0,1 н розчином КОН до слабковираженого фарбування. Кислотне число олії (мг КОН/г олії) розраховують за формулою:

$$K.Ч. = \frac{5,611 \cdot a \cdot K}{m}, \quad (2.8)$$

де a – кількість 0,1н КОН, витраченого на титрування, мл;

K – поправка до титру;

m – маса олії, м.

2.8 Визначення перекисного числа

Реактиви і матеріали: хлороформ за ГОСТ 20015-74 свіжоприготовлений; ваги лабораторні; колби місткістю 250 см³; склянки скляні циліндричні для випробуваної проби необхідною місткістю (за масою проби); бюретки виконання місткістю 5 і 10 см³; кислота оцтова крижана; калій йодистий 50 – 55 % розчин, свіжоприготовлений; натрій сірчаноокислий (тіосульфат натрію) 0,01 моль/дм³ (0,01н) або 0,002 моль/дм³ (0,002); крохмаль розчинний 0,5 % розчин; вода дистильована.

Техніка виконання: пробу олії 2 – 5 г відважують в колбу. У колбу наливають 10 см³ хлороформу, 15 см³ оцтової кислоти і 1 см³ розчину КІ. Вміст колби перемішують протягом 1 хвилини і поміщають у темне місце при температурі 15 – 25 °С на 5 хвилин. Додають 75 мл Н₂О, перемішують і наливають 5 крапель розчину крохмалю. Йод, що виділився титрують розчином натрію тіосульфату. Обчислення результатів вимірів.

Перекисне число (X), в мілімолях активного кисню на кг проби обчислюють по формулі:

$$X = \frac{(V_1 - V_0) \cdot c \cdot 1000}{m}, \quad (2.9)$$

де V_0 – об'єм розчину тіосульфату натрію, використаний при контрольному вимірюванні, см³;

V_1 – об'єм розчину тіосульфату натрію, використаний при вимірюванні, см³;

c – концентрація використаного розчину тіосульфату натрію, моль/дм³;

m – маса проби, г;

1000 – коефіцієнт, що враховує перерахунок результатів вимірювання в мілімоль на кг.

2.9 Прискорений метод визначення стійкості олії

Як метод, що дозволяє встановити стійкість жирів до окислення, було використано визначення їх індукційного періоду.

Індукційний період — час (у годинах), необхідний для збільшення перекисного числа до 0,25 % J₂ за нормальної температури 60 °С в умовах окислення.

Хід аналізу. У скляну склянку діаметром 15 мм і висотою 8 – 10 мм беруть наважку 0,2 г. Витримують в термостаті при температурі 60 °С протягом 11 годин. Через кожні 2 години визначають перекисне число олії. За цим методом олія, перекисне число якої через 11 годин нижче 0,25 % J₂ вважається стійкою.

2.10 Визначення карбонильного числа

В основу цієї методики покладено реакцію конденсації 2,4-динітрофенілгідразину з карбонільною сполукою жиру, розчиненого в бензолі з оцтовою кислотою як каталізатором.

Хід аналізу. У циліндр із притертою пробкою береться наважка жиру в розмірі від 0,1 до 0,3 г. У робочі та контрольні проби доливають по 5 мл очищеного ССl₄ і закривають пробками. Туди ж доливають по 1 мл 2,4-динітрофенілгідразину в бензолі і по 1 мл концентрованої оцтової кислоти (окремими піпетками). Обережно перемішують розчин і залишають на 1 годину при кімнатній температурі без доступу світла. Через 1 годину в кожен пробірник доливають до 25 мл 10 % оцтової кислоти, потім інтенсивно перемішують

протягом 10 секунд.

Після відстоювання протягом 10 хвилин проби фільтрують в конічні колби через щільний фільтр. Фільтри спектрофотометрують.

Обчислюють для кожної проби різницю значень оптичної щільності для контрольного і досліджуваного розчину.

Сумарну концентрацію карбонільних сполук (C) у пробі знаходять по калібрувальній кривій, побудованої по розчинах децилового альдегіду відомої концентрації.

Вміст карбонільних сполук розраховують за формулою:

$$X = \frac{C \cdot 5}{P}, \quad (2.10)$$

де C – концентрація карбонільних сполук, мк М/мл;

5 – кількість мл CCl_4 , у якому розчиняється наважка, тобто. розведення наважки в реакційній суміші;

P – наважка, г.

2.11 Методи оцінки дезодорованих та недезодорованих олій

Дезодоровані та недезодоровані олії оцінювали за офіційно прийнятим у світовій практиці методом органолептичної оцінки дезодорованих олій та жирів за 10-бальною шкалою, розробленою «AOCS Flavor Nomenclature and Standards Com» [13]. У таблиці 2.3 дана бальова оцінка органолептичних властивостей дезодорованих олій та жирів [12].

Таблиця 2.3 – Оцінка органолептичних властивостей дезодорованих олій та жирів у балах

Смакова оцінка, бал	Ступінь придатності	Опис інтенсивності смаку та запаху
10	ідеальна	без запаху, смак знеособленого жиру (олії)
9	гарна	ледь помітний присмак горішка, незіпсованого
8	гарна	слабкий присмак, не характерний для цього виду жиру (олії)
7	гарна	слабовиражений присмак вихідного жиру (олії)
6	задовільна	помірно слабкий присмак та запах вихідного жиру (олії), злегка окислений
5	незадовільна, підлягає повторній дезодорації	присмак вихідного жиру (олії), окислений, присмак гіркоти
4	незадовільна, підлягає повторній дезодорації	виражений присмак гіркоти, металевий присмак
3	незадовільна, підлягає повторній дезодорації	прогірклий, рибний присмак, запах полімеризованого жиру (олії)
2	незадовільна, підлягає повторній дезодорації	сильно окислений, олеїстий
1	незадовільна, підлягає повторній дезодорації	зіпсований відразливий

2.12 Визначення в'язкості розчинів

Визначення в'язкості розчинів ефективних добавок у різних фізико-хімічних умовах представляє інтерес для цілей технології, оскільки знання в'язкості розчинів важливе для розуміння фізико-хімічних процесів у розчинах, що дозволяє регулювати технологічний процес.

Візкозиметрія розчинів дає уявлення про конформаційний стан

макромолекул в об'ємі розчину та їх агрегування. У роботі використовували віскозиметр Убеллоде, час закінчення розчинника становив 39 с, при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$. Віскозиметр мав термостатичну сорочку. Температуру в термостаті підтримували з точністю до $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$. Точність визначення в'язкості складала 1 %. При розрахунку молекулярної маси полімеру використовували значення характеристичної в'язкості його розчинів у розчиннику, знайдено екстраполяцією залежності $\eta_{\text{num}}/C \text{ (C)} \rightarrow 0$. Відповідно до рівняння Марка-Хаувінка обчислювали середньозважену молекулярну масу полімеру:

$$\eta = K \cdot M^\alpha,$$

де K і α – константи.

Висновки за розділом

В даному розділі кваліфікаційної роботи приведено характеристику сировини та методики визначення олійності сировини, визначення вологості сировини, розглянуто методику отримання олії з соняшнику. Також приведено методики визначення виходу олії, визначення величини білкового виправлення, визначення вологості олії, визначення кислотного числа олії, визначення перекисного числа

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Дослідження екструзійного способу отримання соняшникової мезги та оцінка якості одержуваної олії

При подрібненні насіння (ядра) соняшнику відбувається руйнування клітинної структури, яке супроводжується розкриттям широко розвиненої поверхні за рахунок того, що частина внутрішньої поверхні насіння або ядер стає зовнішньою. Для грубого подрібнення застосовують дискові або молоткові дробарки, а також однопарні або двопарні вальцові верстати. Для отримання тонкого помелу використовують, як правило, п'ятивальцеві верстати. Хороша якість помелу забезпечується при вологості матеріалу 5,5 – 6 %, тому насіння чи ядра перед подрібненням додатково просушують.

Як показало проведене дослідження, м'ятка і шрот характеризуються загальними колоїдно-фізичними властивостями:

- основна форма зв'язку вологи з м'яткою, що надходить на вологотеплову обробку, фізико-хімічна;
- для шроту теж характерний фізико-хімічний зв'язок з розчинником, а шрот, що виходить з екстрактора, містить більшу частину розчинника, пов'язаного фізико-механічно;
- тепло- і масоперенос в матеріалах відбувається під дією тих самих термодинамічних сил і описується однією і тією ж системою диференціальних рівнянь.

Вологотеплова обробка м'ятки для отримання мезги при існуючому способі полягає в тому, що м'ятку спочатку зволожують водою, а потім піддають нагріванню та підсушуванню.

При вологотепловій обробці, яку здійснюють у спеціальних апаратах – жаровнях, м'ятка піддається інтенсивній обробці парами води, що виділяються з нижніх шарів матеріалу, що обсмажується.

На нашу думку, недоліки такого способу полягають у наступному:

- при подрібненні та вологотепловій обробці олійного матеріалу, які супроводжуються активним контактом поверхонь новоутворених частинок з навколишнім повітрям, відбувається (особливо при високій температурі в жаровнях) накопичення вторинних продуктів окислення, що призводить до зниження якості мезги;

- збільшенню накопичення вторинних продуктів сприяє також використання в апаратах і машинах металів змінної валентності (мідь, залізо), які при високій температурі є каталізаторами процесу окислення і накопичення продуктів розпаду. Ці процеси знаходяться у прямій залежності від інтенсивності дотику продукту з киснем повітря;

- деформації, яким піддається сировина при подрібненні (наприклад, при обробці в дробарках, вальцьових верстатах, жаровнях і т.п.), мають певні геометричні напрямки – площину, лінії, тому число впливів, а отже, і руйнувань, звичайно, обмежує ступінь помелу. Крім того, перед подрібненням вихідної сировини її сушать, щоб легше було руйнувати, а потім знову насичують вологою.

- довга тривалість процесу, розділеного на різні стадії;
- великі питомі витрати теплової та механічної енергії, пов'язані з використанням зовнішнього джерела тепла та складної машинно-апаратної схеми.

Тому основним напрямом нашого дослідження було створення способу одержання мезги у виробництві соняшникової олії, що забезпечує за рахунок зміни умов проведення процесів подрібнення та вологотеплової обробки олійного насіння поліпшити якість мезги, а отже, і одержуваної згодом соняшникової олії.

Поставлене завдання – отримання мезги у виробництві соняшникової олії, що включає первинну підготовку олійного насіння, отримання м'ятки та подальшу її вологотеплову обробку здійснювали одночасно методом екструдювання.

Для цього попередньо досліджувалися зразки соняшникового насіння, характеристика якого у перерахунку на абсолютно суху речовину, наведена

нижче:

Масова частка жиру, % не більше

- насіння 48,0 – 48,2;
- ядра 60,5 – 61,5;

Масова частка сирого протеїну, % не більше

- насіння 18,5 – 18,7;
- ядра 20,3 – 22,0;

Масова частка сиріої клітковини, % не більше

- насіння 13,5 – 14,5;
- ядра 1,67 – 1,82;

Масова частка золи (не розчинної в 10 % соляної кислоти), % не більше

- насіння 3,26 – 3,30;
- ядра 3,35 – 3,38;

Масова частка загального фосфору (P_2O_5)

- насіння 1,60 – 1,65;
- ядра 1,85 – 1,93;

Вихідна вологість насіння соняшнику 7 – 8 %;

Амінокислотний склад ядра (г/100г білка): лейцин – 7,1; лізин – 4,7; аргінін – 9,3; ізолейцин – 5,0; серин – 4,9; тирозин – 2,9; глютамінова кислота – 19,0; аспарагін – 10,0; валін – 4,7; треонін – 4,2.

У процесі екструдювання подрібнення олійного насіння та його вологотеплову обробку здійснювали в замкнутому контурі, що знаходиться під надлишковим тиском самого продукту, що повністю виключало високотемпературний контакт продукту з навколишнім повітрям. Це дозволило знизити ключові негативні показники: кольорове число, кислотне число, перекисне число, вміст альдегідів, окису та двоокису вуглецю, мурашиної та оцтової кислоти та ін. На нашу думку, цьому сприяло те, що під дією вологи, тепла та тиску при екструдюванні відбувається повна деструктуризація продукту зі створенням нової структури, більш пористої і зі збільшеною активною поверхнею, через яку згодом забезпечується максимальне вилучення олії з клітин.

Проведене дослідження отриманої соняшникової мезги показало, що вона мала велику поверхню подрібнення, що дозволило більшій частині олії одразу вивільнитись та покрити утворену подрібнену поверхню часток м'ятки у вигляді тонких плівок.

Фізико-хімічна характеристика м'ятки наведена у таблиці 3.1.

Отримана мезга мала капілярно-пористу структуру, всередині якої різними формами зв'язку утримувалась олія на поверхні та всередині капілярів. Середня питома поверхня мезги становила 3,05 м²/г. Вміст фракцій у мезгі менше 1 мм перевищував 70 %.

Проведений нами аналіз показав, що в процесі екструдювання олійне насіння піддається не тільки повному та об'ємному обтиску, але на нього впливають і різноспрямовані деформації стиснення, зсуву та кручення. На нашу думку, число деформацій, отже, і руйнувань продукту практично нескінченно, оскільки пропорційно числу слабких місць у клітинах, у тому числі складаються оброблювані частки. Тому за рахунок зниження адсорбційного зв'язку олії з пористою структурою збільшується частка вільної олії.

Таблиця 3.1. Фізико-хімічна характеристика мезги соняшника

Найменування показників	Вміст
Кислотне число мг КОН/г	1,8
Перекисне число, %	0,14
Вміст неомілюваних речовин, %	1,0
Вміст восків, %	0,03
Зміст фосфоліпідів, %	1,8
Вміст токоферолів, мг %	78,0

В результаті надалі підвищується ефективність процесу пресування мезги для отримання соняшникової олії при тих же параметрах пресування, що і в існуючих способах, збільшується швидкість процесу виділення олії. Крім того, пропонований спосіб характеризується простотою технологічного процесу,

обумовлений відсутністю необхідності в окремих операціях помелу, отримання м'ятки та її обсмажування.

Пропонований спосіб отримання мезги у виробництві соняшникової олії здійснювали наступним чином. Після первинної обробки олійного насіння (очищення сировини від сміттєвих домішок та небажаних складових, обрушування олійного насіння та відділення оболонки), яку проводили відомим способом отриману сировину, піддавали екструдуванию. Під час екструдувания у міру проходження продукту до виходу в потоці підвищували тиск до 20 – 40 атм при температурі 90 – 110 °С. В результаті впливу на продукт високого тиску і короткочасного впливу високої температури відбувалася швидка його вологотермомеханічна обробка, при цьому потік продукту в будь-якій площині зрізу відповідав псевдогідродинамічному потоку, що знаходиться в умовно-перехідному стані. У результаті кожна частка піддавалася повному і об'ємному обтисканню з одночасним впливом на неї різноспрямованих деформацій зсуву та кручення.

При екструдувании вологотеплова обробка в першу чергу здійснюється за рахунок власної вологи насіння соняшника. При недостатності вологи заповнювали її за рахунок додавання води. За таких баротермічних показників процесу волога зі стану води практично миттєво переходила у стан насиченої пари. У цьому випадку вологотеплова обробка мала оптимальний характер, оскільки відбувалося насичення продукту вологою при обмеженому розчиненні сухих складових частинок. При виході з екструдера в результаті швидкого скидання тиску до атмосферного вода, що міститься в продукті, скипала, розриваючи масу матеріалу і виходячи назовні у вигляді пари, при цьому в об'ємі матеріалу утворювалося безліч пір.

На нашу думку, при взаємодії вологи та олії з м'яткою виникають характерні поверхневі явища адсорбції (і десорбції) на межах розділу фаз тверде тіло–пара. Крім цього виникають явища термодифузії (ефект Сорє), коли градієнт температури викликає появу градієнта концентрації та явища дифузійної теплопровідності (ефект Дюфора), коли градієнт концентрації викликає появу

градієнта температури.

На підставі отриманих результатів дослідження було визначено оптимальні параметри процесу екструдювання насіння соняшнику:

1. Тиск у процесі екструдювання має перебувати в межах 20 – 40 атм, тому що при тиску менше 20 атм має місце недостатність деформаційних впливів на частинки, а підвищення тиску понад 40 атм недоцільно, оскільки пов'язане з додатковими витратами енергії;
2. Екструдювання необхідно проводити при температурі, що дорівнює 90 – 110 °С. Вибрана верхня межа діапазону температур обумовлений органолептичними властивостями готової олії, а зниження температури нижче 90 °С пов'язане зі зниженням капілярної рухливості олії;
3. Отримання мезги необхідно здійснювати за таких параметрів екструдера: діаметр валу – 123 мм, кількість робочих витків – 11, крок нарізки шнека – 40 мм, глибина каналу – 11 мм, частота обертання шнека. – 360 об/хв;
4. Вихідна вологість насіння соняшника має бути 7 – 8 %;
5. Кількість доданої води має перевищувати 3 %;
6. На виході екструдера температура продукту повинна становити 98 °С.

Наведені оптимальні параметри процесу дозволяють досягти інтенсивної диспергації продукту, вираженої в 70 % вмісту в меззі фракцій менше 1 мм.

На підставі проведених досліджень визначили, чим більша вологість мезги, тим більший ступінь її стиснення при тому самому тиску. З підвищенням температури мезги від 80 – 90 °С зростає частка пружних деформацій, а з підвищенням температури від 90 до 110 °С збільшується частка пластичних деформацій.

На рисунку 3.1. показано вплив кількості води, що додається, і температури на вміст у меззі фракцій менше 1 мм. Аналіз графічних залежностей показує, що додавання води менше 2 % при температурі 110 °С вихід фракції менше 1 мм становить 55 %. Додавання води до 3 % за тієї ж температури дає максимальний вихід фракції менше 1 мм, що становить понад 70 %.

При підвищенні температур і невисокій вологості мезга перетворюється на

порошок, а при зниженні – утворюється борошниста структура.

У таблиці 3.2. наведена порівняльна характеристика соняшникової олії отриманої пресовим способом за традиційною технологією та розробленим екструзійним способом.

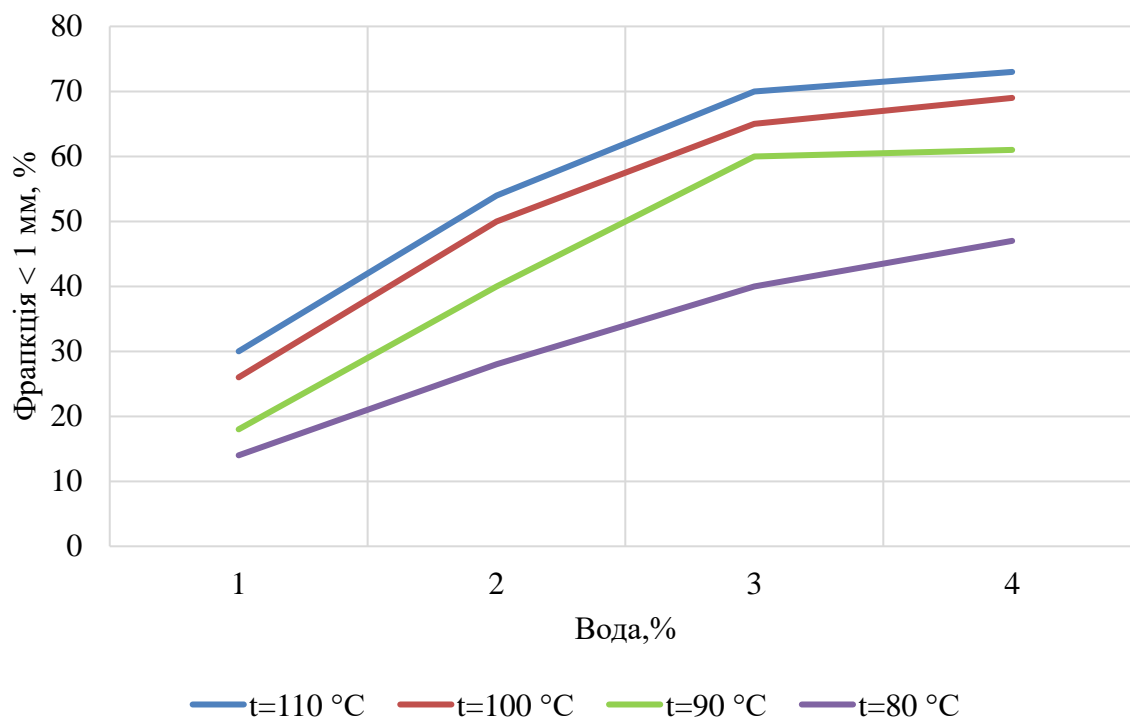


Рисунок 3.1 – Залежність вмісту в меззі фракцій менше 1 мм від температури і кількості доданої води

Таким чином, розроблений нами екструзійний спосіб отримання з насіння соняшнику мезги, дозволив отримати високий ступінь руйнування клітинної структури насіння соняшника, за рахунок зсувних напруг, що виникають. Введення додаткової води (пари) забезпечило формування пористої структури екструдованого насіння, що дозволило підвищити ефективність вилучення олії пресовим способом порівняно з існуючим способом.

Таблиця 3.2 – Порівняльна характеристика соняшникової олії, отриманої пресовим способом за традиційною технологією та застосуванням розробленої екструзійної технології

Показники	Соняшникова олія	
	Пресове за традиційною технологією	Пресове із застосуванням запропонованої технології
Масова частка фосфоліпідів, %	1,2	0,6
Кислотне число, мг КОН	2,3	1,5
Перекисне число, 1/2 0 моль/ кг	15	11
Кольоровість, мг J ₂	26	13
Вміст неомилюваних речовин, %	0,5	0,7
Вміст восків, %	0,16	0,15
Вміст токоферолів, мг %	25,0	75,0
Вміст вологи, %	0,2	0,18
Ступінь прозорості, фем	50	35

Висновки за розділом

Розроблено спосіб отримання мезги у виробництві соняшникової олії, що забезпечує за рахунок зміни умов проведення процесів подрібнення та вологотеплової обробки олійного насіння поліпшення якості мезги, а отже, і одержуваної з нього згодом соняшникової олії, з одночасним підвищенням ефективності виробництва мезги.

Встановлено, що під дією вологи, тепла і тиску при екструзуванні відбувається повна деструктуризація продукту зі створенням структури, більш пористої та зі збільшеною активною поверхнею, через яку згодом забезпечується максимальне вилучення олії з клітин.

Проведений нами аналіз показав, що в процесі екструзування олійне насіння піддається не тільки повному та об'ємному обтиску, але на нього

впливають і різноспрямовані деформації стиснення, зсуву та кручення. Тому число деформацій, отже, і руйнувань продукту практично нескінченно, оскільки пропорційно числу слабких місць у клітинах, з яких складаються оброблювані частки. Внаслідок цього за рахунок зниження адсорбційного зв'язку олії з пористою структурою збільшується частка вільної олії.

Визначено оптимальні параметри процесу екструдкування насіння соняшнику. Встановлено, що з підвищенням температури мезги від 80 – 90 °С зростає частка пружних деформацій, а підвищення температури від 90 до 110 °С зростає частка пластичних деформацій.

Отримана соняшникова олія із застосуванням розробленого екструзійного способу характеризується низькими показниками перекисного числа – 11 1/2 О моль/кг; кольорового числа – 13 мг J₂ та кислотного числа – 1,5 мг КОН, а також високим вмістом токоферолів, що збереглися – 75 мг %.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РАФІНАЦІЇ ТА ОКИСЛЕННЯ СОНЯШКОВОГО ОЛІЇ

4.1 Розробка процесу виведення фосфоліпідів з олії за допомогою полімерів катіонної природи

Як показали проведені дослідження [14, 17, 19] при існуючих технологіях переробки олійного насіння, рослинні олії, що вилучається з них, поряд з гліцеридами містять велику кількість супутніх речовин, деякі з яких необхідно вивести з олії. Повнота виведення цих речовин значною мірою визначає як якість і стабільність кінцевого продукту, а й техніко-економічні показники. Серед супутніх речовин, значне місце, як за кількістю, так і за складністю та різноманіттям властивостей, займають фосфоліпіди.

Основною метою проведених нами досліджень було глибоке виведення гідратованих та негідратованих фосфоліпідів із соняшникової олії при скороченні часу її рафінації. Для цього в лабораторних умовах проводили рафінацію соняшникової олії за допомогою обробки олії насиченим розчином лимонної кислоти. Одночасно із введенням розчину лимонної кислоти додавали розчин полімеру катіонної природи: водний розчин полідіалкілдіаліламмонійхлориду або кополімерів діалкілдіалліамонійхлориду з акриловою (або метиловою) кислотою, водного розчину полічетвертичної солі поліакриламід, з концентрацією розчину від 0,001 до 0,5 %.

Аналіз проведеного дослідження показав, що фосфоліпіди, що гідратуються і негідратуються, виводяться набагато повніше, ніж відомим способом, а вміст фосфоліпідів в олії після її обробки за пропонуваним способом становить 0,05 % (0,0019 мг/л у перерахунку на фосфор) і менше. Утворюється при цьому з негідратованих фосфоліпідами нерозчинний полімерний комплекс, що випадає в осад.

Крім того, доцільно застосування пропонуваного способу при дистиляційному видаленні (фізичної рафінації) вільних жирних кислот з

одночасною дезодорацією. Низький вміст залишкових домішок в олії запобігає утворенню нагару на поверхнях апаратів, забезпечує тривалу стабільну роботу обладнання:

У запропонованому способі можуть бути використані кислоти, застосовувані для видалення фосфоровмісних речовин з олій, проте найкращі результати досягаються при кислотній обробці олії за допомогою лимонної кислоти, тим більше що при цьому осад, що являє собою продукт великої фізіологічної цінності, може бути використаний як сировина харчової промисловості або як добавка до кормів тварин.

Лимонну кислоту застосовували у вигляді насиченого або близького до насичення водного розчину при температурі від 20 до 70 °С. Розчин полімеру також можна вводити при будь-якій температурі в цих межах. Введення полімеру при зниженій температурі і наступним нагріванням обробленої олії не надає негативного впливу на величину міцел фосфоліпідів і сприяє прискореному випаданню опадів (за рахунок зниження загальної в'язкості системи), забезпечуючи високий ступінь очищення олії.

Граничні величини меж використаних концентрацій водних розчинів полімерів визначали за рівнем їхнього впливу на фосфоліпідів, тобто. за глибиною їх виведення залежно від концентрацій. За межами граничних величин цих меж залишковий вміст фосфоліпідів в оброблюваній олії різко зростає і при зменшенні та при збільшенні концентрацій, тому використання розчинів з концентрацією полімерів поза цими межами погіршує умови проходження процесу і не призводить до досягнення поставлених цілей. На нашу думку, втрата ефекту при низьких концентраціях (менш мінімальних рекомендованих величин) відбувається за рахунок недостатності кількості полімеру, а втрата ефекту при підвищених концентраціях (більше максимально рекомендованих) полімеру у водному розчин відбувається за рахунок зниження загальної стабільності системи, що ускладнює виділення осаду. Крім того, великі концентрації полімеру в розчині призводять до збільшення витрати полімеру, що економічно недоцільно. Промивання олії після обробки розчином полімеру не обов'язкове. Технологічний

процес може здійснюватися безперервно чи періодично.

Нижче наведено умови та результати проведених нами експериментів.

Експеримент 1 проведено наступним способом. До соняшникової олії, що містить 0,29 % негідратованих фосфоліпідів і має кислотне число, що дорівнює 1,9 мг КОН, додавали 0,3 % розчину лимонної кислоти з концентрацією 40 % при температурі 25° С. Після перемішування протягом 15 хв олію прогідратували при тій же температурі водним розчином поліелектроліту поліелектроліту (№1), взятим у кількості 1,5 % до маси олії. Час гідратації – 30 хвилин. Після цього часу систему розділяли у полі відцентрових сил.

Залежність ефективності виділення фосфоліпідів з олії від концентрації водного розчину поліелектроліту № 1 наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Експеримент 1. Залежність ефективності виведення фосфоліпідів з олії від концентрації полімеру № 1

Стадія обробки	Концентрація розчину полімеру №1, %	Показники		
		Кислотне число, мг КОН	Вміст фосфоліпідів, %	Ступінь виведення фосфоліпідів, %
Початкова олія	0	1,9	0,29	-
Обробка олії лимонною кислотою	0	1,8	0,27	40
З додаванням розчину поліелектроліту (1 зразок)	0,5	1,8	0,14	60
(2 зразок)	0,2	1,8	0,11	73
(3 зразок)	0,1	1,7	0,06	85
(4 зразок)	0,05	1,7	0,03	95
(5 зразок)	0,01	1,8	0,07	86
(6 зразок)	0,005	1,7	0,10	71
(7 зразок)	0,004	1,8	0,15	58
(8 зразок)	0,003	1,8	0,18	66

Позитивний результат у наведених умовах був отриманий при використанні для гідратації 2 % від ваги полімерного розчину з концентрацією 0,05 %, при якому вміст фосфоліпідів знизився до 0,03 % і ступінь виведення фосфоліпідів склав 95 %.

Оскільки кислотне число олії при її обробці розчинами полімеру практично не змінюється, надалі приклади цієї величини в таблицях не наводиться.

Експеримент 2. До соняшникової олії з вмістом фосфоліпідів 0,22 % додавали 0,25 % 50 % розчину лимонної кислоти при температурі 25 °С. Після перемішування протягом 15 хвилин додавали розчину полімеру (№2) у кількості 2,5 до маси олії. Концентрацію розчину полімеру (№2) змінювали від 0,5 до 0,005 %. Контактуювання здійснювали протягом 15 хв. Далі температуру підвищували до 70 °С. Осад відділяли центрифугуванням. Результати наведено у таблиці 4.2, звідки видно, що найкращі дані отримані при використанні 0,05 % поліелектроліту, де рівень виведення фосфоліпідів становить 87 %.

Таблиця 4.2 – Експеримент 2. Залежність ефективності виведення фосфоліпідів з олії від концентрації полімеру № 2

Стадія обробки	Концентрація розчину полімеру №2, %	Показники	
		Вміст фосфоліпідів, %	Ступінь виведення фосфоліпідів, %
Початкова олія	0	0,22	-
Обробка олії лимонною кислотою	0	0,20	40
З додаванням розчину полімеру (1 зразок)	0,5	0,21	65
(2 зразок)	0,3	0,17	67
(3 зразок)	0,2	0,11	69
(4 зразок)	0,1	0,07	80
(5 зразок)	0,05	0,03	87
(6 зразок)	0,01	0,11	68
(7 зразок)	0,005	0,17	70

Експеримент 3. Досліджували дію водних розчинів поліакриламідру різної концентрації на ефективність видалення фосфоліпідів з олії.

До соняшникової олії з вмістом фосфоліпідів 0,35 % додавали насичений розчин лимонної кислоти, при цьому температура олії становила 22 °С.

Залежність ефективності виведення фосфоліпідів від концентрації розчину поліакриламідру (полімер № 3) наведено у таблиці 4.3.

Як видно з таблиці, найвищий ступінь (84 – 91 %) виведення фосфоліпідів досягається при використанні розчину поліакриламідру з концентрацією 0,1 – 0,125 %.

Експеримент 4 ілюструє вплив часу контактування олії з розчином полімеру при перемішуванні.

Соняшникова олія з вмістом фосфоліпідів 0,22 % обробили 40 % розчином лимонної кислоти, взятої в кількості 0,2% до маси олії при температурі 25 °С протягом 10 хвилин. Потім олію гідратували 2,5 % водним розчином полідіалкілдіапіламоній хлориду концентрацією 0,005 % при перемішуванні протягом 15 – 35 хв, після чого систему нагрівали до 80 °С і розділяли фази центрифугуванням. Результати зведені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.3 – Експеримент 3. Залежність ефективності виведення фосфоліпідів з олії від концентрації полімеру № 3

Стадія обробки	Концентрація розчину полімеру №3 %	Показники	
		Вміст фосфоліпідів, %	Ступінь виведення фосфоліпідів, %
Початкова олія	0	0,35	-
Кислотна обробка олії	0	0,25	40
З додаванням розчину полімеру (1 зразок)	0,25	0,1	75
(2 зразок)	0,125	0,03	91
(3 зразок)	0,1	0,07	84
(4 зразок)	0,05	0,1	75

Таблиця 4.4 – Експеримент 4. Вплив часу контактування соняшникової олії з полімером на ступінь виведення фосфоліпідів

Час перемішування з розчином полімеру, (хв.)	5	0	5	0	5
Вміст фосфоліпідів, %	0,	0,	0,	0,1	0,1

Дані таблиці 4.4. показують, що ефект флокуляції фосфатидного осаду проявляється вже у перші 15 – 20 хвилин контактування. Подальше перемішування навіть призводить до зниження ефекту, що, на нашу думку, пояснюється частковим механічним руйнуванням флокул і міцел.

Результати дослідження свідчать, що розроблений спосіб гідратації фосфоліпідів олії є найбільш ефективним у порівнянні з існуючою технологією.

Як показали дослідження, полімери катіонної природи видаляють з соняшникової олії не тільки фосфоліпідів, що гідратуються, але і негідратовані, чого не вдається досягти традиційним способом гідратації. При цьому глибина розробленого способу видалення фосфоліпідів досягає 90 – 95 % при порівняно низьких температурах 25 – 35 °С з використанням невеликих кількостей реагенту від 0,005 % до 0,125% від маси олії (при традиційному способі гідратації температура процесу становить 70 – 80 °С). Крім того, процес реалізується за мінімальний час, наприклад, за періодичного методу за 15 – 20 хвилин (а за існуючої технології за 30 – 40 хв).

Олія характеризується високими нативними властивостями внаслідок застосування низьких температур (25 °С).

Також поділ системи «гідратована олія-воднофосфоліпідний осад» проводиться при нижчих температурах 25 – 35 °С при вмісті олії в осаді 1 – 3 %. Це досягається за рахунок того, що використані нами реагенти є знижувачами в'язкості системи, що сприяє більш повному поділу фаз.

Таким чином, запропонована технологія гідратації фосфоліпідів соняшникової олії, за якісними та техніко-економічними показниками є найбільш ефективною в порівнянні з існуючою технологією.

4.2 Дослідження впливу розроблених композиційних реагентів на ступінь виведення супутніх речовин із олії

Для реалізації поставлених цілей нами розроблено і досліджено декілька композиційних реагентів. Перший композиційний реагент складався з нітрлотриметиленфосфонової; кислоти $N[CH_2P(O)(OH)_2]_3$, оксіетиленцелюлози $C_6H_7O_2(OH)_3[(OCH_2CH_2)OH]$ і фосфорної кислоти у співвідношенні 50 %, 45 %, 5 %.

Дослідження проводились у лабораторних умовах із 5 модельними зразками соняшникової олії, фізико-хімічні показники яких наведені у таблиці 4.5.

Середні результати досліджень щодо запропонованої нами поєднаної технології рафінації соняшникової олії за допомогою композиційного реагенту (таблиця 4.6.) показують, що ступінь виведення фосфоліпідів, що гідратуються і негідратуються, в середньому становить 90 %.

Отримані результати досліджень показують, що значне зниження вмісту фосфоліпідів в оліях відбувається за рахунок руйнування комплексних сполук фосфоліпідів з металами та виведення їх з олії у вигляді осаду. При цьому негідратовані форми фосфоліпідів переходять у стан, що гідратується, за рахунок розблокування полярних груп.

Крім того, встановлено, що мінеральний склад фосфоліпідів, що гідратуються і дегідратуються, якісно ідентичний, але негідратовані фосфоліпіди характеризуються значно більшим (майже вдвічі) вмістом золи, що свідчить про наявність в них сполук, що володіють кислими властивостями і активно вступають у взаємодію. А застосування у складі композиційного реагенту фосфорної кислоти дозволило зруйнувати зв'язки восків з фосфоліпідами олій, що обумовлено наявністю складно ефірної групи в середині ланцюга молекули воскових ефірів. Крім того, під її впливом відбувається дезактивація металів, присутніх в оліях, тим самим підвищується стійкість олії до окислення.

Таблиця 4.5 – Фізико-хімічні показники досліджуваних зразків соняшникової олії

Показники	Зразки олії				
	1	2	3	4	5
Вміст фосфоліпідів, %	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
Кислотне число, мг КОН	1,5	1,4	1,5	1,5	1,4
Кольоровість, мг J2	14	13	14	13	13
Вміст воскоподібних речовин, %	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15
Вміст золи, %	0,11	0,11	0,12	0,13	0,14
Вологість, %	0,18	0,17	0,18	0,18	0,17
Перекисне число, 1/2 О моль/ кг	11	12	11	11	0
Ступінь прозорості, фем	35	36	35	35	4

Таблиця 4.6 – Середні фізико-хімічні показники соняшникової олії рафінованої з пропонованим композиційним реагентом

Показники	Соняшникова олія	
	Вихідний зразок	Рафінований за пропонованою технологією
Вміст фосфоліпідів, %	0,6	0,15
Кислотне число, мг КОН	1,5	0,29
Кольоровість, мг J2	13	6
Вміст воскоподібних речовин, %	0,15	0,001
Вміст золи, %	0,12	0,05
Вологість, %	0,18	0,11
Залишковий вміст металів, мг/кг:		
Залізо	1,815	0,20
Нікель	0,004	0,013
Мідь	0,115	0,011
Органолептична оцінка олії, (бал)	6	8
Перекисне число,		
1/2 О моль/ кг	11	7
Ступінь прозорості, фем	35	11

Застосований композиційний реагент має щільність вище олійної фази і має розвинену поверхню з високими адсорбційними властивостями, що сприяло інтенсифікації процесу виведення воскоподібних речовин і відокремленню їх від олійної фази.

Крім того, розроблений композиційний реагент сприяє зниженню міжфазного натягу, а оскільки гідратація фосфоліпідів відноситься до гетерогенних процесів з міжфазним масообміном, це призвело до підвищення ефективності протікання процесу гідратації.

Фосфоліпіди, будучи поверхнево-активними речовинами, під впливом композиційного реагенту утримують в олії в диспергованому стані вуглеводи і білки, які при рафінації з пропонованим реагентом разом з фосфоліпідами випадають в осад.

Другий композиційний реагент складається з природного бокситно-алюмосилікатного адсорбенту та карбомідно-формальдегідної смоли, що містить реакційноздатні аміно- та гідроксильні групи.

На нашу думку, виведення супутніх речовин з олії обумовлюється сорбцією їх на поверхні цього композиційного реагенту, що досягає 85 – 90 %. При цьому зберігається значна кількість природних антиоксидантів – токоферолу, ізофлавоноїдів.

На основі проведених досліджень розроблено багатофункціональний композиційний реагент, що дозволяє підвищити ступінь їх взаємодії з супутніми речовинами соняшникової олії.

Багатофункціональний композиційний реагент складається з карбомідно-формальдегідної смоли, природного бокситно-алюмосилікатного адсорбенту, нітрлотриметилефосфонові кислоти та оксиетилефосфоліпідів у співвідношенні, (%) 30:30:30:10. Усе використані у реагенті речовини не токсичні.

Карбомідно-формальдегідна смола – це синтетичний терморективний олігомерний продукт поліконденсації сечовини з формальдегідом, який утворюється в результаті поліконденсації первинних продуктів приєднання сечовини і формальдегіду-метилсечовини $\text{H}_2\text{NCONHCH}_2\text{OH}$ та $\text{CO}(\text{NHCH}_2\text{OH})_2$

та формальдегідом при молярному співвідношенні 1:1,9 – 2,2. Вона містить реакційні нездібні аміно- і ОН-групи. Як структурні елементи містить метилольні та геміформальні групи. До складу її входять вільна сечовина, метиленгліколь, олігомерні поліоксиметиленгліколи. Отримують його; вигляді водних 40 – 70 % розчинів та порошоків білого кольору. З метою посилення реакційної здатності реагенту до нього додавали; як адсорбент пігментів соняшникової олії, поліметиленсечовину, отриману при взаємодії сечовини та формальдегіду у молярному співвідношенні 4:1.

Природний бокситно-алюмосилікатний адсорбент, що отримується обпалюванням залізооксидних природних глинистих руд, бокситів або гідрогематитів містить 20 – 35 %; по масі Fe_2O_3 , 30 – 40 % - Al_2O_3 , 25 – 35 % - SiO_2 рН водної витяжки 7 – 8, олієємність 10 – 15 г/100г. Він стійкий до дії розчинів лугів; слабких кислот та органічних розчинників.

Нітрилотриметиленфосфонова кислота ($\text{N}[\text{CH}_2\text{P}(\text{O})(\text{OH})_2]_3$) з молекулярною масою 299, кристалічної форми, розчинна у воді, етанолі, оцтовій кислоті, знижує жорсткість води та інгібує корозію обладнання, не токсична, має властивості відбілювача і комплексоутворювача по відношенню до супутніх до жирів речовин; зокрема; до пігментів, фосфоліпідів, воскам.

Оксіетиленцелюлози $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2 (\text{OH})_3[(\text{OCH}_2-\text{CH}_2)\text{OH}]$ – тверда аморфна речовина білого кольору, насипна маса 0,550 – 0,750 г/см³ добре розчинна у воді, має властивості адсорбувати фарбувальні речовини рослинної олії.

Застосування багатфункціонального композиційного реагенту виключає технологічний процес гідратації фосфоліпідів внаслідок того, що цей реагент одночасно виводить з соняшникової олії гідратовані та негідратовані фосфоліпідиди. Разом з тим слід зазначити, що дана технологія рафінації забезпечує збереження в складі рафінованої соняшникової олії токоферолів на 70 % (табл.4.7.).

Проведено лабораторні випробування розробленого багатфункціонального композиційного реагенту при рафінації суміші п'яти видів рослинних олій: соняшникової, соєвої, лляної, рапсової та кукурудзяної в рівному співвідношенні

1:1:1:1:1 при температурі 20 – 50 °С. Середні показники вихідних зразків сумішей рослинних олій склали: фосфоліпіди – 1,5 %, кислотне число – 2,5 мг КОН, кольоровість – 30 мг J₂, воски – 0,15 %, речовини, що дезодорують – 0,015 %.

В результаті застосування композиційного реагенту в поєднаному технологічному процесі рафінації суміші п'яти видів рослинних олій досягається видалення фосфоліпідів до 90 – 95 %, вільних жирних кислот до 85 – 95 %, пігментів до 90 %, восків до 80 – 90 %, речовин, що дезодорують до 85 – 95 %.

Таблиця 4.7 – Якісні показники соняшникової олії рафінованої за діючою та пропонованою технологіями

Показники	Соняшникова олія за технологією	
	за чинною	за пропонованою
Вміст фосфоліпідів, %	0,25	0,08
Кислотне число, мг КОН	0,30	0,29
Кольоровість, мг J ₂	16	6
Вміст воскоподібних речовин, %	0,007	0,001
Залишковий вміст токоферолів, мг %	25,0	70,0
Залишковий вміст металів мг/кг:		
Залізо	0,95	0,210
Нікель	0,027	0,020
Мідь	0,08	0,013
Органолептична оцінка дезодорованої олії, бал	7	8

Таким чином, результати експериментів підтвердили, що багатофункціональний композиційний реагент має найбільш розвинену поверхню та адсорбційні властивості, що дозволяють сорбувати супутні речовини. Реагент підвищує ефективність перебігу процесів адсорбції та хемосорбції; фосфоліпідів, вільних жирних кислот, воскоподібних речовин, пігментів та металів. Процес адсорбції цих речовин є гетерофазним процесом, ефективність перебігу якого залежить від адсорбційних властивостей реагенту.

У ході досліджень встановлено, що використання в процесі рафінації

композиційного реагенту призводить до збільшення ступеня диспергування системи, що сприяє зниженню її в'язкості, збільшення обсягу виведення супутніх речовин з олій, тим самим забезпечуючи суміщений технологічний процес рафінації суміші рослинних олій. На підставі проведених досліджень нами розроблено спосіб рафінації рослинних олій.

Розроблено та досліджено ще один композиційний реагент рафінації рослинних олій, що дозволяє видалення супутніх речовин здійснювати у поєднаному технологічному процесі. Композиційний реагент складений виходячи з основних фізико-хімічних характеристик трьох речовин: алкілсульфату натрію, метасилікату натрію та карбоксиметилцелюлози.

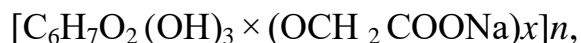
Аніоноактивна поверхнево-активна речовина (ПАР) – алкіл сульфати – це натрієві солі сульфоефірів жирних спиртів. Загальна хімічна формула алкіл сульфатів натрію має наступний вид $R-OSO_3Na$, молекулярна маса якого з вуглеводневим ланцюгом $C_{10}-C_{18}$ становить 260 – 372. Одновідсотковий розчин алкілсульфатів натрію має рН 7 – 8. Алкілсульфати натрію за рахунок наявності в молекулі гідрофільної та гідрофобної частин здатні концентруватися на поверхні розділу нерозчинних одна в одній речовин, утворюючи міжфазну плівку. Гідрофільна група забезпечує розчинність алкілсульфату натрію у воді, а гідрофобна – у неполярних розчинниках.

Гідрофільна група має електричний дипольний момент, подібний до води і зумовлює гідрофільний характер всієї молекули. Гідрофобна група позбавлена помітного дипольного моменту, подібна до неполярних органічних середовищ і тому обумовлює гідрофобний характер всієї молекули алкілсульфату натрію. Тому його основні фізико-хімічні, отже, і технологічні властивості залежать від хімічної будови та співвідношення гідрофільних та гідрофобних груп.

З урахуванням того, що при гідратації фосфоліпідів та нейтралізації вільних жирних кислот утворюються емульсії прямого та зворотного типу, то застосування алкілсульфатів натрію з гідрофільно-ліпофільним балансом від 5 – 8 дозволяє виводити гідратовані та негідратовані фосфоліпідиди. Крім того, вони легко вступають у взаємодію з вільними жирними кислотами, мають високі

поверхнево-активні властивості і знижують поверхневий натяг на межі розділу фаз.

Натрієва сіль карбоксилметилцелюлози (NaКМЦ) є сольовою формою ефіру гліколевої кислоти та целюлози. Загальна формула має вигляд:



де x – ступінь заміщення (гідрофільність);

n – ступінь полімеризації (молекулярна вага).

Це біла волокниста речовина. Властивості її розчину більшою мірою залежать від концентрації електроліту та рН середовища NaКМЦ, добре поєднується з різними водорозчинними продуктами – казеїном, крохмалем, гліцерином. Карбоксилметилцелюлоза (NaКМЦ) має значну стійкість до дії мікроорганізмів і фізіологічно інертна. Карбоксилметилцелюлоза (NaКМЦ) має високі гідрофільні та адсорбційні властивості, у зв'язку з цим її було застосовано у складі універсального композиційного реагенту для видалення пігментів рослинних олій та фосфоліпідів, а також в результаті процесу хемосорбції карбоксилметилцелюлоза (NaКМЦ) адсорбує метали рослинних олій (Na, K, Fe).

Метасилікат натрію ($Na_2SiO_2 \cdot 5H_2O$) існує у двох кристалічних формах: п'ятиводної з температурою плавлення 78,2 °С, дев'ятиводної з температурою плавлення 48 °С. Перший містить 42,5 % води, а другий – 57,3 %. Залежність рН розчинів метасилікату натрію від концентрації характеризується наступним чином: концентрації від 0,12 до 0,44 відповідають рН від 12 до 12,9. Ця обставина дає можливість зв'язувати метали рослинної олії, які в інших умовах перешкоджають взаємодії вільних жирних кислот і реагенту та таким чином інтенсифікують процес нейтралізації. Крім того, метасилікат натрію є добрим інгібітором корозії металів обладнання. Метасилікат натрію каталізує процес взаємодії вільних жирних кислот і алкілсульфатів Na, фосфоліпідів, пігментів і металів з NaКМЦ. Крім того, він за своїми фізико-хімічними властивостями вступає у взаємодію з вільними жирними кислотами, пігментами, металами та

виводить їх.

Випробування нового універсального композиційного реагенту, що складається з водного розчину алкілсульфату натрію, метасилікату натрію та карбоксилметилцелюлози у співвідношенні 1:1:1 з концентрацією 30 % при рН 9 – 10 показали ефективну дію цього реагенту в кількості 1 % від маси олії на видалення жирних кислот, фосфоліпідів металів та пігментів із соняшникової олії. Зразки соняшникової олії рафінувалися з композиційним реагентом і традиційним методом, що включає гідратацію фосфоліпідів, нейтралізацію вільних жирних кислот, адсорбційну рафінацію та дезодорацію. Для порівняння результатів випробування вихідних зразків соняшникової олії за традиційним та пропонуваним методам у таблиці 4.8. наведено середні дані фізико-хімічних характеристик об'єктів досліджень.

Таблиця 4.8 – Фізико-хімічні характеристики об'єктів досліджень

Показники	Вихідний зразок олії	Традиційний спосіб рафінації	Пропонований спосіб рафінації
Кислотне число, мг КОН	1,5	0,3	0,29
Вміст фосфоліпідів, %	0,6	0,25	0,10
Вміст токоферолів, мг %	75,0	20,0	60,0
Кольоровість, мг I ₂	13	14	6
Вміст металів, мг:			
мідь	0,115	0,07	0,01
нікель	0,04	0,022	0,013
залізо	1,815	0,82	0,20
Перекисне число, 1/2 O моль/кг	11	10	8
Вміст воскоподібних речовин, %	0,15	0,007	0,001
Вміст вологи, %	0,18	0,12	0,10
Ступінь прозорості, фем	35	30	10

Слід зазначити, що із загальної кількості фосфоліпідів у представлених зразках кількість гідратованих та негідратованих фосфоліпідів становила – 0,70 та

0,80 %. В результаті передбачуваного способу гідратованих та негідратованих фосфоліпідів у соняшниковій олії містилося відповідно – 0,04 та 0,06 %.

Пропонований спосіб переробки у значній кількості зберіг природні антиоксиданти в олії. Таким чином, розроблено суміщений технологічний процес рафінації рослинних олій.

4.3 Дослідження швидкості окислення соняшnikової олії, рафінованої існуючим та пропонованим методом

Проводилося дослідження швидкості реакції окислення соняшnikової олії рафінованої за існуючою та розробленою технологією з композиційним реагентом за кількістю поглиненого кисню за одиницю часу. Для цього газометричним способом вимірювали кількість кисню поглиненого олією в процесі окислення;

На рисунку 4.1. наведено лабораторну установку для вимірювання поглинання кисню. У термостаті, що забезпечує термостатування вимірювальної бюретки (6), підтримували температуру 25 °С. Середню пробу зразка соняшnikової олії відбирали вимірювальною піпеткою місткістю 10 мл і переносили реакційну ємність (1). Реакційну суміш продували киснем протягом 0,5 – 1 хв через капіляр, що вставляється в посудину. Термостатовану бюретку (6) заповнювали киснем. Для цього кран (3) відкривали на атмосферу при закритому крані (5) і вирівнювальну посудину піднімали так, щоб рівень рідини в бюретці (6) зайняв верхнє положення. Після цього кран (3) закривали і за допомогою крана (5) заповнювали бюретку киснем, одночасно опускаючи посудину (8) до збігу рівня рідини в капілярі (7) судини (8) з нижнім розподілом бюретки. Реакційну посудину (1) і бюретку (6) за допомогою триходового крана (4) з'єднували між собою та з атмосферою через кран (5).

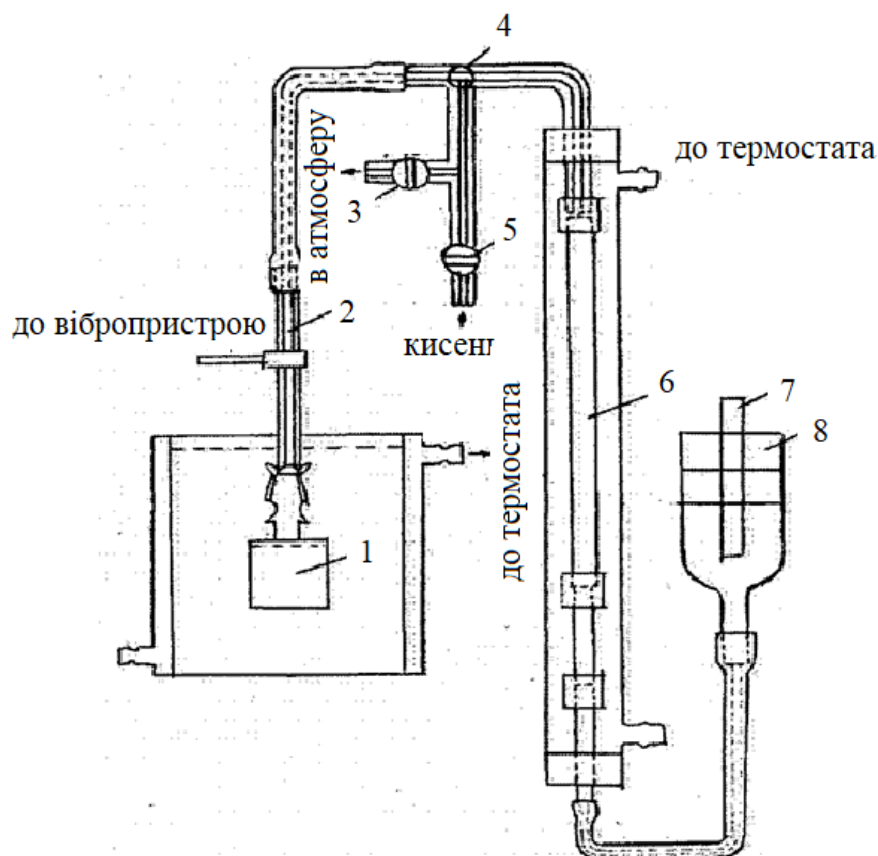


Рисунок 4.1. – Лабораторна установка для вимірювання поглинання кисню:

1 – реакційна ємність; 2 – скляний капіляр; 3,5 – одноходові крани;
 4 – трьохходовий кран; 6 – вимірювальна бюретка; 7 – скляний капіляр для вирівнювання рівнів рідини в бюретці та зрівняльній посудині; 8 – зрівняльна судина.

Реакційну посудину і частину скляного капіляра довжиною 2 см занурювали в термостат і струшували з частотою близько 5 циклів за секунду, щоб шляхом перемішування забезпечити насичення реакційної суміші киснем. Одночасно включали секундомір. Після 2 хв прогріву реакційної ємності бюретку і реакційну судину від'єднували від атмосфери триходовим краном, залишаючи їх з'єднаними між собою, і вимірювали поглинання кисню олією шляхом періодичного вирівнювання рівнів рідини в бюретці та капілярі судини.

Вимірюючи час у хвилинах і обсяг поглиненого кисню в мл будували залежність кількості поглиненого кисню від часу (ΔO від t). Швидкість окислення соняшникової олії в будь-який момент часу t визначали як тангенс кута нахилу

дотичної до кривої в точці, що відповідає моменту часу t . Якщо швидкість постійна, залежність кількості поглиненого кисню від часу являє собою пряму, а швидкість реакції дорівнює тангенсу кута нахилу цієї прямої. Швидкість реакції, що розраховується таким чином, записували в одиницях $\text{мм}^3/\text{хв}$ або моль/л, користуючись перекладним коефіцієнтом

$$1 \text{ мм}^3/\text{хв} = \frac{6,81 \cdot 10^{-7}}{V_0} \text{ моль/л}, \quad (4.1)$$

де V_0 – обсяг реакційної суміші (мл).

На рисунку 4.2. представлені кінетичні залежності поглинання кисню в реакції окислення рафінованої за існуючою технологією та рафінованої за пропонованою технологією соняшникової олії.

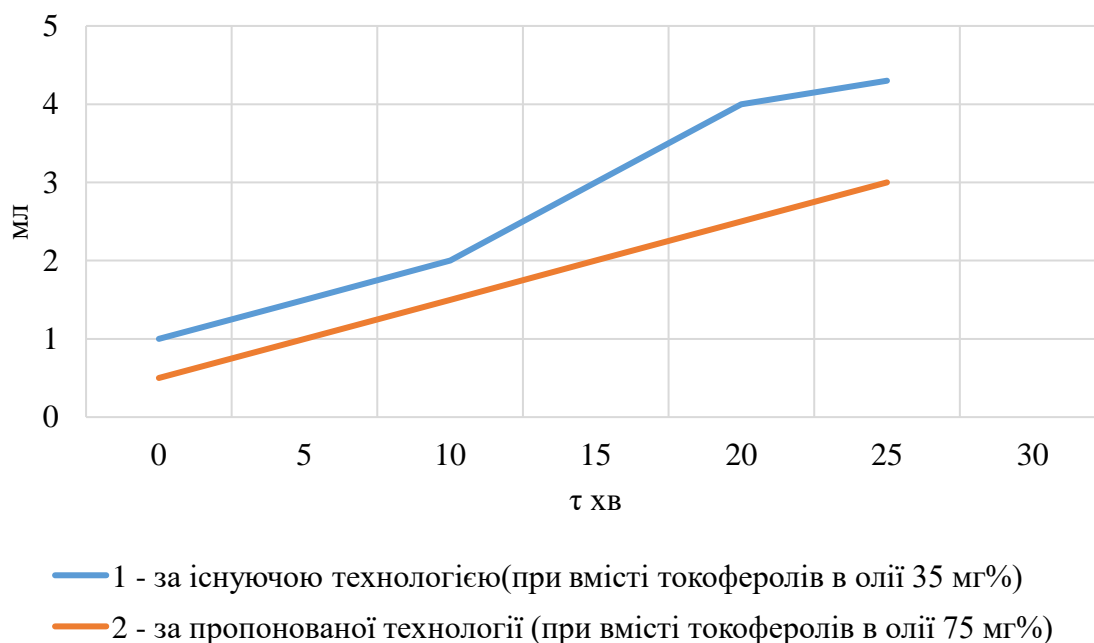


Рисунок 4.2 – Порівняльні кінетичні криві поглинання кисню соняшниковою олією, рафінованою існуючим та пропонованим методами

Аналіз графічних залежностей (рис. 4.2.) показує, що швидкість окислення соняшникової олії, рафінованої за існуючою технологією вище (швидкість реакції

становить $3,0 \text{ мм}^3/\text{хв}$), ніж за розробленою технологією (швидкість реакції становить $1,0 \text{ мм}^3/\text{хв}$). Наприклад, для кривої (1), за 5 хвилин поглинання кисню олією становить 1,5 мл, за 10 хв – 3,5 мл, за 15 хв – 4,8 мл. Для кривої (2) становить відповідно: 0,5 мл; 1,0 мл; 1,5мл.

Таким чином, проведені дослідження показують, що швидкість окислення рафінованої олії за різними технологіями неоднакова, що підтверджується дослідженням фізико-хімічним складом соняшникової олії, отриманої за різними технологіями. Особливий вплив надає залишковий вміст токоферолів, максимально збережених в рафінованих оліях за розробленою технологією. Тому було проведено дослідження впливу кількості токоферолу на ступінь окиснення олії.

Висновки за розділом

Розроблено спосіб прискореного виведення фосфоліпідів з соняшникової олії за допомогою обробки її водним розчином лимонної кислоти та полімеру катіонної природи, при цьому технологічний процес може здійснюватися безперервно та періодично.

Визначено граничні межі для використання концентрації полімерів, за межами яких залишковий вміст фосфоліпідів в обробленій олії різко зростає і при зменшенні і при збільшенні концентрації.

Як показали дослідження, полімери катіонної природи видаляють з олії не тільки гідратовані, але і негідратовані фосфоліпіди, чого не вдається досягти традиційним способом гідратації. При цьому глибина розробленого способу видалення фосфоліпідів досягає 90 – 95 % при порівняно низьких температурах $25 - 35 \text{ }^\circ\text{C}$ використанням невеликих кількостей реагенту від 0,005 % до 0,125 % від маси масла (при традиційному способі гідратації температура процесу становить $70 - 80 \text{ }^\circ\text{C}$). Крім того, процес реалізується за мінімальний час, наприклад, за періодичного методу за 15 – 20 хвилин (а за існуючої технології за 30 – 40 хв). Олія характеризується високими нативними властивостями внаслідок

застосування низьких температур (25 °C).

Також поділ системи «гідратована олія – воднофосфоліпідний осад» проводиться за більш низьких температур (25 – 35 °C) при вмісті олії в осаді 1 – 3 %. Це досягається за рахунок того, що використані нами реагенти є понижувачами в'язкості системи, що сприяє повному поділу фаз.

Досліджено процес окислення соняшникової олії, рафінованої за пропонованою суміщеною технологією, та визначено кінетичні закономірності цього процесу.

Для збільшення стійкості соняшникової олії до окислення важливо зменшувати кількість ініціаторів і каталізаторів, що містяться в ній (перекиси, метали змінної валентності та ін.). У цьому початкова швидкість окислення за кількістю поглиненого кисню може бути кількісним критерієм цієї стійкості. За цим критерієм можна відносно швидко оцінити вплив різних факторів технологічної переробки на окисну стабільність олії.

Протягом тривалого часу швидкість окислення при вільному доступі кисню залишається постійною, тому можна розрахувати час, коли глибина окислювальних процесів за цих умов досягне величини, при якій олія буде непридатною для харчових цілей.

Таким чином, проведене дослідження показало, що максимально збережені токоферолі в соняшниковій олії, рафінованій за розробленою технологією, знижують ступінь окислюваності олії і, тим самим, забезпечують стабільність її при зберіганні.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Розробка карти безпеки праці

Проаналізувавши стан охорони праці на ПрАТ з П «Дніпропетровський олійноекстракційний завод» було з'ясовано, що співробітники служби охорони праці та працівники виробничих цехів, були зацікавлені у створенні та впровадженні індивідуальних карток охорони праці, відповідно для працівників дільниці лінії екстракції соняшникової олії була розроблена картка охорони праці (рис. 5.1).


<p>1. Загальна інформація</p> <p>Посада: оператор відділення екстрагування соняшникової олії Тривалість робочого часу: 2 зміни. 7:00-18:30, 19:00-06:30 Проходження медогляду: 1 раз на рік Проходження вторинного інструктажу з ОП – 1 раз на 6 міс. Термін дії картки: 08.06.2028 року.</p>	<p>2. Забезпечення одягом та ЗІЗ</p> <p>Головний убір – 1 раз на рік Черевики шкіряні на жаростійкій підшві – 1 раз на 6 міс. Нарукавники бавовняні – 1 раз на 3 міс. Рукавиці трикотажні – до зносу Респіратор– до зносу Навушники протишумові– до зносу Захисні окуляри– до зносу</p>
<p>3. Вимоги перед початком роботи</p> <p>Робітник повинен оглянути і надіти спецодяг. Робітник повинен підготувати робочу зону для безпечної роботи Про виявлені при огляді порушення і недоліки доповісти безпосередньому керівнику і до їх усунення до роботи не приступати.</p>	<p>4. Вимоги під час роботи</p> <p>Робітник зобов'язаний виконувати тільки ту роботу, по якій пройшов навчання і до якої допущений. Забороняється доручати свою роботу ненавченим і стороннім особам. Робітник повинен застосовувати необхідні для безпечної роботи справне устаткування, інструмент, пристосування.</p>
<p>5. Вимоги охорони праці при закінченні роботи</p> <p>Після закінчення роботи привести в порядок робоче місце, інструменти, пристосування прибрати у відведене місце. Зняти і здати на збереження спецодяг та інші засоби захисту. Виконати правила особистої гігієни. Повідомити керівнику і змінника про всі порушення і зауваження, виявлених в процесі роботи.</p>	<p>6. Вимоги охорони праці в надзвичайних ситуаціях</p> <p>При виникненні ситуацій, які можуть привести до аварій і нещасних випадків, слід негайно:</p> <ul style="list-style-type: none"> - припинити всі роботи; - відключити використовуване обладнання; - доповісти керівнику робіт. <p>При отриманні травми, отруєння або раптового захворювання потерпілому повинна бути надана перша (долікарська) допомога</p>
<p>Контакти служб екстреної допомоги</p>	
<p>Внутрішні службові номери:</p> <p>1. Майстер екстрагуювального відділення 371-12-02</p> <p>2. Служба охорони праці: 371-01-01 – головний інженер 371-01-02 – медичний кабінет</p>	

Рисунок 5.1 – Картка з охорони праці для співробітників цеху екстракції соняшникової олії ПрАТ з П «ДМЕЗ»

5.2 Утилізація відходів виробництва

Приватне акціонерне товариство з іноземними інвестиціями «Дніпропетровський олійноекстракційний завод» має чіткий план поводження з відходами, який враховує всі етапи виробництва і тип відходів, що утворюються.:

- сировина (залишки овочів і насіння, м'якоть, лушпиння, лушпиння і просіюють відходи після екстракції олії);

- відходи, що утворюються в результаті переробки нафти (відфільтровані відходи, мул або стічні води, сіль, віск, фосфат, пігмент тощо);

- відходи, що утворюються в результаті розподілу і фракціонування (у вигляді різних олій і продуктів, що не відповідають вимогам якості або не мають комерційної цінності);

- розчинник відходів (розчин гексану, етанолу або сполуки), після екстракції ці розчинники можуть залишатися відходами, які потребують подальшої обробки або утилізації;

- очищення стічних вод, ця вода використовується на нафтовидобувних підприємствах для очищення, охолодження та інших технологічних процесів. В результаті утворюється дренажі, які можуть містити речовини, які потребують очищення перед зливом.

Щоб знизити негативний вплив на довкілля та відповідати екологічним стандартам, ці відходи потребують належного обігу та переробки, а ПрАТ з П «ДМЕЗ» мінімізує кількість відходів та ще більше скорочує кількість відходів.

Утилізація на місці-один з підходів до поводження з відходами. З цією метою ПрАТ з П «ДМЕЗ» найближчим часом планує використовувати спеціальне обладнання для переробки побічних продуктів, осаду та інших відходів.

В даний час ПрАТ з П «ДМЕЗ» співпрацюють зі спеціалізованими компаніями по поводженню з відходами, в тому числі укладають контракти на збір і переробку відходів для забезпечення екологічно безпечної утилізації.

Поводження з відходами в приватному акціонерному товаристві з іноземними інвестиціями «ДМЕЗ» відповідає регіональним і міжнародним

стандартам і законодавству. Компанія повністю усвідомлює свої вимоги і виконує їх на всіх етапах поводження з відходами.

Ефективне поводження з відходами на олійноекстракційних підприємствах сприяє забезпеченню сталого розвитку, забезпеченню екологічної прийнятності та оптимізації виробничих процесів.

Висновки за розділом

В запропонованому розділі кваліфікаційної роботи було розроблена карта охорони праці для працівників відділу видобутку соняшникової олії методом екстракції.

Встановлено, що приватне акціонерне товариство з іноземними інвестиціями «ДМЕЗ» співпрацює з професійними підприємствами з утилізації відходів, у тому числі укладає угоди про збір та переробку відходів для забезпечення їх екологічно безпечної утилізації.

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Організація проведення досліджень

План проведення дослідження з обґрунтування процесу екстракції рослинних олій наведено в табл.5.1.

Таблиця 6.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , (дні)
1-2	Вибір теми наукового дослідження	2
2-3	Виконання аналітичного огляду літературних джерел з обраної науково теми	15
3-4	Планування етапів та графіку проведення експериментальних досліджень	3
4-5	Визначення методик та нормативної документації, необхідної для виконання досліджень	6
5-6	Дослідження виробництва соняшникової олії екструзійним методом	20
6-7	Розробка технологічного процесу глибокого виведення гідратованих та негідратованих фосфоліпідів із соняшникової олії за допомогою нових ефективних реагентів	5
5-8	Розробка поєднаної технології рафінації соняшникової олії за допомогою розроблених композиційних реагентів та виявлення фізико-хімічного механізму їхнього впливу	5
5-9	Дослідження механізму процесу окиснення олії і визначення кінетичних закономірностей цього процесу	21
7-10	Аналіз отриманих результатів (побудова та опис таблиць, графіків та ін.)	1
8-10		1
9-10		1
10-11	Обробка результатів та формулювання висновків	5
11-12	Складання демонстраційного матеріалу для оприлюднення результатів дослідження	4

Відповідно до плану проведення дослідження було побудовано «сітьовий графік (рис. 6.1) – графічна модель комплексу робіт, у якій точно до деталей визначається логічний взаємозв'язок між ними».

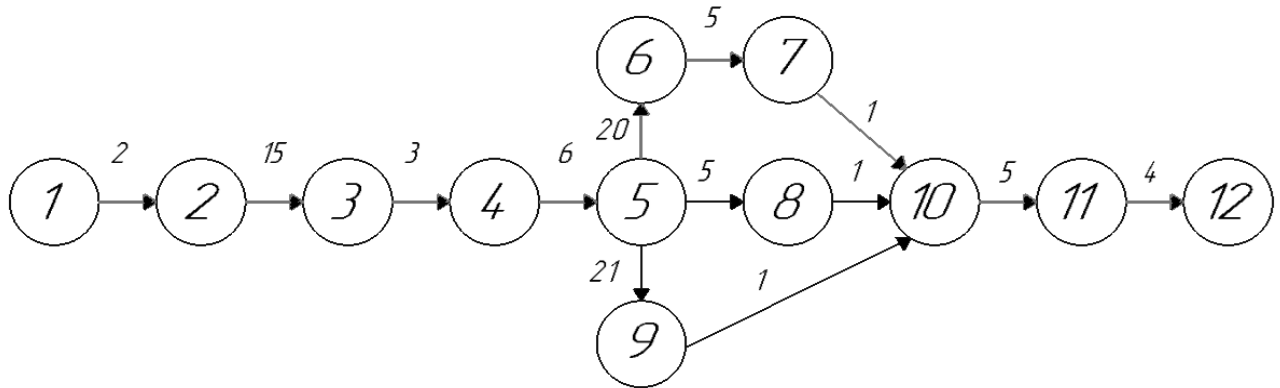


Рисунок 6.1 – Сітьовий графік проведення дослідження

Тривалість виконання (t_{ij}) всього комплексу робіт визначається для планування, оптимізації та управління виконанням процесу:

$$L^1_{1-2-3-4-5-6-7-10-11-12}=2+15+3+6+20+5+1+5+4=61 \text{ день};$$

$$L^2_{1-2-3-4-5-8-10-11-12}=2+15+3+6+5+1+5+4=41 \text{ день};$$

$$L^3_{1-2-3-4-5-9-10-11-12}=2+15+3+6+21+1+5+4=57 \text{ днів.}$$

У даному випадку критичними є перший шлях.

6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Розраховуємо витрати на основні матеріали (6.1):

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (6.1)$$

де m_i – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_i – ціна одиниці i -го матеріалу, грн.

Результати розрахунків зводяться в табл.5.2.

Таблиця 6.2 – Необхідна кількість матеріалів та їх вартість

Найменування матеріалу, одиниці	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Насіння соняшника, кг	10	9,50	95,00
Хімічні реагенти, кг	0,5	100,00	50,00
Всього			145,00

Розрахунки заробітної плати зводяться в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньо-місячний заробіток, грн	Середньо-годинний заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	10000	70,00	15	1050,0
Всього				1050,0

Нарахування на заробітну плату складають:

$$H = \frac{1050 \cdot 22}{100} = 231,00 \text{ грн.}$$

Затрати на витрачену електроенергію визначаються по формулі (6.2):

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (6.2)$$

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

K – коефіцієнт використання потужності, ($K=0,9$);

T – час роботи на обладнанні, год;

a – тариф за електроенергію (за 1 кВт), грн/(кВт/год.).

$$E_{\text{ел.ніч}} = 2,0 \cdot 0,9 \cdot 16 \cdot 2,64 = 76,03 \text{ грн.}$$

$$E_{\text{емутьг}} = 3,0 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 2,64 = 171,1 \text{ грн};$$

$$E_{\text{холод}} = 2,2 \cdot 0,9 \cdot 20 \cdot 2,64 = 104,54 \text{ грн};$$

$$E_{\text{ваг}} = 0,8 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 2,64 = 31,68 \text{ грн};$$

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{ел.ліч}} + E_{\text{емутьг.}} + E_{\text{холод}} + E_{\text{ваг}} = 76,08 + 171,10 + 104,54 + 31,68 = 383,40 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію обладнання, яке використовується в процесі проведення досліджень, розраховуються за допомогою формули (6.3):

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365}, \quad (6.3)$$

де A – амортизаційні відрахування, грн.

Φ – вартість устаткування, грн.;

H – річна норма амортизації, %;

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

365 – кількість днів у році.

$$A_{\text{ел.ліч}} = \frac{2800 \cdot 20 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 1,53 \text{ грн};$$

$$A_{\text{емутьг.}} = \frac{30000 \cdot 20 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 16,44 \text{ грн};$$

$$A_{\text{екстр}} = \frac{18000 \cdot 20 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 9,86 \text{ грн};$$

$$A_{\text{ваг}} = \frac{4000 \cdot 12,5 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 1,37 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведено в табл.6.4.

Таблиця 6.4 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Час роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Електропіч	2800	20	1	1,53
Прес	30000	20	1	16,44
Екструдер	18000	20	1	9,86
Ваги лабораторні	4000	12,5	1	1,37
Всього				29,20

Накладні витрати розраховуємо за виразом:

$$NB = \frac{1050 \cdot 80}{100} = 840,00 \text{ грн.}$$

Результати розрахунку всіх витрат на проведення наукового дипломного дослідження зводимо в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн
Основні матеріали	145,00
Заробітна плата	1050,00
Нарахування на заробітну плату	231,00
Електроенергія	383,40
Амортизація	29,20
Накладні витрати	840,00
Всього	2678,6

Найбільшими витратами є витрати на основні матеріали, які складають 60,8 % від загальної суми витрат. Найменші витрати були пов'язані з амортизацією використаного обладнання, і склали 0,5 % від загальної суми витрат.

6.3 Розрахунок ціни дослідження

Ціна досліджень розраховується з виразу:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (6.4)$$

де $Ц$ – ціна дослідження, грн.;

C – витрати на дослідження, грн.;

P – нормативна рентабельність ($P = 30\%$).

Таким чином:

$$Ц = 2678,6 + \frac{30 \cdot 6473,87}{100} = 4620,76 \text{ грн.}$$

Отже, вартість проведеного дослідження становить 4620,76 грн.

Висновки за розділом

Найбільшими статтями витрат під час проведення даного дослідження є витрати на основні матеріали, які складають 60,8 % від загальної суми витрат. Найменші витрати під час проведення дослідження були пов'язані з амортизацією використаного обладнання, і склали 0,5 % від загальної суми витрат. Загальна ціна досліджень складає 4620,76 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналітичний огляд показав, що необхідне вдосконалення способу одержання мезги при виробництві соняшникової олії, розробка інноваційної технології рафінації соняшникової олії та одержання на її основі продукту з ефективними добавками функціонального призначення.

2. Розроблено спосіб отримання мезги забезпечує поліпшення якості отримання соняшникової олії за рахунок застосування екструзійного методу переробки насіння соняшнику, що сприяє збільшенню обсягу одержуваної олії з високими фізико-хімічними показниками.

3. Розроблено технологію; виведення гідратованих та негідратованих фосфоліпідів; із соняшникової олії за допомогою полімеру катіонної природи. Ефективність виведення фосфоліпідів становить 90 – 95 %; більш м'яких температурних режимах та мінімальних кількостях реагенту, при цьому економляться енергоресурси та скорочується час процесу.

4. Встановлено, що використання в процесі рафінації композиційних реагентів призводить до збільшення ступеня диспергування системи, сприяє зниженню її в'язкості та поліпшенню умов поділу фаз, збільшує обсяг та селективність виведення супутніх речовин та скорочує відходи жирів. Забезпечує збереження токоферолів у рафінованій олії, дозволяє здійснювати рафінацію соняшникової олії в поєднаному технологічному процесі та збільшує вихід олії.

5. Досліджено технологію рафінації, що дозволяє отримати соняшникову олію стійку до окислення за рахунок збереження в ній у великих кількостях (75 мг%) природного антиоксиданту токоферолу та зменшення вмісту ініціаторів та каталізаторів процесу окислення. Запропоновано оцінювати вплив різних факторів технологічної переробки олії на її окислювальну стабільність за кількістю поглиненого кисню.

6. Найбільшими статтями витрат під час проведення даного дослідження є витрати на основні матеріали, які складають 60,8 % від загальної суми витрат. Найменші витрати під час проведення дослідження були пов'язані з амортизацією використаного обладнання, і склали 0,5 % від загальної суми витрат. Загальна ціна досліджень складає 4620,76 грн.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Bennett JE, Stevens GA, Mathers CD, Bonita R, Rehm J, Kruk ME, et al (2018). NCD countdown 2030: worldwide trends in non-communicable disease mortality and progress towards sustainable development goal target 3.4. *Lancet*.392(10152): 1072- 1088. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31992-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31992-5)
2. Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases. World Health Organization technical report series, 797 [Internet]. Geneva: World Health Organization; 1990; 203 p.
3. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.
4. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційні методи визначення показників якості зерна: Навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, 2023. 325 с.
5. Pivovarov O., Kovaliova O., Koshulko V. Effect of plasmochemically activated aqueous solution on process of food sprouts production. *Ukrainian Food Journal*. 2020. Volume 9. Issue 3. P. 575-587. DOI: <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2020-9-3-7>
6. Kovaliova, O., Vasylieva, N., Stankevych, S., Zabrodina, I., Mandych, O., Hontar, T., Haliasnyi, I., Kotliar, O., Yanchyk, O., Bogatov, O. (2023). Development of a technology for the production of germinated flaxseed using plasma-chemically activated aqueous solutions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (11 (124)), 6–19. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.284810>
7. Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційна технологія дезінфекції технологічного обладнання харчових виробництв. The 5th International scientific and practical conference “Prospects of modern science and education” (February 07 – 10, 2023) Stockholm, Sweden. International Science Group. 2023. P. 609-612. <https://doi.org/10.46299/ISG.2023.1.5>

8. Kovalova O., Pivovarov O., & Koshulko, V. Effect of plasma-chemically activated aqueous solutions on the process of disinfection of food production equipment. *Food Science and Technology*. 2022. 16 (3). P. 61-70. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v16i3.2392>
9. Kovaliova O., Pivovarov O., Koshulko V. Study of hydrothermal treatment of dried malt with plasmochemically activated aqueous solutions. *Food science and technology*. 2020. Vol. 14, Issue 3. P. 113-121 DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v14i3.1799>
10. Луценко М.В., Кузнецова О.В., Мельников К.А., Ковалева Е.С. Выделение L- α -лецитина из фосфатидного концентрата подсолнечного масла. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2008. № 2. С. 27-30.
11. Чурсинов Ю.А., Ковалева Е.С. Применение органических кислот и их смесей в качестве стимулятора прорастания семенного материала. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2019. № 6. С. 31-34. DOI: <http://dx.doi.org/10.30850/vrsn/2019/6/31-34>
12. Pivovarov O.A., Kovaleva O.S., Chursinov J.O. Prevention of biofouling of industrial reverse water supply systems by plasma water treatment. 3rd International Scientific and Technical Internet Conference “Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural resources”. Book of Abstracts. - Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2020. P. 50-52.
13. Півоваров О.А., Ковальова О.С. Сучасні методи інтенсифікації солодощення: монографія. Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2020. 242 с.
14. Землеробська механіка. Інноваційні технології харчових виробництв / А.С. Кобець, С.П. Сокол, А.М. Пугач, Ю.О. Чурсинов, О.А. Півоваров, С.Ю. Миколенко, О.С. Ковальова, В.С. Калина, В.С. Кошулько, Д.О. Тимчак, Н.А. Сова, К.А. Худайбердієва. Дніпро: «Свідлер А.Л.». 2022. Том 4. 460 с.
15. Сайт компанії «Bunge». Електронний ресурс. – URL: <https://www.bunge.com/>

16. Сайт «Latifundist». Електронний ресурс. – URL: <https://latifundist.com/kompanii/259-bunge-ukraina>
17. Дацишин О.В. Механізація переробки і зберігання плодоовочевої продукції / О.В. Дацишин, О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик. Київ.: Мета, 2003 476.
18. Karaali A. The effects of refining on the chemical composition of Turkish sunflower seed oil //Fette, Seifen, Anstrichmittel. 1985. Т. 87. №. 3. С. 112-117.
19. ДСТУ 7011:2009 Соняшник. Технічні умови. К. Київський інститут хлібопродуктів. 2009. 12 с.
20. Robertson J. A., Chapman G. W., Wilson R. L. Relation of days after flowering to chemical composition and physiological maturity of sunflower seed //Journal of the American Oil Chemists' Society. 1978. Т. 55. №. 2. С. 266-269.
21. Покопцева Л. А. Вплив вологості насіння соняшника на втрати його маси в період зберігання //Вісник Уманського національного університету. 2010. С. 116 - 122.
22. Rosa P. M. et al. Chemical composition of brazilian sunflower varieties/composición química de las variedades de girasol brasileñas/composition chimique de sortes de tournesol brésiliennes //Helia. 2009. Т. 32. №. 50. С. 145-156.
23. Коваленко А. М., Таран В. Г., Коваленко О. А. Вирощування соняшнику в сівозмінах в умовах Степу //АМ Коваленко, ВГ Таран, ОА Коваленко. 2009. С. 157-161.
24. Литвиненко О.А. Зміна складу харчового соняшникового шроту під час зберігання / О.А. Литвиненко, А.А. Котелевська // Стратегічні напрямки розвитку підприємств харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі [Текст]: Міжнар. наук.-практ. конф., 19 листоп. 2008 р.: у 2-х ч. / редкол.: О.І Черевко [та ін.]. Харків: ХДУХТ, 2008. Ч.1. С. 121-122.
25. Литвиненко О.А. Вдосконалення технології переробки ядра насіння соняшнику / О.А. Литвиненко, Ф.Ф. Гладкий // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я [Текст]: матеріали XVII міжнар. наук.-практ. конф., 20–22 травня 2009 р. Харків: у 2-х ч. – Ч.1 / оргкомітет: Л.Л.Товажнянський (голова). Харків: НТУ «ХП», 2009. С. 629.

26. Литвиненко О.А. Нова технологія отримання харчового шроту з безлушпинного ядра насіння соняшнику / О.А. Литвиненко, Ф.Ф. Гладкий, В.О. Бахмач // Програма і матеріали 76-ї наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів [“Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті”], 12–13 квітня 2010 р. Київ: у 3-х ч. К.: НУХТ, 2010. Ч. 2. С. 108.

27. Сорокіна С. В., Карпенко З. П., М'ячиков О. В. Дослідження впливу нетрадиційної сировини на якість соняшникової олії під час зберігання //Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. 2009. №. 1. С. 368-374.

28. Чайківський Т. В. и др. Одержання біопалива із соняшникової олії та етилового спирту //Науковий вісник НЛТУ України. 2009. Т. 19. №. 2. С. 114-117.

29. Невлад В. Ф. Стан та особливості функціонування ринку насіння соняшнику та продуктів його переробки //Проблеми і перспективи розвитку підприємництва. 2017. №. 1. С. 84-89.

30. Дяченко О. В. Актуальні проблеми та перспективи розвитку українського ринку соняшнику та продукції його переробки //Збірник наукових праць Подільського державного аграрнотехнічного університету. 2012. №. 20. С. 138-142.

31. Осейко М. І. Технологія рослинних олій [Текст]: Підручник, К.: Варта, 2006. 280 с.

32. Чумак О.П., Гладкий Ф.Ф. Науково-практичні основи технології жирів. Навчальний посібник. – Харків: НТУ «ХПІ», вид-во «Курсор», 2015. 185 с.

33. Методичні вказівки до олабораторних робіт з дисципліни «Технологія жирів» для студентів усіх форм навчання зі спеціальності 7.091705 «Технологія жирів та жирозамінників». Розділ «Видобування олій та жирів методом пресування та екстракції» / Уклад. О.П. Чумак, Г.К. Зябченкова, П.О. Некрасов. Харків.: НТУ «ХПІ», 2007. 52 с.

34. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: Підручник / О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик та ін. - К.: Вища освіта, 2006. 479 с.

35. Сайт фірми «Crown Iron». Електронний ресурс. – URL: <https://www.crowniron.com/oilseed-extraction/model-iii-extractor/#1514310489144-488c1399-3593>
36. Le Clef, E., & Kemper, T. Sunflower Seed Preparation and Oil Extraction. Sunflower, 2015. P. 187–226. <https://doi.org/10.1016/b978-1-893997-94-3.50014-3>
37. Сайт фірми «Anderson International Corp». Електронний ресурс. – URL: <https://www.andersonintl.com/>.
38. D’Silva I (2011) Recombinant molecules for a healthy society. Int J Health, Welln Soc 1 (2), 219-226.
39. Lacroix C and Yildirim S (2007) Fermentation technologies for the production of probiotics with high viability and functionality. Curr Opin Biotechnol 18, 176-183.
40. De Vuyst L and Leroy F (2007) Bacteriocins from lactic acid bacteria: production, purification and food applications. J Mol Microbiol Biotechnol 13, 194-199.
41. Rohde CL, Bartolini V, Jones N (2009) The use of probiotics in the prevention and treatment of antibiotic associated diarrhea with special interest in Clostridium difficile-associated diarrhea. Nutr Clin Pract 24, 33–40.
42. Ouwehand AC (2007) Antiallergic effect of probiotics. J Nutr 137, 794-797.
43. Sanders ME, Akkermans LM, Haller D, Hammerman C, Heimbach J, Hörmannspurger G, Huys G, Levy DD, Lutgendorff F, Mack D, Phothirath P, Solano-Aguilar G and Vaughan E (2010) Safety assessment of probiotics for human use. Gut Microbes 1, 164-185.
44. Інноваційні технології харчових виробництв: монографія. Берник І.М., Новгородська Н.В., Соломон А.М., Овсієнко С.М., Бондар М.М. Вінниця: Видавець ФОП Кушнір Ю.В. 2022. 300 с.
45. Akseer, N., Mehta, S., Wigle, J. et al. (2020). Non-communicable diseases among adolescents: current status, determinants, interventions and policies. BMC Public Health, 20:1908. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09988-5>

46. Bennett JE, Stevens GA, Mathers CD, Bonita R, Rehm J, Kruk ME, et al (2018). NCD countdown 2030: worldwide trends in non-communicable disease mortality and progress towards sustainable development goal target 3.4. *Lancet*.392(10152): 1072- 1088. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31992-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31992-5)
47. Evrim Çelebi, Cemal Gündoğdu, Aysel Kızılkaya. Determination of Healthy Lifestyle Behaviors of High School Students. *Universal J. Educational*, 2017, 5(8). 1279-1287.
48. Григоренко О.М. Еволюція теорії та концепції харчування людини. *Вісник Донецького національного університету економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського*, 2011, 1(49), 205-217.
49. Даниленко Г.М., Летьго Г.В., Водолажський, М.Л., Авдієвська О.Г., Савельєва Л.М. Особливості харчування студентської молоді як важливого компонента здоров'язберігаючої поведінки. *Молодий вчений*, 2018, 8(2), 293-297.
50. Yakymenko, I., Tsybulin, O., Shapovalov, Ye. (2019). Healthy lifestyle behaviors among university students in Ukraine. *Довкілля та здоров'я*, 1, 41-45.