

**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 виробництва дістичної  
олії та макухи з кукурудзяних зародків**

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

\_\_\_\_\_ Юлія ШАМЛЯН

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Юрій ЧУРСІНОВ

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2024

# ДНПРОВСЬКИЙ 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. завідуючого кафедри,  
харчових технологій,  
кандидат технічних наук, доцент  
\_\_\_\_\_ Віталій КОШУЛЬКО

«    » лютого 2024 р.

### **ЗАВДАННЯ**

#### **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Шамлян Юлії Дмитрівні

1. Тема роботи: «Обґрунтування процесу виробництва дієтичної олії та макухи з кукурудзяних зародків».

Керівник роботи Чурсінов Юрий Олексійович, доктор технічних наук, професор, затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» грудня 2023 р. №4085

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи до 15 лютого 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Літературні джерела та періодичні видання.

2. Наукова та науково-технічна документація, що стосується питань виробництва дієтичної олії з макухи та кукурудзяних зародків сухим та мокрим способами. 3. Нормативно-технологічна документація. 4. Патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналітичний огляд. 2 Характеристика процесу переробки кукурудзяних зародків в дієтичну олію та макуху. 3. Експериментальна частина.

4 Дослідження і розробка ефективної технології виробництва кукурудзяної 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

№п /п	Посада, прізвище та ім'я	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-4	професор ЧУРСІНОВ Юрій	26.12.2023	05.02.2024
5	професор ЧУРСІНОВ Юрій	26.12.2023	05.02.2024
6	професор ЧУРСІНОВ Юрій	26.12.2023	05.02.2024

7. Дата видачі завдання 28 січня 2024 року.

### **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№п /п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк подання	Примітка
1	Вступ	26.12-27.12.23	виконано
2	Аналітичний огляд	29.12-30.12.23	виконано
3	Характеристика процесу переробки кукурудзяних зародків в дієтичну олію та макуху	05.01-07.01.24	виконано
4	Експериментальна частина	10.01-15.01.24	виконано
5	Дослідження і розробка ефективної технології виробництва кукурудзяної олії та макухи з кукурудзяних зародків	20.01-23.01.24	виконано
6	Охорона праці та захист навколишнього середовища	22.01-23.01.24	виконано
7	Організаційно-економічна частина	25.01-26.01.24	виконано
8	Загальні висновки та бібліографія	28.01-31.01.24	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	01.02-04.02.24	виконано

**Здобувач вищої освіти** \_\_\_\_\_

Юлія Шамлян

**Керівник роботи** \_\_\_\_\_

Юрій Чурсінов

## РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування процесу виробництва дієтичної олії та макухи з кукурудзяних зародків»

**Дипломна робота магістра:** 71 с., 20 рис., 9 табл., 20 літературних джерел посилань.

**Метою дослідження** є обґрунтування технологічного процесу та його режимних параметрів переробки кукурудзяних зародків в дієтичну олію та макуху.

**Об'єкт дослідження** – технологія виробництва олії з зародків кукурудзи та продукту макухи.

**Предмет дослідження** – сировина кукурудзяних зародків, призначена для отримання дієтичної олії та макухи.

Дана дипломна робота присвячена обґрунтуванню технологічного процесу виробництва дієтичної олії та макухи, використовуючи зародки кукурудзи як сировинний матеріал. Основна наукова ідея полягає у розробці ефективного методу виробництва дієтичної олії, що зберігає високу біологічну цінність та якісні органолептичні показники. Методи дослідження включають аналіз фізико-хімічних параметрів зародків кукурудзи, екстрагування масла і визначення його якісних характеристик.

Робота покликана виявити основні характеристики об'єкта вивчення, обґрунтувати його практичну значущість, а також запропонувати нові методи оптимізації виробництва, які збільшують конкурентоспроможність продукції.

### **Ключові слова**

*Технологічний процес, дієтична олія, макуха, зародки кукурудзи, біологічна цінність, оптимізація виробництва, корисні властивості, екстрагування масла.*

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. Огляд літературних джерел	9
1.1 Огляд процесу виділення зародків кукурудзи сухим та вологим методом	9
1.2. Аналіз процесів виділення олії з олійних культур насіння соняшнику та рапсу	12
1.3. Аналіз технологічного обладнання для виробництва олії з олійних культур	15
1.4. Перспектива та значення виробництва дієтичної олії з кукурудзяних зародків	27
1.5. Мета і завдання досліджень	28
Висновки за розділом	29
2. Характеристика процесу переробки кукурудзяних зародків в олію та макуху	30
2.1. Опис технологічного процесу та режимів обробки кукурудзяних зародків	33
2.2 Вибір раціонального технологічного сучасного обладнання для виконання процесу	39
2.3. Якісні показники кукурудзяної олії та макухи.	42
Висновки за розділом	44
3. Експериментальні дослідження	45
3.1 Програма та методика експериментальних досліджень та постановка задач	45
3.2. Характеристика експериментального обладнання для проведення експериментальних досліджень	46

3.3. Визначення режимних параметрів обробки зародків та обґрунтування виро бору оптимальних значень	49
3.4. Значення якості отриманих продуктів для харчової промисловості	52
Висновки за розділом	53
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	54
4.1. Аналіз стану охорони праці на підприємствах олійного виробництва	54
4.2. Заходи щодо поліпшення безпеки в процесах переробки олійних культур	58
4.3. Врахування надзвичайних ситуацій та їх вплив на процеси виробництва олії та макухи	58
Висновки за розділом	60
5. Організаційно-економічна частина	61
5.1 Організація проведення досліджень	61
5.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	63
5.3 Розрахунок ціни дослідження	68
Висновки за розділом	67
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	70
БІБЛІОГРАФІЯ	71

## ВСТУП

У сучасний час, забезпечення якості та безпеки стали стратегічними пріоритетами у виробництві харчових продуктів. У цьому контексті велике значення має розробка та впровадження передових науково-технічних рішень, а також автоматизованих методів контролю і управління технологічними процесами у глибокій переробці продовольчої сировини. Це сприяє збереженню корисних поживних речовин та заданих характеристик готової продукції.

Кукурудза є перспективною культурою з великою фізіологічною цінністю. Зерно кукурудзи відіграє важливу роль у виробництві понад 150 видів продукції. Серед найважливіших продуктів переробки зерна кукурудзи можна виокремити крупу, борошно, кукурудзяні пластівці, крохмаль, патоку, спирт та цінне масло, що виробляється із зародка.

Відділення зародка зерна кукурудзи є однією з ключових технологічних операцій, оскільки його ефективність впливає на якість продуктів. Цей процес проводиться як частина виробництва борошномельних продуктів, харчових концентратів та крохмальних виробів. Відділення зародка важливе через високу активність та лабільність сполук, що містяться у ньому, які можуть негативно впливати на якість отриманих продуктів.

Рослинні олії грають ключову роль у харчовій галузі, забезпечуючи наш організм енергією та поживними речовинами. Важливо зазначити, що їхня харчова цінність пов'язана з легкістю у засвоєнні та високою енергетичною цінністю. Процес виробництва рослинних олій включає технологічні обробки видалення небажаних речовин і забезпечення екологічної чистоти. Однак природні олії не завжди ідеально збалансовані з

точки зору фізіологічних властивостей, і наукові дослідження вказують на можливі ризики в окремих їх компонентах та продуктах окислення.

Кукурудза звичайна (*Zea mays*) – одна з найважливіших культур в сільському господарстві, як зернова та силосна культура. З її зерна виробляють різні продукти, такі як борошно, крупи, крохмаль та спирт. Крім того, кукурудза є важливою для вирощування як кормова культура, де використовується як силос або зелений корм

Дослідження спрямоване на вивчення процесу виробництва дієтичної олії та макухи із зародків кукурудзи, є актуальним у сучасному контексті з кількох ключових аспектів. По-перше, зростаючий інтерес до здорового способу життя та правильного харчування робить дослідження в цій галузі особливо значущим. Дієтична олія із зародків кукурудзи може представляти собою альтернативу традиційним оліям, пропонуючи високоякісний продукт з високою біологічною цінністю.

Вдруге, фокус на технологічних інноваціях підкреслює важливість впровадження нових методів виробництва в харчовій промисловості. Розробка ефективного технологічного процесу може вести до появи нових методів виробництва, що забезпечують високу якість продукції та збереження корисних речовин.

По-третє, збільшений попит споживачів на дієтичні продукти створює сприятливі умови для впровадження нових продуктів, таких як дієтична олія із зародків кукурудзи на ринок, здобуваючи позитивний відгук споживачів. Отже, дослідження в цьому напрямку має перспективи в сфері здоров'я та інновацій у харчовій промисловості.

## 1. Огляд літературних джерел

### 1.1 Огляд процесу виділення зародків кукурудзи сухим та вологим методом

Кукурудза відіграє ключову роль у світовому та українському зерновому виробництві, дозволяючи отримувати стабільно високі врожаї та прибутки завдяки інтенсивним технологіям вирощування. Україна входить у п'ятірку найбільших експортерів кукурудзяної продукції у світі, що призводить до збільшення посівних площ. Врожайність кукурудзи коливається від 5,0 до 15,0 тонн на гектар і залежить від агрокліматичних умов та технологічних заходів.

У виробництві кукурудзяної олії використовують кукурудзяні зародки, які містять 32...37% олії. Масова частка зародків становить 10% від маси кукурудзяного зерна. Крім олії в кукурудзяних зародках міститься приблизно 18 % білків, 8 % крохмалю, 10 % сахарози, 10 % мінеральних речовин. Кукурудзяні зародки є побічним продуктом переробки кукурудзяного зерна борошно-мельному, харчо концентратному та крохмало-паточному виробництві.

Зародки кукурудзи виникають як побічний продукт у процесі обробки кукурудзяного зерна на млинах, що спеціалізуються на виробництві борошна, харчових концентратів і крохмалю. Технології виготовлення цих продуктів розроблені з метою максимально ефективного відділення кукурудзяних зародків, що можуть негативно впливати на якість виробів. Використовують два методи відділення зародків: сухий, який використовується на борошномельних та харчоконцентратних підприємствах і включає дежерміна-торні млини або дробарки та вальцеві станки, і мокрий, що застосовується на крохмало-паточних підприємствах та включає замочування у сірчистій кислоті, подрібнення на дискових дробарках, подальше очищення і видалення надлишкової вологи.

У процесі сухого відділення кукурудзяних зародків, після попереднього зволоження кукурудзяного зерна, проводиться його подрібнення. Отримана дробленка розділяється за допомогою сит і аспіраційних сепараторів з метою максимального виділення частинок, які містять велику кількість крохмалю. У випадку мокрого методу виділення зародків, зерно кукурудзи тривало замочується у розчині сірчистої кислоти із масовою часткою 0,2% при температурі 48-50°C. Після цього зерно подрібнюється на дискових дробарках, отриману "кашку" розділяють на гідроциклонах або сепараторах флотаційного типу. Проводиться тричі промивання для видалення залишків крохмалю, і в результаті видаляється надмірна кількість вологи.

Хімічний склад та властивості зародків, одержаних за різними технологіями, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Хімічний склад та властивості кукурудзяних зародків.

Складові компоненти	Вміст компоненту в залежності від способу видалення зародків із зерна		
	Мокрий	Сухий із використанням дежермінаторів	Сухий із використанням рифлених станків)
Волога, %	1-13	13 - 15	14
Жир, %	53 - 60	25-30	17-18
Сирий білок, (Mx6.25),% на суху речовину	12-13	16-18	12-13

Якість кукурудзяних зародків, як сировини для виробництва олії, суттєво визначається технологією їхнього відділення від зерна. Використання сухого методу видалення зародків призводить до низької вмісту олії в них. Технологія мокрого відділення передбачає замочування, під час якого

екстрагуються розчинні компоненти (білки, вуглеводи та інші екстрактивні речовини), що призводить до збільшення вмісту олії в зародках. Однак, цей метод може вплинути на якість олії через гідролітичні процеси під час обробки волого-тепловим способом кукурудзяного зерна.

Кукурудзяна олія має важливі характеристики, такі як числа омилення та йодне, відповідно 188-193 мг КОН/г та 116-130 J2. Олія, отримана холодним пресуванням, має від світло-жовтого до золотисто-жовтого кольору, тоді як олія гарячого пресування темніша, іноді з червонуватим відтінком, аналогічно екстракційній олії. Висока біологічна цінність кукурудзяної олії пояснюється високим вмістом токоферолів у діапазоні 100-250 мг%. Крім використання як харчового продукту, кукурудзяна олія також застосовується в консервній промисловості та виробництві маргарину . [1]

## 1.2. Аналіз процесів виділення олії з олійних культур насіння соняшнику та ріпаку

Є дві групи олійних культур: одні вирощують виключно для виробництва олії, такі як соняшник, рицина, ріпак, кунжут, гірчиця, рижій, льон олійний, мак інші - рослини комплексного використання, де олія є побічним продуктом, наприклад, бавовник, соя, льон довгунець, коноплі, арахіс тощо.

**Соняшник** (рис.1.1) – ключова олійна культура в Україні, яка займає 80% площі. Насіння містить 50-60% олії, і соняшник володіє найвищим виходом олії з гектара серед інших культур. До 92% виробництва олії в Україні припадає на соняшникову олію. У виведенні нових сортів акцентується увага на збільшення врожайності, стійкості до шкідників, підвищенні вмісту олії і зміні хімічного складу, також контролюють вміст оболонки (до 18-20%). Кращі сорти соняшника характеризуються високою врожайністю (до 35-37 ц/га), високою олійністю (52-60%) і зручністю для механізованого збирання. Рекомендовані сорти включають різні типи соняшника за вмістом жирних кислот в олії, такі як лінолевий тип з переважанням лінолевої кислоти та олеїновий тип з перевагою олеїнової кислоти. Олія високо олеїнових сортів може повноцінно замінити імпортовану оливкову олію.

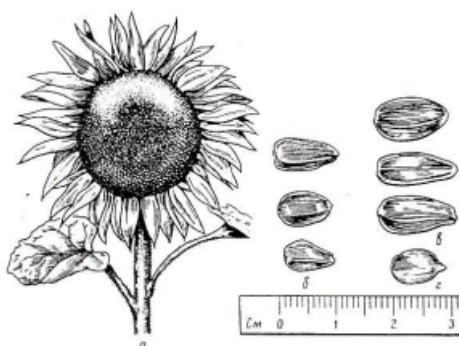


Рис. 1.1. Соняшник:  
*а* – суцвіття; *б* – плоди-сім'янки; *в* – плодова оболонка (лузга); *г* – ядро

Важливою технічною особливістю соняшника є стійкість оболонки насіння. Соняшникове насіння можна класифікувати за способом руйнування

плодової оболонки на три види: перший – оболонка поділяється на 2–3 частини, і можуть зберігатися незруйновані половинки; другий – оболонки ламаються на 6–8 частин, і на деяких ділянках залишається смужка ядра, що важко виділяється; третій – може руйнуватися ядро, оболонка ламається в окремих місцях, і на ядрі залишаються фрагменти оболонки. Сучасні сорти володіють насінням всіх трьох типів. Хімічний склад насіння соняшника (в перерахунку на нульову вологість насіння) представлений у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Хімічний склад насіння соняшника

Склад	Вміст, %	
	в насінні	в ядрі
Ліпіди	52-54	64-66
Білки (N*6,25)	14-16	16-19
Целюлоза	13-14	1,7-2,1
Зола	2,9-3,1	3-3,2

**Ріпак** (рис.1.2) входить до родини капустяних і є важливою олійною культурою. Озимий ріпак вирізняється найвищим вмістом олії в насінні – до 51% з йодним числом від 94 до 112. У ярого ріпаку вміст напіввисихаючої олії становить 35-45% з йодним числом 101. Крім того, насіння озимого ріпаку містить до 20% білка і насіння ярого ріпаку - від 21% до 30% білка і понад 17% вуглеводів. Хімічний склад ріпаку схожий на гірчицю, включаючи присутність глюкозинолатів, які дають ефірну олію під час гідролізу, але в менших кількостях. Сучасні сорти ріпаку, зокрема безерукові, вирізняються високою урожайністю (26-33 ц/га) і вмістом олії до 46%. Менший вміст глюкозинолатів у нових сортах дозволяє використовувати знежирене насіння для кормління тварин без додаткової обробки. Зменшення вмісту ерукової кислоти в олії до 5% відкриває можливість використання ріпакової олії в харчових продуктах. Після винайдення безерукових сортів,

ріпак займає четверте місце в світі за об'ємами виробництва насіння та його переробки, поступаючись лише сої, бавовні та соняшнику. [6 ]

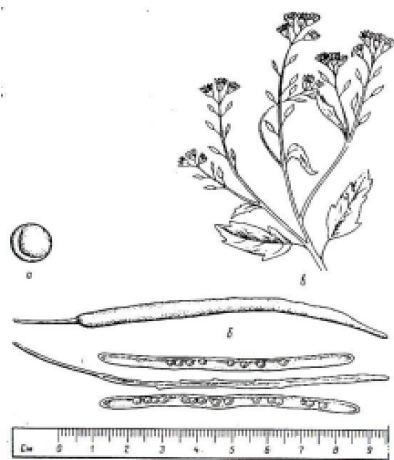


Рис. 1.2 Ріпак:  
*a* – насіння (збільшено); *b* – плід-стручок з насінням; *c* – суцвіття

Хімічний склад насіння ріпаку наведено у таблиці 1.2

Таблиця 1.2 Хімічний склад безерукового ріпаку (в перерахунку на нульову вологість насіння)

Склад	Вміст, %
Ліпіди	40,3-46,2
Білки (N*6,25)	25-26,3
Целюлоза	4,6-6,2
Зола	3,7-5,4

### 1.3. Аналіз технологічного обладнання для виробництва олії з олійних культур

Рослинні олії є складними сумішами органічних речовин, або ліпідів, виділених із тканин різних рослин, таких як оливки, соняшник, соя, рапс і інші. За своїм хімічним складом, ліпіди поділяються на дві групи: прості і складні. Прості ліпіди включають в себе жири, які становлять до 95-97% їх загальної маси. Основними складниками жирів є тригліцериди – речовини, що можуть бути як рідкими, так і твердими при низькій температурі плавлення (до 40 °С), без кольору та запаху, менші за воду за щільністю (при 15 °С щільність 900-980 кг/м<sup>3</sup>), не летючі і розчинні в органічних розчинниках, але нерозчинні в воді. Крім того, жири містять як насичені, так і ненасичені кислоти, а також віск. Складні ліпіди включають фосфоліпіди.

В Україні виробляють різні типи рослинних олій, такі як рафінована (дезодорована та не дезодорована), гідратована (вищого, I та II гатунку), і нерафінована (вищого, I і II гатунку). Для реалізації в торговельних мережах та в громадському харчуванні рекомендується використовувати рафіновану дезодоровану олію, яка упакована у скляні або пластикові пляшки. [11]



Рис. 1.3 Торгові марки виробників соняшникової олії

Сировиною для виробництва рослинних олій служить переважно насіння олійних культур і м'якоть плодів деяких рослин. Насіння підрозділяють за вмістом олії на високо олійне (понад 30% - соняшник, арахіс, рапс), середньо олійне (20-30% - бавовник, льон) і низько олійне (до 20% - соя). Україна вирізняється основною олійною культурою - соняшником олійним, де вміст олії в насінні перевищує 50%, а в чистому ядрі становить до 70%. У виробництво надходить насіння соняшника з олійністю 40-50%, вологістю 6-8%, та вмістом домішок не більш ніж 3%.[12]

Лузга, відділена від ядра соняшника, використовується для отримання фурфуролу. Соняшникова макуха (залишок після одержання олії) є важливим кормом для сільськогосподарських тварин.

Існують два основних способи добування олії з рослинної сировини: механічне віджимання (пресування) та екстракція (розчинення олії у розчинниках). Зазвичай використовують комбінацію цих методів. Пресування віджимає більшість олії, а екстракція відокремлює залишкову кількість олії.

Процес пресування використовується на безперервно діючих пресах шнекового типу, таких як форпреси та експелери. Механічний тиск об'єднує частки мезги, відділяючи олію і ущільнюючи матеріал у макуху.

Процес екстракції використовує розчинники, такі як екстракційний бензин, гексан, ацетон і діхлоретан. Екстракція відокремлює олію від рослинної сировини, утворюючи розчин олії в розчиннику, відомий як місцела, та залишковий матеріал - шрот.

Лінія виробництва олії включає комплекс устаткування для очищення і сушіння насіння, виділення чистого ядра, пропарювання і жарення мезги, а також шнековий прес і екстракційний апарат. [3]

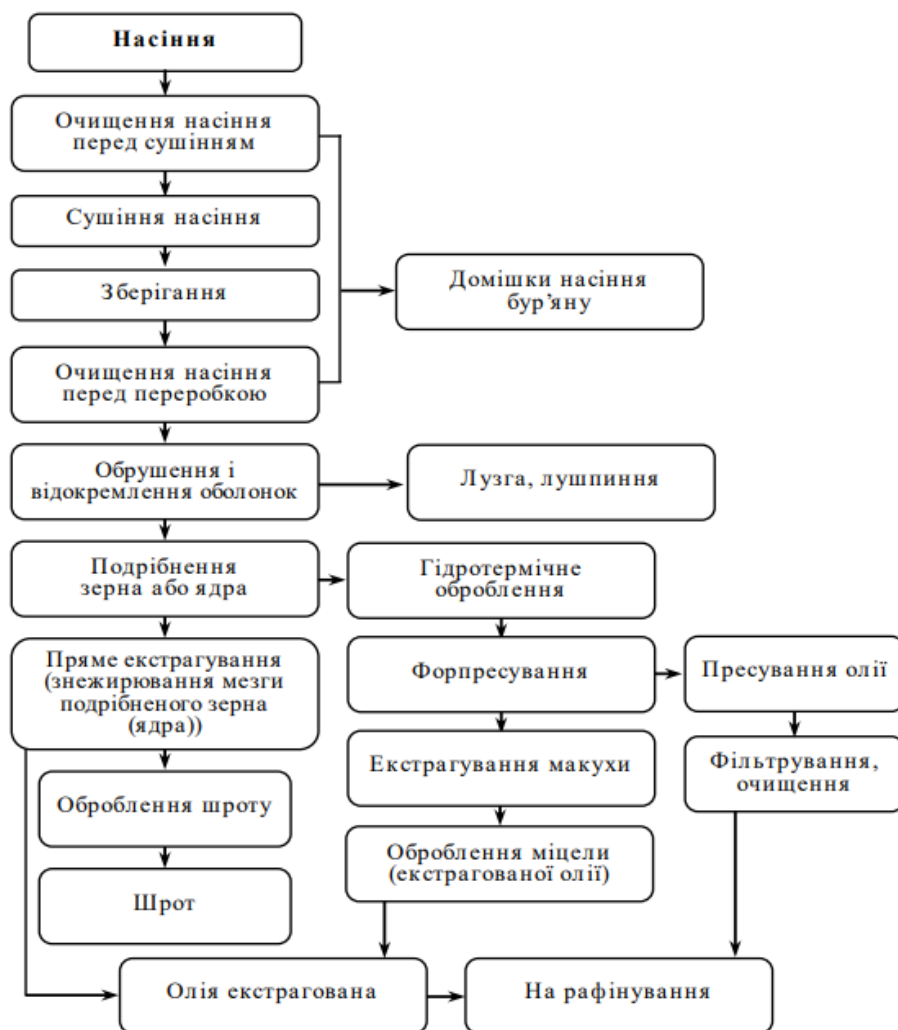


Рисунок 1.4 – Технологічна схема виготовлення рослинної олії

Далі іде комплекс устаткування лінії для очищення олії, що складається з дистиляторів, відстійників, сепараторів, фільтрпресів, нейтралізаторів і вакуумних сушильних апаратів. Завершальним є комплекс фінішного устаткування лінії, що складається з дозувальних і пакувальних машин.

### **Пресове обладнання для виробництва олії**

В даний час застосовують безперервний спосіб пресування на шнекових пресах, поділених на три групи: преси для попереднього витягування олії (форпреси), преси для остаточного витягування олії (експелери) та преси подвійної дії (МПЕ-2, МП-21).

Розрізняють форпреси та експелери за конструкцією шнекового вала. Для форпресів характерне зменшення кроку витків та, у деяких випадках, збільшення діаметра тіла витка від початку до кінця вала. Експелери мають зміну кроку витків та діаметра в меншій мірі.

Принцип роботи шнекових пресів полягає в транспортуванні матеріалу від місця завантаження до виходу шляхом обертання шнекового вала в зєрному барабані. Зменшення вільного об'єму витків під час руху матеріалу призводить до стиску та віджимання олії з мезги, яка збирається у піддоні. Макуха, віджата матеріалом, на виході регулюється пристроєм для контролю вихідної щільності та протитиску.

Шнекові преси досягають тиску до 30 МПа, ущільнення мезги зростає від 2,8 до 4,4 разів, а тривалість перебування мезги під тиском коливається від 78 до 225 секунд. В деяких технологічних схемах перед жаренням передбачено вилучення олії у форапаратах, таких як інактиватори та форшнеки.

**Форшнек марки КЯ** (рис.1 5) складається з підготовчого пристрою та шнекового преса полегшеного типу. Підготовчий пристрій 1 представляє собою вертикальний циліндричний барабан з двома рядами форсунок 2 для подачі гострої водяної пари. Ножі-мішалки, розташовані над кожним рядом форсунок, обертаються для кращого розподілу пари в м'ятці. Циліндр з'єднується з горизонтальним зерним циліндром через короткий патрубок 4. Горизонтальний циліндр утворений поздовжніми планками з малими щілинами між ними. Короткий шнек 5 виконує роль живильника. Пресова частина має шнек 6 з витками перемінної товщини (потовщуються по мірі наближення до виходу). [13]

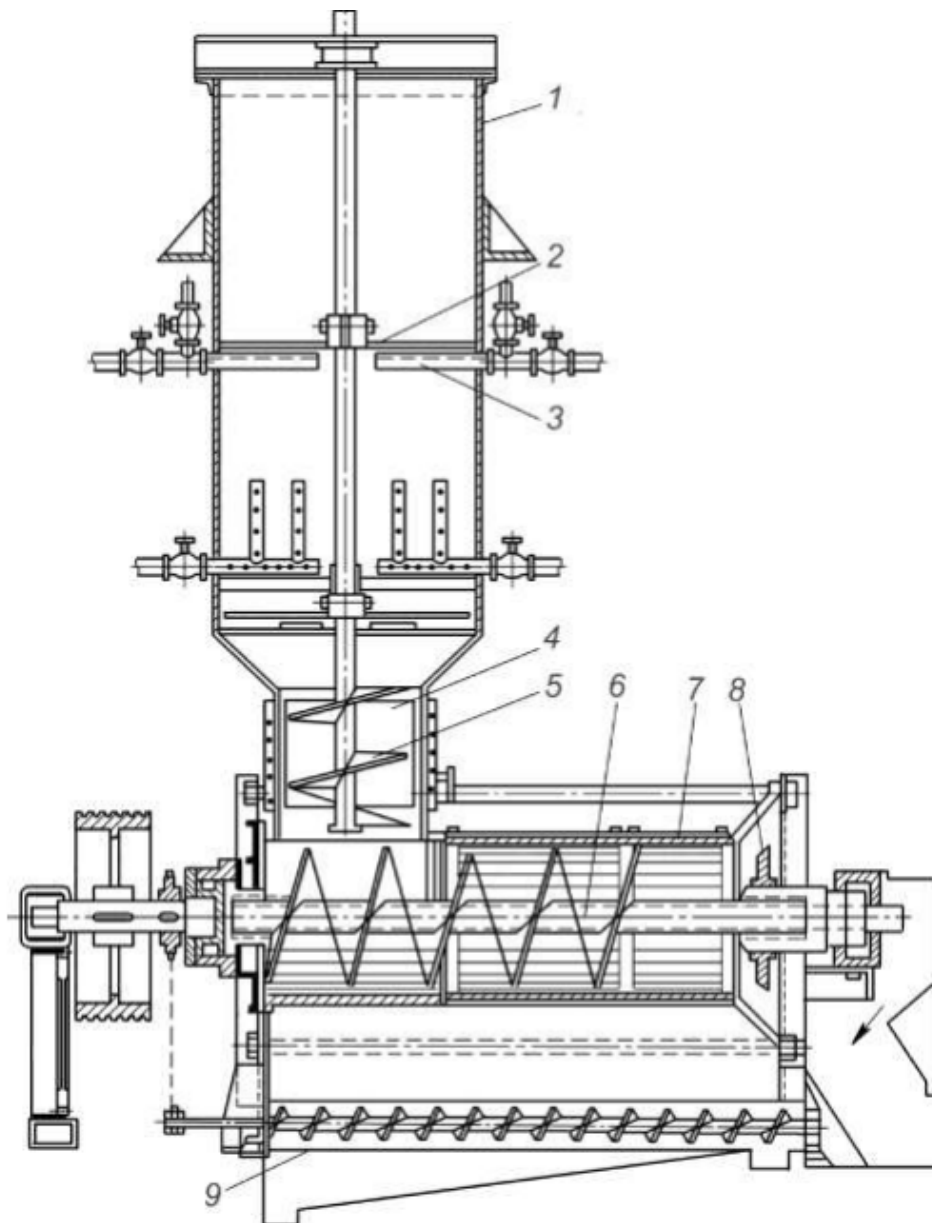


Рисунок 1.5 Схема олійного форшнека типу КЯ:

1 - бункер; 2 - ножі-мішалки; 3 - форсунки подавання пари; 4 - патрубок; 5 - шнек-живильник; 6 - шнек; 7 - циліндр-зеєр; 8 - регулювальний конус; 9 - шнек для видалення олії.

На вихідному кінці вала шнека поміщений регулювальний конус 8, що може пересуватися по різьбі. Під зеєрним циліндром розташований шнек для видалення олії. Привод преса від електродвигуна через клинопасову передачу, шнека вивантажувача – через ланцюгову. 9 При роботі агрегату м'ятка безперервно поступає у підготовчий пристрій 1, де послідовно зволожується на верхньому і нижньому ярусах форсунок. Зволожена м'ятка, захоплена шнеком-живильником, зазнає невеликого стиску і частково

виділена олія витікає через сітчасте кільце, розміщене навколо живильного шнека. Злегка знежирена м'ятка подається на основний шнек, де і здійснюється остаточне відділення олії, яка через зерні щілини стікає і видаляється шнеком 9. Цим типом апарата можна видобувати до 70 % олії.

**Прес ФП** (рис. 1.6) це шнековий пресів для попереднього витягування олії. Станина 1, що є основою, на якій змонтовані усі головні вузли преса, виконана литою із чавуну. Вона складається із двох стійок, які з'єднані стяжними болтами.

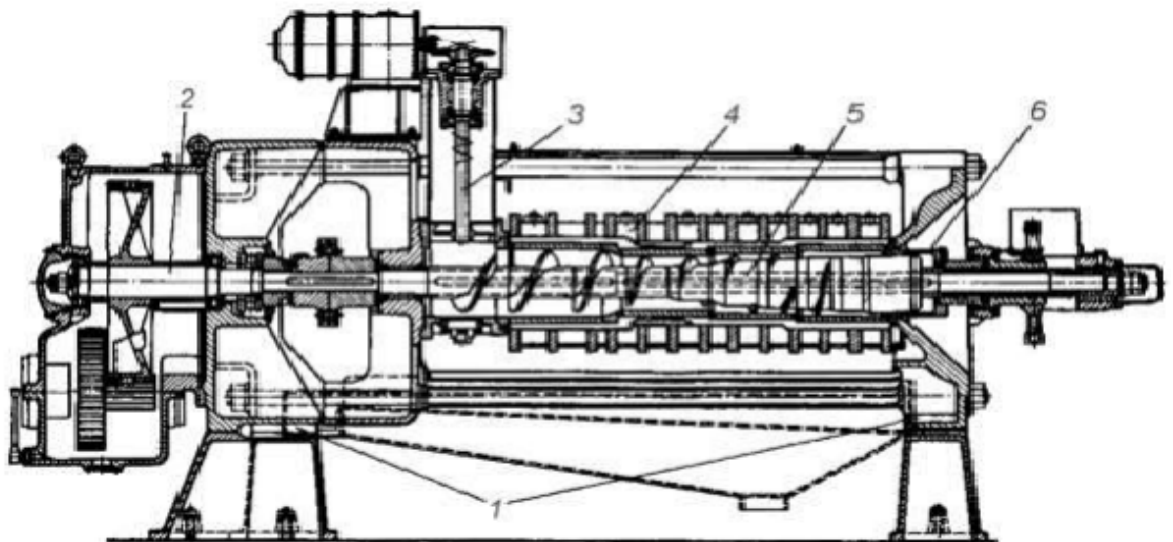


Рисунок 1.6- Схема форпреса ФП:

1 - станина; 2 - вал приводний; 3 - регулятор живлення; 4 - зграбан; 5 - шнековий вал; 6 - регулювальний пристрій.

Зерний барабан 4 складений зі ступінчастих секцій різного діаметру. Кожна секція має стяжні скоби з осьовим розніманням і зерні планки, що опираються на циліндричну поверхню через кромку центрального отвору стяжних скоб. Зерні планки укладають так, щоб їх виступаючі частини були за напрямком обертання шнекового вала. Всього в обох половинках стяжної скоби розташовано чотири стопи зерних планок. Зазор між планками змінюється залежно від використаного способу знімання

масла та виду олійної сировини, зменшуючись у напрямку до виходу матеріалу. Робочий простір утворюється між зовнішньою поверхнею шнекового вала та внутрішньою поверхнею зеєрного барабана.

Характеристики Фотопрес ФП включає такі технічні:

Продуктивність, т/добу для: - соняшника 35...45 - бавовнику 50...55

Відсоток олії у макусі, % 20...12

Частота обертання шнекового вала, об/хв. 12...25

Потужність електродвигуна, кВт 20,0

Габарити, мм 1563×1400×1950

Маса, кг 4250

Шнековий олійний прес МП-68 (рис. 1.7) попереднього витягування олії, який має геометричні розміри робочих органів (шнекового вала і зеєрного циліндра), що збігаються з аналогічними розмірами преса ФП.

Основними вузлами преса МП-68 є наступні:

Є лита станина, з опорними стояками, які з'єднані зварними трубами і швелерами. Корпус підшипника шнекового вала зміцнений на станині з боку виходу макухи. Робоча камера включає шнековий вал і зеєрний барабан, спираючись на радіальні сферичні дворядні підшипники. Обертання шнекового вала передається від редуктора через хрестоподібну муфту та ланцюгову передачу. Зеєрна камера розкривається і закривається за допомогою лебідки та має спеціальні ножі для запобігання провертанню мезги зі шнековим валом.

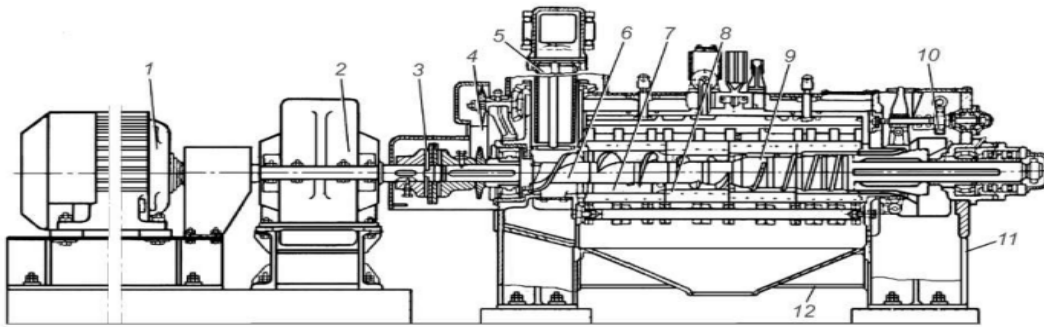


Рисунок 1.7 Схема олійного преса МП-68:

1 - електродвигун; 2 - редуктор; 3 - муфта; 4 - ланцюгова передача; 5 - живильник;  
6 - шнековий вал; 7 - зерна камера; 8 - шнековий виток; 9 - перехідне кільце;  
10 - регулятор тиску; 11 - станина; 12 - збірний пристрій.

Живильник має обертову трубу зі скребками для очищення стінок. Механізм для зміни товщини макухи розташований у корпусі станини, де кільце може рухатися за допомогою підйомної системи. Збірний пристрій для олії має зливальний лист і збірник, закріплені між стійками станини на двох швелерах. Привід олійного преса складається з електродвигуна і редуктора, з'єднаних муфтою, що дозволяє регулювати частоту обертання шнекового вала.

Характеристика олійницького преса МП-68

Продуктивність, т/добу, для насіння: - соняшника 70 - бавовнику 70

Олійність макухи, % 11...18

Частота обертання шнекового вала, об/хв. 18, 24, 37

Потужність електродвигуна, кВт 28, 36, 40

Габаритні розміри, мм 4870×1570×2095

Маса, кг 5105

Прес олійний ЕТП-20 (рис.1.8) виготовляється фірмою СКЕТ (Німеччина), Це обладнання є шнековим пресом і здатне працювати як у режимі форпресування, так і в режимі остаточного пресування.

Прес ЕТП-20 може змінювати режими шляхом заміни шнекових витків і зміни частоти обертання шнекового вала. Особливістю є подовжений зеєр, можливість підігріву або охолодження шнекового вала та регулювання ширини вихідної щілини конусом. Для подачі мезги використовується шнековий живильник з самостійним приводом через варіатор.

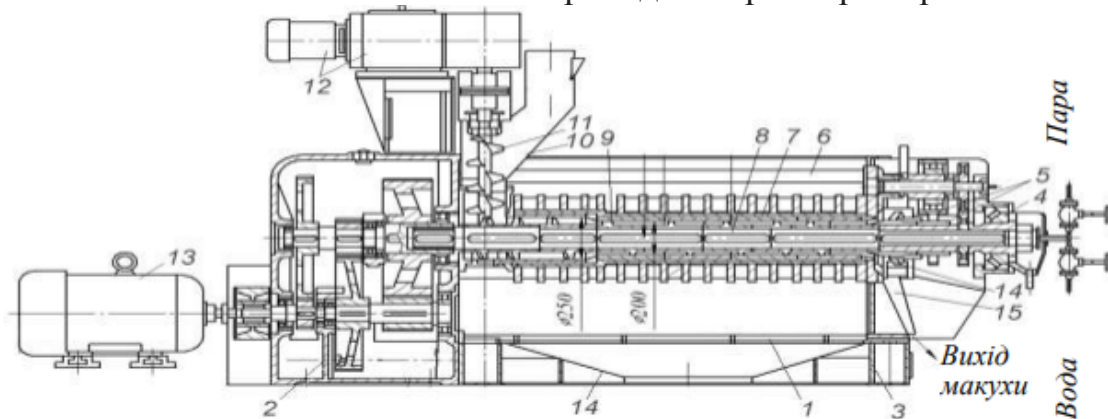


Рисунок 1.8- Олійний прес подвійного призначення ЕТП-20:

1 - станина; 2 - ліва опорна рама (корпус редуктора); 3 - права рама; 4 - упорний підшипник; 5 - механізм регулювання конуса; 6 - стяжки; 7 - зеєрний циліндр; 8 - головний вал; 9 - шнекові витки; 10 - тічка для подачі сировини (мезги); 11 - живильник; 12 - привод живильника; 13 - електродвигун головного привода; 14 - піддон для олії; 15 - ножі для дроблення макухи (черепашки); 16 - тічка для макухи.

Характеристика преса ЕТП-20, який має продуктивність, т/добу, по насінню соняшника: у режимі форпресування (Мж = 15...18 %) 60...80 у режимі остаточного пресування (Мж = 4...6 %) 30...40

Та електродвигун преса: потужність, кВт 55,0 частота обертання, об/хв. 1460

Електродвигун живильника: потужність, кВт 4,0 частота обертання, об/хв. 1460

Кількість витків шнекового вала, шт.: для режиму форпресування 7 для остаточного пресування 8

Габаритні розміри, мм 5000 × 950 × 2340 Маса, кг 6180[5]

Нині ринок України насичений олійними пресами невеликої продуктивності вітчизняного і зарубіжного виробництва, призначеними для малих підприємств і фермерських господарств. Усі вони базуються на принципі шнекового пресування, мають достатньо просту конструкцію і при цьому велику надійність і стабільність у роботі. На рис. 1.9 показаний зовнішній вигляд вітчизняного олійного преса ММШ-450. [14]

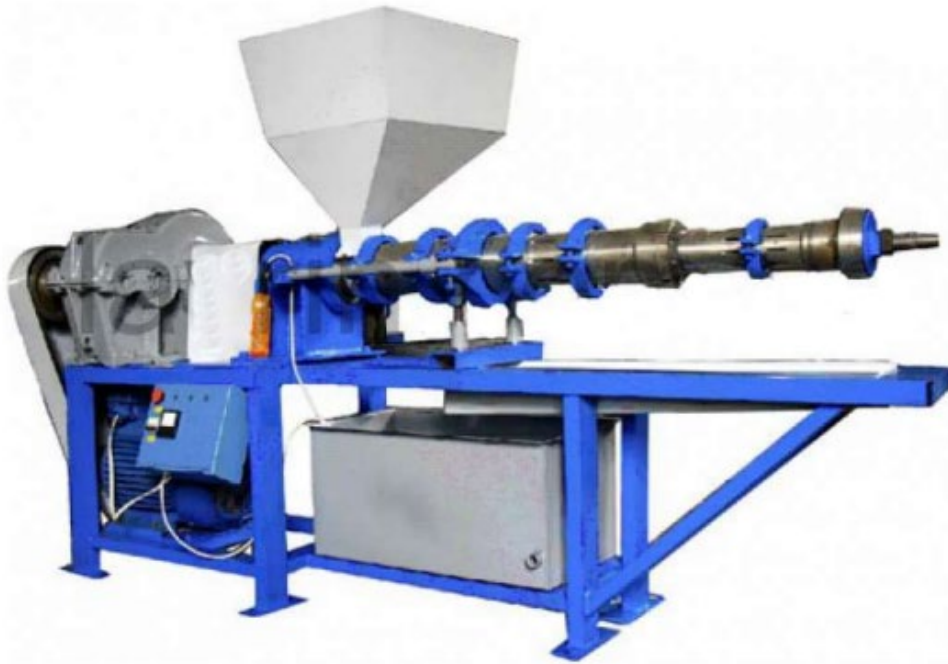


Рисунок 1.9 Фото олійного преса ММШ-450

Прес потрійного віджиму з регулюванням двох камер стиску. Призначений для одержання сирих рослинних олій з обрушеного насіння соняшника, а також екструдованої сої.

Технічна характеристика олійного преса ММШ-450

Продуктивність, кг/год. 420...450 Вихід олії, % 36...43

Потужність двигуна, кВт 22 Габарити (Д×Ш×В), мм 2500×1300×1800

Маса, кг 1000

Олійний прес марки NF-500 Vario SS виробництва Німеччини (рис.1.10) призначений для виробництва рослинної олії шляхом холодного віджиму сировини. Модель призначена для невеликих і середніх виробництв,

що мають цільову орієнтацію на клієнта. Вона дозволяє працювати „під замовлення“, виготовляти невеликі партії масел із самих різних культур. Ідеальний варіант використання – фермерські господарства.



Рисунок 1.10- Фото загального вигляду преса NF-500 Vario SS

Цей пристрій, виготовлений із нержавіючої або конструкційної сталі, має численні переваги, такі як невелика маса, компактність та економія електроенергії. Модифікації Basic розраховані на фіксовану частоту обертання, Vario - змінну частоту. Виробник передбачив широкий спектр обробки різних видів насіння, включаючи гранатові кісточки, пальмові насіння, мак, коноплі та інші. [7]

#### 1.4 Перспектива та значення виробництва дієтичної олії з кукурудзяних зародків

Виробництво дієтичної олії із зародків кукурудзи є перспективною областю досліджень у галузі харчових технологій. Зародки кукурудзи багаті не тільки на полі ненасичені жирні кислоти, такі як лінолева кислота (омега-6) і альфа-ліноленова кислота (омега-3), але й важливими антиоксидантами, включаючи токофероли і каротиноїди.

Згідно з дослідженнями, вміст лінолевої кислоти в зародках кукурудзи може досягати 60–70%, а альфа-ліноленової кислоти – до 2–4%. Фітостероли, також виявлені в зародках кукурудзи, можуть становити значну частку, і їхня присутність у їжі пов'язана зі зниженням рівня холестерину.

Вітамінний склад такої дієтичної олії також значний. Наприклад, вміст вітаміну Е, представленого токоферолами, може перевищувати 700 мг/кг. Ці антиоксиданти сприяють покращенню стабільності олії в процесі зберігання та мають позитивний ефект на здоров'я.

У світлі підвищеного інтересу до функціональних продуктів, така дієтична олія є перспективним інгредієнтом для створення продуктів з додатковими біологічно активними компонентами. Ці дані підкреслюють важливість подальших досліджень та розробок у галузі виробництва олії із зародків кукурудзи в контексті сучасних тенденцій у харчуванні та здоров'ї.  
[15,16]

## 1.5. Мета і завдання досліджень

Метою досліджень є: обґрунтування технологічного процесу та його режимних параметрів переробки кукурудзяних зародків в дієтичну олію

Завданнями досліджень є:

- на основі вивчення існуючих технологій в олійному виробництві визначити найбільш раціональний метод виділення олії з зародків;
  - на основі аналізу сучасного обладнання обрати обладнання, яке відповідає умовам обробки зародків тиском для гарантованого виділення олії;
  - провести експериментальні дослідження та визначити оптимальні режими обробки зародків, а саме: значень тиску, температури обробки, швидкості обертання робочого шнеку, товщини макухи на виході пресу;
  - визначити якісні характеристики отриманих з зародків олії та макухи, та запропонувати їх використання;
  - провести розрахунок вартості експериментальних досліджень;
- Об'єктом дослідження є технологія виробництва олії з кукурудзяних зародків та продукту макухи.

Предметом дослідження є сировина кукурудзяних зародків, призначена для отримання дієтичної олії та макухи.

## Висновки за розділом

В результаті аналізу хімічного складу насіння соняшника та ріпаку, можна відзначити їх високий вміст ліпідів, білків, целюлози та золи, що робить їх цінними сировинними матеріалами для виробництва рослинних олій. Сучасні сорти рослин, особливо безерукові сорти ріпаку, мають високу врожайність і дозволяють отримувати олії з меншим вмістом глюкозинолатів та ерукової кислоти, що розширює їх застосування в харчовій промисловості та годівлі тварин.

Аналіз технологічного обладнання для виробництва рослинних олій показав, що пресування та екстракція залишаються основними методами вилучення олій із сировини. Комбінація цих методів дозволяє ефективно витягувати олії з різних видів рослинної сировини, забезпечуючи високу продуктивність та якість кінцевого продукту.

Таким чином, перший розділ роботи дозволив розглянути хімічний склад насіння соняшника та ріпаку, їх значення як сировинних матеріалів для виробництва олій, а також основні методи та обладнання для їх переробки. Ці висновки є основою для подальшого дослідження питань виробництва та використання рослинних олій у різних галузях промисловості та сільського господарства.

## 2. Характеристика процесу переробки кукурудзяних зародків в олію та макуху

У зародку зерна містяться переважно енергетичні та фізіологічно корисні речовини. Складаючи за вагою лише 1/10 частина зерна, зародок містить понад 4/5 всього жиру зерна (близько 82%), близько 4/5 мінеральних речовин і 1/5 частина протеїну зерна. У ньому знаходиться велика кількість фосфатидів та комплекс водо- та жиророзчинних вітамінів. У кукурудзяному зерні містяться каротин, вітамін А, тіамін (В1), рибофлавін (В2), альфа-токоферол (Е), пантотенова кислота, фолієва кислота, ніацин (РР). Вміст альфа-токоферолу у кукурудзі становить 11,21 мг/кг. [8]

Кукурудзяний зародок використовують для отримання цінної харчової сирової кукурудзяної олії, а також рафінованої кукурудзяної олії з сирової. Висока якість цієї олії обумовлена значним вмістом у ньому зазначених вище вітамінів.

Методи виділення зародка. У промисловості відомо два способи відділення зародка кукурудзи: мокрий спосіб виділення зародка, сухий спосіб виділення зародка. Ці способи не дозволяють отримувати зерновий кукурудзяний зародок у чистому вигляді.

Мокрий спосіб відділення зародка застосовується головним чином крохмало-паточних підприємствах. При переробці кукурудзи мокрим способом виділяється близько 50% зародка.

Сухий спосіб виділення зародка кукурудзи застосовується на млинах при виробленні кукурудзяного борошна та крупи та на харчових комбінатах - при виробленні кукурудзяних пластівців. При переробці кукурудзи сухим методом виділяється близько 70% зародка. Кукурудзяний зародок, що виділяється мокрим способом, містить жиру в перерахунку на суху речовину 55%, а сухим способом, що виділяється, - до 25-35%. Однак масло і макуха кукурудзяного зародка, виділеного сухим способом, краще за якістю, оскільки корисні речовини, у тому числі і фізіологічно цінні, зберігаються в ньому повніше, ніж при виділенні зародка вологим способом.

У зв'язку з цим особливої важливості набуває виділення кукурудзяного зародка сухим способом з мінімальним вмістом у ньому домішок ендосперму та збагачення його шляхом додаткового видалення ендосперму. Необхідно підкреслити, що наявність жиру в кукурудзяному борошні, крупі або пластівцях призводить до швидкого псування їх (прогоркання), тому максимальне відділення зародка має різко покращити якість продуктів і запобігти їх псуванню. Найбільш повне виділення зародка із кукурудзи дозволяє збільшити ресурси сировини для олії.

Внаслідок великого вмісту ендосперму та низького відсотка жиру в зародку при сухому способі його виділення виробництво олії пресовим способом із зародка кукурудзи дуже утруднено, оскільки олія погано віджимається. Більш раціонально тому вилучення олії із зародка кукурудзи екстракційним способом. Однак наявність у зародку великої кількості крохмалю може призвести до його клейстеризації, що може спричинити ускладнення у технологічному процесі виробництва. Для отримання масла пресовим способом із зародка при сухому методі його виділення потрібно розробити ефективний спосіб його отримання з мінімальною кількістю домішок.

При мокрому способі відділення зародка на крохмало-паточних заводах кукурудзяне зерно піддається замочці тривалому впливу слабого водного розчину сірчистої кислоти і потім води.

У процесі замочки зародок стає пружно-еластичною і його зв'язок із зерном слабшає. Для звільнення зародка у схемі крохмального виробництва передбачено дворазове дроблення зерна із відділенням звільненого зародка. Схема виділення кукурудзяного зародка дана на рис. 1.

При першому дробленні виділяється до 85% всього зародка, при другому - 15%. Зародок виділяється у зародку-відділювачах, принцип роботи яких заснований на різниці у питомій вазі кашки та зародка.

У процесі виділення зародка відбуваються фізико-хімічні зміни, які погіршують якість кукурудзяного зародка та олії та особливо фізіологічно

цінних речовин – вітамінів та фосфатидів. Одним із процесів, що при цьому відбуваються, є екстракція із зародка розчинних білків, вуглеводів та інших речовин, всього до 35%. За рахунок цього відбувається збіднення зародка білками типу альбумінів та глобулінів та збагачення його жиром. Олійність кукурудзяного ембріона зростає з 30-37% (ботанічна) в середньому до 55% на суху речовину.

На існуючих крохмальних заводах кукурудзяний зародок піддається сушінню до вологості 0,9—1,5% димовими газами котельні, що відходять, в обертових сушарках при температурі теплоносія 350—450 °С. У процесі сушіння димовими газами котельні від спалювання мазуту зародок забруднюється і змінюється його колір від нормального блідо- . Одночасно цінні складові речовини зародка (білки, вітаміни та фосфатиди) зазнають значної денатурації, внаслідок чого якість кукурудзяного зародка погіршується. Це пояснюється тим, що кукурудзяний зародок позбавлений захисної оболонки, і масло, що міститься в ньому, в процесі сушіння при високих температурах легко окислюється. При цьому значно погіршується його запах. Для запобігання окисленню та збереженню в олії фізіологічних цінних речовин - вітамінів і фосфатидів - сушіння зародка необхідно проводити при температурі теплоносія не вище 90 °С. У цьому випадку зберігаються також фізіологічно цінні речовини макухи – важливого концентрованого корму.

## 2.1. Опис технологічного процесу та режимів обробки кукурудзяних зародків

Вилучення рослинних олій із сировини відбувається з використанням різних методів, включаючи пресування та екстракцію, які можуть застосовуватися як послідовно, так і окремо один від одного.

Пресування є найстарішим способом вилучення олії, де олія витягується з насіння механічним віджиманням під високим тиском. Існує два види пресування: холодне та гаряче. При холодному пресуванні масло витягується без попередньої теплової обробки насіння, що дозволяє зберегти його світлий колір, натуральний смак та аромат. Для збільшення виходу олії та поліпшення її якості насіння може піддаватися обсмажуванню перед пресуванням, що призводить до зниження в'язкості олії та посилення її смаку та аромату.

Для зниження негативного впливу високих температур та підвищення виходу олії використовується дворазове пресування. Спочатку насіння зволожують парою і піддають попередньому пресуванню при відносно низькому тиску. Потім олійну масу, що залишилася, сушать і піддають остаточному пресуванню при більш високому тиску. Олія, отримана в результаті остаточного пресування, має темніший колір і підвищену кислотність, а в макуху залишається невелика кількість жиру.

Гаряче пресування забезпечує більш високий вихід олії, але вимагає подальшої рафінації через підвищений вміст фосфору. Крім того, воно вимагає більше енергії порівняно з холодним пресуванням.

Екстрагування – це сучасний та економічно ефективний спосіб вилучення рослинних олій із сировини. При цьому олія витягується з м'ятки з використанням жиророзчинника, що дозволяє отримати майже всю олію з насіння (у шроті залишається менше 1% жиру). Як розчинник часто використовується бензин спеціальної очистки, який не розчиняє смолисті сполуки, продукти окислення жирів та інші домішки, що забезпечує

отримання більш чистої олії. Бензин легко видаляється з олії та знежиреної маси.

Для повного вилучення олії з насіння з високим вмістом олії часто використовується комбінований підхід, що включає форпресування та екстракцію. Спочатку масло витягається пресуванням (гарячим або холодним), а потім сировина, що залишилася, піддається екстракції.

Очищення рослинних олій необхідне видалення різних домішок, ароматичних, білкових і слизових речовин, пігментів, вільних жирних кислот та інших шкідливих сполук. Залежно від типу домішок застосовують різні методи очищення.

Механічна очистка використовується для видалення зважених домішок з олії за допомогою відстоювання, фільтрування або центрифугування. Масла, що пройшли лише механічне очищення, називають нерафінованими.

Гідратація використовується для видалення білкових та слизових речовин з олії. Олія пропускається через розпорошену гарячу воду або 1% розчин кухонної солі, що дозволяє виділити і видалити домішки.

Нейтралізація (лужна обробка) застосовується видалення вільних жирних кислот з олії. Луж додається в олію, щоб утворити мило з жирними кислотами, яке потім видаляється з олії.

Відбілювання проводиться для видалення барвників з олії за допомогою відбільних глин, активованого деревного вугілля та інших адсорбентів, які поглинають і утримують барвники.

Олії, що пройшли механічне очищення, гідратацію, нейтралізацію та відбілювання, називають рафінованими недезодорованими.

У процесі дезодорації олія позбавляється природних ароматичних речовин, властивих жирам, а також звільняється від слідів розчинника, якщо вона отримана екстрагуванням. Дезодорацію проводять у спеціальних апаратах-дезодораторах, де створюється вакуум. Через масло, нагріте до 170-230 ° С, пропускають гостру перегріту пару, яка, проходячи через товщу масла, перемішує його, поглинає ароматичні речовини.

Олії, що пройшли повну схему очищення, називають рафінованими дезодорованими.

Відділення кукурудзяного зародка від зерна здійснюється мокрим та сухим способами. Мокрий спосіб полягає в тривалому замочуванні зерна (протягом 36-50 год) в теплому (48-50 год) водному 0,2% розчині сірчистої кислоти, в подальшій обробці зерна на дискових дробарках і поділ отриманої "кашки" на гідроциклонах або на сепараторах флотаційного типу, де зародок відокремлюється від загальної маси частинок крохмалистої ендосперми. Потім відокремлені зародки піддають триразовому промиванні від крохмалю, що залишився в них в невеликих кількостях, після чого з маси зародків видаляють вологу спочатку на шнекових пресах, а потім на безперервно діючих барабанних або парових сушарках, у тому числі і вакуум-сушарках. Недоліком мокрого способу відокремлення кукурудзяного зародка від зерна є нижча якість масла, що міститься в зародках, порівняно з маслом, отриманим сухим способом. Це пов'язано з розвитком гідролітичних та інших побічних процесів у жирі при волого-тепловій обробці кукурудзяного зерна. [9]

Негативною рисою зародків, отриманих сухим способом, є високий вміст крохмалю в них, що може ускладнювати процеси смаження перед пресуванням. При низькій олійності зародків і високому вмісті крохмалю отримання масла пресовим способом стає неможливим. Кукурудзяні зародки, незалежно від способу одержання, містять неолійні органічні домішки, такі як борошністі пилоподібні частинки зерна, лушпиння кукурудзи та інші. Присутність цих домішок збільшує втрати олії та погіршує роботу обладнання. Для уникнення цього проводиться очищення зародків від сміття за допомогою сепараторів або машин для очищення олійного насіння.

При використанні сепараторів для очищення зародків знімання неолійної органічної сміття становить 80-90%, а бур'ян зародка після очищення не перевищує 0,8-1,0%. Максимальне вилучення олії досягається при глибокому розтині клітинної структури зародків, що забезпечується їх добрим подрібненням. Це також сприяє рівномірному розподілу вологи при

зволоженні помелу, що веде до витіснення масла на поверхню частинок м'ятки. Зародки, призначені для подрібнення, спочатку прямують у живильний бункер. Під дією працюючого валика живлення через щілину між валиком і шибером матеріал надходить на щит і ковзає по його поверхні в зазор між двома верхніми валками. Верхня пара валків нарізна, що забезпечує захоплення великих частинок олійного матеріалу для подрібнення. Після першого проходу матеріал потрапляє на другий щит, що спрямовує його на другий прохід між четвертим та третім валками. Потім матеріал послідовно проходить між третім та другим, а потім між другим та першим валками. Після цього подрібнений олійний матеріал, відомий як м'ятка, збирається у збірний шнек.

Найбільш задовільні результати при описаному методі подрібнення досягаються при вологості зародків сухого способу одержання в межах 9-10%. Якщо зародки мають низьку вологість, що характерно для висушеного зародка мокрого способу відділення, отриману з рифлених вальців крупку кондиціонують, пропарюючи її гострим паром в шнеку, що подає її на п'яти вальцеві верстати. Це дозволяє довести вологість зародків сухого способу одержання до зазначених меж, тобто. до 9-10%, а зародків мокрого способу – до вологості 6,5-7,0%. При більш високому зволоженні розмелювання зародків мокрого способу одержання утруднюється через утворення м'якого високоолійної маси, що призводить до налипання на валки.

Волого-теплова обробка, або жаріння, є операцією кондиціонування за вологістю та температурою подрібненого олійного матеріалу перед вилученням олії пресуванням. Одержуваний матеріал називається мезгою.

Зародки, як низько олійна сировина, піддаються тепловій обробці перед плющенням для отримання більш стійкої пелюстки. Для цього вони нагріваються в жаровні за допомогою глухої пари до певної температури.

У разі високо олійної сировини зародки доцільно попередньо форпресувати перед екстракцією для отримання пресової олії і добре макухи, що добре екстрагується. Підготовка м'ятки до пресування включає

зволоження та пропарювання насиченою парою з подальшим підсушуванням та нагріванням.

Апарати для смаження мезги повинні забезпечувати безперервність товарного потоку, рівномірне зволоження і пропарку всієї маси м'ятки, що обробляється, рівномірне перемішування мезги для рівномірного підігрівання, безперервне харчування готової мезгою шнекових пресів, а також автоматичне підтримання заданої температури і вологості мезги.

При подачі мезги на прес її вологість повинна становити 6-6,5%, а температура - 90-95°C. Висушування мезги з жаровні повинне здійснюватися природним шляхом.

Для процесу холодного віджиму можна застосовувати теплообмінники для підігріву насіння до оптимальної температури (35°C), якщо умови зберігання насіння не забезпечують таку температуру.

Холодний віджимання насіння може виконуватися одноразово з використанням одного преса або в два етапи з використанням форпреса (преса попереднього віджиму) і преса для остаточного пресування.

При гарячому віджимі форпресування насіння олії дозволяє зняти до 85% масла без використання розчинника і з меншим тепловиділенням. Це також сприяє підвищенню пропускної спроможності обладнання та поліпшенню структури матеріалу, що екстрагується.

Вміст олії в макусі становить 14-20%. Його направляють на остаточне пресування або отримання пелюстки. Остаточне видалення масла здійснюється в суворіших умовах, що призводить до зниження вмісту масла в макуху до 4-7%.

При змішаному методі виробництва спочатку проводиться попереднє видалення олії на шнекових пресах, відоме як форпресування, після чого масло витягається з макухи шляхом екстрагування.

Макуха роздрібнюють, пелюстують і подають в екстрактор при температурі не вище 50°C. Екстрагування відбувається у спеціалізованих апаратах - екстракторах, з використанням органічних розчинників, таких як

екстракційний бензин марки А та нефрас з температурою кипіння від 63 до 75°C. В результаті утворюється розчин олії в розчиннику, відомий як місцелла, і знежирений твердий залишок, просочений розчинником, відомий як шрот.

Розчинник проникає через мембрани клітин екстрагованої частки, переносячи масло з клітин розчинник і навпаки. Під впливом різниці концентрацій масло переміщується з частки у зовнішнє середовище до тих пір, поки концентрації олії в частинці та розчиннику не вирівнюються. У цей момент екстракція припиняється.

Екстракцію олії з олійної сировини здійснюють двома способами: зануренням та ступінчастим зрошенням. При екстракції зануренням сировина проходить через безперервний потік розчинника в умовах протитечії, коли розчинник та сировина рухаються у протилежних напрямках. Цей процес здійснюється в екстракторах, таких як НД-1000, НД-1250, Ольє-200 та інших, що складаються із завантажувальної колони, горизонтального циліндра та екстракційної колони, в яких встановлені шнеки.

Екстрактор Ольє - це обладнання для видалення олії із сировини, що включає робочу колону, ковшову норію та цокольну плиту. Він забезпечує рівномірне перемішування матеріалу та регулюється варіатором для оптимальної роботи. Процес починається із завантаження матеріалу через самоточну трубу, де встановлений сигналізатор. В екстракторі матеріал і розчинник переміщуються через колону, а потім місцел і шрот відправляються на обробку. Після екстракції місцелла і шрот проходять процес відгону розчинника, а потім матеріал кондиціонується. Екстракція на стрічковому екстракторі МЕЗ здійснюється сітчастою стрічкою, що рухається, а дистиляція проводиться в кілька етапів для видалення розчинника з місцели. [20]

## 2.2 Вибір раціонального технологічного сучасного обладнання для виконання процесу

Запропонована комбінована технологія виробництва кукурудзяної олії включає холодний віджимання та екстракцію, забезпечуючи високу якість олії та мінімізацію втрат. Процес складається з підготовки сировини, її очищення, подрібнення, холодного віджиму, подальшої обробки форпресової макухи, екстракції, дистиляції та фільтрації олії. Підготовка сировини включає мокре відділення зародка від зерна, промивання та дроблення при низькій температурі. Основні переваги цієї технології – високий вихід якісної олії, економія енергії та ресурсів, а також можливість використання універсального обладнання.

Залежно від продуктивності цеху лінія може бути укомплектована необхідною кількістю технологічного обладнання згідно з технологічною частиною проекту. Постачається повітряно-ситовий сепаратор, вальцевий верстат, маслопрес для «холодного віджиму» та фільтр-прес.

### **Вібрційний сепаратор СПВ-01**

Особливістю конструкції є проведення попереднього та остаточного очищення зернових, бобових та інших культур від великих та дрібних домішок.



Рис. 2.1 Вібрційний сепаратор СПВ-01

### **Вальцевий верстат Р6-ВС**

Верстат малогабаритний вальцевий Р6-ВС 185x170 призначений для подрібнення зерна помоллах пшениці та жита як на млинах невеликої продуктивності, так і у приватних фермерських господарствах. Основним робочим органом вальцевих верстатів є пара діагонально розташованих

мелючих вальців. Бочки вальців, що мелють, можуть виконуватися з гладким або рифленим рельєфом робочої поверхні.



Рис. 2.2 Вальцевий верстат Р6-ВС

#### Маслопрес ПХП-200

Маслопрес ПХП-200, який призначений для віджиму олії із зародків кукурудзи інших олійних культур методом холодного пресування. Процес віджимання олії маслопресом відбувається при температурі трохи більше 50 °З.



Рис. 2.3 Маслопрес ПХП-200

#### Фільтр-прес Ш4-ВФП-12/М

Фільтр-прес призначений для фільтрування олії. Гідратована або відстоєна олія подається на фільтр попередньо охолодженою для видалення восків та воскоподібних речовин.

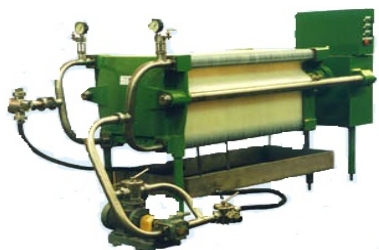


Рис. 2.4 Фільтр-прес Ш4-ВФП-12/М

Згідно з машинно-апаратною схемою, очищене зерно передається на встановлення замкових чанів, де воно замочується в сірчистій кислоті за принципом протитечії. Потім зерно прямує на дробарки першого та другого дроблення для виділення зародка. Виділені зародки проходять процес промивання та сушіння перед тим, як піддатися подрібненню на вальцевому верстаті та подальшому віджиму олії. Отриманий макуха піддається додатковій обробки на молотковій дробарці та плющильному верстаті, а потім проходить вологотеплову обробку перед екстракцією. З мисцели та шроту, отриманих у процесі екстрагування, розчинник відганяється в дистеляторі та шнековому випарнику.

### 2.3. Якісні показники кукурудзяної олії та макухи

Кукурудзяна олія має ряд характеристик, які визначають її якість:

Колір та ступінь прозорості є важливими показниками якості кукурудзяної олії. Як правило, вона має світло-жовтий або золотистий відтінок і повинна бути абсолютно прозорою, не містити видимих включень або осаду. Щодо аромату, кукурудзяна олія має мати слабкий нейтральний запах, характерний для рослинних олій. Відсутність запаху або наявність приємного аромату свідчить про високу якість продукту. Нейтральний смак без гіркоти або відчуття присмаку також є показником якості кукурудзяної олії.

Якісні характеристики макухи визначаються в основному вмістом білка та клітковини. Макуха повинна бути пухкою, борошністою масою жовтого кольору з приємним ароматом і солодкуватим присмаком. Важливо, щоб вміст вологи в макухі був низьким, щоб забезпечити тривале зберігання без псування. Макуха містить значну кількість білка та клітковини, що робить її цінним кормовим продуктом для тваринництва.[19]

За зовнішніми та сенсорними характеристиками, макуха кукурудзяного зерна представляє собою пухку, порошковату масу жовтого кольору з приємним ароматом і солодкуватим смаком. Його частки легко розмелюються і мають хорошу крихкість, а також добре переробляються на звичайних зернових млинах. Кормова маса не має здатності збирати вологу і характеризується високою рівномірністю розподілу. При аналізі хімічного складу кормового кукурудзяного концентрату, більш зручно порівнювати його з екструдатом кукурудзи для визначення біохімічних змін у складі корму під час обробки. Кормовий кукурудзяний концентрат має трохи менший рівень обмінної енергії порівняно з екструдатом кукурудзи (-7,8%), обумовлене більш високим вмістом клітковини. Однак завдяки високій перетравності клітковини в кукурудзяному концентраті, його негативний вплив на доступну енергію є незначним. Фактично, рівень обмінної енергії в кукурудзяному концентраті може бути навіть вищим, ніж у екструдата

кукурудзи, що свідчить про можливість зниження розрахункового рівня обмінної енергії для кукурудзяного концентрату.



Рис.2.5 Загальний вид кормового концентрату кукурудзи (макухи кукурудзяного зародка).

Кормовий кукурудзяний концентрат слід розглядати як ефективне джерело білка, оскільки його вміст перевищує більш ніж удвічі вміст білка в екструді кукурудзяного зерна. Однією з переваг є видалення значної кількості лінолевої кислоти з основної маси жиру, що витягується з кукурудзяного зародка, що робить кормовий кукурудзяний концентрат важливим компонентом раціонів птиці. Крім того, макуха кукурудзяного зародка містить більше мінералів, ніж зерно, зокрема вміст кальцію перевищує вміст у кукурудзяному зерні у 10 разів, а фосфору – у 7,3 рази, що робить її цінним джерелом мінеральних речовин. Також важливо зазначити, що макуха містить більше незамінних амінокислот, ніж ендосперм будь-якого відомого кормового зерна. Порівняння білків зерна і макухи кукурудзяного зародка свідчить, що лізину в макуху зародка накопичується до 0,89%, що вище ніж у кукурудзяному екструдаті в 3,4 рази, а метіоніну - 0,68%, що відповідно вище в 3,8 рази. Загалом сума незамінних амінокислот у складі макухи перевищує кукурудзяний екструдат у 2,14 рази.

## Висновки за розділом

Виділення кукурудзяного зародка може здійснюватися двома способами: мокрим та сухим. Обидва способи мають свої переваги і недоліки, але сухий спосіб зазвичай використовується для отримання кращої якості олії та макухи, оскільки він зберігає більше фізіологічно цінних речовин. У процесі виділення зародка, особливо при використанні мокрого способу, можуть відбуватися фізико-хімічні зміни, які погіршують якість кукурудзяного зародка та олії та знижують вміст фізіологічно цінних речовин.

Тому, для отримання кращої якості олії та макухи кукурудзяного зародка виробники зазвичай використовують сухий спосіб виділення зародка та дотримуються оптимальних умов сушіння, щоб зберегти корисні властивості продукту.

Процес переробки кукурудзяних зародків в олію та макуху включає кілька етапів. Спочатку зерно кукурудзи може бути піддане мокрому або сухому виділенню зародка. Після цього зародок піддається сушінню для зменшення вологості. Проте, у процесі сушіння може відбуватися денатурація білків, вітамінів та фосфатидів через високі температури та окислення. Тому важливо контролювати температуру сушіння, щоб зберегти цінні речовини. У кінцевому результаті отримують олію та макуху, які можуть бути використані в харчовій і тваринницькій промисловості.

Кукурудзяний зародок містить значну кількість жиру, мінеральних речовин і протеїну, а також фосфатидів та різні вітаміни, такі як вітамін А, тіамін (В1), рибофлавін (В2), альфа-токоферол (Е), пантотенова кислота, фолієва кислота, ніацин (РР), та інші. Кукурудзяний зародок використовується для виробництва цінної харчової сирової кукурудзяної олії та рафінованої кукурудзяної олії, яка має високу якість завдяки значному вмісту цих корисних речовин.

### 3. Експериментальні дослідження

#### 3.1 Програма та методика експериментальних досліджень та постановка

##### задач

Програма експериментальних досліджень включає

- обрання сировини для проведення досліджень, з визначеннями їх фізико-механічними характеристиками ;
- проведення досліджень на обладнанні, обраному на основі аналізу технічних засобів для відтискання олії – шнековому пресу;
- проведення експериментів по визначенню основних режимних параметрів, які забезпечують відтискання олії та макухи тиском;
- визначити параметри роботи шнекового преса при раціональному режимі його роботи, такі як: швидкість обертання робочого шнеку, товщина макухи на виході, температура обробки зародків; раціональний крок шнекового робочого органа.

Методикою проведення експериментальних досліджень передбачається послідовне виконання технологічного процесу вилучення олії з сировини і включає такі процеси :

- рівномірне дозоване завантаження зародків в приймальний бункер шнекового преса;
- обрання в процесі проведення експериментів раціональної швидкості обертання шнекового робочого органа з урахуванням оптимальних енерговитрат та температури обробки;
- вибір в процесі величини зазору між противоконусом та корпусом преса для визначення товщини макухи, яка виходить з пресу.

Згідно методики, продукція, яка виходить з пресу при пресуванні збирається та замірюється її кількість та якість, які визначаються згідно стандартних методик.

### 3.2. Характеристика експериментального обладнання для переведення експериментальних досліджень

В якості експериментального обладнання обрані шнекові преси двох типів, які представлені на рис 3.1. та рис. 3.2. Також в подальшому вони будуть позначені як шнековий прес №1 та шнековий прес №2.



Рис. 3.1. Шнековий прес №1



Рис. 3.2. Шнековий прес № 2

Проведення експериментів на шнековому пресі №1 забезпечувало дозоване завантаження сировини (рис.3.3)



Рис. 3.3. Вигляд сировини з зародків кукурудзи

Також показані на рис.3.1. ємності та вигляд продуктів переробки – пресова кукурудзяна олія на виході з пресу - макуха

### 3.3. Визначення режимних параметрів обробки зародків та обґрунтування виро бору оптимальних значень

В результаті експериментальних досліджень багато чисельно відбувалось безперервне завантаження пресу зародками для виходу на рівноважний режим роботи, пов'язаний з продуктивність і оптимальній енергонасиченістю.

Регулювання зазору між конусом, який запирає вихід макухи з корпусу шнека та тим самим змінює тиск, забезпечувалось спеціальною гайкою конуса. Також при проведенні експериментів зазор регулювався від 1.5 мм до мінімального 0.1 мм.

При зазорі, якій дорівнював 1.5 мм – тиск зменшувався, продуктивність збільшувалась, а кількість виходу олії зменшувався. Енерговитрати при цьому також зменшувались.

Однак, досліджуючи якість макухи при цьому було визначено збільшення остаточної олійності в макухи, що свідчить про недостатній тиск процесу вилучення олії з кукурудзяних зародків.

При значення зазору, який дорівнювався 0.25 мм робота преса припиняла довгий рівноважний режим тиску та енерговитрат при дозованому завантаженні бункера шнека в режимі – рівномірно.

Частота обертів робочого шнека преса змінювалась від 60 до 80 обертів за хвилину. При збільшені обертів до 70-80 обертів за хвилину, енерговитрати збільшувались, хоча і продуктивність також збільшувалась, але цілком шнековий прес робив напругою, тобто режим його роботи був підвищений, нерівномірний.

При зменшенні обертів робочого шнеку продуктивність зменшувалась, енерговитрати знаходились в межах допустимих.

Експерименти на шнековому пресі №2 проходили по такий же методиці, однак цей прес має значно більшу потужність і продуктивність та значно більші енерговитрати.



Рис. 3.4. Шнековий прес №2 в роботі

На рис. 3.4. показано вихід макухи з корпусу циліндра.

В результаті експерименту визначені основні параметри, які забезпечують оптимальну роботу експериментальних віджимних процесів. Дані представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Основні параметри експериментальних шнекових пресів

№ п/п	Показники	Прес №1	Прес №2
1	Діаметр вола, мм	18,0	55,0
2	Діаметр корпусу циліндра, мм	20,0	50,0

3	Крок шнека, мм	12,0	18,0
4	Довжина шнека, мм	150,0	200,0
5	Товщина розора між корпусом та конусом, мм	0,5	2,0
6	Число обертів шнеків за хвилину	67,0	75,0

Аналізуючи результати проведених експерименту можна відмітити, що:

- раціональним зазором між запорним конусом та корпусом шнекового преса можливо рахувати розмір 0,5 мм на пресі №1 , 2 мм на шнековому пресі №2 . В цьому випадку спостерігалась стабільна робота, достатньо якісний віджим і рівномірний вихід макухи.
- частота обертів яка забезпечує оптимальну продуктивність та енерговитрати може коливатись на шнековому пресі №1 в діапазоні 60-80 обертів за хвилину, але оптимальне значення 67 обертів за хвилину, а на шнековому пресі №2 при діапазоні обертання від 70 до 90 обертів за хвилину оптимальним значенням можливо рахувати 75 обертів за хвилину.

Розглядаючи табл.3.1 можливо сказати, що при моделюванні розмірів експериментальних шнекових пресів на опитно-промислові або промислові типорозміри можливо врахувати отримані данні та спроектувати макетно-промислові варіанти шнекових пресів, які безумовно будуть позитивно впливати на роботу реальних цехів по виробництво пресової олії.

### 3.4. Значення якості отриманих продуктів для харчової промисловості

Виробництво з кукурудзяних зародків пресової олії високої якості дієтичного призначення має велике значення для дитячого харчування та для профілактичного лікування гастроентерологічних відділів медичних закладів. Тому розробка нових технологій та процесів виробництва олії з кукурудзяних зародків являється однією з важливих та актуальних завдань інноваційних технологічних рішень. Олія також використовується для профілактики захворювань судин, вона укріплює імунітет та має антиоксидантні властивості. Також дуже позитивно впливає на роботу шлунково-кішечного тракту .

Отримана олія має жовтий колір, має приємний запах та смак.

Макуха з зародків має доступну енергію білка, який складає до 17%, також існує сира клітковина до 5%, та жир до 7%. Призначення такої макухи більш всього для споживання у птахівництві для курчат віком до 30 днів, а також для бройлерів. Макуха широко використовується на комбикормових заводах для виготовлення висок оцінних кормів для птахофабрик.

## Висновки за розділом

1. Представлена програма і методика проведення дослідження
2. Проведений цикл досліджень на експериментальних пресах дозволив отримати результати визначення режимних параметрів виробництва олії та макухи з зародків кукурудзи та можливість їх моделювати на реальне обладнання промислових шнекових пресів безперервної дії.

Ефективність виробництва олії з кукурудзяних зародків залежить від належного налаштування параметрів обробки на шнекових пресах.

Оптимальні значення зазору між запорним конусом та корпусом преса та частоти обертання шнека можуть бути визначені з врахуванням продуктивності та якості отриманих продуктів.

3. Показано значення олії та макухи для харчування людини та кормління у птахівництві. А саме: отримана олія та макуха можуть бути використані як корисні продукти у харчовій та тваринницькій промисловості.

Цей експеримент допомагає зрозуміти важливість належної настройки обладнання та контролю якості продуктів у виробництві олії з кукурудзяних зародків.

## 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

### 4.1. Аналіз стану охорони праці на підприємствах олійного виробництва

Проаналізувавши Державний стандарт України НПАОП 15.4-1.06.-97. «Правила безпеки для олійно-жирового виробництва. 3.1. Загальні положення» на підприємствах України в цілому можна рекомендувати наступне:

- Планування та експлуатація об'єктів і устаткування:

Перевірте відповідність території, будівель та устаткування вимогам охорони праці та пожежної безпеки.

Проведіть аналіз ризиків та прийміть необхідні заходи для усунення потенційних небезпек.

Плануйте введення нового обладнання або технологій з урахуванням вимог безпеки та попередньої експертизи проектної документації.

- Проведення експертизи:

Перед будівництвом або впровадженням нових технологій перевірте їх відповідність вимогам безпеки праці та пожежної безпеки.

Забезпечте попередню експертизу проектної документації для уникнення можливих недоліків у роботі та надзвичайних ситуацій.

- Сертифікація та безпека обладнання:

Перевірте, що устаткування та технологічні процеси мають відповідні сертифікати безпеки відповідно до вимог нормативних актів.

Використовуйте лише обладнання, яке пройшло всі необхідні перевірки та експертизи.

- Моніторинг та контроль:

Встановіть систему моніторингу та контролю за дотриманням вимог охорони праці та пожежної безпеки на підприємстві.

Забезпечте проведення регулярних перевірок і аудитів для виявлення потенційних ризиків та усунення їх.

- Навчання та інструктаж:

Здійснюйте навчання та інструктаж з питань охорони праці для всіх працівників підприємства.

Забезпечте доступ до інформації щодо правил безпеки праці та процедур дії в надзвичайних ситуаціях.

- Система управління безпекою праці:

Розробіть та впровадьте ефективну систему управління безпекою праці на підприємстві.

Забезпечте постійне вдосконалення системи з урахуванням змін у виробничому процесі та вимог законодавства.

- Співпраця з органами державного нагляду:

Підтримуйте активну співпрацю з місцевими органами Держнаглядохоронпраці та Держпожнагляду для забезпечення дотримання вимог безпеки праці.

Вчасно інформуйте про відсутність вимог, необхідних для забезпечення безпеки праці, та спільно розробляйте заходи для їх впровадження.

Ці рекомендації допоможуть забезпечити безпечні умови праці на виробництві та запобігти можливим небезпекам та аваріям.

#### 4.2. Заходи щодо поліпшення безпеки в процесах переробки олійних культур

Для покращення безпеки в процесах переробки олійних культур слід вжити таких заходів:

Навчання та тренування персоналу:

Проведення навчання та тренінгів з правил техніки безпеки та процедур роботи з обладнанням.

Організація періодичних семінарів та тренінгів для персоналу щодо запобігання аварійним ситуаціям та надання першої допомоги.

Регулярне обслуговування та перевірка обладнання:

Встановлення чіткого графіка технічного обслуговування та перевірок обладнання для запобігання відмовам та аваріям.

Проведення щоденних та щотижневих перевірок стану обладнання перед початком роботи.

Використання засобів індивідуального захисту:

Надання та обов'язкове використання засобів індивідуального захисту, таких як захисні окуляри, навушники, маски для обличчя та респіратори.

Забезпечення персоналу необхідними засобами захисту шкіри від контакту з олійними культурами та хімічними речовинами.

Планування та контроль процесів:

Розробка та суворе дотримання планів виробничих процесів з урахуванням заходів безпеки.

Постійний моніторинг за процесами переробки з метою виявлення та усунення потенційних небезпек.

Санітарно-гігієнічні заходи:

Дотримання правил гігієни на виробництві, включаючи регулярне миття та дезінфекцію обладнання та робочих місць.

Забезпечення доступу до чистої води та засобів особистої гігієни для персоналу.

Аварійні плани та тренування:

Розробка аварійних планів та проведення тренувань з персоналом щодо дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій, таких як пожежі, витікання небезпечних речовин тощо.

Проведення регулярних пожежних навчань та евакуаційних навчань для навчання персоналу діям у разі надзвичайних ситуацій.

Залучення персоналу до процесу безпеки:

Підтримка та стимулювання участі персоналу у процесах забезпечення безпеки та пропозицій щодо покращення робочих умов.

Організація регулярних нарад та обговорень з питань безпеки за участю всіх працівників.

Ці заходи допоможуть підвищити безпеку на виробництві переробки олійних культур та знизити ризик виникнення аварійних ситуацій.

### 4.3. Врахування надзвичайних ситуацій та їх вплив на процеси виробництва олії та макухи

Ідентифікація потенційних надзвичайних ситуацій:

Проведення аналізу ризиків на підприємстві для виявлення можливих надзвичайних ситуацій, таких як пожежі, виток небезпечних речовин, аварії на устаткуванні тощо.

Розробка планів запобігання:

Створення планів дій для запобігання надзвичайним ситуаціям, включаючи правила техніки безпеки, регулярне технічне обслуговування обладнання, навчання персоналу тощо.

Підготовка аварійних планів: Розробка аварійних планів, що включають процедури евакуації, використання пожежогасіння, зупинку виробничих процесів тощо.

Навчання персоналу: Проведення навчання та тренінгів з персоналом щодо дій у разі надзвичайних ситуацій, включаючи проведення пожежних навчань, тренувань з евакуації тощо.

Моніторинг та контроль: Регулярний моніторинг стану обладнання та процесів виробництва для виявлення потенційних проблем та запобігання виникненню надзвичайних ситуацій.

Аналіз та облік надзвичайних ситуацій: Проведення аналізу надзвичайних ситуацій з метою виявлення їх причин, оцінки впливу на процеси виробництва та розробки заходів щодо запобігання повторенню подібних ситуацій у майбутньому.

Внесення коректив: Внесення необхідних змін у процеси виробництва та системи безпеки на підприємстві на основі результатів аналізу надзвичайних ситуацій з метою покращення безпеки та запобігання виникненню аварій.

Облік та адекватне реагування на надзвичайні ситуації суттєво впливають на безпеку та ефективність виробництва олії та макухи з

кукурудзи, а також допомагають мінімізувати потенційні ризики для персоналу та навколишнього середовища.

## Висновки за розділом

Аналізуючи Державний стандарт України НПАОП 15.4-1.06.-97 "Правила безпеки для олійно-жирового виробництва. 3.1.Загальні положення" та рекомендації щодо поліпшення безпеки на підприємствах України, можна зробити наступні висновки:

Планування та експлуатація об'єктів і устаткування потребує перевірки відповідності вимогам безпеки, а також аналізу ризиків та прийняття відповідних заходів для усунення потенційних небезпек. Перевірка нових технологій та обладнання перед впровадженням є необхідною, як і використання лише сертифікованого обладнання. Встановлення системи моніторингу та контролю за дотриманням вимог безпеки, навчання персоналу та забезпечення інструктажу з питань безпеки праці і дій у надзвичайних ситуаціях є важливими аспектами забезпечення безпеки праці на підприємстві.

## 5. Організаційно-економічна частина

### 5.1. Організація проведення досліджень

План проведення дослідження з обґрунтування процесу виробництва дієтичної олії та макухи з кукурудзяних зародків

Таблиця 6.1 План проведення дослідження

Шифр роботи і-і	Найменування робіт	Тривалість робіт t ij
1-2	Вибір теми наукового дослідження	2
2-3	Виконання аналітичного огляду літературних джерел	10
3-4	Планування етапів та графіку проведення експериментальних досліджень	5
4-5	Визначення методик та нормативної документації, необхідної для виконання досліджень	5
5-6	Аналіз процесів виділення олії з олійних культур насіння соняшнику та ріпаку	3
6-7	Дослідження виробництва кукурудзяної олії та макухи з зародків кукурудзи	10
5-8	Розробка технологічного процесу переробки кукурудзяних зародків в олію та макуху	15
5-9	Вибір раціонального технологічного сучасного обладнання для виконання процесу	17
7-10 8-10 9-10	Аналіз отриманих результатів (побудова та опис таблиць, графіків та ін.)	1
10-11	Обробка результатів та формулювання висновки	2

11-12	Складання демонстраційного матеріалу для оприлюднення результатів дослідження	5
-------	---	---

Отже, опираючись на план проведення дослідження було побудовано «Графік виконання робіт (рис. 5.1) – графічна модель комплексу робіт, у якій точно до деталей визначається логічний взаємозв’язок між ними».

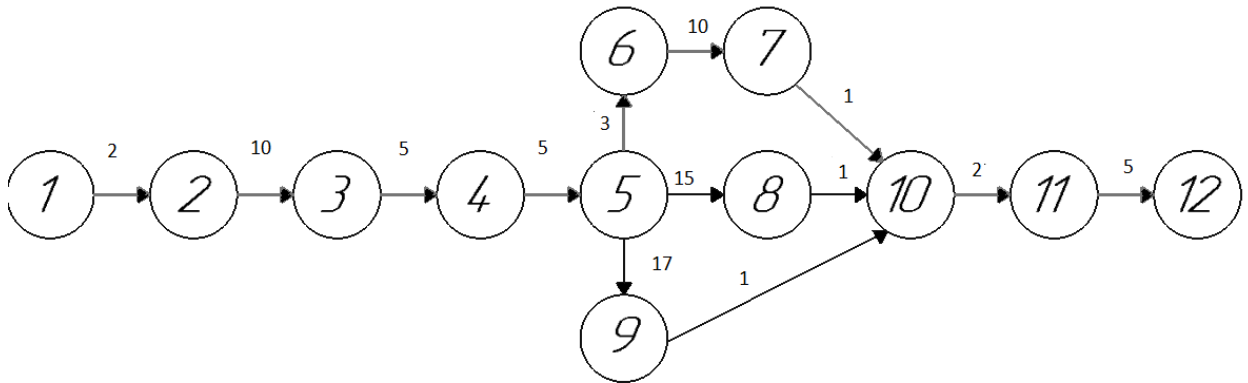


Рис. 5.1 – Графік виконання робіт

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

$$L^1 1-2-3-4-5-6-7-10-11-12=2+10+5+5+3+10+1+2+5=43 \text{ днів};$$

$$L^2 1-2-3-4-5-8-10-11-12=2+10+5+5+15+1+2+5=45 \text{ днів};$$

$$L^3 1-2-3-4-5-9-10-11-12=2+10+5+5+17+1+2+5=47 \text{ днів}.$$

В цьому випадку критичними є третій шлях.

## 5.2. Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Розраховуємо витрати на основні матеріали (5.1):

$$M = \sum m_i \cdot C_i$$

де  $m_i$  – кількість витраченого  $i$ -го матеріалу;

$C_i$  – ціна одиниці  $i$ -го матеріалу, грн.

Результати розрахунків наведені в табл.5.2.

Таблиця 5.2 – Необхідна кількість матеріалів та їх вартість

Найменування матеріалу, одніці	Кількість, кг	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Зародки кукурудзи	50	11,5	575
Всього			575

Розрахунки заробітної плати зводяться в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньогодинний заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	10000	70,00	15	1050,0
Всього				1050,0

Нарахування на заробітну плату складають:

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

Затрати на витрачену електроенергію визначаються по формулі (5.2):

$$E = M \times K \times T \times a ;$$

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.).

$$E_{\text{прес}} = 2,0 \times 0,9 \times 16 \times 2,64 = 76,03 \text{ грн};$$

$$E_{\text{ел.ваги}} = 0,8 \times 5 \times 3 \times 2,64 = 31,68 \text{ грн};$$

$$E_{\text{заг.}} = 76,03 + 31,68 = 107,71 \text{ грн};$$

Витрати на амортизацію обладнання, яке використовується в процесі проведення досліджень, розраховуються за допомогою формули (5.3):

$$A = \frac{\Phi * H * t}{100 * 365},$$

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.

$$A_{\text{прес}} = \frac{1800 \times 20 \times 2}{100 \times 365} = 9,86;$$

$$A_{\text{ваги}} = \frac{4000 \times 12,5 \times 1}{100 \times 365} = 1,37;$$

Інформація про амортизацію наведено в табл.5.4.

Таблиця 5.4 – Інформація про амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Час роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Шнековий прес	18000	20	1	9,86
Ваги лабораторні	4000	15,5	1	1,37

Всього		11,23
--------	--	-------

Результати розрахунку всіх витрат на проведення наукового дипломного дослідження зводимо в табл.5.5.

Таблиця 5.5 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн	%
Основні матеріали	575,0	48,93
Заробітна плата	250,0	30,12
Нарахування на заробітну плату	231,0	27,83
Електроенергія	107,71	12,97
Амортизація	11,23	1,35
Всього	1174,94	100

### 5.3 Розрахунок ціни дослідження

Досліджень і його ціна розраховується з виразу:

$$Ц = C + \frac{P \times C}{100} ;$$

де Ц – ціна дослідження, грн.;

С – витрати на дослідження, грн.;

Р – нормативна рентабельність (Р = 30%).

Таким чином:

$$Ц = 1174,94 + \frac{30 \times 1174,94}{100} = 1527,42 \text{ грн} ;$$

Проведене дослідження коштує 1527,42 грн.

### Висновки за розділом

Основні витрати під час проведення дослідження у сфері виробництва олії з кукурудзяних зародків становлять майже 50 %. Найменші витрати, які становлять лише 1,35%, пов'язані з амортизацією використаного обладнання. Загальна ціна досліджень складає 1527,42 грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У сучасному виробництві харчових продуктів, забезпечення якості та безпеки стали стратегічними пріоритетами. Розробка передових науково-технічних рішень та автоматизованих методів контролю технологічних процесів у глибокій переробці харчової сировини сприяє збереженню корисних поживних речовин і покращує якість готової продукції. Вирощування та переробка кукурудзи для отримання різноманітних продуктів має великий потенціал у харчовій та тваринницькій промисловості, використання передових технологій та належна настройка обладнання дозволяють забезпечити ефективне виробництво олії та макухи з кукурудзяних зародків з урахуванням їхньої високої біологічної цінності та використання як у харчовій, так і у тваринницькій галузях.

Досліджено технологію сухого відділення кукурудзяних зародків. Використання сухого методу видалення зародків призводить до низької вмісту олії в них та високим вмістом білка.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Пешук Л.В. Носенко Т.Т. Біохімія та технологія оліє-жирової сировини Навчальний посібник. - К.: Центр учбової літератури, 2011. - 296 с.
2. 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)
3. 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>
4. 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>
5. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: Підручник / О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик та ін. - К.: Вища освіта, 2006. - 479 с..
6. Борисонік З. Б. Довідник по олійних культурах / З. Б. Борисонік, В. Г. Михайлов, Б. Г. Погорлецький. – К. : Урожай, 1988. – 184 с.
7. Дацишин О.В. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв / О.В. Дацишин, А.І. Ткачук, О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик та ін. Навчальний посібник. - Вінниця: Нова Книга, 2008. – 488 с.
8. Землеробська механіка. Інноваційні технології харчових виробництв / А.С. Кобець, С.П. Сокол, А.М. Пугач, Ю.О. Чурсінов, 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.

9. Дацишин О.В. Механізація переробки і зберігання плодоовочевої продукції / О.В. Дацишин, О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик. Київ.: Мета, 2003 476.
10. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційні методи визначення показників якості зерна: Навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, 2023. 325 с.
11. Осейко М. І. Технологія рослинних олій [Текст]: Підручник, К.: Варта, 2006. 280 с.
12. Чумак О.П., Гладкий Ф.Ф. Науково-практичні основи технології жирів. Навчальний посібник. – Харків: НТУ «ХПІ», вид-во «Курсор», 2015. 185 с.
13. Методичні вказівки до лабораторних 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.
14. 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.
15. 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.
16. Даниленко Г.М., Летяго 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.
- 17.50. Yakymenko, I., Tsybulin, O., Shapovalov, Ye. (2019). Healthy lifestyle

18. 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.
19. Сайт фірми «Crown Iron». Електронний ресурс. – URL:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128239605000135>
20. Le Clef, E., & Kemper, T. Sunflower Seed Preparation and Oil Extraction. Corn , 2015. P. 187–226  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323911542000092>