

**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 «Бакалавр»
на тему:

**Розробка технології переробки зародків зерна
кукурудзи**

Виконав: здобувач вищої освіти 4курсу,
групи ХТ-2-20 освітньо-професійної програми
«Харчові технології» зі спеціальності
181 «Харчові технології»

_____ Володимир ГОТВЯНСЬКИЙ

Керівник: _____ Олег ТЕРТИШНИЙ

Рецензент: _____

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій
Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»
Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»
Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
харчових технологій,
кандидат технічних наук, доцент
Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«06» травня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Готвянському Володимирі Миколайовичу

1. Тема роботи: «Розробка технології переробки зародків зерна кукурудзи». Керівник роботи: Тertiшний Олег Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «06» травня 2024 року № 983.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 07 червня 2024 року
3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія переробки зародків зерна кукурудзи у високобілкові функціональні продукти. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналітичний огляд. 2 Методи досліджень. 3 Дослідна частина. 4 Охорона праці та довкілля. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Постановка проблеми. 2 Мета і завдання досліджень. 3 Обговорення результатів досліджень. 4 Охорона праці та довкілля. 5 Кошторис витрат на проведення досліджень. 6 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Доцент Олег ТЕРТИШНИЙ	06.05.24	07.06.24

7. Дата видачі завдання 06 травня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	06.05-08.05.24	виконано
2	Аналітичний огляд	09.05-12.05.24	виконано
3	Методи досліджень	13.05-15.05.24	виконано
4	Дослідна частина	16.05-31.05.24	виконано
5	Охорона праці та довкілля	01.06-02.06.24	виконано
6	Організаційно-економічна частина	02.06-03.06.24	виконано
7	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	04.06-05.06.24	виконано
8	Підготовка демонстраційного матеріалу	06.06-07.06.24	виконано

Здобувач вищої освіти _____ Володимир ГОТВЯНСЬКИЙ
(підпис)

Керівник роботи _____ Олег ТЕРТИШНИЙ
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломної роботи містить 62 сторінки друкованого тексту, 15 рисунків та ілюстрацій, 16 таблиць та використано 32 літературних джерела посилань.

Метою роботи є розробка ефективної технології переробки зародків зерна кукурудзи та вивчення споживчих властивостей отриманих продуктів.

Об'єкт дослідження – маловідходна технологія переробки зародків зерна кукурудзи у харчові продукти.

Предмет дослідження – зв'язок технологічних показників використаної сировини з якісними показниками отриманих харчових продуктів.

В даний час якість та безпека є стратегічною метою виробництва продуктів харчування. У цих умовах особливої важливості набувають розробка та впровадження прогресивних наукомістких технологій, а також автоматизованих методів контролю та управління технологічними процесами комплексної глибокої переробки продовольчої сировини та виробництва харчових продуктів, що забезпечують максимальне збереження ендогенних нутрієнтів та заданих споживчих властивостей готової продукції.

Кукурудза є перспективною багатоцільовою фізіологічно цінною зерновою культурою України. У товарному виробництві велике значення мають зерна кукурудзи, оскільки є вихідною сировиною для отримання понад 150 продовольчих та технічних продуктів, до найважливіших з яких належать крупи; борошно, кукурудзяні пластівці, крохмаль, патока, спирт, а також фізіологічно цінну олію, що виробляється із зародка.

Ключові слова: ЗАРОДКИ, ОЛІЯ, ЕКСТРАКЦІЯ, СИРОВИНА, ЗЕРНО КУКУРУДЗИ, ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ, РОЗЧИННИК, ЕКСТРАКТОР, ДОСЛІДЖЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	9
1.1 Характеристика зерна кукурудзи як перспективної багатоцільової продовольчої сировини	9
1.2 Сучасний стан технології та техніки переробки зерна кукурудзи	14
1.3 Сучасні технології вилучення олії із зародків зерна кукурудзи	19
Висновки за розділом	22
2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	23
2.1 Методи дослідження показників безпеки та якості зерна кукурудзи та кукурудзяного зародка	23
Висновки за розділом	26
3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	27
3.1 Характеристика об'єктів дослідження	27
3.2 Обґрунтування способу вилучення кукурудзяної олії з використанням як екстрагент етанолу	28
3.3 Розробка способу підготовки кукурудзяного зародку вилучення олії етанолом	30
3.4 Розробка технології отримання фізіологічно цінної олії та харчового шроту із зародка зерна кукурудзи	35
3.5 Оцінка споживчих властивостей одержуваних продуктів	45
Висновки за розділом	47
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	49
4.1 Розроблення картки з охорони праці для оператора відділення лінії з екстрагування рослинних олій	49
4.2 Утилізація відходів олійного виробництва	50
Висновки за розділом	51
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	52
5.1 Витрати на проведення досліджень	52

5.2 Розрахунок вартості дослідження	55
Висновки за розділом	56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	57
БІБЛІОГРАФІЯ	59

ВСТУП

В даний час якість та безпека є стратегічною метою виробництва продуктів харчування [1]. У цих умовах особливої важливості набувають розробка та впровадження прогресивних наукомістких технологій, а також автоматизованих методів контролю та управління технологічними процесами комплексної глибокої переробки продовольчої сировини та виробництва харчових продуктів, що забезпечують максимальне збереження ендогенних нутрієнтів та заданих споживчих властивостей готової продукції [3].

Кукурудза є перспективною багатоцільовою фізіологічно цінною зерновою культурою України. У товарному виробництві велике значення мають зерна кукурудзи, оскільки є вихідною сировиною для отримання понад 150 продовольчих та технічних продуктів, до найважливіших з яких належать крупи; борошно, кукурудзяні пластівці, крохмаль, патока, спирт, а також фізіологічно цінну олію, що виробляється із зародка.

Відділення зародка від зерна кукурудзи належить до найважливіших технологічних операцій, оскільки її ефективність істотно впливає показники якості всього спектра продуктів переробки зерна кукурудзи.

Кукурудзяні зародки виділяють як вторинний продукт при переробці кукурудзяного зерна в борошномельно-круп'яному, харчоконцентратному та крохмало-паточному виробництвах. Необхідність максимального відділення зародка обумовлена високою реакційною активністю і лабільністю сполук, що містяться в ньому, наслідком чого, наприклад, є висока окислюваність і гідролізується ліпідного комплексу. В свою чергу це зумовлює зниження якості одержуваних борошна, круп і крохмалопродуктів [13].

Аналіз існуючих технологій переробки зерна кукурудзи показав, що жодне з наявних технологічних рішень не забезпечує збереження цілісності та якості зародків, що відокремлюються.

Враховуючи викладене, розробка ефективної технології переробки зародків зерна кукурудзи та вивчення споживчих властивостей одержуваних продуктів є

актуальною.

Метою роботи є розробка ефективної технології переробки зародків зерна кукурудзи та вивчення споживчих властивостей отриманих продуктів.

Основні завдання дослідження:

- аналіз та систематизація науково-технічної літератури та патентної інформації на тему дослідження;
- обґрунтування вибору об'єктів дослідження;
- розробка технології та рекомендацій щодо комплектації лінії виділення зародка зерна кукурудзи, що забезпечують максимальне збереження його фізіологічно цінних властивостей;
- розробка способу підготовки кукурудзяного зародка до вилучення олії етанолом;
- розробка технології отримання фізіологічно цінної олії та харчового шроту із зародка зерна кукурудзи нової якості з використанням як екстрагент етанолу;
- оцінка споживчих властивостей кукурудзяної олії та шроту.

Об'єкт дослідження – маловідходна технологія переробки зародків зерна кукурудзи у харчові продукти.

Предмет дослідження – зв'язок технологічних показників використаної сировини з якісними показниками отриманих харчових продуктів.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Характеристика зерна кукурудзи як перспективної багатоцільової продовольчої сировини

Кукурудза або маїс (вид *Zea Mays*) – трав'яниста однорічна рослина відноситься до сімейства злакових, підродини просовидних хлібів і є одним з найдавніших продовольчих злаків. Батьківщиною кукурудзи вважають Центральну та Південну Америку, де вона була відома індіанцям понад 5 тисяч років тому [13]. Широке поширення кукурудза набула у країнах Африки та Азії. У Європі кукурудзу почали обробляти у середині 17 століття [8]. Друге відродження кукурудзи як сільськогосподарської культури пов'язані з Н.С. Хрущовим після його поїздки до Америки [11]. В даний час кукурудза – злак, що займає за поширеністю 3 місце у світі після пшениці та рису [14].

У товарному виробництві зерна кукурудзи мають велике значення, оскільки вони є вихідною сировиною для отримання понад 150 продовольчих та технічних продуктів [7].

Зерно кукурудзи використовують для круп, борошна, кукурудзяних пластівців, крохмалю, патоки, спирту тощо.

Із зародка кукурудзяного зерна виробляють повноцінне харчову олію [13].

Стрижні качанів кукурудзи служать сировиною для отримання фурфуролу, лігніну, целюлози та інших продуктів [9].

У світовому виробництві кукурудза використовується у наступних співвідношеннях: на продовольчі цілі 20 – 25 %, на фураж – 55 – 65 % та на технічні цілі 15 – 20 % [9].

Кукурудзу, як ботанічний вигляд, поділяють на сім основних підвидів: зубоподібну, крем'янисту, напівзубоподібну, крохмалисту, цукрову та воскоподібну, що лопається, представлених на рисунку 1.1.

Для поділу на ботанічні групи використовують такі ознаки: внутрішню будову зерна – розташування борошністого та рогоподібного ендосперму

консистенції, ступінь розвитку рогоподібної частини; зовнішня будова зерна – форма та характер поверхні [22].

В Україні її найбільше поширення мають два підвиди кукурудзи: зубовидна (велике зерно подовженої форми) і кремниста (зернівка округла) [12].

Кукурудза зубоподібна *Zea t. Subsp. Indentanta* (Sturt.) Zhuk. характеризується наявністю зернівок із вдавненою верхівкою, що мають жовтий або білий колір. Ендосперм зернівки склоподібний (рогоподібний) на бічних сторонах, а решта його борошніста і пухка. Основними відмінними характеристиками зерна цього підвиду є високий вміст крохмалю.

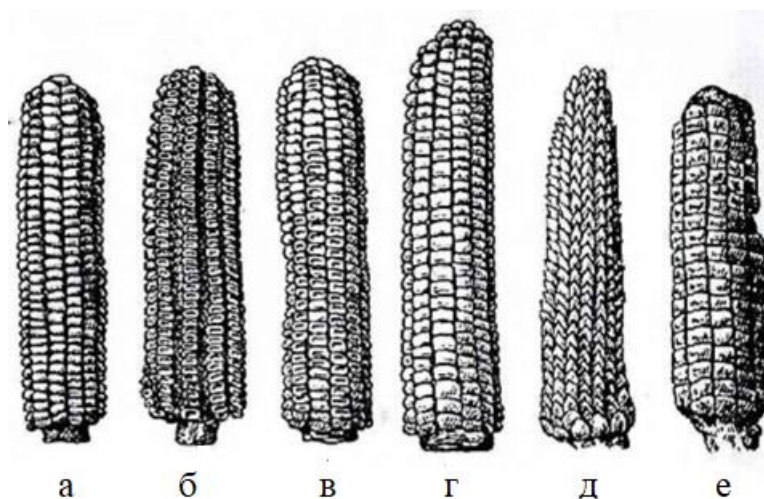


Рисунок 1.1 – Початки різних підвидів кукурудзи:

а – крем’янистого; б – зубоподібного; в – напівзубоподібного; г – крохмалистого;
д – що лопається; е – цукрового

Слід зазначити, що сортові різновиди різко різняться між собою не тільки за морфологічними ознаками рослин, суцвіть (метелик і качана), забарвлення квіткових оболонки, зерна, величиною качана і зерна, а й за біологічними властивостями (холодостійкості, жаростійкості, імунності до деяких хвороб), а також за хімічним складом та технологічними показниками зерна [22].

Розміри окремих зерен та їх маса коливаються, навіть у межах одного качана, у великих межах. У нижній частині качана зерна зазвичай найбільші, у верхній – найбільш дрібні. Довжина зерна змінюється від 5 до 15 мм, маса 1000 зерен – від

50 до 1000 г, частіше від 100 до 400 г [2].

Будова зерна кукурудзи представлена рисунку 1.2.

Як видно з представленого рисунка, кукурудзяне зерно складається з плодової оболонки, що покриває поверхню зерна, насінневої оболонки з водонепроникних і пігментних шарів, розташованої під плодовою оболонкою, зародка, багатого ліпідами і займає більше 1/3 площі розрізу зерна, чохлика на зародковому кінці та ендосперму, що знаходиться під насінневою оболонкою.

Ендосперм складається з товстостінних клітин, заповнених крохмалем, при цьому великі прозорі клітини, що його складають верхній називають алейроновим [23].

Будова ендосперму у різних частинах зерна неоднакова. Кремниста частина ендосперму – рогоподібна і напівпрозора включає периферійні клітини, тісно прилеглі одна до одної і щільно заповнені крохмальними зернами незграбної форми, склеєними між собою протеїном. Решта ендосперму більш пухка і борошниста включає клітини, заповнені крохмальними зернами округлої форми, майже не пов'язаними між собою.

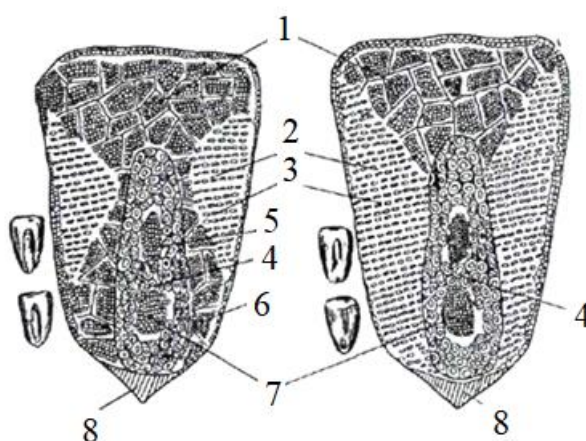


Рисунок 1.2 – Розріз кукурудзяного зерна:

- 1 – верхівковий крохмаль; 2 – рогоподібний глютен; 3 – рогоподібний крохмаль;
 4 – зародок; 5 – крохмаль нижньої частини зерна; 6 – зародкова стеблинка;
 7 – зародковий корінець; 8 – чохлик.

У різних сортів кукурудзи кількісне співвідношення частин зерна однакове. На долю зародка припадає від 10 до 14 % (до маси зерна), а ендосперму – 81 – 84 %, причому співвідношення кремнистої і борошнистої частини ендосперму значно різняться залежно від сорту кукурудзи. Перед оболонки припадає від 5 до 6,5 % маси зерна.

У таблиці 1.1 наведено хімічний склад окремих частин зерна кукурудзи [11].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад окремих частин зерна кукурудзи

Зерно та його частини	В % цілому зерну	Масова частка, %				
		білка	ліпідів	крохмалю	клітковини	золи
Зерно	-	10,0 – 14,0	4,0 – 8,0	60,0 – 72,0	1,5 – 2,5	1,0 – 2,0
Ендосперм	81,9	7,0 – 11,2	0,6 – 0,8	77,0 – 86,0	2,4 – 2,5	0,3 – 0,8
Зародок	11,9	14,0 – 26,0	17,0 – 57,0	1,5 – 5,5	2,4 – 5,2	7,0 – 10,0
Оболонка	5,3	3,0 – 4,0	1,0 – 2,0	5,0 – 7,3	0,3 – 1,0	0,5 – 0,8

Як видно з представлених даних, крохмаль практично повністю зосереджений в ендоспермі, ліпіди та мінеральні речовини (зола) – в зародку, а білки – в ендоспермі та зародку.

Хімічний склад зерна різних ботанічних груп кукурудзи неоднаковий. Аналіз літературних даних показують, що відмінність у хімічному складі трьох основних ботанічних груп (зубоподібна, кремниста та борошниста), що мають практичне народногосподарське значення, невелика. Значно більший вплив на відмінності у хімічному складі зерна кукурудзи мають ґрунтові та кліматичні умови проростання, а також ступінь визрівання.

Одним із важливих продовольчих продуктів, що одержуються із зерна кукурудзи, є крупа різного асортименту та призначення [11].

Кукурудзяна крупа, що виробляється із зерен кукурудзи, є джерелом рослинного білка, вуглеводів та енергії при одночасно низькому вмісті жирів. У кукурудзяній крупі також міститься велика кількість крохмалю, простих вуглеводів, клітковини та вітаміну Е. Кращою вважається крупа бурштинового

кольору, однорідна за розміром крупинок, без стороннього (кислого, затхлого та пліснявого) запаху з вологістю – не більше 15 % [15].

Найбільш широке застосування кукурудзяна крупа знайшла в екструзійних технологіях виготовлення сухих сніданків та кукурудзяних паличок. Проте, якість цієї продукції вихідного зерна та її помелу.

На відміну від злаків, у кукурудзяній крупі відсутня білкова фракція гліадину, що дозволяє її використовувати для виробництва спеціалізованих біоспецифічних продуктів харчування для людей, які страждають на ферментативну патологію кишечника.

Наявність у кукурудзі вітамінів В₁, В₂, РР, кальцію, магнію, фосфору та заліза, а також мікроелементів міді (0,146 мг/%) та нікелю (0,140 мг/%) дозволяє рекомендувати вироби з кукурудзи як продукт або компонент продуктів спеціалізованого призначення для людей, які мають захворювання крові, алергію, цукровий діабет, ожиріння та інші форми порушення обміну речовин, патологію шлунково-кишкового тракту [25].

Асортимент кукурудзяної крупи, що виробляється за існуючими технологіями, включає крупу шліфовану п'ятиномірну, крупу велику для виробництва пластівців і крупу дрібну для виробництва кукурудзяних паличок.

Крупа кукурудзяна шліфована є дроблені частинки ядра кукурудзи різної форми, без плодових оболонок і зародка, зашліфовані із закругленими гранями. Кукурудзяна крупа для виробництва пластівців – це дроблені частки ядра кукурудзи різної форми без плодових оболонок та зародка, з гострими гранями, що свідчить про відсутність процесу шліфування у технології. Кукурудзяна крупа дрібна для паличок – це дроблені частки ядра кукурудзи різної форми, з гострими гранями, без плодових оболонок і зародок [11].

З визначення кожного виду крупи випливає, що вони відрізняються крупністю окремих частинок, а також ступенем обробки поверхні (шліфовані та не шліфовані частинки). У всіх видів круп повинні бути відсутні зовнішні оболонки і зародок, що передбачає операції з їхнього відділення після дроблення.

Для виробництва крупи використовують кукурудзу III-го (кремниста жовта),

IV-го (кремниста біла), VI-го (напівзубоподібна біла), VII-го (біла, що лопається) типів. Базисним за якістю вважається зерно кукурудзи із вмістом бур'янів 1 % і зернової домішки 2 % [11].

Якість кукурудзяної крупи оцінюють за органолептичними показниками – кольором, запахом і смаком, які повинні бути властиві нормальній кукурудзяній крупі. Вологість всіх видів крупи має бути більше 14,0 %. Нормується також вміст зародка (не більше 2,0 % у крупній крупі для пластівців і 3,0 % – у шліфованій п'ятиномерній крупі. Зольність шліфованої крупи №4 та №5, а також дрібної крупи для паличок не повинна перевищувати 0,95 %. Вміст борошна для крупи № 5 та дрібної крупи для паличок має бути не більше 1,5 %, а для інших видів круп – трохи більше 1 %. Вміст бур'яну домішку у всіх видах крупи має перевищувати 0,3 %, зокрема мінеральної, трохи більше 0,05 %. Як і всіх видів круп, не допускається зараженість крупи шкідниками хлібних запасів, а вміст металоманітної домішки – трохи більше 3,0 мг на кілограм крупи [27].

У великій крупі для пластівців частинок із залишками оболонки і зародка сумарно має бути більше 10,0 %, а цілих необроблених зерен кукурудзи має бути трохи більше 1,0 % [11].

1.2 Сучасний стан технології та техніки переробки зерна кукурудзи

Вибір технології переробки зерна кукурудзи визначається видом цільового продукту та відповідною організацією виробничого процесу на борошномельно-круп'яних та харчоконцентратних підприємствах, що виробляють як основні продукти кукурудзяну крупу і борошно або крохмалопаткові заводи, що виробляють як основні продукти кукурудзяний крохмаль.

Найважливішою операцією процесу переробки кукурудзи за будь-якої його організації є попередня підготовка, що включає операції очищення зернової маси. Операція очищення включає виділення із зернової маси бур'яну домішки – зіпсованих зерен кукурудзи, стебел рослин, мінеральних частинок, шкідливих домішок, що включають ріжок, голівку, гірчак і в'язель; зернової домішки –

насіння диких рослин, пророслі та пошкоджені зерна кукурудзи, металодомішки [11].

Традиційно очищення здійснюють у сепараторах, електричних зерноочисниках, камневідбірниках, мийних машинах та магнітних апаратах.

В результаті очищення досягається максимальне видалення домішок із маси зерна, а також видалення з його поверхні бруду та пилу. Проте, досі не вирішено завдання виділення щурових екскрементів. Це пояснюється тим, що між питомою вагою та розміром зерен кукурудзи, з одного боку, та екскрементами – з іншого, немає різкої різниці. Якоюсь мірою прагнуть виділити великі частинки екскрементів шляхом просіювання зернової маси на ситах і дрібні – в аспіраторах, паді машинах та мийних установках. Намагаються виділяти екскременти за допомогою пінної флотації, подібно до того, як це роблять при виділенні ягід пасліну з маси зелених горошин або домішок з квасолі. Лише останнім часом для цієї цілі стали застосовувати фотоелектронні сепаратори.

Ступінь розвитку процесу очищення зерна обумовлений головним чином продуктивністю та технічною оснащеністю підприємств.

На переважній більшості млинів невеликої продуктивності (до 40 т/добу) очищення зводиться лише до пропуску зернової маси через сепаратор, бурат або плоске сито, аспіратор, магніти з зволоженням кукурудзи або без нього. На підприємствах продуктивністю 50 т/добу та вище процес підготовки зернової маси кукурудзи передбачає її послідовний пропуск через магнітні апарати, сепаратори, оббийні машини, камневідбірники, електростатичні очищувачі.

Далі зерно кукурудзи обробляють окремо в мийній та віджимній колонці або мийній комбінованій машині, а потім відволікають. Для ефективного розподілу вологи зерно після шнека спочатку направляють перший експозитор, де стікає поверхнева вода, а потім в другий. При цьому відбувається перерозподіл вологи та її найкраще проникнення у всі частини зерна.

Тривалість відволоження низькосклоподібною кукурудзи зазвичай становить 10 – 12 годин і високосклоподібною – 15 – 20 годин.

Принципова технологічна схема виробництва сирого кукурудзяного

крохмалю включає такі основні операції:

- замочування кукурудзяного зерна;
- дроблення зерна;
- виділення зародка;
- помел кукурудзяної кашки;
- відщіджування та промивання на ситах мезги та зародка;
- виділення крохмалю з крохмалобілкової суспензії;
- промивання крохмалю [22].

Існуючі технології переробки зерна кукурудзи у крупу та борошно «сухим» способом можна поділити на європейський та американський.

Перший у тому, що зерно кукурудзи поступово подрібнюють на вальцьових верстатах. У процесі сортування продуктів подрібнення на розсіваннях та збагачення їх на ситах виділяють зародкову фракцію та оболонку (висівки). Як готову продукцію отримують борошно, крупу і борошно.

Італійська фірма «OCRIM» удосконалила цей спосіб, ввівши попереднє дроблення зерна на горизонтальній бичовій машині спеціальної конструкції. Після чого виділяли зародкову фракцію на пневмосортувальних столах. Таким чином, на вальцьові верстати для розмелювання в борошно надходить крупка з низьким вмістом жиру, що підвищує ефективність процесу розмелювання. Підготовка зерна до помелу також спрощена і полягає в очищенні його від сторонніх домішок [8].

При американському методі переробки кукурудзи значну увагу приділяється підготовці зерна; причому поряд з ретельним очищенням зерно обов'язково піддають гідротермічній обробці. Зерно кукурудзи звожують та (або) пропарюють і відволікають до досягнення вологості 20 – 22 %. У технологічну схему можуть бути включені кондиціонери, у тому числі працюючі під вакуумом.

До надходження на вальцьові верстати зерно піддають попередньому дробленню на дежермінаторі виділяють з подрібненого продукту зародок. В результаті, у крупці, що надходить на вальцьові верстати, вміст жиру практично дорівнює його вмісту в ендоспермі, що становить від 1,0 до 1,3 %. Для забезпечення кращих умов дроблення крупку піддають проміжному сушінню зниження

вологості до 15 % з подальшим охолодженням [11].

У деяких варіантах організації процесу за американською технологією відбір зародка здійснюють у процесі розмелювання зерна на вальцьових верстатах, використовуючи для цього розсів та сита. Як правило, зародок виходить цілим, рівним по крупності, але підвищеної вологості, що ускладнює його зберігання і призводить до швидкого розвитку процесів гідролітичного псування та підвищення його кислотності. Виділену зародкову фракцію використовують надалі для отримання кукурудзяної олії [12].

У існуючих правилах організації та ведення технологічного процесу на борошномельних та круп'яних підприємствах передбачаються роздільні технології переробки зерна кукурудзи на борошно та крупу [28].

Для розширення асортименту круп'яної продукції, зокрема для круп'яного підприємства окремо, не завжди економічно доцільно будівництво забезпеченістю сировиною, нових цехів. Це пов'язано з його різноманітністю, необхідною виробничою потужністю, і відстанню підприємства до джерел сировини [30].

У зв'язку з цим простежується попит на універсальні технологічні схеми виробництва ячної, пшеничного, кукурудзяного та горохового круп, що практично дозволяє виробляти зазначені види круп на тому самому технологічному устаткуванні за гнучкою схемою.

При цьому, в основному, змінюється нумерація сит на обладнанні, що просіває в залежності від виду перероблюваного зерна і вносяться незначні корективи в технологічний процес [17].

Мають місце також технологічні схеми, в яких відмінною особливістю є використання для зазначених видів зернових культур гідротермічної обробки (ГТО) зерна, що дозволяє покращити не тільки технологічні властивості зерна, споживчі переваги готової продукції, а й суттєво знизити енергетичні витрати на лущення та шліфування продуктів.

На деяких підприємствах Італії, Румунії та інших країн зерно обробляють холодною водою, доводячи його вологість до – 18 – 19 %, потім відволожують протягом 6 – 10 годин послідовно у першому та другому експозиторах, після чого

направляють до кондиціонера, де зерно підігрівають до температури 50 – 70 °С. Внаслідок впливу тепла волога, проникаючи в ендосперм, частково виділяється та вбирається зародком. Це сприяє сильному ослабленню зв'язку між ендоспермом та зародком, а також найбільш повному відокремленню останнього від зерна.

Кращі результати досягаються при зволоженні холодною водою в апараті, відволоженню в першому експозиторі протягом 1 – 1,5 годин і пропарюванні насиченою парою температурою 120 – 140 °С (до 3 атм.); потім зерно знову відволожують у другому експозиторі протягом 1 – 1,5 години і пропускають через кондиціонер, в якому нагрівають до 50 – 60 °С.

Крім зазначених способів застосовують також пропарювання зерна без попереднього зволоження і подальшої обробки в кондиціонері. Тривалість відволоження становить від 2 до 3 годин.

При всіх способах кондиціонування прагнуть до того, щоб наситити вологою зародок кукурудзи, розм'якшити і зробити його пластичним, що максимально чинить опір силам розщеплення і легко відокремлюваним при дробленні та інших операціях.

У Франції найефективнішим вважають кондиціонування гарячою водою в мийній машині, пором і теплом у кондиціонері у поєднанні з відволоженням. Здійснення зазначених операцій дозволяє легко відокремити зародок, збільшити його вихід, видалити речовини, що надають йому гіркоти, і частково нейтралізувати характерний присмак.

При кондиціюванні забезпечують доведення вологості зародка в стрічкових або інших сушарках до 12 – 13 %, ніж знижують інтенсивність протікання гідролітичних процесів у ліпідах зародка [23].

Для сучасних технологічних ліній переробки кукурудзи характерно використання автоматизованого пропарювача нової конструкції безперервної дії [18], який дозволяє рівномірно по всьому об'єму обробляти зерносипні культури, а також утилізувати теплоту пароконденсатної суміші, що виділилася, на попередній підігрів і сушіння зерна. Конструкція пропарювача передбачає можливість охолодження зерна.

Процес сушіння зерна кукурудзи багато в чому визначається його типом. Поглиблене вивчення структурних, фізико-хімічних, фізіологічних та теплофізичних властивостей насіння кукурудзи кремнистого типу порівняно із зубоподібним дозволило виявити їхню велику механічну міцність, щільність та стійкість до механічних пошкоджень. Однак, слід зазначити, що теплова ушкоджуваність зерна крем'янистих гібридів кукурудзи вище, ніж зубоподібних [28]. Виявлені особливості слід враховувати розробки технологій отримання кукурудзяної крупи.

В результаті ефективного проведення вологотеплової обробки зерна відбувається цілеспрямоване зміна технологічних властивостей зерна, оболонки ефективніше відокремлюються від ядра, ядро менше дробиться, що зумовлює як збільшення виходу крупи, до поліпшення її якості [18].

Застосування вологотеплової обробки кукурудзи також сприяє полегшенню виділення зародка та підвищенню його безпеки, що відіграє істотну роль при використанні зародка як сировина для олії. Внаслідок вологотеплової обробки кукурудзи зародок відокремлюється у вигляді більших частинок і містить менше ендосперму, що підвищує якість кукурудзяного олії, що одержується з нього [18].

В цілому проведений аналіз існуючих технологій переробки зерна кукурудзи показав, що жодне з наявних технологічних рішень не забезпечує збереження цілісності відокремлюваних зародків зерна кукурудзи. Внаслідок високого вмісту фізіологічно активних компонентів у зародку, при порушенні його цілісності відбуваються численні хімічні реакції ферментативного гідролізу, окислення ліпідів та інші, що зумовлюють втрату нативних властивостей та істотне зниження якості, як зародка, і відокремленого зерна, що містить зародок як домішки.

1.3 Сучасні технології вилучення олії із зародків зерна кукурудзи

Вихід та склад кукурудзяної олії багато в чому визначається способом вилучення зародка. Технологічні способи та схеми переробки кукурудзяних зародків визначаються їх якістю та властивостями.

Олію з кукурудзяного зародка можна отримувати шляхом холодного та гарячого пресування. Віджимання та фільтрація олії методом холодного пресування відбувається при порівняно низьких температурах і без попереднього нагрівання насіння. Олія на фільтрацію надходить при температурі 30 – 40 °С, на відміну від 80 – 90 °С для гарячого віджиму. Олія холодного пресування має золотисто-жовтий колір, на відміну від темнозабарвленої олії, отриманої гарячим пресуванням [27].

Вилучення кукурудзяної олії із зародку, сухим способом відділення пресуванням (особливо холодним віджимом) у промислових масштабах – складний і дорогий технологічний процес.

Олія холодного віджиму з кукурудзяних зародків, отриманих сухим способом відділення, не вимагає рафінації та дезодорації, характеризується світло-золотистим кольором, приємним запахом та ніжним смаком, властивим молодій кукурудзі. Вона багата на ненасичені жирні кислоти і надає регулюючу дію на вміст ліпідів і холестерину, в тому числі виявляє антиатерогенну дію, перешкоджаючи відкладенню холестерину на стінках кровоносних судин [24].

Поряд із традиційними способами отримання кукурудзяної олії, розробляються та патентуються нові методи.

Один із сучасних способів одержання кукурудзяної олії має наступні стадії: гідротермічна обробка цільного зерна кукурудзи; дроблення обробленого зерна; кондиціонування дробленого зерна та виготовлення пластівців із кондиціонованого зерна; проведення екстракції пластівкоподібної кукурудзяної маси з метою отримання кукурудзяного борошна та кукурудзяної олії. Вміст олії в цілісному зерні кукурудзи становить 3 – 6 %. Для відокремлення більш легких частинок, що утворюються в процесі обробки кукурудзяного зерна, від більш важких частинок над масою кукурудзяного матеріалу пропускають потік газу, що відносить легку фракцію. Для цього можна використовувати повітря, азот чи аргон. Замість потоку газу може бути використаний струмінь води, що містить вітаміни, мінеральні речовини, ферменти та їх комбінації [9].

Велика кількість досліджень проведена в галузі одержання кукурудзяної олії

екстракційним методом [23].

Проведено дослідження впливу різних екстрагентів на ефективність екстракції: бензину, гексану, ацетону, етанолу, традиційним та використовуваним у промисловості екстрагентом залишається бензин [23].

Так, у роботі [23] досліджено процес екстракції кукурудзяної олії етанолом із попередньо подрібненої сировини. Встановлено, що оптимальними умовами процесу екстракції є співвідношення екстрагенту та сировини 4 мл/г, концентрація етанолу 100 %, час екстракції 30 хв. І температура 50 °С. За дотримання всіх технологічних параметрів вихід олії становить 3,3 кг/100 кг кукурудзи.

Відомий також спосіб отримання кукурудзяної олії з зерен або борошна різних сортів кукурудзи, заснований на екстракції олії з кукурудзяних пластівців, що містять 0,2 – 4 % олії, 10 – 20 % вологи, 2 – 8 % білка, 0 – 80 % крохмалю, менше 800 год/млн фосфору, менше 0,5 % вільних жирних кислот та 3 % нейтральних олій. Екстракцію проводять при використанні в якості розчинників гексану, етилового або ізопропілового спирту при 60 – 65 °С і одержують продукт із вмістом олії 8 – 14 % світло-жовтого кольору [23].

З метою підвищення виходу олії та фітостеролів проводяться дослідження щодо отримання олії з клітковини, отриманої при вологому розмелі зерна кукурудзи. Олія з клітковини кукурудзи, що містить фітостероли, може бути хорошим джерелом ліпопротеїнів, але його низький вміст у продукті (1 – 3 %) робить складною та дорогою його екстракцію. Попередня обробка клітковини розведеною кислотою або глюкозидазами дозволяє видалити неліпідні компоненти і отримати збагачені олією фракції, що легше піддаються екстракції. Внаслідок руйнування та видалення не ліпідних компонентів та крохмалю концентрація олії в продукті перед екстракцією зростає з 0,3 до 10,8 %, а загальний вміст фітостеролів збільшується з 19,8 до 1256,2 мг/100 г клітковини порівняно з необробленою клітковиною.

В цілому проведений аналіз існуючих технологій отримання кукурудзяної олії показав, що актуальним залишається пошук ефективних технологічних рішень, що обумовлюють збереження нативних властивостей фізіологічно цінних речовин,

що знаходяться в зародку, і триацилгліцеринів, що витягуються з нього.

Висновки за розділом

В цілому проведений аналіз існуючих технологій переробки зерна кукурудзи показав, що жодне з наявних технологічних рішень не забезпечує збереження цілісності відокремлюваних зародків зерна кукурудзи. Внаслідок високого вмісту фізіологічно активних компонентів у зародку, при порушенні його цілісності відбуваються численні хімічні реакції ферментативного гідролізу, окислення ліпідів та інші, що зумовлюють втрату нативних властивостей та істотне зниження якості, як зародка, і відокремленого зерна, що містить зародок як домішки.

Враховуючи викладене, розробка ефективної технології переробки зародків зерна кукурудзи та вивчення споживчих властивостей одержуваних продуктів є актуальною.

2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Методи дослідження показників безпеки та якості зерна кукурудзи та кукурудзяного зародка

Дослідження показників безпеки та якості зерна кукурудзи та кукурудзяного зародка проводили, керуючись ДЕРЖСТАНДАРТ 13634-90.

Кукурудза – вимоги при заготівлях та поставках та СанПіН 2.3.2.1078-01 «Гігієнічні вимоги безпеки та харчової цінності харчових продуктів».

На рисунку 2.1 наведено на структурну схему досліджень.

Визначення вологості зерна кукурудзи та кукурудзяного зародка здійснювали за ГОСТ 13586.5-93 «Зерно. Метод визначення вологості».

Відбір проб проводили згідно з ГОСТ 13586.3. З середньої проби виділяли 50 г зерна, очищали його від домішок і розмелювали на лабораторному млині протягом 60 с. Велику помелу контролювали просіюванням вручну через сито № 08 протягом 3 хв. Залишок на ситі не повинен перевищувати 2 %.

Подрібнене зерно відразу переносили у дві металеві бюкси і масу кожної навішування доводили до 5,00 г, після чого бюкси із зерном доводили до постійної маси при температурі 130 °С.

Вологість зерна кукурудзи X , % обчислювали за такою формулою:

$$X = 20 \times (m_1 - m_2) \quad (2.1)$$

де m_1 – маса навішування розмеленого зерна до висушування, г;

m_2 – маса навішування розмеленого зерна після висушування, г.

Результати обчислень записували до другого десяткового знаку.

Розбіжність результатів двох паралельних визначень, що допускається, не повинна перевищувати 0,2 %. При перевищенні розбіжності, що допускається, результатів двох паралельних визначень випробування повторювали. За остаточний результат визначення вологості зерна набували середнього

арифметичного значення результатів двох паралельних визначень.

Визначення кислотного числа олії в зерні кукурудзи та зародку проводили методом титрування. Вилучення олії здійснювали двома способами:

- настоюванням подрібненого матеріалу із розчинником;
- екстракцією олії із подрібненого матеріалу діетиловим ефіром в апараті

Сокслета.

При використанні першого способу вилучення олії, близько 50г подрібненого матеріалу поміщали в конічну колбу та заливали 150 – 200 см³ діетилового ефіру. Колбу закривали корковою пробкою і витримували протягом 2 годин при кімнатній температурі, іноді струшуючи її. Після цього суспензію фільтрували. Піпеткою брали 25 см³ фільтрату і переносили в конічну колбу, куди додавали 15 см³ попередньо нейтралізованого (0,1 н розчином лугу в присутності фенолфталеїну) етилового спирту. Суміш титрували 0,1 н розчином гідроксиду калію в присутності фенолфталеїну (3 – 5 крапель 1%-ного спиртового розчину) до слабо-рожевого забарвлення, стійкого протягом 30 с. Одночасно відбирали 25 см³ фільтрату попередньо висушену і зважену колбу, відганяли ефір, висушували олію при 90 – 95 °С до постійної маси. Після зважування визначали кількість олії, що міститься в 25 см³ фільтрату.

Кислотне число олії в насінні (*KЧ*) обчислювали за формулою:

$$KЧ = 5,611 \cdot \frac{VK}{m} \quad (2.2)$$

де *V* – кількість 0,1 н розчину гідроксиду калію, що пішов на титрування, см³;

5,611 – титр 0,1 н розчину гідроксиду калію (кількість міліграмів КОН в 1 см³ 0,1 н розчину КОН);

m – наважка олії, г.

При використанні другого способу вилучення олії близько 30 г подрібненого матеріалу поміщали в патрон і екстрагували діетиловим ефіром в апараті Сокслета протягом 1 години. Потім з отриманого ефірного екстракту відбирали піпеткою по

25 см³ у дві колби: одну для титрування та іншу, висушену та зважену, для визначення маси олії 25 см³ розчину.

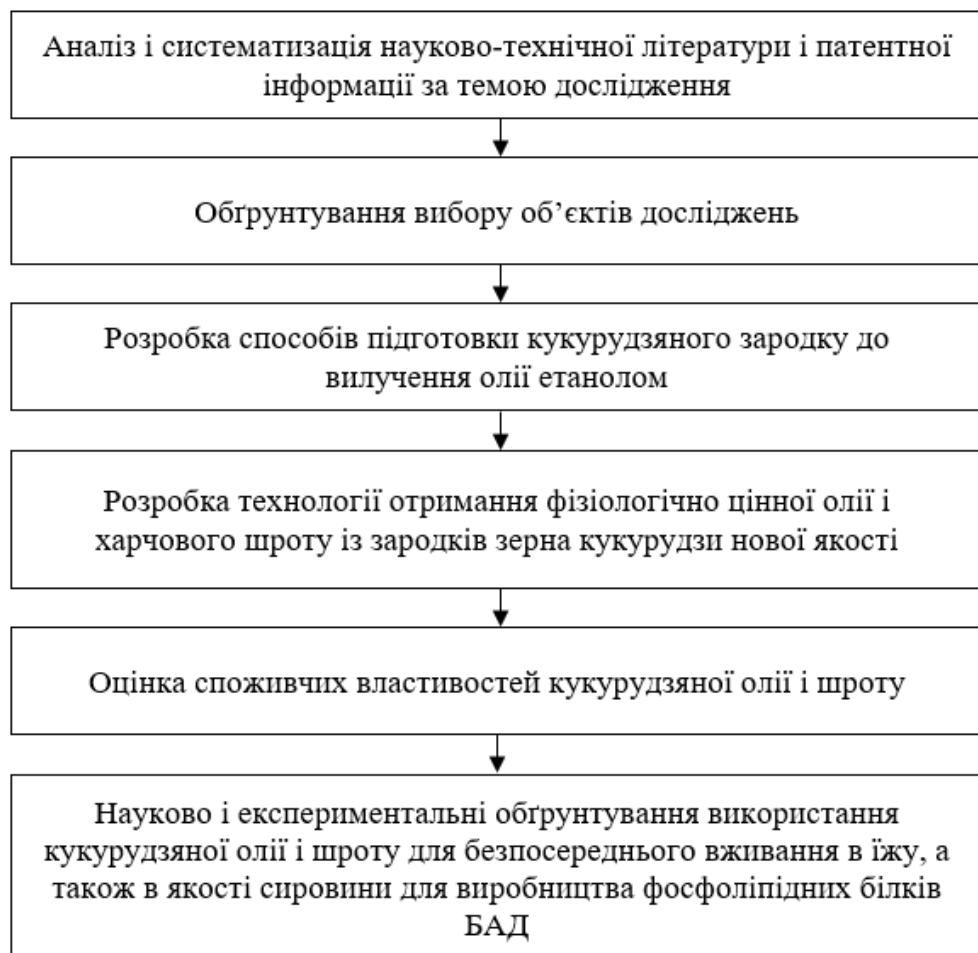


Рисунок 2.1 – Структурна схема проведення експериментальних досліджень

Подальша процедура аналогічна попередньому методу вилучення олії.

Масову частку бур'янів і зернових домішок, а також зараженість шкідниками здійснювали у відповідність [22].

Масову частку оболонки та борошна у зародку визначали відповідно до [23]. З середнього зразка матеріалу методом діагонального поділу виділяли навішування близько 10 г та зважували її. Далі за допомогою пінцету виділяли оболонку та ендосперм (мучку) та зважували їх.

Масову частку оболонки в зародку X (%) обчислювали за формулою:

$$X = m_1 \cdot \frac{100}{m} \quad (2.3)$$

де m_1 —маса оболонки, г;

m – маса зародка, г.

Визначення сирої клітковини проводили відповідно до ГОСТ 28553 -90 шляхом послідовного кип'ятіння наважки досліджуваного зразка зі слабкими розчинами сірчаної кислоти та гідроксиду калію. Після проведення цих операцій у нерозчинному стані залишається клітковина, масову частку якої визначали ваговим методом після висушування при 100 – 105 °С постійної олії.

Висновки за розділом

В запропонованому розділі охарактеризовано основні методи дослідження показників безпеки та якості зерна кукурудзи та кукурудзяного зародка, розроблено загальну структурну схему проведення експериментальних досліджень.

3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Характеристика об'єктів дослідження

Враховуючи, що максимальне збереження фізіологічно цінних речовин зародка забезпечується тільки при сухому способі його відділення, що реалізується в борошномельно-круп'яному виробництві, як об'єкти дослідження використовували зерно кукурудзи сучасних гібридів.

Результати дослідження представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад гібриду зерна кукурудзи

Найменування показника	Значення показника	
	Гібрид НААН України, «Зоряний»	Гібрид Дніпровської селекційної станції «Дніпровський 257»
Масова частка, % на суху речовину:		
– білка	8,9	9,2
– олії	12,0	10,4
– крохмалю	72,3	71,3
– клітковини	1,5	1,7
– золи	1,1	1,3
Вміст каротиноїдів, мг/кг сухої речовини	3,2	2,4

Дані, подані в таблиці 3.1, свідчать про відсутність відмінностей у хімічному складі гібридів, важливих для розроблення технології відділення зародка. Враховуючи це, подальші дослідження проводили на виробничих сумішах зазначених гібридів насіння кукурудзи, характеристика яких представлена у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристика зерна кукурудзи

Найменування показника	Характеристика та значення показника
Колір, форма	Переважно жовтий, форма від округлої до довгасто-подовженою з переважно вдавленою верхівкою
Вологість, %	12,2 – 13,5
Сміттєва домішка, %, в тому числі:	0,72 – 1,94
– зіпсовані зерна кукурудзи	0,50 – 0,88
– мінеральна домішка	0,16 – 0,27
серед мінеральної домішки:	
– галька, руда, шлак	0,05 – 0,08
– шкідлива домішка	0,08 – 0,17
Зернова домішка, %, в тому числі:	4,8 – 6,7
– пророслі зерна	0,95 – 1,36
– пошкоджені зерна кукурудзи	0,58 – 0,75
Зараженість шкідниками	Відсутнє

Показано, що зразки зерна кукурудзи, відібрані для досліджень, відповідають вимогам ГОСТ 13634-90, що висуваються до кукурудзи, що спрямовується на переробку в крупу та борошно, і за своєю якістю відносяться до другого класу. Тим часом, у зерновій масі містяться практично всі види бур'янів і зернових домішок, що робить актуальним вирішення задачі їхнього комплексного видалення для подальшого ефективного відділення зародка.

3.2 Обґрунтування способу вилучення кукурудзяної олії з використанням як екстрагент етанолу

З метою розробки ефективної технології комплексної переробки зародка, виділеного сухим способом за розробленою технологією, вивчали його хімічний склад та харчову цінність порівняно із зародком, отриманим за традиційною

технологією.

Результати досліджень представлені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Хімічний склад та харчова цінність зародка, виділеного із зерна кукурудзи сухим способом

Найменування показника	Значення показника	
	Традиційна технологія	Розроблена технологія
Масова частка, %:		
– вологи та летких речовин	8,3	8,3
– олії	31,2	34,8
– білка	18,8	19,3
– крохмалю	9,5	2,7
– целюлози	5,2	5,0
– пентозанів	3,9	3,7
– водорозчинних вуглеводів	7,5	8,2
– золи	7,5	7,7
Вміст вітамінів, мг/100г:		
– Е	16,40	23,21
– В ₁ (тіамін)	0,33	0,40
– В ₄ (холін)	60,32	68,15
– В ₆ (піридоксин)	0,42	0,47
– В ₉ (фолієва кислота)	22,18	25,20
– РР (ніацин)	2,87	3,10
– Н (біотин)	17,45	18,64
– β-каротин (провітамін А)	0,23	0,34

Як видно з представлених даних, основна відмінність зародка зерна кукурудзи, виділеного за розробленою технологією, полягає в значно меншому (більш ніж у 3,5 рази) вмісті крохмалю та у більшому (більш ніж на 2,5 %) вмісті олії. Слід також відзначити більший вміст вітамінів, особливо вітаміну Е, у зародку, виділеному за розробленою технологією.

Аналіз виробничої практики вилучення олії з кукурудзяного зародка, виділеного сухим способом, показав низьку ефективність віджиму олії на традиційних шнекових пресах. У зв'язку з цим нами було запропоновано

здійснювати пряму екстракцію олії при оптимізації попередньої підготовки матеріалу, що екстрагується.

3.3 Розробка способу підготовки кукурудзяного зародку вилучення олії етанолом

Детальні дослідження впливу режимів підготовки зародка до вилучення з нього олії проводилися дослідниками [24].

Однак, враховуючи суттєву різницю у складі гідрофільної частини відокремленого зародка, обумовлену як зміною ботанічних характеристик вихідної сировини, і впливом розробленої технології, уточнювали режими вологотеплової обробки зародка. При цьому, враховуючи високу фізіологічну цінність зародка, одночасно з вилученням фізіологічно цінної олії, вирішували завдання отримання харчового шроту з подальшим його використанням як сировина для виробництва БАД.

У зв'язку з цим, як екстрагент було запропоновано використовувати етиловий спирт з об'ємною часткою етанолу 96,2 %. Для порівняння здійснювали екстракцію вуглеводневим розчинником нефрасом марки П1-65/75 як одним з найбільш використовуваних в оліюжировій галузі екстрагентів [24].

При оптимізації режимів вологотеплової обробки варіювали вологість матеріалу (w , від 8 до 14 %) та температуру (t , від 60 до 90 °C). Тривалість вологотеплової обробки першому етапі експериментів була прийнята постійної і становила 60 хвилин.

Про ефективність режимів вологотеплової обробки судили за двома функціями відгуку.

Як першу функцію відгуку використовували умовний вихід олії (Q), виражений через відношення масової частки олії в матеріалі після екстракції масової частки олії у вихідному матеріалі. Доцільність такого вираження функції обумовлена незалежністю даної величини від масової частки олії у вихідному матеріалі, а також зручністю її використання для визначення залишкової олійності

матеріалу.

В якості функції відгуку використовували комплексний показник, що характеризує ступінь окислення олії за рахунок накопичення первинних та вторинних продуктів окислення, що виражається числом Тотокс (T).

Ступінь подрібнення сировини у всіх дослідах була постійною, середній діаметр частинок, згідно з наявними рекомендаціями, становив 0,4 – 0,5 мм. Екстракцію здійснювали методом замочування у касетах при температурі 55 °С.

Математична обробка результатів експерименту дозволила отримати рівняння регресії, які мають такий вигляд:

Для екстракції нефрасом:

$$Q = 2,7105 - 0,2709w - 0,0234t + 0,0083w^2 + 0,0009wt + 0,0001t^2 \quad (3.1)$$

$$T = 13,7111 - 2,304w - 0,0083t + 0,1516w^2 + 0,0014wt + 0,0008t^2 \quad (3.2)$$

Для екстракції етанолом:

$$Q = 1,0191 - 0,0998w - 0,0049t + 0,0048w^2 + 0,0001wt \quad (3.3)$$

$$T = 37,142 - 3,6143w - 0,4358t + 0,1797w^2 + 0,0015wt + 0,0031t^2 \quad (3.4)$$

Порівняльний аналіз коефіцієнтів рівнянь (3.1) та (3.3) свідчить про істотно менший вплив параметрів вологотеплової обробки на вихід олії при екстракції етанолом. Це можна пояснити руйнівною дією етанолу як полярного розчинника на ліпопротеїнові комплекси, в результаті якого відбувається вивільнення пов'язаних ліпідів. Взаємовплив температури та вологості на вихід олії незначний для обох екстрагентів.

Як впливає з аналізу рівнянь регресії (3.2) і (3.4), вплив параметрів вологотеплової обробки на отримання екстрагентом продуктів окислення більш значуще для етанолу, при цьому більш значний вплив має температура процесу.

Оптимальні значення досліджуваних факторів (режимів вологотеплової

обробки), що забезпечують досягнення максимального значення функції відгуку «вихід олії» ($Q=q_i/q_0$) наведено в таблиці 3.4. При цьому значення числа Тотокс при обробці оптимальних режимах складо при екстракції нефрасом – 9,3, етанолом – 10,7.

Таблиця 3.4 –Значення факторів, що забезпечують досягнення максимальних та мінімальних значень функцій відгуку

Найменування функції відгуку	Значення функції відгуку	Значення фактору	
		Фактор 1 (температура)	Фактор 2 (вологість)
Екстрагент нефрас			
Вихід олії ($Q=q_i/q_0$)	0,12	90,8	11,3
Екстрагент етанол			
Вихід олії ($Q=q_i/q_0$)	0,29	60	8

На наступному етапі дослідження проводили експерименти щодо впливу тривалості вологотеплової обробки на вихід і ступінь окисленості олії при виявлених оптимальних для досліджуваних екстрагентів режимах.

Результати експериментів представлені на рисунках 3.1 та 3.2.

В результаті максимізації виходу олії при обмеженні числа Тотокс і при варіюванні тривалості процесу були отримані наступні оптимальні режими вологотеплової обробки крупки зародка зерна кукурудзи:

- для екстракції нефрасом: вологість матеріалу 10%; температура 90 °С; тривалість 60 хвилин;
- для екстракції етанолом: вологість матеріалу 8%; температура 60 °С; тривалість 40 хвилин.

Слід зазначити, що здійснення вологотеплової обробки за вказаними режимами забезпечує досягнення технологічних властивостей матеріалу: коефіцієнт фільтрації на рівні 1,2 – 1,3; частка розчинника, що утримується матеріалом, – 39 %.

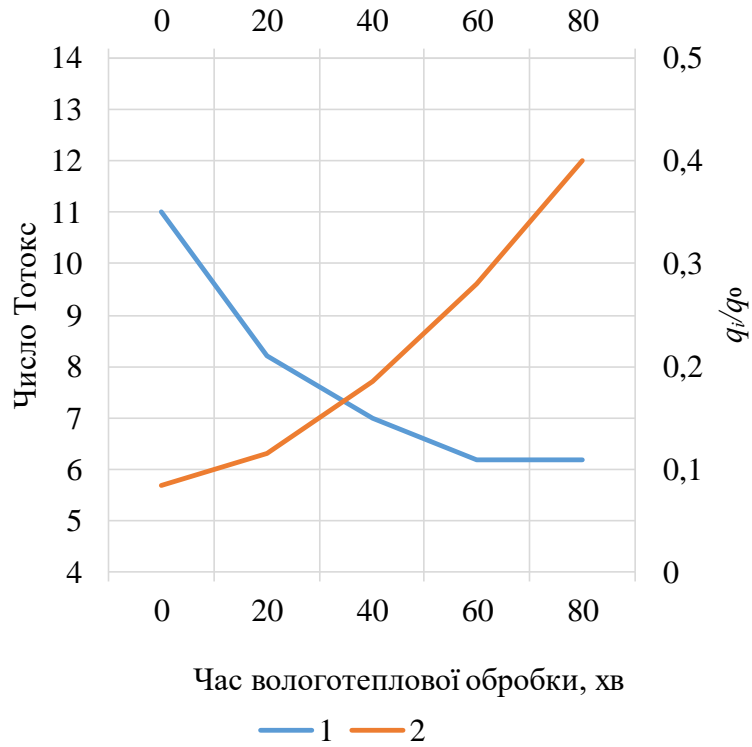


Рисунок 3.1 – Вплив тривалості вологотеплової обробки на число Тотокс (2) та вихід олії (1) при екстракції кукурудзяного зародка нефрасом

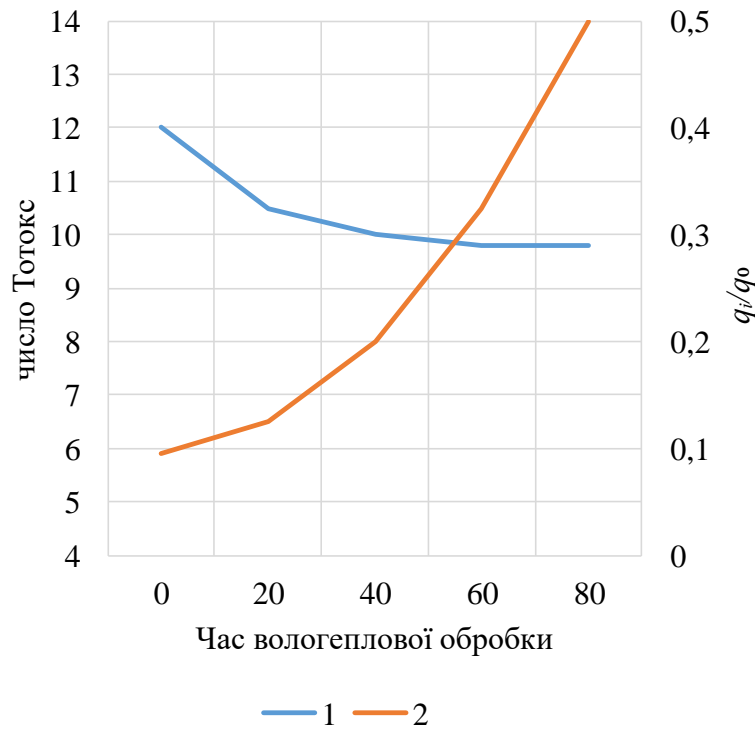


Рисунок 3.2 – Вплив тривалості вологотеплової обробки на число Тотокс (2) та вихід олії (1) при екстракції кукурудзяного зародка етанолом

У таблиці 3.5 представлені результати впливу режимів вологотеплової обробки на вихід та показники якості видобутої олії. Для порівняння проводили екстракцію зародка без вологотеплової обробки (контроль).

Таблиця 3.5 – Вплив режимів вологотеплової обробки на вихід та показники якості олії

Найменування показника	Значення показника			
	Без вологотеплової обробки (контроль)		З вологотепловою обробкою	
	нефрас	етанол	нефрас	етанол
Вихід олії за 2 години екстракції, % до вихідного	65,7	60,1	87,9	70,0
Кислотне число, мг КОН/г	2,40	2,30	2,95	2,35
Масова частка фосфоліпідів, %,	0,60	0,90	0,54	0,95
Вміст, мг/100г:				
– токоферолів	20,8	22,7	17,8	22,9
– каротиноїдів	0,30	0,23	0,28	0,22
Число Тотокс	5,5	5,8	10,0	7,9

Як видно з представлених даних, використання в якості екстрагента етанолу обумовлює нижчий вихід олії при його вищій харчовій цінності. Остання визначається великим вмістом у вилученому маслі токоферолів та фосфоліпідів. Особливо слід зазначити більший вміст у видобутому фосфоліпідний комплексі фосфатидилхолінів, що володіють високими фізіологічно функціональними та технологічно функціональними властивостями.

Підвищену харчову цінність кукурудзяної олії, отриманої етанолом, можна пояснити селективністю етанолу стосовно супутнім фізіологічно активним ліпідам, а також м'якими режимами вологотеплової обробки.

Враховуючи отримані результати, на наступному етапі вирішували завдання підвищення виходу фізіологічно цінної кукурудзяної олії при використанні екстрагенту етанолу.

3.4 Розробка технології отримання фізіологічно цінної олії та харчового шроту із зародка зерна кукурудзи

Основними факторами, що впливають на ефективність екстракції в системі «крупка зародків кукурудзи – етанол», є температура, тривалість процесу екстрагування, гідродинамічні режими та співвідношення екстрагент: матеріал, що екстрагується.

Екстракцію здійснювали у лабораторному екстракторі спеціальної конструкції, представленому на рисунку 3.3, 3.4.

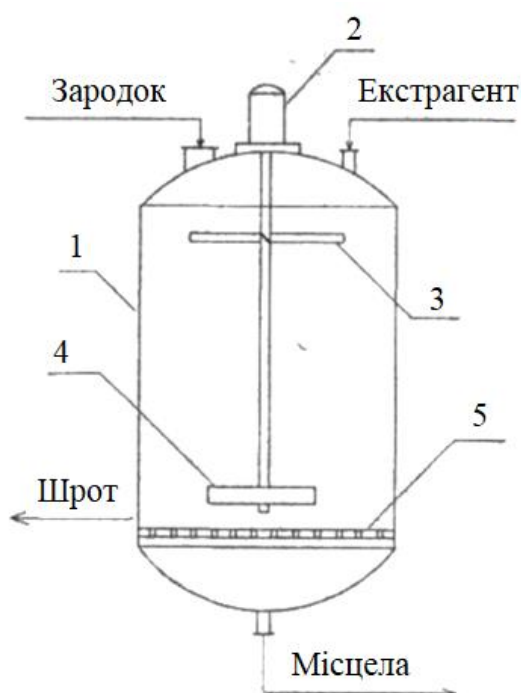


Рисунок 3.4 – Схема лабораторної екстракційної установки:

1 – екстрактор; 2 – редуктор; 3 – лопатева мішалка; 4 – турбінна мішалка; 5 – фільтруюча поверхня

Попередніми експериментами було встановлено, що створення гідродинамічного режиму, що відповідає критерію Рейнольдса, забезпечує, при інших інтенсифікацію масообмінних рівних умовах, максимальну процесів без зміни гранулометричного складу матеріалу, що екстрагується.



Рисунок 3.5 – Загальний вигляд екстракційної установки

Для виявлення впливу температури на ефективність екстрагування проводили екстракцію при варіюванні температури в діапазоні від 30 до 70 °С, і співвідношенні екстрагент: матеріал, що екстрагується, рівному 5:1.

Результати дослідження представлені рисунку 3.6.

Подані залежності свідчать про те, що підвищення температури суттєво інтенсифікує процес екстракції, при цьому проведення екстракції при температурі 60 °С обумовлює настання рівноваги за 35 хвилин, а при температурі 70 °С – за 25 хвилин міцела.

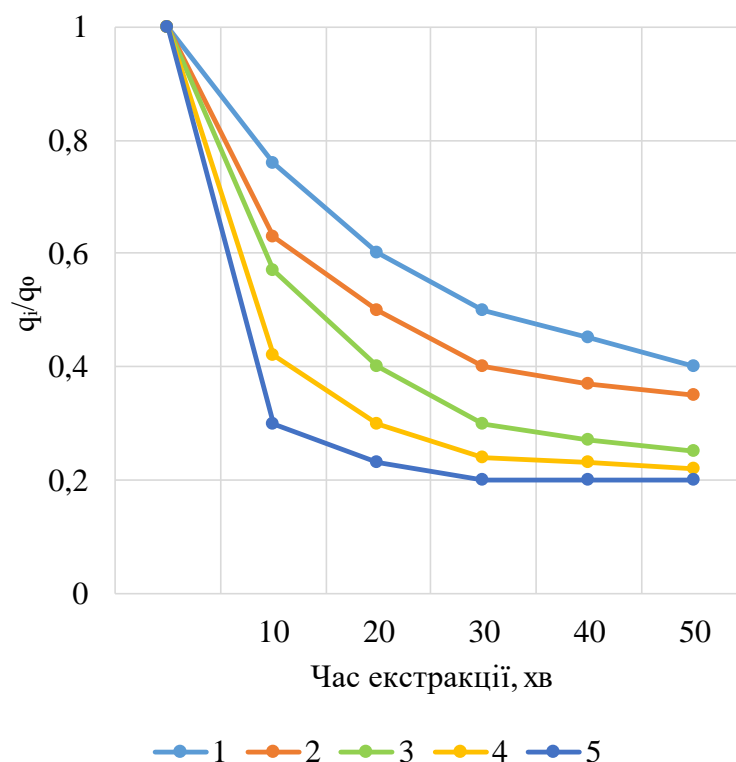


Рисунок 3.6 – Криві екстракції кукурудзяного зародка при співвідношенні етанол: матеріал 5:1 за температури: 1 – 30 °C; 2 – 40 °C; 3 – 50 °C; 4 – 60 °C; 5 – 70 °C

Результати впливу температури процесу екстракції на вихід та показники якості одержуваних продуктів: кукурудзяної олії та шроту представлені в таблицях 3.6 та 3.7.

Як видно з даних, представлених у таблиці 3.6, збільшення температури екстракції призводить до підвищення виходу олії, а також збільшення вмісту фосфоліпідів, токоферолів і каротиноїдів. Однак, поряд з цим відбувається підвищення ступеня окиснення олії, накопичення меланоїдинових сполук, а також зниження вмісту фосфоліпідного комплексу фосфатидилхолінів, що видобувається за рахунок підвищення розчинності в етанолі інших груп фосфоліпідів.

Таблиця 3.6 – Вплив температури екстрагування на вихід та показники якості кукурудзяної олії

Найменування показника	Значення показника				
	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
Число Тотокс	5,3	7,2	8,1	9,6	12,9
Масова частка фосфоліпідів, %	0,85	0,89	0,92	0,97	1,10
Масова частка фосфатидилхолінів, % до суми фосфоліпідів	76	74	72	70	61
Масова частка, %:					
– меланоїдинових з'єднань	0,88	1,12	1,45	2,20	3,54
– токоферолів	0,20	0,22	0,23	0,23	0,24
– каротиноїдів	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27
Вихід олії, % до вихідного вмісту в матеріалі	60	70	75	78	80

Таблиця 3.7 – Вплив температури екстрагування на вихід та показники якості кукурудзяного шроту

Найменування показника	Значення показника				
	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
Масова частка білка, %	24,4	25,6	26,1	26,5	26,8
Фракційний склад білка, % до суми:					
– водорозчинний	33,2	29,6	28,7	25,3	15,5
– солерозчинний	8,1	8,0	7,8	7,2	6,2
– лужнорозчинний	40,2	43,3	43,9	46,1	49,2
– нерозчинний	18,6	19,1	19,6	20,8	29,1

Зазначені негативні зміни інтенсифікуються при підвищенні температури екстракції понад 60 °C.

Дані, представлені в таблиці 3.7 свідчать про те, що підвищення температури вище 60 °C також несприятливо позначається на якості шроту, оскільки зумовлює зниження вмісту водорозчинних і солерозчинних білків при зростанні вмісту лужнорозчинних та нерозчинних фракцій. Таким чином, отримані дані

обумовлюють доцільність проведення екстракції кукурудзяних зародків етанолом при температурі 60 °С.

На наступному етапі досліджували вплив співвідношення екстрагент: матеріал та числа ступенів екстракції на ефективність процесу при мінімізації витрати розчинника.

Результати дослідження представлені на рисунках 3.7 та 3.8.

Як видно з представлених залежностей, необхідна ефективність екстракції, що характеризується залишковою олійністю шроту не більше 0,8% ($q_i/q_0 = 0,023$) забезпечується проведенням екстракції в 3 ступені при співвідношенні екстрагент: матеріал 4:1 або 4 ступені при співвідношенні 3:1

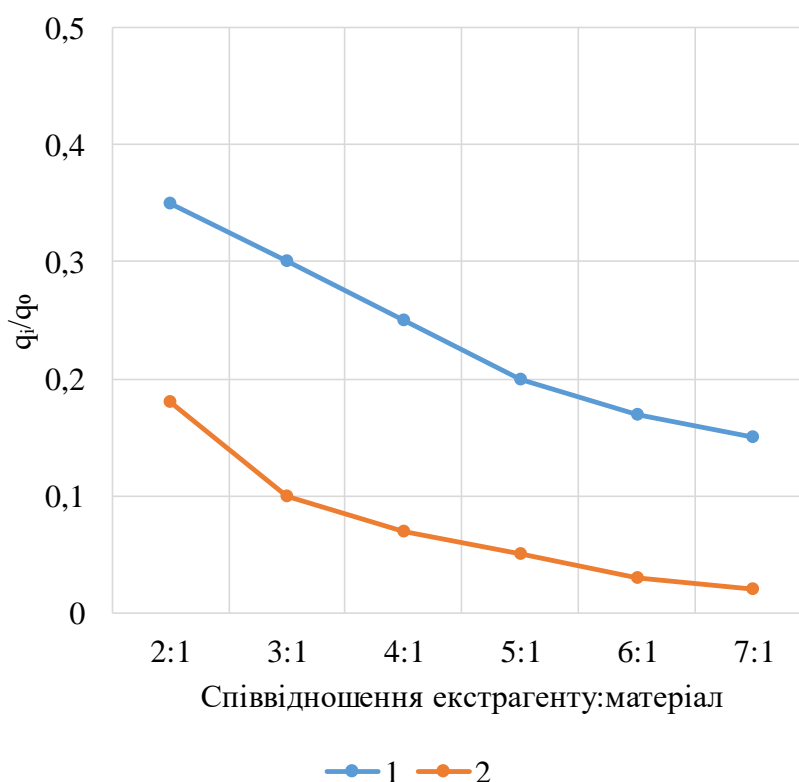


Рисунок 3.7 – Вплив співвідношення екстрагент: матеріал та числа ступенів екстракції на ефективність процесу:
1 – перший ступінь; 2 – другий ступінь

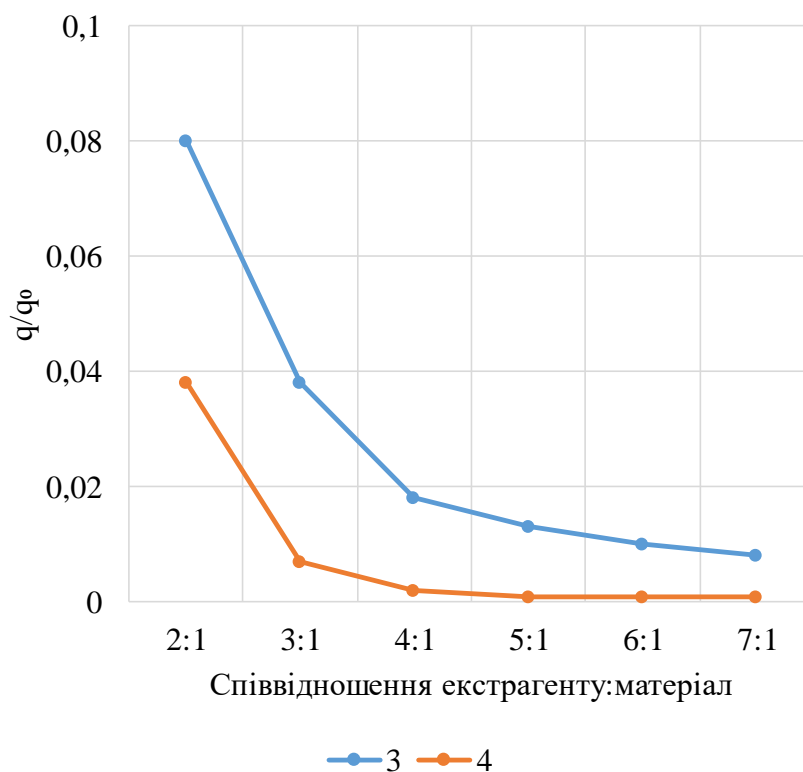


Рисунок 3.8 – Вплив співвідношення екстрагент: матеріал та числа ступенів екстракції на ефективність процесу:
3 – третій ступінь; 4 – четвертий ступінь

З урахуванням технологічної доцільності пропонується проведення екстракції в 3 ступені при співвідношенні екстрагент: матеріал 4:1.

На наступному етапі дослідження вирішували завдання ефективного видалення етанолу з олії та шроту.

Відомо, що триацилглицерини мають обмежену розчинність в етанолі, що знаходить використання при видаленні етанолу зі спиртових місцел.

Враховуючи це, проводили експерименти щодо дослідження впливу температури на стабільність отриманої місцели при екстракції кукурудзяного зародка за розробленою технологією. В результаті експериментів було показано, що охолодження місцел обумовлює їх дестабілізацію з виділенням триацлглицеринів.

Результати експериментів щодо впливу температури на концентрацію етанольних місцел, що відокремилися, представлені на рисунку 3.9.

Як видно з представлених даних, охолодження місцели до температури 10 °С забезпечує отримання слабкої місцели, концентрацією 0,33 %.

Склад ліпідного концентрату, отриманого після дистиляції слабкої місцели, представлений рисунку 3.10.

При цьому виділяються триацилгліцерини, що містять не більше 7 % етанолу та осад нерозчинних у холодному етанолі фосфоліпідів, вихід яких становить 0,025 % маси зародка або менше 9 % від суми фосфоліпідів.

На підставі отриманих результатів було запропоновано здійснювати видалення етанолу з олії в дві стадії, перша з яких включає охолодження місцели до температури 10 °С і її поділ на олію з вмістом спирту не більше 7 %, слабкої місцели, що містить спирторозчинні фосфоліпиди, і осад нерозчинних холодному етанолі фосфоліпідів, з наступним виділенням зазначених фосфоліпідних комплексів.

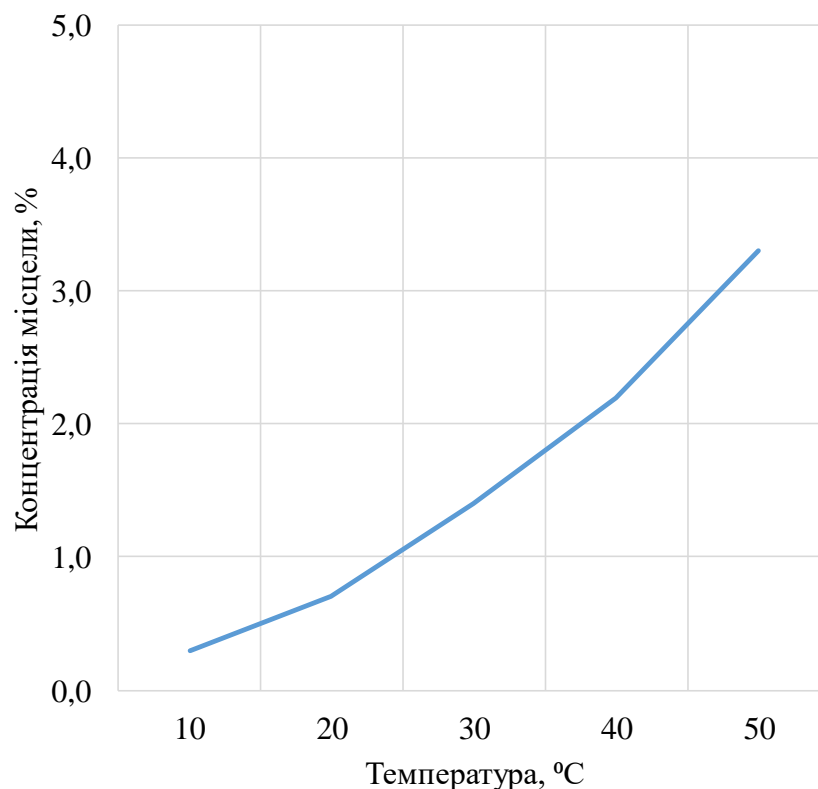


Рисунок 3.9 – Вплив температури на концентрацію спиртових місцелл

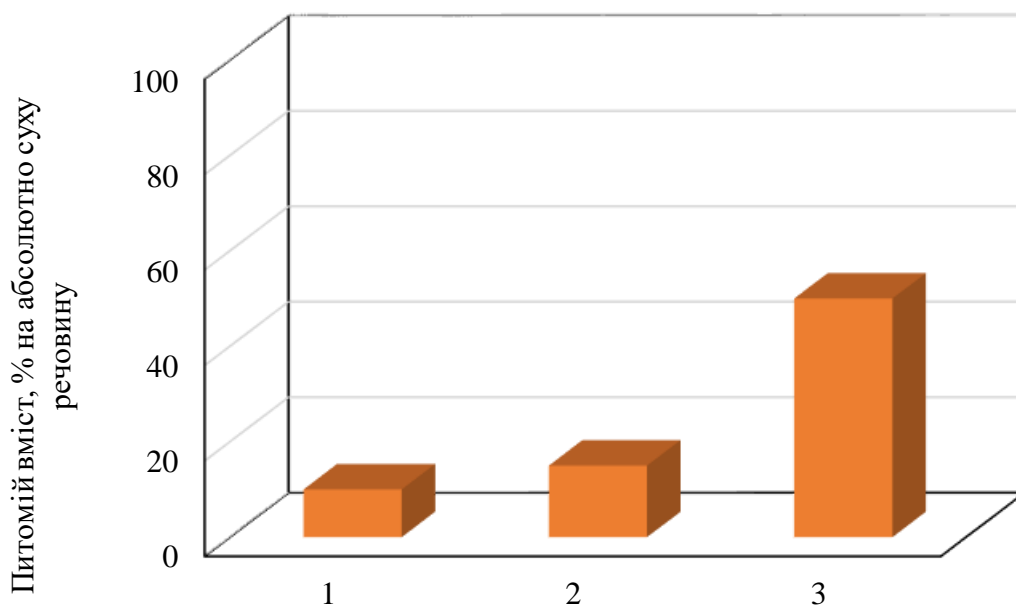


Рисунок 3.10 – Склад ліпідного концентрату:

1 – спирторозчинні фосфоліпіди; 2 – вуглеводи; 3 – нейтральні ліпіди

На другій стадії видаляли залишкові кількості етанолу з олії та шроту під вакуумом (0,005 МПа) при температурі 60 °С досягнення регламентованих показників вмісту води і летких речовин.

На підставі проведених досліджень було розроблено технологію переробки зародка зерна кукурудзи з отриманням фізіологічно цінних продуктів та БАД.

Структурна схема отримання фізіологічно цінної олії, фосфоліпідного комплексу та харчового шроту із зародка зерна кукурудзи нової якості з використанням як екстрагент етанолу представлена на рисунку 3.11.

Подрібнення зародка здійснювали на лабораторній установці млинів «Nagema», яка являє собою зменшену модель промислової технологічної системи вальцевий верстат – розсів, і дозволяє моделювати промисловий технологічний процес.

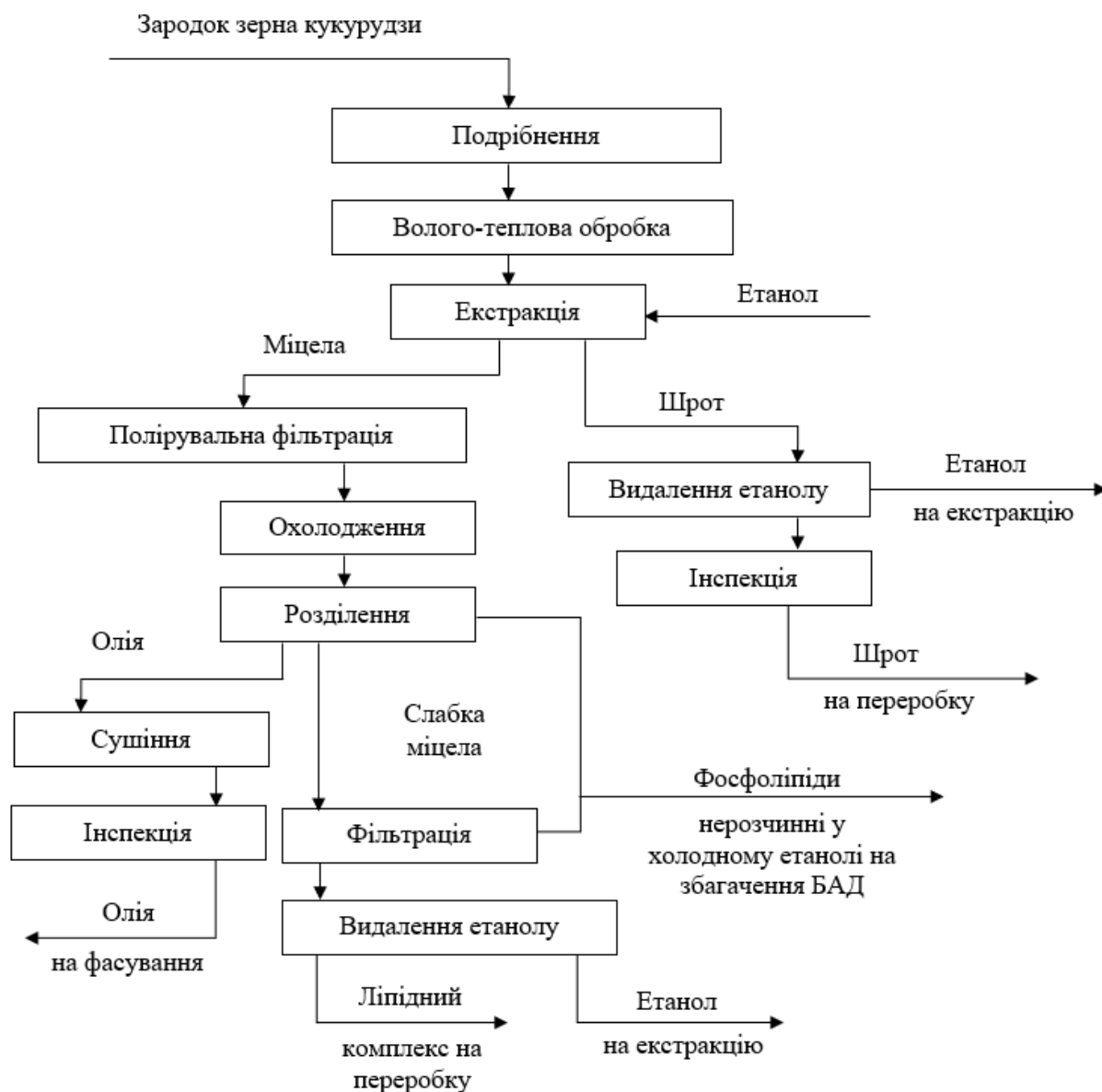


Рисунок 3.11 – Структурна схема переробки зародка зерна кукурудзи

Екстракцію здійснювали в екстракторі раніше описаної конструкції, що дозволяє поєднувати в одному апараті власне екстракцію та процес фільтрації. Як поверхню, що фільтрує, використовували тканину «бельтинг».

Розподіл міцели на олію та слабку міцелу після охолодження в лабораторному теплообміннику здійснювали з використанням центрифуги, що забезпечує фактор поділу 740, відповідний 2000 об/хв.

Видалення залишкових кількостей етанолу з олії здійснювали методом розпилювального сушіння під вакуумом на лабораторній установці.

Видалення етанолу зі шроту здійснювали в тонкому шарі на стендовій

лабораторній сушарці під вакуумом.

Ліпідний осад із слабкої місцели також отримували методом розпилювального сушіння під вакуумом.

Основні технологічні режими процесу наведені у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Технологічні режими переробки кукурудзяного зародка

Найменування стадії процесу	Величина показника
1. Підготовка зародка до екстракції:	
1.1. Подрібнення (розмір частинок), мм)	0,4-0,5
1.2. Вологотеплова обробка:	
Температура нагріву, °С	60
Вологість, %	8,0
Тривалість, хв.	40
2. Екстракція:	
Температура, °С	60
Співвідношення «ПАФ: ацетон»	1:4
Кількість ступенів екстракції	3
Час екстрагування на кожному ступені, хв.	35
3. Видалення етанолу з місцели	
3.1. Попереднє (залишок розчинника в маслі 7%):	
Температура, °С	10
3.2. Остаточний (залишковий вміст розчинника трохи більше 1,0 %) Температура, °С	60
Залишковий тиск, МПа	0,005
3.3. Дистиляція слабкої місцели з виділенням ліпідного концентрату	
Температура, °С	45
Залишковий тиск, МПа	0,005
4. Видалення етанолу зі шроту:	
Температура, °С	60
Залишковий тиск, МПа	0,005

3.5 Оцінка споживчих властивостей одержуваних продуктів

Наукове та експериментальне обґрунтування використання кукурудзяної олії та шроту для безпосереднього вживання в їжу, а також як сировина для виробництва БАД

Ліпідний комплекс, що містить більше 10 % спирторозчинних фосфоліпідів, піддавали гідратації водою в кількості 1,2Ф з подальшим поділом системи на фосфоліпідну емульсію та вуглеводно-ліпідний комплекс. Фосфоліпідну емульсію піддавали сушінню при температурі 50 °С під вакуумом з отриманням в якості самостійного продукту фосфоліпідного комплексу, що характеризується співвідношенням нейтральних ліпідів і фосфоліпідів як 1:2,3.

Результати оцінки фізико-хімічних показників та харчової цінності кукурудзяної олії представлені у таблиці 3.9.

Як видно з даних, представлених у таблиці 3.9, кукурудзяна олія, отримана за розробленою технологією, відрізняється високою харчовою та фізіологічною цінністю. Слід зазначити високий вміст у кукурудзяній олії вітамінів та фізіологічно цінних нутрієнтів, що дозволяє розглядати одержану олію як фізіологічно цінний продукт функціонального призначення.

Результати аналізу показників якості та біологічної цінності кукурудзяного шроту представлені у таблицях 3.10 та 3.11.

Аналіз показників якості кукурудзяного шроту, представлених у таблиці 3.10, свідчить про його високу харчову та фізіологічну цінність. Як видно з даних, представлених у таблиці 3.11, поряд з фізіологічною та харчовою цінністю, кукурудзяний шрот, отриманий за розробленою технологією відрізняється підвищеною біологічною цінністю.

Таблиця 3.9 – Показники якості кукурудзяної олії

Найменування показника	Значення показника
Кислотне число, мг КОН/г	1,2 – 2,5
Перекисне число, ммоль активного кисню/кг	1,5 – 2,5
Анізидинове число	1,3 – 1,9
Масова частка фосфоліпідів, %	0,05 – 0,07
Масова частка неомилюваних ліпідів, %, в тому числі:	1,57 – 1,98
– стерини	0,82 – 0,94
– токофероли	0,25 – 0,30
– каротиноїди	0,23 – 0,27
– сквален	0,023 – 0,032
– воски та воскоподібні речовини	відсутність
Вихід олії, % до вихідного вмісту сировини	97,0 – 97,7

Таблиця 3.10 – Показники якості кукурудзяного шроту

Найменування показника	Значення показника
Масова частка, %:	
– білка	29,0 – 29,5
– олії	0,7 – 0,9
– целюлози	7,59
– крохмалю	3,52
– вологи та летких речовин	3,5 – 4,2
Вміст вітамінів, мг/100г:	
– В ₁ (тіамін)	0,54
– В ₄ (холін)	98,57
– В ₆ (піридоксин)	0,72
– В ₉ (фолієва кислота)	38,71
– РР (ніадин)	4,75
– Н (біотин)	28,54

Таблиця 3.11 – Біологічна цінність кукурудзяного шроту

Найменування показника	Значення показника
Вміст незамінних амінокислот, %	43,4
від суми, у тому числі:	
– Лізін	5,6
– Треонін	3,8
– Валін	6,2
– Метіонін + цистин	5,4
– Лейцин	12,1
– Ізолейцин	5,3
– Фенілаланін + тирозин	5,9
– Триптофан	0,9
Відносна біологічна цінність (ОБЦ), %	265 – 270

Загалом отримані результати дозволяє позиціонувати шрот зародків кукурудзи як сировину для виробництва БАД.

Висновки за розділом

В результаті максимізації виходу олії при обмеженні числа Тотокс і при варіюванні тривалості процесу вологотеплової обробки встановлені наступні ефективні режими підготовки зародка до вилучення олії методом прямої екстракції з використанням екстрагенту етанолу : вологість матеріалу 8 %; температура 60 °С; тривалість 40 хвилин.

Підвищення температури екстракції призводить до збільшення виходу олії, а також збільшення вмісту в ньому фосфоліпідів, токоферолів і каротиноїдів. Однак, поряд з цим, відбувається підвищення ступеня окиснення олії, накопичення меланоїдинових сполук, а також зниження вмісту фосфоліпідного комплексу фосфатидилхолінів, що видобувається за рахунок підвищення розчинності в етанолі інших груп фосфоліпідів. Це зумовлюють доцільність проведення екстракції кукурудзяних зародків етанолом за температури 60°С.

Необхідна ефективність екстракції, що характеризується залишковою

олійністю шроту не більше 0,8 % ($q_i/q_o = 0,023$), забезпечується проведенням екстракції при температурі 60 °C в 3 ступені при співвідношенні екстрагент: матеріал 4:1.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Розроблення картки з охорони праці для оператора відділення лінії з екстрагування рослинних олій

При розробці карти охорони праці для оператора відділення лінії з екстрагування рослинних олій, а саме олії із зародків зерна кукурудзи були враховані найголовніші вимоги з охорони праці при виконанні цієї операції.


<p style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">6. Вимоги охорони праці в надзвичайних ситуаціях</p> <p>При виникненні ситуацій, які можуть привести до аварії 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 захворюванні потерпілому повинна бути надана перша (долікарська) допомога</p>
Контакти служб екстреної допомоги	
<p>Внутрішні службові номери:</p> <p>1. Майстер екстрагувального відділення 371-12-02</p> <p>2. Служба охорони праці: 371-01-01 – головний інженер 371-01-02 – медичний кабінет</p>	

Рисунок 4.1 – Картка з охорони праці для оператора відділення лінії з екстрагування рослинно олії із зародків зерна кукурудзи

4.2 Утилізація відходів олійного виробництва

Підприємства з виробництва рослинної олії повинні мати чіткий план управління відходами, який враховує всі етапи виробництва і тип відходів, що утворюються:

- сировина (рослинні та насіннєві залишки після екстракції олії, жом, лушпиння, шкаралупа та відходи просіювання);
- відходи переробки нафти (відфільтровані відходи, осад або стічні води, сіль, віск, фосфати, пігменти і т. д.);
- відходи розподілу і фракціонування (у вигляді різних олій і продуктів, які не відповідають вимогам до якості або не мають комерційної цінності);
- відпрацьований розчинник (розчин гексану, етанолу або компаунда), після екстракції ці розчинники можуть залишатися у вигляді відходів, що вимагають подальшої обробки або рекуперації;
- відходи води, відпрацьована вода використовується для очищення, охолодження та інших технічних процесів. В результаті утворюються стоки і каналізаційні стоки, які можуть містити речовини, що вимагають очищення перед скиданням.

Щоб знизити негативний вплив на довкілля та відповідати екологічним стандартам, ці відходи потребують належного обліку та переробки, і метою кожного сучасного підприємства з виробництва рослинних олій є мінімізація кількості відходів виробництва.

Утилізація відходів на місці є одним із підходів до управління відходами. З цією метою потрібно робити планування, а саме в найближчому майбутньому використовувати спеціальне обладнання для переробки побічних продуктів, шламу та інших відходів.

Як правило, підприємства з виробництва рослинної олії співпрацюють зі спеціалізованими компаніями по поводженню з відходами, в тому числі укладають договори на збір і переробку відходів для забезпечення екологічно безпечної утилізації.

Управління відходами повинно відповідає регіональним і міжнародним стандартам і законодавству. Всі компанії з виробництва рослинної олії повинні повністю усвідомлювати свої вимоги і дотримуватися їх на всіх етапах поводження з відходами.

Ефективне управління відходами на олійноекстракційних заводах сприяє забезпеченню сталого розвитку, екологічної прийнятності та оптимізації виробничих процесів.

Висновки за розділом

Запропоновано до впровадження картку безпеки оператора лінії відділення екстрагування рослинних олій, розглянуто шляхи утилізації відходів олійного виробництва та шляхи їх скорочення, що в свою чергу призведе до покращення екологічного стану регіону та економічної складової підприємства.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Витрати на проведення досліджень

Розроблений кошторис витрат можна використати для визначення витрат, пов'язаних з проведенням наукових досліджень. Сюди входять різні фактори, такі як витрати на матеріальні ресурси, витрачену електроенергію, нараховану заробітну плату, амортизаційні відрахування та накладні витрати.

Розрахунок вартості основних і допоміжних матеріалів здійснюється за наступною формулою:

$$M = \sum m_1 \cdot C_1, \quad (5.1)$$

де m_1 – витрачений матеріал;

C_1 – вартість матеріалу, грн/кг.

У запропонованій таблиці 5.1 наведені результати розрахунку вартості матеріалу.

Таблиця 5.1 – Необхідна кількість основних матеріалів і їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Зародки зерна кукурудзи, кг	20	12,00	240,00
Розчинник для екстрактора, л	10	65,00	650,00
Всього			890,00

У таблиці 5.2 представлені результати розрахунку заробітної плати учасників досліджень, яку визначаємо множенням середньої погодинної заробітної плати працівника на суму витраченого часу.

Таблиця 5.2 – Витрати на заробітну платню учасника наукового дослідження

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Керівник наукової роботи	830	49,40	15	741,00
Всього				741,00

Нарахування заробітної плати еквівалентно 22 % від загальної суми заробітної плати, що оподатковується єдиним податком:

$$H = \frac{741,00 \cdot 22}{100} = 163,02 \text{ грн.}$$

Вартість витраченої електроенергії визначається за такою формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (5.2)$$

де M – потужність дослідного устаткування, кВт;

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

T – тривалість роботи установки, год;

a – вартість електроенергії, грн/(кВт/год).

Вартість споживання енергії для роботи екстрактора:

$$E_{\text{екстрактора}} = 1,8 \cdot 0,9 \cdot 32 \cdot 7,32 = 379,47 \text{ грн.}$$

Вартість витрат електроенергії на ПК:

$$E_{\text{п.к.}} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 240 \cdot 7,32 = 1739,23 \text{ грн.}$$

Сумарні затрати на електроенергію:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{екстрактора}} + E_{\text{п.к.}} = 379,47 + 1739,23 = 2118,70 \text{ грн.}$$

З використанням рівняння 5.3 для визначаємо вартість амортизації обладнання, використаного в ході дослідження:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365}, \quad (5.3)$$

де A – відрахування на амортизацію обладнання, грн;

Φ – вартість обладнання, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – тривалість року.

У таблиці 5.3 наведені результати розрахунків амортизаційних відрахувань.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунків амортизаційних відрахувань

Устаткування	Вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн.
Екстрактор рослинної олії	15800,0	10	4	17,31
Персональний комп'ютер	10801,0	24	30	213,06
Всього				230,37

Накладні витрати, пов'язані з технічним обслуговуванням та управлінням виробництвом, включають витрати, які повинні бути виплачені обслуговуючому та управлінському персоналу. Витрати, пов'язані з технічним обслуговуванням установки, еквівалентні 80 % від розрахункової заробітної плати виконавця дослідження:

$$\frac{(741,00 \cdot 80)}{100} = 592,80 \text{ грн.}$$

Орієнтовна вартість проведеного наукового дослідження наведена в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Орієнтовна вартість проведеного наукового дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали (ОМ)	890,00
Заробітна плата (ЗП)	741,00
Нарахування на заробітну плату (НЗП)	163,02
Електроенергія (Е)	2118,70
Амортизація (А)	230,37
Накладні витрати (НВ)	592,80
Всього	4735,89

Згідно з проведеним аналізом, витрати на основні матеріали та витрати на витрачену електроенергію є найважливішими витратами, які займають лідируючі позиції у списку.

5.2 Розрахунок вартості дослідження

Оскільки дослідницька робота пов'язана з фундаментальними дослідженнями, вартість визначалася на основі вартості та прибутковості проведення досліджень:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (5.4)$$

де $Ц$ – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

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

$$Ц = 4735,89 + \frac{30 \cdot 4735,89}{100} = 6156,66 \text{ грн.}$$

Сума витрат, затрачених на проведення досліджень, складає 6156,66 грн.

Орієнтовна вартість 1 кг рослинної олії із зародків зерна кукурудзи за розробленою технологією складає 520 грн, що на 70 грн більше ніж вартість цього продукту отриманого за стандартною, пресовою, технологією.

Висновки за розділом

Найбільш важливими статтями досліджуваних витрат є витрати на основні матеріали та витрати на витрачену електроенергію, еквівалентні 890,00 грн. і 2118,7 грн. відповідно. Загалом вартість досліджень становить 6156,66 грн.

Орієнтовна вартість 1 кг рослинної олії із зародків зерна кукурудзи за розробленою технологією складає 520 грн, що на 70 грн більше ніж вартість цього продукту отриманого за стандартною, пресовою, технологією.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Ефективним критерієм сепарування маси зерна кукурудзи є поєднане використання ознак: колір і розмір при звуженні меж інтервалу варіювання параметрів, що задаються. На підставі цього запропоновано технічне рішення даного підходу шляхом використання фотоелектронних сепараторів, що послідовно працюють.

Попереднє фракціонування очищеної зернової маси кукурудзи за площею поверхні і формою з використанням фотоелектронних сепараторів надає позитивний вплив на ефективність виділення і цілісність зародка, а також на показники якості ліпідів, що містяться в ньому.

Параметри вологотеплової обробки мають істотно менший вплив на вихід олії при використанні як екстрагент етанолу в порівнянні з вуглеводневим розчинником – нефрасом, що пояснюється зниженням міцності міжмолекулярних зв'язків у ліпопротеїновий етанол комплексах під впливом полярного розчинника.

В результаті максимізації виходу олії при обмеженні числа Тотокс і при варіюванні тривалості процесу вологотеплової обробки встановлені наступні ефективні режими підготовки зародка до вилучення олії методом прямої екстракції з використанням екстрагенту етанолу : вологість матеріалу 8 %; температура 60 °С; тривалість 40 хвилин.

Підвищення температури екстракції призводить до збільшення виходу олії, а також збільшення вмісту в ньому фосфоліпідів, токоферолів і каротиноїдів. Однак, поряд з цим, відбувається підвищення ступеня окиснення олії, накопичення меланоїдинових сполук, а також зниження вмісту фосфоліпідного комплексу фосфатидилхолінів, що видобувається за рахунок підвищення розчинності в етанолі інших груп фосфоліпідів. Це зумовлюють доцільність проведення екстракції кукурудзяних зародків етанолом за температури 60°С.

Необхідна ефективність екстракції, що характеризується залишковою олійністю шроту не більше 0,8 % ($q_i/q_o = 0,023$), забезпечується проведенням екстракції при температурі 60 °С в 3 ступені при співвідношенні екстрагент:

матеріал 4:1.

Кукурудзяна олія, отримана за розробленою технологією, відрізняється високою харчовою та фізіологічною цінністю, містить значну кількість вітамінів та фізіологічно цінних нутрієнтів, що дозволяє позиціонувати його як фізіологічно цінний продукт функціонального призначення.

Шрот зародка зерна кукурудзи, отриманий за розробленою технологією, відрізняється високою харчовою та фізіологічною цінністю, що дозволяє позиціонувати його як сировину для виробництва БАД.

Запропоновано до впровадження картку безпеки оператора лінії відділення екстрагування рослинних олій, розглянуто шляхи утилізації відходів олійного виробництва та шляхи їх скорочення, що в свою чергу призведе до покращення екологічного стану регіону та економічної складової підприємства.

Найбільш важливими статтями досліджуваних витрат є витрати на основні матеріали та витрати на витрачену електроенергію, еквівалентні 890,00 грн. і 2118,7 грн. відповідно. Загалом вартість досліджень становить 6156,66 грн.

Орієнтовна вартість 1 кг рослинної олії із зародків зерна кукурудзи за розробленою технологією складає 520 грн, що на 70 грн більше ніж вартість цього продукту отриманого за стандартною, пресовою, технологією.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Сайт компанії «Bunge». Електронний ресурс. – URL: <https://www.bunge.com/>
2. Сайт «Latifundist». Електронний ресурс. – URL: <https://latifundist.com/kompanii/259-bunge-ukraina>
3. Дацишин О.В. Механізація переробки і зберігання плодоовочевої продукції / О.В. Дацишин, О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик. Київ.: Мета, 2003 476.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Осейко М. І. Технологія рослинних олій [Текст]: Підручник, К.: Варта, 2006. 280 с.
8. Чумак О.П., Гладкий Ф.Ф. Науково-практичні основи технології жирів. Навчальний посібник. – Харків: НТУ «ХП», вид-во «Курсор», 2015. 185 с.
9. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: Підручник / О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик та ін. - К.: Вища освіта, 2006. 479 с.
10. Сайт фірми «Crown Iron». Електронний ресурс. – URL: <https://www.crowniron.com/oilseed-extraction/model-iii-extractor/#1514310489144-488c1399-3593>
11. 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>

12. Сайт фірми «Anderson International Corp». Електронний ресурс. – URL: <https://www.andersonintl.com/>.
13. 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)
14. Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases. World Health Organization technical report series, 797 [Internet]. Geneva: World Health Organization; 1990; 203 p.
15. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.
16. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційні методи визначення показників якості зерна: Навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, 2023. 325 с.
17. 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>
18. 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>
19. 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>

20. 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>

21. 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>

22. 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.

23. 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>

24. 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.

25. De Vuyst L and Leroy F (2007) Bacteriocins from lactic acid bacteria: production, purification and food applications. *J Mol Microbiol Biotechnol* 13, 194- 199.

26. 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.

27. Ouwehand AC (2007) Antiallergic effect of probiotics. *J Nutr* 137, 794-797.

28. 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.

29. Evrim Çelebi, Cemal Gündoğdu, Aysel Kızılkaya. Determination of Healthy Lifestyle Behaviors of High School Students. *Universal J. Educational*, 2017, 5(8). 1279-1287.

30. 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.

31. Даниленко Г.М., Лєтяго 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.

32. Yakymenko, I., Tsybulin, O., Shapovalov, Ye. (2019). Healthy lifestyle behaviors among university students in Ukraine. *Довкілля та здоров'я*, 1, 41-45.