

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського
Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

ДОПУСКАЮ ДО ЗАХИСТУ
Гарант освітньої програми
«Обладнання переробної і харчової
промисловості»

_____ Хорольський В.П.
« ____ » _____ 2024 року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
на здобуття ступеня вищої освіти «Магістр»
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
за освітньою програмою «Обладнання переробної і харчової промисловості»

на тему: **«УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ
НАСІННЯ КУНЖУТА ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ
ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ»**

Виконав:
здобувач вищої освіти _____ Грежинець Сергій Іванович _____
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник: _____ зав.кафедри, к.т.н., доцент, Омельченко О.В. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Кривий Ріг
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ТУГАН-БАРАНОВСЬКОГО

Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

Форма здобуття вищої освіти денна

Ступінь магістр

Галузь знань Механічна інженерія

Освітня програма Обладнання переробної і харчової промисловості

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант освітньої програми «Обладнання
переробної і харчової промисловості»

Хорольський В.П.
« » 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Грежинцю Сергію Івановичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Удосконалення обладнання для очищення
насіння кунжута із використанням відновлюваних джерел енергії»

Керівник роботи доцент, к.т.н., доцент, Омельченко О.В.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Затверджено: наказом першого проректора ДонНУЕТ імені Михайла Туган-
Барановського від «08» травня 2024 р. № 59-с.

2. Строк подання здобувачем ВО роботи «09» грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Технічна документація до устаткування.

2. Монографії, наукові статті, автореферати дисертацій, тези доповідей на
наукові конференції.

3. Навчальна і методична література, інформація мережі Інтернет.

4. Зміст пояснювальної записки:

1. Вступ.

2. Аналіз обладнання для очищення зерна від зовнішньої насіннєвої
оболонки.

3. Удосконалення обладнання для очищення кунжута.

4. Аналіз результатів досліджень.

5. Висновки.

6. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Обладнання для очищення олійних та злакових культур.

Використання відновлюваних джерел енергії для видалення лушпиння кунжуту.

Дослідження характеристики водопоглинання білого та чорного насіння кунжуту при 35°C, 45°C та 55°C.

6. Дата видачі завдання «1» вересня 2024 р.

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вступ	4.09-20.09.2024 р.
2	Аналіз обладнання для очищення зерна від зовнішньої насінневої оболонки	21.09-18.10.2024 р.
3	Удосконалення обладнання для очищення кунжуту	19.10-08.11.2024 р.
4	Аналіз результатів досліджень	09.11-15.11.2024 р.
5	Висновки по роботі	16.11-22.11.2024 р.
6	Оформлення роботи і подання до захисту	23.11-26.11.2024 р.

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Грежинець С.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Омельченко О.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг і структура магістерської роботи. Повний обсяг магістерської роботи – 50 сторінок, в тому числі основного тексту – 43 сторінок. Робота містить: 13 рисунків, 1 таблицю. Список використаних джерел складається з 30 найменувань.

Об'єкт роботи – ресурсозберігаючі технології в харчовій промисловості.

Предмет роботи – процес очищення олійних та злакових культур.

Мета роботи – удосконалення обладнання для очищення насіння кунжута із використанням відновлюваних джерел енергії.

У роботі зазначено, що енергія відіграє фундаментальну роль у продовольчій системі. Вона споживається не тільки в первинному виробництві, але й у вторинних заходах, таких як сушіння, охолодження, подрібнення, очищення. Енергія потрібна на всіх етапах харчового ланцюга безпосередньо для виробництва, переробки та транспортування, бо на харчові системи припадає близько 30% загального світового споживання енергії.

На основі аналізу, було зазначено, що лушення – це одинична операція при якій зовнішній шар насіння видаляється із внутрішнього насіння за допомогою механічного впливу. Попередня обробка, така як кондиціонування, хімічна обробка, термічні обробки (пропарювання, проварювання) також використовуються для покращення операції видалення лушпиння. Тому різні методи попередньої обробки та параметри обладнання для очищення сприятимуть поліпшенню роботи з видалення лушпиння.

Вважається, що сонячна енергія, як один з відновлюваних джерел енергії, розглядається не тільки для виробництва продуктів харчування, але і для виробництва електроенергії, яка широко використовується як заміник традиційних викопних видів палива.

Запропоновано ресурсозберігаюча технологія очищення зерна від зовнішньої оболонки на основі використання відновлюваних джерел енергії. Пропоноване обладнання складається з чотирьох основних компонентів: блок подачі, вузол прокатки (ролик), вібраційний блок, сонячна панель.

Бункер вирівняний по відношенню до роликів. Ролик приводиться в рух через ремінь, який з'єднаний з двигуном, а двигун пропонується підключити до акумулятора, а акумулятор до сонячної панелі (застосовуємо регулятор постійного струму). Коли сонячна панель буде поглинати сонячне світло, як джерело енергії для отримання прямої електроенергії, електроенергія буде зберігатися в сонячній батареї. Через акумулятори до двигуна будуть підключені ролики, які підключаються до двигунів через ремінь. При запуску двигуна пара роликів повністю знімає лушпиння з кунжуту. На наступному етапі за допомогою вібраційного блоку зерно буде очищене від зайвого лушпиння.

У третьому розділі дослідження водопоглинання насіння кунжуту двох видів: білого та чорного. Наведено характеристики водопоглинання білого та чорного насіння кунжуту при 35°C, 45°C та 55°C. Виокремлено три різні фази поглинання вологи на основі основних механізмів транспортування води.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: відновлювані джерела енергії, очищення насіння, кунжут, водопоглинання, сонячні панелі, ресурсозберігаючі технології.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА ВІД ЗОВНІШНЬОЇ НАСІННЄВОЇ ОБОЛОНКИ	7
1.1 Вплив методів попередньої обробки на видалення лушпиння із олійних і злакових культур	7
1.2 Обладнання для очищення насіння	12
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ КУНЖУТА	21
2.1 Сили, що діють у процесі очищення зерна на гумовому валковому лушпильнику	21
2.2 Ресурсозберігаючі технології у процесі видалення лушпиння	24
2.3 Використання відновлюваних джерел енергії для видалення лушпиння кунжута	27
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	33
3.1 Харчова цінність насіння кунжута	33
3.2 Динаміка водопоглинання кунжута при різних режимах замочування	34
ВИСНОВКИ	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	42
ДОДАТКИ	44

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Грежинець</i>				Удосконалення обладнання для очищення насіння кунжута із використанням відновлюваних джерел енергії	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						5	1
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

ВСТУП

Актуальність роботи. У роботі зазначено, що енергія відіграє фундаментальну роль у продовольчій системі. Вона споживається не тільки в первинному виробництві, але й у вторинних заходах, таких як сушіння, охолодження, подрібнення, очищення. Енергія потрібна на всіх етапах харчового ланцюга безпосередньо для виробництва, переробки та транспортування, бо на харчові системи припадає близько 30% загального світового споживання енергії.

Мета та задачі дослідження. Метою магістерської роботи є удосконалення обладнання для очищення насіння кунжута із використанням відновлюваних джерел енергії.

Практична та наукова новизна. На основі аналізу, було зазначено, що лушення – це одинична операція при якій зовнішній шар насіння видаляється із внутрішнього насіння за допомогою механічного впливу. Попередня обробка, така як кондиціонування, хімічна обробка, термічні обробки (пропарювання, проварювання) також використовуються для покращення операції видалення лушпиння. Тому різні методи попередньої обробки та параметри обладнання для очищення сприятимуть поліпшенню роботи з видалення лушпиння.

Вважається, що сонячна енергія, як один з відновлюваних джерел енергії, розглядається не тільки для виробництва продуктів харчування, але і для виробництва електроенергії, яка широко використовується як заміник традиційних викопних видів палива.

Запропоновано ресурсозберігаюча технологія очищення зерна від зовнішньої оболонки на основі використання відновлюваних джерел енергії. Пропоноване обладнання складається з чотирьох основних компонентів: блок подачі, вузол прокатки (ролик), вібраційний блок, сонячна панель.

Бункер вирівняний по відношенню до роликів. Ролик приводиться в рух через ремінь, який з'єднаний з двигуном, а двигун пропонується підключити до акумулятора, а акумулятор до сонячної панелі (застосовуємо регулятор постійного струму). Коли сонячна панель буде поглинати сонячне світло, як джерело енергії для отримання прямої електроенергії, електроенергія буде зберігатися в сонячній батареї. Через акумулятори до двигуна будуть підключені ролики, які підключаються до двигунів через ремінь. При запуску двигуна пара роликів повністю знімає лушпиння з кунжуту. На наступному етапі за допомогою вібраційного блоку зерно буде очищене від зайвого лушпиння.

У третьому розділі дослідження водопоглинання насіння кунжуту двох видів: білого та чорного. Наведено характеристики водопоглинання білого та чорного насіння кунжуту при 35°C, 45°C та 55°C. Виокремлено три різні фази поглинання вологи на основі основних механізмів транспортування води.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Грежинець</i>				Удосконалення обладнання для очищення насіння кунжута із використанням відновлюваних джерел енергії	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						6	1
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА ВІД ЗОВНІШНЬОЇ НАСІННЄВОЇ ОБОЛОНКИ

1.1 Вплив методів попередньої обробки на видалення лушпиння із олійних і злакових культур

Лушення – це одинична операція при якій зовнішній шар насіння (лушпиння), як правило, видаляється із внутрішнього насіння за допомогою механічного впливу. Існує кілька різних механізмів для відокремлення лушпиння від ядра: гумовий роликочувач, відцентровий луцильник, полірувальна машина на основі повітряного струменя, пристрій тангенціального абразивного луцильника. Основними принципами, що керують цими машинами для видалення лушпиння є:

- стиснення та зсув у гумовому роликочувачі;
- стирання та тертя в тангенціальному абразивному пристрої луцильника;
- удар та тертя в луцильнику відцентрового типу.

Операція видалення лушпиння і її ефективність можуть регулюватися декількома факторами. Попередні обробки, такі як кондиціонування, хімічна обробка, термічні обробки (пропарювання, проварювання, мікрохвильова піч) також використовуються для покращення операції видалення лушпиння. Крім попередньої обробки є й інші чинники, які можуть бути специфічними для конкретного продукту або залежати від машини для видалення лушпиння. Параметри сировини: вологість, тип сортів, розмір і форма, первинна обробка насіння впливають на процес очищення зерна [2]. Параметри машини, а саме, тип машини для видалення лушпиння, зазор, розмір сита, швидкість обробки, коефіцієнт швидкості, швидкість подачі, орієнтація матеріалу, що подається, також впливають на операцію лушення. Відповідно, різні методи попередньої обробки та параметри обладнання для очищення сприятимуть поліпшенню роботи з видалення лушпиння.

Зерна злаків гігроскопічні і спочатку набирають або втрачають вологу, поки не опиняться в рівновазі з повітрям. Продовольче зерно включає такі зернові культури, як рис, пшениця, кукурудза, сорго та просо; бобові, такі як горох і олійні культури, такі як земляний горіх, гірчиця, кокос, кунжут. Вміст вологи відіграє значну роль у процесі очищення зерна. Прошарок між насінням зерна і лушпинням прикріплений за допомогою геміцелюлози, що може призвести до того, що лушпиння буде нелегко відділятися. Додавання вологи в зерно допомагає послабити зв'язок між лушпинням і насінням, оскільки лушпиння розм'якшується [1-4]. Додавання вологи може здійснюється кондиціонуванням насіння в умовах контрольованої вологості або проводячи

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Грежинець				Удосконалення обладнання для очищення насіння кунжута із використанням відновлюваних джерел енергії	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Омельченко						7	14
Н. Контр.	Омельченко					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.	Хорольський							

термічну обробку, а саме, пропарювання та проварювання з подальшим сушінням до безпечного вмісту вологи. Проте підвищення вмісту вологи може призвести до зниження виходу дрібнодисперсних частинок із очищених від лушпиння продуктів. Кондиціонування насіння понад оптимального рівня вологості може негативно впливати на процес луцення. Більш тривала термічна обробка може призвести до того, що насіння стане м'якшим, що може збільшити відсоток розбитого насіння.

Замочування і сушіння є традиційними методами розпушення лушпиння зерна. Набухання зерна і водопоглинання відбуваються одночасно в процесі замочування. Зерно спочатку швидше вбирає воду під час замочування, але ця норма поступово зменшується. На здатність зерна вбирати воду впливає і температура замочування. Чим вище температура тим більше водопоглинання за рахунок збільшення швидкості дифузії води. Поглинальна здатність буде підтримуватися на постійному рівні поки зерно досягне точки насичення. Замочування розпушує оболонку і підвищує твердість ендосперму при сушінні і зерно легше буде піддаватися луценню.

Замочування призводить до більшого ослаблення зв'язку між лушпинням і сім'ядолями зерен, що призводить до підвищення ефективності луцення. Найкращі результати з ефективністю 81,8% були досягнуті при 6 годинах замочування та робочій швидкості 600 об/хв [2-7]. Результати очищення бобів із попередньою обробкою проварюванням протягом різної тривалості (від 1 до 4 годин) свідчать, що зі збільшенням часу кипіння пропускну здатність зменшується. Якість насіння спочатку покращувалася від 1 до 2 годин проварювання, але потім почала погіршуватися коли процес проварювання перевищував 2 години. Ефективність луцення зростала зі збільшенням тривалішого часу кип'ятіння. Трудовитрата праці на кілограм насіння зменшувалася від 1 до 2 годин кип'ятіння, але збільшувалася понад 2 години.

Неправильний процес кондиціонування може призвести до більшої ламкості зерна під час луцення. При більш високому вмісті вологи структура поверхні деформується і не розривається під час луцення, що потім призводить до низької ефективності очищення. Співвідношення насіння і води, що використовується в промисловості, становить приблизно 1:1 або 1:2. Після змочування насіння протягом 6-10 годин воду проціджують. Зазвичай переробники насіння тримають вологе насіння протягом 10-12.

Замочування насіння у воді перед луценням є трудомістким методом. Останнім часом замість води для замочування насіння використовували суміші NaOH і Na₂CO₃. Оптимізованими умовами середовища для замочування насіння була суміш 0,04% NaOH і 3% Na₂CO₃ при 35°C зі співвідношенням насіння до розчину 1:3. Відповідний час замочування становив 40 хвилин. Зменшення часу замочування перед видаленням лушпиння лужною сумішшю виявилось перевагою. Однак ця техніка мала недоліки:

- корозійний вплив лугових сумішей на обладнання та труби;
- вартість великої кількості води, необхідної для змивання залишків луку на насінні;
- проблеми з утилізацією промивної води.

						ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
							8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Сушіння – це метод зниження вмісту води та водної активності зерна до мінімального рівня з метою запобігання хімічному, біохімічному та мікробактеріальному псуванню. Сушіння в псевдозрідженому шарі є однією з нових технік завдяки відмінному контакту між зернами та сушильним середовищем вона має високу швидкість сушіння. Передові методи сушіння включають осмотичну дегідратацію, вакуумну сушку, сублімаційну сушку, надкритичну сушку вуглекислим газом, ультразвукову сушку, відцентрову сушку, сушку тепловим насосом, сушіння перегрітим потоком, сушіння розпиленням, сушіння за допомогою мікрохвильової печі, гібридне сушіння або комбіноване сушіння тощо.

Сушіння зерна до оптимального рівня вологості посилює процес луцення, забезпечуючи ретельне просушування зовнішнього шару зерна. Основним завданням процесу сушіння зерна є для підвищення ефективності луцення. Сушіння зерна має на меті продовжити термін зберігання зерна шляхом запобігання будь-якому впливу мікроорганізмів, вмісту вологи та навколишнього середовища. Сушіння змінює фізичні властивості, такі як форма, розмір, структура тощо, що також підвищує ефективність луцення.

До нових методів термічної попередньої обробки можна віднести гідротермічну обробку. Гідротермічна обробка зерна передбачає піддавання сировини впливу пари під високим тиском або гарячої води протягом певного періоду. Вона призводить до розпушення корпусу, що полегшить видалення лушпиння, тим самим підвищуючи ефективність фрезерування. Як правило, цей процес складається із замочування, пропарювання та сушіння [1-4]. Поглинання води збільшується з часом і залишиться постійною після досягнення рівня насичення. Ендосперм стає твердішим після обробки і зменшує ламкість зерна. Час замочування, тривалість замочування, час пропарювання, температура сушіння та кінцева вологість зерна матимуть значний вплив на луцення зерна та його поживні властивості.

Мікрохвильова обробка – це електротермічний метод термічної обробки, при якому електрична енергія перетворюється в теплову. Вироблене тепло використовується як сушильне середовище. Цей спосіб сушіння перевершує звичайні методи сушіння, такі як вакуумна сушка, сушка гарячим повітрям, сушка на сонці тощо. Мікрохвилі являють собою електромагнітні хвилі, частота яких варіюється від 300 МГц до 300 ГГц, а зазвичай використовуваними мікрохвильовими частотами є 915 МГц і 2,45 ГГц.

Коли коливальна електрична хвиля взаємодіє з молекулами води всередині зерна, дипольна природа зерна змушує постійно поляризовані біполярні молекули намагатися переорієнтуватися відповідно до електричного поля. Перебудова молекул відбувається зі швидкістю один мільйон разів на секунду внаслідок підвищеної частоти електричного поля. Це явище призводить до виникнення внутрішнього тертя всередині молекул, що в кінцевому підсумку призводить до об'ємного нагрівання матеріалу. Процес нагрівання також може бути пов'язаний з коливальною міграцією іонів в сировині, яка виробляє тепло під впливом високочастотного коливального електричного поля. Сушіння в мікрохвильовій печі перед луценням, як попередня обробка, впливає на характеристики луцення зерна.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Енергія випромінювання мікрохвиль може бути застосована в якості нагрівального середовища для більш швидкого сушіння кондиційного насіння. Проникнення мікрохвиль може призвести до рівномірного висихання та збільшення градієнта теплового розширення насіння з подальшим скороченням насінневої оболонки та оболонки насіння з набагато меншою енергією [2]. Наприклад, обробка сухих бобів мікрохвилями на частоті 2450 МГц від 3 хв до 6 хв призводить до збільшення виходу очищеного насіння. Обробка мікрохвильовою піччю також покращила смаковий профіль бобів. Спостерігається підвищення ефективності видалення лушпиння, виходу оболонки насіння зі збільшенням потужності НВЧ до 630 Вт. Встановлено, що мікрохвильове випромінювання 630 Вт протягом 90 с є оптимізованим для максимальної ефективності луцення (70%) і мінімальних втрат при луценні (0,18%).

Інфрачервона обробка заснована на інфрачервоному випромінюванні без впливу на середовище. Ці випромінювання є електромагнітними хвилями, які потрапляють між видимим світлом і мікрохвилями (0,78–1000,00 мкм), які передаються у вигляді хвилі і викликають швидке внутрішнє нагрівання зерна. Коли випромінювання падає на зерно то воно створює коливання в молекулах зерна і призводить до виникнення міжмолекулярного тертя і таким чином нагріває зерно. Нагрів не залежить від поверхні зерна, тому є рівномірний по всій матриці зерна. Випромінювання поділяється на ближнє інфрачервоне (0,78–1,40 мкм), середнє інфрачервоне (1,4–3,0 мкм) та далеке інфрачервоне (3,0–1000,0 мкм) [1-4]. Глибина проникнення залежить від структури і складу зерна і довжини хвилі випромінювання. Випромінювання нагріває відкриту сировину за коротший період, ніж інші звичайні методи сушіння, і цей метод є більш вигідним, оскільки більшість харчових продуктів поглинають випромінювання в діапазоні інфрачервоного випромінювання. Більш того, за рахунок рівномірного нагріву досягається краща якість сировини. Обробка має кілька переваг, таких як швидший час обробки, рівномірне нагрівання, підвищена енергоефективність, більш якісна продукція та відсутність нагрівання навколишнього середовища.

Омічний нагрів також називають нагріванням електричного опору або джоулевим нагріванням – це нова термічна техніка нагрівання, коли електричний струм протікає через харчовий матеріал, забезпечуючи прямий контакт сировини з двома електродами. Струм при проходженні через сировину має синусоїдальну форму хвилі, яка відрізняється від мікрохвильового і індуктивного методів нагріву. Цей підхід передбачає пряме перетворення електричної енергії в теплову в результаті чого відбувається швидке і рівномірне нагрівання. Це призводить до зниження сенсорних властивостей, неприємних присмаків, втрат поживних речовин та біологічно активної деградації. Вважається ефективним методом, який застосовується для сушіння зернових, таких як рис і кукурудза, завдяки своїм помітним властивостям, включаючи виняткову енергоефективність, швидку тривалість приготування, низьке споживання енергії та сталий характер.

Нетермічна обробка зменшує суттєві втрати якості на відміну від термічної обробки. У цьому методі виділення тепла не відбувається ні на

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

зразку, ні всередині нього. Деякі з нетермічних технологій включають обробку під високим тиском, імпульсне електричне поле, обробку холодною плазмою, ультразвук, опромінення тощо.

Обробка під високим тиском – це метод, який подає рівномірний тиск на зразок, незалежно від його форми та розміру. Тиск зазвичай варіюється від 100 до 800 МПа і може застосовуватися при кімнатній температурі або нижче, або навіть при температурі вище 100⁰С протягом короткого періоду експозиції. Тривалість впливу варіюється від декількох секунд до більш ніж 20 хв в залежності від передбачуваної мети сушіння.

Імпульсне електричне поле передбачає вплив на зерно короткого сплеску імпульсів високої напруги в діапазоні від 20 до 80 кВ/см таким чином, що зразок утримується між двома електродами. Екологічно чиста технологія, стійка, енергоефективна, з меншим часом впливу і в процесі не використовується хімічна речовина. Обробка викликає розпад клітинних мембран, що призводить до дисбалансу концентрації іонів, викликаного рухом заряджених частинок по мембрані [3, 4]. Це призводить до витікання клітин, а також до вставки матеріалів як в клітинну мембрану, так і в загиблі клітини. Обробка зменшує час висихання в порівнянні з необробленими зразками, що призводить до збільшення вологовіддачі та сприяє рівномірному розподілу вологи всередині крохмалю в процесі сушіння. Крім того, обробка додатково призвела до зниження ентальпії та температури клейстеризації крохмалю.

Холодна плазма. Коли газоподібні молекули отримують більше енергії, вони піддаються дисоціації, в результаті чого утворюється суміш радикалів, збуджених атомів, іонів, реакційноздатних форм і електронів. Як тільки молекули повертаються до свого стабільного основного стану, вони вивільняють фотони з точною довжиною хвилі, що сприяє об'єднанню. Під терміном «плазма» мається на увазі композит частково іонізованого газу. Співвідношення між електронами і іонами визначає температуру плазми. Наявність теплової рівноваги, викликані більш високою температурою електронів, призводить до утворення теплової плазми [1-8]. З іншого боку, нетеплова взаємодія між електронами та іонами призводить до появи плазми кімнатної температури, широко відомої як холодна плазма. Вплив холодної плазми на зерно залежить від елементів холодної плазми, тобто іонів, вільних радикалів, випромінюваних фотонів, реактивних видів, збуджених атомів, інтенсивних електронів і складових частин зерна. Обробка впливає на фізичну структуру зерна і називається «фізичним ефектом плазми». Це також впливає на площу поверхні та пористість, що призводить до підвищеного інтересу до вивчення впливу холодної плазми на луцення зерна.

Ультразвук – це нова стійка технологія, яка підвищує ефективність ряду процесів у харчовій промисловості. Частота ультразвукових хвиль перевищує 20 кГц. Крім того, його можна використовувати з температурою та тиском, щоб мати синергетичний вплив, значно підвищуючи його ефективність. Ультразвукові хвилі, що використовуються в харчових продуктах, можна класифікувати на дві категорії залежно від їх інтенсивності та частоти: низькочастотний ультразвук (з частотою більше 100 кГц і інтенсивністю нижче

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1 Вт/см²) і ультразвук високої інтенсивності (частота 20–100 кГц і 10–1000 Вт/см²).

Перетворювач виробляє ультразвукові хвилі шляхом перетворення електричних імпульсів в акустичну енергію потрібної інтенсивності. Обробка створює нові мікроканали за допомогою кавітації води як внутрішньоклітинної, так і позаклітинної, посилюючи дифузію води з внутрішньої частини на поверхню зразка за допомогою чергування стиснень і розширень, викликаних ультразвуковими хвилями. Це явище отримало назву «ефект губки». Таким чином, скорочується час висихання. Обробка також впливає на фізико-хімічні та функціональні характеристики концентрованого білка зерна.

Нікстамалізація – це метод, який включає замочування висушених зерен у лужному розчині, наприклад, гідроксиді кальцію (вапно), гідроксиді натрію (луг) або гідроксиді калію (деревна зола). Далі слідує промивання зерен водою з подальшим видаленням лушпиння. Лужність розчину сприяє розчиненню клітинних стінок зерна, таких як целюлоза і пектин, що призводить до розпушення оболонки. Цей процес полегшує очищення, а також підвищує пастоподібні якості зерна.

1.2 Обладнання для очищення насіння

Насіння кунжуту широко використовується як джерело високоякісного харчового масла. Завдяки природним антиоксидантам кунжутна олія має тривалий термін зберігання та знижує рівень холестерину завдяки високому вмісту поліненасичених жирів. Окрім використання в кулінарних цілях існує фармацевтичне застосування кунжутної олії, наприклад для лікування запаморочення та головного болю. Зерна містять 20% білка завдяки унікальним збалансованим пропорціям амінокислот, а також величезне джерело ненасичених жирних кислот [1, 6, 8]. Сировину в основному споживають заради насіння. Насіння кунжуту використовують цілком або переробляють на олію. Цільне насіння очищають від лушпиння та збагачують ним хлібобулочні вироби та цукерки. Насіння використовується в основному на хлібі, хлібних паличках, печиві, крекерах, оздоровчих закусках (наприклад, кунжутних батончиках), а також в готових сніданках (як добавка до зернових сумішей).

Для того, щоб вживати зерна кунжуту вони повинні бути очищені за допомогою спеціального технологічного процесу, перш ніж їх можна буде споживати людям. Лущення – це етап первинної обробки, який видаляє зовнішній шар зерна і є найважливішим у всій лінії переробки. Тому перед вживанням насіння кунжуту обробляють, щоб видалити лушпиння і обсмажують для посилення смаку. Основними етапами традиційного методу обробки кунжуту є замочування, сушіння, очищення, відділення лушпиння, обсмажування.

На зовнішній волокнистий покрив насіння кунжуту припадає від 15 до 29% всього насіння. Лушпиння насіння кунжуту багате клітковиною, вуглеводами та кальцієм. Видалення лушпиння призводить до зменшення вмісту клітковини приблизно на 50%, збільшує вміст білка і олії в насінні і загальний вихід видобутої сировини. Лушпиння насіння кунжуту містить

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приблизно 35 мг щавлевої кислоти на 100 г лушпиння. Як відомо, щавлева кислота перешкоджає мінеральному обміну в організмі. Оксалати утворюють крихітні маленькі нерозчинні кристали з гострими краями, які подразнюють тканини, особливо травну систему. Вони також можуть сприяти утворенню каменів у нирках [1]. Приблизно від 70% до 80% всіх каменів у нирках складається з кальцію, зазвичай поєданого з оксалатом або щавлевою кислотою. Гіркий смак неочищеного насіння кунжуту також обумовлений наявністю в лушпинні щавлевої кислоти. При вживанні неочищеного насіння відразу виникає кислий або гіркий присмак у роті через їдку дію щавлевої кислоти. З усіх цих причин очищення, тобто видалення оболонки з ядра, є одним з основних процесів перед вживанням кунжуту. Очищення покращує вилучення олії, а також поживну цінність та смак продуктів з кунжуту. Таким чином, очищення кунжуту є необхідною умовою для розширення його застосування в харчовій промисловості.

Для очищення зерна від лушпиння були прийняті різні техніки або методи з невеликими модифікаціями. Луцильники для зерна включають гумові луцильники, абразивні полірувальні машини, відцентрові машини тощо. Спеціальної стандартної машини для луцення кунжуту не існує. Відцентровий луцильник є одним з луцильників, який використовується для луцення кунжуту. Луцення також залежить від таких факторів, як вологість зерна, стан збирання, якість зерна, спосіб сушіння, ефективність машини тощо.

Для ефективного луцення зерна використовуються машини з різними механічними принципами або зусиллями. Деякі з принципів є ударні, зсувні та абразивні сили. Їх дія на зерно впливає на ефективність луцення, а також на поживні властивості зерна. Різні параметри машини, такі як швидкість подачі, напрямок подачі, кліренс машини, швидкість машини, різниця швидкостей, тип механізму можуть впливати на продуктивність машини. Повільніша швидкість подачі може призвести до збільшення часу утримання насіння в механізмі видалення лушпиння, що може підвищити ефективність луцення [1-4]. Однак, збереження нижчої швидкості подачі також зменшує нижчу здатність до лушпиння. Сила, яка необхідна для від'єднання лушпиння, може бути неефективною при меншій швидкості подачі. Збільшення швидкості подачі, зазвичай, призводить до більшого ламання насіння через більше тертя між частинками насіння. Збільшення затвора подачі з 15 до 40 мм призводить до збільшення ефективності видалення лушпиння і ще більше знижується при подальшому збільшенні подачі затвора. Тому необхідно оптимізувати швидкість подачі в процесі видалення лушпиння.

Орієнтація подачі також впливала на луцильну здатність машини. Коефіцієнт луцення значно впливає кут нахилу ролика, при цьому позитивна кореляція спостерігалася до 45° після чого вона знижувалася. Найвищий коефіцієнт луцення (вихід цілого насіння) становив 88,31%, що досягалося при куті нахилу ролика 40° при швидкості подачі 25 кг/год. Вертикальна подача була визнана найбільш підходящою, оскільки було виявлено, що вона знижує питому енергію, яка необхідна для розриву лушпиння та насіння [2-6]. Інші результати свідчать, що кут напрямку подачі (від 0° до 90°) впливає на видалення лушпиння та ламання зерна. Вертикальний напрямок подачі (0°)

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

забезпечив найкращий вихід луцення (98,5%) і найменше руйнування зерна (2,3%). Підбір оптимального кліренсу машини може покращити параметри видалення лушпиння. Регулювання зазору машини для видалення лушпиння повинно бути таким, щоб можна було створювати відповідну силу стиснення для видалення лушпиння найменшого розміру насіння. Менший зазор перешкоджає проходженню насіння і може задушити механізм, тоді як більший зазор знижує ефективність луцення та вихід лушпиння продукту.

Ще одним важливим фактором є частота обертання машини (об/хв). Швидкість машини або швидкість ролика оптимізована для машини видалення лушпиння і повинна відповідати потребам машини в потужності. Сила, що діє механізмом видалення лушпиння на виріб багато в чому залежить від швидкості обертання машини. Більш висока швидкість руху пояснюється меншим часом зберігання насіння, що сприяє зниженню ефективності лушпиння. Однак, збільшення частоти обертання машини також призводить до збільшення питомої витрати енергії [2-8]. Збільшення швидкості ролика з 1,5 м/с до 5 м/с зменшує подрібнене зерно з 18,83% до 9,97%. Індекс луцення спочатку зріс з 1,5 до 2,9 м/с, а потім знизився до 2,9 м/с. Збільшена норма подачі посилює вихід луценого матеріалу. Ефективність луцення зростала зі швидкістю подачі 4-5 кг/хв і кліренсом 3-4 см, досягнувши піку до 79,99% з кліренсом 4 см і швидкістю подачі 5 кг/хв. Технології очищення олійних та злакових культур наведена на рисунку 1.1.

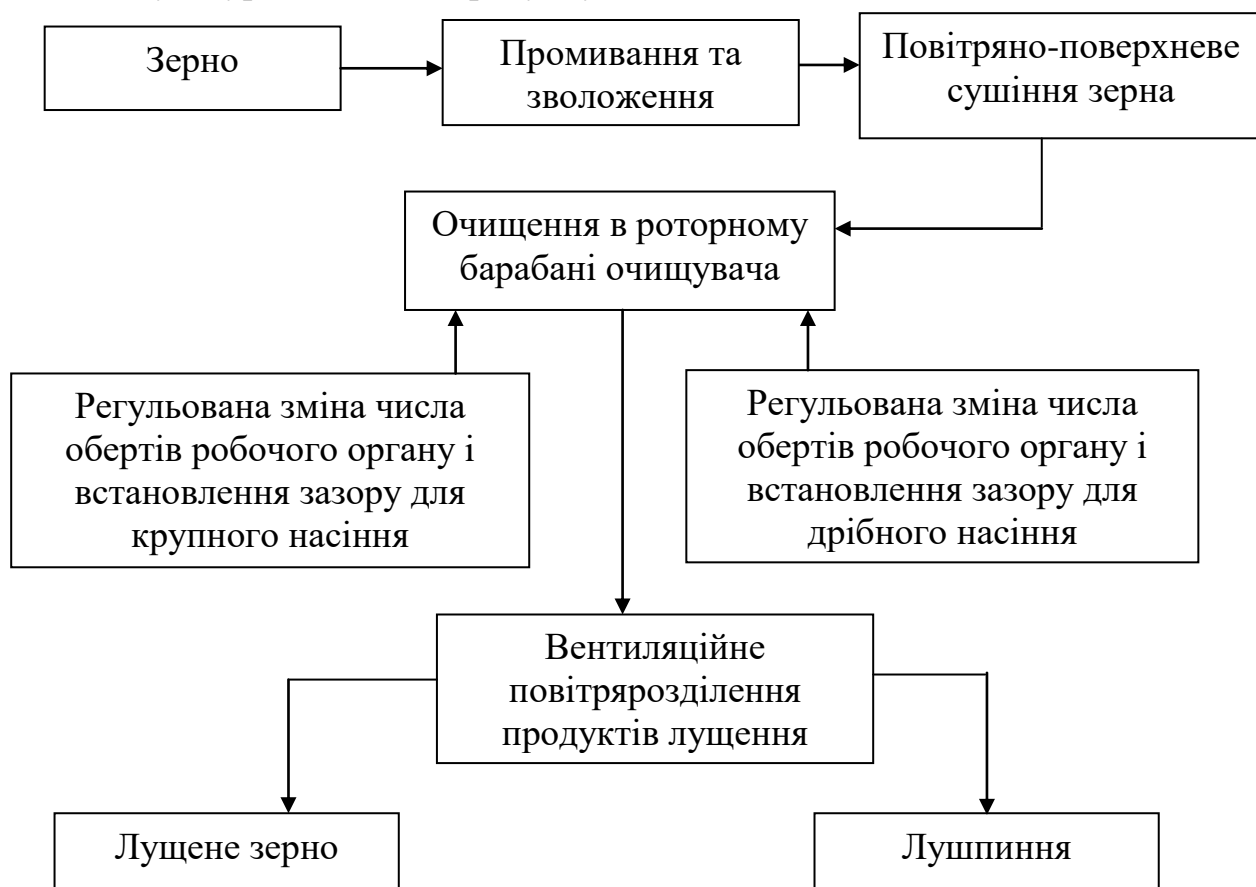


Рисунок 1.1 – Технології очищення олійних та злакових культур

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Продуктивність луцення залежить від кількох факторів, а саме від типу зерна, експлуатаційних та конструктивних параметрів. Параметри зерна включають фізичні характеристики, вміст вологи, сорт, тоді як швидкість подачі, час роботи, кліренс та робоча швидкість є деякими прикладами експлуатаційних параметрів. Збільшення проміжку між валками для луцення знижує такі характеристики луцення, наприклад, як ефективність луцення. Зерна мають невеликі розміри, тому при збільшенні зазору зерно буде проходити через щілину не зустрічаючи ніяких сил зсуву або стиснення.

Різниця швидкостей між роликками, а саме швидкість між швидшим і повільнішим роликками, що рухаються назустріч один одному, зберігається для створення більшої сили зсуву, що сприяє легкому очищенню продуктів. Зазвичай мінімальна різниця швидкостей між більш швидким і повільним роликком в гумовій роликковій машині для видалення лушпиння тримається не менше 2,5 м/с [1-4]. Впливає також і гумовий матеріал на видалення лушпиння. Очищення від лушпиння залежить не тільки від коефіцієнта тертя між зерном та поверхнею валика, але також від поверхневого матеріалу. Луцення позитивно збільшувалося зі збільшенням твердості гуми за рахунок меншої площі контакту при більшому тиску. Підбір різних параметрів машини стає вирішальним для оптимізації процесу видалення лушпиння. Вибір правильних параметрів може ґрунтуватися на взаємодії між умовами продукту та механізмом очищення.

Гумова роликкова машина для видалення лушпиння представлена на рисунку 1.2. Продуктивність машини була перевірена в різних умовах, включаючи різну швидкість ролика, швидкість подачі [2, 3]. Було виявлено, що ефективність видалення лушпиння знижувалася при більш високих швидкостях подачі і більш низьких швидкостях руху роликів. Найвища ефективність луцення (81%) була досягнута при найнижчій швидкості (640 об/хв) і найповільнішій швидкості подачі (150 кг/год). На противагу цьому, вихід лушпиння збільшувався зі збільшенням швидкості подачі. Оптимізованими параметрами для видалення лушпиння були частота обертання ролика 740 об/хв і швидкість подачі 150 кг/год.

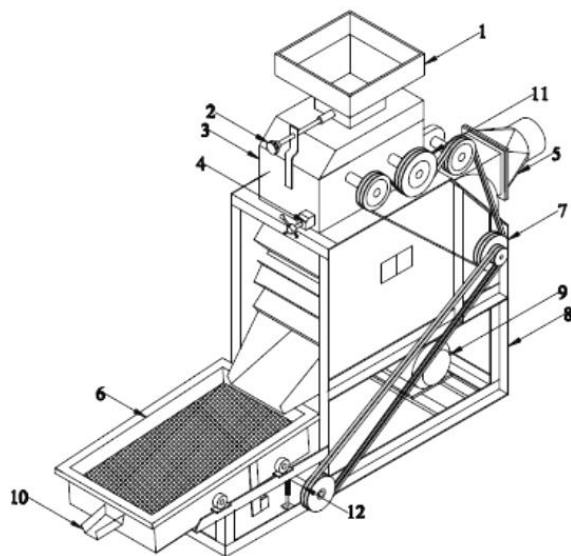


Рисунок 1.2 – Гумова роликкова машина для видалення лушпиння

						ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			15

Для ефективного лушення використовуються машини з різними механічними принципами або зусиллями. Деякі з принципів засновані на ударних, зсувних та абразивних силах. Сили діють на зерно і утримують корпус, який знімається з зерна. Їх дія на зерно впливає на ефективність лушення, а також на поживні властивості зерна [2, 3]. Комбінація різних сил також може бути прикладена до зерна, щоб лушіння можна було ефективно видалити за менший час.

Лушительник для насіння кунжуту наведено на рисунку 1.3. Основна функція лущильного агрегату полягає у від'єднанні верхніх шарів оболонки насіння з мінімальним пошкодженням насіння. Відшарування верхньої частини корпусу може бути досягнуто за рахунок сил тертя і стирання, створюваних лущильним вузлом в машині. Машина була розроблена для використання сил стирання та тертя, що виникають при одночасному обертанні шнека, що обертається всередині бункера з міжзернистими силами тертя, що виникають через рух зерен [1]. Була розроблена конструкція агрегату, заснованого на принципі плавного стирання між зернами.

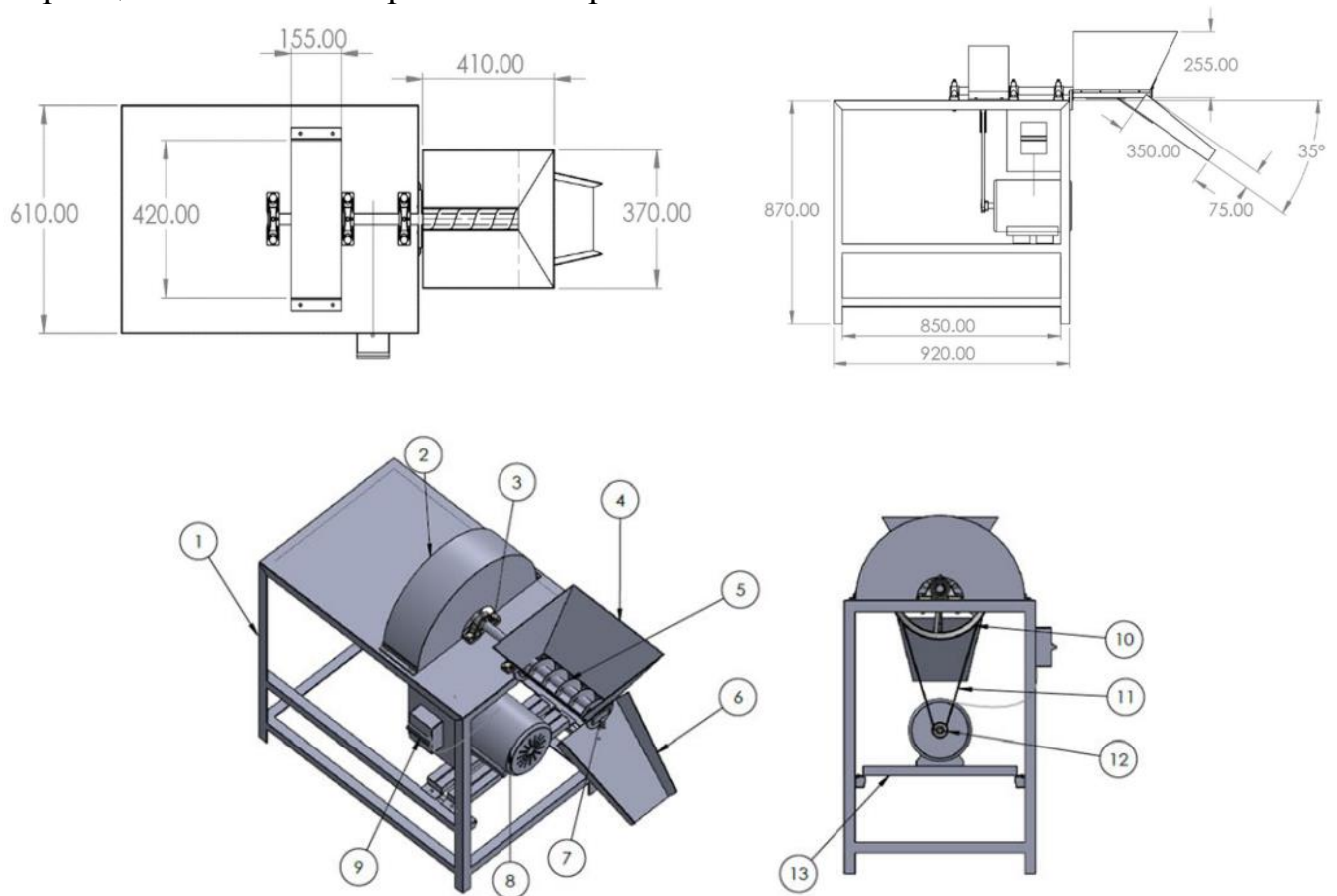


Рисунок 1.3 – Лушительник для насіння кунжуту

Лушительник для кунжуту має три основні блоки: 1 – рама підставки, 2 – блок подачі та лушення, 3 – система передачі електроенергії. Складений з нерухомого металевого каркасу, завантажувального бункера, шнеку для лушення, реміння, електродвигуна разом з контролером пускача.

Конструкція агрегату, який заснований на принципі плавного стирання між зернами. Луцильник для кунжуту має три основні блоки: 1 – рама підставки, 2 – блок подачі та лушення, 3 – система передачі електроенергії. Складений з нерухомого металевого каркасу, завантажувального бункера, шнеку для лушення, реміння, електродвигуна разом з контролером пускача. Ефективність лушення зростає зі збільшенням швидкості луцильника, довшим часом замочування та збільшенням часу лушення [1-2]. Оптимальна ефективність лушення, що досягає 79,29%, була досягнута при часі замочування 120 хвилин, швидкості луцильника 150 об/хв і часі лушення 6 хвилин у цьому розробленому луцильнику для кунжуту. З іншого боку, найнижча середня ефективність лушення 41,84% спостерігалася при швидкості луцильника 100 об/хв, часі замочування 40 хвилин і часі лушення 4 хвилини.

Машина для видалення лушпиння проса оснащена накаткою та гумовими роликками наведені на рисунку 1.4. Вона оснащена різними типами рифлених роликків і швидкості подачі (100, 200 і 300 кг/год) [2]. Зниження швидкості подачі призвело до підвищення ефективності лушення та виходу. Алмазний рифлений ролик при швидкості подачі 100 кг/год досягав найвищої ефективності лушення (82,24%), тоді як кутовий рифлений ролик при швидкості подачі 300 кг/год мав найнижчу ефективність (72,22%). Максимальний вихід зерна головки (97,82%) був отриманий з ромбоподібним рифленим котком при швидкості подачі 300 кг/год, а найнижчий вихід (90,81%) – з котка із накаткою прямого типу при швидкості подачі 100 кг/год. Споживання електроенергії збільшувалося зі збільшенням вологості та швидкості подачі.

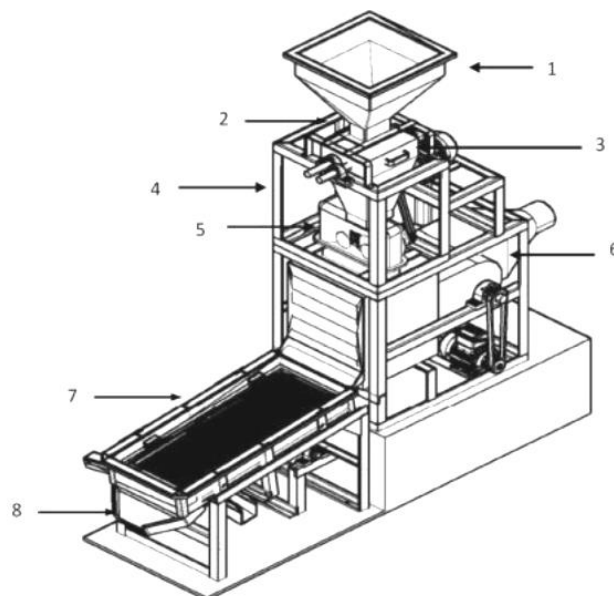


Рисунок 1.4 – Луцильник для насіння

Очищувальна машина продуктивністю 0,5-1,0 т год наведена на рисунку 1.5. Обробка зерна протікає за принципом тертя зерна об нерухомий ситоподібний циліндр і рухомі абразивні круги [1].

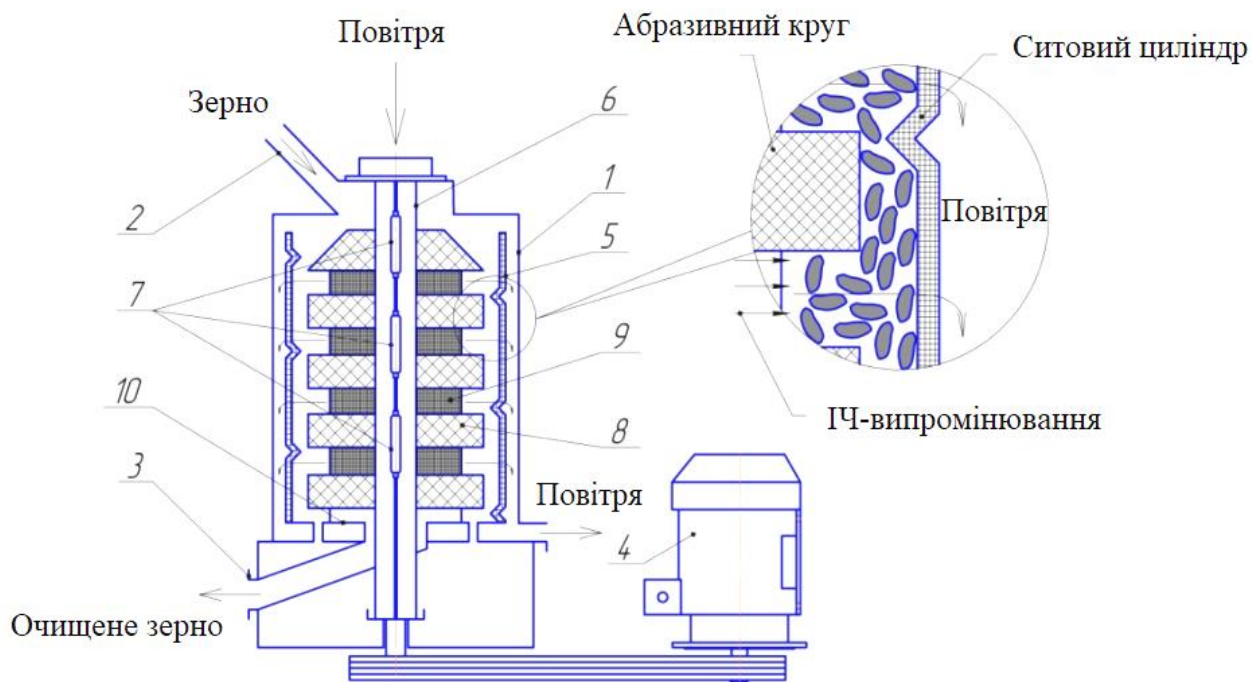


Рисунок 1.5 – Очищувач зерна

На рисунку 1.5 позначено: 1 – корпус; 2, 3 – вхідний і вихідний патрубки; 4 – привід; 5 – сито-циліндр; 6 – порожнистий вал з отворами; 7 – ІЧ-випромінювачі; 8 – абразивні круги; 9 – оболонки; 10 – вентилятор.

Продуктивність машини задається встановленою на вихідному патрубку засувкою, керованою маховиком через черв'ячний редуктор шляхом зміни площі вихідного отвору установки. Видалення лушпиння є життєво важливим процесом для видалення зовнішнього насінневого шару. Різні машини використовують різні принципи та фактори, такі як попередня обробка, характеристики продукту та параметри машини, які впливають на ефективність видалення лушпиння. Оптимізація цих параметрів має вирішальне значення для ефективного видалення лушпиння різних насінин.

Процес обсмажування є ключовим етапом для розвитку смаку в насінні, а також впливає на якість кунжутної олії. Обсмажування надає кунжуту горіховий смак і запах. Ідентифікували 166 летких смакових сполук у смаженій кунжутній олії. Підвищення температури обсмажування збільшує кількість смакових сполук. З підвищенням температури загальна кількість летких смакових сполук збільшується. До температури обсмажування 180°C антиоксиданти залишалися без істотних відмінностей. При температурі обсмажування понад 200°C протягом 30 хв виявляли пекучість і гіркий присмак. Оптимізовані умови обсмажування: 30 хв при 160 або 180°C, 15 хв при 200°C і 5 хв при 220°C для приготування кунжутної олії хорошої якості. Традиційні виробники обсмажують кунжут при температурі 100-120°C протягом 2 годин, коли кунжут призначений для використання в хлібобулочних виробках. Після процесу обсмажування насіння охолоджують в судинах

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

повітрям при температурі навколишнього середовища або укладають на підноси і залишають там для охолодження за рахунок природної конвекції.

На основі вище зазначеного можна вважати, що лушення – це одинична операція при якій зовнішній шар насіння (лушпиння), як правило, видаляється із внутрішнього насіння за допомогою механічного впливу. Існує кілька різних механізмів для відокремлення лушпиння від ядра: гумовий роликочий очищувач, відцентровий луцильник, полірувальна машина на основі повітряного струменя, пристрій тангенціального абразивного луцильника. Основними принципами, що керують цими машинами для видалення лушпиння є: стиснення та зсув у гумовому роликочому очищувачі; стирання та тертя в тангенціальному абразивному пристрої луцильника; удар та тертя в луцильнику відцентрового типу.

Зазначено, що попередня обробка, така як кондиціонування, хімічна обробка, термічні обробки (пропарювання, проварювання, мікрохвильова піч) також використовуються для покращення операції видалення лушпиння. Крім попередньої обробки є й інші чинники, які можуть бути специфічними для конкретного продукту або залежати від машини для видалення лушпиння. Параметри сировини: вологість, тип сортів, розмір і форма, первинна обробка насіння впливають на процес очищення зерна. Параметри машини, а саме тип машини для видалення лушпиння, зазор, розмір сита, швидкість обробки, коефіцієнт швидкості, швидкість подачі, орієнтація матеріалу, що подається, також впливають на операцію лушення. Відповідно, різні методи попередньої обробки та параметри обладнання для очищення сприятимуть поліпшенню роботи з видалення лушпиння.

Розглянуто різні методи попередньої обробки, які включають традиційні методи, такі як замочування, сушіння, загартування, термічну обробку (гідротермічна обробка, сушіння в мікрохвильовій печі, інфрачервоне сушіння, омичний нагрів), а також нетермічні методи обробки, такі як обробка під високим тиском, імпульсне електричне подання, холодна плазма, ферментна обробка, хімічна обробка, ультразвукова обробка. Метою цих методів є ефективно усунення зовнішнього шару лушпиння при очищенні. Так, наприклад, обробка під високим тиском та імпульсне електричне поле посилюють інактивацію ферментів і зменшують присутність мікроорганізмів на зерні.

Насіння кунжуту широко використовується як джерело високоякісного харчового масла. Окрім використання в кулінарних цілях існує фармацевтичне застосування кунжутної олії, наприклад для лікування запаморочення та головного болю. Зерна містять 20% білка завдяки унікальним збалансованим пропорціям амінокислот, а також величезне джерело ненасичених жирних кислот. Насіння використовується в основному на хлібі, хлібних паличках, печиві, крекерах, оздоровчих закусках (наприклад, кунжутних батончиках), а також в готових сніданках (як добавка до зернових сумішей).

Незважаючи на високий вміст поживних речовин у насінні кунжуту, воно містить від 15 до 29% лушпиння (зовнішнього волокнистого покриву). Наявність великої кількості щавлевої кислоти як антипоживних факторів у насінневій оболонці знижує природну доступність сировини. У зв'язку з

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наявністю в лушпинні кунжуту неперетравлюваної клітковини та небажаної щавлевої кислоти необхідне очищення. Видалення лушпиння кунжуту може знизити щавлеву кислоту в насінні кунжуту від 3,5 до 0,25%, що значно покращує перетравлення білка. Очищення покращує вилучення олії, а також може покращити поживну цінність та смак продуктів з кунжуту. Таким чином, очищення кунжуту є необхідною умовою для розширення його застосування в харчових продуктах.

Відповідно, видалення лушпиння є життєво важливим процесом для видалення зовнішнього насінневого шару. Різні машини використовують різні принципи та фактори, такі як попередня обробка, характеристики продукту та параметри машини, які впливають на ефективність видалення лушпиння. Оптимізація цих параметрів має вирішальне значення для ефективного видалення лушпиння різних насінин.

Запропоновано технологічну схему очищення олійних та злакових культур. Замочування і сушіння є традиційними методами розпушення лушпиння зерна. Набухання зерна і водопоглинання відбуваються одночасно в процесі замочування. Зерно спочатку швидше вбирає воду під час замочування, але ця норма поступово зменшується. На здатність зерна вбирати воду впливає і температура замочування. Чим вище температура тим більше водопоглинання за рахунок збільшення швидкості дифузії води. Поглинальна здатність буде підтримуватися на постійному рівні, коли зерно досягне точки насичення. Замочування розпушує оболонку і підвищує твердість ендосперму при сушінні, і зерно легше піддається луценню.

Продуктивність луцення залежить від кількох факторів, а саме від типу зерна, експлуатаційних та конструктивних параметрів. Параметри зерна включають фізичні характеристики, вміст вологи, сорт, тоді як швидкість подачі, час роботи, кліренс та робоча швидкість є деякими прикладами експлуатаційних параметрів. Збільшення проміжку між валками для луцення знижує такі характеристики луцення, наприклад, як ефективність луцення. Зерна мають невеликі розміри, тому при збільшенні зазору зерно буде проходити через щілину не зустрічаючи ніяких сил зсуву або стиснення. Різниця швидкостей між роликками, а саме швидкість між швидшим і повільнішим роликками, що рухаються назустріч один одному, зберігається для створення більшої сили зсуву, що сприяє легкому очищенню продуктів. Підбір різних параметрів машини стає вирішальним у процесу видалення лушпиння.

Розглянуто обладнання для очищення зерна. Зазначено, що для ефективного луцення зерна використовуються машини з різними механічними принципами або зусиллями. Деякі з принципів є ударні, зсувні та абразивні сили. Їх дія на зерно впливає на ефективність луцення, а також на поживні властивості зерна. Різні параметри машини, такі як швидкість подачі, напрямок подачі, кліренс машини, швидкість машини, різниця швидкостей, тип механізму можуть впливати на продуктивність машини. Повільніша швидкість подачі може призвести до збільшення часу утримання насіння в механізмі видалення лушпиння, що може підвищити ефективність луцення. Однак, збереження нижчої швидкості подачі також зменшує нижчу здатність до лушпиння.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ КУНЖУТА

2.1 Сили, що діють у процесі очищення зерна на гумовому валковому лушильнику

Різні типи зерна мають різні форми, розміри та структуру, що вимагає певної норми подачі для кожного типу. Збільшення швидкості подачі зменшує тривалість дії зерна механічним навантаженням, що призведе до зниження ефективності лушення. Крім того, однорідність розмірів також впливає на ефективність. Менші зерна не матимуть достатньо часу для лушення, оскільки вони або течуть безпосередньо через щілину, або залишаються нерухомими серед більших зерен. Швидкість подачі впливає на ефективність видалення лушпиння, а з зменшення норми подачі може призвести до збільшення часу зберігання насіння в механізмі лушення, тим самим підвищуючи ефективність процесу лушення. Однак підтримання зниженої швидкості подачі також зменшує здатність до лушення на нижчих рівнях.

Розмір і форма є одними з параметрів продукту, які стають критичними під час операції видалення лушпиння. Текстура зовнішнього лушпиння сировини впливає на видалення лушпиння. Жорстке лушпиння вимагає більше сил і часу, в той час як більш м'яке лушпиння легше видаляється. Хімічний склад лушпиння впливає на процес. Ферменти можуть руйнувати зв'язки в лушпинні, а наявність таких сполук, як дубильні речовини можуть вплинути на процес також.

Зусилля, що використовується для відділення лушпиння, може бути недостатнім при більш низькій швидкості подачі, а вологість впливає на процес видалення зовнішніх шарів. Підвищення рівня вологості полегшить видалення околоплодника, а також вплине на зовнішній шар ендосперму [3]. Різні зерна мають різну структуру корпусу, а вищий вміст вологи знижує твердість корпусу, що полегшує його видалення через зрізання, стиснення, стирання або тертя. Однак видалення корпусу відцентровою силою або ударною силою покаже нижчу ефективність при більш високому вмісті вологи.

Для ефективного лушення зерна використовуються машини з різними механічними принципами або зусиллями. Деякі з принципів є ударні, зсувні та абразивні сили. Сили діють на зерно і утримують корпус, який знімається з зерна. Їх дія на зерно впливає на ефективність лушення, а також на поживні властивості зерна [2, 3]. Стиснення та зсув – це дві механічні сили, які допомагають руйнувати зовнішній захисний шар зерна. Ці зусилля досягаються різними засобами, такими як дробарки, млини для зерна, гумові лушильники.

Стирання і тертя має більшу частку лушпиння, що покривають ендосперм. Цей зовнішній захисний шар може бути знятий шляхом стирання і

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Грежинець</i>				Удосконалення обладнання для очищення насіння кунжута із використанням відновлюваних джерел енергії	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						21	12
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

тертя. Стирання зерна, як правило, проводиться для луцення зерна які не мають зовнішньої оболонки. Це можна зробити і для незначних зерен після облущування зовнішньої оболонки. Процес називається поліруванням або відбілюванням зерна. Під час полірування зерна безпосередньо дряпаються абразивним матеріалом, листами або валиком. Луцення та полірування, як правило, виконуються в луцильниках та полірувальних машинах з модифікаціями або без них, але їх ефективність необхідно підвищувати. Полірування видаляє зовнішню оболонку очищеного зерна і робить зерно світлішим, ніж раніше, за рахунок дії, яка викликана стиранням і тертям.

Ударно-відцентрові сили вдаряється об тверду поверхню, зовнішня оболонка тріскається і розкриває зерно і таким чином ця сила удару видаляє ендосперм з корпусу. Традиційне ручне товкування насіння є одним із прикладів, який дає силу удару, щоб відкрити зовнішній шар корпусу. Крім того, відцентровий шлях також може розвинути силу удару для луцення. Величина сили залежить від фізичних характеристик зерна. Ендосперм м'який, тому більша сила може порушити ендосперм, що збільшить втрати зерна. Відцентрове робоче колесо також може створювати такі сили удару.

Як зазначалося раніше, існує кілька різних механізмів для відокремлення лушпиння від ядра: гумовий роликочисувач, відцентровий луцильник, полірувальна машина на основі повітряного струменя, пристрій тангенціального абразивного луцильника. Основними принципами, що керують цими машинами для видалення лушпиння є: стиснення та зсув у гумовому роликочисувачі; стирання та тертя в тангенціальному абразивному пристрої луцильника; удар та тертя в луцильнику відцентрового типу. Серед даного обладнання найчастіше використовується гумовий валковий луцильник. Поширеним методом очищення зерен є пропускання насіння між двома гумовими роликками з перепадом поверхневих швидкостей (рис. 2.1).

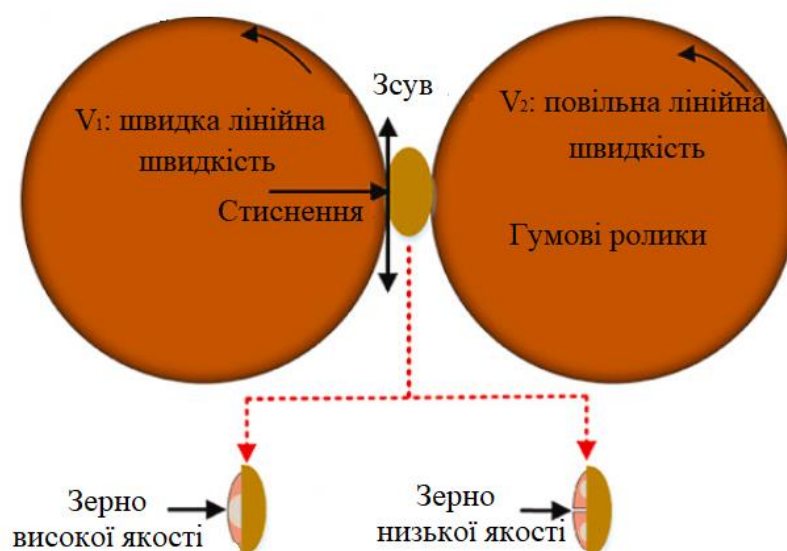


Рисунок 2.1 – Очищення зерна за допомогою гумового валкового луцильника

V_1-V_2 : диференціальна лінійна швидкість, яка впливає на коефіцієнт лушення зерна та його ламкість.

Лушпиння видаляється за допомогою комбінованого впливу сили стиснення. Під час процесу лушення зернова оболонка має тенденцію тріскатися або ламатися під час стиснення та зіткнення, що не тільки призводить до збільшення коефіцієнта лушення, але й має значний вплив на подальшу обробку. Якщо тиск недостатній для того, щоб оболонка зламалася, це може призвести до пошкодження внутрішньої частини сировини, знижуючи еластичність і стійкість до деформації насіння.

Гумовий валковий луцильник складається з двох роликів, які обертаються в протилежних напрямках з різною швидкістю. Один ролик нерухомий, а інший можна відрегулювати для забезпечення відповідного зазору. Зерна вставляються в зазор між двома обертовими роликами. Згодом зерно відчуває силу зсуву на корпусі, викликану неоднаковими швидкостями обертання, що призводить до відділення лушпиння від зерна. За допомогою додаткових методів можливі зміни різних аспектів, таких як типи роликів і використовувані швидкості. Конструктивний параметр машини визначає її матеріал, конфігурацію і геометрію робочого механізму. У ньому оцінюється прийнятність, якість кінцевої продукції. Тому на процес видалення лушпиння в гумовому валковому луцильнику впливає не тільки коефіцієнт тертя між зерном і поверхнею ролика, але і матеріал самої поверхні. Процес лушення можна посилити зі збільшенням твердості гуми, що призведе до меншої площі контакту та більшого тиску.

Зерна кунжуту схильні до руйнування. Коли зерно піддається зовнішньому навантаженню, через природні тріщини, які існують у внутрішньому ендоспермі, тріщини поступово розширюються і виходять на поверхню, з часом втрачаючи свою несучу здатність. [3, 19]. Крім того, процес руйнування на поверхні зерна зазвичай розглядається як компресійна деформація, що виникає спочатку в центральній контактній зоні, далі тріщини поширюються в усіх напрямках. В цілому коефіцієнт ламкості зерна пов'язаний з фізико-механічними властивостями сировини, такими як зовнішні розміри, сорт, вміст вологи. Руйнування однієї частинки можна використовувати для розуміння поведінки матеріалів при руйнуванні, включаючи механізм утворення тріщин, форми руйнування тощо, тому в сільському господарстві розбиття однієї частинки забезпечує основу для дослідження механічних властивостей зерна та надає рекомендації щодо оптимізації переробного обладнання.

Лушпиння є важливим процесом для визначення якості зерна. Коефіцієнт лушення та поведінка сировини при руйнуванні є ключовими моментами під час лушення на які впливає швидкість гумової роликової лінії, вміст вологи та температура сушіння. Сила зсуву, що діє на зерно призводить до зміни форми зламу зерен, проявляючи тріщини і злам в напрямку короткої осі. Ступінь зсувного перелому більший у процесі високих швидкостей. Крім того, зі збільшенням часу замочування підвищувалася вологість зерен разом з

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

внутрішнім утворенням гігроскопічних тріщин, що призводило до зниження міцності на злам і енергії руйнування.

Ефективність лушення можна збільшити шляхом зміни параметрів обладнання, таких як швидкість робочого колеса, кліренс, а також параметрів зерна, таких як вміст вологи, структура. До обмежень існуючих машин можна віднести високі експлуатаційні потреби та енергоспоживання. Щоб подолати ці обмеження, необхідно удосконалити відповідні переробні машини, які є економічно вигідними, екологічно чистими та ресурсозберігаючими. Розвиток і популяризація переробного обладнання сприятиме збільшенню споживання олійних та зернових культур, а також задовольнить попит споживачів.

2.2 Ресурсозберігаючі технології у процесі видалення лушпиння

Першочерговими завданнями зернового виробництва є вирішення проблеми значного сумарного енергоспоживання повного виробничого циклу та адаптація існуючого обладнання для використання у складі комплектів обладнання низької та середньої продуктивності. Зниження питомих енерговитрат при виробництві зерна має відповідати концепції «Європейський зелений курс» і сприяти тому, щоб виробництво ставало більш ресурсоефективним та конкурентоспроможним [9, 12-15]. Енергія відіграє фундаментальну роль у продовольчій системі. Вона споживається не тільки в первинному виробництві, але й у вторинних заходах, таких як сушіння, охолодження, зберігання, транспортування тощо. Енергія потрібна на всіх етапах харчового ланцюга безпосередньо для виробництва, переробки та транспортування. На харчові системи припадає близько 30% загального світового споживання енергії.

Близько чверті всієї енергії витрачається на етапі виробництва (рослинництво, тваринництво і рибальство), 45% – на переробку і розподіл продуктів харчування, а 30% – на роздрібну торгівлю, приготування і кулінарію. На етапі післязбиральної обробки та зберігання продукція може проходити сушіння, різання, подрібнення, фрезерування, включати охолодження для зменшення післязбиральних втрат та інші форми обробки перед розподілом, які є дуже енерговитратними.

Енергія для осушення та охолодження, а також транспорту необхідна на цьому етапі і її наявність відіграє вирішальну роль у доданій вартості, а також зменшенні втрат продовольства та доходів для різних суб'єктів харчових систем. Етап транспортування і розподілу, в першу чергу, пов'язаний з потраплянням продовольчих товарів на ринки, місцеві або далекі [24, 25]. Споживання енергії на цьому етапі може значно відрізнятись, залежно від структури ланцюгів поставок і виду транспорту, але майже виняткова залежність від викопного палива робить транспортні витрати вразливими до коливань цін на паливо. Нарешті, використання енергії на етапі роздрібною торгівлі, підготовки та приготування їжі в основному включає зберігання продуктів та матеріали для приготування страв за допомогою різних кухонних приладів.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

В умовах сьогодення необхідні альтернативи джерелам енергії викопного палива, щоб гарантувати, що продовольчі системи побудовані на безпечних та екологічно стійких основах. Відновлювальна енергетика може відігравати вирішальну роль у задоволенні потреб в електроенергії, опаленні, охолодженні та транспортних потребах продовольчих систем. Різноманітні додатки відновлюваної енергетики, які розгортаються вздовж агропродовольчих ланцюгів, демонструють переваги таких рішень. Сонячне зрошення, одне з найбільш зрілих застосувань, широко використовується для покращення доступу до води, тим самим забезпечуючи кілька циклів вирощування та підвищуючи стійкість до зміни характеру опадів.

Холодильне зберігання та холодильне обладнання є необхідністю на кожному етапі харчового ланцюга для збільшення терміну зберігання, скорочення втрат та збереження якості продукції рослинництва, тваринництва та рибальства. Втрати непропорційно виникають вже між збиранням і переробкою. Рішення, які засновані на відновлюваних джерелах енергії, пропонують ряд переваг, включаючи можливість переходу існуючої інфраструктури на більш екологічно чисті та доступні енергетичні рішення.

Стала біоенергетика є важливим ресурсом відновлюваної енергії, яка може задовольнити потреби в електроенергії, теплі та транспортному паливі. Побічні продукти біомаси можуть бути використані для виробництва енергії для переробки, зберігання та приготування їжі. Залишки, що утворюються в результаті рослинництва та тваринництва, можуть бути важливим джерелом біоенергії, враховуючи конкуруючі кінцеві способи використання (наприклад, як корм для тварин). Матеріали для переробки сільськогосподарської продукції можуть бути використані для виробництва біогазу в різних масштабах та для різних цілей, у тому числі для приготування їжі та освітлення, а також у комерційних та промислових установах.

Зростаючий попит на продовольство разом із коливаннями цін на викопне паливо спонукали знаходити екологічно безпечні альтернативні джерела енергії. Доцільність використання відновлюваних джерел енергії у процесі харчового виробництва сприятиме зменшенню використання традиційної енергії (паливо, газ) в умовах енергетичної кризи та зростання попиту на викопне паливо.

Сонячна енергія є більш поширеним ресурсом і правильний збір сонячної, фотоелектричної та теплової енергії призведе до внеску в енергетичні потреби для виробництва продуктів харчування. Сонячні сушарки, сонячні зрошувальні системи – це лише деякі з систем збору сонячної енергії. Методи збирання врожаю, які використовують кінетичну енергію вітру для таких цілей, як перекачування води, опалення будівель, а також переробка та зберігання продукції, допоможуть покращити виробництво продуктів харчування. Біоенергетика, яка включає біоресурси, біозалишки та біопаливо може забезпечити значну частину необхідної енергії [27-29]. Враховуючи всі зазначені аспекти важливим є врахування екологічних та економічних показників. Перспективним способом вирішення цих проблем є розробка і впровадження обладнання для очищення зерна із використанням відновлюваних джерел енергії.

										ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
											25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Джерело енергії є одним з важливих критеріїв вибору при проектуванні механічного обладнання. Джерелом енергії може бути викопне паливо, як-от бензин або газ, вітер, сонце та біомаса і це лише деякі з них. Вітер виявляється механічно корисним, коли конвективні потоки, що утворюються сонцем, дають змогу повітрю поширюватися по поверхні Землі. Коли сонячне випромінювання досягає Землі і прогріває її поверхню отримане тепло нагріває навколишнє повітря. Тепле повітря, яке менш щільне, ніж прохолодне, піднімається вгору і холодне повітря вислизає. При цьому прохолодне повітря отримує можливість прогріватися, коли воно досягає поверхні Землі і піднімається вгору на більш високу висоту [16-18]. Цикл триває, коли вітер піднімає тепле повітря вгору і в тривалий час швидкість вітру змінюється безпосередньо з висотою над землею. Процес тертя зменшується зі збільшенням висоти над поверхнею, поки не досягнеться безперешкодний потік вітру. Найбільш заплутаною думкою при оцінці енергії вітру є середня сила вітру. Залежно від розсіювання швидкості вітру (або повторюваності виникнення різних швидкостей) дві нерозрізнені вітрові машини, які розташовані в різних пунктах призначення, не будуть забезпечувати однаковий вихід сили при одній і тій же середній швидкості вітру. Причина полягає в тому, що середня сила вітру ототожнюється з середнім значенням блоків швидкостей вітру за цей час і це характерно для форми середньої швидкості вітру.

Іншим джерелом енергії є сонце, зазвичай використовується для сушіння врожаю та збору тепла, орієнтованого на сонце. Схеми, які засновані на сонячному світлі, можуть бути спеціально змінені для виробництва енергії за допомогою термоелектрики або фотоелектричних елементів. Незважаючи на зусилля багатьох дослідників, найвищий загальний ККД не може перевищувати 18% в даний час при використанні матеріалів з найкращою провідністю та інновацій [16-18]. Міра сонячного випромінювання, що падає на поверхню фотоелектричної решітки, походить від краю, на який потрапляють сонячні промені. Оскільки поверхня фотоелектричної системи нахилена далеко від Сонця, сила випромінювання на маси лушпиння стають менш інтенсивними. Міра сонячно-орієнтованого випромінювання, що вловлюється поверхнею, відрізняється як косинус точки виникнення між сонячними променями і нормаллю поверхні. У світлі приголомшливої геометрії положення Сонця у зв'язку із Землею в різні пори року необхідне для відстеження Сонця для фотоелектричних масивів. Наступна структура може бути впроваджена для краще сфокусованих фотоелектричних модулів. Однак рамки, що враховують концентроване денне світло, в цілому можуть визнавати лише промені, що перетинають обмежену сферу меж.

Сонячна енергія, як одна з відновлюваних джерел енергії, розглядається не тільки для виробництва продуктів харчування, але і для виробництва електроенергії, яка широко використовується як заміник традиційних викопних видів палива. Окрім того, у процесі сушіння сировини застосовуються різні методи, проте дослідження показали, що для збереження первісного кольору більше підходить високошвидкісний і низькотемпературний метод. Оскільки зниження вологості продуктів займає

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

більше часу, гібридні сонячні сушарки працюють краще, ніж інші звичайні сушарки. Конфігурація фотоелектричних каркасів залежить в основному від доступності точного набору інформації про радіацію на основі сонячного світла. Це залежить не тільки від загальних топографічних характеристик, таких як розмах, висота над рівнем моря і класи атмосфери, але і від рельєфу місцевості.

2.3 Використання відновлюваних джерел енергії для видалення лушпиння кунжута

Видалення лушпиння з олійних і злакових культур дозволяє очистити зовнішній шар з мінеральними забрудненнями і хвороботворними мікроорганізмами, знизити вміст антинутрієнтів на 15%, сирової клітковини і енергетичні витрати при термічній обробці зерна на 20 відсотків [10, 11]. Існують різні машини для очищення насіння від лушпиння: вихрові, вібраційні, планетарні, відцентрові та інші види. Наприклад, вихрове, коли обдування здійснювалося за рахунок вентилятора, де вбудований змінний резистор для регулювання частоти обертання вентилятора. Частинки (насіння) всередині вихору обертаються і одночасно рухаються вгору, а потім, обертаючись, рухаються вниз по зовнішній стороні вихору. Усередині вихору порожнеча.

Видалення лушпиння з насіння відбувається за рахунок одночасного впливу на матеріал дуже інтенсивної вібрації, великого відцентрового прискорення і обертального руху матеріалу (насіння). Сировина обертається за допомогою коливань. Насіння злакових та олійних культур очищають від шкірки самостійно. Лущення відбувається один раз у всьому обсязі (без застійних ділянок). Процес лущення насіння може бути дискретним і безперервним. Реактор може бути відкритим або герметично закритим. За рахунок одночасного впливу на матеріал дуже інтенсивної вібрації, великого відцентрового прискорення і обертального руху матеріалу насіння отримують більшу швидкість. Насіння рухаються в реакторі з великою швидкістю, вони вдаряються об ці ребра і за рахунок цього удару лушпиння насіння відділяється від зерен. Проте існуючі машини для лущення насіння соняшнику та інших олійних і злакових культур мають ряд серйозних недоліків, а саме: ненадійні, дорогі, призводять до значних втрат дрібнофрагментованих частинок, знижують біологічну цінність насіння, витрачають багато електроенергії/

В даний час існують такі методи лущення: хімічне лущення, ферментативне лущення, лущення в мікрохвильовій печі, лущення з паровим вибухом і механічне лущення [10]. В останні роки також з'явилися такі методи, як інфрачервоне лущення та ультразвукове лущення.

Хімічне лущення використовує лужні (або кислотні) розчини, етанол або інші хімічні розчинники для розм'якшення або руйнування тканини оболонки насіння. Він зазвичай використовується для видалення зовнішніх шарів зернових, бобових, олійних культур тим самим покращуючи їстівність і коефіцієнт використання переробки. Хімічний метод лущення простий у використанні, має відносно високу ефективність, забезпечує рівномірне лущення та не залежить від зовнішньої форми матеріалу, що робить його

						ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
							27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

широко адаптованим. Однак, це може легко призвести до таких проблем, як залишки хімічних розчинників, втрати поживних речовин і забруднення навколишнього середовища.

Біологічне лущення засноване на дії біологічних ферментів для руйнування тканини оболонки насіння та досягнення лущення. В цілому, технологія біологічного лущення має характеристики високої ефективності, м'якості та екологічності. У порівнянні з хімічним лущенням, ферментативне лущення є більш дорогим, трудомістким і вимагає жорстких умов реакції.

Механічне лущення видаляє шкіру за допомогою фізичної сили та механічного впливу за допомогою різних методів, таких як прокатування та тертя, зрізання, удар, екструзія тощо. Він має широке застосування, відрізняється простотою експлуатації, різноманітними методами та забезпечує якість і безпеку харчових продуктів.

Як зазначалося раніше, енергія відіграє фундаментальну роль у продовольчій системі. Вона споживається не тільки в первинному виробництві, але й у вторинних заходах, таких як сушіння, охолодження, зберігання, транспортування тощо. Енергія потрібна на всіх етапах харчового ланцюга безпосередньо для виробництва, переробки та транспортування. На харчові системи припадає близько 30% загального світового споживання енергії. Тому необхідно застосовувати відновлювані джерела енергії, зокрема в харчовій промисловості [20-23]. Сонячна енергія, як один з відновлюваних джерел енергії, розглядається не тільки для виробництва продуктів харчування, але і для виробництва електроенергії, яка широко використовується як заміник традиційних викопних видів палива. Тому враховуючи умови сьогодення доцільно розробити ресурсозберігаюче обладнання для видалення лушпиння з олійних і злакових культур. Пропоноване обладнання складається з чотирьох основних компонентів:

1. Блок подачі. Блок складається з бункера та сита для видалення домішок, таких як металеві частинки, каміння тощо, які більші ніж кунжут. Бункер – це верхня частина машини, яка складається з м'якої сталі, де сировина подається через бункер та досягає ролика.

2. Вузол прокатки (ролик). Складається з пари роликів із зазором між ними, що дозволяє розвивати сили тертя в системі, що призводить до стирання зерна. Ролики мають циліндричну форму, обертаються навколо центральної осі і використовуються в різних машинах і пристроях для маневрування, сплющування або роздавлювання сировини. Ролики покриті гумою для безпечного видалення зовнішньої оболонки зерна.

3. Вібраційний блок. Пристрій має вентилятор з електричним приводом і збірники для очищеного зерна від лушпиння (рис. 2.2).

У машині для видалення лушпиння бункер є верхньою частиною, а ролики розташовані в напрямку один до одного. За допомогою вібраційного живильника зерно буде очищене від зайвого лушпиння. Сонячна батарея прикріплена до двигуна, сонячна панель приєднана до сонячних батарей.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28



Рисунок 2.2 – Механічний віброживильник

4. Сонячна панель. Пристрій, який поглинає сонячний промінь і перетворюється на електроенергію, а електроенергія зберігається в сонячних батареях, які прикріплені до панелей (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Сонячна панель

Компоненти були розроблені на основі встановлених теорій і принципів, враховуючи навантаження кожного елемента наступним чином:

1. Бункер конструйований таким чином, щоб вхідне зерно могло легко надходити в центральну частину робочого колеса, а також для контролю швидкості потоку вхідного зерна.

2. Ролики. Стандартні нейлонові стрижні були обрані для використання в якості роликів для машини. Вал піддається як крутильним так і згинальним моментам. Для валу та роликів використовувався однорядний підшипник із глибокими канавками, оскільки він сприймає радіальне навантаження, а також деяке навантаження тяги.

3. Ремінний привід. Ремені використовуються для передачі потужності від одного валу до іншого. Клиновий ремінь був обраний через його численні переваги, такі як компактність, безшумність у роботі, простота монтажу та зняття. Вали, між якими передається електроенергія, знаходяться відносно близько.

4. Двигун. Потужність двигуна 380 Вт була прийнята для потреб у потужності. Отже, на всьому протязі з усіх компонентів вона береться за вхідну потужність для машини і вважає всі втрати на тертя незначними. У нормі двигун потужністю 380 Вт має частоту обертання 1400 об/хв. Розрахунок основних параметрів обладнання для лущення зерна наведено в таблиці 2.1.

						ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
							29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 2.1 – Розрахунок основних параметрів обладнання
для лущення зерна

Вхідні дані	Розрахункові дані
<p>Потужність двигуна, P=380 кВт Швидкість двигуна, N₁=1400 об/хв</p>	<p>Конструкція ременя Натяги ременів</p> $T_1 = F_1 + \frac{4.45 K_b}{39.37 d} = F_1 + \frac{4.45}{39.37} \times \frac{576}{0.05} = 1143.39 \text{ N}$ $T_2 = F_1 + \frac{4.45 K_b}{39.37 D} = F_1 + \frac{4.45}{39.37} \times \frac{576}{0.1} = 650.88 \text{ N}$ <p>Довжина ременя</p> $L_p = 2 * C + \pi * (D+d)/2 + (D - d)^2/4 * C = 1497 \text{ mm}$
<p>Коефіцієнт тертя, $\mu=0,466$ Швидкість потоку, 305 кг/хв Насипна щільність, $\psi=640 \text{ кг/м}^3$ d=2 см, D=34см, h=38 см</p>	<p>Конструкція бункера $\tan\theta = \mu$</p> <p>Прийmemo $\theta = 67^\circ$</p> $\dot{m} = \psi \times \frac{\pi d^2}{4} \times \sqrt{(g \times \frac{d}{4} \times \tan\theta)}$ $\tan\theta = \frac{D}{n+a} \quad \tan\theta = \frac{D}{a}$ <p>Прямокутний бункер. Розрахункові розміри: верхня частина – довжина 30 см, ширина 30 см. нижня частина – довжина 18 см, ширина 0,15 см.</p>
<p>Маса ролика, m = 3 кг щільність ролика, $\rho = 1500 \text{ кг/м}^3$</p>	<p>Конструкція ролика Довжина ролика</p> $\rho = \frac{m}{v} = \frac{4}{\pi r^2 l} \quad l = 30 \text{ cm}$ $V = \omega \times r = 73.3 \times 0.05 = 3.67 \text{ m/s}$ $F_n = 808 \text{ N}; F_t = \frac{\tau}{radius} = 104 \text{ N}$ <p>τ – крутний момент двигуна x співвідношення швидкості</p> $W = m \times g = 3 \times 9.81 = 29.43 \text{ N}$ <p>Для другого ролика</p> $F_n = 454 \text{ N}; F_t = \frac{\tau}{radius} = 78 \text{ N}$ <p>τ – крутний момент першого ролика x</p>

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

співвідношення швидкості

$$W = m \times g = 29.43 \text{ N}$$

Довжина 30 см, зусилля на першому ролика $F_n = 808 \text{ N}$, $F_t = 104 \text{ N}$

Зусилля на другому ролику $F_n = 454 \text{ N}$, $F_t = 78 \text{ N}$

Вага 29,34

Бункер вирівняний по відношенню до роликів. Ролик приводиться в рух через ремінь, який з'єднаний з двигуном, а двигун пропонується підключити до акумулятора, а акумулятор до сонячної панелі (застосовуємо регулятор постійного струму). Коли сонячна панель буде поглинати сонячне світло, як джерело енергії для отримання прямої електроенергії, електроенергія буде зберігатися в сонячній батареї. Через акумулятори до двигуна будуть підключені ролики, які підключаються до двигунів через ремінь. При запуску двигуна пара роликів повністю знімає лушпиння з кунжуту. На наступному етапі за допомогою вібраційного блоку зерно буде очищене від зайвого лушпиння. Ресурсозберігаюча технологія очищення зерна від зовнішньої оболонки наведена на рисунку 2.4.

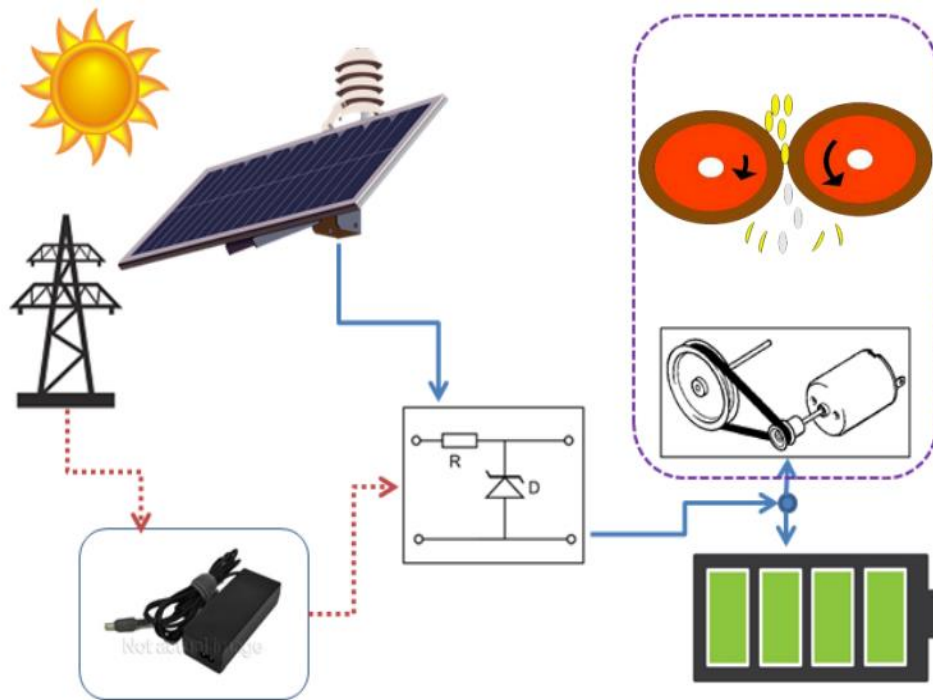


Рисунок 2.4 – Ресурсозберігаюча технологія очищення зерна від зовнішньої оболонки

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

На основі вище зазначеного можна вважати, що енергія відіграє фундаментальну роль у продовольчій системі. Вона споживається не тільки в первинному виробництві, але й у вторинних заходах, таких як сушіння, охолодження, зберігання, транспортування тощо. Енергія потрібна на всіх етапах харчового ланцюга безпосередньо для виробництва, переробки та транспортування. На харчові системи припадає близько 30% загального світового споживання енергії.

Близько чверті всієї енергії витрачається на етапі виробництва (рослинництво, тваринництво і рибальство), 45% – на переробку і розподіл продуктів харчування, а 30% – на роздрібну торгівлю, приготування і кулінарію. На етапі післязбиральної обробки та зберігання продукція може проходити сушіння, різання, подрібнення, фрезерування, включати охолодження для зменшення післязбиральних втрат та інші форми обробки перед розподілом, які є дуже енерговитратними.

Сонячна енергія, як один з відновлюваних джерел енергії, розглядається не тільки для виробництва продуктів харчування, але і для виробництва електроенергії, яка широко використовується як заміник традиційних викопних видів палива.

Запропоновано ресурсозберігаюча технологія очищення зерна від зовнішньої оболонки на основі використання відновлюваних джерел енергії. Пропоноване обладнання складається з чотирьох основних компонентів:

1. Блок подачі. Блок складається з бункера та сита для видалення домішок, таких як металеві частинки, каміння тощо, які більші ніж кунжут. Бункер – це верхня частина машини, яка складається з м'якої сталі, де сировина подається через бункер та досягає ролика.

2. Вузол прокатки (ролик). Складається з пари роликів із зазором між ними, що дозволяє розвивати сили тертя в системі, що призводить до стирання зерна. Ролики мають циліндричну форму, обертаються навколо центральної осі і використовуються в різних машинах і пристроях для маневрування, сплющування або роздавлювання сировини. Ролики покриті гумою для безпечного видалення зовнішньої оболонки зерна.

3. Вібраційний блок. Пристрій має вентилятор з електричним приводом і збірники для очищеного зерна від лушпиння.

4. Сонячна панель. Пристрій, який поглинає сонячний промінь і перетворюється на електроенергію, а електроенергія зберігається в сонячних батареях, які прикріплені до панелей.

Бункер вирівняний по відношенню до роликів. Ролик приводиться в рух через ремінь, який з'єднаний з двигуном, а двигун пропонується підключити до акумулятора, а акумулятор до сонячної панелі (застосовуємо регулятор постійного струму). Коли сонячна панель буде поглинати сонячне світло, як джерело енергії для отримання прямої електроенергії, електроенергія буде зберігатися в сонячній батареї. Через акумулятори до двигуна будуть підключені ролики, які підключаються до двигунів через ремінь. При запуску двигуна пара роликів повністю знімає лушпиння з кунжуту. На наступному етапі за допомогою вібраційного блоку зерно буде очищене від зайвого лушпиння.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Харчова цінність насіння кунжута

Кунжут – це стародавня олійна культура, яку вирощують заради насіння та екстракції у вигляді олії. Вирощування кунжуту таке ж давнє, як і рис, і почалося воно близько 6000 років тому. Найдавніші згадки про використання насіння кунжуту, як спеції, походять з асирійського міфу. Серія табличок у Британському музеї стверджує, що боги пили кунжутне вино в ніч перед тим, як створити землю. Кунжут був настільки цінним, що стародавні асирійці оплачували свої позики кунжутом або сріблом. Хоча походження насіння не визначено, деякі джерела стверджують, що насіння кунжуту спочатку було завезено з островів Санде до Індії, а потім мігрувало до Єгипту, Китаю, Японії та до країн Середземномор'я. В кінці 17 століття африканські раби завезли кунжут в Америку. В даний час його культивують у багатьох регіонах світу.

На лушпиння припадає від 15 до 29% всього насіння. Насіння кунжуту містить приблизно 50% олії, 25% білка, 13% вуглеводів, 5% вітамінів і мінералів, 5% вологи. Рослина культивується в основному заради насіння, тому розуміння поживної цінності насіння кунжуту має вирішальне значення.

Олія в кунжуті дуже стійка до окисного руйнування. Така надзвичайна стабільність обумовлена природними антиоксидантами і надзвичайно низьким вмістом ліноленової кислоти, що легко окислюється. Кунжутна олія вважається поліненасиченою олією, що містить приблизно 44% лінолевої кислоти. Оскільки кунжутна олія має високий рівень ненасичених кислот (~84%), передбачається, що вона має відновний вплив на плазмо-холестерину та на ішемічну хворобу серця. Кунжут багатий природними антиоксидантами, які є як олійними, так і водорозчинними. Антиоксидантні сполуки зберігають стабільність насіння кунжуту та олії. З насіння кунжуту був виділений ряд ліпідорозчинних антиоксидантів. Було виявлено, що кунжутна олія містить значну кількість (до 1,5%) лігнанів кунжуту, сезаміну і сезамоліну. Сполуки досліджуються як потенційні промислові антиоксиданти, нутрицевтичні та фармацевтичні інгредієнти. Сезамін знижує сироватковий рівень холестерину, що є фактором ризику розвитку атеросклерозу у людей.

Білок насіння кунжуту набуває все більшого значення з новим акцентом на харчуванні. Унікальна якість білка кунжуту пояснюється наявністю великої кількості метіоніну, цистину і триптофану. Метіонін є незамінною амінокислотою, необхідною людині та має вирішальне значення для підтримки та здорової функції печінки. Цистин діє як антиоксидант і може допомогти уповільнити процеси старіння, деактивувати вільні радикали, нейтралізувати токсини. Цистин необхідний для формування шкірних покривів, що сприяє

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Грежинець</i>				Удосконалення обладнання для очищення насіння кунжуту із використанням відновлюваних джерел енергії	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						33	7
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

відновленню після опіків і хірургічних операцій. Волосся і шкіра на 10-14% складаються з цистину. Триптофан також є незамінною амінокислотою, який необхідний для того, щоб організм людини мав здорову нервову систему.

У кунжуті зберігаються багато жирів (42%-54%), вуглеводів (20%-25%), білків(22%-25%) і золи (4%-6%). Кунжут відомий як королева олійних культур завдяки своїм дивовижним якостям насіння. Окрім багатого поживного вмісту у насінні кунжуту є наявність факторів антихарчування, таких як щавлева кислота. У порівняно великих кількостях значно знижує біологічну доступність і засвоюваність білка та інших складів. Тому лущення є необхідною одиничною операцією при переробці насіння кунжуту. Лущення вимагає, щоб насіння було зволожено, в першу чергу, для полегшення подальшого процесу. Стандартизація попередньої обробки гідратації для полегшення лущення кунжуту потребує основної ідеї про явища сорбції води.

3.2 Динаміка водопоглинання кунжуту при різних режимах замочування

Розуміння фізико-хімічних властивостей зернових культур є важливим питанням, особливо для переробки. Багато процесів вимагають замочування зерен злаків перед обробкою [26, 30]. У дослідженнях висвітлено водопоглинання пшениці, жита, ячменю, вівса, рису та кукурудзи. Кількісно оцінювали при 10°C, 20°C, 30°C, 35°C та 40°C шляхом визначення маси зерна через інтервали часу подвоєння від 0,5 хв до 256 хв. Найвище водопоглинання було виміряно при температурі 40°C. Через 256 хв найвище водопоглинання було виміряно для жита, за ним слідує овес, ячмінь і пшениця. Рис показав найшвидше поглинання води, що призвело до найвищого насичення через 25% часу вимірювання. Моделі підганяли до вимірних значень за допомогою суми квадратичних похибок. Найкращою моделлю виявилася розширена модель Пелега із середнім значенням середньоквадратичної похибки 0,1% завдяки її 4 параметрам. Похибка для звичайної моделі Пелега становила 1,3%, а для моделі Беккера – 1,3%, обидві мають лише два параметри. Коефіцієнти визначення склали 0,998, 0,938 і 0,952 відповідно. Невеликий RMSE вказує на те, що моделювання водопоглинання зерна зернових культур було успішним. Існуючі моделі, а саме звичайна модель Пелега, модель Беккера і розширена модель Пелега, були пристосовані до даних вимірювань 6 видів зернових культур для кожної вимірної температури.

Звичайна модель Пелега [30]:

$$M(t) = M \cdot \frac{p_1 \cdot t}{p_2 + t}$$

Модель Беккера:

$$M(t) = M_0 + (M_S - M_0) \cdot \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{S}{V} \cdot \sqrt{D \cdot t}$$

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Подовжена модель Пелега [30]:

$$M(t) = M_0 \cdot \frac{t}{p_1 + p_2 \cdot t} + \frac{t}{p_3 + p_4 \cdot t}$$

Використовуючи ці моделі можна покращити процеси водопоглинання.

Зазвичай гідратація насіння кунжуту є незручним, трудомістким процесом і вимагає до 4 годин при температурі навколишнього середовища. Щоб зменшити небезпеку погіршення якості насіння, а також втрати твердих речовин під час гідратації, необхідно скоротити час гідратації. Водопоглинання насіння в основному залежить від часу гідратації та температури [26]. Вища температура води під час гідратації насіння кунжуту збільшує дифузність вологи, що призводить до вищої швидкості гідратації, отже, скорочує період часу гідратації насіння.

Зміни вологості в насінні кунжуту при замочуванні [30]:

$$Ra = \frac{dm}{dt} = \pm \frac{K_1}{(K_1 + K_2 t)^2}$$

де M_t – вміст вологи в момент часу, t ;

M_0 – початкова вологість, %;

t – періоди гідратації, год.

Коефіцієнт поглинання Ra :

$$Ra = \frac{dm}{dt} = \pm \frac{K_1}{(K_1 + K_2 t)^2}$$

Постійна K_1 говорить про швидкість поглинання при початку ($t = t_0$) [30]:

$$R_0 = \left. \frac{dm}{dt} \right|_{t_0} = \pm \frac{1}{K_1}$$

$$M|_{t_\infty} = M_{\text{емс}} = M_0 + \frac{1}{K_2}$$

Постійна K_2 говорить про надзвичайно досягну вологість ($t \rightarrow \infty$). Швидкість сорбції стає нульовою, як тільки гідратація виявляється постійною. Рівноважний вміст вологи буде становити:

$$\frac{t}{M_t - M_0} = K_1 + K_2 t$$

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У роботі здійснено дослідження водопоглинання насіння кунжуту двох видів: білого та чорного. Для визначення водопоглинання насіння кунжуту 15 грамів випадково вибраного насіння кунжуту замочили в дистильованій воді. Співвідношення насіння і води становило 1:5. Всі зразки зберігалися в духовці при постійній температурі. Через вибрані проміжки часу відбирали один із зразків, воду всередині мензурки проціджували за допомогою кухонного сита, а насіння розподіляли на паперовий рушник. Після того, як насіння кунжуту акуратно витерли чистими паперовими рушниками, його відразу ж зважували. Водопоглинання насіння розраховували за допомогою різниці між початковою (незамоченою) і кінцевою вагами. Вміст вологи у вибрані проміжки часу розраховували на сухій основі.

Вибрані часові інтервали: 90, 240, 420 хвилин. На кожен часовий інтервал з обладнання швидко виймали зразок і використовували його для визначення водопоглинання. Таку ж процедуру використовували при трьох температурах 35, 45 і 55°C. Воду, яка використовувалася для замочування, також попередньо нагрівали до цих температур перед замочуванням насіння. Характеристики водопоглинання насіння білого кунжута при 35°C, 45°C та 55°C наведено на рисунку 3.1.

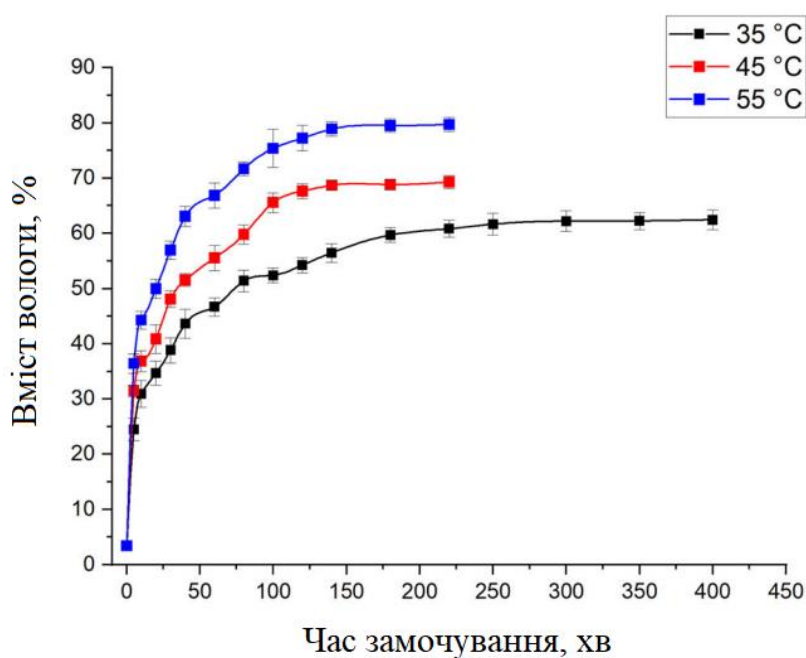


Рисунок 3.1 – Характеристики водопоглинання білого насіння кунжуту при 35°C, 45°C та 55°C

Криві вказують на те, що при постійній температурі насіння демонструє початкову високу швидкість поглинання вологи, яка поступово знижується на останніх стадіях. Крім того, водопоглинаюча здатність насіння збільшується з підвищенням температури. Характеристики водопоглинання насіння чорного кунжута при 35°C, 45°C та 55°C наведено на рисунку 3.2.

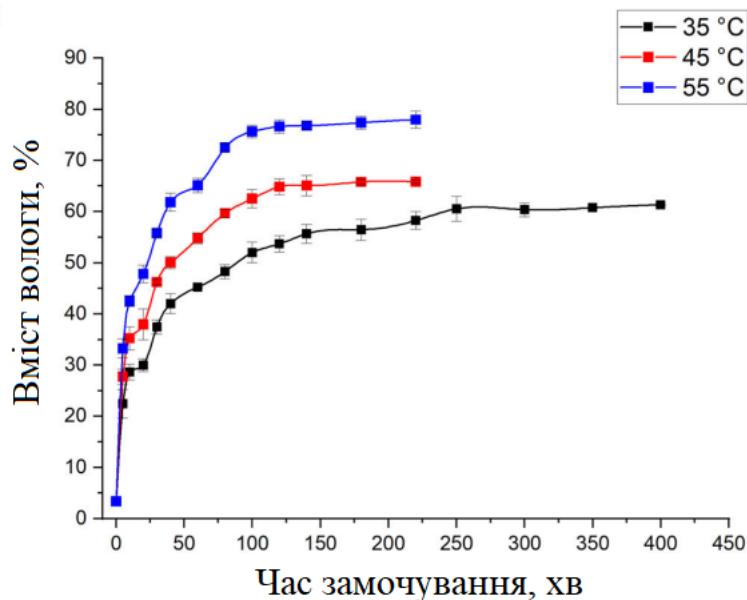


Рисунок 3.2 – Характеристики водопоглинання чорного насіння кунжуту при 35°C, 45°C та 55°C

Також у процесі водопоглинання можна виділити три різні фази поглинання вологи на основі основних механізмів транспортування води в зерно. Капілярність відповідає за швидке проведення вологи в зерно і може сприяти наявності пор і тріщин на поверхні, а іншим механізмом є дифузія рідини, яка вимагає рушійної сили, викликані різницею в концентрації води між поверхнею і внутрішньою частиною матриці. Тенденцію такої поведінки можна з'ясувати за допомогою зростаючої вібрації молекул води, викликані підвищенням температури.

Перша фаза вказує на перехідний період з високим потоком поглинання вологи, присутнім від 0 до 90 хв. На цьому етапі набір вологи швидкий у перші години через існуючий градієнт вологості між зерном і зовнішнім середовищем гідратації.

Друга фаза (120-240 хв), так звана перехідна фаза, яка показує потік з більш низькою швидкістю поглинання вологи, ніж перша фаза.

Третя фаза є фазою стабілізації (300-420 хв), коли досягаються умов рівноваги.

Під час першої фази відбувається приріст вологи, що пов'язано з наростаючою вібрацією молекул води, викликані підвищенням температури. Під час другої фази приріст вологи коливався і є більш низьким, а під час третьої фази відбувається стабілізація вологи, волога досягає умов рівноваги.

Відносно водопоглинання кунжуту при різних температурах виміряні та змодельовані для моделі Пелега (рис. 3.3, рис. 3.4).

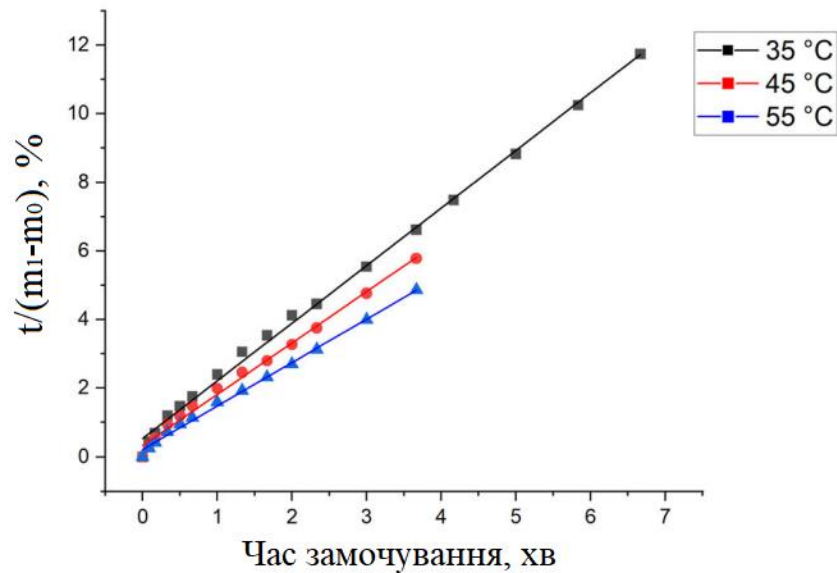


Рисунок 3.3 – Відносне водопоглинання білого кунжута при різних температурах (модель Пелега)

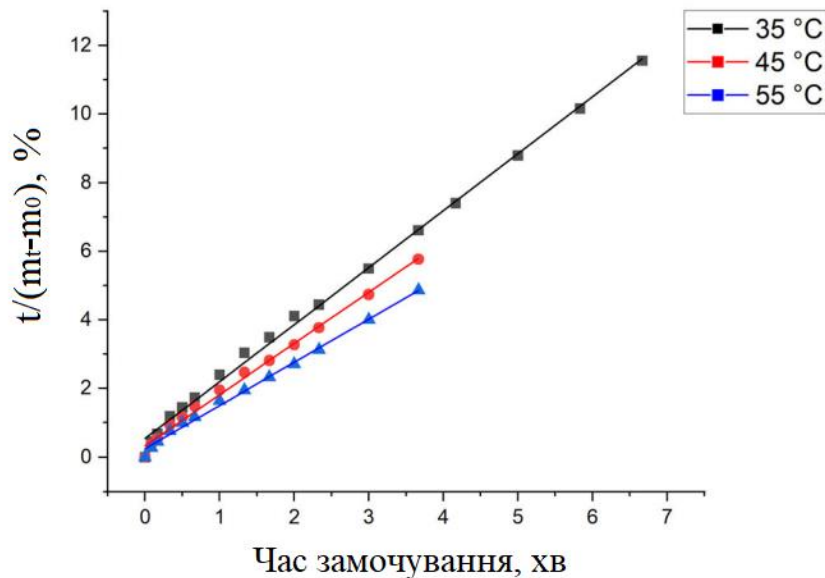


Рисунок 3.4 – Відносне водопоглинання чорного кунжута при різних температурах (модель Пелега)

Найвище водопоглинання було виміряно при температурі 40°C для білого кунжута та 50 хв найвище водопоглинання було виміряно для чорного кунжута. Зображено графічно відносне водопоглинання для білого та чорного кунжута при різних температурах (модель Пелега). Використовуючи модель можна покращити процес очищення кунжута від зовнішньої оболонки.

На основі вище зазначеного, можна вважати, що кунжут – це стародавня олійна культура, яку вирощують заради насіння та екстракції у вигляді олії. Окрім багатого поживного вмісту насіння кунжуту є наявність у насінні факторів антихарчування, таких як щавлева кислота, у порівняно великих

кількостях значно знижує біологічну доступність і засвоюваність білка та інших складів. Тому лущення є необхідною одиничною операцією при переробці насіння кунжуту. Лущення вимагає, щоб насіння було зволожено в першу чергу для полегшення подальшого процесу. Стандартизація попередньої обробки гідратації для полегшення лущення кунжуту потребує основної ідеї про явища сорбції води.

Розуміння фізико-хімічних властивостей зернових культур є важливим питанням, особливо для переробки. Для визначення відносного водопоглинання зерна при різних температурах застосовуються модель Пелега, модель Беккера і розширена модель Пелега. Використовуючи ці моделі, можна покращити процеси водопоглинання під час помелу та солодження.

Дослідження водопоглинання насіння кунжуту двох видів (білого та чорного). Для визначення водопоглинання насіння кунжуту 15 грамів випадково вибраного насіння кунжуту замочили в дистильованій воді. Співвідношення насіння і води становило 1:5. Всі зразки зберігалися в духовці при постійній температурі. Через вибрані проміжки часу відбирали один із зразків, воду всередині мензурки проціджували за допомогою кухонного сита, а насіння розподіляли на паперовий рушник. Після того, як насіння кунжуту акуратно витерли чистими паперовими рушниками, його відразу ж зважували. Водопоглинання насіння розраховували за допомогою різниці між початковою (незамоченою) і кінцевою вагами. Вміст вологи у вибрані проміжки часу розраховували на сухій основі.

Вибрані часові інтервали: 90, 240, 420 хвилин. На кожен часовий інтервал з обладнання швидко виймали зразок і використовували його для визначення водопоглинання. Таку ж процедуру використовували при трьох температурах 35, 45 і 55°C. Воду, яка використовувалася для замочування, також попередньо нагрівали до цих температур перед замочуванням насіння. Наведено характеристики водопоглинання насіння білого та чорного кунжуту при 35°C, 45°C та 55°C.

Виокремлено три різні фази поглинання вологи на основі основних механізмів транспортування води в зерно. Перша фаза I вказує на перехідний період з високим потоком поглинання вологи, присутнім від 0 до 90 хв. На цьому етапі набір вологи швидкий у перші години через існуючий градієнт вологості між зерном і зовнішнім середовищем гідратації. Друга фаза (120-240 хв), так звана перехідна фаза, яка показує потік з більш низькою швидкістю поглинання вологи, ніж I фаза. Третя фаза є фазою стабілізації (300-420 хв), коли досягаються умови рівноваги. Під час фази I відбувається приріст вологи, що пов'язано з наростаючою вібрацією молекул води, викликаною підвищенням температури. Під час II фази приріст вологи коливався і є більш низьким, а під час III відбувається стабілізація вологи, волога досягає умов рівноваги.

Найвище водопоглинання було виміряно при температурі 40°C для білого кунжуту та 50 хв найвище водопоглинання було виміряно для чорного кунжуту. Зображено графічно відносне водопоглинання для білого та чорного кунжуту при різних температурах (модель Пелега).

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Магістерська робота присвячена удосконаленню обладнання для очищення насіння кунжута із використанням відновлюваних джерел енергії. У роботі зазначено, що енергія відіграє фундаментальну роль у продовольчій системі. Вона споживається не тільки в первинному виробництві, але й у вторинних заходах, таких як сушіння, охолодження, подрібнення, очищення. Енергія потрібна на всіх етапах харчового ланцюга безпосередньо для виробництва, переробки та транспортування, бо на харчові системи припадає близько 30% загального світового споживання енергії. Тому актуальним в умовах сьогодення є використання відновлюваних джерел енергії.

У першому розділі здійснено аналіз обладнання для очищення зерна від зовнішньої насінневої оболонки. Зазначено, що лущення – це одинична операція при якій зовнішній шар насіння (лушпиння), як правило, видаляється із внутрішнього насіння за допомогою механічного впливу. Існує кілька різних механізмів для відокремлення лушпиння від ядра: гумовий роликочий очищувач, відцентровий луцильник, полірувальна машина на основі повітряного струменя, пристрій тангенціального абразивного луцильника. Основними принципами, що керують цими машинами для видалення лушпиння є: стиснення та зсув у гумовому роликочому очищувачі, стирання та тертя в тангенціальному абразивному пристрої луцильника, удар та тертя в луцильнику відцентрового типу.

Зазначено, що попередня обробка, така як кондиціонування, хімічна обробка, термічні обробки (пропарювання, проварювання, мікрохвильова піч) також використовуються для покращення операції видалення лушпиння. Крім попередньої обробки є й інші чинники, які можуть бути специфічними для конкретного продукту або залежати від машини для видалення лушпиння. Параметри сировини: вологість, тип сортів, розмір і форма, первинна обробка насіння впливають на процес очищення зерна. Параметри машини, а саме, тип машини для видалення лушпиння, зазор, розмір сита, швидкість обробки, коефіцієнт швидкості, швидкість подачі, орієнтація матеріалу, що подається, також впливають на операцію лушення. Відповідно, різні методи попередньої обробки та параметри обладнання для очищення сприятимуть поліпшенню роботи з видалення лушпиння.

Другий розділ присвячено удосконаленню обладнання для очищення кунжута. Вважається, що сонячна енергія, як один з відновлюваних джерел енергії, розглядається не тільки для виробництва продуктів харчування, але і для виробництва електроенергії, яка широко використовується як заміник традиційних викопних видів палива.

Запропоновано ресурсозберігаюча технологія очищення зерна від зовнішньої оболонки на основі використання відновлюваних джерел енергії.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Грежинець</i>				Удосконалення обладнання для очищення насіння кунжута із використанням відновлюваних джерел енергії	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						40	2
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

Пропоноване обладнання складається з чотирьох основних компонентів:

1. Блок подачі – це верхня частина машини, яка складається з м'якої сталі, де сировина подається через бункер та досягає ролика.

2. Вузол прокатки (ролик) – складається з пари роликів із зазором між ними, що дозволяє розвивати сили тертя в системі, що призводить до стирання зерна. Ролики покриті гумою для безпечного видалення зовнішньої оболонки зерна.

3. Вібраційний блок – пристрій має вентилятор з електричним приводом і збірники для очищеного зерна від лушпиння.

4. Сонячна панель – пристрій, який поглинає сонячний промінь і перетворюється на електроенергію, а електроенергія зберігається в сонячних батареях, які прикріплені до панелей.

Бункер вирівняний по відношенню до роликів. Ролик приводиться в рух через ремінь, який з'єднаний з двигуном, а двигун пропонується підключити до акумулятора, а акумулятор до сонячної панелі (застосовуємо регулятор постійного струму). Коли сонячна панель буде поглинати сонячне світло, як джерело енергії для отримання прямої електроенергії, електроенергія буде зберігатися в сонячній батареї. Через акумулятори до двигуна будуть підключені ролики, які підключаються до двигунів через ремінь. При запуску двигуна пара роликів повністю знімає лушпиння з кунжуту. На наступному етапі за допомогою вібраційного блоку зерно буде очищене від зайвого лушпиння.

У третьому розділі дослідження водопоглинання насіння кунжуту двох видів (білого та чорного). Водопоглинання насіння розраховували за допомогою різниці між початковою (незамоченою) і кінцевою вагою. Вміст вологи у вибрані проміжки часу розраховували на сухій основі. Вибрані часові інтервали: 90, 240, 420 хвилин. На кожен часовий інтервал з обладнання швидко виймали зразок і використовували його для визначення водопоглинання. Наведено характеристики водопоглинання насіння білого та чорного кунжуту при температурних режимах 35°C, 45°C та 55°C.

Виокремлено три різні фази поглинання вологи на основі основних механізмів транспортування води в зерно. Перша фаза I вказує на перехідний період з високим потоком поглинання вологи, присутнім від 0 до 90 хв. На цьому етапі набір вологи швидкий у перші години через існуючий градієнт вологості між зерном і зовнішнім середовищем гідратації. Друга фаза (120-240 хв), так звана перехідна фаза, яка показує потік з більш низькою швидкістю поглинання вологи, ніж I фаза. Третя фаза є фазою стабілізації (300-420 хв), коли досягаються умови рівноваги. Під час фази I відбувається приріст вологи, що пов'язано з наростаючою вібрацією молекул води, викликаною підвищенням температури. Під час II фази приріст вологи коливався і є більш низьким, а під час III відбувається стабілізація вологи, волога досягає умов рівноваги.

Найвище водопоглинання було виміряно при температурі 40°C для білого кунжуту та 50 хв найвище водопоглинання було виміряно для чорного кунжуту. Графічно представлено відносне водопоглинання для білого та чорного кунжуту при різних температурах (модель Пелега).

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Influence of hulling, cleaning and brushing/polishing of (pseudo) cereal grains on compositional characteristics. URL: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/13/2452>.
2. A review on factors affecting dehulling operation of different agricultural products. URL: <https://www.researchgate.net/publication/375462990>.
3. Technological advancements in millet dehulling and polishing process: An insight into pretreatment methods, machineries and impact on nutritional quality. URL: <https://www.researchgate.net/publication/381044523>.
4. Advances in peeling techniques for fresh produce. URL: <https://www.researchgate.net/publication/353775268>.
5. Технології очистки зерна: етапи і обладнання. Режим доступу: <https://agrobusiness.com.ua/tekhnohiiia-ochystky-zerna-etapy-i-obladnannia>.
6. Як відбувається очищення зернових? Етапи та обладнання. Режим доступу: <https://agroserpmash.ua/uk/yak-vidbuvayetsya-ochishhennya-zernovix-etapi-ta-obladnannya/>.
7. Обладнання для очищення, сортування та калібрування зерна. Режим доступу: <https://tms-ukraine.com/uk/category/oborudovanie-dlya-ochistki-i-sortirovki-zerna>.
8. Первинне очищення зерна. Режим доступу: <https://olis.com.ua/press-centre/statti/pervichnaya-ochistka-zerna/>.
9. The european green deal: determination of the energy parameters of the string husking device in buckwheat processing. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/2/940>.
10. Current flaxseed dehulling technology. URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/14/4/632>.
11. Equipment for husking of sunflower seeds, oleaginous and cereal crops. URL: <https://www.researchgate.net/publication/265850653>.
12. Корчемний М Федорейко В, Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль: Нова книга. 2001. 159 с.
13. Постанова Верховної Ради У країни від 06.10.2005 № 2966-IV «Про заходи щодо запобігання енергетичній кризів Україні».
14. Енергоефективність підприємств харчової промисловості – сучасний стан і стратегія розвитку. Режим доступу: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/7a5b156d-cd7e-443c-a484-8dd584f1bf45/content>.
15. Енергоефективні технології та енергозбереження на підприємствах харчової промисловості. Режим доступу: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream.pdf>.
16. A study on the use of renewable energy for coconut dehulling. URL: <https://www.researchgate.net/publication/323363391>.
17. Design, fabrication and testing of proso millet de-husking machine. URL: <https://conference.ioe.edu.np/publications/ioegc2016/IOEGC-2016-16.pdf>.
18. Design of portable de-husking machine for millets using solar energy. URL: <https://www.irjet.net/archives/V8/i6/IRJET-V8I6270.pdf>

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

19. Compression and shear fracture behavior of single rice paddy under effect of husking operation. URL: <https://www.sciencedirect.com/S0733521022001278>.
20. Перспективність використання енергії з відновлюваних джерел підприємствами та домогосподарствами в Україні. Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/374476775>.
21. Шляхи енергозбереження на підприємствах харчової промисловості. Режим доступу: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle>.
22. Ковалко М. П. Енергозбереження – пріоритетний напрям державної політики України / М. П. Ковалко, С. П. Денисюк. К.: УЕЗ, 2001. 506 с.
23. Природно-ресурсний та енергетичний потенціали: напрями збереження, відновлення та раціонального використання: колективна монографія / за ред. О.О. Горба, Т.О. Чайки, І.О Яснолоб. П.: В-во ІІІ «Астроя», 2019. 279 с.
24. Renewable energy for agri-food systems. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Nov/IRENA_FAO_Renewables_Agri_food_2021.pdf.
25. Sustainable food and agriculture: employment of renewable energy technologies. URL: <https://www.researchgate.net/publication/360662355>.
26. Assessment of water absorption characteristics for improved sesame varieties during hydration. URL: <https://www.researchgate/publication/371617082>.
27. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії у харчової промисловості. Режим доступу: <https://core.ac.uk/outputs/14713415/>.
28. Відновлювані джерела енергії в Україні. Режим доступу: https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/ua/pdf/2019/09/Renewables-Report_2019-ua.pdf.
29. Кудря С. О. Використання енергії відновлювальних джерел в агропромисловому комплексі України / С.О. Кудря, В.М. Головка, Л.В. Яценко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2010. Вип. 153. С. 93-99.
30. Modelling the water absorption of cereal grains. URL: <https://www.researchgate.net/publication/333045111>.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		