

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра харчових технологій

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

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

**Удосконалення технології виробництва рисової  
крупя**

**Виконала:** здобувачка вищої освіти 5 курсу,  
групи ХТз-1-19 освітньо-професійної програми  
«Харчові технології» зі спеціальності  
181 «Харчові технології»

\_\_\_\_\_ Катерина ЖУК

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Віталій КОШУЛЬКО

**Рецензент:** \_\_\_\_\_ Олексій СТАСЬ

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

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

(підпис)

«06» травня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Жук Катерині Сергіївні

1. Тема роботи: «Удосконалення технології виробництва рисової крупи».  
Керівник роботи: Кошулько Віталій Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «06» травня 2024 року № 982.
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 11 червня 2024 року
3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія виробництва рисової крупи при переробці товарних партій круп'яної сировини, що містить дефектні зерна. 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналітичний огляд. 2 Об'єкти і методи дослідження. 3 Експериментальна частина. 4 Охорона праці та довкілля. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Постановка проблеми. 2 Мета і завдання досліджень. 3 Обговорення результатів досліджень. 4 Охорона праці та довкілля. 5 Кошторис витрат на проведення досліджень. 7 Загальні висновки.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Доцент Віталій КОШУЛЬКО	06.05.24	11.06.24

7. Дата видачі завдання 06 травня 2024 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	06.05-08.05.24	виконано
2	Аналітичний огляд	09.05-12.05.24	виконано
3	Об'єкти і методи дослідження	13.05-15.05.24	виконано
4	Експериментальна частина	16.05-02.06.24	виконано
6	Охорона праці та довкілля	03.06-05.06.24	виконано
7	Організаційно-економічна частина	06.06-07.06.24	виконано
8	Формулювання висновків по роботі та списку використаних джерел	08.06-09.06.24	виконано
9	Підготовка демонстраційного матеріалу	10.06-11.06.24	виконано

**Здобувачка вищої освіти** \_\_\_\_\_ Катерина ЖУК  
( підпис )

**Керівник роботи** \_\_\_\_\_ Віталій КОШУЛЬКО  
( підпис )

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломної роботи містить 63 сторінок друкованого тексту, 12 рисунків та ілюстрацій, 11 таблиць та використано 28 літературних джерел посилання.

Метою роботи є розробка ресурсозберігаючих технологій виробництва рисової крупи при переробці товарних партій круп'яної сировини, що містить дефектні зерна.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва рисової крупи при переробці товарних партій круп'яної сировини, що містить дефектні зерна.

Предмет дослідження – зв'язок технологічних показників сировини з якісними показниками отриманого продукту.

У товарних партіях рису, що спрямовується на переробку до крупозаводів, знаходиться велика кількість дефектних зерен – крейдяних, червонозерних, пожовклих і зелених, що сприяє зниженню загального виходу продукції, утворенню великої кількості подрібненої крупи, погіршенню її товарного виду, споживчих і кулінарних властивостей.

Робота крупозаводів значною мірою залежить від ефективності технологічних операцій шліфування та полірування, де формується не тільки товарна якість, але і утворюється велика частка подрібненого продукту.

Одним з основних напрямів її рішення є вдосконалення технології шліфування і полірування на основі комплексної оцінки реологічних властивостей і технологічної якості компонентів зернової маси.

Ключові слова:

*Рис, полірування, очистка, оболонки, реологічні властивості, вихід продукції, крупа, товарний вигляд, кулінарна готовність.*

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	7
1.1 Характеристика зерна рису як об'єкту для переробки	7
1.2 Технології виробництва рисової крупи	14
Висновки за розділом	21
2 ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	22
2.1 Стандартні методи досліджень	22
2.2 Прилади і методика лабораторних досліджень	22
2.3 Методика визначення ступеня шліфування і полірування ядра рису	24
Висновки за розділом	28
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	29
3.1 Вивчення технологічної якості товарних партій рису	29
3.2 Комплексне дослідження реологічних властивостей рису	33
3.3 Взаємозв'язок між реологічними і технологічними властивостями рису	41
3.4 Розробка технології виробництва крупи покращеної якості	44
Висновки за розділом	50
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	51
4.1 Розроблення картки з охорони праці для оператора цеху з виробництва рисової крупи	51
4.2 Утилізація відходів при виробництві рисової крупи	52
Висновки за розділом	52
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	53
5.1 Витрати на проведення досліджень	53
5.2 Розрахунок вартості дослідження	56
Висновки за розділом	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	58
БІБЛІОГРАФІЯ	60

## ВСТУП

У товарних партіях рису, що спрямовується на переробку до крупозаводів, знаходиться велика кількість дефектних зерен – крейдяних, червонозерних, пожовклих і зелених, що сприяє зниженню загального виходу продукції, утворенню великої кількості подрібненої крупи, погіршенню її товарного виду, споживчих і кулінарних властивостей.

Робота крупозаводів значною мірою залежить від ефективності технологічних операцій шліфування та полірування, де формується не тільки товарна якість, але і утворюється велика частка подрібненого продукту.

У зв'язку з вищевикладеним метою роботи є розробка ресурсозберігаючих технологій виробництва рисової крупи при переробці товарних партій круп'яної сировини, що містить дефектні зерна. Одним з основних напрямів її рішення є вдосконалення технології шліфування і полірування на основі комплексної оцінки реологічних властивостей і технологічної якості компонентів зернової маси.

У відповідності з цим були визначено наступні завдання:

- дослідження показників якості зерна рису;
- розробка способу переробки товарних партій риса, що містить дефектні зерна;
- розробка технологічної схеми отримання рисової крупи.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва рисової крупи при переробці товарних партій круп'яної сировини, що містить дефектні зерна.

Предмет дослідження – зв'язок технологічних показників сировини з якісними показниками отриманого продукту.

## 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

### 1.1 Характеристика зерна рису як об'єкту для переробки

Визначальним фактором інтенсифікації круп'яного виробництва є переробка зерна з високими технологічними властивостями.

Технологічні властивості істотно впливають на вибір конкретних режимів різних процесів борошномельного, круп'яного і комбікормового виробництва.

Дослідження ряду авторів показують, що загальний вихід крупи і вихід подрібненої крупи істотно варіюються в межах одного сорту та між сортами [15].

У США встановлено стандарт на розміри та форму трьох ринкових типів рису – довго-, середньо- та короткозерного. Якщо селекційний сорт рису не відповідає вимогам стандарту за розмірами зерен, формі, масі та вирівняності, він не вважається придатним для вирощування в промисловому масштабі [20].

Форма зерна – найбільш стійка ознака, яка не змінюється в залежності від зони вирощування, погодних умов. При збільшенні товщини зернівки зменшується вміст білка, ліпідів та клітковини, а вміст крохмалю збільшується. Тонкі зерна мають підвищений вміст вітамінів.

Форма зернівки надає суттєвий вплив на режими шліфування, однак, як показує аналіз літературних даних, в процесі переробки зерна в крупу її практично не враховують.

Показниками, що характеризують консистенцію ендосперму, є склоподібність і борошністість зерна.

Консистенція ендосперму рису формується в період дозрівання зернівки, причому недозрілі зерна не утворюють склоподібної структури.

Склоподібність формується в період воскової стиглості. Нестача води в ґрунті сприяє зникненню борошністості, а вологе повітря гальмує процеси, що ведуть до утворення склоподібної консистенції в рису.

Для технологічного процесу переробки рису-зерна має велике значення абсолютна величина борошністості і розташування борошністої плями в

ендоспермі. Сорти рису мають такі типи ендосперма в залежності від його суміші:

- Повністю склоподібні.
- З дуже маленькою білою плямою в центральній частині ендосперму.
- Центральна біла пляма збільшена і займає до 25 % площі поперечного перерізу.

- Ендосперм, що має крейдяне черевце на нижній частині зернівки.
- Борошниста пляма, що займає 75 % площі поперечного перерізу.
- Повністю борошністі.

Існує класифікація ступеня мучнистості рису на чотири типу:

- Перший тип – склоподібні зернівки.
- Другий – борошниста пляма розташована у вигляді смужки у нижнього ребра зернівки до 10 – 15 % площі зернівки.

– Третій тип – борошниста пляма розташована у нижнього ребра, заглиблюючись в верхньому напрямі, займає 30 – 50 % площі зернівки.

– Четвертий тип – борошняна пляма примикає до щитка зародка і займає 60 – 90 % площі зернівки.

Перші два типи характерні для склоподібного рису.

За ступенем борошністості зернівка рису підрозділяється на наступні градації:

1. Склоподібні зернівки – це повністю склоподібні або зернівки з борошністим черевцем. Борошністе черевце, що займає 15 – 20 % площі перерізу зернівки, буде видалено при шліфуванні та ядро у такої крупи буде склоподібним.

2. Напівсклоподібні – це зернівки з внутрішнім розташуванням білої борошністі плями. Площа, зайнята цією плямою, не повинна перевищувати 30 % площі перерізу зернівки.

3. Борошністі зернівки – у яких біла пляма займає від 30 до 50 % площі поперечного перерізу зернівки.

4. Крейдяні зернівки – це зернівки, у яких крейдяна пляма займає площу більше 50 % площі перерізу зернівки.

З різноманіття форм борошністого плями на поздовжньому перерізі



зернівок, було виділено 4 типу їх розташування:

Перший тип не має плями і представляє собою прозорий склоподібний ендосперм.

Другий тип має борошністу пляму, розташовану у вигляді смужки у нижнього ребра зернівки, утворюючи борошністе черевце. У цього типу пляма займає від 10 до 15 % площі поздовжнього перерізу зернівки. Це найбільш вдале розташування борошністої плями, так як при технологічній обробці ця смужка зазвичай видаляється, і ядра стають прозорими.

Третій тип, коли пляма, перебуваючи у нижнього ребра, поглиблюється по напрямку до верхнього. Воно займає від 30 до 50 % площі поздовжнього перерізу зернівки.

Четвертий тип – крейдянні зернівки, у яких борошніста пляма займає більше 50 % площі перерізу.

При технологічній переробці крейдяних зернівок, коли пляма охоплює більше 50 %, ядра приймають циліндричну або кулясту форму.

При переробці зерна в крупу перевага віддається повністю склоподібним зернам, які при переробці дають мінімальну кількість подрібненого ядра та трохи менше борошна. Зазначено, що зерна борошністих сортів мають менш міцну структуру ядра і при переробці утворюють велику кількість борошна та подрібненого ядра. При шліфуванні склоподібних зерен вихід подрібненого ядра в 2,5 – 4,6 рази менше, чим у борошністих.

Напівсклоподібні сорти по своїм технологічним властивостям займають проміжне місце. Відзначається високий коефіцієнт кореляції між склоподібністю ендосперму і виходом цілого ядра при переробці [25].

Склоподібні зерна порівняно з борошністими мають кілька збільшені розміри часток крохмальних зерен.

Високосклоподібні сорти рису містять велику кількість амілози, а борошністі близькі по структурі до глютинозним – амілопектину.

При зміні консистенції ендосперму рису змінюються об'єм зернівок, вміст в них плодкових оболонок і зольність. При переробці борошністих зерен загальний

вихід крупи, в тому числі цілої, зменшується. Вміст плодових оболонок у склоподібних зерен менший, ніж у борошнистих.

Зазначається, що борошністі сорти рису поглинають більше води, чим склоподібні.

Склоподібність, як узагальнений показник, багато в чому характеризує структурно–механічні та технологічні властивості зерна. Найбільш суттєвий вплив на ефективність технологічного процесу приготування крупи і, зокрема, процесу шліфування, на крупозаводі здійснюють твердість і міцність ядра, напруги, яку необхідно докласти для руйнування борошнистих зерен у 1,5 – 2,0 рази менше, ніж для склоподібних. Борошністі зерна рису мають неміцну структуру, тому при шліфуванні в суміші зі склоподібними зернами утворюють більше муки, зменшуючи вихід крупи.

Таким чином, борошністі зерна, як об'єкт переробки, є дефектними, вони знижують в цілому ефективність технологічного процесу рисозаводів.

Встановлено, що величина оптимальної вологості, при якій утворюється найменше кількість подрібненого ядра при шліфування залежить, головним чином, від склоподібності зерна [30].

Клейкі різновиди рису характеризуються щільним зчепленням вмісту його клітин, і непрозорість обумовлена присутністю всередині гранул проміжків, заповнених повітрям.

Непрозорі частини зерна мають хімічний склад, аналогічний складу склоподібної частини [32].

Тріщинуватість є важливим показником, що характеризує стійкість рису до дроблення в технологічному процесі рисозаводів.

Тріщинуватість є набутою ознакою якості, проте стійкість зерна проти утворення тріщин – багато в чому також сортова ознака і залежить від вмісту білка у зерні. Тріщини у зерні з'являються при несприятливих умовах дозрівання зерна, прибирання в дощовий період, зберіганні з підвищеною вологістю, а також під впливом жорстких режимів зневоднення, при транспортування і переробці. При переробці найнебезпечнішими тріщинами слід вважати, так звані, «наскрізні»

тріщини, які проходять по всьому ендосперму ядра. Такі тріщини після видалення плодових і насінневих оболонок при лущенні призводять до повного руйнування ядра і утворення подрібненого продукту [5].

Встановлено, що рис містить більше білка і має однорідні за формою та розмірам крохмальні зерна, більш стійкі проти утворення тріщин.

Причиною тріщиноутворення рису в процесі сушіння є доведення його до вологості нижче рівноважної за даних атмосферних умов. Це як наслідок наводить до сорбції вологи з атмосфери, виникненню градієнтів вологовмісту в зерні і до утворення тріщин.

На технологічні властивості зерна суттєве вплив здійснюють багато варіюючих показників, та інші показники – вологість, сортові ознаки, крупність тощо [15]. Хоча, як відомо, перевага віддається добре виповненому, великому зерну, вирівняному по лінійним розмірам, геометричним ознакам і мінімальною глибиною борозенок.

Вологість надає помітний вплив на деякі показники якості [20]. Вологий рис псується протягом кількох днів, тоді як сухий добре зберігається тривалий час. Так рис вологістю 13 % можна зберігати до шести місяців, а вологістю 12 % – більш тривалий час.

Технологічні властивості рису для переробки в крупу в більшому ступені залежать від вологості його при прибиранні, сушінні і зберіганні.

Внаслідок високої вологості погіршуються кулінарні і технологічні властивості рису. Своєчасне зниження вологості до норми має першорядне значення для рису, призначеного для приготування сухих сніданків, пропареного рису – крупи і інших продуктів з рису [20].

Ефективних способів виділення червонозерного рису на рисо заводах не розроблено. Це пояснюється тим, що практично за всіма показниками крім кольору, червонозерні форми рису мають практично однакові властивості зі звичайним рисом. Червонозерний рис має трохи більшу довжину, однак, варіаційні криві по довжині значно перекриваються зі звичайним рисом, тому виділити його за цією ознакою практично неможливо.

Істотних відмінностей в якості звичайного і червонозерного рису з червоним, коричневим і рожевими відтінками також не встановлено, за винятком більш низької склоподібності та плівчастості у червонозерного рису.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика якості звичайного з червонозерними формами рису

Показники	Звичайний рис	Червонозерні форми рису		
		Рожевий	Коричневий	червоний
Вологість, %	13,60	13,62	13,72	13,74
Плівчастість, %	17,20	17,00	16,60	16,80
Зольність ядра, %	1,78	1,80	1,62	1,59
Склоподібність, %	88,00	47,00	54,00	49,00
Тріщинуватість, %	34,00	32,00	36,00	29,00
Маса 1000 зерен, г	26,70	26,90	27,20	27,40
Довжина, мм	5,18	5,93	5,90	6,11
Ширина, мм	2,96	3,05	3,01	2,81
Товщина, мм	2,41	2,29	2,34	2,41
Відношення довжини до ширини	1,72	1,61	1,63	2,17

При вивченні форми та розмірів ребристих заглиблень на поверхні звичайного та червонозерного рису встановлено, що вони мають різні розміри. Висота поглиблень, розташованих зі сторони спинки. червонозерних форм рису помітно більше, чим у звичайного рису. Із сторони черевця червоний, коричневий рис мають меншу висоту заглиблень, чим у звичайного рису і рису з рожевим кольором оболонки.

При оцінці причин пожовтіння рису деякі автори вважають, що зміна забарвлення ендосперму пов'язана з пігментами, які виділяють мікроорганізми при розвитку на поверхні зернівки.

Плісняві гриби роду *Aspergillus* сприяють процесу пожовтіння рису. Гриби

цього роду мають високою протеолітичну та амілолітичну активність. Підвищення активності протеолітичних ферментів призводить до руйнування білкових речовин, а збільшення діастатичної активності сприяє накопиченню відновлювальних цукрів і як наслідок до збільшення ферментативної активності і інтефікації гідролітичних процесів.

Пожовтіння рису–зерна пов'язано в здебільшого з гідролітичними процесами, що протікають у зерні при зберіганні у вологому та сиром стані /5/. Ці процеси можуть бути викликані ферментами зерна і ферментними системами мікроорганізмів, що розвиваються на зерні при даних умовах. Як наслідок, пожовтіння рису слід розглядати як сумарний ферментативний процес зерна і його мікрофлори.

Пожовклий рис має підвищену протеолітичну активність.

Зміна забарвлення ендосперму відбивається на фракційному стані білків. У пожовклому рисі менше спирторозчинної фракції в 2 рази, водо- і солерозчинною в 1,5 рази, лужнорозчинної в 1,2 рази у порівнянні зі звичайним рисом. З появою жовтого забарвлення кількість вільних амінокислот в зернівіці рису значно зростає. З амінокислот найбільш інтенсивно накопичується лізин, аргінін та гліцин. При пожовтінні рису піддається зміні ліпідний комплекс. Зменшується кількість пов'язаних і міцно пов'язаних ліпідів у зв'язку з переходом у вільний стан. Знижується вміст тригліцеридів, збільшується вміст вільних жирних кислот, дигліциридів та моногліциридів. Зростання фракцій вільних жирних кислот при пожовтінні призводять до збільшення кислотного числа і сумарного числа продуктів окиснення.

Процес окиснення супроводжується зміною складу вуглеводів рису.

Вміст крохмалю і цукрози зменшується, а кількість відновлювальних цукрів збільшується. Сумарна дія  $\alpha$  і  $\beta$ -амілаз в пожовклому рисі значно активніша, чим в білому.

На кожен відсоток пожовклого рису знижується загальний вихід крупи на 0,2 % за рахунок збільшення виходу борошна та зниження виходу цілого ядра на 0,03 % за рахунок збільшення виходу подрібненого ядра.

У нормах на кількість готової продукції встановлені межі вмісту пожовклих зерен; для вищого ґатунку – не більше 2,0 %, першого сорту – не більше 2,0 %.

У подрібненій рисовій крупі вміст пожовклих зерен не регламентується.

У цілому літературні дані свідчать, що технологічні властивості зерна залежать від співвідношення перерахованих вище і багатьох інших показників і ознак.

На основі літературного аналізу були сформульовані висновки:

- в дослідженнях є протиріччя в оцінці технологічних властивостей рису і впливі конкретних ознак його якості на ефективність технологічних процесів при виробництві крупи;
- не вивчені реологічні властивості рису і як наслідок їх взаємозв'язок з результатами технологічної переробки;
- відсутні ефективні способи виділення дефектного рису з зернової маси або концепція їх спільної переробки з зернами, мають природне забарвлення оболонки і склоподібну консистенцію.

## 1.2 Технології виробництва рисової крупи

У процесі переробки рису на крупу з поверхні зерен повністю видаляються квіткові плівки, плодові і насінневі оболонки, частково або повністю видаляються алейроновий шар та зародок. У деяких районах світу ще застосовується ступа для переробки рису на крупу. У технічно розвинених країнах шляхом комплексу високомеханізованих операцій домагаються отримання максимальної кількості цілих ядер рисової крупи без насіння інших культур і сторонніх домішок.

Технологія переробки рису у крупу в Україні включає операції очищення зерна від домішок, фракціонування рису-зерна, лущення, сортування продуктів лущення, круповиділення, шліфування цілого та подрібненого ядра, сортування продуктів шліфування.

Процес полірування – це заключна операція по обробці поверхні рисового ядра, призначена для надання рисовому ядру кращого порівняно з рисом

шліфованим товарного вигляду. У процесі шліфування на поверхні рисового ядра з'являються подряпини, вона стає шорсткою і покривається дрібними борошністими частинками, що заповнюють мікронерівності та подряпини на поверхні ядра. Ці частинки не видаляються при провіюванні і просіюванні крупи.

Крім надання шліфованому рису кращого товарного вигляду? полірований довше зберігається без псування, він менш гігроскопічний, так як полірована поверхня менш доступна для проникнення мікроорганізмів і пароподібної вологи.

Технологічні схеми рекомендовані правилами, передбачають одну, дві системи полірування конусними абразивними барабанами.

За кордоном покращення зовнішнього виду крупи досягається поліруванням в спеціальних барабанах з додаванням розчину цукрового сиропу або патоки.

Виробництво полірованого рису широко поширене в Японії. Полірування передбачає обробку на спеціальних машинах за одну-дворазову перепустку з відбором невеликої кількості борошна. При цьому поверхні надається рівний і глянсовий вигляд.

Японські машинобудівні фірми («Сатаке», «Кійова») для полірування виготовляють машини двох типів – горизонтальні і вертикальні з абразивними, металевими і шкіряними робочими органами.

Полірувальні машини з металевими робочими органами на рисозаводах України не застосовують.

Використовують кілька способів полірування:

1. Сухий спосіб, котрий передбачає полірування рису в машинах без застосування води. Вважається, що цей спосіб не ефективний внаслідок того, що алейроновий шар щільно прилягає до ендосперму і його не можна видалити, не піддаючи рис надмірному абразивному поліруванню, що призводить до утворення небажаної подрібненої крупи.

2. Мокре полірування, передбачає обробку ядра рису після шліфування водою на певній стадії. При зволоженні відбувається швидке та повне видалення алейронового шару. При цьому способі необхідне суворе співвідношення між

кількістю продукту і води.

3. Обробка зволеним повітрям. Завершальний етап переробки рису – глазурування крупи. Деякі споживачі охочіше купують рисову крупу з особливим перлинним блиском, який надає крупі глюкоза, вода та тальк. Відомо, що для отримання глазурованої рисової крупи використовують цукор. Його перевага в тому, що приготовлений з нього розчин утворює на зернівці після висихання прозорий блискучий шар. Найкращий ефект глазурування досягається при використанні цукрового розчину з рафінованого піску, або з крохмальною патокою. Є відомості про застосування безбарвної кукурудзяної патоки для глазурування рисової крупи. Глянцевий шар рису має бути чистим та прозорим і, крім того, що він надає крупі товарний вигляд, повинен захищати ядро від хімічних впливів, від вологи та сторонніх домішок, утворюючи, таким чином, захисний шар.

Ефективність процесу полірування оцінюють приблизно за тими ж ознаками та показниками, за котрими оцінюють ефективність процесу шліфування. За кордоном ефективність полірування оцінюють із втрат фосфору. Встановлено, що втрати фосфору під час полірування пропорційні втраті тіаміну.

Аналізуючи літературні дані можна побачити, що до справжнього часу немає певної думки щодо використання різних матеріалів для виготовлення робочих органів поліруючих машин. Одночасно використовують метал, спеціальну тканину, шкіру, абразив.

Відсутні об'єктивні методи оцінки ступеня полірування, які б застосовувалися в промисловому масштабі. Поряд з органолептичною оцінкою якості полірування по зовнішньому виду використовують в різному ступені оптичні і хімічні методи.

До нетрадиційних технологічних процесам переробки рису в крупу відноситься хіміко-механічний (Х-М) спосіб [17]. При Х-М способі переробки рисове ядро попередньо розм'якшується в рисовій олії і шліфується в місцеллорециркулюючому потоці рисової олії та гексану при заданій концентрації і температурі. Одночасно при шліфуванні відбувається екстрагування рисової олії



гексаном. При X-M способі обробки досягається більш високий вихід крупи і при цьому утворюється менше дробленої крупи. Крупа, що отримується за допомогою X-M способу, містить вдвічі менше жиру, і вона має більш світлий колір.

Принципова схема переробки рису в крупу, прийнята в Україні (рисунок 1.1), передбачає лушення рису на поставах з абразивними робочими органами і на луцильниках з гумовими валками марки У1-БШВ-2,5.

При побудові технологічних процесів шліфування послідовність операцій, кількість систем шліфування, наявність проміжних систем сортування змінюється в залежності від типу обладнання для шліфування, якості зерна, продуктивності рисозаводу а також від необхідного ступеня шліфування рисового ядра. При використанні поставу з конусними абразивними барабанами кількість систем змінюється від трьох до п'яти. Меншу кількість систем використовують при переробці сортів рису з округлими зернівками, з тонкими плодовими і насіннєвим оболонками, більшу кількість систем використовують при необхідності забезпечити високий рівень шліфування при переробці зерна з домішкою червонозерних форм рису, зелених зерен. В цьому випадку шліфування ведуть до повного видалення слідів зовнішніх оболонки, щоб забезпечити високу товарну цінність готової крупи.

На сучасних рисозаводах використовують також комбінацію машин з горизонтально розташованим шліфувальним барабаном (один пропуск) і тричотири послідовних пропуски через машини з конічними шліфувальними барабанами. Крім кількості послідовних систем шліфування схеми процесів відрізняються наявністю проміжних систем для виділення борошна та подрібненого ядра. Виділення борошна та подрібненого ядра здійснюється на розсівах і на дуоаспіраторах.

Технологічні схеми передбачають роздільне шліфування цілого та подрібненого ядра. Шліфування подрібненого ядра здійснюють на одній або двох послідовних системах шліфування з використанням машин з конусними абразивними барабанами.

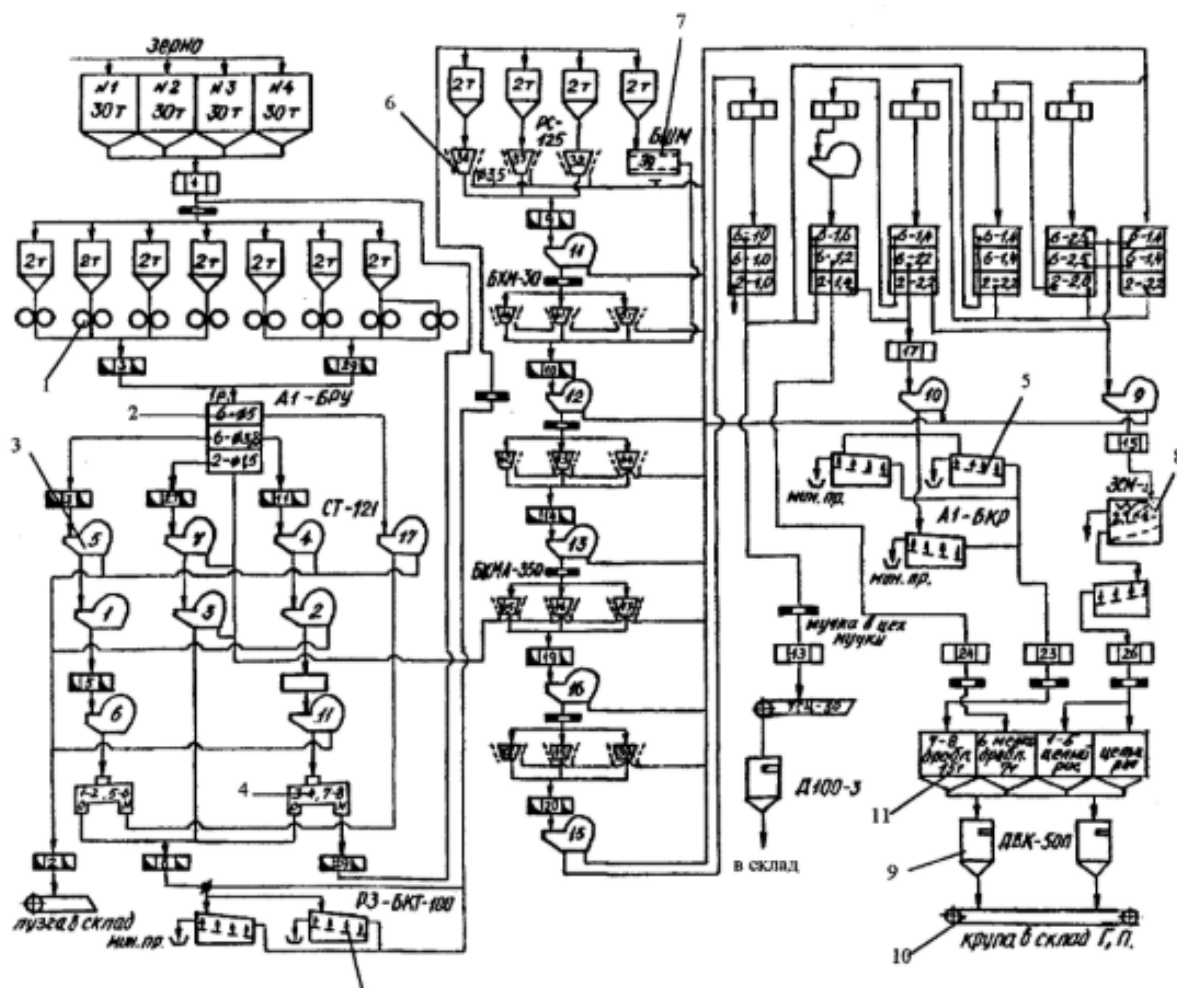


Рисунок 1.1 – Технологічна схема переробки рису в Україні:

1 – лушпильник з гумовими валками; 2 – розсіювач; 3 – дуоаспіратор; 4 – падді-машина; 5 – каменевідбірник; 6 – шліфувальний постав; 7 – горизонтальна шліфувальна машина; 8 – сепаратор; 9 – ваговибійний апарат; 10 – стрічковий транспортер; 11 – бункера для готової продукції

Технологічна схема переробки рису-зерна в крупу включає шліфувальний процес, що складається з чотирьох послідовних систем шліфування з використанням шліфувальних машин типу РС-125. Після другої системи шліфування з продуктів шліфування виділяють дроблене ядро з використанням розсівів типу А1-БРУ-4. Після третьої системи продукт просіюють для виділення борошна та охолодження продуктів шліфування. Після четвертої системи шліфування продукти провіюють і сортують у розсівах для виділення борошна та подрібненого ядра. Дроблене ядро шліфують на одній системі шліфування.

Лушпиння основного потоку рису-зерна проводиться на луцильниках з гумовими валками. На повторне луцення продукт прямує на луцильні постави з абразивними робочими органами. Продукти луцення сортуються в розсіві.

Шліфування ядра рису проводиться на чотирьох послідовних проходах шліфувальних машин з конусними абразивними робочими органами. Після першої та другої систем шліфування утворюються рисові висівки, які окремим шнеком транспортуються на контрольне розсівання. Після третьої та четвертої систем шліфування утворюється рисове борошно, яке шнековим транспортером прямує в контрольний розсів. Шліфувальні і полірувальні машини в технологічному процесі аспіруються. Технологічний процес шліфування і полірування ядра рису побудований послідовно без проміжного відбору подрібненого ядра. Полірований продукт після відбору мучки сортують на розсіві.

Ціла полірована крупа після зважування на автоматичних вагах прямує у бункер або на виробництво обмасленої та глазурованої крупи.

Технологічна схема обмаслювання включає масляний дозатор, барабан для покриття поверхні ядра рису олією та бункер для готової продукції.

У технологічній схемі глазуровання рису встановлені дозатори глюкози і тальку, з яких продукти подаються в лопатеву полірувальну машину, а потім в глазурувальний барабан. Після глазуровання крупа контролюється на розсіві і направляється в бункер для готової продукції. Побічні продукти (борошняні зернівки та грудочки глюкози і тальку) спрямовують в окремій бункер.

Принципова схема переробки рису в крупу, прийнята в Японії складається з двох етапів: операції по переробці рису на сільськогосподарських фермах і операції на рисозаводі.

На сільськогосподарських фермах рис луцять на луцильниках з гумовими валками, відокремлюють лушпиння на аспіраторах, круповиділення проводять на сортувальних столах. Нелуцені зерна спрямовують на повторне луцення.

В умовах рисозаводу рис-зерно луцять на луцильниках з гумовими валками, що виготовляються в Японії фірмою «Кійова». Лушпиння також видаляють на дискових луцильниках. Після луцення відбувається сортування

продуктів лущення на аспірааторах і сортувальних столах. Нелущені зерна повертають на процес лущення. Шліфування здійснюють на машинах горизонтального типу. Шліфування рису китайсько-японського типу здійснюють абразивним барабаном з номером наждак № 34 – 36, а індійської гілки – № 36 – 40. Шліфований продукт полірують на спеціальних машинах, де робочим органом є металевий барабан специфічної форми. Частина продукту глазурується в спеціальних барабанах.

У США рис-зерно лущать на лущильних поставах з абразивними робочими органами. Продукти лущення прямують на сепаратор для відбору лущиння і падді-машину для поділу нелущених і лущених зерен. Нелущені зерна з падді-машини подають на повторне лущення в стрічковий лущильник. Лущені зерна шліфують на горизонтальних шліфувальних машинах двома послідовними проходами. Після шліфування рис полірують на поставах з конусними робочими органами. Продукти полірування фракціонують по крупності на дисковому трієрі. У результаті фракціонування отримують: пивоварний рис, січку, велику січку, рис другого сорту і цілий полірований рис.

Аналізуючи технологічні процеси шліфування та полірування при переробці рису в крупу, можна, виділити наступні особливості:

- в промислово розвинених країнах лущення рису відбувається переважно на лущильниках з гумовими валками, в країнах, що розвиваються – на лущильних поставах з абразивною поверхнею;
- в Італії застосовується комбіноване лущення рису на поставах і лущильниках з гумовими валками, причому основну операцію проводять на лущильниках з гумовими валками, а повторне лущення нелущених зерен здійснюється на поставах з абразивною поверхнею;
- в США для лущення нелущених зерен використовуються стрічкові лущильники;
- кількість систем шліфування змінюється від двох до чотирьох;
- шліфування в переважному числі країн проводиться без проміжного відбору подрібненого ядра;

- рисові висівки утворюються на початкових етапах шліфування та вони не змішуються з борошном, яке виходить на наступних етапах;
- шліфування та полірування ядра рису проводиться переважно на шліфувальних поставах конусного типу, крім Японії і США, де рис шліфують на машинах горизонтального типу;
- встановлення об'ємних дозаторів в технологічній схемі Італії дозволяє оперативно змінювати вміст подрібненого ядра в крупі;
- в технологічних схемах рисозаводів відсутня операція шліфування подрібненого ядра.

### Висновки за розділом

Робота крупозаводів значною мірою залежить від ефективності технологічних операцій шліфування та полірування, де формується не тільки товарна якість, але і утворюється велика частка подрібненого продукту.

У зв'язку з вищевикладеним метою роботи є розробка ресурсозберігаючих технологій виробництва рисової крупы при переробці товарних партій круп'яної сировини, що містить дефектні зерна. Одним з основних напрямів її рішення є вдосконалення технології шліфування і полірування на основі комплексної оцінки реологічних властивостей і технологічної якості компонентів зернової маси.

У відповідності з цим були визначено наступні завдання:

- дослідження показників якості зерна рису;
- розробка способу переробки товарних партій риса, що містить дефектні зерна;
- розробка технологічної схеми отримання рисової крупы.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва рисової крупы при переробці товарних партій круп'яної сировини, що містить дефектні зерна.

Предмет дослідження – зв'язок технологічних показників сировини з якісними показниками отриманого продукту.

## 2 ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Стандартні методи досліджень

Аналіз технологічної якості досліджених проб рису здійснювали з використанням стандартних методик.

Відбір проб і виділення наважок проводили по ДСТУ 2422-94, оцінку кольору та запаху за ДСТУ 4965:2008, вологості за ДСТУ 3040:94, визначення маси 1000 зерен по ДСТУ 4965:2008, засміченості по ДСТУ 4965:2008, плівчастості по ДСТУ 4965:2008, склоподібності по ДСТУ 2422-94; вмісту червоних, глютинозних, поживклих і зіпсованих зерен за ДСТУ 1986-2004.

### 2.2 Прилади і методика лабораторних досліджень

Технологічні властивості зерна рису оцінювали шляхом переробки на лабораторній установці ЛУР1-М, що складається з лушильника і шліфувального постапу (рисунок 2.1)

Лушпиння здійснювали на гумових валках 9, розміщених в корпусі установки 10. Подача продукту проводилася живильним валком 11, а регулювання її величини заслінкою 12, керованою маховиком 13. Цифровий барабан 14 служив для регулювання міжвальцевого зазору. на передній частині корпусу 10 була встановлена поворотна дверцята 15 з прозорим вікном для спостереження за ходом процесу. При попаданні в міжвальцевий зазор, за рахунок обертання валків один одному назустріч з різними швидкостями, рис піддавався стиску і зсуву, в результаті чого відбувалося його лущення.

У якості робочого органу при шліфуванні рису використовували конічний барабан 17, що має покриття з абразивної маси, який розташовувався концентрично у нерухомому ситовому конусі 18. У прорізах ситового конуса вздовж утворюючої були встановлені чотири гумові колодки 19. Зазор між абразивним барабаном та колодками встановлювали за допомогою маховика 20 за

шкалою 21. Боршно, що проходить крізь отвори конуса, прямує в піддон 22, а потім обертанням лопатей обичайки 23 видаляється в збірку 24. Робоча камера шліфувального постава з трьох сторін була закрита знімними стінками 25, а передня дверцята 26 прозора. Верхня частина робочої камери закривалася швидко знімною кришкою 28.

У робочу зону ядро надходить через отвір у кришці 28, а потім зчерез бірки-циклону 5 попадає абразивний конічний барабан, що обертається 17 і під дією відцентрових сил відкидається в проміжок між абразивним барабаном і ситовою обичайкою 18, де відбувається шліфування. Гальмівні колодки 19 сприяли зменшенню швидкості продукту і як слідство інтенсифікації процесу зняття оболонок.

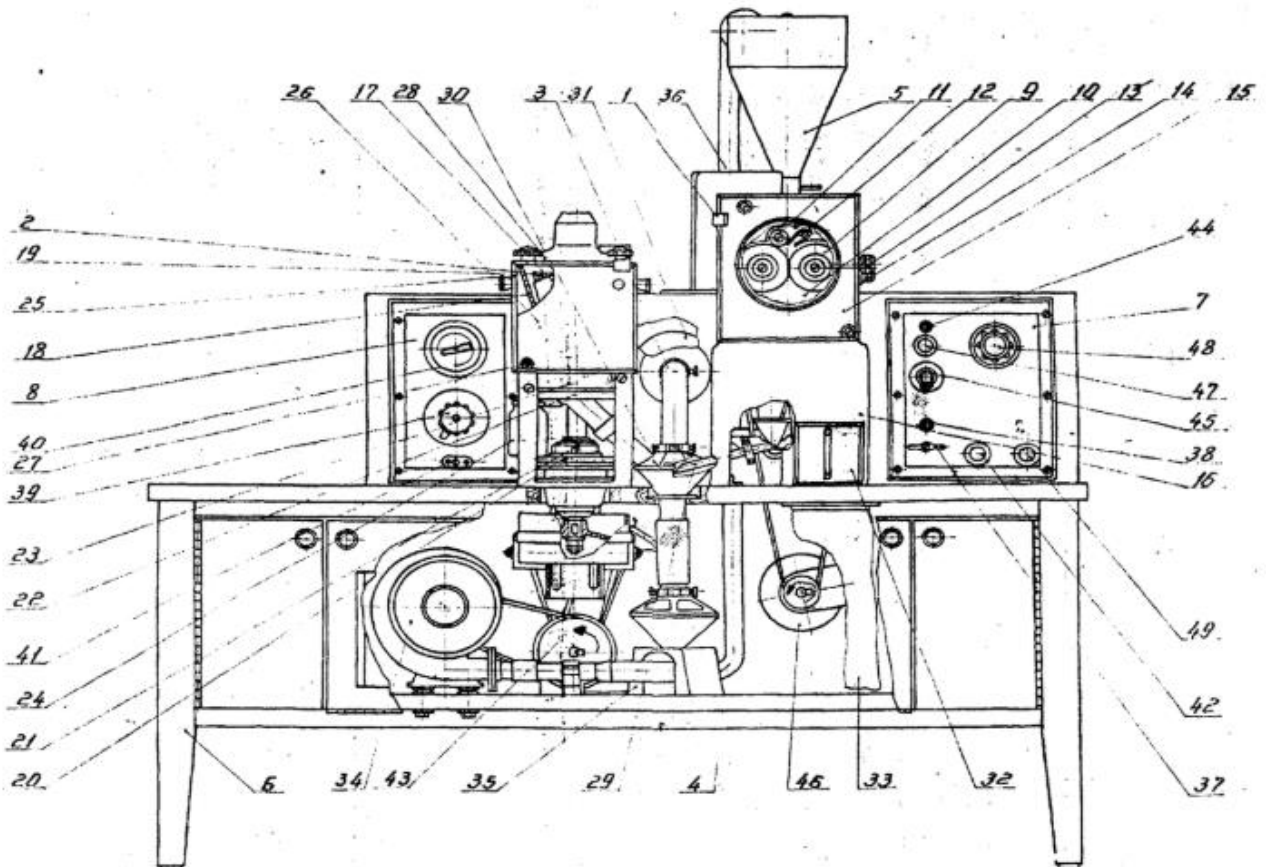


Рисунок 2.1 – Лабораторна установка ЛУР1-М

Завантаження продукту в установку здійснювали через верхній люк в циклон-розвантажувач 1, який потім встановлювали над прийомним отвором луцильника 2.

Лущення рису проводили при робочому зазорі 0,3 мм і тривалості роботи 160 – 180 с. Продукт після лущення направлявся у верхній ежектор 3, з якого вентилятором 4 направляється в збірник 5, де відбиралося лушпиння, а рис самопливом через нижній ежектор переходив у горизонтальний матеріалопровід 8. Під дією повітряного потоку, створюваного вентилятором 7 продукт захоплювався вертикальним матеріалопровідом 9 і знову повертається в циклон-розвантажувач. Після лущення циклон розвантажувач поворотним кронштейном встановлюється над прийомним отвором шліфувального постава 10.

Шліфування проб рису здійснювали при робочому зазорі між абразивним барабаном та гальмівними колодками – 3,0 мм та наважці зразка 25 г. Тривалість шліфування змінювали в межах 20 – 180 с.

### 2.3 Методика визначення ступеня шліфування і полірування ядра рису

Ступінь шліфування ядра рису оцінювали за виходом мучки і коефіцієнтом відображення зернівки.

Вихід мучки оцінювали у відсотках до маси ядра, що спрямовується на шліфування. Коефіцієнт відображення ядра рису визначали на кульовому фотометрі ФМШ-56М (рисунок 2.2, 2.3).

У корпусі приладу розташовується вузол освітлювача I, всередині якого встановлена лампа розжарювання. Регулювання положення нитки напруження лампи робили в площині перпендикулярної оптичної осі за допомогою гвинтів 2, а вздовж оптичної осі – зсувом цоколя лампи, закріпленого на гвинтах до нижньої частини освітлювача.



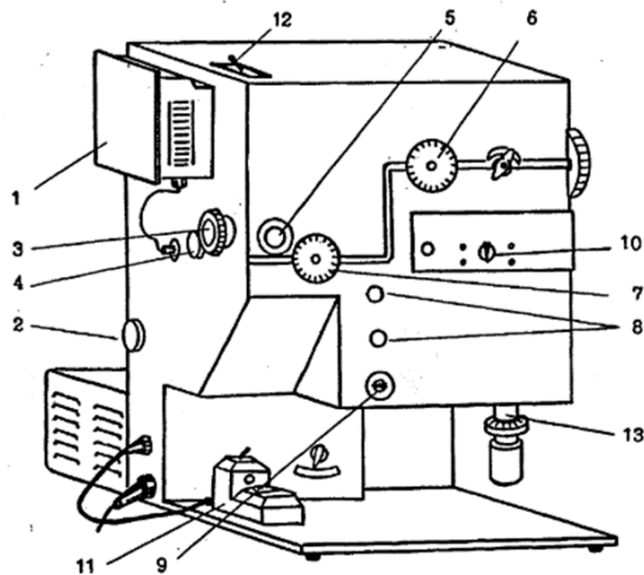


Рисунок 2.2 – Кульовий фотометр ФШМ-56М:

1 – вузол освітлювача; 2 – регулятор положення нейтрального клину;  
 3 – регулятор положення компенсаційної діафрагми; 4 – ручка для установки світлофільтрів; 5 – оглядове вікно; 6 – шкала вимірювальної діафрагми; 7 – шкала компенсаційної діафрагми; 8 – регулятор «електричного нуля»; 9 – перемикач чутливості приладу; 10 – ручка для фіксації положення предметного столика; 11 – гальванометр; 12 – перемикач положення шторки; 13 – предметний столик.

Під освітлювачем розташовані: ручка 3 для обертання нейтрального клину, ручка 4 компенсаційної діафрагми, ручка 5 для обертання диска світлофільтрами. Номер введеного світлофільтра спостерігається через вікно

Робоче положення світлофільтра фіксується на передній стінці приладу де розташовані: шкала вимірювальної діафрагми 7, шкала компенсаційної діафрагми 8, ручки резисторів 9 для установки "електричного нуля", ручка перемикання чутливості приладу 10, ручка 11 для вимірювання положення дзеркал в оптичній схемі приладу. На шпильці вигравірувані літери –«З», «Пр». При суміщенні рукоятки із зазначеними літерами світловий промінь прямує відповідно на зразок або на стінку кулі. Ручка 12 для фіксації столика в «Робочому положенні». Вимірювальним приладом є гальванометр 13. Тумблером 14 включається одночасно гальванометр і підсвічування.

Під виступаючою частиною приладу розташований столик для зразків 15 з поворотним диском на 5 гнізд, в які кладуться зразки при вимірі коефіцієнтів відображення.

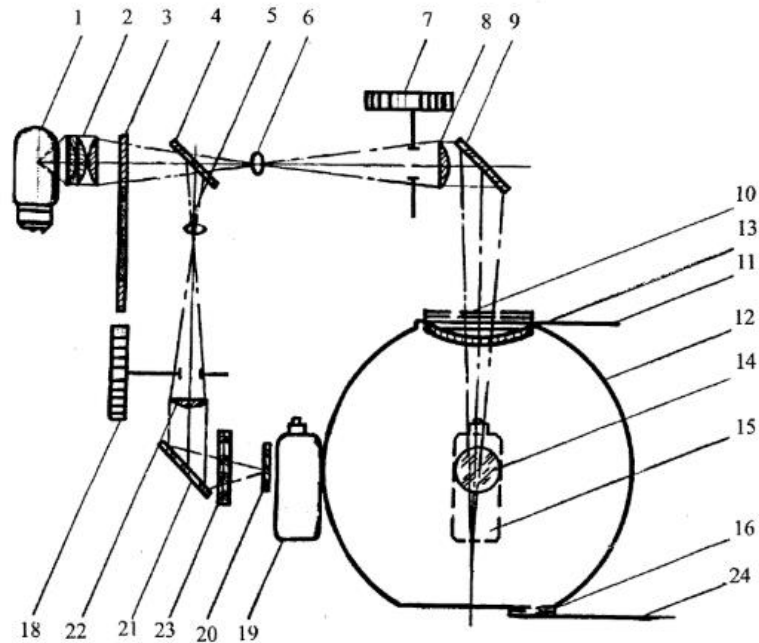


Рисунок 2.3 – Оптична схема кульового фотометра ФМШ-56М:

- 1 – лампа; 2 – конденсатор, 3 – світлофільтр; 4 – світловідділювальна платівка; 5,6 – лінза; 7 – вимірювальна діафрагма; 8 – об’єктив; 9 – дзеркало; 10 – зразок для аналізу на пропускання світла; 11 – захисне скло;  
 12 – куля; 13 – вікно; 14 – фотоелемент; 15 – екран, 16 – зразок для аналізу на відображення; 17 – столик для зразків; 18 – нейтральний клин;  
 19 – компенсаційний фотоелемент; 20 – пластинка з молочного скла;  
 21 – дзеркало; 22 – лінза; 23 – діафрагма; 24 – столик для зразків

На правій стінці приладу поміщена ручка переміщення екрана, що оберігає фотоелемент (не показано) від влучення непрямих променів від зразків. У положенні «2» екран перекриває прямі промені від зразків, вимірюваних на відображення. Ручка 16 для зміни положення вимірювальної діафрагми. У верхній частині приладу є ручка 17 для установки шторки.

Для досягнення стабільності роботи приладу та живильного пристрою, їх

включення здійснювали не менше ніж за 30 хвилин до початку вимірювань. Фотоелементи засвічували протягом 10 – 15 хв. до початку вимірів.

При кожному перемиканні фотоелементів з однієї пари на іншу, їх витримували під засвіченням до початку вимірювань протягом 10 – 15 хв. Перемикання будь-якого з світлофільтрів супроводжували витримкою до початку вимірювань 3 – 5 хв.

Більш чутливу межу гальванометра включали за умови, якщо стрілка гальванометра була попередньо підведена до нуля на найменшій чутливості. Після закінчення роботи, у перервах між вимірами, а також при перемиканні фотоелементів і світлофільтрів гальванометр вимикали.

Для вимірювання коефіцієнта відображення крупни відносним методом покази приладу порівнювали з даними значень коефіцієнтів відображення зразка.

Вимірювані зразки поміщали на нижній столик 15. Рукоятку 15 екран ставили на весь час вимірювання в положення «2». Змінюючи положення дзеркала ручкою 11, світловий пучок спрямовували на досліджувані зразки, встановивши його у положення «3». Верхній столик встановлювали в робоче положення ручкою 12.

Вимірювання проводили за наступною методикою:

Вимірювальну діафрагму ручкою 16 встановлювали на повне відкриття (100 %), на нижній столик 15 поміщали еталонний зразок, компенсаційну діафрагму ручкою 4 переміщали на ступінь розкриття, відповідним коефіцієнтом відображення еталонного зразка. Для приведення стрілки гальванометра 13 до нуля користувалися ручкою 3 нейтрального клину. Після цього на нижній столик 15 поміщався вимірюваний зразок. Підводка нуля гальванометра 13 здійснювалася зміною розкриття компенсаційної діафрагми, по якій потім відлічували величину коефіцієнта відображення вимірюваного зразка.

## Висновки за розділом

Приведено коротку характеристику об'єктів і методів дослідження, розглянуто стандартні методи досліджень, прилади і методика лабораторних досліджень, також методика визначення ступеня шліфування і полірування ядра рису.

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Вивчення технологічної якості товарних партій рису

Для дослідження були взяті товарні партії рису-зерна, що надходять у переробку врожаїв 2020 – 2023 років.

Зерно рису відповідало вимогам ДСТУ, зерно, що поставляється в переробку.

Встановлено, що відзначається тенденція до зростання вмісту червонозерного, пожовклого і крейдянго рису, який перевищує базисні норми якості по окремим показникам в кілька разів. За вмістом червонозерного рису норматив перевищує 4,67 – 11,71 разів, тобто. спостерігається широкий діапазон варіювання цього показника. Про це свідчить високе значення дисперсії 46,31 стандартного відхилення вибірки 6,81 і стандартної помилки середнього 3,41.

Високий вміст крейдових зерен на рівні 4,64 – 4,84 %, за останні роки знизився до 2,21 %, завдяки сухій та спекотній погоді. Вміст пожовклого рису в товарних партіях варіював в межах 0,24 – 1,08 %. При цьому не виявлялися якісь закономірності відносно років урожаю.

Статистичний аналіз якості рису-зерна показав, що вміст дефектних зерен в круп'яній сировині, що надходить на переробку на рисозаводі вагається по рокам в бік збільшення.

При цьому зазначено, що показники вмісту пожовклих зерен, крейдянго рису і рису з зеленими оболонками мають вузький діапазон варіювання. Про це свідчать показники дисперсії 0,16; 0,87; і 0,61, стандартних відхилень вибірки 0,39; 0,93; 0,78 та стандартних помилок середнього 0,19; 0,47 і 0,39 відповідно.

У цілому якість рису-зерна, що спрямовується в переробку на рисозаводи значно нижчі від базисних норм якості, що призвело до зменшення загального виходу крупи на 2,10 % та збільшення виходу подрібненої крупи на 1,36 %.

Наявність дефектних зерен в товарних партіях рису призвела до сумарного зниження спільного виходу крупи на рисозаводі на 74455 т, та збільшення виходу

подрібненої крупи на 4828 т.

У рисовій крупі, що виробляється з використанням даної сировини, відзначається висока частка подрібненого продукту, її товарна якість поступається імпортному через вміст крейджаних і пожовклих зерен, також наявністю на її поверхні борошняного нальоту внаслідок відсутності процесу полірування.

За традиційної технології виробництва рисової крупи технологічні операції сепарування призначені для виділення сторонніх домішок за комплексом ознак якості, поділу зернової маси на фракції по крупності, однак їх ефективність недостатня для рішення поставлених задач.

З метою уточнення правильності підбору сит для виділення крейджаного рису та рису з різним забарвленням оболонок у процесі фракціонування було побудовано варіаційний розподіл геометричних розмірів (рисунок 3.1, 3.2). Отримані дані дозволили уточнити типи та номери сит для виділення дефектних форм рису, що підвищило ефективність технологічних операцій, однак це не вирішувало поставлену завдання. Внаслідок того, що криві варіації, які уподібнені кривим нормального розподілу, мають загальні області перекивання за даними ознаками.

Варіаційний розподіл геометричних розмірів рису з різним забарвленням оболонок суміші є розділеною не повністю. Імовірність виділення крейдових та зерна рису з різним забарвленням оболонок методом ситового аналізу на етапі процесу фракціонування склала близько 10 %.

На підставі вищевикладеного можна сказати про те, що причини погіршення показників ефективності процесу спільної переробки рису необхідно розглядати через особливість мікроструктури дефектних зерен, що впливають на процес їх тріщиноутворення і руйнування.

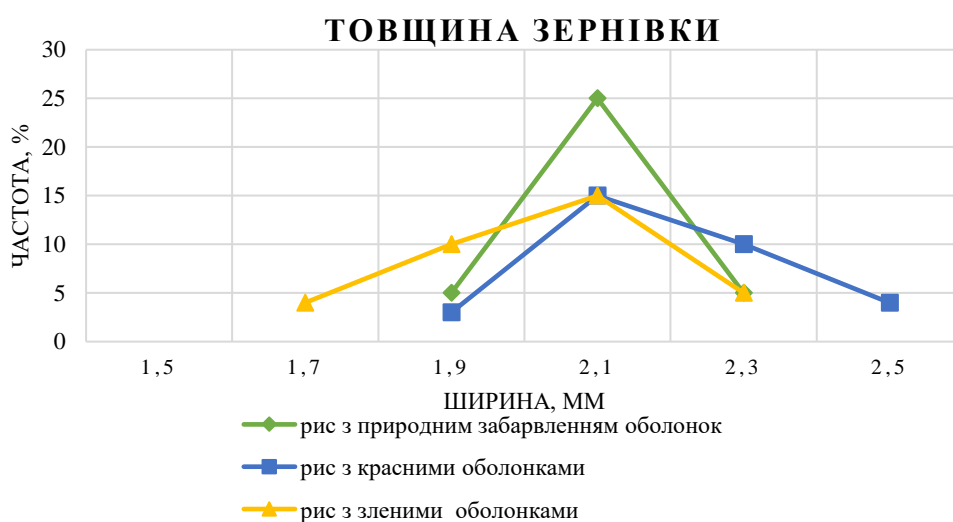
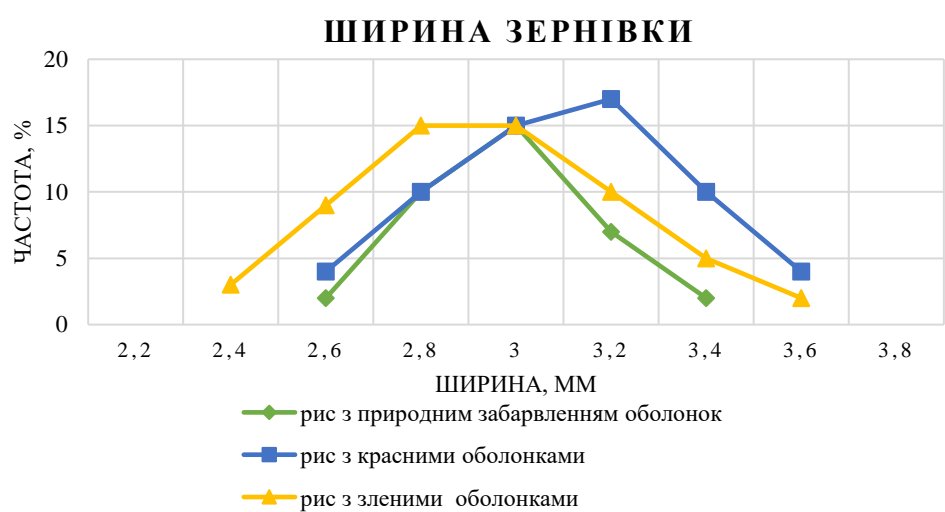
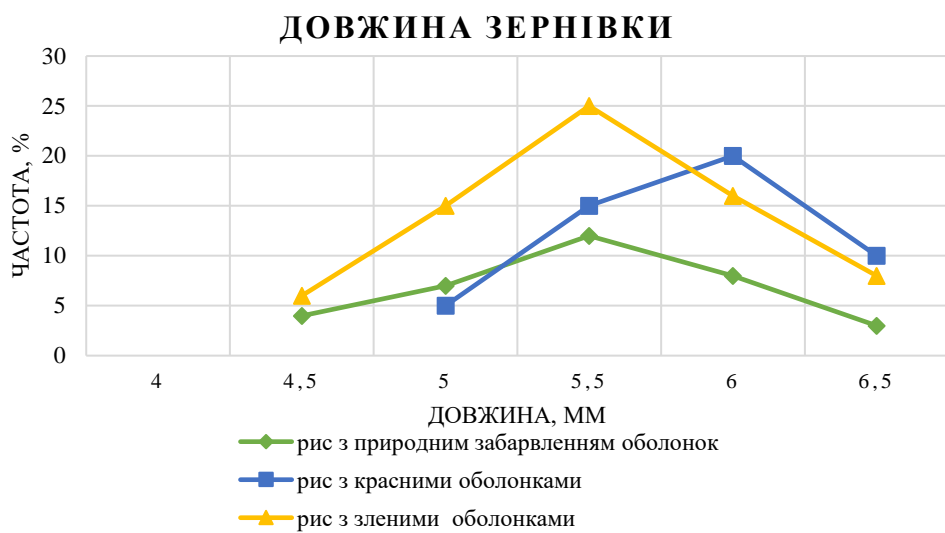


Рисунок 3.1 – Варіаційний розподіл геометричних розмірів рису з різним забарвленням оболонки

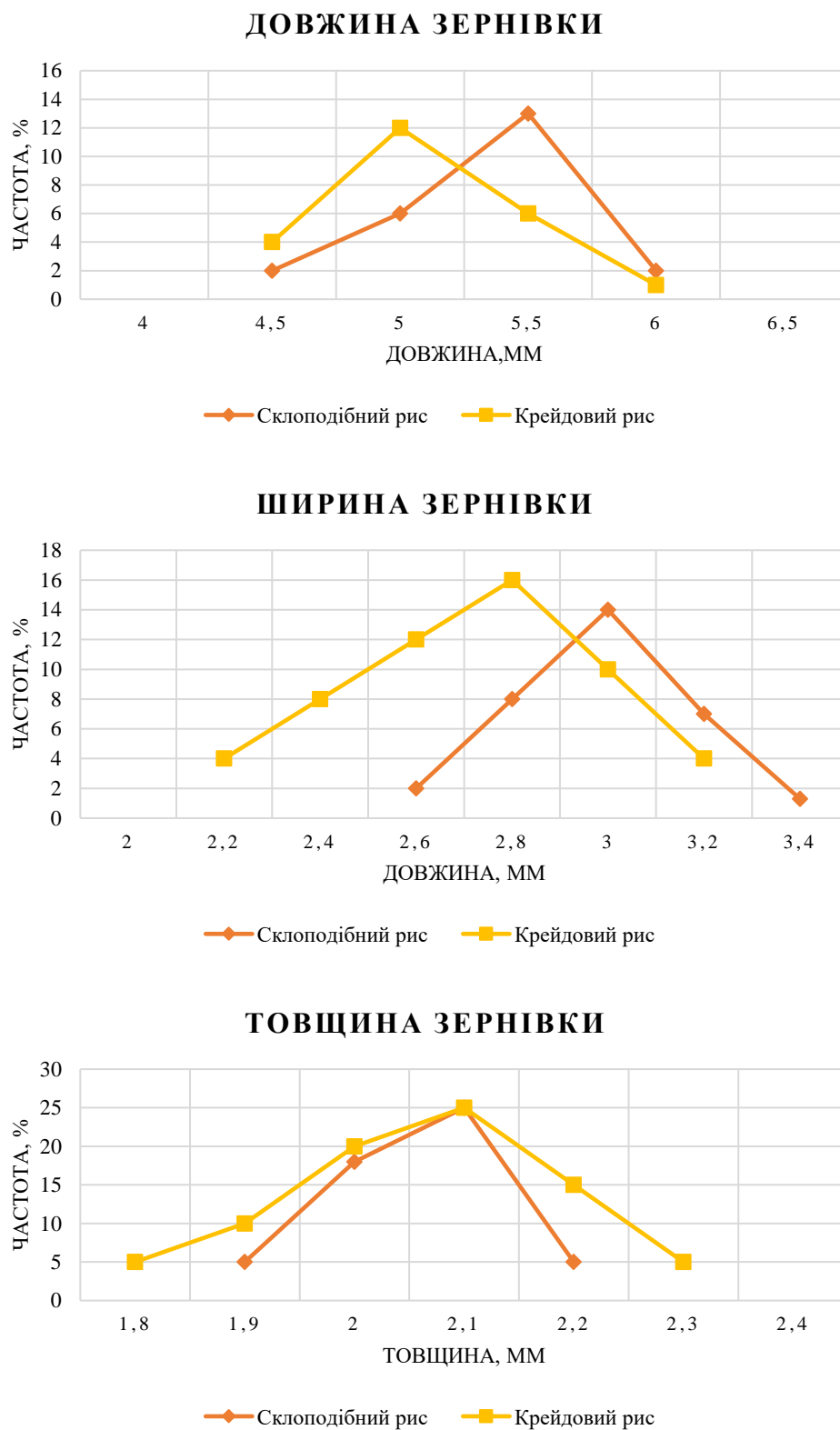


Рисунок 3.2 – Варіаційний розподіл геометричних розмірів рису з різною консистенцією ендосперму



### 3.2 Комплексне дослідження реологічних властивостей рису

Результати досліджень реологічних властивостей дефектного рису з різної консистенцією ендосперму (склоподібний, крейдянний рис), забарвленням оболонок (червонозерний та рис із зеленими оболонками) та забарвленням ендосперму (пожовклий рис) представлені на рисунках 3.3, 3.4 і таблицях 3.1 – 3.3.

Отримані дані порівнювали з природним забарвленням показників оболонок і якості рису, склоподібною консистенцією ендосперму.

Порівняльний аналіз напружено-деформованого стану рису з різної консистенцією ендосперму та забарвленням оболонок показав, що дроблення всіх досліджуваних форм відбувається у кілька етапів. На першому етапі впливу індентора (частки карбїду кремнію в абразивних робочих органах, металева поверхня ситова обичайки) спостерігається зона пружних деформацій. У аналізованій області утворюються мікротріщини, які з'являються в крохмальних гранулах. Мікротріщини збільшуються при зростанні напруженого стану, як правило, в напрямку прикладеного навантаження.

Мікротріщини не становлять великої небезпеки до тих пір, поки їх зростання не призведе до пошкодження білкового каркаса в мікроструктурі алейронового шару. Алейроновий шар в цьому сенсі виконує роль агрегуючого каркасу, визначального стійкості крохмальних ядер круп'яних культур до руйнівних впливів. Крохмальні групи менш стійкі до механічних навантажень, ніж білковий каркас і як правило, в них утворюються мікротріщини.

Межі варіювання пружних деформацій та відповідні їм напруги для всіх форм рису знаходяться у вузькому діапазоні і мають наступні значення: деформації від 0 до 10 мкм, напруги – від 0 до 10 МПа (таблиця 3.1). Це свідчить про те, що показники реологічних властивостей в області пружних деформацій не залежать від консистенції і забарвлення оболонок рису.

Наступний етап напружено-деформованого стану рису характеризується зоною пружно-пластичних деформацій, при яких і відбувається основний процес

тріщиноутворення і дроблення зернівки. У даної області спостерігаються характерні піки напруги, потім відбувається різке падіння напруги у широкому діапазоні деформацій. Останнє свідчить не лише про утворення критичної тріщини і дроблення зерен, але і про початок процесу наступного руйнування.

Виявлено критичні значення напруги і деформації тріщиноутворення зернівки. Межі варіювання деформацій тріщиноутворення та відповідні їм напруги для всіх досліджуваних форм рису мали суттєву різницю (таблиця 3.1). Найбільший межа варіювання деформацій спостерігався у склоподібного рису і складала 10 – 60 мкм при напругах 10 – 30 МПа.

Зазначено, що усереднена оцінка процесу руйнування зерен недостатньо повно відображає динаміку руйнування одиничних зерен. Проте, з допомогою даного показника можна оцінити загальні закономірності зміни реологічних властивостей рису. У зокрема виявити характерні екстремуми, які свідчать про утворення критичних тріщин та подрібнення зерен. Величини деформації, при яких ці екстремуми виявляються у одиничних зерен, що знаходяться в межах довірчої ймовірності. Останнє свідчить про те, що представлені залежності об'єктивно можуть характеризувати напружений стан досліджуваних партій рису.

Аналіз результатів досліджень показує, що консистенція зернівки рису в значному ступені визначає її міцнісні властивості. Максимальною стійкістю до тріщиноутворення володіє крейдянний рис. Про це свідчать показники напруги (31,07 МПа) і деформацій (35,61) мкм) тріщиноутворення, що значно вище значень, чим у рису з природним забарвленням оболонок та склоподібною консистенцією ендосперма (23,25) МПа; 26,12 мкм), рису з зеленими оболонками (21,12) МПа; 26,63 мкм) і червонозерного рису (23,01 МПа; 23,38 мкм).

Таблиця 3.1 – Параметри напруженого стану рису

Консистенція, забарвлення оболонки і ендосперму	Довірча область пружних деформацій		Довірча область пружно-пластичних деформацій	
	Напруга, МПа	Деформація, мкм	Напруга, МПа	Деформація, мкм
Крейдяний рис	0 – 10	0 – 10	10 – 30	10 – 60
Склоподібний рис з природною забарвленням оболонки і ендосперму	0 – 7	0 – 10	7 – 22	10 – 50
Рис з пожовклим ендоспермом	0 – 10	0 – 10	10 – 20	10 – 30
Рис з червоними оболонками	0 – 9	0 – 10	9 – 23	10 – 35
Рис з зеленими оболонками	0 – 9	0 – 10	9 – 21	10 – 45

Встановлено, що у рису з природним забарвленням оболонки і склоподібною консистенцією ендосперма і червонозерного рису немає суттєвих відмінностей в реологічних властивостях. Мінімальну стійкість до тріщиноутворення і порівняно високу еластичність мав рис з зеленими оболонками. Про це свідчать значення параметрів тріщиноутворення: напруження 21,12 МПа та деформація 26,63 мкм. Відсутність екстремумів з гострими піками спостерігається у зеленого та пожовклого рису. При цьому спостерігається широка область пружно-пластичних деформацій. Руйнування зелених та пожовклих зерен відбувається плавно, без різких зламів, характерних для склоподібного рису. Червонозерний рис за характером руйнування відрізняється від решти. Пружно-пластичні деформації у цього типу рису відбуваються не так різко як у рисі з природним забарвленням оболонки та склоподібною консистенцією ендосперму. Пружно-пластична зона у всіх випадках явно виражена та змінюється у порівняно вузькому діапазоні деформацій (23,40 – 40,57 мкм) та напружень (20,45 – 32,66 МПа).

Тріщиноутворення у пожовклого рису відбувалося при напруженні 28,26 МПа та деформації 36,13 мкм. Висока стійкість до тріщиноутворення у крейдового рису поєднувалася з високою варіабельністю напружень і деформацій тріщиноутворення.

Статистичний аналіз напружень та деформацій тріщиноутворення показав, що максимальну неоднорідність мають крейдові і пожовкли зерна. Про це свідчать широкі діапазони варіювання дисперсії 26,58 – 67,20, стандартних відхилень вибірки 5,16 – 8,20 та стандартних помилок середнього 0,79 – 1,49 (таблиці 3.2, 3.3). У рису з природним забарвленням оболонки і склоподібною консистенцією ендосперму, а також із зеленими і червоними оболонками напруження і деформації тріщиноутворення варіювали у вузькому діапазоні.

Аналіз результатів досліджень показав, що консистенція ендосперму впливає на стійкість рису до тріщиноутворення.

Таблиця 3.2 – Результати статистичної оцінки напруг тріщиноутворення

Консистенція, забарвлення оболонок і ендосперму	Середнє значення	Довірчий інтервал напруг, МПа		Дисперсія	Стандартне відхилення вибірки	Стандартна помилка середнього
		Мінімальний	Максимальний			
Крейдяний рис	31,07	29,49	32,66	26,58	5,16	0,79
Склоподібний рис з природнього забарвленням оболонок і ендосперму	23,25	22,78	23,72	1,61	1,27	0,23
Рис з пожовтілим ендоспермом	28,26	25,19	31,32	67,20	8,20	1,49
Рис з червоними оболонками	23,01	21,88	24,14	9,15	3,03	0,55
Рис з зеленими оболонками	21,12	20,45	21,79	3,23	1,79	0,33

Таблиця 3.3 – Результати статистичної оцінки деформацій тріщиноутворення

Консистенція, забарвлення оболонки і ендосперму	Середнє значення	Довірчий інтервал деформацій, мкм		Дисперсія	Стандартне відхилення вибірки	Стандартна помилка середнього
		Мінімальний	Максимальний			
Крейдяний рис	35,61	31,16	40,06	198,99	14,11	2,23
Склоподібний рис з природнім забарвленням оболонки і ендосперму	26,12	23,40	28,85	72,42	8,51	1,34
Рис з пожовт. ендоспермом	36,13	31,68	40,57	192,93	13,89	2,19
Рис з червоними оболонками	23,38	20,72	26,02	68,45	8,27	1,31
Рис з зеленими оболонками	26,63	23,63	29,62	87,68	9,36	1,48

Важливим впливом на користь роздільної переробки рису з різною склоподібністю є високий ступінь варіювання деформацій пружності. Деформації пружності у склоподібного рису варіюють у вузькому діапазоні в порівнянні з борошністим рисом. При цьому у склоподібних зерен більш яскраво виражена область пружно-пластичних деформацій, ніж у крейдованих.

Результати статистичної оцінки і варіабельності напруг і деформацій тріщиноутворення рису з різною консистенцією і забарвленням оболонок наведено на рисунках 3.3 та 3.4.

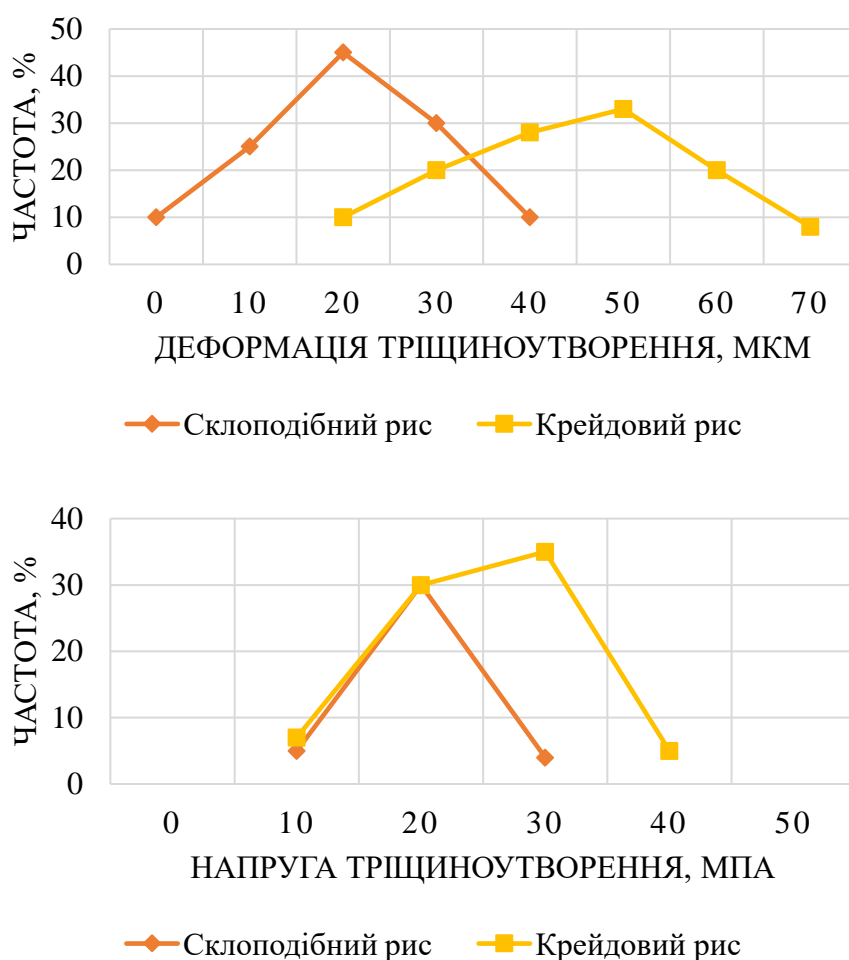


Рисунок 3.3 – Варіабельність напруги і деформацій тріщиноутворення рису з різною консистенцією ендосперму

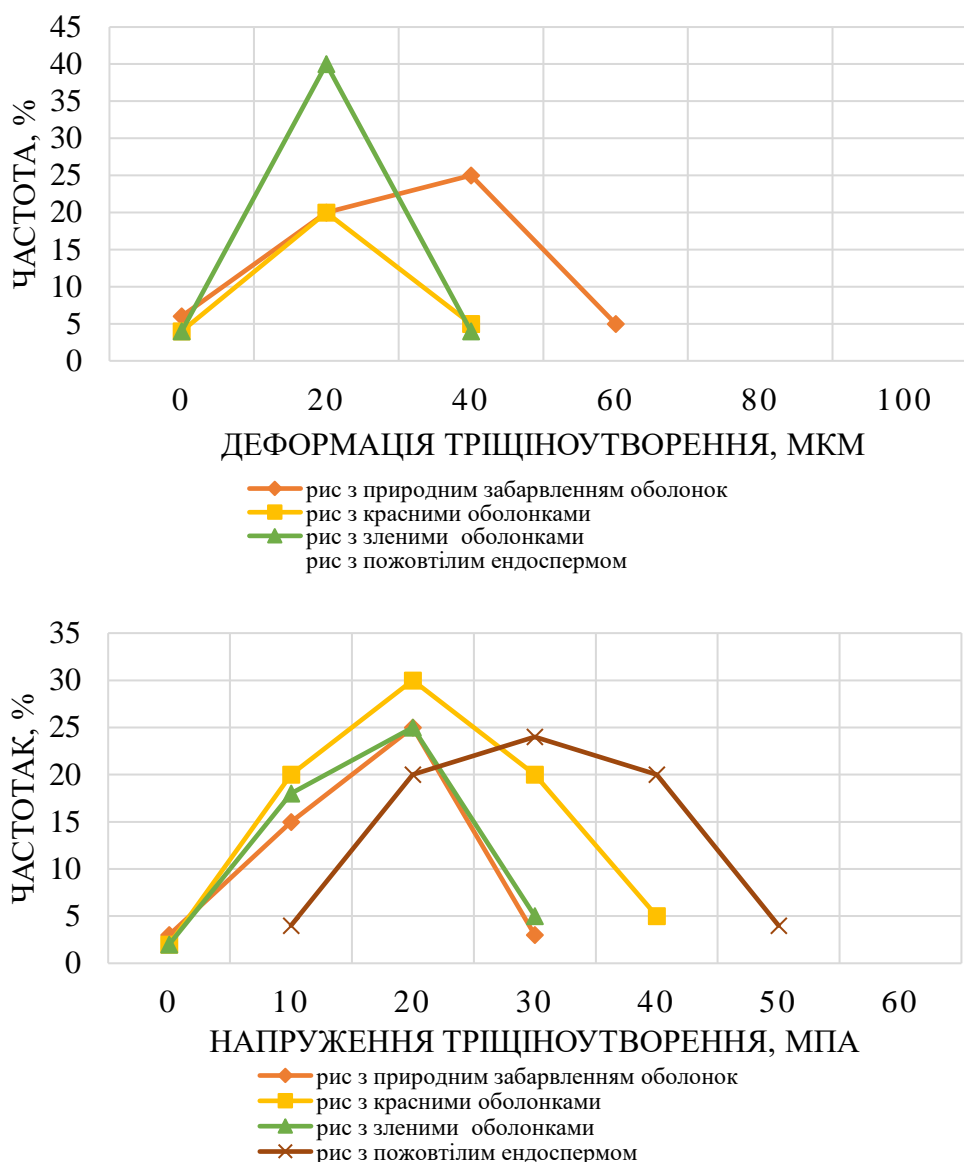


Рисунок 3.4 – Варіабельність напруги і деформацій тріщиноутворення рису з різним забарвленням оболонки і ендосперму

Отримані дані свідчать з однієї сторони про широкі області варіювання показників у межах кожної ознаки якості з наявністю загальних областей перекривання, з іншої сторони – є невеликі відмінності в реологічних властивостях досліджуваних проб рису. Аналіз даних показує, що у досліджуваних діапазонах максимальні значення деформацій та напруг тріщиноутворення для крейдяного рису відповідає мінімальним значенням цих показників у склоподібного зерна. Загальні області перекривання показників реологічних властивостей мають межі варіювання деформацій від 16,50 до 43,52



мкм і напруги – від 14,31 до 28,18 МПа. Така сама закономірність характерна і для рису з різним забарвленням оболонок і ендосперму.

На підставі проведеного аналізу запропоновано концепцію спільної переробки рису з різними ознаками якості, сутність яких складається в виборі режимів, що виключають руйнування менш міцних зерен.

### 3.3 Взаємозв'язок між реологічними і технологічними властивостями рису

Аналіз отриманих аналітичних залежностей показав, що напруги тріщиноутворення в більшому ступені впливають на вихід подрібненого ядра для рису з борошнистою консистенцією ендосперму в порівнянні зі склоподібними зернами. При порівнянні зерен рису з різним забарвленням оболонок і ендосперму видно, що напруга тріщиноутворення в більшому ступені впливають на вихід подрібненого продукту рису з червоними оболонками. Деформації тріщиноутворення – для рису з природним забарвленням оболонок та ендосперму та рису з червоними оболонками.

Переробка досліджених партій рису на лабораторній установці ЛУР-1М дозволила встановити відмінності у властивостях мікроструктури зернівки. Зокрема крейдяний рис мав вкрай низьку стійкість до стирання. Це підтверджується значеннями виходу мучки (рис. 3.5) і характером зміни геометричних розмірів зернівки в процесі шліфування (рис. 3.6). Встановлено, що зі збільшенням тривалості шліфування відбувається збільшення виходу борошна. Причому при тривалості шліфування 120 с. виробляється рисова крупа з високими споживчими властивостями зі склоподібного зерна з номінальним значенням виходу мучок і 11,30 %. Для крейдяної форми рису виготовлення високоякісної крупи відбувається при тривалості шліфування 80 с при тих же значеннях виходу борошна.

Визначено аналітичні вирази, на підставі яких видно, що для крейдяних форм рису залежність між виходом мучки і тривалістю шліфування більш виражена:

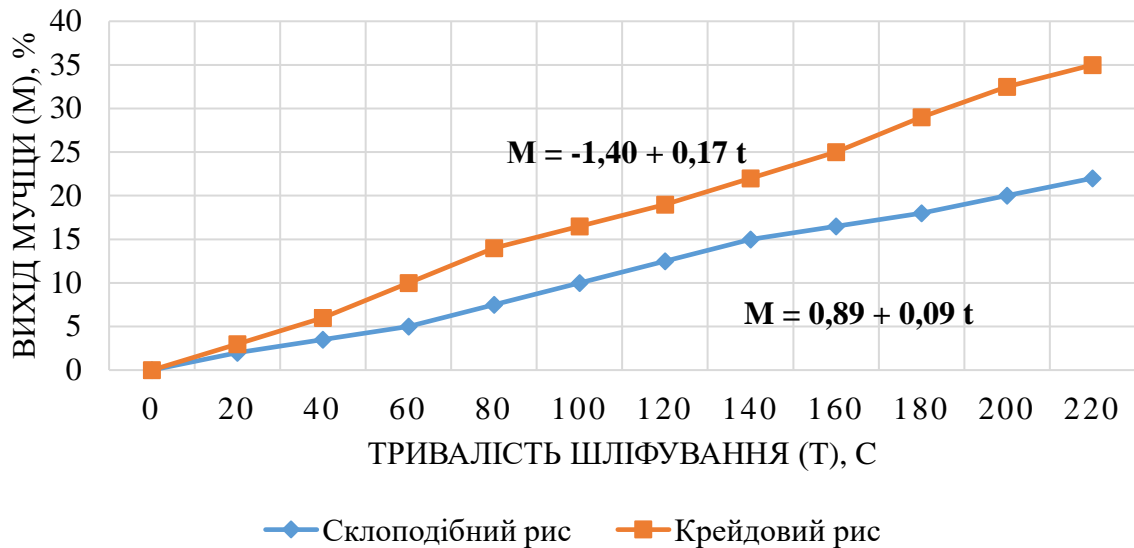


Рисунок 3.5 – Вплив тривалості шліфування на вихід мучки

Це пояснюється тим, що крейдяні зерна мають стійкість до тріщиноутворення та руйнування, але при цьому мають низьку стійкість до стирального впливу основних факторів шліфування, включаючи абразивну обробку і в процесі переробки набувають округлу форму, в то час як склоподібні при цих же режимах зберігають характерну для рисової крупи форму.

Це дає підставу стверджувати про те, що крейдяні ядра рису можливо виділити у процесі отримання крупи на стадії шліфування. Виходячи з варіаційних залежностей, уподібнених кривим нормального закону, встановлено, що крейдяні та склоподібні ядра рису частково розділяються за ознакою довжини (рис. 3.6). За геометричними розмірами ширина та товщина зернової суміш не розділимі, внаслідок великої області взаємного перекривання варіаційних кривих. Отже, після процесу шліфування необхідно передбачити операцію з виділення крейдових ядер із цілої крупи за ознакою довжини. Зокрема крейдяні ядра можна виділити на трієрних установках.

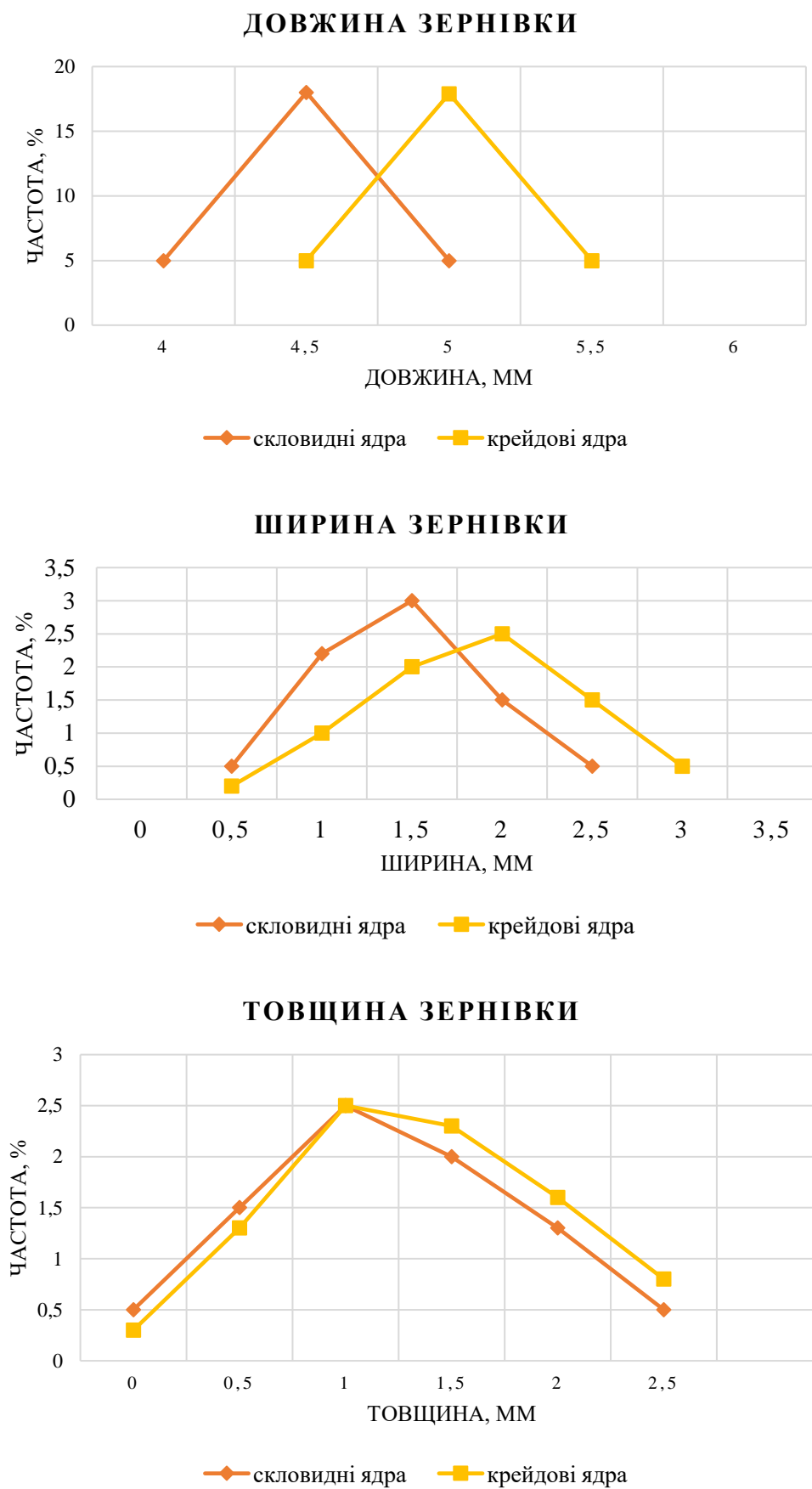


Рисунок 3.6 – Варіаційний розподіл геометричних розмірів рису в процесі шліфування

На основі узагальненого аналізу даних рисунків 3.1 – 3.6 та таблиць 3.1 – 3.4 розроблені рекомендації по розрахунку виходів готової продукції на рисозаводі.

Рекомендовані надбавки і знижки до виходу готової продукції представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Рекомендовані надбавки і знижки по базисним виходам готової продукції

Консистенція, забарвлення оболонки і ендосперму	Традиційна технологія			Пропонована технологія		
	цілої крупи	подрібненої крупи	мучки	цілої крупи	подрібненої крупи	мучки
Крейдяний рис	-0,5	+0,25	+0,25	-0,5	+0,25	+0,25
Рис з поживним ендоспермом	-0,03	+0,17	+0,03	-0,03	+0,17	+0,03
Рис з червоними оболонками	-0,12	+0,16	+0,06	-0,12	+0,16	+0,06
Рис з зеленими оболонками	-	-	-	-0,13	+0,1	+0,03

Наведені дані доводять адекватність отриманих виразів для розрахунку надбавок та знижок до базисних виходів крупи за вмістом червонозерного рису, крейдяних та поживних зерен. Підтверджується також необхідність обліку вмісту зелених зерен в розрахунках виходів готової продукції на основі отриманих значень надбавок та знижок. Зокрема за кожен 1 % рису-зерна із зеленою насінневою оболонкою більше базисної норми зменшується норма виходу цілої крупи на 0,13 % за рахунок збільшення норм виходу рису подрібненого на 0,1 % і муки на 0,03 %.

### 3.4 Розробка технології виробництва крупи покращеної якості

Було розроблено вдосконалену технологічну схему виробництва полірованої крупи з відбором крейдяних зерен, в основу якої покладено

результати наукових досліджень та технічні рішення патентів на винаходи (рис. 3.7).

Переробка рису здійснюється наступним чином. Надходить на крупозаводі зерно рису піддається очищенню від сторонніх домішок. Очищений від домішок рис-зерно пофракційно двома потоками направляється в луцильне відділення крупозаводу. Процес луцення здійснюється в машинах з гумовими валками та/або в поставах. Після сортування продуктів луцення, ядро рису піддається шліфуванню. Шліфування здійснюється рівномірно по всій поверхні зернівки, без утворення місць з надмірно вишліфованими ділянками. Це особливо важливо при подальшій обробці ядра рису – полірування. Для рішення поставленого завдання, а також зниження утворення мікротріщин на поверхні зернівок і, як наслідок, зниження виходу подрібненого ядра, процес шліфування здійснюється в машинах з абразивною робочою поверхнею на основі епоксидної смоли, затвердженої поліетиленполіаміном і наповнювача суміші карбиду кремнію чорного заданою крупністю.

Технологічна схема виробництва рисової крупи за запропонованою технологією рис. 3.7.

Процес шліфування ядра рису здійснюється шляхом послідовної трьох етапної обробки. Величина абразивного матеріалу робочих органів рисошліфувальних машин поступово зменшується від першого етапу до третього. На першому етапі шліфування необхідно видалити з поверхні ядра рису плоді та насінні оболонки. Тому на першому етапі для досягнення максимальної технологічної ефективності використовується двокомпонентна суміш шліфувальних зерен із зернистістю №80 та №63, взятих в рівних масових частках. Продукти переробки піддаються оцінці ступеня шліфування, визначаючи значення білизни та виходу борошна та, у разі потреби регулюються технологічні режими процесу, зміною робочого зазору між абразивною поверхнею, ситовою обичайкою та гальмівними колодками.

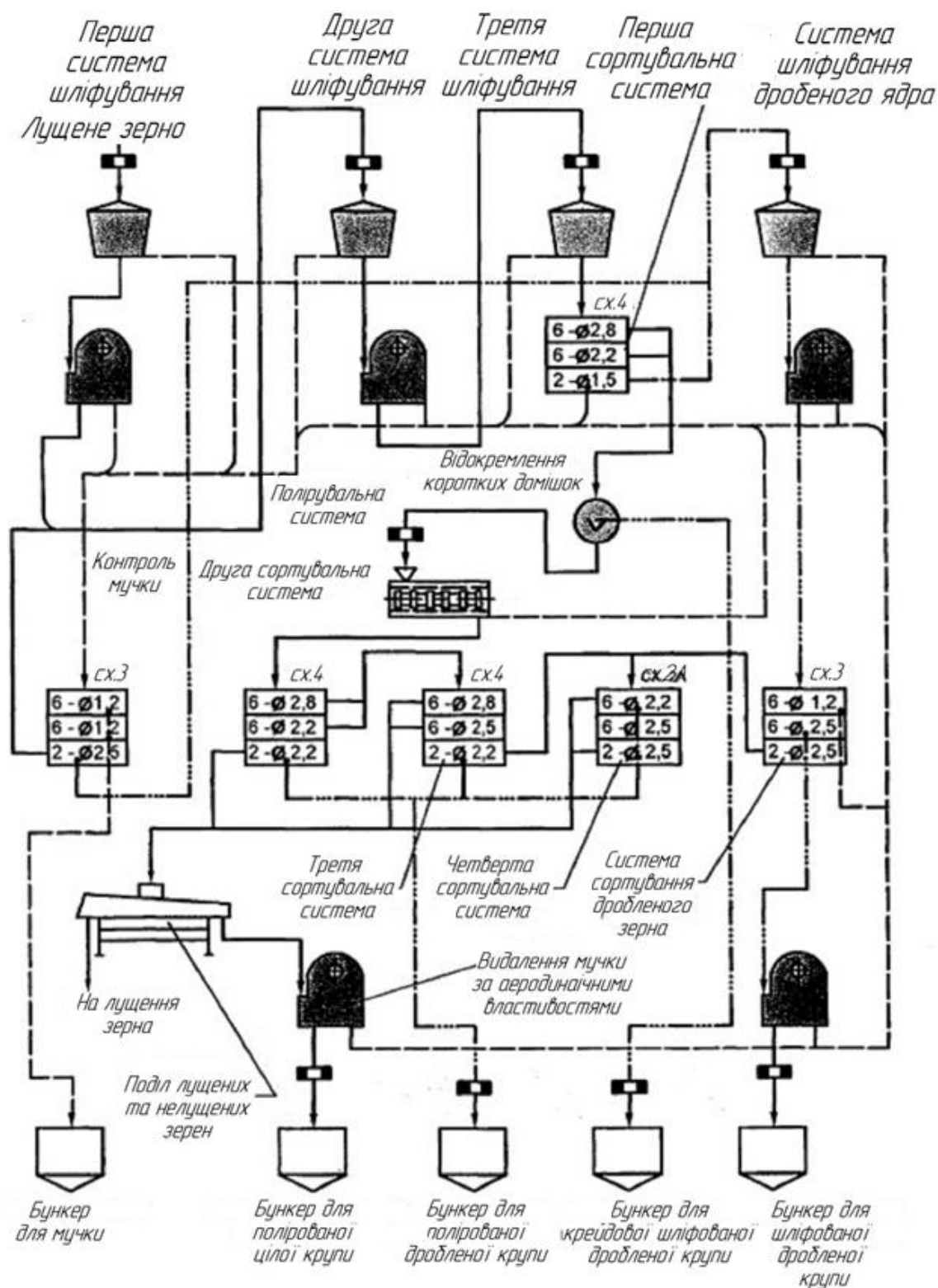


Рисунок 3.7 – Технологічна схема виробництва рисової крупи за запропонованою технологією

На другому етапі шліфування у завдання процесу входить видалення зародка та частково алейронового шару. Для досягнення максимальної технологічної ефективності обробки ядра на другому етапі ведеться робочим органом з використанням у структурі абразивної поверхні двокомпонентної суміші шліфувальних зерен з зернистістю №63 та №50, взятих у рівних масових частках. Після другого етапу обробки виходить рисова крупа з видаленим зародком і частково алейроновим шаром з неглибокими подряпинами та мініальною травмованістю ядер, так як процес ведеться в «щадному режимі». Після проміжного відбору мучки і подрібненого ядра визначається ступінь шліфування цілого ядра і, в залежності від показника білизни та виходу муки, при необхідності, регулюється режими процесу зміною робочого зазору між абразивною поверхнею, ситовою обичайкою та гальмівними колодками. У завдання третьої системи шліфування входить максимальна підготовка рисового ядра до процесу полірування. Необхідно повністю видалити алейроновий шар та згладити поверхню ядра. Для цього використовується робочий орган з абразивною поверхнею з вмістом суміші дрібнодисперсних абразивних частинок з зернистістю №50 і №40, взятих в рівних масових частках. Шліфування ядра з оптимальним складом дрібнодисперсних абразивних частинок ведеться в "щадному режимі" з м'яким впливом абразивної поверхні на ядро. При таких режимах обробки на третій системі шліфування здійснюється часткове полірування рису. Наслідком цього є зменшення процесу тріщиноутворення, що сприяє виходу цілого ядра, стійких до пружно-пластичних деформацій з наступним поліруванням. Далі цілу крупу контролюють на трієрних установках з метою виділення крейдового ядра з наступним використанням в кондитерській промисловості. Підготовлена таким чином крупа після відбору мучки і подрібненого ядра піддається процесу полірування. Обробка ядра ведеться традиційним способом. Крупа обробляється в машинах з горизонтально розташованим металевим робочим органом. У зону обробки ядра подається вологе насичене повітря з найдрібнішими крапельками води. У результаті запропонована технологія отримання рисової крупы покращеної якості забезпечує

інтенсифікацію процесу шліфування з отриманням полірованого продукту з гладкою, глянцеподібною поверхнею з високими показниками білизни, відповідали вимогам якості з мінімальним виходом подрібненого ядра за рахунок більш «м'яких» режимів обробки.

Позитивний ефект результатів промислової переробки товарних партій рису досягався на основі вибору оптимальних умов впливу на продукт з обліком реології компонентів зернової маси.

Склад абразивів та номінальні режими шліфування-полірування з запропонованої технології наведено в таблиці 3.6.

Порівняльний аналіз результатів промислової переробки товарних партій рису свідчить про те, що по запропоновані технології досягаються більш високі показники технологічної ефективності. Зокрема це виражається в збільшенні спільного виходу крупи, поліпшенням її якості та різкому зниженні утворення подрібненого продукту.

Таким чином, на підставі вищесказаного запропонована технологія забезпечує високу якість рисової крупи за короткий цикл технологічного процесу при мініальному виході подрібненої крупи.

Рисова крупа, отримана за запропонованою технологією, була однорідною за якістю, з більш гладкою поверхнею, без борошняного нальоту та характерним для полірованої крупи блиском. У процесі варіння каші не відбувалося помутніння відвару, що властиво для шліфованої крупи, а при упаковці в прозору тару не виявлено борошняного нальоту на її стінки.

У цілому кулінарні якості рисової крупи були високими і відповідали сучасним вимогам.



Таблиця 3.6 – Порівняльний аналіз результатів промислової переробки рису

Спосіб	Система обробки	Кругова швидкість робочого органу, м/с	Склад абразивів, %					Показники %					Білизна, од. приладу ФМШ-56М
			Зернистість карбіду кремнію, мкм					Загальний вихід	Ціле ядро	Подрібнене ядро	Борошно	Питомий показник подрібнення	
			100	80	63	50	40						
Традиційна технологія	11. шл.с	13	40	30	30	-	-	94,9	87,3	7,6	5,1	1,50	49,5
	2. шл.с	13	40	30	30	-	-	84,0	77,5	6,5	3,3	1,97	54,5
	3. шл.с	10	20	20	60	-	-	75,1	70,6	4,5	2,4	1,88	60,8
	4 шл.с.	10	20	20	60	-	-	68,5	66,2	2,3	2,1	1,11	68,0
Разом								87,1	66,2	20,9	12,9	1,62	68,0
Запропонована технологія	1. шл.с	16	-	50	50	-	-	94,2	89,4	4,8	5,5	0,87	50,1
	2. шл.с	16	-	-	50	50	-	86,4	84,3	2,1	3,0	0,70	60,3
	шл.-пол.с.	12	-	-	-	50	50	82,1	81,1	1,3	2,2	0,59	72,3
	пол. с.	10	-	-	-	-	-	80,8	80,2	0,3	0,6	0,5	70,5
Разом								88,7	80,2	8,5	11,3	0,75	70,5

На першій системі шліфування крупи ведеться до показника ступеня обробки по білизні 49,50 – 57,30 % і виходу мучки 2,81 – 6,2 %, на другий системі обробку крупи ведуть до показника ступеня шліфування по білизні 58,13 – 66,70 % і виходу мучки 3,0 – 5,5 % і на третій системі шліфування – до показника білизни 67,00 – 72,30 % та виходу мучки 2,2 – 4,6 %, а на заключному етапі – полірування до білизни 68,10 – 70,50 % і виходу мучки 0,3 – 0,4 %.

Запропоновані рішення частково були апробовані в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Стас і К»

### Висновки за розділом

На основі комплексного аналізу реологічних властивостей визначено напруги і деформації тріщиноутворення рису з різної консистенцією ендосперму і забарвленням оболонки.

Дана оцінка варіабельності реологічних властивостей рису в залежності від ознак його технологічної якості.

На основі комп'ютерного аналізу напружено-деформованого стану рису з різними ознаками якості визначено номінальний перелік зернистості карбїду кремнію в абразивах та гранично допустима швидкість обертання робочих органів шліфувальних та полірувальних машин по етапам технологічного процесу крупозаводу.

Розроблено ресурсозберігаючу технологію виробництва полірованої крупи при переробці товарних партій рису з високим вмістом дефектних зерен.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

### 4.1 Розроблення картки з охорони праці для оператора цеху з виробництва рисової крупи

При розробці карти охорони праці для оператора цеху з виробництва крупи рисової були враховані найголовніші вимоги з охорони праці при виконанні ряду технологічних операцій.

<b>Картка безпеки праці оператора лінії з виробництва крупи рисової</b>	
<p><b>1. Загальна інформація</b></p> <p>Дана картка безпеки праці розроблена для робітників цеху з виробництва крупи рисової підприємств всіх форм власності.</p> <p><b>Важливо!</b> Обов'язково ознайомитись з інформацією цієї картки перед виконанням робіт.</p>	<p><b>2. Опис робочого місця</b></p> <p>Посада: апаратник лінії з виробництва крупи рисової.</p> <p>Місце роботи: цех з виробництва крупи рисової всіх форм власності.</p> <p>Робочій час: 1 зміна (8:00-20:00) 2 зміна (20:00-8:00)</p>
<p><b>3. Заходи безпеки</b></p> <p>До роботи допускаються особи, що досягли 18-річного віку та пройшли відповідний інструктаж з ОП і медичний огляд.</p> <p>Заборонено приступати до роботи в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння. В разі поганого самопочуття негайно повідомити майстра цеху.</p> <p>Уважно готувати робоче місце, дотримуватись правил охорони праці. Обов'язково використовувати засоби індивідуального захисту при виконанні робіт з налагодженням роботи сепаратора</p>	
<p><b>4. Надзвичайні ситуації</b></p> <p><b>1) Пожежа:</b> негайно повідомити про це відповідні служби та натиснути на пожежну сигналізацію. Використовувати вогнегасник або інші засоби пожежогасіння, якщо ви натрапили на невелике загоряння та можете безпечно його загасити.</p> <p><b>2) Аварія:</b> негайно повідомити про це відповідні служби та керівництво. Уникайте зони аварії та слідуйте вказівкам служб безпеки.</p> <p><b>3) Травма:</b> негайно повідомити про це відповідні служби та керівництво. Зверніться до медичного працівника або запросіть медичну допомогу, якщо потрібно.</p>	
<p><b>5. Потенційні ризики</b></p> <p>а) зерновий та борошняний пил, б) можливість травмування внаслідок дії рухомих частин обладнання, в) ризик пожежі.</p>	<p><b>6. Контакти екстрених служб</b></p> <p>Черговий: вн.т. <b>42-72-14</b></p> <p>Пожежна служба: <b>101</b></p> <p>Екстрена медична допомога: <b>103</b></p> <p>Служба екстреної допомоги: <b>112</b></p>

Рисунок 4.1 – Картка з охорони праці для оператора цеху з виробництва крупи рисової

## 4.2 Утилізація відходів при виробництві рисової крупи

У контексті зниження антропогенного впливу на навколишнє середовище для оцінки екологічної та економічної ефективності діяльності можуть бути прийняті до уваги наступні викиди:

- викиди забруднюючих речовин в атмосферу;
- скидання стічних вод;
- утворення твердих побутових відходів;
- використання сировини та ресурсів.

З точки зору ризиків для здоров'я населення, рейтинг забруднюючих речовин показав, що викиди пилу і стічних вод є найбільш небезпечними.

Найбільш вигідним і перспективним напрямком використання відходів виробництва рисової крупи є використання оболонки при виробництві паливних брикетів. Сьогодні брикети з відходів сільського господарства широко використовуються в якості палива в твердопаливних котлах. Високоякісне пресування оболонки зерен рису дозволяє компаніям отримувати готові до використання паливні брикети. Пресована оболонка є відмінним альтернативним паливом, а відповідно підприємства можуть частково знизити потребу в енергоресурсах.

### Висновки за розділом

Розроблено карту безпеки операторів цеху з виробництва рисової крупи, визначено шляхи утилізації відходів при виробництві рисової крупи.

## 5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Витрати на проведення досліджень

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

Розрахунок вартості основних і допоміжних матеріалів здійснюється за наступною формулою:

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

де  $m_1$  – витрачений матеріал;

$C_1$  – вартість матеріалу, грн/кг.

У запропонованій таблиці 5.1 наведені результати розрахунку вартості матеріалу.

Таблиця 5.1 – Необхідна кількість основних матеріалів і їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
Зерно рису, кг	10	150,20	1502,00
Всього			1502,00

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

Таблиця 5.2 – Витрати на заробітну платню учасника наукового дослідження

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Керівник робіт	8300	49,40	15	741,00
Всього				741,00

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

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

Вартість витраченої електроенергії визначається за такою формулою:

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

де  $M$  – потужність дослідного устаткування, кВт;

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

$T$  – тривалість роботи установки, год;

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

Вартість споживання енергії на виробництво крупи рисової:

$$E_{\text{вир.круп}} = 2,3 \cdot 0,9 \cdot 24 \cdot 7,32 = 363,65 \text{ грн.}$$

Вартість споживання енергії лабораторним обладнанням:

$$E_{\text{лабор.облад.}} = 2,2 \cdot 0,9 \cdot 16 \cdot 7,32 = 231,90 \text{ грн.}$$

Вартість витрат електроенергії на ПК:

$$E_{n.к.} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 160 \cdot 7,32 = 948,67 \text{ грн.}$$

Сумарні затрати на електроенергію:

$$E_{заг} = E_{вир.крупн} + E_{лабор.облад.} + E_{n.к.} = 363,65 + 231,9 + 948,67 = 1544,22 \text{ грн.}$$

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

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

де  $A$  – відрахування на амортизацію обладнання, грн;

$\Phi$  – вартість обладнання, грн;

$H$  – річна норма амортизації, %;

$t$  – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – тривалість року.

У таблиці 5.3 наведені результати розрахунків амортизаційних відрахувань.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунків амортизаційних відрахувань

Устаткування	Вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн.
Лабораторна установка для виробництва крупи рисової	26800,0	10	3	22,03
Допоміжне лабораторне устаткування	6300,0	10	2	3,45
Персональний комп'ютер	11820,0	24	20	155,44
Всього				180,92

Накладні витрати, пов'язані з технічним обслуговуванням та управлінням виробництвом, включають витрати, які повинні бути виплачені обслуговуючому

та управлінському персоналу. Витрати, пов'язані з технічним обслуговуванням установки, еквівалентні 80 % від розрахункової заробітної плати виконавця дослідження:

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

Орієнтовна вартість проведеного наукового дослідження наведена в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Орієнтовна вартість проведеного наукового дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали (ОМ)	1502,00
Заробітна плата (ЗП)	741,00
Нарахування на заробітну плату (НЗП)	163,02
Електроенергія (Е)	1544,22
Амортизація (А)	180,92
Накладні витрати (НВ)	592,80
Всього	4723,96

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

## 5.2 Розрахунок вартості дослідження

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

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



де  $C$  – вартість дослідження, грн;

$S$  – витрати на дослідження, грн;

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

$$C = 4723,96 + \frac{30 \cdot 4723,96}{100} = 6141,15 \text{ грн.}$$

Сума витрат, затрачених на проведення досліджень, складає 6141,15 грн.

Орієнтовна вартість 1 кілограма крупи рисової 65 гривень, що на 20 гривень дорожче від вартості контрольного зразка.

#### Висновки за розділом

Найбільш важливими статтями досліджуваних витрат є витрати на основні матеріали та витрати на витрачену електроенергію, еквівалентні 1502,00 грн. і 1544,22 грн. відповідно. Загалом вартість досліджень становить 6141,15 грн.

Орієнтовна вартість 1 кілограма крупи рисової 65 гривень, що на 20 гривень дорожче від вартості контрольного зразка.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Робота крупозаводів значною мірою залежить від ефективності технологічних операцій шліфування та полірування, де формується не тільки товарна якість, але і утворюється велика частка подрібненого продукту.

Одним з основних напрямів її рішення є вдосконалення технології шліфування і полірування на основі комплексної оцінки реологічних властивостей і технологічної якості компонентів зернової маси.

Приведено коротку характеристику об'єктів і методів дослідження, розглянуто стандартні методи досліджень, прилади і методика лабораторних досліджень, також методика визначення ступеня шліфування і полірування ядра рису.

Таким чином, на підставі вищесказаного запропонована технологія забезпечує високу якість рисової крупи за короткий цикл технологічного процесу при мінімальному виході подрібненої крупи.

Рисова крупа, отримана за запропонованою технологією, була однорідною за якістю, з більш гладкою поверхнею, без борошняного нальоту та характерним для полірованої крупи блиском. У процесі варіння каші не відбувалося помутніння відвару, що властиво для шліфованої крупи, а при упаковці в прозору тару не виявлено борошняного нальоту на її стінки.

У цілому кулінарні якості рисової крупи були високими і відповідали сучасним вимогам.

На першій системі шліфування крупи ведеться до показника ступеня обробки по білизні 49,50 – 57,30 % і виходу мучки 2,81 – 6,2 %, на другій системі обробку крупи ведуть до показника ступеня шліфування по білизні 58,13 – 66,70 % і виходу мучки 3,0 – 5,5 % і на третій системі шліфування – до показника білизни 67,00 – 72,30 % та виходу мучки 2,2 – 4,6 %, а на заключному етапі – полірування до білизни 68,10 – 70,50 % і виходу мучки 0,3 – 0,4 %.

Запропоновані рішення частково були апробовані в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Стас і К»

Розроблено карту безпеки операторів цеху з виробництва рисової крупи, визначено шляхи утилізації відходів при виробництві рисової крупи.

Найбільш важливими статтями досліджуваних витрат є витрати на основні матеріали та витрати на витрачену електроенергію, еквівалентні 1502,00 грн. і 1544,22 грн. відповідно. Загалом вартість досліджень становить 6141,15 грн.

Орієнтовна вартість 1 кілограма крупи рисової 65 гривень, що на 20 гривень дорожче від вартості контрольного зразка.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Сирохман І.В. Безпечність і якість харчових продуктів (проблеми сьогодення) : підручник. Львів : Вид-во Львів. торг.-екон. ун-ту, 2019. 394 с.
2. Методичні вказівки МВ 4.4.5.6.-000-2010 «Розробка та запровадження систем управління безпечністю харчових продуктів на основі принципів НАССР». МОЗ України. 34с.
3. Черевко О.І. та ін.. Методи контролю якості харчової продукції: Навч. посібник для студ. вищих навч. закл. технол. спец. Харк. держ. Університет харчування та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2005. 230 с.
4. Жемела Г.П., Бараболя О.В. Технологія борошномельного та круп'яного виробництва: навчальний посібник для студентів вищих агротехнологічних навчальних закладів / Г.П. Жемела, О.В. Бараболя – Полтава: 2011. – 292 с.
5. Мерко І.Т., Моргун В.О. Наукові основи і технологія переробки зерна: підручник для студентів вищих навчальних закладів / І.Т. Мерко, В.О. Моргун – Одеса: Друк, 2001. – 348с.
6. Інноваційні методи обробки продовольчої сировини / С.Ю. Миколенко, О.В. Гончарова, А.М. Пугач, А.В. Купченко, В.С. Кошулько, Я.В. Гезь: Монографія. Дніпро: Журфонд, 2017. 224 с.
7. Подпряттов Г.І., Скалецька Л.Ф. Технологія виробництва борошна, крупи та олії. – К.: Видавництво НАУ, 2000. – 200 с.
8. Мерко І.Т. Технології мукомельного і круп'яного виробництва [Текст]: підручник для студентів вищих навчальних закладів / І.Т. Мерко. – Вид. 2-ге, перероб. та допов. – Одеса : Друк. дім, 2010. – 472 с.
9. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. – К.: Віпол, 1998. – 164 с.
10. Шатенко Є. І., Соц С.М. Технологія круп'яного виробництва. – К.: Освіта України, 2010. – 272 с.

11. Богомолів О.В. Управління якістю переробних і харчових виробництв/ О.В. Богомолів, О.І. Шаповаленко, О.М. Сафонова, [та ін.]: Навч. посібник. Харків: «Еспада». 2006. 296с.

12. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційний інжиніринг в окремих галузях харчового виробництва. Дніпро: ФОП Обдимко О.С., 2022. 407 с.

13. Півоваров О.А., Ковальова О.С., Кошулько В.С. Інноваційні методи визначення показників якості зерна: Навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, 2023. 325 с.

14. Kovaliova O, Pivovarov O, Vasylieva N, Koshulko V. Obtaining of rice malt with the use of plasma-chemically activated aqueous solutions. Food science and technology.2022;16(4):64-76. <https://doi.org/10.15673/fst.v16i4.2542>

15. Kovalova O., Pivovarov O., & Koshulko, V. Effect of plasma-chemically activated aqueous solutions on the process of disinfection of food production equipment. Food Science and Technology. 2022. 16 (3). P. 61-70. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v16i3.2392>.

16. Ковальова О.С. Інноваційна технологія виробництва гречаної крупи. The 14th International scientific and practical conference “Modern stages of scientific research development” (December 27 - 30, 2022) Prague, Czech Republic. International Science Group. 2022. С. 453-460. <https://doi.org/10.46299/ISG.2022.2.14>

17. Ковальова О. Особливості виробництва гречаного солоду з використанням активованих під дією нерівноважної плазми водних розчинів / О.С. Ковальова, В.В. Колос, Є.С. Парамонова // Інтеграційна система освіти, науки і виробництва в сучасному інформаційному просторі: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, 19-20 травня 2016 р., м. Тернопіль. Тернопіль: Крок, 2016. С. 35-37.

18. Чурсінов Ю. О., Ковальова О. С., Калина В. С., Пилипенко Г. О., Хомик Н. І., Lehmann Ch. Аналітичне дослідження перспективи процесів автоматизації прийому, оцінки якості та закладання зерна на зернопереробних підприємствах // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове

видання / ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 20, т. 1. С.93-107. DOI: <http://dx.doi.org/10.31388/2078-0877-20-1-82-92>

19. Kovaliova O., Pivovarov O., Koshulko V. Study of hydrothermal treatment of dried malt with plasmochemically activated aqueous solutions. Food science and technology. 2020. Vol. 14, Issue 3. P. 113-121 DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v14i3.1799>

20. Pivovarov, O., Kovaleva, O., & Chursinov, J. (2020). Prevention of biofouling of industrial reverse water supply systems by plasma water treatment (Doctoral dissertation, Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing).

21. Pivovarov O., Kovalova O., Koshulko V., Aleksandrova A. Study of use of antiseptic ice of plasma-chemically activated aqueous solutions for the storage of food raw materials. Food science and technology. 2021. Vol. 15, Issue 4. P. 95-105. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v15i4.2260>

22. Hu, Q., He, Y., Wang, F. et al. Microwave technology: a novel approach to the transformation of natural metabolites. Chin Med 16, 87 (2021). <https://doi.org/10.1186/s13020-021-00500-8>.

23. Kovalova, O., Vasyliieva, N., Haliasnyi, I., Gavrish, T., Dikhtyar, A., Andrieieva, S., Didukh, N., Balandina, I., Obolentseva, L., Hirenko, N. (2023). Development of buckwheat groats production technology using plasma-chemically activated aqueous solutions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (11 (126)), 59–72. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.290584>

24. Ekezie, Flora-Glad & Sun, Da-Wen & Han, Zhang & Cheng, Jun-Hu. (2017). Microwave-assisted food processing technologies for enhancing product quality and process efficiency: A review of recent developments. Trends in Food Science & Technology. 67. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.014>.

25. Верещинский О.П. Наукові основи і практика підвищення ефективності сортових хлібопекарських помелів пшениці: дис. ... д-ра техн. наук / О.П. Верещинский. – Київ: НУХТ, 2014. – 388 с.

26. Експертиза та контроль якості продуктів харчування: Навчально-методичний посібник з напрямку підготовки «Ветеринарна медицина» / П.М.

Гаврилін, О.Г. Прокушенкова, В.Г. Єфімов [та ін.]. Дніпропетровськ: ДДАУ, 2012. 200 с.

27. ДСТУ 4161-2003. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги.

28. Богомолів О.В. Управління якістю переробних і харчових виробництв/ О.В. Богомолів, О.І. Шаповаленко, О.М. Сафонова, [та ін.]: Навч. посібник. Харків: «Еспада». 2006. 296с.