

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр"
на тему:

«Обґрунтування технології повітряного сорго з використанням сортів
«*Sorghum bicolor*» української селекції».

Виконав: студент 2 курсу, групи МГХТ-1-19
за спеціальністю 181 "Харчові технології"

_____ Бурій Д.О.

Керівник: _____ Миколенко С.Ю.

Рецензент: _____

(прізвище та ініціали)

Дніпро 2020

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
технології зберігання і
переробки
сільськогосподарської продукції
доктор технічних наук,
професор
_____ Чурсінов
Ю.О.
(підпис)
« ____ » _____ 2020 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Бурію Дмитру Олександровичу

1. Тема роботи «Обґрунтування технології повітряного сорго з використанням сортів «*Sorghum bicolor*» української селекції».

Керівник роботи Миколенко Світлана Юріївна, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «21» вересня 2020 року № 2397.

2. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи 1 Літературні джерела та періодичні видання. 2 Наукова та науково-технічна документація, що стосується переробки зерна сорго в повітряний продукт. 3 Нормативно-технологічна документація та правила ведення технологічних процесів на підприємствах з виробництва харчоконцентратів. 4 Патенти та авторські свідоцтва.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналітичний огляд літературних джерел. 2

Матеріали і методи досліджень. 3 Експериментальна частина. 4. Охорона праці та безпека життєдіяльності в надзвичайних ситуаціях. 5. Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Постановка проблеми. 2 Мета і завдання досліджень. 3 Матеріали і обладнання для проведення досліджень. 4 Результати експериментальних досліджень. 5 Вимоги безпеки під час виконання дослідження. 6 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 – 4, 7	Миколенко С.Ю., доцент	21.09	01.12
5	Кравець В.В., доцент	21.09	01.12
6	Павленко О.С., доцент	21.09	01.12

7. Дата видачі завдання 21 вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	21.09-23.09.20	виконано
2	Аналітичний огляд літературних джерел	24.09-10.10.20	виконано
3	Матеріали і методи досліджень	11.10-24.10.20	виконано
4	Експериментальна частина	25.10-10.11.20	виконано
5	Охорона праці та безпека життєдіяльності надзвичайних ситуаціях	11.11-18.11.20	виконано
6	Організаційно-економічна частина	19.11-26.11.20	виконано
7	Загальні висновки та список використаних джерел	27.11-01.12.20	виконано

Студент

(підпис)

Бурій Д.О.

Керівник роботи

(підпис)

Миколенко С.Ю.

РЕФЕРАТ

Тема: «Обґрунтування технології повітряного сорго з використанням сортів
«*Sorghum bicolor*» української селекції»

Дипломна робота магістра: 94 с., 23 рис., 20 табл., 9 додатків,
72 літературних джерела.

Об'єкт дослідження: сорго, сориз, НВЧ-обробка, методи, технологічні властивості повітряного зерна, органолептичні і фізико-хімічні показники якості поп-сорго.

Метою роботи обґрунтування технології отримання повітряного зерна сорго шляхом використання надвисокочастотної обробки

В роботі досліджено:

- процес НВЧ-обробки зерна сорго для отримання повітряного зерна.
- Визначено оптимальні параметри процесу надвисокочастотної обробки зерна сорго.
- Досліджено вплив термічної обробки на якість повітряного зерна.
- Дослідження фізико-хімічного складу зерна сорго.
- Визначено кількісні показники якості готового продукту.
- Аналізовано органолептичну оцінку якості поп-сорго.
- Проведено порівняльний аналіз повітряного зерна сорго і соризу.
- Дослідження ринку попкорну

КЛЮЧОВІ СЛОВА

СОРГО, SORGHUM BICOLOR, СОРИЗ, ПОВІТРЯНЕ ЗЕРНО, НВЧ-ОБРОБКА, ПОППІНГ.

ЗМІСТ

ВСТУП	
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	
1.1 Загальна характеристика зерна сорго	
1.2 Аналіз методів виробництва повітряного зерна	
1.3 Особливості надвисокочастотної обробки зерна сорго	
2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	
2.1 Характеристика сировини та обладнання	
2.2 Методики визначення технологічних показників якості повітряного зерна	
2.3 Методика визначення поліфенольних сполук	
3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	
3.1 Визначення технологічних показників якості повітряного сорго із різних сортів	
3.1.1 Визначення виходу	
3.1.2 Визначення об'ємної маси.....	
3.1.3 Визначення коефіцієнту розширення.....	
3.1.4 Визначення органолептичних показників якості повітряного сорго із різних сортів	
3.2 Визначення впливу НВЧ-обробки на вміст поліфенольних сполук.....	
3.3 Порівняння характеристика вітчизняних сортів сорго і соризу	
3.4 Шляхи комерціалізації розробки.....	
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЕДІЯЛЬНОСТІ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
4.1 Дослідження стану охорони праці на підприємстві	
4.2 Аналіз виробничого травматизму та захворювань, причини їх виникнення	
4.3 Вимоги безпеки при НВЧ-обробці зернової сировини	
4.3.1 Вимоги безпеки перед початком роботи	

4.3.2	Вимоги безпеки під час виконання робіт
4.3.3	Вимоги безпеки після закінчення роботи
4.4	Електробезпека.....
4.5	Електромагнітні поля надвисоких частот (НВЧ-обробка)
4.6	Вимоги безпеки в надзвичайних та аварійних ситуаціях
5	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....
5.1	Організація досліджень
5.1.2	План проведення дослідження
5.1.3	Побудова сітьового графіка
5.1.4	Витрати, пов'язані з проведенням дослідження.....
5.2	Розрахунок ціни дослідження.....
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ВСТУП

Тенденція здорового харчування сприяла зростанню уваги на проблеми, пов'язані з непереносимістю і алергіями ряду споживачів, що спровокувало зростання виникнення продуктів, які повинні виступати в якості лікувальної дієти в комплексній терапії ряду захворювань, в тому числі з використанням нетрадиційної сировини, безглютенової продукції, так як спостерігається збільшення кількості людей, схильних до целіакії. Це захворювання аутоімунного характеру, при якому хворі не переносять білок "глютен" – загальне значення білкової фракції пшениці [1].

Зернові продукти, як джерела вуглеводів, а значить калорій, є найбільш перспективним сировиною для отримання снекової продукції. Існують різні базові способи виробництва снекової продукції з зерна, зокрема сухі сніданки виробляють за трьома технологіями – підривання, екструзії і плющення в поєднанні з обжаркою.

Усі пропонувані інноваційні технології зводяться до одного – модифікація, яка веде до розриву молекул білків і крохмалю та переведення їх в більш засвоюваний стан для споживання людиною. Для підвищення якості сухих сніданків можуть використовувати спеціально підібрані види і сорти зернових культур. Так, найбільш висока якість підірваного зерна досягається при використанні певних ботанічних сортів лопаються кукурудзи.

Серед сухих сніданків із зернових культур найбільш поширеним і впізнаваним серед споживачів є підірвана кукурудза, більше знайома споживачеві під найменуванням попкорн. Асортимент попкорну різноманітний за рахунок використання різних добавок. Попкорн може бути: солодкий, солоний, карамельний, кольоровий з барвниками і т.д. [2]

На світових ринках сорго використовується в багатьох формах. Серед цих форм, є поп-сорго, що стало популярною формою обробки зерна, з додаванням масла, спецій чи підсолоджувачів, що покращують смакові якості. У

порівнянні з попкорном, поп-сорго набагато менше за розміром, що полегшує його використання в різних кондитерських ласощах, а також в снеках. [3] [4]

Поп-сорго, є попередньо приготовленим готовим до вживання матеріалом, може використовуватися в закусочних, спеціалізованих продуктах в якості основи для розробки додаткових харчових продуктів.

Поппінг – це процес, який не тільки зберігає фактичний профіль харчування зерен, але також помітно підвищує його засвоюваність білків, біодоступність заліза, а також значно підвищує вміст харчових волокон в клітинах внаслідок розвитку резистентного крохмалю. Поппінг також зменшує деякі анти-поживні речовини, а саме фітатний фосфор, танін, кислотні миючі волокна, лігнін і целюлозу. [5]

НВЧ-обробка це простий і менш дорогий метод обробки, який покращує текстурні і сенсорні якості злаків, а також має мінімальні зміни у ставленні поживного складу в обробленому продукті. Під час теплової обробки матеріал практично стерилізується, і велика частина насінневої мікрофлори руйнується, а деякі фактори також денатуруються. [6]

Прикладами використання процесу НВЧ-обробки є виготовлення розширеного рису або пропареного рисового борошна. Зручні закусочні страви, такі як попкорн, маринований та розсипчастий рис, повітряне зерно сорго, макаронна смажена соя та інші бобові, дуже популярні не лише на індійському субконтиненті, але й у всьому світі. [7]

Теоретичні механізми процесу «зривання» зерна сьогодні знаходяться у центрі уваги науковців, що пов'язано із перспективами впровадження ресурсозберігаючих підходів у харчових технологіях.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Загальна характеристика зерна сорго

Сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) є важливою зерновою культурою з основними видами використання в якості їжі, корма для тварин та забезпечення сировини для біоенергетики. [3]

Сорго виникло в Центральній Африці з різними гіпотезами, які ставили одомашнення сорго десь між 4500 і 1000 до н.е., після чого воно поширилося в Азію та Індію. Сорго вирощується в усьому світі, більшість (~ 55%) виробляється в Азії і Африці. Сполучені Штати виробляють приблизно 30 % світового виробництва, причому більша частина решти проводиться в Південній Америці.

Сорго є важливим продуктом харчування в багатьох посушливих районах світу через його стійкості до посухи. Воно має найбільше розповсюдження часто там, де інші зернові культури зазнають невдачі. [8]

Оскільки сорго має важливі потенційні переваги для здоров'я людини в профілактиці хронічних захворювань і при використанні його в якості безглютенової їжі. [3]

Ядро сорго зазвичай вважаються круглими, хоча більшість з них мають принаймні одну плоску поверхню. Анатомічно зерно сорго складається з перекарпу, ендосперму і зародка (рис.1.1). [9]

Сорго унікальне тим, що це єдине зерно, яке містить гранули крохмалю в перекарпі. Зовнішній край ендосперму сорго складається з алейронового шару, що містить ліпіди, ферменти і білкові тіла. Під алейроновим шаром знаходиться зовнішньорогова (твердий, іноді згадується як склоподібне тіло) фракція ендосперму, навколо нього мучнистое (м'яке) ядро. [10]

Зовнішній роговий ендосперм щільно упакований білковими тілами, покритими суцільною білковою матрицею. Відносні пропорції рогового і борошністого ендосперму в сорго можуть широко варіюватися, і часто

повідомляється, що загальна твердість зерна в сорго добре корелює з відсотком стекловидності ядра.

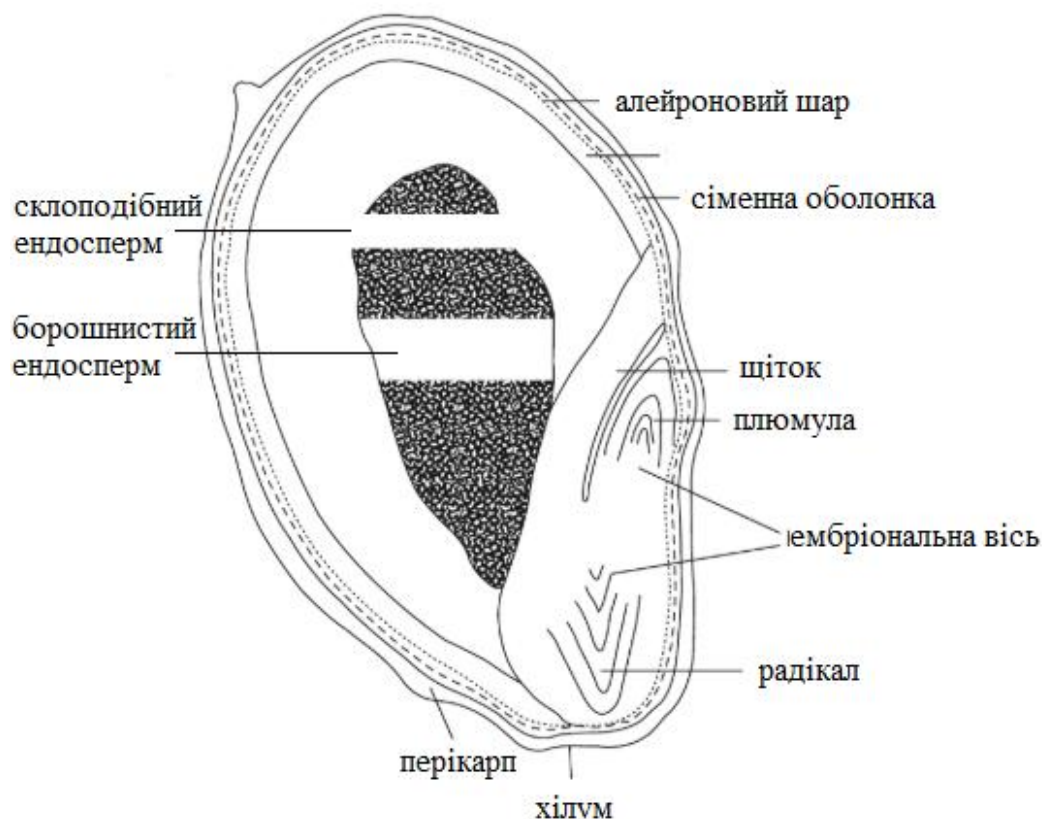


Рисунок 1.1 – Схематичний поздовжній розріз зерна сорго [11]

Колір ендосперму в сорго може бути від жовтого до білого і може впливати на зовнішній вигляд зерна в зародковій плазмі з тонким перекарпом. Таніни, або проантоціаніди, являють собою поліфенольні сполуки, які виявляються в лініях сорго з пігментованим залишком. [8]

Відносні пропорції рогового і борошністого ендосперму в сорго можуть широко варіюватися, і часто повідомляється, що загальна твердість зерна в сорго добре корелює з відсотком скловидності ядра (відсоток невиконаних зерен) з використанням простих тестів, таких як процентний вміст плаваючих ядер в розчині нітрату натрію. [8, 12]

Таблиця 1.1 – Хімічні властивості зерна сорго [9]

Зерно і його частини	Співвідношення частин зерна	Білок	Крохмаль	Жир	Зола
Цільне зерно	100,0	12,3	79,8	3,6	1,65
Ендосперм	82,3	74,4	82,5	0,6	0,37
Зародок	9,8	18,9	13,4	28,9	10,36
Оболонки	7,9	6,7	34,6	4,9	0,02

Таблиця 1.2 – Фізико-хімічні властивості зерна сорго в порівнянні з іншими схожими культурами [9]

Показники	Сорго	Пшениця	Кукурудза	Рис
Вологість, %	10-12	14	11-13	10-13
Крохмаль, % від СР	70-79,8	66-79	71-74	57-88
Білок, % від СР	6-13	12-14	9-11	6-9
Жири, % від СР	0,5-0,8	1,8	0,8-1,3	0,2-0,7
Амілоза, % від СР	23-30	20-25	14-28	14-32
Розмір гранул крохмалю, мкм	0,8-30	24-27	1-5	2-10

Згідно даних, які продемонстровані в табл. 1.1 і 1.2, сорго має перспективні хімічні і фізико-хімічні властивості в порівнянні з іншими схожими культурами. Воно має гарне співвідношення крохмалю до білкової частини, що забезпечує якісний вихід продукції безпосередньо повітряного зерна сорго. Також великою перевагою зерна сорго є його великий вміст амілози, що є одним із факторів що впливають на вихід повітряного зерна.

Детальна інформація про хімічних (табл.1.1), фізичних, фізико-хімічних (табл.1.2), переробних і традиційних харчових властивостях та складу зерна сорго в порівнянні з іншими схожими культурами, було узагальнена в посиланні [13, 14]

Основними частинами використовуваного сорго є зерна, висівки і стебла. У живильному відношенні зерна сорго містять 4,4 - 12,3 % білка, 2,1 - 7,6 % жиру, 1,0 - 3,4 % сирової клітковини, 57 - 81 % загальних вуглеводів і 1,3 - 3,5 % загальних мінералів (золи). Сорго також забезпечує 350 ккал енергії, кальцію, фосфору, калію, каротину і тіаміну, а також антиоксидантів через фенольні і різні типи дубильних речовин. [10]

Як і у інших зерновій культур, крохмаль є основним компонентом ядер сорго. У перерахунку на масу 50-81 % зерна сорго становить крохмаль. Так як вміст крохмалю сильно варіює серед різних сортів сорго. Розподілення цього вмісту наведено за трьома видами швидкості вивільнення глюкози з крохмалю організмом людини, яке виглядає наступним чином: повільно перетравлюючий крохмаль (30,0 - 62,2 %), швидко перетравлюючий крохмаль (15,3 - 23,6 %) і стійкий крохмаль (16,7 - 43,2 %). [15]

Крохмаль знаходиться в ендоспермі (як в склоподібному, так і в борошняному), що є унікальною особливістю сорго. Гранули крохмалю в сорго мають діаметр від 0,8 до 30 мкм, причому гранули крохмалю в роговому ендоспермі мають багатокутну форму і менше, ніж гранули в борошністому ендоспермі, які мають більш круглу форму (рис.1.3). [8, 16]

Крохмаль зернових культур містить 23-30 % амілози, тоді як крохмаль з воскового сорго містить менше 5 % амілози. Восковий крохмаль сорго відрізняється за своїми властивостями в порівнянні зі звичайним крохмалем і має більш високу пікову в'язкість, а також здатність зв'язувати воду. Повідомляється також, що засвоюваність воскового крохмалю сорго вище, ніж у звичайного не воскового крохмалю сорго. [8]

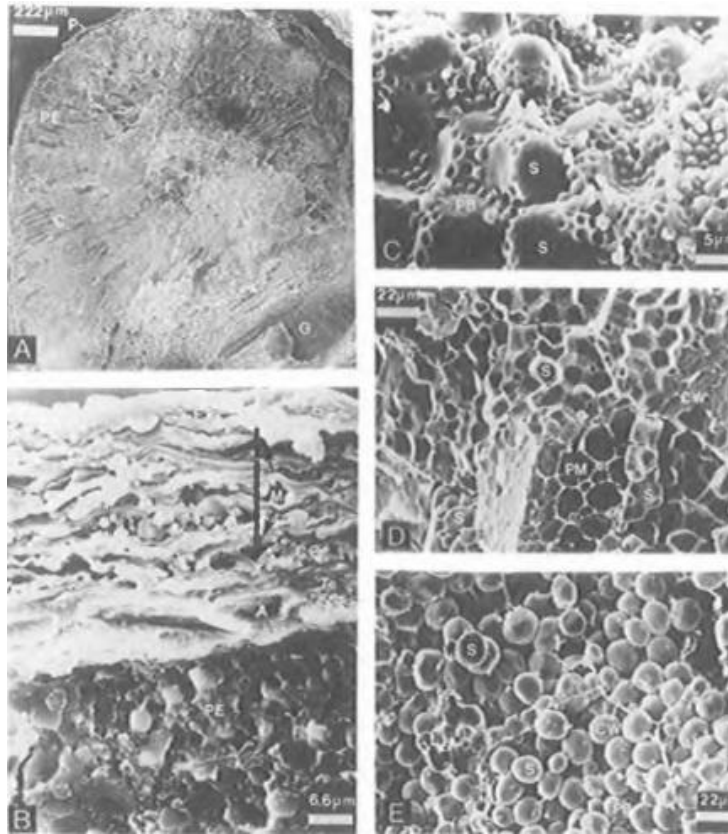


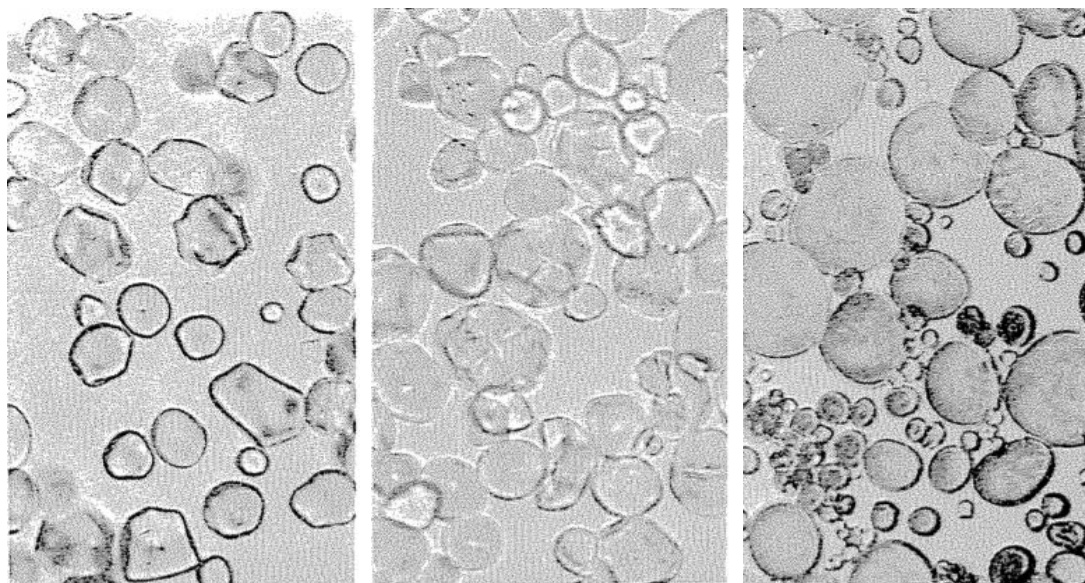
Рисунок 1.3 – Структура зерна сорго [9]

А – перетин; В – околоплідник; С – периферійний ендосперм; D – роговидний ендосперм; E - борошністий ендосперм;

Якість приготовлених харчових продуктів з сорго може бути пов'язано з відмінностями в температурі клейстеризації, питомої теплоємності та інших термічних властивостей крохмалю. [17]

Повідомляється, що температура клейстеризації крохмалю сорго варіюється від 71 до 80 °C причому крохмаль, виділений з рогового ендосперму, має більш високу температуру, ніж з борошністого ендосперму. Крохмаль рогового ендосперму також має більш високу в'язкість і більш низьку йод-зв'язувальну активність, ніж у борошністого ендосперму. [8, 18]

Збільшення в'язкості крохмалю на ранніх стадіях клейстеризації залежить від того, наскільки щільно упаковані гранули. Ступінь збільшення



в'язкості при охолодженні до 50 °С відображає хорошу тенденцію до ретроградації молекул крохмалю сорго. Гранули крохмалю зерна сорго в порівнянні з схожими культурами наведені на рис.1.4. [19, 20]

Рисунок 1.4 – Вид гранул крохмалю сорго, пшениці і кукурудзи [20]

Температури клейстеризації для 24 невоскових сортів сорго становили: 71,0 до 81,8 °С. Їх енергія до клейстеризації знаходилися в діапазоні від 2,51 до 3,96 ккал. З цих даних не було виявлено послідовного зв'язку між тепловими властивостями і характеристиками зерна або фізико-хімічними характеристиками їх крохмалів. При цьому сорго знаходиться в хорошому відсотковому співвідношенні з ентальпією клейстеризації воскової кукурудзи (3,2 - 3,8 ккал). Було доведено, що чим менше розмір крохмальних зерен, тим вище температура їх клейстеризації. [17]

Зміни в водопоглинанні можуть бути викликані різними пропорціями кристалічних і аморфних областей в гранулах. Таким чином, крохмальні гранули з більш високою часткою слабо пов'язаного аморфного матеріалу, ймовірно, будуть вбирати більше води. [19]

Вміст білка є ключовою ознакою якості харчування, особливо для зернового сорго, використовуваного в якості їжі або корму. Вміст білка в зерні сорго може широко варіюватися від 4,4 % до 12,3 %, що трохи вище, в порівнянні з кукурудзою. Вміст лейцину і валіну в зернах сорго трохи вище, ніж в кукурудзі, а вміст аргініну нижче, ніж в кукурудзі. [3, 15]

Проламіни є домінуючим типом білка в сорго, містять високі рівні амінокислот проліну і глютаміну (табл.1.3). У сорго недавні дослідження, засновані на поліпшених процедурах екстракції, показують, що проламіни, звані кафірінами, складають приблизно 70-90 % загального білка зерна. Кафіріни локалізуються в основному в сферичних білкових тілах в ендоспермі сорго, причому oL-кафіріни в основному в центрі білкових тіл, а 3 і-кафіріни утворюють зовнішні краї білкових тіл, при цьому в білку містяться достатня кількість амінокислот, який порівнюється з декількома схожими зерновими культурами (табл.1.4) [8]

Таблиця 1.3 – Фракційний вміст білка зерна сорго і деяких злакових культур [9, 1]

Фракція	Сорго	Пшениця	Кукурудза	Рис
Альбуміни	10	3,5	5	8
Глобуліни	27	7,2	5,3	7
Проламіни	17	67	39	9
Глютеліни	45	14	39	65

Білкові тіла сорго мають високу стійкість до ферментативному травленню і руйнування при обробці, такий як екструзія. Дослідження що розглядали вільну енергію гідратації кафірінів, підтверджують це твердження, оскільки було виявлено, що кафіріни сорго є більш гідрофобними, ніж проламіни пшениці.

Таблиця 1.4 – Амінокислотний склад білка зернових культур [9, 1]

Найменування	Сорго	Пшениця	Кукурудза	Рис
Валін	0,56	0,82	0,86	1,02
Лейцин	1,49	0,91	1,86	1,43
Ізолейцин	0,43	0,88	0,75	-
Лізин	0,23	0,55	0,40	0,005
Метіонін та цистін	0,3	-	0,96	0,96
Трионін	0,35	0,67	0,70	0,99
Триптофан	0,12	1,07	0,70	1,29
Фенілаланін та тирозин	0,87	1,15	1,22	1,30

Однією з важливих характерних особливостей сорго є те, що його засвоюваність білка знижується при варінні, мабуть, внаслідок утворення більшої кількості білкових зв'язувань в процесі варіння. Відповідно до цих висновків, спостерігали що за допомогою лазерної скануючої конфокальної мікроскопії, що приготування їжі призводить до того, що білки сорго утворюють протяжні, павутиноподібні структури. [8]

Зернове сорго містить більш високий рівень ліпідів, ніж більшість зернових, проте вони розподілені всередині ядра в різних пропорціях. Зародок міститься в найвищих рівнях (76,2%), за ним слід ендосперм (13,2%) і перікарпій (10,6%). У порівнянні з кукурудзяним маслом, зернові олії сорго має більш високий рівень олеїнової та стеаринової кислот і більш низький рівень лінолевої, миристинової і пальмітолеїнової кислот, що робить його менш насиченим. [15]

Результати досліджень вчених з Північної Африки довели, що загальний вміст масла в сорго становить від 11 до 13%. Аналіз масел методом газової хроматографії показав, що переважаючими жирними кислотами є

пальмітинова, олеїнова і лінолева. Масла містять значну кількість ненасичених жирних кислот (> 84%). [21, 36]

Вміст кальцію і фосфору в сорго еквівалентно вмісту кукурудзи, а фосфор являє собою фітатфосфору, що складає приблизно 40 % ~ 70 %. Вміст вітамінів В1 і В6 таке ж, як у кукурудзи, а рівні пантотенової кислоти, ніацину і біотину

вище, ніж у кукурудзи; Однак швидкість поглинання ніацину і біотину є низькими. У кожному кілограмі зерен сорго міститься 1,4 мг тіаміну (вітамін В1), 0,7 мг рибофлавіну (вітамін В2) і 6 мг ніацину. [15]

У зерні сорго міститься провітамін – каротин; фосфоровмісних речовин – фітин, фосфоліпіди і мінеральні солі фосфору, калію і магнію. Вміст каротину в зерні сорго залежить від сортових особливостей. У зернах з червоною і жовтою забарвленням більше каротину, ніж в зернах з білим забарвленням. [9]
[1]

Харчові волокна сорго складають 3-8 % зерна сорго і діляться на два типи: розчинні харчові волокна і нерозчинні харчові волокна. З підвищенням температури зусилля зв'язування між нерозчинні харчовими волокнами і водою збільшується, що призводить до значного збільшення його влагоутримуючої здатності і розширюваності, але при температурі вище 80 °С волого-утримуюча здатність і простір розширення поступово збільшуються.

Висівки деяких сортів зерна сорго мають найбільшу антиоксидантну активність серед усіх зернових культур, навіть вище, ніж багато фруктів і овочів.

Було систематично оцінювання впливу харчових волокон сорго на діабет і пов'язані з ним захворювання, а також вивчено відповідні механізми. Дослідження показало, що дієта, що містить 5 % харчових волокон, знижує масу тіла і значно знижує вагу печінки, серця, селезінки і нирок у інсуліно-резистентності модельних щурів.

Серед зернових сорго має найвищий вміст поліфенолів, досягаючи 6 %. У деяких сортах, і майже всі рослинні фенольні сполуки можна знайти в сорго; проте найбільш важливими є фенольні кислоти, дубильні речовини (проантоціаніди) і флавоноїди.

Фенольні кислоти в сорго знаходяться в основному в формі похідних мурашиної кислоти або похідних коричної кислоти, зазвичай присутніх у вільній або зв'язаній формі, і в основному розподіляються на зовнішній оболонці насіння зерен сорго. [15, 12]

Вміст протокатехуата і ферулової кислоти відносно високий, а вміст р-кумарової, ванілової кислоти, галової кислоти, кавової кислоти, коричневої і р-гідроксибензойної кислоти відносно низький.

Зернові культури, такі як пшениця, кукурудза і рис, не містять дубильних речовин, але вони присутні в сорго і містяться головним чином в зерновій оболонці і околоплоднік.

Вміст таніну в сорго зазвичай становить від 0,2 до 48,0 мг / м³. Чим темніше насіннева оболонка, тим вищий вміст таніну, яке змінюється в залежності від сезону. Вони можуть змінювати свій склад при різних обробках; було розглянуто зміна вмісту таніну при термічних обробках для таких типів зерна, як червоне, звичайне та сорго без таніну, чи з мінімальної її кількістю. [15]

На утримання PA (фітинова кислота), Fe, Zn, Cu, Na і P впливав колір зерен відповідно до ANOVA ($p < 0,05$); PA, Cu і P були вище в червоному сорго і Fe, Zn і Na в білому сорго відповідно. [12]

Флавоноїди сорго в основному існують в зовнішньому насінневому покриві зерна сорго. Таким чином, відмінності в кольорі і товщині насінної оболонки відображають відмінності у вмісті флавоноїдів (антоціанів, флавонів і флаванонів) у різних сортів сорго, що знаходиться в діапазоні 0-386 мкг / г. [15]

1.2 Аналіз методів виробництва повітряного зерна

Термічна обробка є найбільш поширеним методом обробки сорго і часто застосовується в поєднанні з одним або декількома іншими процесами. Він включає в себе різні операції, такі як вологе приготування, приготування на пару, екструзійне приготування і випікання і обсмажування (суха термічна обробка). [14]

Традиційний метод «сухого» тепла є одним із найбільш простих способів приготування попкорну, він включає в себе розігрів «сковорідки» до температури понад 240 °С, що за короткий час (2-3 хв) призводи до перетворення вологи на пару і розриває оболонку зерна (вибухає). При такій обробці використовують додаткові способи підвищення температури, додавання олії.

У способі обсмажування на нагрітому піску, попередньо клейстеризовані злаки піддаються впливу гарячого піску, а температура піску складає близько 250°C. Через раптове температурного градієнта волога всередині зерен випаровується і намагається вирватися через мікропори, розширюючи в цьому процесі крохмалистий ендосперм за розміром. Bengal gram також може бути одним із непоганим методів, в якому попереднє обсмажування зерен піском при 170 °С протягом 75 с проводилося з наступним витримуванням зерен протягом приблизно 90 хвилин до досягнення вмісту вологи близько 14,9 %. Потім загартовані зерна занурювали в воду на 5 секунд, де вони проходили між валиком і гарячою плитою для видалення лущиння. У цих умовах об'ємні обсяги повітряного зерна в декілька раз збільшувалися.

Noke et al., повідомили, що в Індії найбільш популярна обробка нагрітим піском (температура піску близько 250 °С) або в маслі (200-220 °С). [7]

Обробка у псевдозріженому шарі нагрітим повітрям – це процес, при якому розмолоті зерна вводяться в пістолет або камеру високого тиску (поппер) після попереднього нагріву, і водяний перегрітий пар вводиться в закриту камеру. Правильно підібрані параметри впливають на якості остаточної текстури впорядкованого продукту, якщо параметри подачі перегрітої пари

будуть за малі, то продукт не буде мати хрустящої корочки, а якщо над високі то може бути пересихання готового продукту (потемніння).

В цьому методі треба витримувати певний час після подачі пари, та швидко позбутися його для формування цієї корочки. Кизенберг розробив пістолет-розпушувач, який перебуває в положенні горизонтального циліндра довжиною. При цьому методі відбувається рівномірний розпад гранул крохмалю, що вплинуло на властивості клейстеризації зерна.

Обробка у псевдозрідженому киплячому шарі (HTST) утворюється, тоді коли деяка кількість твердої речовини у вигляді частинок (зазвичай присутньої в резервуарі для зберігання) поміщають у відповідні умови, щоб змусити суміш твердої речовини і рідини поводитися як рідина. Відомо, що псевдозрідження збільшує тепломасоперенос, оскільки площа поверхні продукту рівномірно піддається впливу теплоносія, тому високотемпературне перетворення зерна в киплячому шарі є більш ефективним, ніж процес у псевдозрідженому шарі нагрітим повітрям або інші методи традиційної обробки.

Було встановлено, що температура в діапазоні від 240 до 270 °C з відповідним часом впливу від 7 до 9,7 с є оптимальною для більш високого ступеня розширення (від 8,5 до 10) і найкращий колір продукту. При перетворенні зерна в киплячому шарі на нього впливало не тільки вміст вологи зерна, а й вологість в нагрівальному середовищі.

Оптимальну якість продукту було отримано при таких умовах процесу: конвективний нагрів при температурі 210 °C протягом 240 с з подальшим мікрохвильовим нагріванням з 80 % загальної потужності 1350 Вт протягом 60 с, з вологістю 0,2374 кг / кг дм, твердістю 1620,7 м і коефіцієнтом розширення 2,04. [7]

НВЧ-обробка це технологія яка має цілий ряд позитивних якостей, тому широко використовується на переробних підприємствах, однією із таких переваг є швидке і повноцінне нагрівання зерна (рис.1.5).

Однією з головних переваг НВЧ-обробки є значна економія часу, так як процес обробки відбувається дуже швидко. Крім того, така технологія дозволяє

зберегти в сировині всі поживні речовини, вітаміни і мінерали, що при застосуванні іншого методу обробки домогтися складно.

Під час мікрохвильового розширення зерен, мікрохвильова енергія нагріває продукт за допомогою вібраційної енергії, переданою вологою. При нагріванні волога генерує перегрітий пар, необхідний для розширення, який накопичується у зародку в скловидній матриці, створюючи локально високий тиск. Коли зернова матриця зазнає фазовий перехід зі склоподібного у еластичне

стан, вона починає давати при високому тиску перегрітої пари і відбувається розширення.

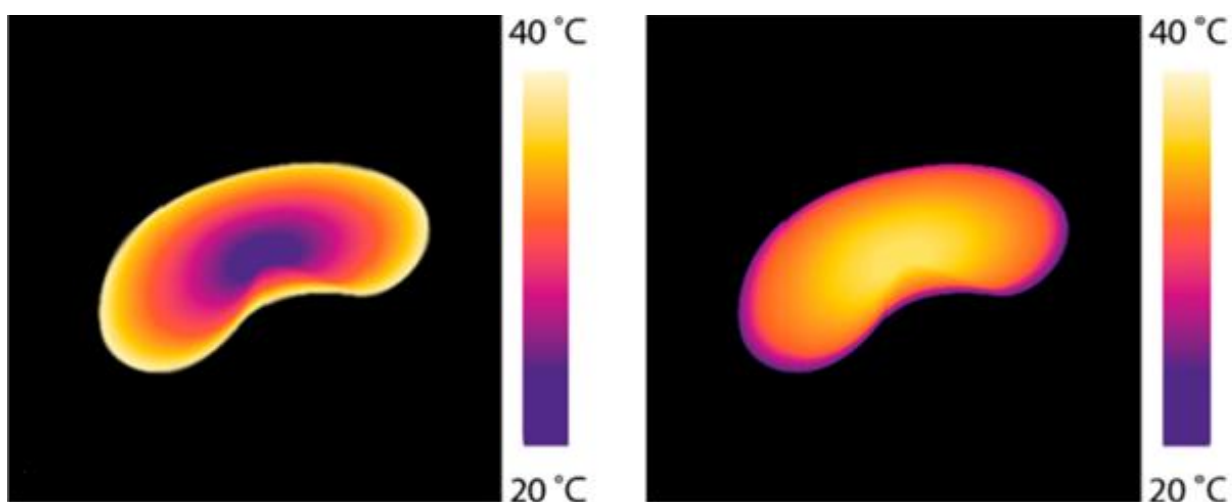


Рисунок 1.5 – Термограми при конвективном і мікрохвильовому нагріванні зерна [22]

При цьому мікрохвильовий виріб може не мати такого ж розширення в порівнянні з традиційними способами, оскільки в першому випадку час перебування є коротким додатково до нерівномірної схеми нагрівання. Параметри мікрохвильового процесу, такі як рівень мікрохвильової потужності,

щільність мікрохвильової потужності і час перебування, є основними факторами, що визначають якість попкорну в домашніх мікрохвильових печах.

Для досягнення цього ефекту треба наносити різні покриття на зерна, такі як гідрогенізована олія, хлорид натрію, масло, бікарбонат натрію.

Що кажучи про найефективніші методи отримання повітряного зерна, то до них відносяться: обробка у псевдозрідженому киплячому стані та НВЧ-обробка, яка не так давно стала розглядатися. [7]

Було виявлено, що в мікрохвильовому способі сорго при 21 % вологи призводить до більш високого виходу поп-сорго, об'ємної маси та коефіцієнта розширення.

Якість повітряного зерна сорго, обробленого різними методами, істотно відрізнялися. Обробка традиційними методами на «сковородці», піску, з додаванням вологи та олії в якості теплоносія, мали найвищий вихід зерна, в той час як при обробці в мікроволновій пічі становило тільки 60 %.

Коефіцієнт розширення повітряного зерна значно вищий при сухому тепловиділенні і низький при мікрохвильовому методі. Об'ємна маса зерна була найвищою у вологому зерні і найнижчою в мікрохвильовій печі. Крім того, кондиціонування вологи зерна сорго перед перетворенням в повітряне зерно в мікрохвильовій печі дало більш високий вихід до 83 %, коефіцієнт розширення 4,4 і об'ємну масу 0,18 мл/г. [7]

Термічна обробка сорго може збільшити або зменшити фенольний вміст і антиоксидантну активність. Механізми, які пропонуються для обліку цих різних ефектів, включають: виділення пов'язаних фенольних сполук з харчової матриці, полімеризація і окислення фенольних сполук, термічний розклад, деполімеризація високомолекулярних фенольних сполук, таких як конденсовані дубильні речовини, та інших цінних продуктів реакції Майяра.

Нагрів викликає підвищення рівня всіх виявлених фенольних кислот (крім вільної ванілієвої і зв'язаної р-кумарової кислоти). [33]

Збільшення було пов'язано з вивільненням пов'язаних фенольних сполук з клітинних стінок, деградацією кон'югованих поліфенолів, наприклад таніни,

при високій температурі до простих фенольних сполук і в цілому підвищена екстрагуються фенольних компонентів після обсмажування.

Приготування повітряного сорго збільшило розчинні поліфеноли на 39 % і зменшило кількість пов'язаних поліфенолів на 42 %, в той час як загальна кількість поліфенолів не змінилося. [23]

Таблиця 1.5 – Взаємодія різних методів термічних обробки на фенольні фітохімічні речовини у зерні сорго [23]

Тип зерна	Спосіб переробки	Ефект переробки та довідка
Червоне сорго.	Пропарювання зерен при 200-220 °C протягом 20 хв.	Зменшення кількості вільної ванілової кислоти і вільної Р-кумарової кислоти, але збільшення кількості вільної ферулової кислоти. Зниження загальної кількості фенольних сполук, загальної кількості флавоноїдів і проціанідинів
Танінове і безтанінове сорго	Випічка тіста з сорго в печиво при 180 °C протягом 10 хв.	Зниження кількості аналізованих конденсованих танінів на 95 і 96 %.
Червоне сорго	Обсмажені на пару зерна при 150 °C.	Підвищення рівня всіх виявлених фенольних кислот, крім вільної ванілової і зв'язаної р-кумарової кислоти. Збільшення загальної кількості фенольних сполук, загальних

		флавоноїдів і проціанідинів
Звичайний сорго	Вимочування зерна в гарячій воді, кондиціювання, пропарювання, часткова сушка, а потім розтріскування в роликівих пластівцях і утворення повітряного зерна в обсмажувальному апараті з псевдозрідженим шаром.	Відшаровування зменшило розчинні поліфеноли на 83 %, пов'язані поліфеноли на 63 % і загальна кількість поліфенолів на 75 %. При виготовленні пластівців і повітряного зерна сорго збільшилися розчинні поліфеноли на 39 % і зменшило кількість пов'язаних поліфенолів на 42- 69 %.

Duodu et al. вивчали вплив приготування їжі з подальшим опроміненням (10 кГр) на вітаміни В1 і С, а також анти поживні фактори, фітинову кислоту і нітрати в готової до вживання їжі з сорго. Приготування їжі не змінило зміст вітаміну В1 в каші з сорго, але опромінення різко зменшило його. Скорочення анти-поживних факторів шляхом приготування їжі з подальшим опроміненням є багатообіцяючим методом для тенденцій сучасності. [14]

Murakami et al. оцінювали вплив термічної обробки при 260 °С протягом 15 с на вміст вітамінів групи В, незамінних і мікроелементів в зерні сорго. Результати показали, що обробка не вплинула на вміст вітамінів групи В, а відновлення основних і мікроелементів склало 97-196 %. Після того, як зерно сорго перетворилося в повітряне зерно, рівні елементів збільшилися максимум на 16 %, за винятком рівнів Р, Сг, Со і Ні, які були значно більшими. [15]

Correia et al. впевнилися, що поппінг не впливав на засвоюваність білка, проте було відмічено зниження розчинності білка в зірваних зразках. Ферментація та проростання сприяли збільшенню засвоюваності білка на 39,6 % і 20,8 % відповідно і збільшення розчинності білка. [24]

1.3 Надвисокочастотна обробка зерна сорго

Використання мікрохвильової енергії в харчовій промисловості еволюціонувало і в даний час є визнаним явищем в якості джерела чистої теплової енергії і володіє багатообіцяючим потенціалом процесів приготування. Мікрохвильова смажена кукурудза є дуже популярною закускою у всьому світі, і ця технологія також використовується для приготування інших страв.

Волога є рушійною силою мікрохвильового розширення крохмалистих зерен. Під час мікрохвильового нагріву роговидний крохмаль одночасно втрачає вологу і розширюється. Ступінь клейстеризації і вміст води в крохмальних зернах були найбільш важливими факторами при визначенні форми, об'ємного обсягу розширення, щільності та ефективності виходу продукції. [7]

У дослідженнях 125 зразків сорго виявили кілька невосковидних і воскоподібних сортів, в яких крохмаль мав нижчі температури клейстеризації від

63°C до 71°C. Також виявили, що температура клейстеризація крохмалю зернового сорго збільшувалася до 3 °C при зберіганні зерна протягом 1 року. [25]

Було проведено дослідження по схрещуванню генотипів сорго, для отримання найвищого виходу повітряна зерна (попкорну), з таких як Sureño і RT_x430. Похідні Sureño мали хороші характеристики виходу повітряного зерна, в той час як похідні RT_x430 менші характеристики вибуху, але доповнювали один одного. Кожен з 130 екземплярів вирощували в різних кліматичних умовах. Результати експерименту показали залежність кліматичних умов від якості попінгу зерна сорго, вибрані 10 найкращих екземплярів (табл.1.6). [26]

Десять кращих зразків з кожного середовища (Corpus Christi, Halfway і Weslaco), що отримали при схрещуванні Sureño і RT_x430. В таблиці 6 наводяться ефективність взриву (%), так і для коефіцієнта розширення (x:1).

Таблиця 1.6 – Залежність кліматичних умов на якісно вибух зерна сорго

[26]

Зразок	Комбіноване середовище		Corpus Christi		Halfway		Weslaco	
	Ранг	Вихід	Ранг	Вихід	Ранг	Вихід	Ранг	Вихід
65	1	80,6	5	74,6	8	87,9	2	79,3
103	2	79,1	1	83,7	11	78,5	5	75,0
107	3	76,6	3	77,4	3	85,5	19	67,0
139	4	76,6	2	78,3	26	73,2	4	76,0
121	5	74,8	11	66,3	2	87,2	10	70,9
41	6	70,7	16	65,5	13	77,0	13	69,7
87	7	69,3	13	66,0	17	75,3	20	66,5
129	8	68,8	41	50,8	18	75,2	1	80,3
111	9	67,7	19	63,2	21	74,1	23	65,7
124	10	67,5	31	56,3	22	74,1	8	72,1

Zeenath (2006) вивчав сорти Haribs і Rabi поп-сорго з метою отримання найбільшого виходу, коефіцієнтом розширення і об'ємної маси звичайним і мікрохвильовим методом. Вихід повітряного зерна (у відсотках) варіювалися від 80,28 до 93,17 %, від 57,78 до 78,64 %. Обсяг розширення (мл / г) варіювався від 12,33 - 16,33 мл/г, 10,53 - 15,40 мл/г, а розмір зерна (мл/г) варіювався від 0,31 до 0,55, 0,31 до 0,55 мл/г відповідно. [27]

Доведено вченими, що сорго з більш товстим перекарпом має гарні показники виходу і об'ємної маси, та є потенціально кращий кандидатом для переробки в поп-сорго і пластівців. [26, 28]

За даними вчених (Mohamed et al.) середня товщина перекарпу 18 гібридів сорго, які були використані для приготування поп сорго склала 118,6 мкм.

Дослідження довели, що поп-сорго має більш кристалічну будову перекарпу в порівнянні з звичайним попкорном (Dasilva et al.), а гібриди з підвищеною кристалічністю в навколоплодній клітковині, має оптимальний показник поживності (Tandjung et al.). Вид перекарпа зерна та поп-сорго зображений на рисунках 1.5 і 1.6.

Зміни вологи (в високу сторону) в навколоплідних шарах можуть привести до фізичних пошкоджень, таким як тріщини, які можуть вплинути на властивості розширення, що призведе до збільшення зсуву клітин при підвищенні тиску водяної пари під час нагрівання. [28, 35]

Як зазначено вище перекарп створює міцність, яка підтримує високий тиск в зерні, сприяючи збільшенню об'єму повітряного зерна. Крім того представником міцності зерен є білок. Це означає, що при більш високому вмісті білка зерна будуть твердіше, а після взриву буде досягнуто вищого об'єму повітряного зерна, як це спостерігалось для кукурудзи.

Твердість зерна або текстура ендосперму (міцність зерна) є важливим фізичним ознакою якості зерна, який грає роль в переробці зернових культур і в якості кінцевого продукту для продуктів на основі зернових, таких як хліб і снеки.

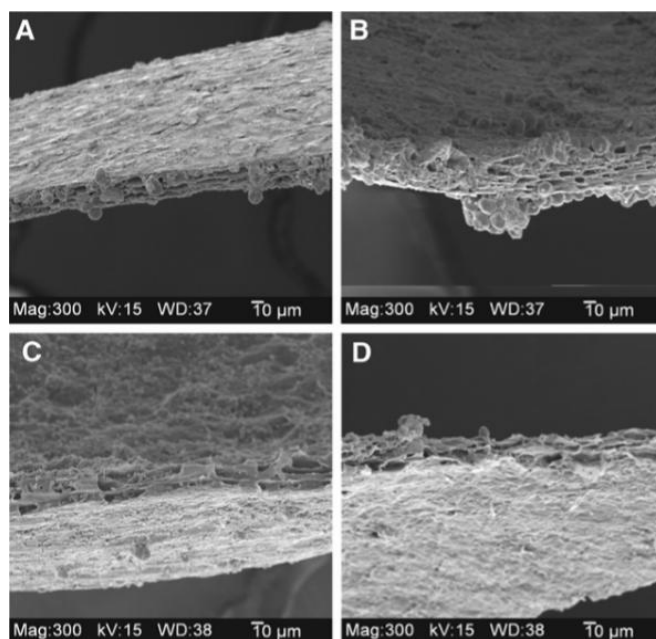


Рисунок 1.5 – Скануючі електронні мікрофотографії перекарпу сорго.

А і В – червоний сорго; С і D – білого сорго.

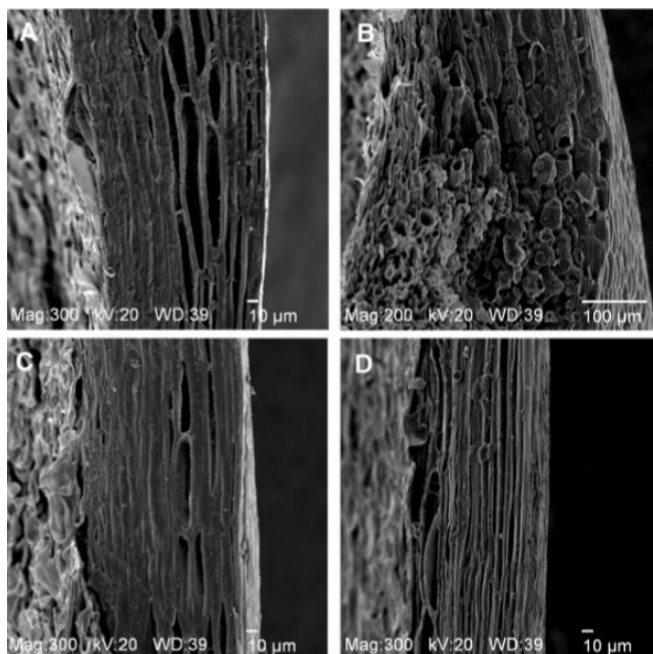


Рисунок 1.6 – Скануючі електронні мікрофотографії поп-сорго.

А, С і D – шари зовнішніх сторін; В – шари внутрішньої сторони.

Зерна з більш високим коефіцієнтом розмелювання – твердіші, мають склоподібний ендосперм, що при обробці дають більший розмір повітряного сорго, ніж більш м'які. Коефіцієнт розмелювання розраховували як співвідношення здрібненого зерна сорго, що лишається на ситі 1 мм, до здрібненого зерна сорго, що проходить крізь сито 0,5 мм. [12]

Найбільш підходящі сорти сорго для отримання повітряного зерна мали найбільший розмір зерен, білий колір, перекарп середньої товщини, міцність на розрив близько 7 кг, твердий ендосперм і дуже низьке співвідношення розмірів зародків / ендосперм. [7]

Сорго зернове з маленький розмір зерна, високий вміст амілози, від середнього до твердого ендосперма, середня товщина перекарпа має хорошу ступінь розширення і високу продуктивність. [4]

Вплив фізичних і хімічних властивостей на сенсорні якості (загальна прийнятність) чотирьох різних сортів сорго, а саме: Mugad, місцевого червоного, Nandel і GJ-42. Відповідний сорт зерна сорго був відібраний, маючи більш високі сенсорні якості. Обраний сорт був оброблений різними видами попередньої обробки, такими як кондиціонування вологою (12-20 % мас.), Додавання солі хлориду натрію (0-2 %) і олії (0-10 %).

Максимальне розширення і вихід були отримані при оптимальному вмісті вологи 16,62 % з додаванням 0,55 % хлориду натрію і 10 % масла. Було виявлено, що попередньо оброблений сорго добре виштовхується при більш високій щільності мікрохвильової потужності, і було виявлено, що оптимізовані умови складають 18 Wg-1 / г протягом 140 с. [22]

Aghavendra і Desikachar, які оцінили якість взриву сорго і виявили, що об'єм повітряного зерна варіювала від 7,0 до 11,4 мл / г і вихід варіювався від 21,0 до 74,6 %. Вивчили взаємозв'язок між фізико-хімічними властивостями зерен і здатністю до попінгу. Проводили аналіз головних компонентів з урахуванням результатів, отриманих при температурі 250 °C і вологості зерна і 18%, оскільки в цих умовах були досягнуті більш високі значення об'ємної маси і виходу.

Дані дослідження були проведені з використанням сушильної устатки з адаптованим псевдозрідженим шаром VP Model.

Результати даних досліджень, які були проведені не тільки за вище переліченими показниками, а й за інших, їх можна спостерігати в таблицях 1.7 і 1.8. [12]

Таблиця 1.7 – Показники якості зерна сорго до попінгу [25]

Сорт зерна	Коефіцієнт розмелювання	Натура, (кг/л)	Відсоток невивонених зерен	Щільність насипу, (г/мл)
PEX 40730 W	6.2 ± 0.0	81.2 ± 0.3	8.0 ± 0.1	1.5 ± 0.0
PAN 8706 W	3.7 ± 0.1	80.7 ± 0.3	13.0 ± 0.1	1.4 ± 0.0
PEX 9261 W	5.0 ± 0.1	80.8 ± 0.3	2.0 ± 0.0	1.4 ± 0.0
PAN 8648	4.3 ± 0.1	80.3 ± 0.3	5.0 ± 0.0	1.7 ± 0.1

PAN 8648 W	4.7 ± 0.1	81.1 ± 0.3	7.0 ± 0.0	1.3 ± 0.0
A9941W	4.0 ± 0.1	78.7 ± 0.3	1.0 ± 0.0	1.3 ± 0.1
WS01	3.2 ± 0.1	73.0 ± 0.3	16.0 ± 0.1	1.2 ± 0.0
S9C474C	2.9 ± 0.0	78.9 ± 0.0	10.0 ± 0.0	1.2 ± 0.1
TOB48W	2.4 ± 0.0	78.7 ± 0.3	19.0 ± 0.1	1.1 ± 0.0
A9947W	3.2 ± 0.0	80.0 ± 0.3	7.0 ± 0.0	1.2 ± 0.1
Jowar Short	1.7 ± 0.1	73.2 ± 0.6	58.0 ± 0.3	1.1 ± 0.1
ACA544	1.8 ± 0.1	73.3 ± 0.2	59.0 ± 0.3	1.0 ± 0.0
WS02	4.2 ± 0.1	71.8 ± 0.5	4.0 ± 0.0	1.1 ± 0.0
WS Average	3.6 ± 1.3*	78.9 ± 7.4#	8.0 ± 11.0	1.3 ± 0.2*
PEX 9273	4.2 ± 0.1	81.6 ± 0.3	4.0 ± 0.0	1.3 ± 0.0
10SAR 0025	3.4 ± 0.0	79.4 ± 0.1	10.0 ± 0.1	1.3 ± 0.0
10SAR 0010	5.3 ± 0.1	81.9 ± 0.1	0.0 ± 0.0	1.5 ± 0.0
PEX 42353	4.5 ± 0.1	81.3 ± 0.0	0.0 ± 0.0	1.6 ± 0.0
PEX 42334	5.2 ± 0.1	82.0 ± 0.4	4.0 ± 0.0	1.5 ± 0.0
PEX 40676	5.4 ± 0.0	80.3 ± 0.1	9.0 ± 0.0	1.4 ± 0.0
PAN 8918	4.0 ± 0.1	81.0 ± 0.1	3.0 ± 0.0	1.4 ± 0.1
PEX 9247	3.8 ± 0.0	80.3 ± 0.2	8.0 ± 0.0	1.3 ± 0.1
PEX 42345	4.2 ± 0.0	80.4 ± 0.2	10.0 ± 0.0	1.3 ± 0.0

Продовження табл 1.7

Сорт зерна	Коефіцієнт розмелювання	Натура, (кг/л)	Відсоток неповнених зерен	Щільність насипу, (г/мл)
PEX 1282	3.9 ± 0.1	80.9 ± 0.1	6.0 ± 0.0	1.3 ± 0.0
PEX 41027	4.0 ± 0.1	80.3 ± 0.2	8.0 ± 0.0	1.4 ± 0.1
PEX 41011	2.8 ± 0.1	80.2 ± 0.2	13.0 ± 0.1	1.4 ± 0.0
PEX 9269	4.0 ± 0.1	80.5 ± 0.2	8.0 ± 0.1	1.4 ± 0.0
PAN 8816	6.0 ± 0.1	81.0 ± 0.1	5.0 ± 0.0	1.3 ± 0.0
RS Average	4.3 ± 0.9*	80.7 ± 1.0#	7.0 ± 5.0#	1.4 ± 0.1*
Range	1.7—6.2	71.8—82.0	0.0—59	1-1.7

Таблиця 1.8 – Показники якості повітряного зерна сорго при різному вмісту вологи [12]

Сорт зерна	Об'єм, мл/г		Вихід повітряного зерна, %		Оцінка (АР), балів	
	14	18	14	18	14	18
PEX 40730 W	10.0 ± 0.0	19.1 ± 0.1	63.6 ± 1.1	84.7 ± 2.0	5.2	13.1
PAN 8706 W	14.0 ± 0.1	16.6 ± 0.1	70.9 ± 1.0	72.6 ± 1.9	8.0	9.7
PEX 9261 W	18.4 ± 0.1	16.7 ± 0.1	86.3 ± 1.2	79.0 ± 1.9	12.8	10.7
PAN 8648	17.5 ± 0.1	15.4 ± 0.1	81.1 ± 2.0	74.5 ± 1.8	11.4	9.2
PAN 8648 W	17.5 ± 0.1	14.4 ± 0.1	81.1 ± 1.9	70.0 ± 1.7	11.5	8.2
A9941W	15.3 ± 0.1	12.5 ± 0.1	87.1 ± 2.1	95.3 ± 2.2	10.5	9.4
WS01	13.0 ± 0.1	13.7 ± 0.1	84.7 ± 2.0	89.3 ± 2.1	8.1	8.9
S9C474C	10.1 ± 0.0	11.4 ± 0.1	86.5 ± 2.1	88.1 ± 2.1	6.9	7.9
TOB48W	12.8 ± 0.1	13.9 ± 0.1	85.2 ± 1.8	87.5 ± 2.1	8.6	9.6
A9947W	11.7 ± 0.0	12.2 ± 0.1	87.3 ± 2.2	90.2 ± 2.2	8.1	8.8
Jowar Short	9.1 ± 0.0	10.3 ± 0.1	68.9 ± 1.3	80.3 ± 2.0	4.6	6.0
ACA544	9.1 ± 0.0	11.2 ± 0.1	67.3 ± 1.3	81.5 ± 1.9	4.5	6.7
WS02	16.9 ± 0.1	17.8 ± 0.1	86.0 ± 1.7	85.7 ± 2.1	10.4	11.0
WS Average	13.5 ± 3.3*	14.2 ± 2.6*	79.7 ± 8.4*	83.0 ± 7.2*	8.5 ± 2.6*	9.2 ± 1.8*
PEX 9273	17.4 ± 0.1	14.9 ± 0.1	86.2 ± 20.1	63.2 ± 1.2	12.2	7.7
10SAR 0025	15.7 ± 0.1	13.4 ± 0.1	77.2 ± 1.7	72.0 ± 1.6	9.6	7.7
10SAR 0010	14.5 ± 0.1	19.1 ± 0.1	75.5 ± 1.6	73.2 ± 1.7	9.0	10.8
PEX 42353	15.8 ± 0.1	16.6 ± 0.1	73.8 ± 1.6	71.1 ± 1.6	9.5	7.8
PEX 42334	18.9 ± 0.1	16.7 ± 0.1	84.5 ± 1.9	77.0 ± 1.9	13.1	10.1

Продовження табл 1.8

PEX 40676	6.3 ± 0.1	15.4 ± 0.1	47.1 ± 1.0	77.3 ± 1.9	2.4	11.0
PAN 8918	20.8 ± 0.1	14.4 ± 0.1	78.7 ± 1.7	68.6 ± 1.3	13.2	7.3
PEX 9247	5.9 ± 0.1	12.5 ± 0.1	23.7 ± 0.9	70.0 ± 1.5	1.1	7.6
PEX 42345	16.1 ± 0.1	13.7 ± 0.1	79.5 ± 1.7	71.0 ± 1.7	10.3	8.1
PEX 1282	17.7 ± 0.1	11.4 ± 0.1	77.6 ± 1.6	70.5 ± 1.5	11.1	9.3
PEX 41027	15.6 ± 0.1	13.9 ± 0.1	68.9 ± 1.5	64.1 ± 1.4	8.6	6.9
PEX 41011	15.1 ± 0.1	12.2 ± 0.1	76.6 ± 1.6	62.2 ± 1.3	9.3	6.7
PEX 9269	15.5 ± 0.1	10.3 ± 0.1	79.5 ± 1.6	71.4 ± 1.6	9.9	8.7
PAN 8816	15.5 ± 0.1	11.2 ± 0.1	54.3 ± 1.1	78.2 ± 1.8	6.8	11.8
RS Average	15.1 ± 4.1*	17.8 ± 0.1	70.2 ± 17.2*	70.7 ± 5.0*	9.0 ± 3.5*	8.7 ± 1.6*
Range	5.—20.8	14.2 ± 2.6*	23.7—87.3	62.2—95.3	1.1—13.2	6.0—13.1

Беручи до уваги, що хороша здатність до попінгу залежить від об'ємої маси $14 \text{ см}^3/\text{г}$ та виходу 80% , а з урахуванням середнього натуре 80 кг/л , значення AP було б рівним або більшим за 9. Враховуючи наведені вище дані, бачимо, що у 71% випадків вихід повітряного зерна співвідносяться з значенням здатності попінгу, і якщо значення більше або дорівнює 9, цей гібрид мав би хорошу здатність до попінгу. [12]

У разі попкорну вважається, що обсяг зерен попкорну є найбільш важливим атрибутом для споживача, таким чином було відібрано 2 зразкових сорти: PEX 40730 W з вологості 18% і PAN 8918 з вологістю 14% .

Що стосується складу зерна (табл.1.9), спостерігається, що колір значно впливає на вміст білка і золи, причому обидва вони вище в білому зерні сорго. Процес вискакування не впливав на вміст білка і жиру, але значно впливав на вміст клітковини і золи, викликаючи скорочення обох компонентів в $1,35$ і $1,15$ рази відповідно, це наглядно продемонстровано в табл.1.9.

Таким чином, очікується, що втрата пегменту призводить до значного зниження вмісту мікроелементів після вискакування. [12]

Таблиця 1.9 – Склад зерна і повітряного зерна сорго та їх засвоюваність

Компоненти	Зерно PEX 40730	Повітряне зерно PEX 40730	Зерно PAN 8918	Повітряне зерно PAN 8918
Білок (г/100г)	11.89	12.03 ± 0.08^c	10.69 ± 0.02^a	10.71 ± 0.05^a
Ефірний екстракт (г/100г)	3.08	3.03 ± 0.02	3.03 ± 0.09	2.93 ± 0.04
Клітковина (г/100г)	8.69	6.49 ± 0.46^a	8.37 ± 0.49^b	6.19 ± 0.27^a
Зола(г/100г)	1.70	1.53 ± 0.03^b	1.59 ± 0.01^c	1.34 ± 0.00^a
Fe (мг/кг)	30.61	27.61 ± 0.39^b	27.57 ± 0.59^b	24.41 ± 2.18^a
Zn (мг/кг)	15.33	13.20 ± 0.75^a	19.04 ± 0.90^b	14.55 ± 0.68^a
Ca (мг/кг)	117.14	110.54 ± 0.80^a	133.74 ± 1.39^d	125.93 ± 4.06^c
Cu (мг/кг)	2.89	2.67 ± 0.06^a	2.85 ± 0.07^b	2.58 ± 0.11^a

К (мг/кг)	4181.04	3859.00 ± 53.73 ^c	3758.67 ± 100.67 ^b	3210.07 ± 63.91 ^a
Mg (мг/кг)	1583.57	1479.40 ± 97.60 ^a	1704.59 ± 18.22 ^c	1513.58 ± 35.51 ^{ab}
Na (мг/кг)	184.36	159.87 ± 1.53 ^a	226.42 ± 13.21 ^d	206.13 ± 8.43 ^c
P (мг/кг)	3396.54	3179.47 ± 152.27 ^a	3361.52 ± 101.83 ^b	3048.65 ± 80.80 ^a
Засвоюваність Fe%	2.69	3.50 ± 0.28 ^b	2.59 ± 0.19 ^a	4.17 ± 0.23 ^c
Засвоюваність Zn%	5.27	2.74 ± 0.15 ^a	3.69 ± 0.13 ^b	2.65 ± 0.44 ^a
Засвоюваність Ca%	64.07	67.06 ± 6.02	70.90 ± 6.23	65.28 ± 5.98
Засвоюваність білка (%)	90.21	97.20 ± 3.95 ^c	79.83 ± 0.89 ^a	87.08 ± 2.31 ^b
Засвоюваність лізинових фенольних зв'язків (мг/г білку)	4.68	3.55 ± 0.04 ^a	4.88 ± 0.18 ^c	4.09 ± 0.21 ^b
Фітинова кислота (мг/100 г)	928.05	687.95 ± 16.65 ^a	1049.34 ± 38.85 ^c	682.40 ± 32.76 ^a
Засвоюваність вільні фенольні зв'язки (mg GA/100 g)	110.64	60.30 ± 6.38 ^a	201.26 ± 3.19 ^c	72.52 ± 2.44 ^a
Засвоюваність пов'язані фенольні зв'язки (мг/100г)	578.44	459.46 ± 10.55 ^a	1404.38 ± 17.07 ^d	797.88 ± 2.13 ^c
Антиоксидантна властивість (моль/г)	39.42	30.24 ± 1.81 ^a	55.65 ± 0.94 ^c	32.70 ± 0.70 ^a

Різні букви в ряду означають значні відмінності між зразками ($p < 0,05$).

Проаналізувавши дані табл.9 бачимо, що поживні властивості після перетворення в повітряне зерно, не вплинуло на білок і ефірний екстракт, але зола, загальна кількість харчових волокон, фітинової кислота і мінерали були значно знижені. Хоча засвоюваність Fe % збільшився після появи (в 1,3 і 1,6 рази для білого і червоного відповідно), засвоюваність Zn % був знижений (в 1,9 і 1,4 рази для білого і червоного відповідно), а засвоюваність Ca % не змінився. [12, 34]

Було виявлено, що різновиди L187 і SSH містять 3,68% і 5,28 % ліпідів, відповідно. Вміст олії в комерційних сортах сорго коливається від 2,1 до 5,3 %, в середньому 3,6 % у сортів в США.[29]

Shaheen спостерігав фізичні характеристики і якість взриву зерна сорго, результати показали, що маса 1000 зерен повітряного сорго, об'єм, щільність

становили 18,41 г, 22,75 мл, 0,80 г/мл відповідно. Відсоток виходу поп-сорга склав 86%, а обсяг його розширення склав 13,66 мл (рис.1.7). [30]

Попкорн досягав максимального об'єму розширення 43,6 см/г сухої речовини, при додаванні олії (в киплячому потоці олії) з вмістом вологи 13,5 %, що менше на 27 % ніж при вмісті вологи 14 %, з нагрітим повітрям, який становив 55,3 см/г сухої речовини. [31]



Рисунок 1.7 – Обем повітряного і цілого зерна сорга

Було оцінено вплив рівнів мікрохвильової потужності і різних інгредієнтів (гідрогенізована олія, хлорид натрію, масло, бікарбонат натрію) на утворення повітряного зерна під час мікрохвильового нагріву. Їх дослідження показало, що за допомогою 10 % масла, 2 % вершкового масла і 0,5 % хлориду натрію можна досягти попкорну, що має більше 75 % пластівців і менше 0,05 г/см², і це може бути досягнуто при 70 % потужності. в мікрохвильовій печі з магнетроном, що має фактичну вихідну потужність 660 Вт і робочу частоту 2450 МГц.

Точність і сенсорні властивості, такі як вихід повітряного зерна, коефіцієнт об'ємного розширення і загальну споживну цінність (сенсорна оцінка) чотирьох сортів сорга (рис.1.7), були оцінені при переробці в повітряне зерно, з вмістом вологи 16,5 %, 0,5 % солі і 10 % масло і показано в табл.1.10.

[6]

Таблиця 1.10 – Поппінг і сенсорні якості 4 сортів зерна сорго [6]

Види	Вихід повітряного зерна, %	Коефіцієнт розширення	Оцінка, балів
GJ-42	54,25	9,09	7,50
Red	63,91	9,89	6,81
Nandel	74,59	13,34	8,45
Mugad	81,21	14,50	8,45

Sharma et al. вивчали вплив вмісту вологи; СВЧ-потужність і час на набряклість сорго були досліджені. Сорго розподілили на три рівні вологості 18, 21 і 24%, та використали 2 способи отримання поп-сорго звичайним (отримання на сковороді) і мікрохвильовим методом. В звичайному способі сорго при вологості 21% протягом 3 хвилин дає більш високий вихід поп-зерна (83%), коефіцієнт розширення (4,44) і розмір повітряного зерна (0,18 мл / зерно).

Аналогічним чином, в мікрохвильовому методі сорго при вмісті вологи 21%, рівні потужності 100% протягом 3 хв були досягнуті максимальний вихід поп-зерна (89%), обсяг розширення (8,67) і розмір повітряного зерна (0,28). Повітряний сорго при низькому вмісті вологи (18%) дає високий вихід попкорну, але найнижчу ступінь розширення і розмір повітряного зерна, як в звичайному, так і в мікрохвильовому способі. [32]

Аналізуючи інформацію що представлена багатьма вченими, бачимо тенденцію використання зерна білого кольору з найбільшими розмірами зерен, перекарп середньої товщини, міцність на розрив близько 7 кг, твердий ендосперм і дуже низьке співвідношення розмірів зародків / ендосперм. Повітряне сорго з таких показників має найвищий вихід і об'ємну масу повітряного зерна.

Що кажучи про зерно червоних сортів сорго, можна побачити що червоне зерно має вище міст каратину, поліфенольних сполук, фітинова кислота та деяких мінеральних речовин Cu і P.

Було доведено що зерно білого і червоного сорго при термічній обробці має більшу засвоюваність Fe % (в 1,3 і 1,6 рази для білого і червоного відповідно), засвоюваність Zn % був знижений (в 1,9 і 1,4 рази для білого і червоного відповідно), а засвоюваність Ca % не змінився.

Досліджено, що при виробництві повітряного сорго, найбільшого виходу та об'єму змогли досягти зп+а допомогою додавання солі хлориду натрію (0-2 %) і олії (0-10 %).

2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження було проведено для вивчення якості сортів повітряного сорго, що вирощуються на території України. Було досліджено вплив вітчизняних сортів сорго на споживчі якості зерна, вихід, об'ємну масу, коефіцієнт розширення поп-сорго та вміст поліфенольних речовин. Дослідження проводилося на кафедрі «Технологія зберігання і переробки сільськогосподарської продукції» в Технологічному коледжі Дніпровського державного аграрно-економічного університету, Дніпро, Україна.

2.1 Характеристика сировини та обладнання

Запорукою отримання якісних продуктів харчування завжди є використання якісної сировини. Тому будь-яке харчове підприємство починається з лабораторії, де визначають показники якості сировини. Під час дослідження було проведено визначення органолептичних і фізико-хімічних показників якості зерна до НВЧ-обробки, які відповідають нормативній документації (ДСТУ 4962:2008 Сорго. Технічні умови), результати яких наведено в табл.2.1.

Технологічні властивості зернової сировини часто напряму залежать від фізико-хімічного складу. Властивості сорго 5-сортів були порівнянні з одних із най характернішим зерном для приготування попкорну – розлусною кукурудзою (табл.2.2).

Таблиця 2.1 – Органолептичні і фізико-хімічні показники якості зерна до НВЧ-обробки

Показники якості	Вид зерна			
	Сват	Дніпро39	Ярона	ДН1247
Вологість, %	10,8	12,0	13,6	12,6
Натурна маса, г/л	690	705	795	772
Маса 1000 зерен, г	29	17	22	26
Органолептичні показники:	властивий даному виду зерна, без сторонніх запахів			
- Запах				
- Колір	Темно - жовтий	Світло-жовтий	Коричневий з вкрапленнями жовтого	Світло-коричневий

Дані табл.2.1 свідчать про те, що досліджуване зерно має органолептичні і фізико-хімічні показники якості, що відповідають вимогам нормативної документації на дані види зерна. [37]

Таблиця 2.2 – Фізико-хімічні властивості зерна сорго в порівнянні з розлусною кукурудзою [38]

Показники	Сорго	Кукурудза
Вологість, %	10-12	11-13
Крохмаль, % від СР	70-74	71-74
Білок, % від СР	6-13	9-11
Жири, % від СР	0,5-0,8	0,8-1,3
Амілоза, % від СР	23-30	14-28
Розмір гранул крохмалю, мкм	0,8-30	1-50

Як зазначено в табл.2.2, сорго в порівнянні з розлусною кукурудзою має схожий вміст крохмалю, але містить різний вміст амілози, що відрізняється за своїми властивостями в порівнянні з кукурудзяним крохмалем і має більш

високу пікову в'язкість, а також здатність зв'язувати воду – що є одною з причин перетворення в поп-сорго (взриву).

В якості сировини під час проведення досліджень було використано вітчизняні сорти червоного та білого сорго (рис.2.1), що були попередньо очищені від смітної і зернової домішки.



Рисунок 2.1 – Вітчизняні сорти червоного та білого сорго до НВЧ-обробки

Різний колір зерна сорго свідчить про наявність в ньому танінов, або проантоціанідіни, являють собою поліфенольні сполуки, які в основну чергу впливають на пігментну властивість зерна – колір. Вміст таніну в сорго зазвичай становить від 0,2 до 48,0 мг / м. Чим темніше насіннева оболонка, тим вищий вміст таніну, що може змінюється в залежності від сезону. [39]

Для дослідження використане зерно сорго, що попередньо розділене на фракції шляхом просіювання на решітних ситах з круглими отворами діаметром: 5,0 мм, 4,0 мм, 3,0 мм. Фракція зерна з найбільшими зернами (схід Ø4 мм) використовувалось в подальшому дослідженні, що забезпечує найбільший вихід поп-сорго [40]

Зерна сорго піддавалося НВЧ-обробці з нативною вологістю, що не зволожувало і не підсушувало зерно.

Для забезпечення бажаної вологості зерно сорго зволожували шляхом розпилення попередньо розрахованої кількості води та періодичне струшування зерна в тарі впродовж 1 хв для рівномірного розподілу вологи. Маса наважки зерна становила 30 г. Зволожене зерно зберігалось в скляній тарі, затягнутою харчовою плівкою та закритою кришкою, в темному приміщенні при 15-17° С протягом 48 год. Зерно періодично зважувалось до досягнення маси, яка відповідає бажаній вологості 15 %.

Для забезпечення приготування повітряного зерна сорго, використовували мікрохвильову піч (Samsung, Корея), максимальною потужністю яка становить 800 Вт та робочою частотою 2450 МГц (рис.2.2).



Рисунок 2.2 – Побутова мікрохвильова піч Samsung

У мікрохвильовій печі Samsung було зафіксовано більший вихід «зірваних» зерен за короткий час обробки і меншого значення потужності НВЧ-обробки, в порівнянні з іншими мікрохвильовками, що є на кафедрі. Також в даній печі було зафіксовано менший час початку процесу «зривання» зерен. Це пояснене тим, що в мікрохвильовій печі Samsung відбувається «чисте» НВЧ-опромінення зерна.

2.2 Методики визначення технологічних показників якості повітряного зерна

Визначення виходу повітряних зерен має важливе значення, так як цей показник вказує на кількість «зірваних» зерен під час НВЧ-обробки. Після проведення процесу поппінгу, повітряного зерна були виділені та підраховані. Зерна вважалися повністю «зірваними», якщо при візуальному огляді не було виявлено не повністю розкритих частин ендосперму. Вихід повітряного зерна, $V_{пз}$, % визначали за формулою (2.1):

$$V_{пз} = \frac{K_3}{K_3 + K_n}, \% \quad (2.1)$$

де $V_{пз}$ – вихід повітряного зерна, %;

K_3 – кількість «зірваних» зерен, г;

K_n – кількість «не зірваних» зерен, г. [41]

Визначення органолептичних показників якості повітряних зерен проводили згідно ГОСТ 15113.3-77. Для визначення органолептичних показників повітряного зерна сорго об'єднану пробу поміщають на білий лист та при розсіяному денному світлі або люмінесцентному освітленні встановлюють форму частинок, а після встановлення форми послідовно

визначають запах, смак і консистенцію на відповідність їх вимогам нормативної документації, що затверджені установленими порядками. [39]

Об'ємну масу повітряних зерен визначають методом, що ґрунтується на дослідженні маси продукту, що заповнює об'єм 1 дм³. Надлишок продукту обережно прибирають лінійкою, не допускаючи його ущільнення. Посудину з продуктом зважують з точністю до ±1 г і за різницею мас визначають об'ємну масу. За кінцевий результат беруть середньоарифметичне результатів п'яти паралельних визначень, розходження між якими не має перевищувати 3 г. Результати вказують з точністю до цілого числа. [40]

Визначення коефіцієнту розширення проводилось методом витісненого піску. В пластиковий циліндр об'ємом 50 мл заповнювали повністю прокаленим очищеним піском, стряхуючи для рівномірного розподілення. Після чого лінійкою знімали надлишок піску з країв циліндру. Далі пісок з циліндра висипали на білий аркуш паперу. В циліндр поміщали відібрані зерна в певній кількості (20 шт) та засипали попередньо відміряною кількістю піску.

При засипанні піску в циліндр, його струшували для забезпечення витіснення повітряних проміжків. Після чого лінійкою знову знімали надлишок піску. Надлишок піску з аркушу паперу пересипали в мірний циліндр невеликого об'єму, що дорівнював 5 мл та за допомогою мірного циліндра визначали об'єм витісненого піску. Отриманий об'єм витісненого піску дорівнює об'єму зерен сорго.

Подальшим етапом необхідно повторити вищеописані операції, тобто в пластиковий циліндр помістити відібрану кількість повітряного зерна. Отриманий об'єм витісненого піску дорівнює об'єму повітряного зерна.

Знаючи об'єм зерна сорго та об'єм повітряного зерна можна визначити коефіцієнт розширення за формулою:

$$K_p = \frac{V_{п.з}}{V_{п.з}} \quad (2.2)$$

де K_p – коефіцієнт розширення;

$V_{п.з.}$ – об'єм повітряного зерна, мл;

$V_{н.з.}$ – об'єм нативного зерна до НВЧ-обробки, мл.

Для визначення органолептичних показників об'єднану пробу поп-сорго поміщали на аркуш білого паперу та при розсіяному денному світлі встановлювали зовнішній вигляд, колір, запах, смак та текстуру на відповідність їх вимогам чинної нормативної документації. Результати органолептичної оцінки були зображені у вигляді профілограми та таблиці з загальними оцінками. [39, 43]

2.3 Методика визначення вмісту поліфенольних речовин

Кількісний вміст суми фенольних сполук в об'єктах, які досліджували, визначали різними методами, одним із таких способів є визначення суми дубильних речовин в перерахунку на танін.

На початку дослідження масу в 2 г попередньо роздрібленого зерна сорго розміщують в конічну колбу з вмістом 500 мл, заливають 250 мл нагрітої до кипіння води та киплять з обраним холодильником на електричній плитці понад 30 хв при періодичному переміщенні. Отриманий витяг охолоджують до кімнатної температури і фільтрують через вату в мірну колбу, місткістю 250 мл так, щоб частинки сировини не потрапили в колбу, 25 мл розчину додають до колби і додають води до певної мітки і розмішують.

Наступним етапом розчин з водою поміщають у конічну колбу вмістом 1000 мл, додають 500 мл дистильованої води та 25 мл розчину індігосульфокіслоті та титрують при постійному перемішуванні розчином калію перманганату 0,02 М до золотисто-жовтого окрашування.

Паралельно проводять контрольний досвід: у конічній колбу вмістом 1000 мл, додають 525 мл дистильованої води та 25 мл розчину

індігосульфокіслоті та титрують при постійному перемішуванні розчином калію перманганату 0,02 М до золотисто-жовтого окрашування.

Відповідно 1 мл розчину калію перманганату 0,02 М відповідає 0,004157 г дубильних речовин у перерахунку на танін.

Вміст сумарних речовин у перерахунку на танін визначають у відсотках за формулою:

$$X = \frac{V - V_1 * 0,004157 * 250 * 10000}{a * 25 * 100 - W}, \% \quad (2.3)$$

де X – вміст сумарних речовин у перерахунку на таніни, %

V – об'єм розчину калію перманганату 0,02 М, витраченого на титрування водного вилучення, мл;

V_1 – обсяг розчину калію перманганату 0,02 М, витраченого на титрування в контрольному досліді, мл;

0,004157 – кількість дубильних речовин, що відповідає 1 мл розчину калію перманганату 0,02 М (в перерахунку на танін), г;

a – наважка зерна сорго, г;

W – вологість зерна сорго, %;

250 – загальний обсяг водного вилучення, мл;

25 – об'єм водного вилучення, взятого для титрування, мл. [44, 45]

3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Визначення технологічних показників якості повітряного сорго із різних сортів

За мету дослідження повітряного зерна сорго, стало забезпечення території України якісними снеками, що в даний момент являється актуальним питанням в наші дні, дні смачного і здорового харчування.

В цьому розділі було розглянуто 21 вітчизняних сортів сорго (рис.3.1, 3.2 та 3.3), що було надані Синельниківською селекційно-дослідницькою станцією. Зерно що надійшло до лабораторії було засмічене та поїдене, це зумовлюється тривалим терміном зберігання, та те що зерно даної культури використовується для з годівлі тваринам.



Рисунок 3.1 – Сорго вітчизняних сортів

1 – Лан; 2 – Сват; 3 – Довіста; 4 – Ананас; 5 – Утлюг 2В; 6 – Дніпро39.

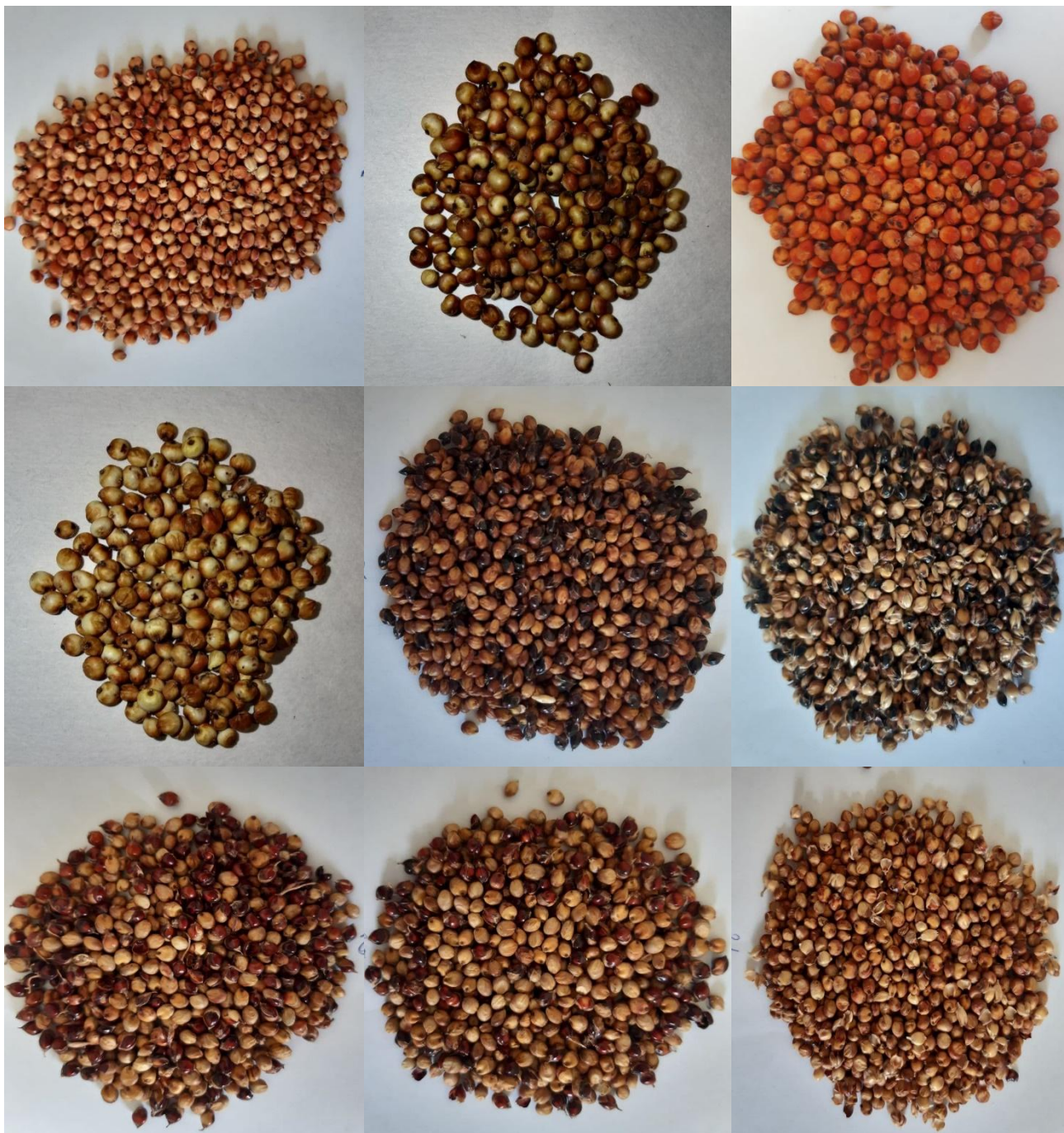


Рисунок 3.2 – Сорго вітчизняних сортів

7 – Самарант; 8 – Ярона; 9 – Кріпт; 10 – ДН1247; 11 – ДН 5Ф; 12 – 446;
13 – 449; 14 – 500; 15 – 501.

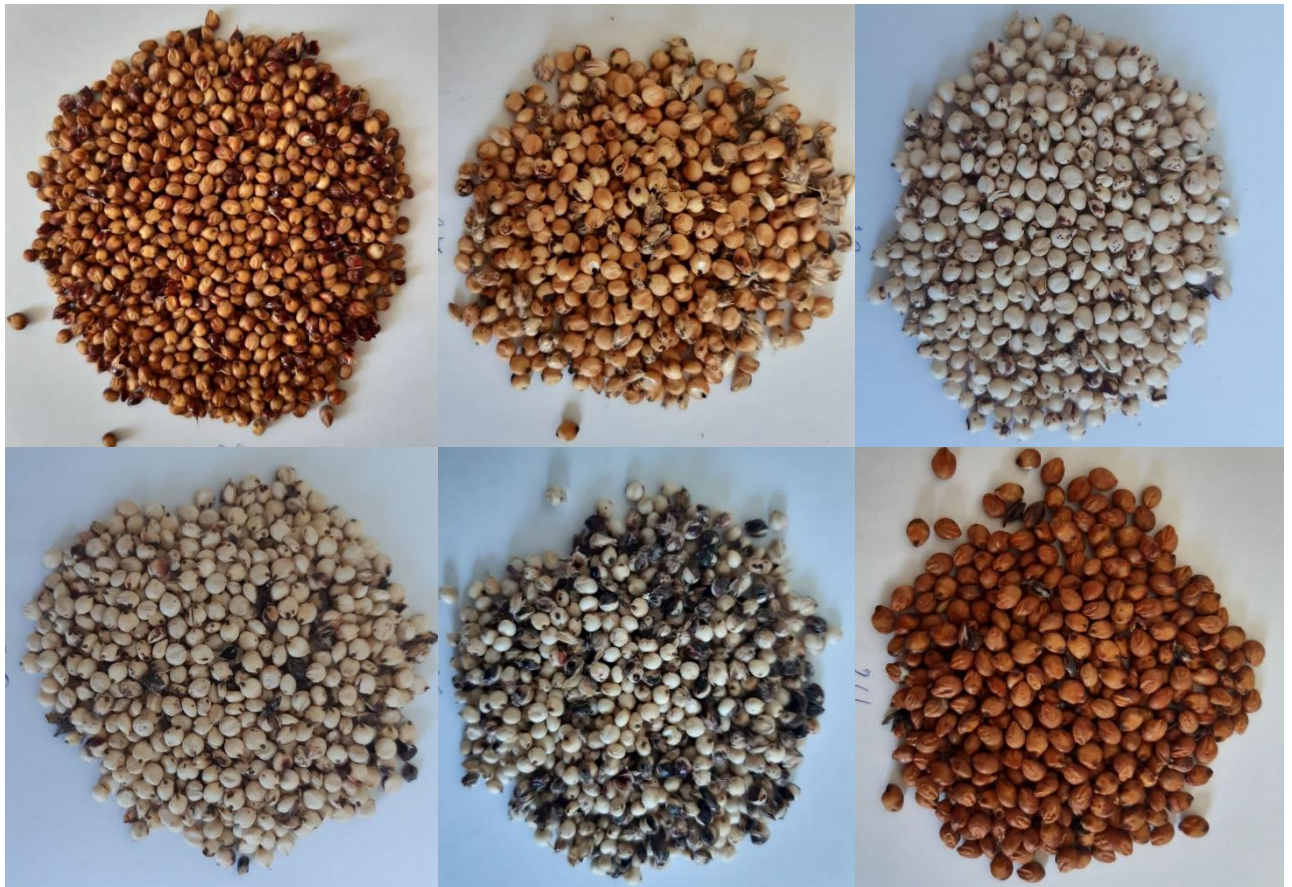


Рисунок 3.3 – Сорго вітчизняних сортів

16 – 502; 17 – Д314; 18 – Д326; 19 – Д338; 20 – Д340; 21 – F4.

З рисунків 3.1, 3.2 та 3.3 бачимо, що зерно деяких сортів дуже засмічене та зіпсовано шкідниками хлібних запасів, що могло вплинути на вихід повітряного зерна (прихована форма зараженості).

Початок роботи з такою сировиною було розпочато з проведення очищення та фракціонування, що несло великий вплив на вихід повітряного зерна. При визначенні потенційно перспективних сортів сорго, було використане зерно з середнім вмістом вологи 12 % та наважкою 5 г, що було обмежено склянню тарою об'ємом 250 мл. Дослідження проводились в мікрохвильовій печі Samsung з потужністю 700 W тривалістю 2 хв, параметри що були використовувані при дослідженні були експериментально підібрані вченими Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

При підсумковій оцінці виходу зерна 21 сортів сорго, було визначено 4 перспективних сорти «Сват», «Дніпро39», «Ярона» та «ДН 1247», що в подальшому піддавалися дослідженням, результати досліджень 21 сортів наведені в табл.3.1.

Таблиця 3.1 – Показники для оцінки 21 сортів сорго

Назва	Вологість зерна, %	Вихід повітряного зерна,%
Лан	11,1	32,1
Сват	10,8	34,6
Довіста	11,5	24
Ананас	10,6	7,9
Утлюг 2В	12,4	28,4
Дніпро39	12	32,1
Самарант	12,7	55,2
Ярона	13,6	55,8
Кріпт	12,6	23,1
ДН 1247	12,2	29,6
ДН 5Ф	13,6	12,3
496	13,3	7,9
499	11,3	9,4
500	13	10,1
501	11,5	15,7
502	13,1	7,4
Д 314	12,8	13,6
Д 326	13	8,3
Д 338	12,2	14,3
Д 340	12,6	9,9
F7	13,2	8,8

Отже, при аналізі даних табл.3.1, опираючись на вихід повітряного зерна вибираємо найбільші значення «Сват» – 34,6 %, «Дніпро39» – 32,1 %, «Ярона» – 55,8 % та «ДН 1247» – 29,6 %. При виборі цього значення бачимо що декілька сортів «Лан» – 32,1 % і «Самаранту» – 55,2 % мають більше вихід повітряного зерна ніж обрані сорти, це зумовлено тим що дослідження цих сортів було проведено. (71)

Дослідження вітчизняних сортів сорго, проводилися в трьох-п'яти повтореннях відповідно до вибраного рівня потужності (700 Вт) й вологості (15 %) зерна сорго певного сорту, що було попередньо зволожено, дані показники є оптимальними. За еталонний зразок було взято зерно сорго французької селекції – «Фулгус» з найвищим виходом повітряного зерна, понад 91 %. (72)

3.1.1 Визначення виходу повітряного зерна

Вихід повітряного зерна визначали як відношення кількості повітряного зерна до загальної кількості зерна в наважці. Отримані результати наведено на рис.3.4.

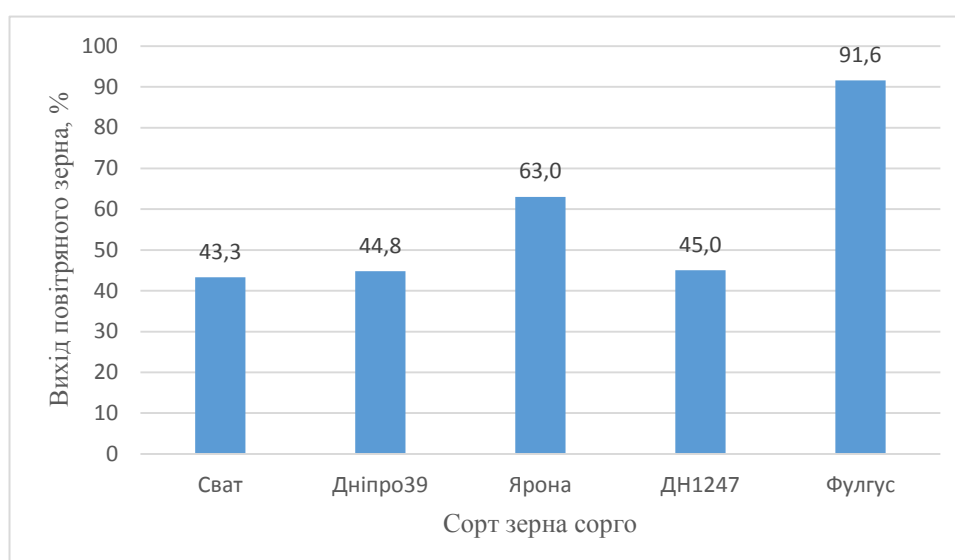


Рисунок 3.4 – Вихід повітряного сорго, отриманого методом НВЧ-обробки, із зерна різних сортів

Як видно з рис.3.4, найбільший вихід повітряного зерна мають сорти сорго «Фулгус» і «Ярона» – 91,6 % і 63,0 % відповідно. Сорти «Сват», «Дніпро39» та «ДН 1247» продемонстрували найменший вихід повітряного зерна, який склав від 43,0 до 45,0 %, що не достатньо для доцільного використання їх в промисловому виробництві.

3.1.2Визначення об'ємної маси

Показник об'ємної маси є якісним показником при оцінюванні процесу отримання повітряного зерна. Відповідно, чим менша буде об'ємна маса готового продукту, тим краще зерно розкривається, і відповідно тим більший об'єм готової продукції. Результати дослідження наведено на рис.3.5.

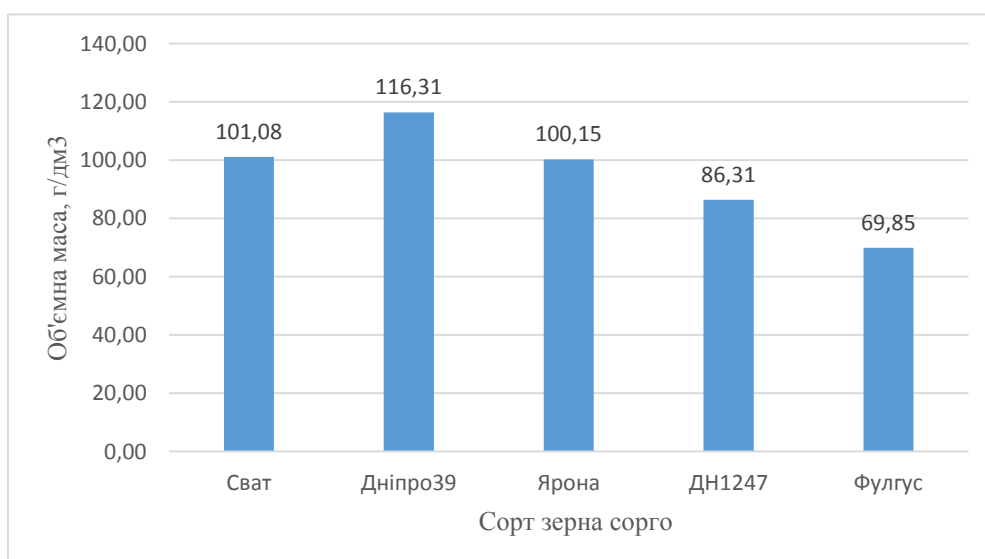


Рисунок 3.5 – Об'ємна маса повітряного сорго

Як видно з рис.3.5, найменший показник об'ємної маси повітряного зерна має сорт «Фулгус», який по виходу повітряного зерна перевищує інших. Для повітряного зерна «Дніпро39» зафіксовано найбільший показник об'ємної маси Загалом, даний сорт при вологості 15 % дає можливість отримати повітряне зерно з об'ємною масою 110 – 120 г/дм³.

3.1.3 Визначення коефіцієнту розширення

Коефіцієнт розширення також є важливим технологічним показником якості повітряного зерна, і показує в скільки разів збільшилася зернівка в результаті обробки. Показник об'єму визначали за методом витісненого піску. Результати дослідження наведено на рис.3.6.

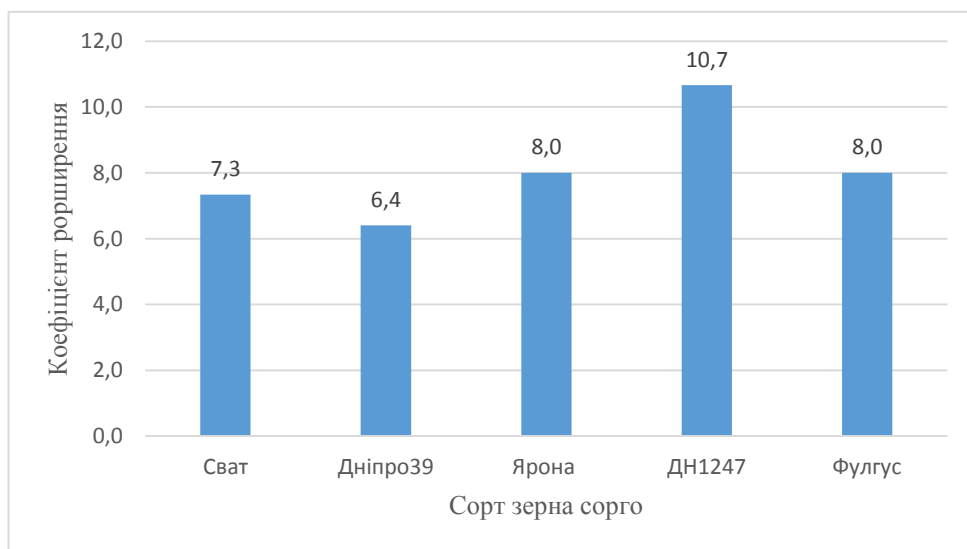


Рисунок 3.6 – Коефіцієнт розширення повітряного сорго

Як видно з рис.3.6, найменший показник коефіцієнту розширення повітряного зерна має сорт «Дніпро», який значною мірою менше від показників «Ярони» і «Фулгусу». Для повітряного зерна «ДН 1247» зафіксовано найбільший показник коефіцієнта розширення, що надав цьому сорту переваги порівнюючи з іншими.

Відмінності в технологічних властивостях досліджених сортів зерна зумовлені в першу чергу особливостями анатомічної будови зернівки, а саме структурою ендосперму, товщиною і щільністю насінневої оболонки. Таким чином, застосування НВЧ-обробки в технології повітряного зерна і таких сортів сорго, як «Фулгус» і «Ярона», здатне забезпечити високу ефективність виробництва і мінімізувати втрати продовольчих ресурсів.

3.1.4 Визначення органолептичних показників якості повітряного сорго із різних сортів

Визначення органолептичних показників якості повітряних зерен проводили на білому листі паперу при дневному світлі (рис.3.7), де встановлювали співвідношення об'єму сорго до і після НВЧ-обробки та оцінювали за такими показниками якості: зовнішній вигляд, колір, запах, смак та текстура.



Рисунок 3.7 – Загальний вигляд зерна сорго до і після НВЧ-обробки

1 – Сват; 2 – Дніпро39; 3 – Ярона; 4 – ДН1247; 5 – Фулгус.

Згідно рисунку 3.7 бачимо, що найбільш крупніші зерна серед аналізуючих сортів були у «Сват» і «Дніпро», що відносяться до білих сортів сорго, які згідно аналізу літературних джерел мають найбільший вихід і об'ємну масу. Зерна червоних сортів «Ярона», «ДН1247», «Фулгус» відрізняють від білих, тим що вони менші, але в них найбільший об'єм повітряного зерна сорго, що чітко видно на рисунку. Це суперечить дослідям, які були проведені іншими вченими з різними видами зерна (червоного та білого). [1, 4, 7, 9, 15]

Отримані зразки повітряного сорго було оцінено за п'яти основними показниками (рис.3.8) та розраховано загальну оцінку з урахуванням коефіцієнтів вагомості кожного показника (табл.3.2).

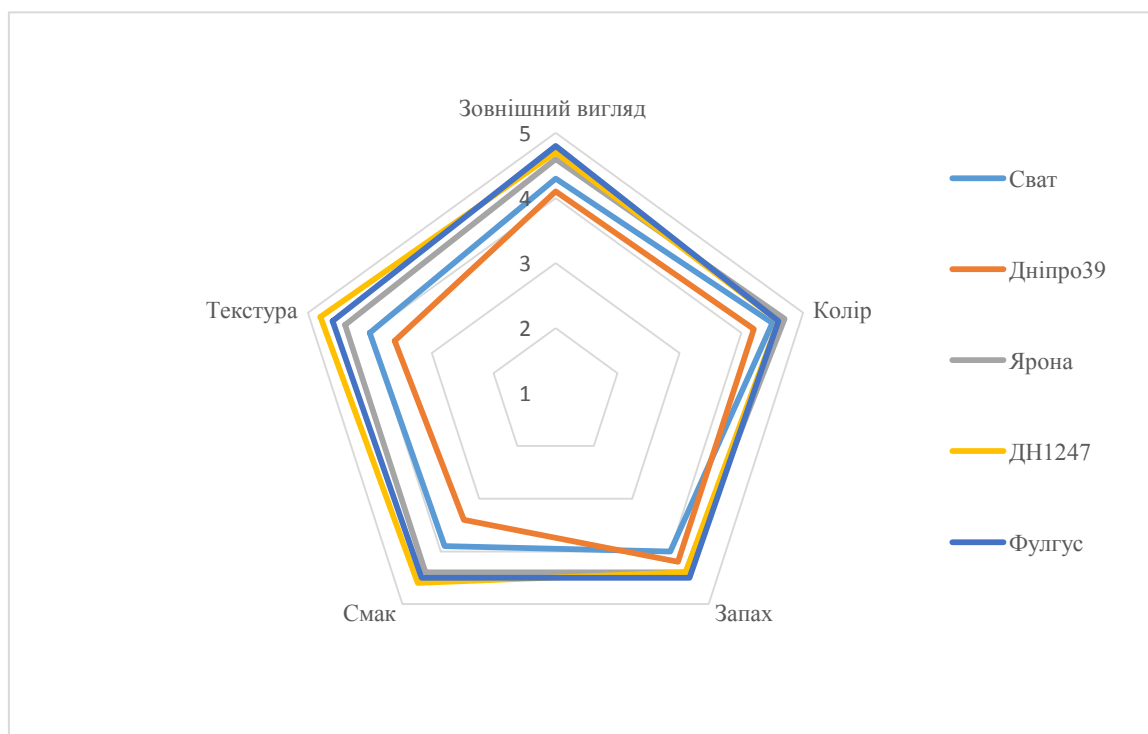


Рисунок 3.8 – Профілограма показників органолептичної оцінки

Як видно з рис.3.8, досліджувані зразки повітряного сорго майже всі відрізняються за кольором. Поп-сорго сорту «Фулгус» мав найкращий зовнішній вигляд ніж у інших сортів. Використання сорту «ДН1247» має переваги при отриманні сорго з найвищими показниками зовнішнього вигляду, смаку та текстури. Також бачимо, що сорт «Ярона» має перспективні показники органолептичної оцінки та не поступається повітряному зерну «Фулгус» та «ДН1247», що мають найвищі показники.

Загальна органолептична оцінка повітряного зерна сорго вітчизняних сортів зазначена на табл.3.2.

Таблиця 3.2 – Загальна органолептична оцінка повітряного сорго

Показники якості	Сорт сорго					Критерій значимості
	Сват	Дніпро39	Ярона	ДН1247	Фулгус	
Зовнішній вигляд	4,3	4,1	4,6	4,7	4,8	1,1
Колір	4,5	4,2	4,7	4,6	4,6	1,1
Запах	4,0	4,2	4,4	4,4	4,5	2,7
Смак	3,9	3,4	4,4	4,6	4,5	3,1
Текстура	4,0	3,6	4,4	4,8	4,6	2,0
Загальна оцінка	40,6	38,2	44,6	46,2	45,6	

Загальну органолептичну оцінку повітряного сорго вітчизняних сортів, можна побачити та загалом оцінити на графіку рис.3.9.

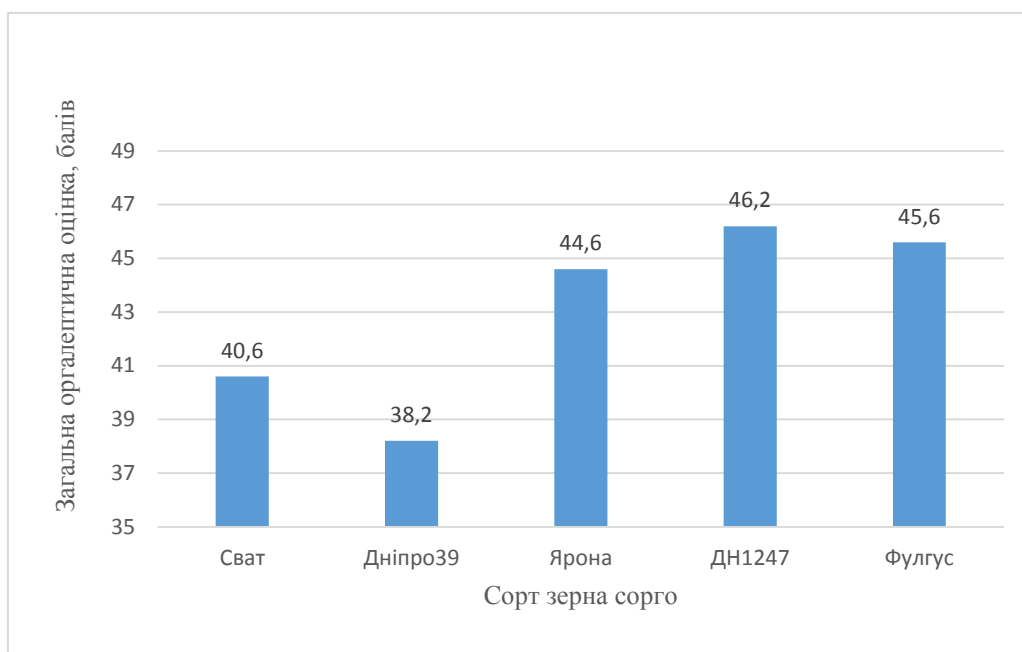


Рисунок 3.9 – Загальна органолептична оцінка повітряного сорго

За даними табл.3.2 та діаграми, бачимо що досліджувані зразки повітряного сорго «ДН1247» отримав найбільшу органолептичну оцінку серед досліджуваних сортів. Непогану загальну середню оцінку отримав сорт «Ярона», що має середні показники. Сорти «Сват», «Дніпро39» мають нижче оцінку і займають нижче значення серед досліджуваних сортів та мають приблизно рівну органолептичну оцінку.

3.2 Визначення впливу НВЧ-обробки на вміст поліфенольних речовин

Таніни – високомолекулярні генетично пов'язані між собою природні фенольні сполуки, що мають дубильні та в'язучі властивості. Це похідні пірогалолу, пірокатехіну, флороглюцину

Таніни, як і багато речовин фенольної природи, відносяться до антипоживні речовин, вони можуть чинити негативний вплив на організм, знизити перетравність поживних речовин. Крім того, таніни володіють позитивними властивостями – осаджують отруйні алкалоїди та солі важких металів. [46]

Через особливості взаємодії НВЧ-енергії з харчовою сировиною і продуктами сушка у НВЧ-полі забезпечує рівномірний нагрів продукту, тим самим істотно знижуються втрати поживних речовин і в першу чергу вітамінів. Теплова обробка дозволяє знизити вміст танінів в зерні сорго в 3 рази. [47, 48].

У роботах вчених було досліджено вплив різних режимів обробки топінамбуру, селери, пастернаку, різних сортів білого коренеплоду, яблук НВЧ-струменями на вміст танінів, знизити їх до 87 % та зберегти L-аскорбінову кислоту на 64,6 та 65,0 %. Також спостерігалось зниження активності поліфелоксидази в 20 разів. [49, 50]

При впливі термічної обробки на зерна сорго, було досліджено що при НВЧ-обробці руйнується не велика кількість поліфенольних речовин, майже 10 %. [7]

Підсумовуючи дані що наведені вище треба зауважити, що вміст поліфенолів при термічній обробці падає в середньому на 90 %. При НВЧ-обробці ми спостерігаємо лише зниження на не значні кількості 10-15 % від загальної кількості їх в цілому зерні. [28]

Дослідження вмісту танінів вітчизняний сортів сорго зображено на рис.3.10.

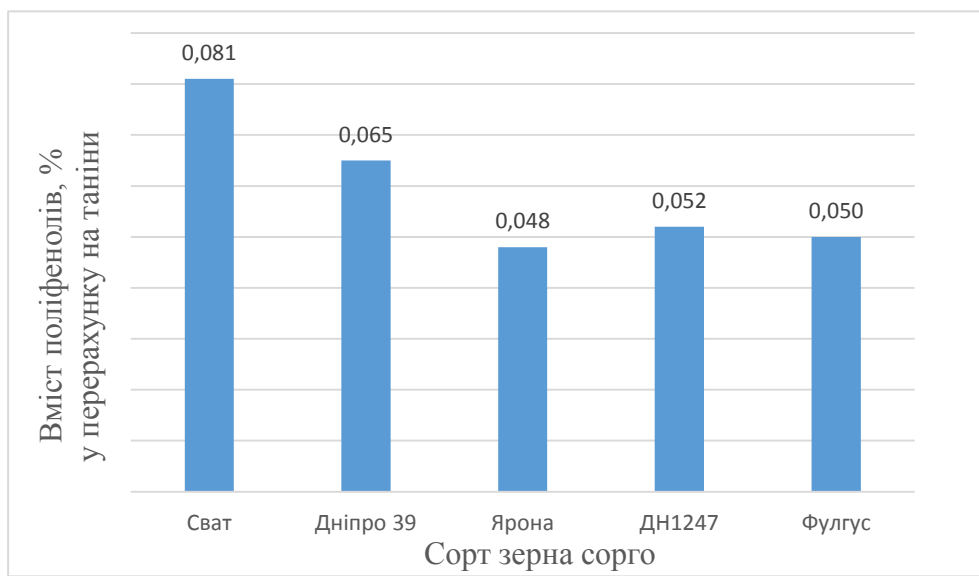


Рисунок 3.10 – Вміст танінів в вітчизняних сортів сорго

Згідно даних наведених на рис.3.10, досліджувані зразки зерна сорго відрізняються за своїм вмістом танінів. У білих сортів «Сват» і «Дніпро» міститься найбільша кількість танінів 0,081 і 0,065 % відповідно. Що стосується червоних сортів «Ярона», «ДН1247» і «Фулгус» бачимо, що вони мають майже однакову кількість, в середньому вона складає 0,05 %.

Порівнюючи дані досліджуваних зразків вітчизняних сортів сорго та дані іноземних вчених, треба сказати, що Українські селекції сорго мають інші особливості, зерно білих сортів має більше танінів ніж у червоного, а в іноземних дослідженнях навпаки, сорго червоних сортів має більший вміст танінів.

3.3 Порівняння характеристика вітчизняних сортів сорго і соризу

Метою проведення порівняльної характеристики було виявлення оптимальних показників виходу повітряного зерна, що відноситься до кількісних і якісних характеристик зернової сировини, та має важливу роль для економічної сторони підприємства, його прибутковість.

Сориз (сорго рисоподібне) – це культура, яка була виведена українськими селекціонерами шляхом селекції різних сортів сорго з диким рисом. В результаті сориз отримав більш високі можливості вирощування в посушливих регіонах країни та набув якісних показників, таких як скловидність і міцність ендосперму.

Зерно соризу, що досліджувалося було зумовлено цими показниками (скловидністю, міцністю ендосперму) та мало відповідний колір і розмір зерен (рис.3.11).

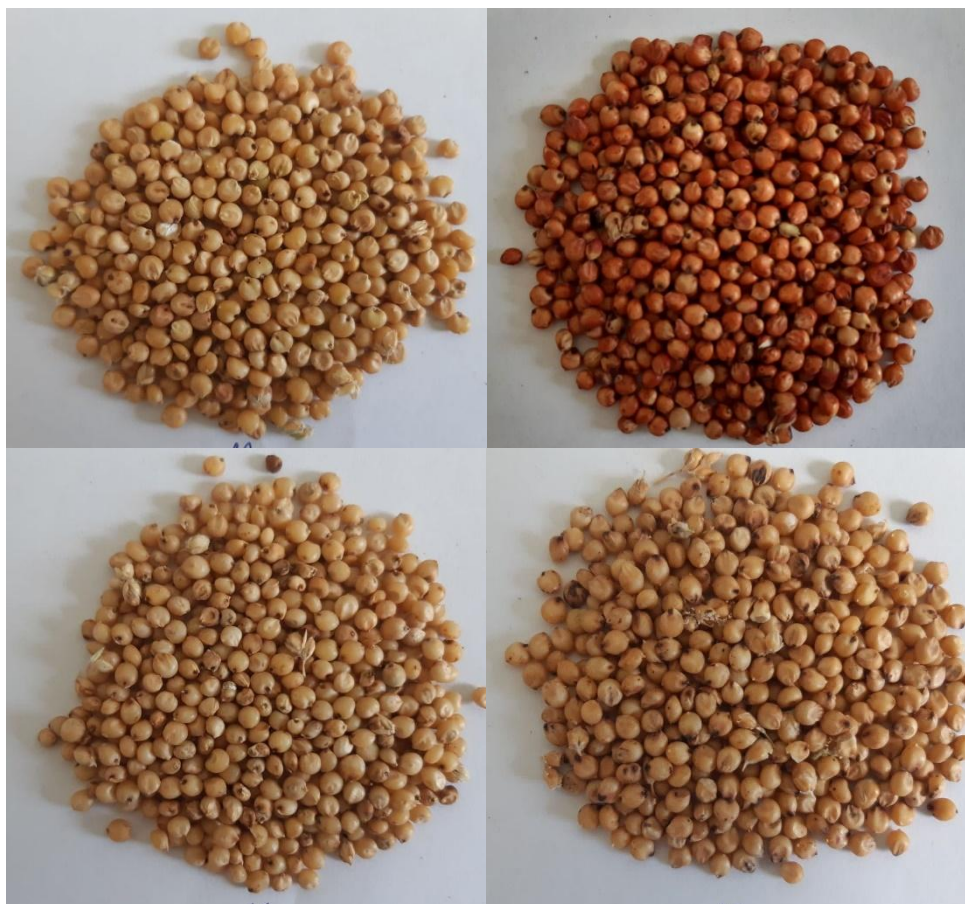


Рисунок 3.11 – Загальний вид досліджуваних сортів соризу

1 – Деймос; 2 – Вересень; 3 – Октан; 4 – Європа

Як видно з рисунку 3.11, зерно соризу має округлу форму з однією плоскою поверхнею, що притаманна зерну сорго (*Sorghum bicolor*) та майже всі сорти мають жовтувато білий колір.

Згідно з літературних джерел білі, великі зерна сорго мали найкращі показники міцності, скловидності, середньої товщини перекарпу, що мали великий вплив на вихід повітряного зерна. [4, 7]

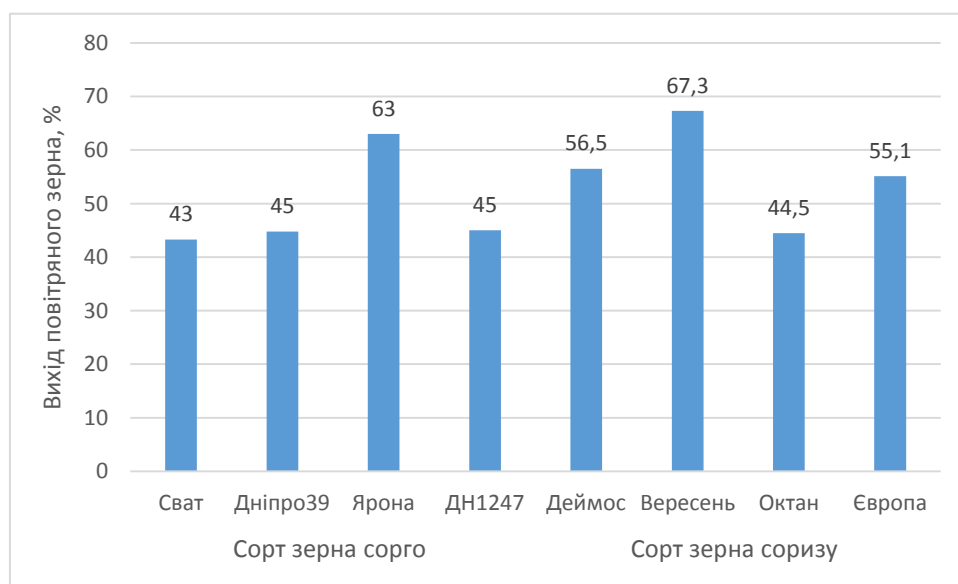
Порівняльні фізико-хімічні показники якості досліджуваного зерна сорго і соризу до НВЧ-обробки, з урахуванням наведених в табл.3.3.

Таблиця 3.3 – Фізико-хімічні показники якості зерна сорго і соризу

Сорт	Показники якості		
	Вологість, %	Натурна маса, г/л	Маса 1000 зерен, г
Сорго «Сват»	10,8	790,0	29,0
Сорго «Дніпро39»	12,0	705,0	17,0
Сорго «Ярона»	13,6	795,0	22,0
Сорго «ДН1247»	12,6	772,0	26,0
<u>Середнє значення</u>	<u>12,3</u>	<u>765,5</u>	<u>23,5</u>
Сориз «Деймос»	11,8	777,0	36,0
Сориз «Вересень»	11,6	760,0	31,0
Сориз «Октан»	11,6	757,0	29,0
Сориз «Європа»	11,8	772,0	35,0
<u>Середнє значення</u>	<u>11,7</u>	<u>766,5</u>	<u>32,7</u>

За даними на табл.3.3 бачимо, що зерно сорго і соризу мають схожі середні значення натурної маси, що ставить приблизно 766 г/л і дуже різну середню масу 1000 зерен, для сорго середнє значення нижче на 30 % ніж для соризу, це зумовлюється тим, що зерно соризу крупніше та має щільнішу оболонку.

Повітряне зерно соризу отримували згідно з вище встановленими методиками та параметрами вологості зерна 15 %, потужність мікрохвильової



печі 700 Вт тривалістю 150 с. Порівняльні результати виходу повітряного зерна сорго і соризу, наведені на рис.3.12.

Рисунок 3.12 – Вихід повітряного зерна сорго і соризу

Як видно з рис. 3.12 серед досліджуваних сортів сорго і соризу найменший вихід повітряного зерна склали сорти «Сват» та «Октан» – 43-45 %. Для сортів соризу Європа та Деймос спостерігається середні значення виходу, що на 19 % більші, ніж у інших сортів. Було встановлено, що в результаті НВЧ-обробки сорго і соризу найбільший вихід повітряного зерна досягли при використанні зерна сорту «Ярона» – 63 % та «Вересень» – 67 %.

Отримані результати досліджень порівняльної характеристики свідчать про можливість використання зерна соризу вітчизняної селекції в якості сировини для виробництва поп-сорго. Серед досліджених сортів соризу для промислового виробництва повітряного продукту найбільш доцільним є використання зерна сорту Вересень.

3.4 Шляхи комерціалізації розробки

Основною вимогою для впровадження харчового продукту є його прийнятність людьми та забезпечення високою поживною цінністю. В основному Українські підприємства не звертають уваги на поживну цінність, а виробляють ті продукти, що набули прийнятності та мають великі об'єми продажів. Але в сучасному світі все змінюється, велика кількість населення переходить на здорове харчування, що зумовлює ріст асортименту продукції.

Для комерціалізації розробки було впроваджено дослідження з виявлення цільової аудиторії та визначеності потенційного ринку в Україні. Тематикою проведених досліджень представлено виробництво безглютенового біологічно цінного снеку з поп-сорго для свідомих споживачів, які дотримуються здорового харчування.

Цільовою аудиторією дослідження було обрано такі вікові категорії: школярі (12-17 років), студенти (18-23 роки), молоді батьки (24-35 років).

Для початку дослідження було створення електронне опитування в вигляді анкетування, що включало 11 питань (додаток 1). Опитування було проведено на базі Дніпровського Державного аграрно-економічного університету, різних факультетів.

Сумарна кількість людей, що прийняла участь в анкетуванні склала 329 респондентів. З обробки даних 11 питань, які були представленні студентами, виявили:

- студенти університету віком 17-25 років, переважна більшість з них – жінки.
- 57% опитаних ходять в кінотеатр регулярно (від 1 разу на тиждень до 1 разу на місяць).
- 79% регулярно купують попкорн, 83% купують середній або малий.
- 21% опитаних купують попкорн в магазині 1 раз на місяць.

- 89% не дотримуються безглютенowego харчування, але 62% хотіли би спробувати поп-сорго снеки.

При визначеності потенційного ринку в Україні було проведено дослідження з оцінкою цін на попкорн, шляхом визначення середньої вартості попкорну в магазинах та продажах їх в кінотеатрах.

Результатами визначення було встановлено, що середня ціна попкорну в магазинах (в готовому вигляді та в вигляді обробленого зерна) становить 30 грн. В кіно мережах «Multiplex», «Кіно Тема», «Міст-кіно», «Правда-кіно», вартість була більша на 33 % і становила 90 грн з урахуванням об'єму упаковки.

Визначений мінімальний обсяг ринку в м. Дніпро, який враховує лише клієнтів-студентів: 3 млн. грн./рік (роздрібна мережа) + 40,9 млн. грн. (продаж через кінотеатри).

Згідно результатів досліджень цільової аудиторії та визначеності потенційного ринку в Україні, можна судити про актуальність тематики дипломної роботи та впровадження її в життя.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЕДІЯЛЬНОСТІ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

На сучасному етапі науково-технічного розвитку нашої України питання охорони праці на підприємствах є одним із найактуальніших.

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, лікувально-профілактичних та санітарно-гігієнічних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. [51, 59]

Належна організація охорони праці, що відповідає вимогам нормативно-правових актів, є основним заходом профілактики та запобігання виробничому травматизму й професійній захворюваності.

Основним законодавчим актом, що регулює організацію охорони праці на підприємстві, є Закон України «Про охорону праці». Його дія поширюється на всіх юридичних і фізичних осіб, які використовують найману працю і на всіх працюючих загалом. [52, 53]

Кожним трудовим договором передбачаються зобов'язання роботодавця до забезпечення найманих працівників безпечними умовами праці (рис.4.1). Службам охорони праці доцільно складати план роботи на 1–3 роки, який повинен бути узгоджений з роботодавцем. [52, 53, 54]

З цією метою власник забезпечує функціонування системи управління охороною праці, що несе відповідальність за порушення вимог з охорони праці на підприємстві. [55]

Роботодавець – це власник підприємства, лабораторії, організації або уповноважений ним орган, незалежно від форм власності, виду діяльності, господарювання, що використовує найману працю з працівником.

Працівник – це особа, яка працює на підприємстві, лабораторії, в організації чи установі, що виконує обов'язки або функції згідно з трудовим договором. [51, 54]

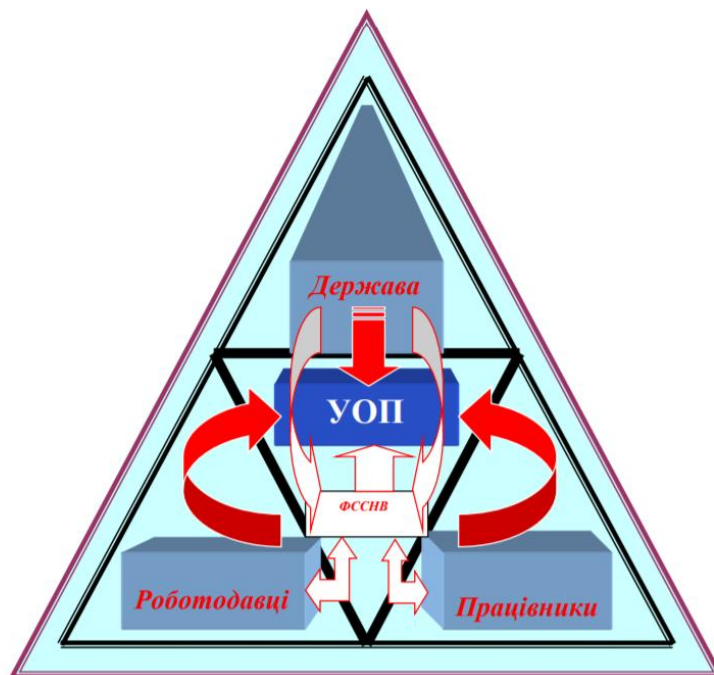


Рисунок 4.1 – Комплексне управління охороною праці [57]

Обов'язок власника відносно розробки та затвердження документів, що повинні встановлювати правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, лабораторіях, на будівельних майданчиках, у виробничих приміщеннях і робочих місцях. Інструкції і інша документація з охорони праці розробляються на підставі положень законодавства з охорони праці, типових інструкцій та технологічної документації підприємства з урахуванням його виду діяльності. [52, 55, 56]

4.1 Дослідження стану охорони праці на підприємстві

Особливу увагу необхідно приділити службі охорони праці підприємства, лабораторії для проведення вступного інструктажу з питань охорони праці. Начальникам цехів, лабораторій, керівникам структурних

підрозділів забезпечити проведення всіх необхідних інструктажів, організувати навчання безпечним методам і прийомам виконання робіт, наданню першої допомоги потерпілим.

Інструктаж з охорони праці і організація стажування має за мету надати працівникам необхідних знань, вмінь і навичок по правильному і безпечному виконанню робіт на дорученій посадах перед допуском до самостійної роботи з ними. [57]

Харчова промисловість виконує сполучну роль між сільським господарством і споживачем. Її підприємства переробляють зерно, фрукти, овочі, м'ясо, молоко і поставляють готову продукцію на підприємства торгівлі і громадського харчування. Технологічні процеси харчових виробництв супроводжується великими тепло- та волого-виділеннями, часто мають значний рівень шуму і вібрації. Окремі операції не виключають попадання в повітря виробничих приміщень пилу, газів і парів, що мають шкідливий вплив на організм людини.

Застосування легкозаймистих, горючих рідин і матеріалів істотно підвищує пожежо- і вибухонебезпечність харчових виробництв. Багато підприємств харчової промисловості оснащені високоомеханізованим і автоматизованим обладнанням з програмним управлінням. У зв'язку з цим збільшується потенційна небезпека виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій. [58]

Безпека виробничих процесів забезпечується, політикою підприємства, спрямовану на застосування технічно-справного обладнання та устаткування (мікрохвильова піч). А також, допуск до роботи працівників, які пройшли навчання, інструктаж з питань охорони праці. [57]

Потенційно небезпечний об'єкт – це об'єкт підвищеної небезпеки відповідного класу; у разі, коли значення сумарної маси небезпечної чи декількох небезпечних речовин, що виготовляються чи переробляються на об'єкті, перевищує встановлений норматив порогової маси.

На робочих місцях користувачів НВЧ-енергії формується дуже складна електромагнітна обстановка, що зумовлено наявністю одночасно багатьох джерел електромагнітного випромінювання (магнітрон, системних блоків, дисплеїв різних приладів, пристрої введення та виведення інформації, що використовуються в підприємствах та лабораторіях), частотний спектр яких знаходиться у діапазоні від 0 Гц до 3 ГГц.

Несприятливий вплив електростатичного поля проявляється і в тому, що воно здатне притягувати до робочого місця користувача НВЧ-обладнанням пил, бруд та інші частки, які присутні навколо нього в повітрі робочої зони і це може призвести до спалаху.

Джерелом запалювання може бути нагріте тіло (зерно при НВЧ-обробці) чи інше обладнання яке має підвищені температури. Прикладом є екзотермічний процес, який здатний нагріти деякий об'єм горючої суміші до температури, коли швидкість тепловиділення ініційованого нагрівом процесу окислення перевищує швидкість тепловідводу із зони реакції (таке обладнання використовують на сучасних консервних підприємствах). [58]

4.2 Аналіз виробничого травматизму та захворювань, причини їх виникнення

Важливою вимогою в забезпеченні безпеки виробництва є проведення професійного відбору, де передбачається оцінка професійної придатності працівників до відповідних професій чи спеціальностей. Обов'язкові попередні і періодичні медичні огляди проводяться для робітників, зайнятих на важких роботах, роботах з шкідливими або небезпечними умовами праці чи роботах, на яких вимагають професійного відбору, щорічно проходять медичні огляди робітники в віці 21 року. [57]

Успішна профілактика виробничого травматизму та професійної захворюваності можлива лише за умов ретельного вивчення причин їх виникнення. Для полегшення цього завдання прийнято поділяти причини

виробничого травматизму і професійної захворюваності на такі основні групи: організаційні, технічні, економічні, санітарно-гігієнічні, психо-фізіологічні. [59]

Дотримання санітарних норм робочого місця на підприємстві та в лабораторії є важливим чинником по профілактиці травматизму і проф-захворювань. На робочому місці регулярно потрібно здійснювати контроль стану виробничої зони. Необхідно проводити інструментально-лабораторні дослідження умов праці на конкретних робочих місцях з визначенням шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища і трудового процесу (рис.4.2). [57]



Рисунок 4.2 – Фактори безпеки на підприємстві [55]

Обов'язки працівника щодо додержання вимог нормативно-правових актів з охорони праці згідно Закону України «Про охорону праці», відповідно до якої працівник зобов'язаний:

- піклуватися про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку чи здоров'я оточуючих людей, що взаємодіють з вами в процесі виконання будь-яких робіт, чи під час перебування на території підприємства;

- знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правила поводження з машинами, устаткуванням, механізмами та іншими засобами виробництва, використовувати засоби колективного та індивідуального захисту;

- проходити попередні та періодичні медичні огляди.

Слід пам'ятати, що робітник несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог. [55, 56]

На керівника також покладені обов'язки з розслідування та обліку нещасних випадків і професійних захворювань, вивчення причин, що могло бути причиною негативних наслідків виробничого травматизму. [60]

Розподіл травм за ступенем тяжкості здійснюється згідно з існуючим класифікатором, затвердженому наказом МОЗ України. Які поділяють за ступенем тяжкості травми розподіляються на категорії: тяжкі і легкі.

До легких травм відносяться травми, при яких мають місце:

- розлади здоров'я з тимчасовою втратою працездатності тривалістю до 60 днів;

- ушкодження, що не вказані в приведеному нижче переліку травм, які мають тяжкі наслідки.

Перелік травм, що мають тяжкі наслідки:

- втрата зору, мови чи слуху;

- втрата якого-небудь органу або повна втрата його функції (при чому втрата найважливішої у функціональному відношенні частини кінцівки (кисті або стопи) прирівнюють до втрати руки або ноги);

- психічні розлади;

- втрата репродуктивної здатності;

- невиправне понівечення обличчя. [54, 59]

На підприємстві та лабораторіях потрібно дотримуватися графіків проходження медичних оглядів – це є одним із основних вимог профілактики виробничих захворювань і дотримання санітарних норм в харчовій промисловості.

Періодичні медичні огляди робітників підприємства чи організації проводять безпосередньо за списками, по професіях. Медичні огляди проводяться відповідними закладами охорони здоров'я, робітники яких несуть відповідальність згідно із законодавством за відповідність медичного висновку фактичному стану здоров'я робітника. [56, 54]

Ступінь шкідливості умов праці встановлюють за величиною перевищення граничнодопустимих концентрацій шкідливих речовин; залежно від величин перевищення чинних нормативів шуму, вібрації, інфра- та ультразвуку; класом та ступенем шкідливості чинників біологічного походження; за величиною перевищення граничнодопустимих рівнів електромагнітних полів та випромінювань (наприклад при НВЧ-оброці харчових продуктів); за показниками природного та штучного освітлення; за величиною недодержання необхідної кількості іонів повітря і показника їх полярності. [54]

4.3 Вимоги безпеки при НВЧ-обробці зернової сировини

Перед початком роботи нового працівника, керівник підприємства згідно з закону зобов'язаний проінформувати його під розпис про умови праці, наявні на його робочому місці, про небезпечні чи шкідливі виробничі фактори, що не було усунуто й про можливі наслідки їх впливу на здоров'я, а також про можливі пільги та компенсації за роботу в таких умовах (видання на підприємствах молока, тощо). [52]

При прийнятті на роботу всі працівники повинні за рахунок власника підприємства чи організації пройти вступний інструктаж, навчання, перевірку знань, первинний інструктаж на робочому місці, стажування і набуття навичок безпечних методів праці. Тільки після цього працівники допускаються до самостійної роботи. Вступний інструктаж проводить спеціаліст з охорони праці, а первинний проводиться керівником працівника.

Надалі з робітниками повинні проводитися повторні інструктажі (раз на квартал або раз на півріччя), позапланові (при зміні правил охорони праці, зміни в обладнанні чи при порушенні правил охорони праці) та цільові інструктажі (зокрема, при разових роботах, взаємопов'язаних чи не пов'язаних зі спеціальністю). Інформація про проведення інструктажів вноситься до відповідних журналів з підписом того, кого інструктували, так і того, хто інструктував. [52, 61]

4.3.1 Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком виконання робіт на підприємстві чи лабораторії, використовуючи надвисокочастотне обладнання потрібно пройшли медичні обстеження, вступний інструктаж, інструктаж на робочому місці з вивченням безпечних методів та прийомів виконання цих робіт і бути допущені до виконання їх самостійно, безпосередньо тим, хто інструктував.

В інструктаж на робочому місці входить такі вимоги:

- до роботи з мікрохвильової печі слід уважно ознайомитися з інструкцією по експлуатації;
- встановлення печі на горизонтальній, рівній поверхні, досить міцною для того, щоб витримати вагу печі;
- перевірити наявність і цілісність ручок пакетних перемикачів мікрохвильовій печі, а також справність вилки і надійність під'єднання мережевого шнура до заземленої розетки;
- переконатися, що вентиляційні отвори мікрохвильової печі не закриті тканиною або папером;
- звернути увагу на дверцята печі, які повинні надійно закривалися та мати повноцінне ущільнення, петлі дверцят не зламані або ослаблені. [62]

4.3.2 Вимоги безпеки під час виконання робіт

При роботі з мікрохвильовою піччю дотримуються таких вимог:

- мікрохвильова піч (НВЧ-піч) повинна мати спеціальну систему захисту, що перешкоджає поширенню електромагнітних хвиль: щільно прилягаючі дверцята, які не пропускають електромагнітні хвилі, і скло із захисною сіткою;
- при закладанні сировини в камеру НВЧ-печі слід дотримуватися відстані близько 2 см від стінок, щоб уникнути іскроутворення;
- ні при яких обставин не можна намагатися користуватися піччю при відкритих дверцятах, псувати блокувальні контакти чи вставляти щонебудь в отвори блокувальних контактів;
- для виробництва продукту (повітряного зерна сорго) в НВЧ-печі дозволяється використовувати посуд з кераміки, скла і фарфору;
- для попередження вибуху через зростання тиску при підігріві продуктів: у банках, посудинах в герметичній або вакуумній упаковці необхідно зняти кришку;
- виймаючи посуд з НВЧ-печі дотримуватися особливої обережності, щоб не отримати опік – використовувати товсті рукавиці, прихватки;
- під час і після закінчення процесу виробництва продукту не можна торкатися до нагрівальних елементів або внутрішніх стінок печі;
- не допускається контакт займистих матеріалів з будь-якими внутрішніми поверхнями печі. [62, 63]

4.3.3 Вимоги безпеки після закінчення роботи

При закінченні роботи з будь-яким обладнанням треба пам'ятати, що виробничий процес ще не закінчився і треба дотримуватися певних вимог:

- Необхідно відключити НВЧ-піч від мережі;
- Слід очистити мікрохвильову піч від забруднень;
- Зняти з себе спецодяг і вимити руки з милом;
- При наявності зауважень в роботі мікрохвильової печі повідомити керівника. [62, 63]

4.4 Електробезпека

Дія електричного струму на організм людини може бути тепловою (опік), механічною (розрив тканин), хімічною (електроліз) і біологічною (скорочення м'язів, параліч дихання і серця).

Наслідки ураження людини електричним струмом залежить від ряду фізичних факторів: електричного опору тіла людини, шляху протікання струму, величини і роду струму, частоти струму, тривалості дії, величини напруги, стану навколишнього середовища, стану людини. Опір тіла людини залежить від стану шкіри (товщини, вологості) і навколишнього середовища (вологості і температури).

Небезпека ураження зменшується, струм високої частоти викликає тільки опік, хоча не вражає внутрішні органи, тому що має місцевий поверхневий ефект. Важливе значення на результат ураження людини має тривалість дії струму. Час, протягом якого електричний струм може викликати смертельний результат не перевищує долі секунди.

Безпечний час дії знаходиться в межах 0,01 с для змінного струму частотою 50-60 Гц, а для постійного струму 0,02-0,05 с. На результат ураження впливає також шлях струму в тілі людини. Найбільш небезпечний шлях вздовж осі тіла (рука-нога, рука-рука). Результат ураження залежить від фізичного і психічного стану людини.

Величина напруги, прикладеної до тіла людини залежить від виду дотику: одно- або двополюсного. При цьому напруга порядку 127-500 В, яка

застосовується в силових і освітлювальних електроустановках є небезпечною для людини.

Безпека робіт з електроустановками залежить від електричної схеми і виробничих параметрів електроустановки, навколишнього середовища номінальної напруги і умов експлуатації. Електроустановки можуть розташовуватися в закритих приміщеннях, що поділяються на три категорії: з підвищеною небезпечністю, особливо небезпечні і без підвищеної небезпечності.

Приміщення з підвищеною небезпечністю характеризуються наявністю в них умов, що створюють підвищену небезпечність:

- сирість, вологість (відносна вологість перевищує 75 %) чи наявність струмопровідного пилу;
- струмопровідних підлог (металевих земляних, цегляних, залізобетонних);
- високої температури (вищої за 35 °С); можливості одночасного дотику людини до металоконструкцій споруд, механізмів, технологічних апаратів, що мають з'єднання з землею з одного боку і металевим корпусом обладнання з іншого боку. [64]

4.5 Електромагнітні поля надвисоких частот (НВЧ-обробка)

Надвисокочастотні електровакуумні прилади – магнетрони, які є джерелом НВЧ-енергії, знайшли широке застосування в харчових технологіях (застосування на підприємствах по переробці та зберіганні зерна, консервних підприємствах ті інше).

Кожний тип випромінювання має особливості фізичного характеру і біологічної дії. Ступінь негативної дії електромагнітних полів НВЧ залежить від інтенсивності опромінення, часу його дії, відстані до джерела, довжини хвилі і індивідуальних особливостей людини. Надвисокочастотна енергія, що потрапляє на поверхню тіла людини, частково відбивається, а поглинена енергія проходить у поверхневі тканини.

З метою запобігання профзахворювання при роботі з генераторами НВЧ-енергії визначені граничнодопустимі рівні опромінення надвисокочастотною енергією на робочих місцях. Електромагнітне поле характеризується двома нерозривно пов'язаними складовими: електричною та магнітною.

Тому в діапазоні НВЧ для кількісної оцінки опромінення електромагнітними полями прийнята інтенсивність опромінення, яка виражається у величинах густини потоку середньої потужності в просторі даної ділянки. [65] Усі надвисокочастотні установки мають бути обладнані таким чином, щоб на робочих місцях і в місцях ймовірного знаходження працюючих інтенсивність опромінення в діапазоні частот 60 кГц – 300 МГц не перевищувала наступні граничнодопустимі значення.

При експлуатації НВЧ-обладнання всередині виробничих приміщень зниження напруженості електромагнітного випромінювання досягається такими методами:

- захист часом – це обмеження часу перебування людини в електромагнітному полі;
- захист відстанню застосовується при неможливості послабити інтенсивність опромінення;
- добре виконане екранування джерела і усунення нещільності у фланцевих з'єднаннях, зазорів у обшивці корпусів, фідерів, , нещільних електричних контактів;
- проведення дистанційного контролю й управління роботою передавачів з екранованого приміщення;
- засобами індивідуального захисту.

Для антенних полів радіоцентрів складається карта напруженості електромагнітних полів з відміткою місць, де напруженість не перевищує ГДР і ставиться знак «Проходити тут». Відповідальні посадові особи мають слідкувати за часом перебування працівників у місцях, де існує підвищене електромагнітне опромінення. [64,65]

4.6 Вимоги безпеки в надзвичайних та аварійних ситуаціях

Як свідчить аналіз надзвичайних ситуацій за останні 5-8 років, значна кількість різноманітних надзвичайних ситуацій виникає на об'єктовому рівні. До нього належать й невеликі (малі) підприємства, лабораторії, організації, заклади.

Від ефективності розроблення та впровадження в життя заходів із запобігання та ліквідації надзвичайної ситуації в разі її виникнення залежатиме життя та здоров'я персоналу та відвідувачів цих підприємств і розміри заподіяної шкоди. [63]

При виникненні будь-якої несправності в роботі НВЧ-печі, а також при порушенні захисного заземлення її корпусу, ізоляції кабелю живлення роботу слід негайно припинити і вимкнути електроприлад від електромережі. Роботу дозволяється відновити тільки після усунення всіх несправностей.

У разі виникнення короткого замикання і загоряння електрообладнання НВЧ-печі слід негайно відключити її від електричної мережі, евакуювати людей з приміщення і приступити до ліквідації осередку загоряння за допомогою вогнегасника.

При подальшому поширенні вогню викликати пожежну службу за телефоном 101 та надати оператору повну інформацію щодо пожежі, а саме: місце її виникнення, загальну обстановку на об'єкті, кількість поверхів будівлі та місце розташування, наявність людей у зоні пожежі та за необхідності іншу допоміжну інформацію та повідомити про подію безпосередньому керівнику.

За можливості здійснити заходи, спрямовані на гасіння пожежі як за допомогою спеціального протипожежного інвентарю, так і за допомогою первинних інструментів пожежогасіння.

Допомогти людям залишити приміщення, де виникла пожежа, за наявності відповідних навичок чи знань надати медичну допомогу постраждалим; за необхідності викликати інші рятувальні служби. [62]

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Метою проведення економічних розрахунків по обґрунтуванню ефективності проведених досліджень є оцінка отриманих результатів і доцільності проекту. Розглядаючи ринок снекової продукції, бачимо тенденцію збільшення здорових снеків на прилавках України, але споживачі звикли що вони є на полицях (фітнес-батончики, фруктові чіпси, пастилки), проте не сприймають їх як їжу для задоволення, поп-сорго це саме той продукт, що забезпечує задоволення та відноситься до здорових снеків.

При цьому для отримання поп-сорго пропонується використання НВЧ-обробки, що є перспективною, ресурсозберігаючою технологією, в ході якої відзначається висока збереженість різних харчових речовин, відбувається практично повне знищення мікрофлори, що забезпечую тривале зберігання продукту. [66, 69]

Ще однією перевагою даного дослідження є доступність сировини, а саме наявність посівів зерна сорго в посушливих областях України: Миколаївській, Херсонській, Одеській та Дніпропетровській (рис.6.1). [67]

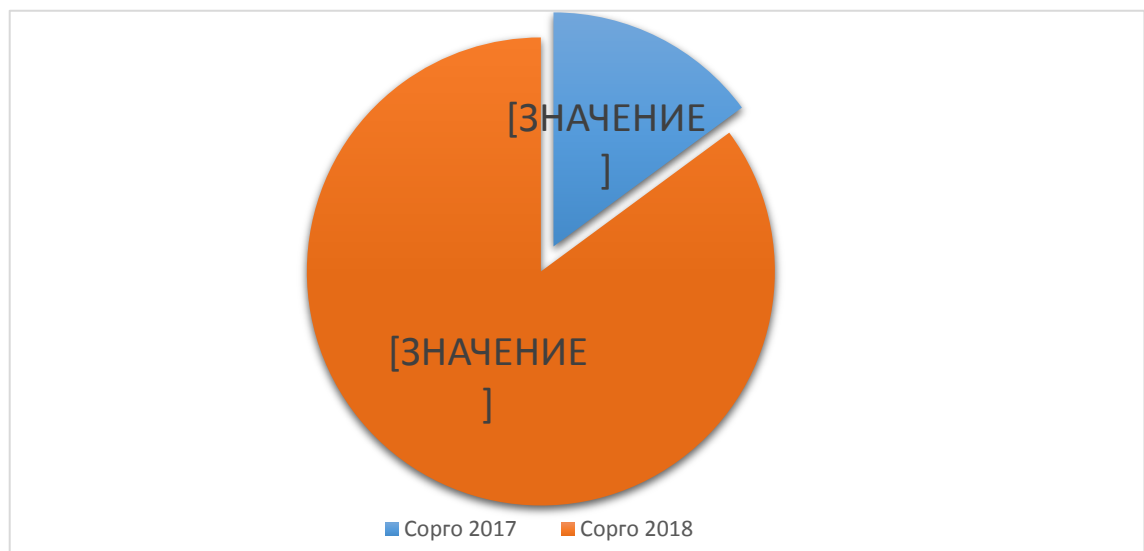


Рисунок 6.1 – Посівні площі сорго в Україні за два роки, тис.га [68]

Тобто, з вищеперерахованих переваг можна стверджувати про доцільність проведення досліджень процесу отримання повітряного зерна шляхом надвисокочастотної обробки.

6.1 Організація досліджень

6.1.1. План проведення дослідження

Для організації роботи над дослідженням процесу отримання поп-сорго шляхом НВЧ-обробки було використано сітьовий метод планування та управління, першим етапом якого є складання плану проведення дослідження (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт i-j	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , (дні)
1-2	Пошук теоретичних літературних джерел за обраною науковою темою	15
2-3	Визначення методик та нормативної документації, необхідної для виконання досліджень	8
3-4	Визначення з досліджуваними зразками, оцінка оптимальних показників виходу повітряного зерна сорго	3
4	Визначення оптимальних параметрів НВЧ-обробка	1
4-5	Визначення виходу повітряного зерна сорго	1
4-6	Визначення коефіцієнту розширення зерна сорго	2
4-7	Визначення об'ємної маси отриманих зразків повітряного сорго	2
8-9	Проведення сенсорного аналізу готового продукту	1
9	Визначення вмісту танінових речовин в сорго	2

Шифр робіт i-j	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , (дні)
10-14	Аналіз отриманих результатів (побудова та опис таблиць, графіків та ін.)	1
11-14		1
12-14		1
13-14		1
14	Підготовка демонстраційного матеріалу та робота над публікацією	5

6.1.2 Побудова сітьового графіка

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

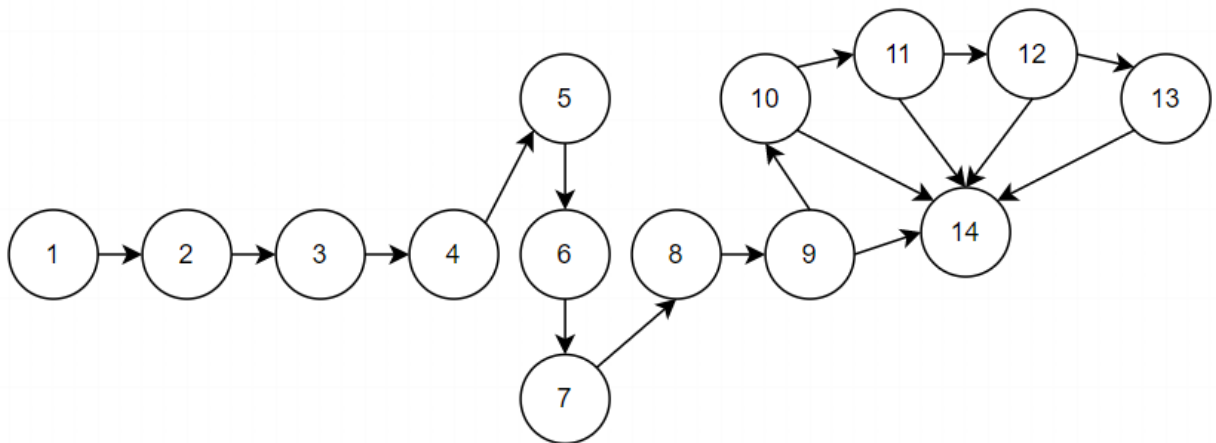


Рисунок 6.1 – Сітьовий графік проведення дослідження

На основі сітьового графіка здійснюється планування, оптимізація і керування процесом виконання всіх процесів дослідження. При використанні сітьового графіка можливо виразити його чисельно. Використовуючи сітьовий графік, визначаємо всі повні шляхи. Шлях – це тривалість послідовних робіт від початкової події до кінцевої. Для цього складаються тривалості робіт (t_{ij}):

$$L^1_{1-2-3-4-5-6-7-8-9-14} = 15+8+3+1+1+2+2+1+2+5 = 40 \text{ днів};$$

$$L^2_{1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-14} = 15+8+3+1+1+2+2+1+2+1+5 = 41 \text{ днів};$$

$$L^3_{1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-14} = 15+8+3+1+1+2+2+1+2+1+1+5 = 42 \text{ днів};$$

$$L^4_{1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-14} = 15+8+3+1+1+2+2+1+2+1+1+1+5 = 43 \text{ днів};$$

$$L^5_{1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14} = 15+8+3+1+1+2+2+1+2+1+1+1+1+5 = 44 \text{ днів}.$$

Шлях, що має максимальну тривалість є критичним ($L_{кр}$). У даному випадку критичними є перший шлях, тобто $L^5_{1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14}$.

Наступним етапом розраховуються параметри сітьової моделі:

- ранній термін здійснення події (T_i^p) – це найбільший шлях від початкової події до i -тої.

- пізній термін здійснення події (T_i^n) – це різниця між критичним шляхом і максимальним шляхом від даної події до кінцевої.

Резерв шляху розраховується за формулою:

$$R_{ij}^n = T_i^n - T_i^p - t_{ij} \quad (6.1)$$

Де R_i – резерв шляху;

T_i^n – пізній термін здійснення події;

T_i^p – ранній термін здійснення події.

Отримані дані розрахунку наведені в табл.6.2.

Таблиця 6.2 – Терміни здійснення подій (ранній і пізній) і резерв шляху

Номер події	T_i^p , дні	T_i^n , дні	R_i , дні
1	15	15	0
2	23	23	0
3	26	26	0
4	27	27	0
5	28	28	0
6	30	30	0
7	32	32	0

Номер події	T_i^p , дні	T_i^n , дні	R_i , дні
8	33	33	0
9	35	35	0
10	35	36	1
11	35	37	1
12	35	38	1
13	35	39	1
14	40	44	1

Далі визначаються резерви часу:

а) повний резерв часу роботи (R_{ij}^n) – це максимальна кількість часу, на яку можна збільшити тривалість даної роботи, не змінюючи при цьому тривалість критичного шляху. Повний резерв часу роботи розраховується по формулі:

$$R_{ij}^n = T_i^n - T_i^p - t_{ij} \quad (6.2)$$

де t_{ij} – загальна тривалість роботи, днів.

б) вільний резерв часу роботи (R_{ij}^6) – це максимальна кількість часу, на який можна збільшити тривалість робіт чи відстрочити її початок, не змінюючи при цьому ранніх термінів початку наступних робіт. Вільний резерв часу роботи розраховується по формулі:

$$R_{ij}^6 = T_j^n - T_i^p - t_{ij} \quad (6.3)$$

де T_j^n – пізній термін здійснення події, днів;

T_i^p – ранній термін здійснення події, днів.

Коефіцієнт напруженості робіт дозволяє судити про те, наскільки вільно можна мати у своєму розпорядженні наявні резерви.

Коефіцієнт напруженості робіт (K_{ij}^H) визначається по формулі:

$$K_{ij}^H = \frac{L_{\max} - t_{ij}}{L_p - t_{ij}} \quad (6.4)$$

де L_{\max} – довжина максимального шляху, що проходить через дану роботу;

L_p – критичний шлях.

Для прикладу наведемо розрахунок вищеперерахованих показників для роботи 9-14:

$$R_{ij}^n = 44 - 35 - 7 = 2$$

$$R_{ij}^B = 40 - 35 - 7 = 0$$

$$K_{ij}^H = \frac{40 - 7}{44 - 7} = 0,89$$

При аналізі складеного сітьового графіку встановлено, що тривалість критичного шляху складає 44 дні. Така тривалість критичного шляху не перевищує визначений термін для виконання роботи над дослідженням процесу отримання повітряного зерна сорго шляхом надвисокочастотної обробки.

Отже, складений сітьовий графік можна вважати оптимальним, і він може бути рекомендований до затвердження та виконання.

6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Витрати, пов'язані з проведенням дослідження, визначаються за допомогою кошторису витрат. До них належать: витрати на матеріали, електроенергію, нарахування на заробітну плату, амортизацію, накладні витрати.

Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

$$M = m_1 * C_1, \text{ грн.} \quad (6.5)$$

де m_1 – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_1 – одиниці i -го матеріалу, грн.

Розрахунок необхідної кількості матеріалів і їх вартість приводяться в табл.6.3.

Таблиця 6.3 – Необхідна кількість матеріалів та їх вартість

Найменування матеріалу, одиниці	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Зерно сорго «Фулгус», кг	1	20,00	20,00
Зерно сорго «Сват», кг	1	20,00	20,00
Зерно сорго «Дніпро39», кг	1	20,00	20,00
Зерно амаранту «Ярона», кг	1	20,00	20,00
Зерно амаранту «ДН1247», кг	1	20,00	20,00
Посуд скляний, шт	7	25,00	175,00
Посуд пластиковий, шт	10	1,50	15,00
Зіп-пакети, шт	100	0,50	50,00
Пісок прокалений, кг	1	5,00	5,00

Кислота сірчана (H ₂ SO ₄), л	0,25	30,00	7,50
Колба (1л), шт	1	250,00	250,00
Всього			602,5

Заробітна плата людей, що прийняли участь у дослідженнях, визначається множенням середньочасового заробітку працівника на кількість витраченого часу. Результати розрахунку наведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньо-місячний заробіток, грн	Середньо-годинний заробіток, грн	Кількість людино-годин	Загальної сума, грн
Виконавець	8000	50,00	352	17600

Нарахування на заробітну плату приймаються у розмірі 22 %. Від загальної суми заробітної плати вони складають:

$$H = \frac{17600 * 22}{100} = 3872 \text{ грн.}$$

Затрати на витрачену електроенергію визначають за формулою:

$$E = M * K * T * a, \text{ грн} \quad (6.6)$$

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

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

T – час роботи на установці, год;

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

$$E_1 = 0,8 * 0,9 * 26 * 1,68 = 31,44 \text{ грн.}$$

$$E_2 = 0,8 * 0,1 * 6 * 1,68 = 0,8 \text{ грн.}$$

$$E_{\text{заг}} = E_1 + E_2 = 31,44 + 0,8 = 32,24 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію устаткування, що використовується в процесі проведення досліджень, розраховуємо за формулою:

$$A = \frac{\Phi * H * t}{100 * 365}, \text{ грн} \quad (6.7)$$

де A – амортизаційні відрахування, грн;

Φ – вартість устаткування, грн;

H - річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – кількість днів у році.

$$A_1 = \frac{2000 * 20 * 4}{100 * 365} = 4,38, \text{ грн}$$

$$A_2 = \frac{4000 * 12,5 * 4}{100 * 365} = 1,37 \text{ грн}$$

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведені в табл. 6.6.

Таблиця 6.5 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Час роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
НВЧ-установка	2000	20	4	4,38
Ваги лабораторні	4000	12,5	1	1,37
Всього				5,75

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням та управлінням виробництвом. До них відносять: пов'язані із опаленням, освітленням, вентиляцією, ремонтом приміщень та інші господарські витрати. Накладні

витрати приймаються на рівні 80% від нарахованої заробітної платні виконавців дослідження:

$$B = \frac{17600 * 80}{100} = 14080 \text{ грн}$$

Кошторис витрат на проведення дослідження наведений в табл. 6.7.

Таблиця 6.6 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн
Основні матеріали	602,50
Заробітна плата	17600,00
Нарахування на заробітну плату	968
Електроенергія	32,24
Амортизація	5,75
Накладні витрати	14080,00
Всього	33288,5

Як видно з табл.6.7, найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження процесу отримання повітряного зерна сорго та шляхом НВЧ-обробки є витрати на заробітну платню, які складають 52% від загальної суми витрат. Найменші витрати під час проведення дослідження були пов'язані з амортизацією обладнання, і склали 0,1% від загальної суми витрат. Витрати на електроенергію становили 0,5% від загальної суми витрат, що доводить енергоощадність використання НВЧ-технології для отримання повітряного зерна.

6.3 Розрахунок вартості дослідження

Науково-дослідна робота належить до фундаментальних досліджень, тому ціна визначалась на основі витрат на дослідження і рентабельності:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \text{ грн} \quad (6.8)$$

де Ц – вартість дослідження, грн;

С – витрати на дослідження, грн;

Р – нормативна рентабельність (Р = 30), %.

$$В = 33288,5 + \frac{30 \cdot 33288,5}{100} = 43275,05 \text{ грн}$$

Витрати на проведені дослідження становлять 43275,05 грн.

Відповідно до плану проведення дослідження було побудовано сітьовий графік, тривалість критичного шляху якого складає 44 днів. Така тривалість критичного шляху не перевищує визначений термін для виконання роботи над дослідженням, а отже, складений сітьовий графік можна вважати оптимальним.

Найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну плату та нарахування на неї, які складають 52% від загальної суми витрат, найменшими – витрати на амортизацію обладнання (0,1%). Загалом, з урахуванням 30% нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 43275 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дипломній роботі було наведено теоретичне обґрунтування та результати експериментальних досліджень з тематики обґрунтування технології повітряного сорго з використанням сортів «Sorghum bicolor» української селекції.

Зернові продукти, як джерела вуглеводів є найбільш перспективною сировиною для отримання снекової продукції. Тому для забезпечення біологічної цінності продуктів було вивчено зерно сорго. Сорго має перспективні хімічні і фізико-хімічні властивості, що є немало важним при здоровому харчуванні людей. Також немало важливим фактором є те що зерно сорго має стійкість до посухи, що так актуально до нинішніх реалій.

Термічна обробка є найбільш поширеним методом обробки сорго і часто застосовується в поєднанні з одним або декількома іншими процесами. Для більш ефективного методу приготування було обрано НВЧ-обробку, яка являє собою простий і менш дорогий метод обробки, який покращує текстурні і сенсорні якості, а також має мінімальні зміни у ставленні поживного складу в обробленому продукті. Під час теплової обробки матеріал практично стерилізується, і велика частина насінневої мікрофлори руйнується, а деякі фактори також денатуруються.

Актуальністю отримання повітряного зерна сорго в тому, що при його обробці надвисокочастотним опромінюванням зберігається всі поживні речовини, також помітно підвищує його засвоюваність білків, підвищується біодоступність заліза, а також значно підвищує вміст харчових волокон в клітинах внаслідок розвитку резистентного крохмалю. Поппінг також зменшує деякі анти-поживні речовини, а саме фітатний фосфор, танін, лігнін і целюлозу.

В експериментальних дослідженнях було досліджено 21 сортів сорго вітчизняного походження, що попередньо піддавалися НВЧ-обробки для визначення перспективних сортів для отримання повітряного зерна сорго. До

таких сортів відноситься «Сват», «Дніпро39», «Ярона», «ДН1247» та «Фулгус»

– який мав роль еталонного зразку, при дослідженні виходу, об'ємної маси, коефіцієнту розширення повітряного зерна сорго та загального вмісту поліфенольних речовин.

В результаті дослідження виявлено, що досліджувані сорти зернового сорго вітчизняної селекції «Сват», «Дніпро39» мають низькі технологічні властивості і можуть обмежено використовуватись при виробництві повітряного зерна. Сировиною для отримання поп-сорго рекомендується обирати сорт «Ярона» та рішуче сорти «ДН1247» та «Фулгус» через низьку об'ємну масу та високий коефіцієнт розширення, які вказують на можливість отримання поп-продукту високої якості.

До отримання високої якості продукту відноситься й вміст поліфенольних речовин зокрема танінів, які знаходяться в зерні сорго, що складає в середньому 0,06 %. Найбільше танінів має зерно сорго «Сват» – понад 0,08 %, що на 40 % більше від найменшого вмісту, що складає 0,048 %.

При дослідженні повітряного зерна сорго велику увагу приділяли не тільки технологічним властивостям, а й органолептичній оцінці якості, що є не мало важливим аспектом при виборі продукту (снеків). Органолептична оцінка сортів сорго представлена п'ятьма показниками в виді профілограми. За загальною органолептичною було встановлено, що досліджувані сорти сорго «ДН1247», «Фулгус» мають найкращу органолептичну оцінку серед досліджуваних зразків та в середньому становлять 46 балів, що на 17 % більше від найменшого значення зерна сорго «Дніпро39».

Встановлено, що результати досліджень зерна соризу свідчать про можливість використання його в якості сировини для виробництва повітряного зерна. В деякій мірі як краща альтернатива зерну сорго згідно з виходу повітряного зерна, в середньому значення виходу для зерна соризу становить 56 %, що є більшим в порівнянні з зерном сорго на 12,5 %.

Серед досліджених сортів соризу для промислового виробництва повітряного продукту найбільш доцільним є використання зерна сорту Вересень вихід якого складає понад 67 %.

Також було проведено дослідження, що до визначення цільової аудиторії та визначеності з потенційним ринком в Україні. Було представлено результати даних згідно з анкетуванням. Результатами визначення потенційного ринку в Україні, було досліджено, що в супермаркетах ціна попкорну становила 30 грн, що була меншою від ціни попкорну в кіно мережах на 66 %.

Згідно результатів досліджень цільової аудиторії та визначеності потенційного ринку в Україні, можна судити про актуальність тематики дипломної роботи та впровадження її в життя.

При виконанні дослідницьких робіт дотримувався вимог роботи з надвисокочастотним обладнанням (мікрохвильовою піччю) згідно з санітарним нормам мікроклімату виробничих приміщень.

Дослідження по витратам пов'язаних з проведенням дослідження склали 33288,49 грн. Заробітна плата, що мала найбільші затрати при проведенні досліджень складала 52 %. Затрати на основні матеріали склали 1.8 % від загальних витрат. Загалом, з урахуванням 30% нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 43275 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамова А.В. Перспективы использования сорго для создания безглютеновых продуктов Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. – 2009.
2. Гусейнова С.М. Влияние способов приготовления на качество попкорна из лопающейся кукурузы / С.М. Гусейнова, Н.В. Иванашко, Нилова Л.П. // Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – 2008.
3. Peiris, K. H. S. Moisture effects on robustness of sorghum grain protein NIR spectroscopy calibration / Peiris, K. H. S., Bean, S. R., Chilawal, A., Perumal, R., & Jagadish, S. V. K. // Cereal Chemistry. – 2019.
4. Gayatri M. Optimization of pretreatments and process parameters for sorghum popping in microwave oven using response surface methodology / Gayatri M, Dinesh C. Joshi & Debandya M.. // Association of Food Scientists & Technologists. – 2015.
5. Yenagi, NB. Suitable process for popping of sorghum cultivars for value addition. Suitable process for popping of sorghum cultivars for value addition. / Yenagi, NB., Chittapur, B.M., Kachapur, M.D. and Nadagoud, V.V. // Maharashtra Journal of Agricultural Extension Education. . – 2001.
6. Singh, J. Effects of different ingredients and microwave power on popping characteristics of popcorn. / Singh, J. and Singh, N. // Journal of Food Engineering, – 1998. – С. 161-165.
7. Gayatri Mishraa. Popping and Puffing of Cereal Grains: A Review / Gayatri Mishraa, D.C. Joshib and Brajesh Kumar Pandaa. // Journal of grain processing and storage. – 2014.
8. Schober T.J. Gluten-Free Cereal Products and Beverages. / Schober T.J., Bean S.R.. // Food Science and Technology. – 2008. – С. Pages 101–118.

9. Malleshi N.G. Varietal differences in puffing quality of ragi (*Elusine coracama*). / Malleshi N.G. and Desikachar HS.R. // *Journal of Food Science and Technology*, – 1991. – C.26-28.
10. Resistant starch content among several sorghum (*Sorghum bicolor*) genotypes and the effect of heat treatment on resistant starch retention in two genotypes / [T. Natália de Carvalho, C. Maria, P. Aline Cristina та ін.]. // *Food Chemistry*. – 2015.
11. Heusdens V. Influence of environment and storage on gelatinization of grain sorghum starch. / HEUSDENS V., and KING J. G. // *Texas Agr. Expt. Sta. Progr. Rept.* – 1963.
12. Llopart, E. E. Physicochemical properties of sorghum and technological aptitude for popping / Llopart, E. E., & Drago, S. R. // *Nutritional changes after popping. LWT - Food Science and Technology*. – 2016 – №71 – C. 316–322.
13. Report on the International Sorghum Food Quality Trials. / Murty, D. S., Ronney, L. W., Patil, H. D. // A ICRISAT, Patancheru, India, – 1982.
14. Okoth, J. K., Ochola, S. A., Gikonyo, N. K., & Makokha, A. (2016). Development of a nutrient-dense complementary food using amaranth-sorghum grains. *Food Science & Nutrition*, – 2016 – №5(1) – C.86-93.
15. Xu, T. Sorghum. Bioactive Factors and Processing Technology for Cereal Foods. – 2019. – №10.
16. Karakteristike kvaliteta sirka (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) prilikom ekspaniranja (kokanja). // *Food and Feed Research*. – 2017. – C. str. 115–121.
17. Peiris, K. H. S. Moisture effects on robustness of sorghum grain protein NIR spectroscopy calibration / Peiris, K. H. S., Bean, S. R., Chiluwal, A., Perumal, R., & Jagadish, S. V. K. // *Cereal Chemistry*. – 2019.
18. Henry G. Modelling Food Engineering, deformation and flow during vapor-induced puffing / Henry, G, Schwartzberg, J.P., Wu, C, Amos, N. and Joshua M. // *Modelling Food Engineering, deformation and flow during vapor-induced puffing. Journal*. – 1999. – C.357-362.

19. Carcea M. Physiochemical and Rheological Characterization of Sorghum Starch / Carcea M., Cubadda R., & Acquistucci R. // Journal of Food Science. – 1992. – №57. – С. 1024–1025

20. William Rooney. Blessing-Composition of Sorghum Plant and Grain. Productivity and Quality of Brown Midrib (bmr) Sorghum Varieties to Producers in Central America. – 2013.

21. Хадбауи, З. Жирная кислота, состав токоферола и антиоксидантная активность липидного экстракта из зерен сорго / Хадбауи, З., Джеридан, А., Юсфи, М., Саиди, М., и Наджеми, Б. // Средиземноморский журнал питания и метаболизма. – 2010

22. Parker, ML. Effects of popping on the endosperm cell walls of sorghum and maize / Parker, ML., Grant, L., Rigby. NM, Belton, P.S. and Taylor JRN // Journal of Cereal Science, 1999. – №30. – С. 209-216.

23. Taylor, J. R. Effects of processing sorghum and millets on their phenolic phytochemicals and the implications of this to the health-enhancing properties of sorghum and millet food and beverage products. / Taylor, J. R., & Duodu, K. G. // (2014). Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2014 – №95(1) – С. 225–237.

24. Comparison of the effects induced by different processing methods on sorghum proteins. / Correia, I., Nunes, A., Barros, A. S. and Delgadillo, I. // J. Cereal. – 2010 – С.146-151.

25. Heusdens V. Influence of environment and storage on gelatinization of grain sorghum starch. / HEUSDENS V., and KING J. G. // Texas Agr. Expt. Sta. Progr. Rept. – 1963.

26. Pugh, N. A. Heritability of Popping Characteristics in Sorghum Grain. / Pugh, N. A., Awika, J. M., & Rooney, W. L. // Crop Science – 2017. – №57. – С. 71.

27. Zeenath, A.G. Nutritional and processing qualities of pop sorghum cultivars and value addition. M.H.Sc. / Zeenath, A.G // Thesis, Univ. Agric. – 2006.

28. Gaul, J. A. Effect of Moisture Content and Tempering Method on the Functional and Sensory Properties of Popped Sorghum. / Gaul, J. A., & Rayas-Duarte, P. // Cereal Chemistry Journal. – 2008 – №85(3) – С. 344–350.
29. Osagie, A. U. Total lipids of sorghum grain. Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1987 – №35(4)
30. Хадбауи, З. Жирная кислота, состав токоферола и антиоксидантная активность липидного экстракта из зерен сорго / Хадбауи, З., Джеридан, А., Юсфи, М., Саиди, М., и Наджеми, Б. // Средиземноморский журнал питания и метаболизма. – 2010
31. Metzger, D.D, Effect of moisture content on popcorn popping volume for oil and hot-air popping. / Metzger, D.D, Hsu, KH., Ziegler, KE.// American Association of Cereal chemist, – 1989. – С. 247-248.
32. Sharma, V. Process development for puffing of sorghum. / Sharma, V., Champawat, P. and Mudgal, V. // Int. J. Curr.Res. – 2014 – С.164-170
33. Effects of some physicochemical properties of paddy varieties on puffing qualities by microwave / Maisont, S. and Narkrugsa, W. // Kasetsart.J. – 2009. – С.566-575
34. Duodu, K. G. Effect of cooking on the labile vitamins and antinutrient content of a traditional African sorghum porridge and spinach relish. / Duodu, K. G., Minnaar, A. and Taylor, J. R. // Food Chem. – 1999 – С.21-27.
35. Proceedings, International Symposium on Sorghum Grain Quality. / Roomy, L. W., and D. S. Murry. // ICRISAT. Patancheru, India. – 1982, – С.407.
36. Resistant starch content among several sorghum (*Sorghum bicolor*) genotypes and the effect of heat treatment on resistant starch retention in two genotypes / [T. Natália de Carvalho, C. Maria, P. Aline Cristina та ін.]. // Food Chemistry. – 2015.
37. ДСТУ 4962:2008 Сорго. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України. 2010. 13 с.
38. Абрамова А.В.Меледина Т.В. Фёдорова Р.А. Перспективы и проблема использования сорго для создания безглютеновой продукции. Текст

научной статьи по специальности «Промышленные биотехнологии» 2015. С.72-76

39. Бойко М. О. Агробіологічне обґрунтування елементів технології вирощування гібридів сорго зернового в південному ступу України : дис. докт. с.-г. наук / Бойко М.О. – Херсон, 2017. – 230 с.

40. ТУМЧАК D. Production of popped sorghom with using microwave treatment / D. ТУМЧАК, S. МΥΚΟΛΕΝΚΟ, Y. КУІАΝΟV. // Зернові продукти і комбікорми. – 2018. – №18. – С. 15–19.

41. Технологія та лабораторний практикум кондитерських виробів і харчових концентратів: навч. посіб. / за ред. проф. А.М. Дорохович та проф. В.М. Ковбаси. – Київ: Фірма «Інкос», 2015. – 632 с.

42. ДСТУ 2903:2005. Концентрати харчові. Сніданки сухі. Загальні технічні умови. – Чинний від 2005-04-28. – Київ: Держспоживстандарт України, 2006. – 22 с.

43. Mishra G. Optimization of pretreatments and process parameters for sorghum popping in microwave oven using response surface methodology / G. Mishra, D.C. Joshi, D. Mohapatra // J Food Sci Technol. 2015. Vol. 52. №12. P. 7839–7849

44. Федосов А. Визначення кількісного вмісту суми фенольних сполук в рослинах / А. Федосов, В. Кисличенко, О. Новосел. // Національний фармацевтичний університет. – 2018. – №10. – С. 5.

45. Починок, Х.Н. Методы биохимического анализа растений / под ред. В. Г. Гержиковой – Симферополь: Таврида, 2009. 304 с.

46. Technologies applied to sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench): changes in phenolic compounds and antioxidant capacity / N.Salazar-Lopes, G. Gonzalez-Aguluia, O. Rozaut-Sandes, M. Robles-Sanches. // Food Science and Technology. – 2018.

47. Страровойтова С.О. Перспективи використання про біотичних мікроорганізмів з таназною активністю як основи продуктів функціонального

харчування і бактеріотерапевтичних препаратів // Харчова промисловість №20, 2016. С-87

48. Способы инактивации антипитательных веществ зерна сорго // Зернові продукти і комбікорми № 1 (45) 2012. С – 13

49. Голінська Я. А. Розробка технології овочевих десертів : дис. канд. с.-г. наук : 05.18.16 – техн / Голінська Яна Андріївна – Одеса, 2019. – 203 с.

50. Юсупова, Г.Г. Применение энергии СВЧ-поля для обеспечения безопасности и улучшения качества продуктов растительного происхождения / Г.Г. Юсупова, Ю.И. Зданович, Э.И. Черкасова // Хранение и переработка сельхозсырья. 2005. № 7. С. 27-29.

51. Про охорону праці" [Електронний ресурс] // Профспілка працівників освіти і науки Укрвіни. – 2002. – Режим доступу до ресурсу: <https://pon.org.ua/ohorona-praci/72-zakon-pro-okhoronu-praci.html>.

52. Охорона праці на підприємстві: основні вимоги [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: http://www.bilgorod-d.org.ua/page/ohorona_prac_na_pdprimstv_osnovn_vimogi.

53. Організація роботи служби охорони праці на підприємстві [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://oppb.com.ua/articles/organizaciya-roboty-sluzhby-ohorony-praci-na-pidpryemstvi>.

54. Охорона праці [Електронний ресурс] / доцент кафедри ОПЦБ ІЕЕ НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» // – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/08/Binder21.pdf>

55. Організація роботи служби охорони праці на підприємстві [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://te.dsp.gov.ua/organizatsiya-roboty-sluzhby-ohorony-pratsi-na-pidpryemstvi/>.

56. Управління охороною праці та обов'язки роботодавця [Електронний ресурс]. – 2009. – Режим доступу до ресурсу: <http://profspilkaosvity.org.ua/okhorona-praci/zakon-pro-okhoronu-praci/3organizaciyaokhoroni-praci/>.

57. Ризики праці на харчовому виробництві [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://oppb.com.ua/news/ryzyky-praci-na-harchovomu-vyrobnyctvi>.

58. Інструкція з охорони праці при виконанні вантажно-розвантажувальних робіт [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://dnaop.com/html/32078/doc-instrukcijaz-ohoroni-praci-pri-vikonanni-vantazhno-rozvantazhuvalynih-robit>.

59. Основи охорони праці [Електронний ресурс]. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/6240/1/Osnovy_okhorony_pratsi.pdf.

60. Дутко. А. Організація охорони праці на підприємстві [Електронний ресурс] / А. Дутко // Радник. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://radnuk.info/>.

61. Охорона праці на підприємстві [Електронний ресурс] // М.Е.Дос. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://medoc.ua/blog/ohorona-praci-na-pidprimstvi-shho-ma-znati-robotodavec>.

62. Інструкція з охорони праці при експлуатації мікрохвильової печі [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://osvita-docs.com/node/386>.

63. Инструкция по охране труда при работе с микроволновой СВЧ-печью [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://ohrana-tryda.com/>.

64. В. В. Браїловський. Інструкція з охорони праці при експлуатації мікрохвильової печі / В. В. Браїловський, І. М. Зушман, В. Б. Русин. // – Чернівці Чернівецький національний університет, 2018.

65. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. ДСН 3.3.6.042-99 від 01.12.99. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>.

66. Рогов И. Сверхвысокочастотный нагрев пищевых продуктов: учебное пособие / И. Рогов, С. Некрутман. // Агропромиздат. – 2001. – С. 351.

67. Високопродуктивні сорти сорго [Електронний ресурс] // Пропозиція – Головний журнал з питань агробізнесу. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/vysokoproduktyvni-sorty-sorgo>.

68. Сорго: верблюд царства растений [Електронний ресурс] // «Latifundisthttps». – 2019. – Режим доступу до ресурсу: [//latifundist.com/spetsproekt/343-sorgo-verblyud-tsarstva-rastenij](https://latifundist.com/spetsproekt/343-sorgo-verblyud-tsarstva-rastenij).

69. Ушакова, Н.Ф. Опыт применения СВЧ-энергии при производстве пищевых продуктов / Н.Ф. Ушакова, Т.С. Копылова, В.В. Касаткин, А.Г. Кудряшова // Пищевая промышленность. – 2013. – № 10. – С. 30–32.

70. Оформлення посилань на наукові джерела в Україні [Електронний ресурс] // Вища атестаційна комісія (ВАК) України. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://vak.in.ua/>.

71. Tymchak, D. Popping characteristics of different sorghum varieties / D. Tymchak, S. Mykolenko, D. Buriy. // National University of Food Technologies. – 2020. – №86. – С. 154.

72. Оцінка можливості просування продукту на вітчизняному ринку / [Д. Тимчак, С. Миколенко, Д. Бурій та ін.]. // Житомирський національний агроекологічний університет. – 2019. – №64. – С. 132–136.

ДОДАТКИ

АНКЕТА

1. На якому факультеті ви навчаєтесь? *

- Агрономічний
- Менеджменту і маркетингу
- Інженерно-технологічний
- Водогосподарської інженерії та екології
- Біотехнологічний
- Ветеринарної медицини
- Обліку і фінансів
- Я випускник\випускниця університету
- Я з іншого університету \ коледжу
- Я викладач \ викладачка

2. Форма навчання *

- Денна
- Заочна
- Я з іншого університету \ коледжу
- Я викладач \ викладачка

3. Стать *

- Жіноча
- Чоловіча

4. Вік *

- до 18
- 19-25
- 26-30
- 31-40
- 41-50
- 51-60
- 61 і більше..

5. Як часто ви ходили в кінотеатр до карантину? *

- 1 раз на тиждень
- 1 раз на місяць
- 1 раз в 3 місяці

- 1 раз на рік
 - Я не люблю ходити в кінотеатр
6. Скільки разів ви були в кінотеатрі в умовах карантину? *
- 1 раз на тиждень
 - 1 раз на місяць
 - 1 раз в 3 місяці
 - В карантин не ходив(ла) до кінотеатру
7. Як часто ви купуєте попкорн в кінотеатрі? *
- Кожен раз
 - Через раз
 - Не купую
8. Який об'єм попкорну ви купуєте в кінотеатрі найчастіше? *
- Малий
 - Середній
 - Великий
9. Як часто ви купуєте попкорн в магазині? *
- 1 раз на місяць
 - 1 раз на 6 місяців
 - 1 раз на рік
 - Ніколи
10. Чи дотримуетесь ви безглютенового харчування? *
- Так
 - Ні
11. Ви б хотіли спробувати Поп-сорго снєк? *
- Так
 - Ні
 - Ще не вирішив\не вирішила

Обґрунтування технології повітряного сорго з використанням сортів «*Sorghum bicolor*» української селекції

Виконав:

магістрант Бурій Д.О.

Керівник:

к.т.н., доц. Миколенко С.Ю.

Постанова проблеми



Виготовлення здорових снеків gluten-free на основі поп-сорго

адаптація вирощуваних
сілськогосподарських культур до
умов глобального потепління

низький вміст біологічно активних
речовин у снеках та їх поживну
цінність

навантаження організму глютенем та
забезпечення безглютенового
харчування людей, що страждають від
розвитку різних форм
непереносимості глютену

вузький
асортимент снеків

Об'єкт і предмет, мета досліджень



Об'єктом досліджень є технологія повітряного зерна сорго

Предмет досліджень – сорго, сориз, НВЧ-обробка, методи, технологічні властивості повітряного зерна, органолептичні і фізико-хімічні показники якості поп-сорго.



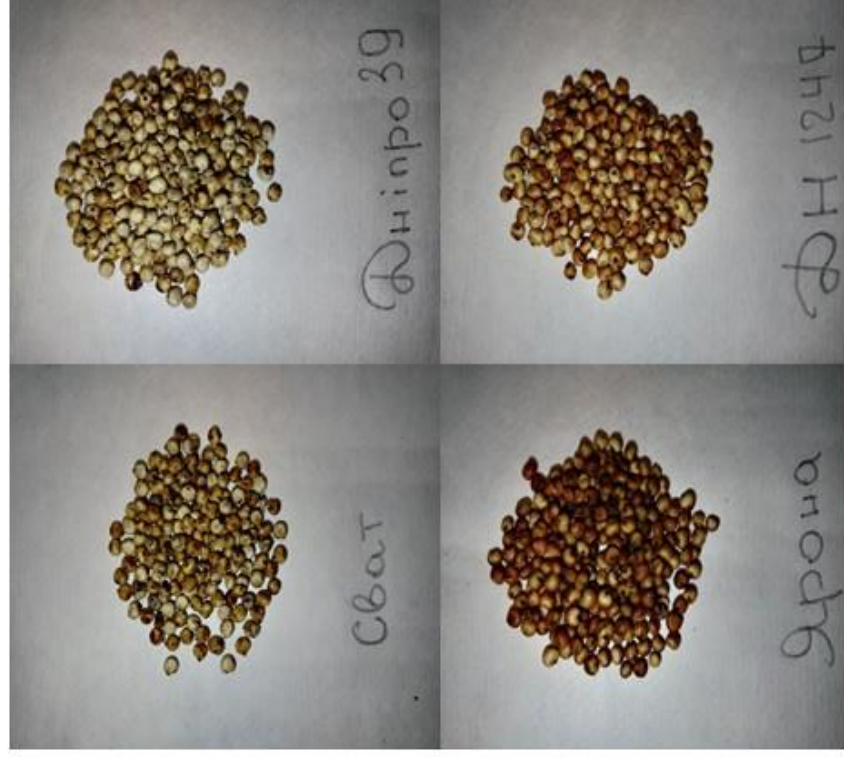
Мета досліджень – обґрунтування технології отримання повітряного зерна сорго шляхом використання надвисокочастотної обробки

Завдання дослідження

- обґрунтувати фізико-хімічний склад, технологічні властивості різних сортів сорго
- дослідити вплив термічної обробки на вміст поживних речовин
- дослідити вплив НВЧ-обробки на вихід, об'єм, коефіцієнт розширення повітряного зерна сорго;
- порівняльний аналіз повітряного зерна сорго і соризу
- встановити органолептичні, фізико-хімічні показники якості зерна сорго та соризу до і після НВЧ-обробки;
- розробити наукові обґрунтування впровадження продукту на ринок.

Матеріали та обладнання

Вітчизняні сорти білого та червоного сорго

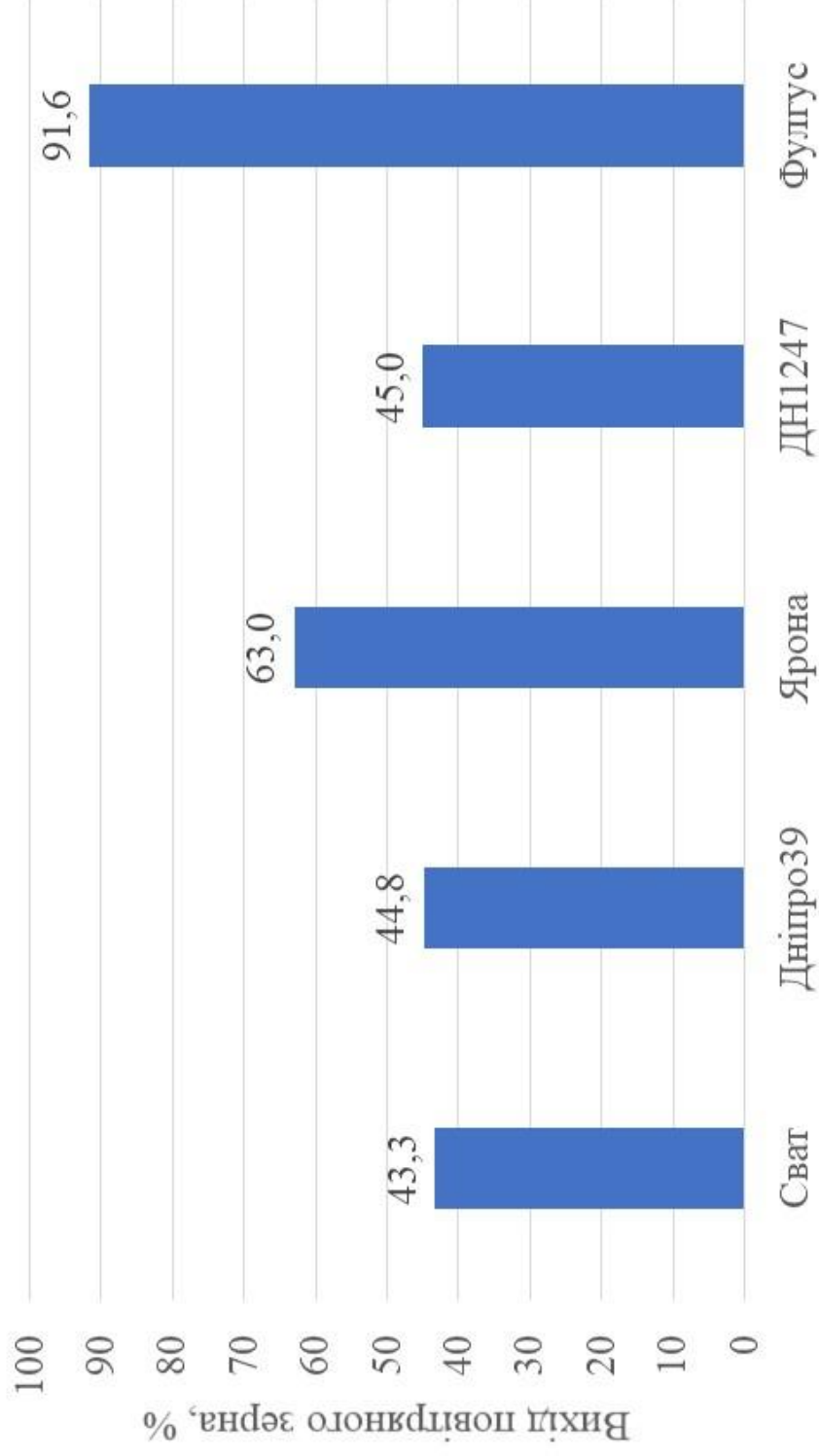


Матеріали та обладнання

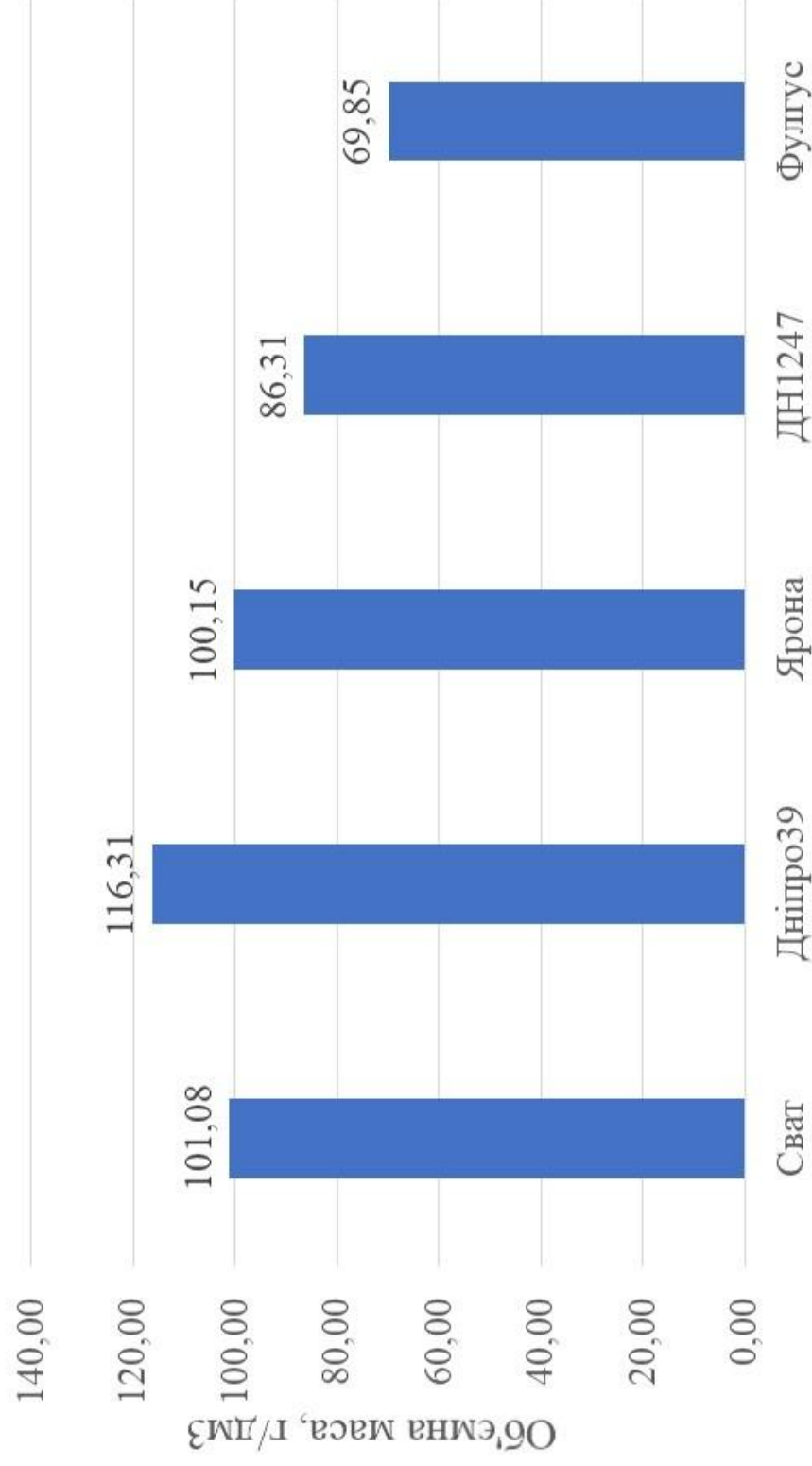
Мікрохвильова піч
(Samsung, Корея),
максимальною потужністю
800 Вт, робоча частота 2400
МГц



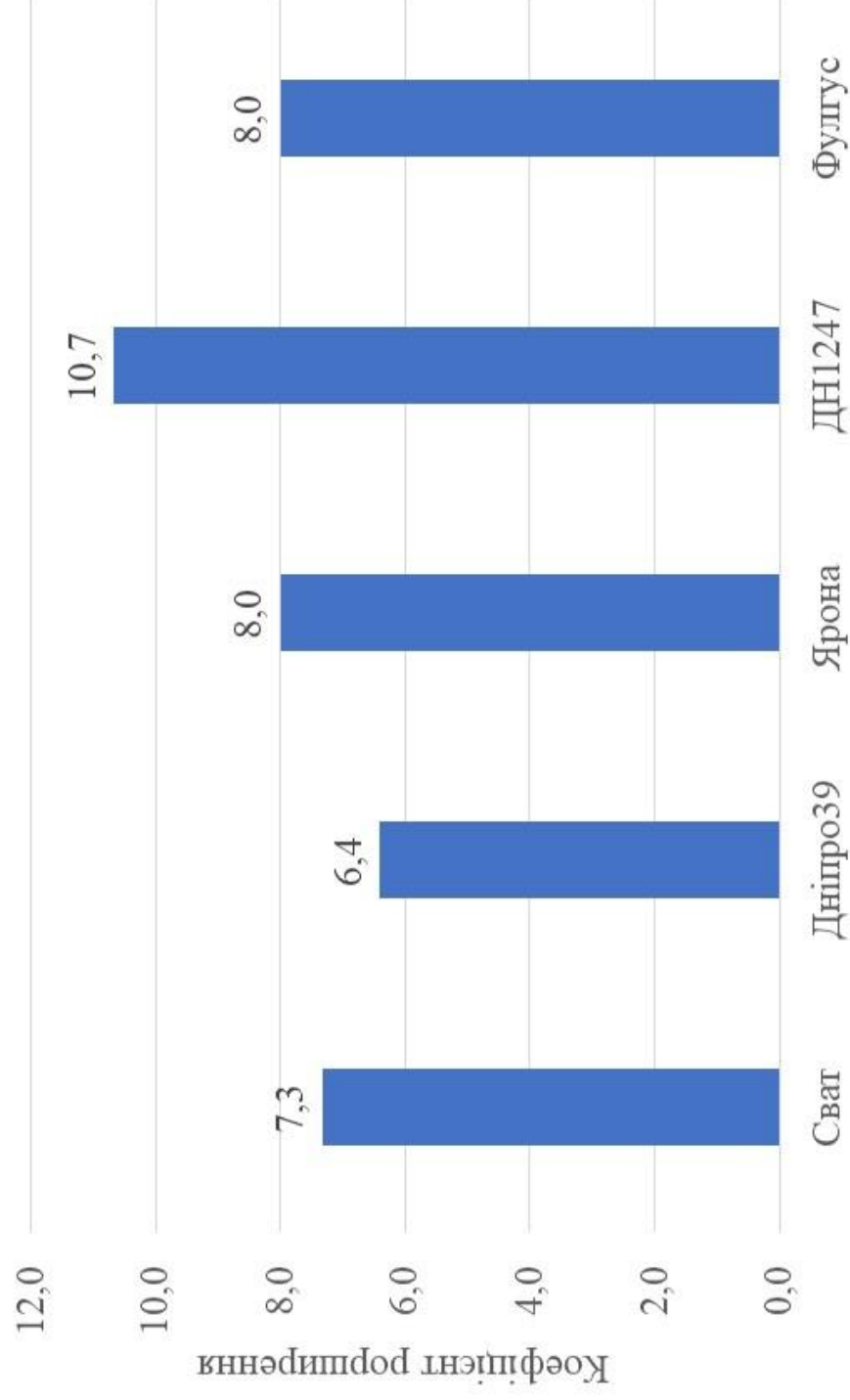
Вихід повітряного зерна



Об'ємна маса повітряного зерна



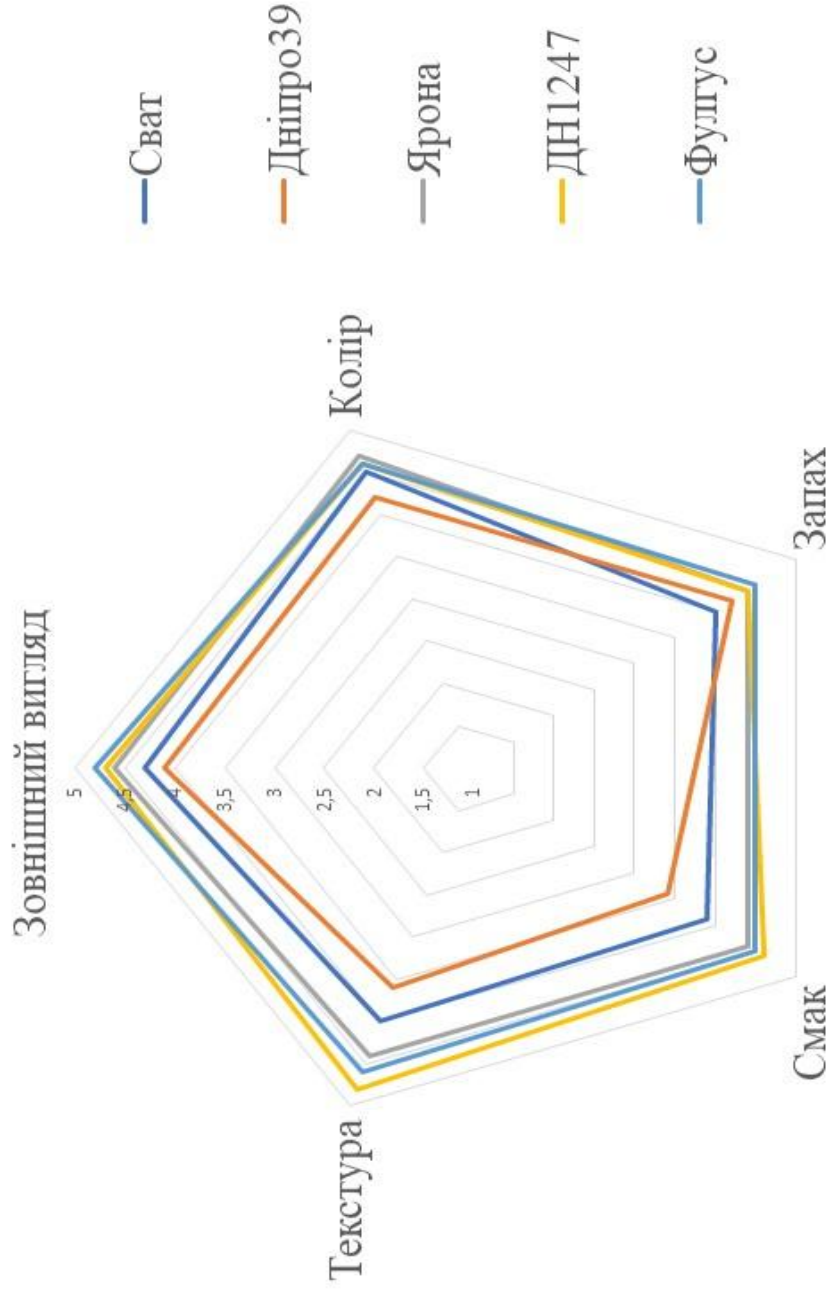
Коефіцієнт розширення повітряного зерна



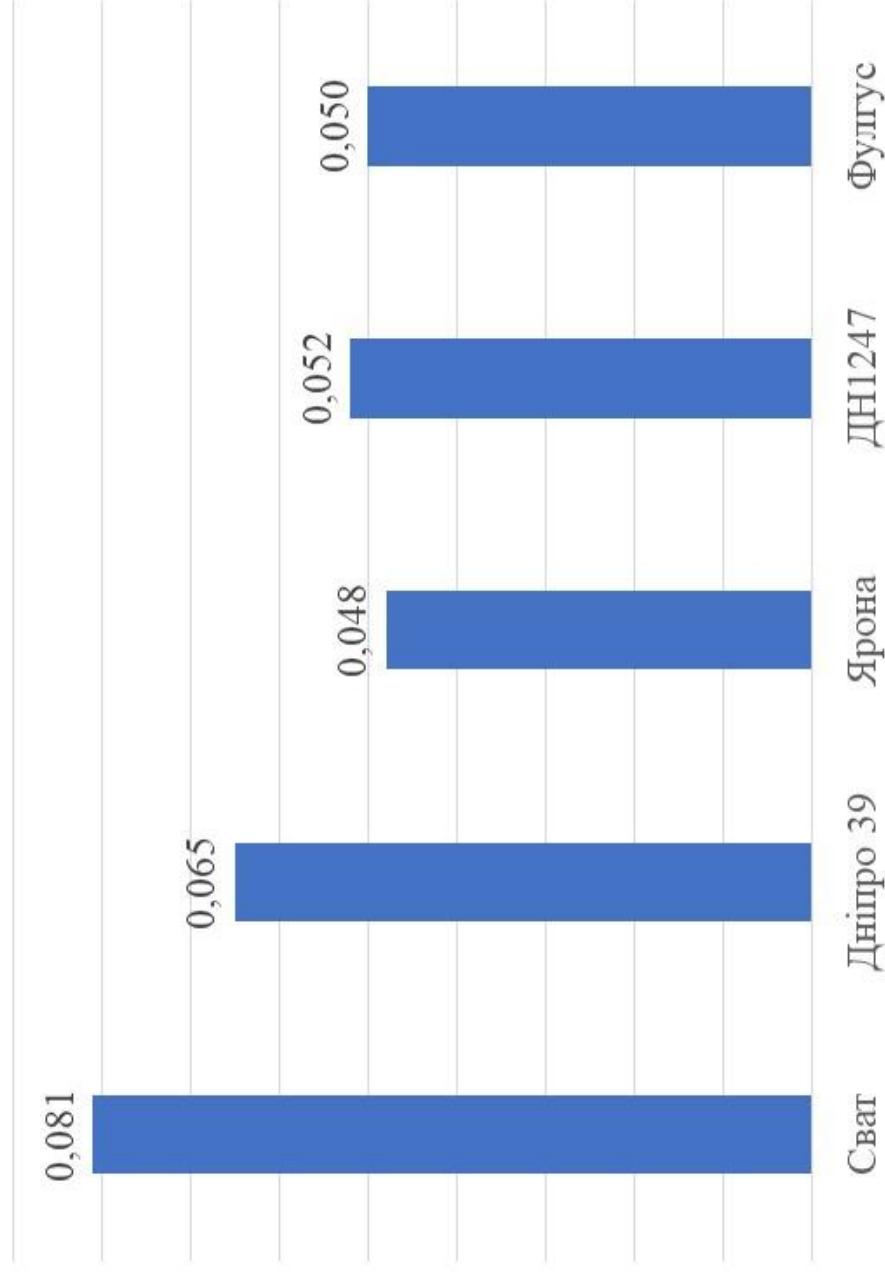
Співвідношення об'єму сорго до і після НВЧ-обробки



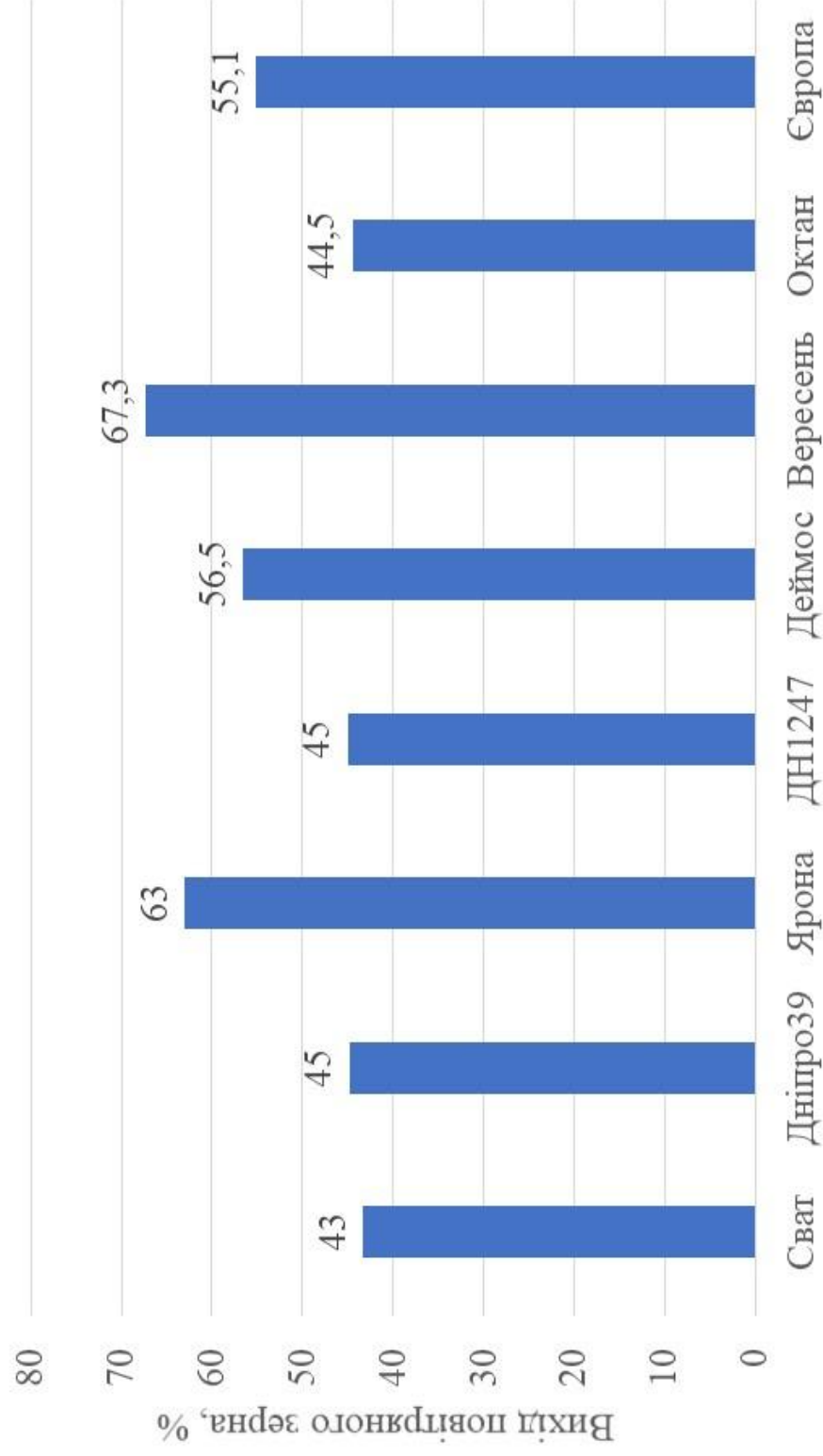
Органолептична оцінка повітряного зерна



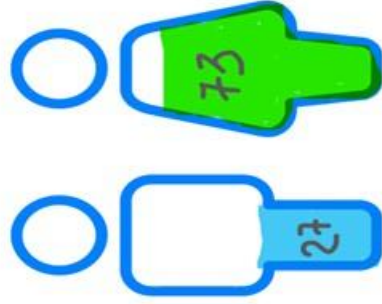
Вміст танінівів зерна сорго



Вихід повітряного зерна сорго і соризу



Шляхи комерціалізації розробки



Студенти університету віком 17-25 років, переважна більшість респондентів - жінки.

57% опитаних ходять в кінотеатр регулярно (від 1 разу на тиждень до 1 разу на місяць).

79% регулярно купують попкорн, 83% купують середній або малий.

21% опитаних купують попкорн в магазині 1 раз на місяць.

89% не дотримуються безглютенowego харчування, але 62% хотіли би спробувати поп-сорго снеки.

Визначив мінімальний обсяг ринку в м. Дніпро, який враховує лише клієнтів-студентів: 3 млн. грн./рік (роздрібна мережа) + 40,9 млн. грн. (продаж через кінотеатри).

Вимоги безпеки під час виконання дослідження

Вимоги до роботи з мікрохвильовкою:

- мікрохвильова піч (НВЧ-піч) повинна мати спеціальну систему захисту, що перешкоджає поширенню електромагнітних хвиль; щільно прилягаючі дверцята, які не пропускають електромагнітні хвилі, і скло із захисною сіткою;
- при закладанні сировини в камеру НВЧ-печі слід дотримуватися відстані близько 2 см від стінок, щоб уникнути іскроутворення;
- ні при яких обставинах не можна намагатися користуватися піччю при відкритих дверцятах, псувати блокувальні контакти чи вставляти що-небудь в отвори блокувальних контактів;
- для виробництва продукту (повітряного зерна сорго) в НВЧ-печі дозволяється використовувати посуд з кераміки, скла і фарфору;

- для попередження вибуху через зростання тиску при підігріві продуктів: у банках, посудинах в герметичній або вакуумній упаковці необхідно зняти кришку;
- виймаючи посуд з НВЧ-печі дотримуватися особливої обережності, щоб не отримати опік – використовувати товсті рукавиці, прихватки;
- під час і після закінчення процесу виробництва продукту не можна торкатися до нагрівальних елементів або внутрішніх стінок печі;
- не допускається контакт займистих матеріалів з будь-якими внутрішніми поверхнями печі.

Кошторис витрат на проведення дослідження

Відповідно до плану проведення дослідження було побудовано сітьовий графік, тривалість критичного шляху якого складає 44 днів. Така тривалість критичного шляху не перевищує визначений термін для виконання роботи над дослідженням, а отже, складений сітьовий графік можна вважати оптимальним.

Найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну плату та нарахування на неї, які складають 52% від загальної суми витрат, найменшими – витрати на амортизацію обладнання (0,1%). Загалом, з урахуванням 30% нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 43275 грн.



Висновки

1. В результаті дослідження виявлено, що досліджувані сорти зернового сорго вітчизняної селекції «Сваг», «Дніпро39», «Дніпро39» мають низькі технологічні властивості і можуть обмежено використовуватись при виробництві повітряного зерна. Сировиною для отримання поп-сорго рекомендується обирати сорт «Ярона» та рішуче сорти «ДН1247» та «Фулгус» через низьку об'ємну масу та високий коефіцієнт розширення, які вказують на можливість отримання поп-продукту високої якості.

При дослідженні повітряного зерна сорго велику увагу приділяли не тільки технологічним властивостям, а й органолептичній оцінці якості, що є не мало важливим аспектом при виборі продукту (снеків). 2. Органолептична оцінка сортів сорго представлена п'ятьма показниками в виді профілограми. За загальною органолептичною було встановлено, що досліджувані сорти сорго «ДН1247», «Фулгус» мають найкращу органолептичну оцінку серед досліджуваних зразків та в середньому становлять 46 балів, що на 17 % більше від найменшого значення зерна сорго «Дніпро39».

Встановлено, що результати досліджень зерна сорго свідчать про можливість використання його в якості сировини для виробництва повітряного зерна. В деякій мірі як краща альтернатива зерну сорго згідно з виходу повітряного зерна, в середньому значення виходу для зерна сорго становить 56 %, що є більшим в порівнянні з зерном сорго на 12,5 %.

Серед досліджених сортів соризу для промислового виробництва повітряного продукту найбільш доцільним є використання зерна сорту Вересень вихід якого складає понад 67 %.

3. Результатами визначення потенційного ринку в Україні, було досліджено, що в супермаркетах ціна попкорну становила 30 грн, що була меншою від ціни попкорну в кіно мережах на 66 %. Згідно результатів досліджень цільової аудиторії та визначеності потенційного ринку в Україні, можна судити про актуальність тематики дипломної роботи та впровадження її в життя.

4. При виконанні дослідницьких робіт дотримувався вимог роботи з надвисокочастотним обладнанням (мікрохвильовою піччю) згідно з санітарним нормам мікроклімату виробничих приміщень.

5. Дослідження по витратам пов'язаних з проведенням дослідження складало 33288,49 грн. Заробітна плата, що мала найбільші затрати при проведенні досліджень складала 52 %. Затрати на основні матеріали склали 1.8 % від загальних витрат. Загалом, з урахуванням 30% нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 43275 грн.

Апробація наукових результатів роботи



Приймаю участь в науковому проекті Дніпровського державно-економічного університету, БМ14/2020

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
„ОЗДОРОВЧІ ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ ТА ДІЄТИЧНІ
ДОБАВКИ: ТЕХНОЛОГІЇ, ЯКІСТЬ ТА БЕЗПЕКА” (MicroCAD-
2019) (м. Київ. – К.: НУХТ, 14-15 листопада 2018 р)
матеріали доповіді за темою: Дослідження амінокислотного
складу білків повітряного сорго

Німецько-українська співпраця в галузі органічного
землеробства „ОРГАНІЧНЕ ВИРОБНИЦТВО І
ПРОДОВОЛЬЧА БЕЗПЕКА” (м. Житомир. , 21.06.2019р)
матеріали доповіді за темою: Отримання поп-зерна з
вітчизняних сортів сорго

Всеукраїнська студенська науково-
практична конференція „
АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ
ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ
ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ
ГАЛУЗІ” (м. Херсон , 28-29 травня
2019р)
матеріали доповіді за темою:
Дослідження технологічних
показників якості повітряного
сорго

Апробація наукових результатів роботи

Третя міжнародна науково-практична конференція „ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ І ГОТЕЛЬНОЇ ІНДУСТРІЇ В УМОВАХ СУЧАСНОСТІ” (м. ХАРКІВ, 04-06 ВЕРЕСНЯ 2019 р).
матеріали доповіді за темою: Удосконалення технології отримання повітряних снєків із зернового сорго

International scientific conference of young scientist and students „ Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution” (м. Київ. – К.: НУХТ , 2-3 квітня 2020р)

матеріали доповіді за темою: Popping characteristics of different sorghum varieties

Всеукраїнська науково-практична конференція в заочній формі „ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ” (м. Умань, 7 квітня 2020 р).

матеріали доповіді за темою: Технологічні показники якості поп-сорго із сортів вітчизняної селекції.

Апробація наукових результатів роботи

Міжнародна науково-практична Інтернетконференція „АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ У СФЕРІ ТОРГІВЛІ ТА ТОВАРОЗНАВСТВА” (м. Херсон, 16-18 вересня 2020 року) .

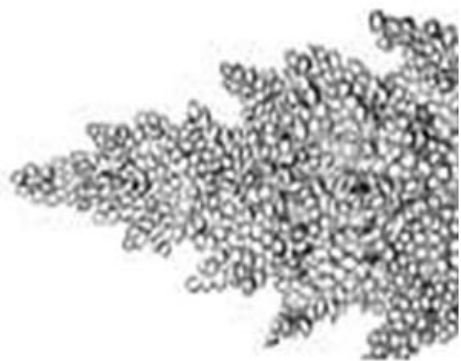
матеріали доповіді за темою: Удосконалення технології отримання повітряних снєків із зернового сорго

Conference „FOOD CHEMISTRY. MODERN METHODS FOR PRODUCTION OF FOOD, FOOD ADDITIVES AND PACKAGING MATERIALS ” (м. Львів, 7-9 жовтня 2020р)

матеріали доповіді за темою: Виробництво повітряного соризу із вітчизняних сортів сорго

Публікація в редакції колегії Вісника НТУ „ХП ”, „НОВІ РІШЕННЯ В СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ” (м. Харків, 2020 р).

матеріали доповіді за темою: Дослідження поп-властивостей зерна соризу



Дякую за увагу!

