

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології зберігання і переробки зерна

Освітній ступінь Магістр

Спеціальність 181 «Харчові технології»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Технології зберігання і переробки зерна

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри
технології зберігання і
переробки зерна

Тетяна ЯНЮК

“ ” 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Собачка Андрія Володимировича

1. Тема роботи: «Дослідження виходу борошна із зерна солодких сортів кукурудзи»

Керівник роботи: Шаран А. В., к.т.н., доцент.

Затверджені наказом закладу вищої освіти від “06” листопада 2023 року №906кс

2. Строк подання здобувачем роботи 10 лютого 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: 1)Провести аналітичний огляд джерел за темою роботи.
2)Дослідити технологічні властивості борошна кукурудзяного з солодких сортів кукурудзи,
параметрів технологічного процесу та вплив їх на якість готових продуктів та визначити споживчу
та харчову цінність продуктів; 3)Дослідити кідькість та якість виходу борошна та продуктів
помелу. 4)Вивчити вплив технологічного процесу при виробництві борошна кукурудзяного.

4. Зміст пояснювальної записки: Вступ; 1) Аналітичний огляд літератури; 2)Об’єкти і
методи досліджень; 3)Експериментальна частина; 4)Технологічний процес виробництва
кукурудзяного борошна; 5) Соціально-економічна ефективність роботи; 6)Висновки; 7) Список
використаної літератури; Додатки

5. Перелік графічного матеріалу:

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 13.10.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Літературний пошук і підготовка аналітичного огляду за темою дослідження.	14-17.11.2023 (10%)	Виконано
2.	Складання плану проведення експериментів, підбір і опанування методик визначення показників якості.	20-24.11.2023 (20%)	Виконано
3.	Визначення показників якості борошна кукурудзяного з зерна солодких сортів кукурудзи. Дослідження впливу борошна кукурудзяного на технологічні та структурно-механічні властивості.	27.11-1.12.2023 (25%)	Виконано
4.	Обробка та аналіз отриманих даних досліджень. Формування висновків та оформлення наукової частини.	27.11-19.12.2023 (45%)	Виконано
	1-а атестація	19.12.2023 (45%)	Виконано
5.	Проведення технологічних та техніко-економічних розрахунків. Створення схем на основі розрахунків.	20.12-16.01.2024 (65%)	Виконано
6.	Створення розділів пов'язаних з забезпеченням умов праці.	16.01-28.01.2024 (85%)	Виконано
	2-а атестація	29.01.2024 (85%)	Виконано
7.	Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи і подання їх на кафедру	30.01-10.02.2024 (100%)	Виконано

Здобувач _____

_____ Андрій СОБАЧКО

Керівник роботи _____

_____ Андрій ШАРАН

АНОТАЦІЯ

Собачко Андрій Володимирович. Дослідження виходу борошна із зерна солодких сортів кукурудзи. Кваліфікаційна магістерська робота за спеціальністю 181 «Харчові технології», за освітньою програмою «Технології зберігання і переробки зерна». Національний університет харчових технологій, Київ, 2024.

Дипломна робота присвячена комплексному дослідженню технологічних властивостей кукурудзяного борошна та аналізу впливу різних параметрів технологічного процесу на якість готових продуктів. Враховуючи зростаючий попит на безглютенові продукти харчування та пошук альтернативних джерел борошна в харчовій промисловості, кукурудзяне борошно виокремлюється як важливий компонент, що заслуговує на детальне вивчення.

Робота включає аналітичний огляд наукової літератури за темою, де розглядаються сучасні дослідження та розробки в галузі використання кукурудзяного борошна. Особлива увага приділяється визначенню харчової та споживчої цінності кукурудзяного борошна, а також його технологічних характеристик, які впливають на якість кінцевих продуктів.

У дипломній роботі проведено дослідження борошномельних властивостей зерна солодкої кукурудзи, включаючи оцінку якості сировини за допомогою актуальних методів. Вивчення параметрів технологічного процесу, таких як температура та вологість обробки, дозволило визначити оптимальні умови для виробництва високоякісного кукурудзяного борошна.

Результати лабораторних досліджень кількості та якості виходу борошна з зерна солодких сортів кукурудзи підтверджують, що використання сучасних технологічних рішень може значно покращити продуктивність процесу та якість продукції. Також розкриті технологічні особливості процесу підготовки сировини та виробництва кукурудзяного борошна, включаючи вплив різних способів помелу зерна на кінцеві характеристики продукту.

Дипломна робота вносить вклад у розширення теоретичних знань та практичних навичок у галузі виробництва кукурудзяного борошна, сприяючи розвитку харчової промисловості та впровадженню інноваційних продуктів харчування на ринок.

ABSTRACT

Andrii Volodymyrovych Sobachko. Study of the yield of flour from the grain of sweet corn varieties. Qualifying master's thesis in the specialty 181 "Food technologies", in the educational program "Storage and Grain Processing Technologies". National University of Food Technologies, Kyiv, 2024.

The thesis is devoted to a comprehensive study of the technological properties of corn flour and the analysis of the influence of various parameters of the technological process on the quality of finished products. Considering the growing demand for gluten-free food products and the search for alternative sources of flour in the food industry, corn flour stands out as an important component that deserves detailed study.

The work includes an analytical review of the scientific literature on the topic, where modern research and development in the field of using corn flour is considered. Particular attention is paid to determining the nutritional and consumer value of corn flour, as well as its technological characteristics that affect the quality of final products.

In the thesis, a study of the flour milling properties of sweet corn grain was carried out, including the assessment of the quality of raw materials using current methods. The study of the parameters of the technological process, such as the temperature and humidity of processing, made it possible to determine the optimal conditions for the production of high-quality corn flour.

The results of laboratory studies of the quantity and quality of flour yield from the grain of sweet corn varieties confirm that the use of modern technological solutions can significantly improve the productivity of the process and the quality of products. The technological features of the process of raw material preparation and production of corn flour are also disclosed, including the influence of different methods of grain grinding on the final characteristics of the product.

The thesis contributes to the expansion of theoretical knowledge and practical skills in the field of corn flour production, contributing to the development of the food industry and the introduction of innovative food products to the market.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1 Зерно кукурудзи як незамінна складова харчової промисловості	9
1.2 Промислові процеси обробки зерна кукурудзи для виробництва харчових продуктів	15
1.3 Якісні характеристики зерна солодкої кукурудзи	27
Висновки до розділу 1	33
2 ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	35
2.1 Об'єкти досліджень	35
2.2 Методи визначення якості сировини	35
2.3 Визначення натуре зерна кукурудзи	37
2.4 Визначення кольору і запаху зерна кукурудзи	38
2.5 Визначення вологості зерна кукурудзи	40
2.6 Визначення борошномельних властивостей зерна	43
Висновки до розділу 2	49
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	51
3.1 Визначення показників якості борошна кукурудзяного	51
3.2 Результати лабораторних досліджень зерна кукурудзи супер солодкого сорту Турбін.....	51
Висновки до розділу 3	53
4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗЯНОГО БОРОШНА	..55
4.1 Підготовка зерна кукурудзи до помелу.....	55
4.2 Обойний помел зерна кукурудзи.....	56
4.3 Сортовий помел зерна кукурудзи з попереднім відбором зародка.....	59
4.4 Сортовий помел зерна кукурудзи з виходом 82% борошна великого і тонкого помелу без попереднього відбору зародка	...65
Висновки до розділу 4.....	70
5 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.....	71
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	...79
ДОДАТКИ	84

ВСТУП

Актуальність теми. Актуальність теми дослідження виходу борошна з зерна солодких сортів кукурудзи впливає з постійно зростаючого попиту на продукти харчування, засновані на кукурудзі, в сучасному світі. Солодкі сорти кукурудзи, зокрема, відзначаються своїм унікальним смаком і харчовою цінністю, що робить їх привабливими для виробництва різноманітних продуктів харчування, включаючи борошно. Розробка ефективних методів для максимізації виходу борошна з цих сортів може значно підвищити рентабельність виробництва та сприяти сталому розвитку аграрного сектору. Крім того, збільшення ефективності переробки сприяє зменшенню відходів та підвищенню якості кінцевого продукту, що відповідає потребам споживачів у здоровому харчуванні. Таким чином, дослідження в області оптимізації процесів отримання борошна з солодких сортів кукурудзи має велике теоретичне та практичне значення. Тому важливо виготовляти конкурентоспроможну продукцію, виробництво якої може забезпечити дотримання таких умов:

1. Задоволення потреб споживача щодо асортименту, за рахунок використання функціональних інгредієнтів у виробництві борошняних виробів з метою зробити продукт більш корисним при цьому забезпечивши високу енергетичну цінність за невисокою ціною.

2. Розроблення та впровадження системи НАССР, що забезпечить виробництво високої якості продукції за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками якості, а також можливість швидкого виявлення проблемних точок виробництва та вирішення проблем.

3. Використання прогресивних ресурсо- і енергоощадних технологій у виробництві.

Також варто зазначити, що дане дослідження є актуальним через зростаючий попит на альтернативні види борошна в харчовій промисловості та серед споживачів, які шукають здорові альтернативи традиційному пшеничному борошну. Солодкі сорти кукурудзи, з їх унікальними смаковими та харчовими властивостями, пропонують нові можливості для розробки продуктів харчування

з покращеними смаковими характеристиками та підвищеним харчовим профілем. Оскільки споживачі стають все більш усвідомленими щодо здорового харчування, попит на таке борошно збільшується, що вимагає детального вивчення технологічних процесів їх обробки та можливостей використання у різноманітних видах продукції. Крім того, оптимізація виробничих процесів може сприяти підвищенню ефективності використання сировини та розширенню асортименту харчових продуктів на ринку.

Мета дослідження: визначити технологічні особливості виробництва, вихід і якісний склад борошна із солодких сортів кукурудзи.

Завдання дослідження:

- провести аналітичний огляд джерел за темою роботи;
- дослідити технологічні властивості кукурудзяного борошна, параметрів технологічного процесу на якість готових продуктів та визначити їх споживчу і харчову цінність;
- підібрати актуальні методи оцінки якості сировини та методики дослідження борошномельних властивостей зерна солодкої кукурузи;
- визначити показники якості кукурудзяного борошна та провести лабораторне дослідження кількості та якості виходу борошна з зерна солодких сортів кукурудзи;
- розкрити технологічні особливості процесу підготовки сировини та виробництва кукурудзяного борошна за умови різних способів помелу зерна кукурудзи.

Об'єкт дослідження: технологія виробництва борошна з зернових культур.

Предмет дослідження: борошно із солодких сортів кукурудзи.

Методи дослідження. В процесі виконання дослідження були використані такі методи: експериментальний метод – для проведення лабораторних експериментів для визначення кількісних показників виходу борошна із зерна солодких сортів кукурудзи під різними умовами обробки; статистичний аналіз – при зборі та аналізі даних про виходи борошна для виявлення закономірностей, порівняння ефективності різних технологій переробки зерна кукурудзи; методи оптимізації – для використання математичних моделей і методів оптимізації для

визначення найбільш ефективних умов переробки зерна на борошно; аналітичний метод – при вивченні наукової літератури, патентів, нормативних документів для аналізу існуючих технологій переробки зерна кукурудзи та визначення потенціалу їх вдосконалення; соціально-економічний аналіз – для оцінки економічної ефективності виробництва борошна із солодких сортів кукурудзи, впливу на ринок, споживчий попит; експертні оцінки – залучення фахівців галузі для оцінки нововведень у технології переробки зерна, можливостей впровадження на практиці.

Ці методи дозволили комплексно підійти до дослідження, виявити найбільш ефективні способи переробки зерна солодких сортів кукурудзи, оцінити їхню економічну та технологічну доцільність.

Наукове значення магістерського дослідження полягає в розробці технологічних рішень для оптимізації виробництва борошна з солодких сортів кукурудзи. Це дослідження вносить вклад у поглиблене розуміння технологічних властивостей кукурудзяного борошна та впливу різних параметрів процесу на якість готового продукту. Враховуючи актуальність теми у контексті зростаючого попиту на продукти харчування на основі кукурудзи, результати роботи мають важливе значення для агропромислового сектору, зокрема, для виробників харчових продуктів. Отримані дані допоможуть підвищити ефективність переробки кукурудзи, зменшити відходи виробництва та сприяти створенню високоякісної та конкурентоспроможної продукції, що відповідає вимогам здорового харчування.

Практичне значення отриманих результатів. Дослідження виходу борошна із зерна солодких сортів кукурудзи має значне практичне значення, оскільки воно сприяє покращенню ефективності виробництва борошна з кукурудзи. Це може допомогти визначити оптимальні умови обробки для максимізації виходу високоякісного продукту, знизити втрати сировини та підвищити рентабельність виробництва. Також, знання про характеристики солодких сортів кукурудзи дозволяє розробити нові продукти харчування з покращеними смаковими якостями та харчовою цінністю, що відповідають сучасним вимогам споживачів.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Зерно кукурудзи як незамінна складова харчової промисловості

Кукурудза — одомашнена рослина, яка виникла приблизно 7000 років тому на території сучасної Мексики. Її також називають маїс, і обидва слова використовуються як синоніми, залежно від джерела даних або використаних посилань. Кукурудза поширилася по всьому світу незабаром після відкриття європейцями Америки. Незалежно від походження, кукурудза виявилася однією з найбільш адаптивних культур. Її еволюція, очевидно, відбувалася в основному під час одомашнення і призвела до біотипів з адаптацією від тропіків до північної помірної зони, від рівня моря до висоти 12 000 футів, а періоди росту (від посадки до зрілості) тривали від 6 тижнів до 13 місяців. Зараз США, Бразилія, Мексика, Аргентина, Індія, Франція, Індонезія, Південна Африка та Італія виробляють 79% світового виробництва кукурудзи. З Між 1990 і 2011 роками кількість зібраних мільйонів гектарів кукурудзи коливалася від 129,1 до 163,9. За той же період виробництво кукурудзи в метричних тоннах на гектар зросло з 3,7 до 5,1, а загальне виробництво кукурудзи зросло з 482,0 до 832,5 мільйонів метричних тонн. У всьому світі 60–70% виробленої кукурудзи використовується всередині країни як корм худобі, а решта 30–40% використовується для виробництва продуктів для споживання людиною [31].

Кукурудза є основною зерною культурою за обсягом виробництва, але займає третє місце як основний продукт харчування після пшениці та рису. Причини цього факту різноманітні, але деякі з них пов'язані з культурними чи соціальними уподобаннями, а також тим, що в деяких країнах кукурудза вирощується як корм для худоби. Зовсім недавно використання кукурудзи як біопалива викликало велике занепокоєння щодо зростання ринкових цін на кукурудзу для споживання, необхідності збільшення сільськогосподарських площ, а також якості води та інших екологічних збитків. Деякі прогностичні моделі прогнозують, що великомасштабне виробництво кукурудзяного етанолу може призвести до скорочення експорту продовольства, підвищення цін і більшої глобальної вирубки лісів.

Кукурудза є зерною культурою з найбільшим урожаєм у світі, яка використовується для споживання людиною, корму худоби та палива. В даний час різні харчові технології використовуються для переробки промислово виробленого кукурудзяного шрота та кукурудзяного борошна в різних частинах світу для отримання попередньо приготовленого рафінованого кукурудзяного борошна, зневодненого нікстамалізованого борошна, ферментованого кукурудзяного борошна та інших продуктів з кукурудзи. Ці продукти мають різний внутрішній вміст вітамінів і мінералів, і їх переробка проходить різними шляхами від сирого зерна до споживчого кінцевого продукту, що тягне за собою зміни в складі поживних речовин. Механічна обробка сухої кукурудзи створює цілі або фракціоновані продукти, розділені за такими анатомічними ознаками, як висівки, зародки та ендосперм. Волога обробка кукурудзи розділяє за класифікацією хімічних сполук, таких як крохмаль і білок.

В науково-практичній літературі [34], [35] описано різні промислові процеси, включаючи цільне зерно, фракціонування сухого помелу та нікстамалізацію. Групою дослідників було визначено втрати вітамінів і мінералів під час обробки та окреслено поживний вплив. Також чимала увага в публікаціях, зокрема [37] відводиться обговорюванню вмісту вітамінів і мінералів у кукурудзі.

Ядро кукурудзи складається з чотирьох основних структур з точки зору обробки. Це ендосперм, зародок, перикарпій і верхівковий ковпачок, які складають 83%, 11%, 5% і 1% зерна кукурудзи відповідно (Рис.1.1). Ендосперм – це переважно крохмаль, оточений білковою матрицею. Два основних типи крохмалю включають твердий або склоподібний і м'який або непрозорий. Склоподібний ендосперм негативно пов'язаний із здатністю до розкладання крохмалю та засвоюваністю крохмалю в шлунку жуйних тварин.

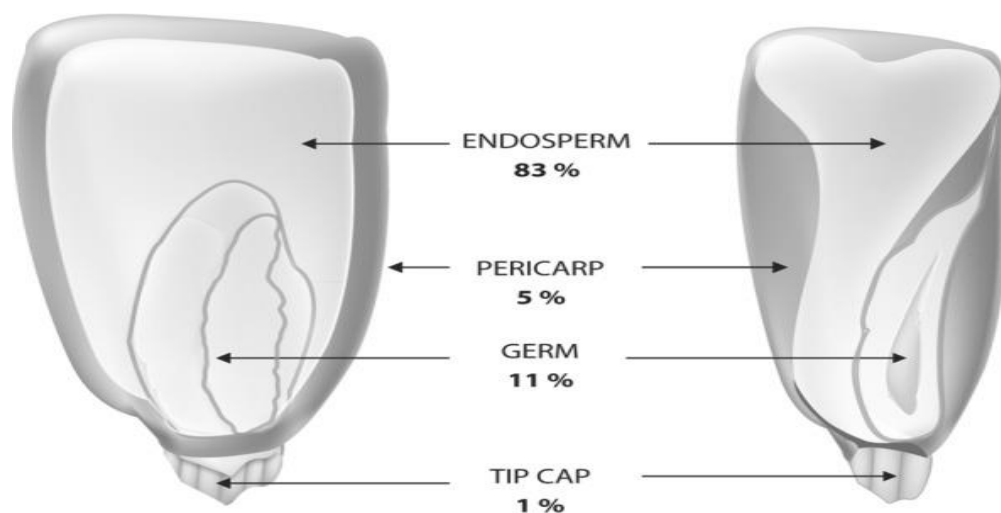


Рисунок 1.1 – Структура ядра кукурудзи з позиції його обробки [36]

Зародок або ембріон зерна кукурудзи має високий вміст жиру (33,3%) на додаток до ферментів і поживних речовин для росту та розвитку нових рослин кукурудзи. Зародок також містить вітаміни з комплексу В і антиоксиданти, такі як вітамін Е. Олія зародків кукурудзи містить особливо багато поліненасичених жирних кислот (54,7%), які піддаються окислювальному та іншим формам прогіркання, що призводить до неприємного запаху або неприємного смаку основного жиру, продуктів з кукурудзи. Перикарпій – це напівпроникний бар’єр з високим вмістом клітковини (8,8% сирої речовини), який оточує ендосперм і зародок і покриває все, крім верхівки. Наконечник – це структура, через яку проходить уся волога та поживні речовини під час розвитку та висихання ядра. Чорний або грудчастий шар на верхівці діє як ущільнення.

Термін «висівки» в літературі також використовується для позначення багатого клітковиною зовнішнього шару (околоплідника), який містить вітаміни групи В і мінерали, а також верхівки.

Варіанти кукурудзи можуть бути штучно визначені відповідно до типу зерна: зубчаста, кременева, воскова, борошняна, солодка, поп-кукурудза, індійська та стручкова кукурудза. За винятком стручкової кукурудзи, ці поділki базуються на якості, кількості та структурі складу ендосперму, який визначає розмір зерна, і не вказують на природні взаємозв’язки. Склад ендосперму може бути змінений внаслідок однієї відмінності в гені, як у випадку борошністого (fl) проти кременевого (Fl), цукристого (su) проти крохмалистого (Su), воскового (wx) проти

невоскового (Wx) та інших окремих рецесивних генних модифікаторів, які використовувалися при виведенні цільових сортів кукурудзи.

Дослідимо склад зерна кукурудзи. Так, в Табл. 1.1 і 1.2 наведено дані аналізу вітамінів і мінералів кукурудзи, сирих висівок і кукурудзяного крохмалю, доступний у базі харчових даних Міністерства сільського господарства США. Як можна помітити, кукурудзяні висівки вносять значний внесок у вміст вітамінів і мінералів у кукурудзі. Під час мокрого помелу кукурудзи більша частина поживних речовин відокремлюється від крохмального компонента.

Таблиця 1.1 – Вміст вітамінів у цільних зернах, сирих висівках і кукурудзяному крохмалі жовтої кукурудзи

Вітамін	одиниця/ 100 г	Кукурудза, цільне зерно	Кукурудза, висівки	Кукурудза, крохмаль
Тіамін	мг	0,39	0,01	0
Рибофлавін	мг	0,20	0,10	0
ніацин	мг	3.63	2.74	0
Пантотенова кислота	мг	0,42	0,64	0
Вітамін В6	мг	0,62	0,15	0
Фолієва кислота	мкг	19.00	4.00	0
Холін	мкг		18.10	0,40

Примітка : дані Міністерства сільського господарства США [41]

Таблиця 1.2 - Мінеральний вміст цільного ядра, сирих висівок і кукурудзяного крохмалю жовтої кукурудзи

Мінеральні речовини	одиниця/ 100 г	Кукурудза, цільне зерно	Кукурудза, висівки	Кукурудза, крохмаль
Кальцій, Ca	мг	7.00	42.00	2.00
Залізо, Fe	мг	2.71	2.79	0,47
Магній, Mg	мг	127,00	64,00	3.00
Фосфор, P	мг	210,00	72,00	13.00
Калій, K	мг	287,00	44,00	3.00
Натрій, Na	мг	35.00	7.00	9.00
Цинк, Zn	мг	2.21	1.56	0,06
Мідь, Cu	мг	0,31	0,25	0,05
Марганець, Mn	мг	0,49	0,14	0,05
Селен, Se	мкг	15.50	16.5	2.80

Примітка : дані Міністерства сільського господарства США[42]

Крім хімічного складу, фізичні характеристики кукурудзи на комерційному ринку впливають на вартість зерна або кінцевого продукту. Часто країни мають стандарти класифікації кукурудзи, яка надходить у ланцюг постачання, щоб допомогти покупцям і продавцям оцінити вартість кукурудзи. Натура, вміст вологи, сторонні речовини та пошкодження є одними з типових показників якості та цінності кукурудзи.

Харчові продукти з кукурудзи можна переробляти вдома в невеликих локальних масштабах, а також у більших промислових масштабах, перетворюючи сировину на харчові продукти. Деякі з продуктів більш придатні для комерційної торгівлі, оскільки вони потребують подальшої обробки або забезпечують зручність і подовжений термін зберігання, тоді як інші продукти слід споживати відразу після виробництва. Наприклад, дегермінована кукурудзяна крупа, або борошно мають подовжений термін зберігання, їх можна легко переміщувати та реалізовувати. Сам продукт має пройти подальшу обробку, включаючи певний ступінь варіння, щоб він був приємним як харчовий продукт.

Нікстамалізована кукурудза, якщо її готують у домашньому господарстві або на невеликому виробництві, зазвичай використовується для виготовлення готових до споживання готових продуктів маси з обмеженим терміном зберігання. Нікстамалізована кукурудза має кілька переваг у порівнянні з необробленим зерном: по-перше – її набагато легше подрібнити; по-друге – поживна цінність кукурудзи підвищується, смак і аромат поліпшуються; по-третє – цей процес видаляє до 97% – 100% афлатоксинів із забрудненої мікотоксинами кукурудзи. У промислових масштабах нікстамалізоване кукурудзяне борошно можна переробляти та продавати як стабільний продукт, який можна готувати для споживання вдома, скорочуючи час приготування їжі та забезпечуючи зручність. Промислові переробники прагнуть пропонувати продукти кукурудзи, які повторюють ті, що споживаються в регіоні цільового ринку. Визначення частки ринку промислово виробленої кукурудзяної продукції, що споживається на ринку, має важливе значення для оцінки потенціалу реалізації успішної програми збагачення кукурудзяної продукції. Вплив дрібної

промисловості з переробки кукурудзи з місцевим впливом також може відігравати значну роль у деяких цільових групах населення, особливо в деяких бідних країнах.

Варто відзначити, що колір кукурудзи відіграє важливу роль для певних груп споживачів у Центральній і Південній Америці, а також в Африці, і біла кукурудза є більш популярною і кращою для споживання в їжі. У деяких регіонах світу, наприклад у Північній Америці, бажаний колір залежить від регіону чи використання в їжі. Наприклад, у східній частині Сполучених Штатів кукурудзяне борошно, крупа білого кольору, тоді як у північній частині країни очікується, що кукурудзяне борошно та кукурудзяні продукти, які використовуються для сніданку та закусок, виготовлятимуть із жовтої кукурудзи.

Склад кукурудзяного борошна або крупи також може залежати від регіональних уподобань, причому деякі віддають перевагу цільній меленій кукурудзі, а не де пророщеним або частково де пророщеним продуктам. На склад поживних речовин, включаючи вітаміни, мінерали та антипоживні фактори, впливають уподобання місцевих продуктів, які включають не лише спосіб споживання кукурудзяного продукту, а й те, які інші харчові продукти чи добавки є частиною повноцінної їжі. Місцеві та регіональні стандарти щодо форми та складу повинні бути оцінені як частина планування програми збагачення кукурудзяного борошна або кукурудзяної крупи.

Продукти з кукурудзи та методи обробки такі ж різноманітні, як і сам урожай кукурудзи. Обробку кукурудзи на домашньому або місцевому промисловому рівні можна здійснити за допомогою дерев'яних ступок і товкачків, кам'яних метатесів і манос (каміння). Зменшення часток у мікробах та/або вмісті клітковини можна досягти за допомогою просіювання. Погана стабільність продукту, особливо через вміст жиру, призводить до необхідності частішої обробки кукурудзи в домашньому господарстві та на рівні малого виробництва. Крім того, кількість поживних речовин, видалених або змінених під час домашньої або мало масштабної промислової обробки, може значно відрізнятись. Як наслідок, збагачення кукурудзи, обробленої в домашніх умовах або на невеликих промислових заводах, може бути недоцільним. З іншого боку, у деяких країнах місцеве або домашнє виробництво

та/або переробка може становити більшу частину споживання кукурудзи. У цих країнах центральні або загальнонаціональні програми збагачення кукурудзи не будуть рішенням для покращення споживання мікроелементів.

1.2 Промислові процеси обробки зерна кукурудзи для виробництва харчової продукції

Проаналізувавши літературні джерела, можна дійти висновку, що існує дві основні категорії промислової обробки зерна кукурудзи, які використовуються для перетворення кукурудзи на продукти для споживання людиною. Їх називають сухим і мокрим помелом. У процесі мокрого помелу кукурудзу поділяють на класи відносно чистих хімічних сполук: крохмаль, білок, олію та клітковину. Продукти та супутні продукти, отримані від мокрого помелу кукурудзи, як правило, не використовуються безпосередньо споживачем і часто потребують подальшої промислової обробки перед споживанням. Продукти мокрого помелу кукурудзи зазвичай не виробляються в малих комерційних масштабах або в домашніх умовах. Основний продукт, крохмаль, може бути перероблений у різноманітні крохмальні продукти або далі очищений у різноманітні підсолоджувачі, що продаються в рідкому та сухому вигляді.

Промисловий сухий помел включає зменшення розміру часток чистої цільної кукурудзи з відсіюванням або без нього, зберігаючи всі або частково вихідні кукурудзяні зародки та клітковину. Через високий вміст жиру ці продукти з цілої або частково дегермінованої кукурудзи не дуже стійкі до зберігання. Дегермінація кукурудзи передбачає механічне відділення та обробку, в результаті чого отримують сухі, стабільні продукти з видаленням більшості зародків і волокон. Значна частина зменшення розміру частинок і розділення досягається за допомогою обладнання, подібного до того, що використовується для помелу пшеничного борошна, включаючи молоткові млини, кам'яні млини, роликові млини, сита, сепаратори питомої ваги та аспіратори. Для обробки кукурудзи можна використовувати спеціалізоване обладнання, таке як дегермінатори, очищувачі або лушилки.

Як правило, цільні, частково очищені та очищені зерна кукурудзи вимагають додаткової обробки перед споживанням. Ці етапи обробки можуть бути виконані у великому промисловому середовищі, на невеликому локальному процесорі або вдома. Ці вторинні процеси можуть включати додавання інших інгредієнтів разом із термічною обробкою, включаючи кип'ятіння, сушіння, смаження або запікання, що може вплинути на харчові властивості готового продукту.

Другим типом промислової сухої обробки кукурудзи є лужна обробка або нікстамалізація, при якій цілу кукурудзу варять у надлишку води, обробленої оксидом кальцію. Кукурудзяне зерно можна подрібнити цілим, фракціонувати або додавати інші компоненти кукурудзи. На відміну від помелу пшеничного борошна, обладнання для обробки кукурудзи, обробленої лугом, спеціалізоване для обробки вологи, хімікатів і тепла, необхідних для вологої обробки. Для обробки сирової кукурудзи та сухого готового продукту використовується звичайне обладнання для транспортування та обробки сухих сипучих матеріалів. Отриманий проміжний продукт може бути висушений для комерційного продажу споживчого продукту подальшої обробки. У Північній Америці та Мексиці сухе кукурудзяне борошно, оброблене лугом, відоме як борошно маса, назва, яка не використовується в іспаномовних країнах Центральної та Південної Америки чи неіспаномовних країнах Африки. Ці продукти називаються тут обробленими лугом [38]. Лужний процес покращує смак, желатинізацію крохмалю та поглинання води. Процес частково видаляє частину зародка та більшу частину околоплідника, але кількість змінюється. У деяких випадках околоплідник може бути доданий до процесу для візуального покращення продукту. Нагрівання в процесі спричиняє втрату тіаміну, рибофлавіну, ніацину, жиру та клітковини. Як і слід було очікувати, вміст кальцію збільшується внаслідок обробки лугом.

У процесі нікстамалізації є кілька етапів. Спочатку висушену кукурудзу замочують у розчині води з вапном, часто з додаванням попелу. Потім зерно варять, замочують, зливають воду та кілька разів промивають. Потім зерно подрібнюють, щоб зробити вологе тісто, з якого формують коржі, або дають висохнути в борошно. В даний час спостерігається значне зменшення виробництва домашніх коржів,

оскільки вони тепер готуються з комерційного борошна швидкого приготування або купуються в упакованих тортильях. Нікстамалізована кукурудза має кілька переваг порівняно з необробленими зернами: вона легше подрібнюється та має вищу поживну цінність (підвищена біодоступність ніацину, покращена якість білка, підвищений вміст кальцію) та знижений вміст мікотоксинів.

Основним кукурудзяним продуктом у Південній Америці, зокрема у Венесуелі та Колумбії, є арепа, яка є смаженим або запеченим хлібом, приготованим із попередньо звареного очищеного кукурудзяного борошна [32].

Традиційно арепи виготовляють шляхом очищення попередньо замочених цілих ядер від лушпиння та видалення кульок шляхом ручного подрібнення зерен кукурудзи в пілоні, дерев'яній ступці. Висівки та зародки видаляють шляхом багаторазового промивання водою суміші, що містить ендосперм. Потім цю фракцію готують і подрібнюють для приготування тіста, якому надають форму та готують (запікають або смажать) для отримання арепи. Традиційний процес приготування домашньої арепи передбачає замочування, варіння, охолодження, зціджування, подрібнення та формування заготовки тіста для додаткового смаження або запікання. Процес займає 18 або більше годин, щоб завершити його в домашніх умовах.

Традиційний метод був модифікований завдяки введенню попередньо приготовленої кукурудзяної муки. Цей процес включає кондиціонування, варіння, лущення, сушку, подрібнення та просіювання для отримання сухого швидкого приготування рафінованого борошна арепа. Борошно можна легко транспортувати та зберігати до використання вдома. Приготування скорочується менше години, що робить його більш зручним для споживачів. Хоча арепа готується з борошна, яке на 100% складається з кукурудзи, існують комерційні зразки сумішей кукурудзи з рисом, кукурудзи з пшеницею та кукурудзи з вівсом і пшеничними висівками.

Ферментовані кукурудзяні продукти, такі як огі, готують шляхом замочування зерна кукурудзи на 1–3 дні до м'якості. Потім його подрібнюють каменем, очищають від лушпиння та зародків шляхом повторного промивання водою. Відфільтрований ендосперм ферментується протягом 2 або 3 днів,

утворюючи кашку, яка після кип'ятіння перетворюється на огі-кашу. Ферментовані продукти, схожі, але виготовлені з використанням різних сортів кукурудзи або з незначними змінами, включають уджі в Кенії, кенкі, банку, огі та коко з Гани та Нігерії. Nixtamal — це ще один ферментований кукурудзяний продукт, який готується з очищених від лушпиння ядер, подрібнених до грубого тіста та загорнутих у бананове листя для бродіння протягом 2 або 3 днів.

Розділення компонентів кукурудзи (наприклад, лушення або видалення шкірки) залежить від регіональних звичаїв і переваг споживачів. Ці відмінності впливають на вміст вітамінів і мінералів у готовому продукті первинної обробки, і їх слід враховувати при розробці стратегії збагачення кукурудзи. Врожайність, вміст жиру та клітковини в кукурудзяному продукті від первинних процесів буде прямо пропорційним вмісту поживних речовин. Розмір частинок також буде важливим для стратегії збагачення, як це буде описано далі. Збагачення продуктів вторинної переробки кукурудзи стає дуже різноманітним і, за своєю суттю, складніше в управлінні.

Продукти, отримані в результаті сухого помелу, численні, їх різноманіття значною мірою залежить від розміру частинок. В Африці з меленої кукурудзи готують пасту, що супроводжується густим слабоалкогольним пивом. Цю кукурудзяну пасту можна смажити або запікати, залежно від регіону Африки. Багато африканців залежать від певного варіанту цієї каші, яка готується з води та меленої кукурудзи. Її також можна їсти як кашу або вареник, залежно від густоти тіста та способу приготування. У Кенії готують уджі, кашу з кукурудзяного борошна, звареного на воді та підсолодженого цукром.

Інші препарати кукурудзи включають гумітас, приготований із попередньо відвареного кукурудзяного борошна, мот із вареної кукурудзи та сиру, пупуси, виготовлені з обробленої вапном кукурудзи та сиру, і патаска, яка схожа на ядро кукурудзи, оброблене вапном.

В Україні кукурудзяне борошно використовується для приготування:

- Кукурудзяного хліба. Виробництво хліба з кукурудзяним борошном є популярним в Україні. Цей вид хліба має характерний смак та аромат, і часто

подається як доповнення до страв.

- Млинці з кукурудзяним борошном. Це традиційна страва, яка часто подається з медом або сиропом, створюючи солодкий та смачний обід чи сніданок.
- Кукурудзяне тісто для піци. Крупно помелене кукурудзяне борошно використовується для приготування тонкого тіста, яке додає аромат та хрустку до кукурудзяної піци.
- Кукурудзяні галети. Ця страва виготовляється з кукурудзяного тіста та може бути начиненою різноманіттю інгредієнтів, включаючи сир, овочі та м'ясо.
- Кукурудзяна каша. Традиційна українська страва, приготована з середнього помелу кукурудзяного борошна, часто подається з молоком або медом.

Різними науковцями та фахівцями були зроблені спроби класифікувати та визначити продукти переробки кукурудзи, однак загально визнаної термінології для продуктів сухого помелу кукурудзи не існує. Деякі дослідники пропонують розділяти визначення кукурудзяного борошна на категорії меншого розміру, включаючи грубе борошно (1190–730 мкм), середнє борошно (730–420 мкм) і дрібне борошно або конуси (420–212 мкм). Популярна зернова, кормова і технічна культура, яка характеризується універсальністю використання і високою врожайністю [33].

Збагачення кукурудзяного борошна залізом є економічно ефективним підходом, заснованим на харчових продуктах, який слід розглядати як частину ширшої інтегрованої ініціативи щодо запобігання недоїдання мікроелементами, доповнюючи інші зусилля щодо покращення стану мікроелементів. Інші ініціативи включають доповнення, зміну харчових звичок, збагачення їжі, збагачення місця використання, сприяння збільшенню споживання та виробництва їжі, покращення здоров'я та санітарних умов, біозбагачення, генетично модифіковані продукти харчування та нанотехнології.

Для успішної програми фортифікації кукурудзи необхідна ідентифікація обсягу споживання кукурудзи, а також типу продукту та значних потужностей виробництва кукурудзи на промислових рівнях. Кукурудзяне борошно, маса або сухі кукурудзяні продукти первинної обробки, з вмістом вологи менше 13% є стабільними та можуть бути збагачені порошкоподібним преміксом, що складається

з відповідних вітамінів і мінералів, які можуть бути подібними до тих, що використовуються в програмах збагачення пшеничного борошна, але завжди базуються на потребах конкретної групи населення, країні чи регіоні, а не на здатності борошна приймати певний премікс. Тонкі кукурудзяні продукти (на 100% менше 600 мкм) придатні для додавання порошкоподібного преміксу і не будуть піддаватися суттєвій сегрегації. Вибір відповідної суміші мікроелементів є ключовим для успіху програми. Важливо підібрати суміш мікроелементів, особливо щодо заліза, яке добре засвоюється і в той же час не змінює органолептичні характеристики збагаченого кукурудзяного борошна або страв, які містять збагачене борошно. Набір інструментів борошномельника для збагачення борошна нещодавно було оновлено, щоб надати практичні відомості про збагачення борошна в контексті зернових або переробних підприємств.

Таблиця 3 надає приблизний аналіз вітамінів і мінералів для білої кукурудзи, цільнозернового кукурудзяного борошна, дегермінованого борошна (незбагаченого та збагаченого), обробленого лугом кукурудзяного борошна або борошно-маси (незбагаченого та збагаченого) та кукурудзяного борошна попереднього приготування (незбагаченого та збагаченого). Продукти з депророщеної кукурудзи мають явно нижчий вміст жиру, клітковини та золи порівняно з цільною кукурудзою або цільнозерновим борошном. Вплив обробки лугом на рівень кальцію в готовому продукті є очевидним, враховуючи більш високі значення кальцію.

Таблиця 1.3 – Проксимальний аналіз вмісту вітамінів і мінералів у білій кукурудзі, борошні, крупі та масі, обробленій лугом, незбагаченою та збагаченою

	Од/ 100г	Куку рудза	Кукур удзяне борош но, цільне зерно	Кукур удзяне борош но грубе очище не, незбаг ачене	кукур удзяне борош но, очище не, незбаг ачене	кукур удзяне борош но, очище не, збагач ений	Кукур удзяне борош но, маса, незбаг ачене	Кукур удзяне борош но, маса, збагач ене	Попере дньо пригот овлене кукуру дзяне борошн о, незбага чене	Попере дньо пригот овлене кукуру дзяне борошн о, збагаче не
вода	g	10.4	10.9		11.2	11.2	9.0	9.0	11.2	11.2
Енергі я (Ккал)	ккал	365	361		370	370	365	365	354	354
Енергі я (КДж)	КJ	1527	1510		1547 рiк	1547 рiк	1528	1528		
Білок (N ×6, 25)	g	9.4	6.9		7.1	7.1	9.3	9.3	7.2	7.2
Загаль ні ліпіди	g	4.7	3.9		1.8	1.8	3.9	3.9	1.1	1.1
Зола	g	1.2	1.5		0,5	0,5	1.5	1.5	0,3	0,3
вуглев оди	g	74.3	76.9		79,5	79,5	76.3	76.3	80.2	80.2
Загаль на клітко вина	g		7.3		3.9	3.9	6.4	6.4	2.5	2.5
Цукри , всього	g		0,6		1.6	1.6	1.6	1.6		
Крохм аль	g				73.3	73.3	66	66		
Тіамін	мг	0,39	0,25	0,07	0,14	0,55	0,22	1,48	0,06	0,31
Рибоф лавін	мг	0,20	0,08	0,06	0,05	0,38	0,1	0,81	0,05	0,25
ніацин	мг	3.63	1.9	2.66	1	4,97	1.63	9,93	0,6	5.1
Пантот енова кислот а	мг	0,42	0,66	0,05	0,24	0,24	0,19	0,19		
Вітамін В6	мг	0,62	0,37	0,1	0,18	0,18	0,48	0,48		

Фолієв а кислот а, всього	МКГ		25	48	30	209	2.9	209		
Фолієв а кислот а	МКГ		0	0	0	180	0	180		
Фолієв а кислот а, їжа	МКГ		25	48	30	30	2.9	2.9		
Фолієв а кислот а, FDE	МКГ		25	48	30	335	2.9	335		
Холін	МГ		21.6		8.6	8.6	8.6	8.6		
Кальці й, Са	МГ	7	7	2	3	3	136	136	12	12
Залізо, Fe	МГ	2.7	2.4	0,9	1.1	4.4	1.5	7.5	0,9	5.0
Магній , Mg	МГ	127	93	18	32	32	93	93		
Фосфо р, П	МГ	210	272	60	99	99	214	214	64	64
Калій, К	МГ	287	315	90	142	142	263	263		
Натрій , Na	МГ	35	5	1	7	7	5	5		
Цинк, Zn	МГ	2.2	1.7	0,4	0,7	0,7	1.8	1.8		
Мідь, Cu	МГ	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2		
Марга нець, Mn	МГ	0,5	0,5	0,06	0,2	0,2	0,4	0,4		
Селен, Se	МКГ	15	15.4	8	10.5	10.5	14	14		
Вітамі н А	RE									

В Україні кукурудзу вирощують переважно як кормову культуру. Її зерно є цінним концентрованим кормом для всіх сільськогосподарських тварин та птиці: 1

кілограм кукурудзяного зерна відповідає 1,34 кормової одиниці і містить 70 грам перетравного протеїну.

Зерно, силос і зелена маса кукурудзи добре перетравлюються і засвоюються організмом тварин. Так 100 кілограм зеленої маси кукурудзи, зібраної у фазі молочно-воскової стиглості, відповідають 32 кормовим одиницям, а 100 кілограм сухих стебел кукурудзи, зібраної на зерно, — дорівнюють 37 кормовим одиницям і містять 1,5 кілограма перетравного протеїну.

Розмелені стрижні качанів також згодують тваринам, 100 кілограмів таких стрижнів відповідає 35 кормовим одиницям.

Сухе зерно кукурудзи містить 9-12% білка, 4-6 жиру і 65-70% безазотистих екстрактивних речовин. У свою чергу зерно жовтозерних сортів кукурудзи містить багато каротину.

Кукурудзу в Україні також використовують і як продовольчу культуру. З її зерна виготовляють борошно, крупу, пластівці та інші продукти. Качани та зерно у молочно-восковій стиглості використовують у вареному вигляді в їжу та для консервування.

Зерно кукурудзи є сировиною для виробництва спирту, крохмалю, глюкози. Із зародків кукурудзи виробляють олію, що має лікувальні властивості. Із стебел і обгорток качанів виготовляють папір, клей, фарби, штучну смолу тощо.

Вирощування кукурудзи має велике організаційно-господарське значення. Оскільки її сіють і збирають пізніше, ніж інші ярі зернові культури, є можливість краще використовувати робочу силу і сільськогосподарські машини.

Після внесення органічних і мінеральних добрив, за старанного догляду за посівами і належного міжрядного обробітку ґрунту кукурудзяне поле залишається чистим, а ґрунт розпушеним. У посушливих районах з незначним сніговим покривом куліси з кукурудзи сприяють снігозатриманню, підвищенню вологості ґрунту та врожайності озимих і ярих зернових культур.

Багато дослідників підкреслюють, що у порівнянні з пшеницею та рисом кукурудза, з точки зору її застосування, є найбільш різноплановою злаковою культурою, що наочно підтверджує інформація, наведена на Рис. 1.2.

Так, кукурудза є надважливою у раціоні кормів для тварин. Приблизно дві третини світового виробництва кукурудзи вирощується на корм сільськогосподарських тварин та птиці. У більшості випадків кукурудзу збирають після повного дозрівання зерна, яке переробляється на корм для тварин. У деяких країнах урожайність становить в середньому майже 10 т/га. Обидва види кукурудзи (зернова та кормова) є одним із найбільш висококалорійних джерел енергії для годівлі тварин, яке забезпечує утворення більшої кількості жиру, ніж пшениця та ячмінь, проте містить менше білків, ніж зерно хлібних злаків. Зокрема, у споживанні кукурудзи варто відмітити її такі напрямки:

- *Годівля ВРХ.* Завдяки високому вмісту крохмалю, який повільніше розщеплюється в рубці великої рогатої худоби, зерно кукурудзи широко використовується в кормах, як один із основних продуктів-постачальників енергії для ВРХ. В результаті відносно повільного проходження кукурудзи в організмі тварини процес травлення займає довший час, завдяки чому частка її використання в раціоні більша, порівняно з іншими злаками.
- *Годівля птиці.* Значну частину раціону курей займає висококалорійний корм, в якості якого широко застосовується зернова кукурудза із показником метаболічної енергії 15 МДж/кг сухої речовини. Високий рівень крохмалю в кукурудзі легко засвоюється птицею, характеризується приємним смаком та відсутністю антипоживних факторів. Кукурудза також забезпечує надходження ксантофілів, які покращують колір жовтка, та лінолевої кислоти, яка збільшує розмір яйця. Все це допомагає підвищити якість та сортність яєць.

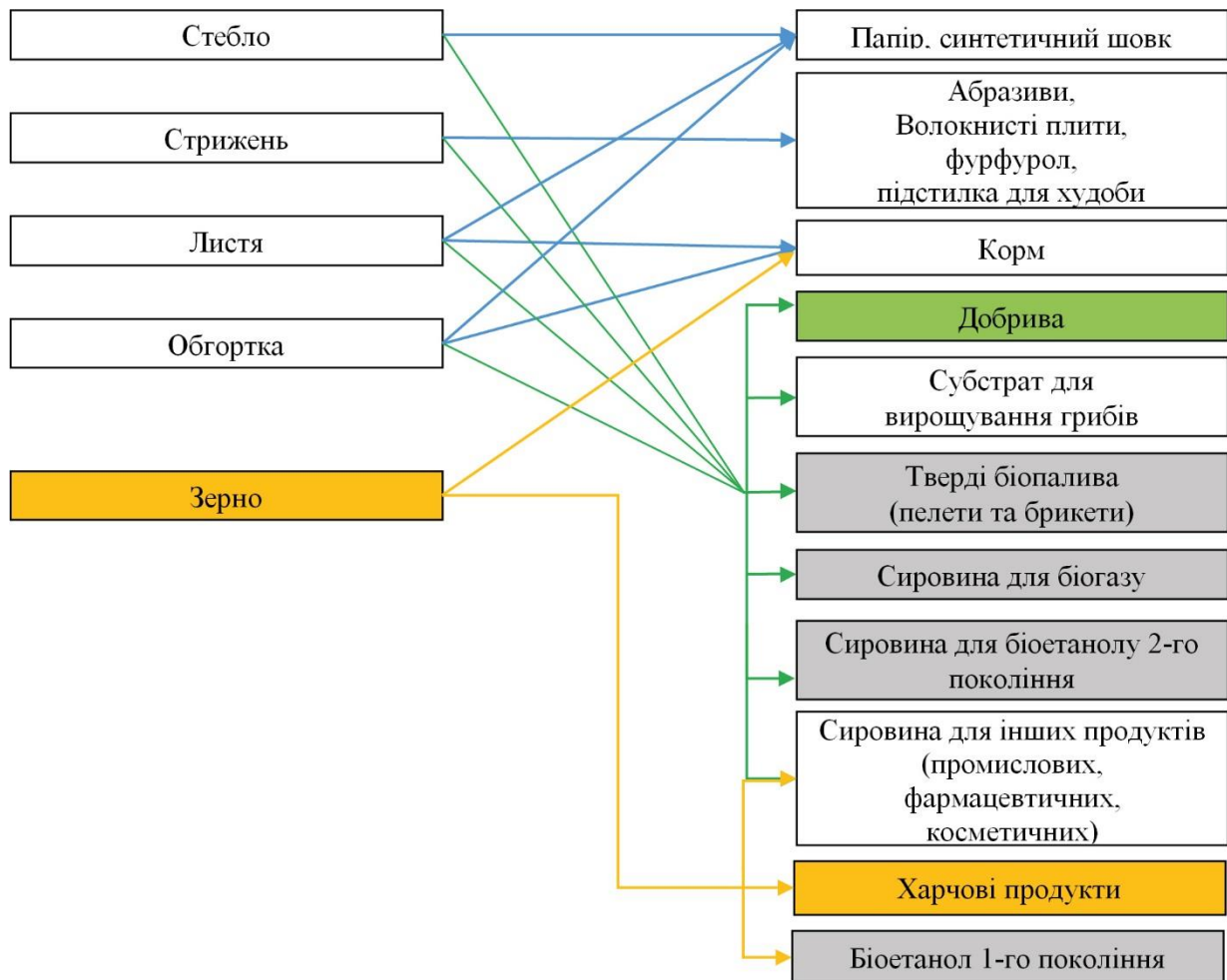


Рисунок 1.2 – Напрямки використання зерна та побічної продукції кукурудзи

- *Годівля свиней.* Кукурудза також є ключовим джерелом зерна для корму свиней, як у вигляді зерна, так і у вигляді силосу, оскільки має високий вміст перетравної енергії (ПЕ) та низький вміст білка.
- *Споживання людиною.* Кукурудза залишається основним джерелом їжі в багатьох куточках світу. Близько 116 мільйонів тонн кукурудзи використовуються для споживання людиною по всьому світу, 30% з цієї кількості припадає на країни Африки, 21% - на країни на південь від Сахари. В раціоні більше ніж 20 країн, що розвиваються, кукурудза становить 15-20% від загальної денної норми калорій.
- *Переробна промисловість.* Як основне джерело крохмалю, харчових олій та клейковини, кукурудза використовується для приготування їжі, а також у різних очищених та перероблених харчових продуктах. Кукурудза забезпечує 90% потреб США у крохмалі. Серед характерних харчових продуктів, що

отримують з кукурудзи, є кукурудзяні пластівці, мамалига та крупа, а також попкорн (зерно певних сортів кукурудзи, що вибухає при нагріванні).

- *Солодка кукурудза.* На додачу до зернової кукурудзи ще близько 1 млн. га солодкої кукурудзи (*var. saccharata*) вирощується у всьому світі для споживання людиною. Об'єм виробництва цього виду кукурудзи становить трохи менше 9 млн. тон, що є відносно низьким показником і представляє всього лише 0,006% від загального обсягу світового виробництва зернової та кормової кукурудзи.
- *Крохмаль для промисловості.* Кукурудза широко використовується як джерело крохмалю для фармацевтичної, паперової, гірничодобувної та будівельної галузей промисловості. Такий крохмаль зазвичай отримується після процесу очищення, на додачу також отримують кукурудзяні зародки, клітковину та білок. Використовується у різноманітних продуктах, таких як біо пластикові пакети, перероблений папір, гофрокартон, миючі засоби, фарби, підгузники, косметика, клей, поверхнево-активні речовини та агрохімікати.
- *Виробництво біоетанолу.* Близько 40% урожаю кукурудзи у США, а це 130 млн. тонн на рік, перероблюється для отримання кукурудзяного етанолу. З 1 тонни кукурудзи виробляють близько 400-500 літрів біоетанолу. При цьому використовуються два основні процеси:
 - Сухе подрібнення, яке включає перетирання всього ядра у борошно та додавання його у воду для отримання «розчину», що піддається тепловій обробці, а потім вже переганяється. Етанол зброджується із отриманого дистиляту.
 - Вологе подрібнення – це мокрий помол, що включає в себе набухання або «вимочування» зерна. Далі ця суспензія обробляється для виокремлення компонентів зародків кукурудзи, клітковини, глютену та крохмалю. Після цього крохмаль зброджується на спирт.
- *Виробництво біогазу.* Кукурудза широко використовується як ключова сировина для біогазу, наприклад, на великих площах у Європі, як засіб, що відповідає критеріям «зеленої енергії». Кукурудзу подрібнюють, завантажують у силос та подають у анаеробний біореактор, де за допомогою бактерій

отримують метан, розщеплюючи кукурудзу разом з іншими органічними матеріалами. Кукурудза має один із найвищих показників виходу газу на тонну урожаю. І спеціально виведені сорти із високим вмістом сухої речовини можуть досягати врожайності до 60 т/га сирової ваги та виробляти більше 6000 м³ метану з гектара, який в основному використовується для генерування електроенергії промислового призначення.

Найбільшу економічну цінність серед існуючих сортів представляє зубовидна кукурудза. Зубовидна кукурудза існує у вигляді сортів із білими та жовтими зернами, а вже сам споживач визначає для себе перевагу того чи іншого виду.

Біла кукурудза ззовні схожа на жовту кукурудзу, але у її ядрі не вистачає масляного каротинового пігменту. Цей вид широко вирощується для споживання людиною. Світове виробництво білої кукурудзи у даний час оцінюється приблизно в 65-70 млн. тонн, що становить лише 10% від річного обсягу світового виробництва. Більше 90% білої кукурудзи вирощується у країнах, що розвиваються, де на неї припадає близько чверті від загального обсягу виробництва кукурудзи.

1.3 Якісні та кількісні характеристики зерен солодкої кукурудзи

Аналіз інформаційних джерел засвідчив, що кукурудза включає кілька різновидів: повітряна, цукрова, зубоподібна, кремениста, крохмалиста, воскова, цукрова (солодка кукурудза) – і тільки останній використовується як самостійний продукт для вживання в їжу. Важливо розуміти найпоширеніші цілі подальшого застосування різних видів кукурудзи, а саме:

- цукрову кукурудзу варять, консервують, заморожують;
- з повітряної виробляють крупи, пластівці, попкорн;
- зубоподібна та кремениста служать сировиною для виробництва круп, спирту, крохмалю, а також як корм тваринам;

- з крохмалистої кукурудзи роблять спирт та крохмаль;
- воскова кукурудза має однокомпонентну структуру крохмалю, що містить амілопектин без амілози, завдяки чому отримала застосування у дієтичному харчуванні.

За періодом вегетації кукурудза буває ранньо-, середньо- і пізньостиглої. Перші сорти мають попит у регіонах з «коротким» спекотним сезоном. Середньостиглі сорти мають підвищену стійкість до сухого повітря в посухи. Найбільш урожайними є пізньостиглі сорти, хоч і дозрівають вони набагато пізніше.

Стандартної класифікації, як інші види культур, цукрова кукурудза не має. Вона умовна і неофіційна.

Стандартна цукрова кукурудза. У її зернах міститься найменша кількість цукру. Його вміст становить 5-10%. До неї відносяться ранні сорти, у яких активна вегетація можлива за температурного режиму 10-13 °С тепла.

Поліпшена. Концентрація цукру на зернах лише на рівні 10-15%. Активна вегетація можлива за температур вище +13 °С.

Суперсолодка – у зернах міститься 20-30% цукру. Найбільш теплолюбний вид, для активного зростання якого мінімальна температура +16 °С.

Спробуємо визначити основні відмінності цукрової кукурудзи від кормової. Аналіз літературних джерел показав, що першою відмінністю є відсотковий вміст цукру у складі зерен. У кормового зерна кукурудзи вмісту цукру в зернах менш як 5%, що значно погіршує її смакові якості. Друга відмінність – твердість зерен. Цукрові сорти кукурудзи мають м'які зернятка, приємні на смак. Навіть у сирому вигляді вони не мають сильної жорсткості, а після процесу обробки стають м'якими. Кормові сорти таких якостей не мають. Їхні зерна як були, так і залишаються твердими.

Кожен фермер прагне підібрати найкраще насіння кукурудзи високорентабельних сортів, щоб уникнути великих витрат на вирощування та отримати щедрий урожай.

Перерахуємо високоврожайні сорти кукурудзи, яких існує понад 1000 у світі, але вибираєм для порівняння основні:

- *Адевей*. Має високий потенціал урожайності, росте на будь-яких ґрунтах.
- *Амарос*. Дає багато зерна навіть при мінімальних опадах.
- *Солонянський 298 СВ*. Підходить для вирощування на всій території України. Забезпечує високими врожайми як зерна, так і силосу.
- *Дніпровський 181 СВ* – національний стандарт, що користується популярністю не лише в Україні, а й у зарубіжних країнах. Швидко дозріває, дає добрий урожай.
- *Кукурудза Данило ФАО 280* – невибагливий гібрид, універсального спрямування. Придатний для зернового та силосного вирощування. Стійкий до посухи, шкідників, основних хвороб. Врожайність залежить від фракції посіву. Успішно вирощується по всій території України. Підходить для інтенсивного землеробства.
- *РАМ 1333*. Посухостійкий гібрид, рекомендований для східних та південних регіонів країни.
- *ГРАН 310*. Середньоранній універсальний гібрид. Підходить для вирощування на зерно та силос. Середньостійкий до грибкових хвороб.
- *ГРАН 6* – гібрид зернового напрямку зі стабільно високим урожаєм за різних умов вирощування. Має високу стійкість до посухи, основних захворювань та шкідників.
- *ВН 63*. Середньоранній гібрид універсального призначення. Вирощують на зерно та силос. Акліматизований у всіх областях нашої країни. Характеризується високою вологовіддачею, невибагливістю та пластичністю. Стійкість до грибкових хвороб вища за середню.
- *Слав*. Стійкий до вилягання та хвороб.
- *Сингент*. Вирізняється високою якістю зерна.
- *Тесла* – один із найурожайніших гібридів кукурудзи. Має підвищену стійкість до грибкових інфекцій.
- *Галатея* – середньоранній сорт із високою рентабельністю зернового спрямування. Підвищена стійкість до посухи та низьких температур. Прискорений ріст.

- *Монсанто*. Навіть у несприятливі роки дає високі врожаї.
- *ДН Славиця* – сорт кукурудзи на зерно, що підходить для всіх кліматичних зон. Стійкий до холоду, спеки, посухи та грибкових захворювань.
- *ДК Буриштин* – сорт з високою вологовіддачею, стійкий до холодів, посух, грибкових інфекцій та атак шкідників. Virізняється швидким ростом..
- *Ливиха* – високотехнологічний гібрид універсального призначення (зерно, силос) із стабільною врожайністю. Висока холодо-, жаро- і посухостійкість.
- *ТОР ФАО 280*. Ранньостиглий гібрид з високою вологовіддачею. Стійкий до грибкових хвороб, посухи, спеки, холоду та перестою. Росте на будь-якому ґрунті.
- *КВС 2370* – унікальний гібрид, здатний дати до 17 тонн зерна із гектара.

Неможливо однозначно назвати найврожайніший сорт кукурудзи, тому що на показник урожайності впливає безліч факторів: родючість ґрунту, кількість опадів, наявність бур'янів, внесення підгодівель, обробка гербіцидами, фунгіцидами та інсектицидами.

Насіння цукрової та супер цукрової кукурудзи представлено класичними сортами та гібридами. Гібридне насіння стійке до хвороб, несприятливих погодних умов і відрізняється підвищеною врожайністю. Їх існує декілька сотень сортів у світі. Але одними з найкращих вважаються західної селекції компанії Harris Moran та Clause. Головний офіс компанії знаходиться у місті Сакраменто Сполучених Штатів Америки. Бренд Harris Moran використовується в основному для торгівлі у Західній півкулі Земного шару, а також на Далекому Сході, тоді як бренд Clause більше орієнтований на Європейський ринок насіння. Компанія постійно веде роботу над вдосконаленням своїх гібридів та роботу селекції нових гібридів сортів суперсолодкої кукурудзи, які будуть мати стійкість до різних кліматичних умов, шкідників та хвороб. Єдиним офіційним дилером та представником продукції Harris Moran & Clause в Україні вважається компанія «Владам Юг».

Серед основних фаворитів компанії можна виділити такі гібриди сортів:

1. Біколор типу (жовто-білі): Ракель, Камберленд

ПРИЗНАЧЕННЯ: Ідеальний варіант для свіжого ринку.

ТЕРМІН ДОЗРІВАННЯ: Ранній (72-73 дні).

ЯКІСТЬ ПЛОДА: Товстий і важкий початок діаметром 5,5 -6,0 см. Довжина 20-22 см. 16-18 рядів зерен. Однорідні за формою і розміром. Зерна великі, прекрасної текстури. Має дуже ніжний смак.

ОСОБЛИВОСТІ: Завжди вища ціна. Максимальний прибуток забезпечена. Перша біколор супер солодка кукурудза на ринку.



2. Біколор типу (біло-жовта) :Ніколь

ТЕРМІН дозрівання: Ранній - 70-72 днів.

ЯКІСТЬ ПОЧАТКУ: Гарне темно-зелене покривне листя. Середня довжина 21-23 см, діаметр 5-5.5 см, 16-18 рядів зерен, вага початків 400-500 грамів. Чудові смакові якості, дуже солодкий та преміальний смак. Толерантний до вірусу мозаїки кукурудзи.



3. Жовта: Лендмарк, Турбін, Мегатон, Драйвер, Сентінель, Ліскам, Оватона



Основними перевагами даних супер солодких сортів кукурудзи вважаються їх смакові якості, а також стійкість до хвороби і шкідників та простота у вирощуванні. Деякі сорти краще підходять для промислової переробки (консервування, вакуумування, заморожування) та підходять для того, щоб їх можливо було збирати комбайном, для цього вони повинні мати однаковий термін досягання. Це сорти Драйвер та Мегатон, але інші сорти більше розраховані на реалізацію на свіжому ринку такі, як Ракель, Ніколь, Ліскам та інші.

Переробка супер солодкої кукурудзи починається із підготовчого етапу. На цьому частина качанів із партії відбирається для лабораторних досліджень, де визначається вміст вологи, наявність дефектних качанів, ураження шкідниками, наявність плодоніжки та вміст покривного листя. Паралельно вся інша сировина надходить на виробництво.

На заводі першим етапом є очищення качанів. На інспекційному транспортері вручну відбираються недочищені качани, які повторно відправляються на початок процесу.

Відібрані качани переходять до етапу обрізання з них зерен. В свою чергу обрізаний качан йде до бункера відходів, а обрізані зерна через систему транспортерів – до етапу миття зерен.

Готові зерна, очищені від всіляких домішок, переходять на бланшування на високих температурах (96°C) і швидко проварюються. На виході зерна охолоджені

до температури 25-27°C, звідки надходять на заморожування. Цей процес триває 8-10 хвилин. Температура заморожування стала для всіх продуктів.

Одним з мінусів вирощування супер солодких сортів кукурудзи вважається короткий термін збору урожаю, рівномірне досягання качанів на полі дає всього лише близько 2 тижнів на збір урожаю в залежності від кліматичних та погодних умов далі після етапу повної воскової стиглості відбувається висихання зерна і перетворення всіх простих цукрів у крохмаль, якість такої кукурудзи вже не відповідає вимогам свіжого ринку та переробки на консервацію або заморожування. Таким чином виникає потреба у дослідженні якості переспівшого зерна супер солодкої кукурудзи та можливі шляхи його переробки у продукти харчування людини або на корм тваринам. Один з видів продукту, який можливо виробляти може стати кукурудзяне борошно з супер солодких сортів кукурудзи.

Висновки до розділу 1

Дослідження ролі кукурудзи як ключової зернової культури в харчовій промисловості підкреслило її важливість не лише як основного джерела харчування для людей та корму для худоби, але й як сировини для виробництва біопалива. Аналіз історичного розвитку та поширення кукурудзи виявив її виняткову адаптивність до різних кліматичних умов, що забезпечило їй глобальне поширення та значення. Виробництво кукурудзи у світі демонструє тренд зростання, що підкріплює її роль як важливого компонента світового аграрного сектору.

Промислова обробка кукурудзи, включаючи сухий та мокрий помол, відкриває широкі можливості для виробництва різноманітних продуктів, від простих круп до складних біопродуктів. Ці технології дозволяють не тільки зберегти, але й значно розширити спектр корисних властивостей кукурудзи, забезпечуючи виробництво високоцінних харчових продуктів та інгредієнтів. Особлива увага приділяється нікстамалізації кукурудзи, процесу, що не лише покращує смакові якості продуктів, але й збагачує їх поживною цінністю.

Дослідження підкреслило важливість місцевих та регіональних уподобань у споживанні кукурудзяних продуктів, що впливає на вибір сортів кукурудзи та методів її обробки. Така варіативність викликає необхідність адаптації

технологічних процесів до специфічних вимог конкретних ринків, забезпечуючи виробництво продуктів, що відповідають очікуванням споживачів.

У контексті екологічної стійкості та продовольчої безпеки, роль кукурудзи як багатофункціональної культури набуває ще більшого значення. Її вирощування та використання в різних формах може сприяти вирішенню проблеми забезпечення населення якісними харчовими продуктами, при цьому мінімізуючи негативний вплив на навколишнє середовище.

Наукове дослідження виходу борошна із зерна солодких сортів кукурудзи відкриває нові перспективи для покращення технологій її обробки та виробництва харчових продуктів з високими смаковими та поживними якостями. Воно сприяє розвитку агропромислового комплексу, забезпечуючи ефективне використання сільськогосподарських ресурсів та внесок у сталий розвиток сільських територій.

2 ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Об'єкти досліджень

Використовуючи матеріали літературного огляду, для дослідження технологічних властивостей було обрано: зерно кукурудзи

Сировина, яка використовується в роботі:

КУКУРУДЗА Технічні умови ДСТУ 4525:2006 [5]

Об'єктом досліджень є зерно кукурудзи солодких сортів, а саме такого сорту як Турбін.

Дослідження проводились у лабораторних умовах кафедри технології зберігання та переробки зерна Національного університету харчових технологій.

2.2 Методи визначення якості сировини

МЕТОДИ КОНТРОЛЮВАННЯ

ДСТУ 10840:2019 «Зерно. Метод визначення натури»

ДСТУ 4117:2007 Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії

1. Відбирають проби згідно ГОСТ 13586.3 та ДСТУ 3355.
2. Визначають типовий склад згідно з ГОСТ 10940.
3. Визначають запах, колір і знебарвленість згідно з ГОСТ 10967.
4. Визначають вологість згідно з ГОСТ 13586.5; ГОСТ 29305 (ИСО 6540); ДСТУ-П-4117.
5. Визначають смітні, шкідливі і зернові домішки і крупність згідно з ГОСТ 30483, ГОСТ 28419.
6. Визначають схожість згідно з ГОСТ 12038 із наступним доповненням:
– із середньої проби зерна, відібраної згідно з ГОСТ 13586.3 за допомогою дільника або вручну, виділяють наважку зерна масою 400 г. Зерно наважки перемішують, розрівнюють тонким шаром у вигляді квадрата, який ділять по діагоналі на чотири трикутники і з двох протилежних трикутників, починаючи зверху, відраховують підряд по 100 цілих зерен, які не віднесені до зернової чи

смітної домішок, одержують дві проби по 100 зерен у кожній. Зерно, яке залишилось, знову перемішують і виділяють згідно з наведеним вище способом ще дві проби по 100 зерен кожна.

7. Визначають зараженість шкідниками згідно з ГОСТ 13586.4; ГОСТ 28666.1 (ISO 6639/1-86); ГОСТ 28666.2 (ISO 6639/2-86); ГОСТ 28666.3 (ISO 6639/3-86); ГОСТ 28666.4 (ISO 6639/4-86).

Примітка. Стандарти ISO на методи контролювання якості використовують у разі, якщо це передбачено контрактом для експортування кукурудзи.

8. Визначання токсичних елементів

Готують проби до аналізування згідно з ГОСТ 26929, визначають ртуть згідно з ГОСТ 26927, миш'як — згідно з ГОСТ 26930, мідь — згідно з ГОСТ 26931, свинець — згідно з ГОСТ 26932, кадмій — згідно з ГОСТ 26933, цинк — згідно з ГОСТ 26934.

9. Визначають пестициди у продовольчій кукурудзі згідно з ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000 [9], у кормовій — згідно з ГОСТ 13496.20.

10. Визначають мікотоксини у продовольчій кукурудзі згідно з методами, затвердженими Міністерством охорони здоров'я:

- афлатоксин В1 — згідно з МР № 2273-80 [10] або МУ № 4082-86 [11], ДСТУ EN 12955;
- зеараленон — згідно з МР № 2964-84 [12];
- Т-2 токсин — згідно з МУ № 3184-84 [13];
- дезоксиніваленол (вомітоксин) — згідно з МУ № 3940-85 [14] або № 5177-90 [15];
- охратоксин А — згідно з ДСТУ EN ISO 15141-1 або ДСТУ EN ISO 15141-2;
- у кормовій кукурудзі: зеараленон і Т-2 токсин — згідно з ГОСТ 28001;
- патулін — згідно з ГОСТ 28396;
- дезоксиніваленол (вомітоксин) — згідно з МУ № 3940-85 [14] або № 5177-90 [15];

- афлатоксин В1, зеараленон і Т-2 токсин — за методами, затвердженими Міністерством сільського господарства України — № 15-14/23 [16] і патулін — № 15-14/22 [17];

- радіонукліди стронцію-90 і цезію-137 — згідно з МУ № 5778 [18] і № 5779 [19].

11. Визначають вихід зерна із качанів кукурудзи згідно з ГОСТ 11225.

2.3 Визначення природи зерна кукурудзи

Природою називають масу одного літра зерна, виражену в грамах. Її визначають після просівання середньої проби через сито з діаметром отворів 6 мм з використанням літрової хлібної пурки ПХ-1.

Ящик, на якому закріплюють окремі частини пурки розмішують на горизонтально встановленому столі. В гніздо, що розташоване на кришці ящика, загвинчують штатив. До штатива прикріплюють кронштейн, на якому встановлюють коромисло з підвіскою. З правого боку коромисла підвішують мірку (мірний циліндр) з падаючим тягарцем масою 450 г. Від верхньої частини тягарця до прорізу в мірці ємність 1 л. З лівого боку коромисла підвішують чашку для гир. Маса чашки дорівнює масі мірки з падаючим тягарцем (без ножа), завдяки чому ваги перед початком зважування врівноважуються.

Визначення природи починають з урівноважування ваг. Далі тягарець виймають з мірки. Потім мірку встановлюють у визначене для неї гніздо на кришці ящика. У щілину мірки вставляють ніж (догори боком з номером), на нього вкладають тягарець а на мірку надівають наповнювач. Наповнювач – порожній циліндр, в якому рівномірно розподіляється зерно, що висипається з циліндра з лійкою.

Циліндр з лійкою ставлять на стіл і засипають у нього зерно рівною цівкою без поштовхів до мітки на внутрішньому боці. За відсутності мітки на внутрішньому боці циліндра зерно недосипають на 1 см до верхнього краю циліндра.

Після цього циліндр з лійкою встановлюють на наповнювач і, натиснувши пальцем на важіль замка, відчиняють заслінку лійки. Після висипання зерна циліндр з лійкою знімають, виймають ніж із щілини мірки. Падаючий тягарець, а за ним і зерно переміщуються у мірку. Виштовхуючи повітря в отвори у дні мірки, вантаж

забезпечує рівномірне вкладання зерна. Ніж знову вставляють у щілину мірки, відділяючи таким чином 1 літр зерна.

Мірку виймають з гнізда ящика разом з наповнювачем, притримуючи пальцями правої руки наповнювач і ніж та перевертаючи їх, висипають залишки зерна поверх ножа. Наповнювач знімають, видаляють рештки зерна і виймають ніж із щілини мірки. Мірку з зерном зважують з точністю до 0,5 г.

Натуру зерна з кожного зразка визначають двічі, причому з різних порцій. Розбіжність між паралельними визначеннями, а також під час контрольних і арбітражних визначеннях натури на літровій хлібній пурці, не має перевищувати 5 г, а для вівса – 10 г.

Результати визначення натури на літровій хлібній пурці в документах про якість записують з точністю до 1,0 г.

2.4 Визначення кольору і запаху зерна кукурудзи

Визначення запаху і кольору зерна – основане в органолептичній оцінці за допомогою органів чуття. Ознаками нормального, здорового зерна є характерні для нього запах і колір.

1. Визначення запаху. Здорове зерно кожної культури має характерний запах: слабкий, маловідчутний у зернових злаків і різкий специфічний – в ефіроолійних культур.

Відчутні зміни запаху можуть виникнути внаслідок сорбційних властивостей зерна або процесів, що зумовлюють розпад його хімічних речовин. До першої групи відносять полинний, часниковий, сажковий, оселедцевий, триметиламіновий, димний запахи і запахи нафтопродуктів. До другої групи належать комірний, солодовий, гнильний, затхлий і пліснявий.

Визначають запах як цілого, так і молотого зерна. З попередньо перемішаного зразка цілого або молотого зерна беруть наважку масою близько 100 г, вміщують у чашку і визначають запах зерна. Якщо в партії зерна виявлено полинний запах, то додатково наявність цього запаху визначають у молотому зерні, попередньо очищеному від коробочок полину.

У разі, коли сторонній запах проявляється слабо, зерно прогрівають такими способами:

а) ціле зерно висипають на сито і протягом 2-3-х хв. пропарюють над посудиною з киплячою водою. Пропарене зерно висипають на чистий папір і виявляють присутність стороннього запаху;

б) ціле або розмелене зерно висипають у чисту, без стороннього запаху, конічну колбу ємністю 100 см³, щільно закривають корком і витримують протягом 30-ти хв. за температури 35-40°С, використовуючи будь-яке джерело тепла. Через 30 хв. відкривають колбу і визначають запах зерна.

В результатах аналізу вказують, з яким зерном (цілим чи розмеленим) проводили дослідження.

2. Визначення кольору. Зерно кожної культури, виду, різновиду і сорту має властиві для нього колір, блиск, які є його постійними ботанічними ознаками. Колір зерна тісно пов'язаний з певними технологічними показниками, харчовими і кормовими перевагами.

Зміна властивого для зерна кольору є першою ознакою несприятливих умов дозрівання чи зберігання, порушення технологічних прийомів обробки. Так зеленкуватого кольору набирає зерно, що рано зібране, або, так зване, морозобійне. Зерно темніє внаслідок тривалого впливу опадів під час збирання, самозгрівання, а також порушення режиму сушіння. Зерно, пошкоджене клопом- черепашкою, має на поверхні світлі плями. За розвитку на поверхні зерна мікроорганізмів воно втрачає характерний блиск. Пшеницю, що внаслідок несприятливих умов досягання, збирання чи зберігання втратила свій природній колір, визначають як «потемнілу» або як «знебарвлену» за ступенем знебарвлення:

1-й – початковий ступінь – втрата блиску і знебарвлення зерна з боку пинки;

2-й – втрата блиску і знебарвлення зерна в ділянці спинки та з бочків; 3-й – повне знебарвлення всієї поверхні зернівки.

Частково проросле зерно і зерно, що зберігається у зволоженому стані, стає тьмяним і набуває білуватого кольору. Для зерна, пошкодженого сушінням або

самозігріванням, нерідко характерний червонуватий колір різних відтінків – від темно-бурого до матово- червоного без блиску.

Колір зерна визначають при розсіяному денному світлі, а також при освітленні лампами накаливання або люмінесцентними, порівнюючи з описом цієї ознаки в стандартах на ту чи іншу культуру, або з робочими зразками тої чи іншої культури чи з еталоном.

2.5 Визначення вологості зерна кукурудзи

МАТЕРІАЛИ, ОБЛАДНАННЯ, ДОКУМЕНТИ:

Сушильна шафа СЕШ-3М, охолоджувач АУО, лабораторний млин, електровологомір, ваги лабораторні, розсіювач лабораторний, подрібнювач стрижнів кукурудзи, ртутний контактний термометр, банки місткістю 1000 см³, сита № 1 і № 08, сито з круглими отворами діаметром 5,0 мм, бюкси металеві, бюкси сітчасті, ексікатор, совок, годинник сигнальний, секундомір, щипці, вазелін, хлористий калій чи соляна кислота (1,84 г/см³), зразки зерна різних культур.

ЛІТЕРАТУРА: ГОСТ 13586.5-93.

Для визначення вологості із середньої проби відбирають 300 ± 10 г зерна і поміщають у герметичний посуд. У виділеному зерні визначають вологість на електровологомірах для того, щоб вибрати варіант методу визначення вологості і встановити час підсушування.

Для зерна з вологістю до 17 % визначення вологості проводять без попереднього підсушування. За вологості зерна понад 17 % визначення вологості проводять після попереднього підсушування до вологості 9-17 %. Для зерна кукурудзи попереднє підсушування проводять за вологості понад 15,5 %.

1. Визначення вологості з попереднім підсушуванням зерна. У сухий і зважений сітчастий бюкс вміщують 20 г зерна. Бюкс закривають і зважують.

Перед підсушуванням зерна сушильну шафу нагрівають до температури 110°C. Бюкси з наважками зерна ставлять на стіл сушильної шафи, що обертається, і сушать за температури 105°C, для чого контактний термометр

установлюють на 105°C. Тривалість підсушування наважок зерна залежить від культури і вологості (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Тривалість підсушування зерна залежно від культури й вологості

Назва культури	Тривалість підсушування, хв, за вологості зерна, %		
	до 25	25-35	Понад 35
Пшениця, ячмінь, жито, овес, просо, сорго, гречка, рис Кукурудза, квасоля, горох, нут	7 15	12 25	30 40
Чина, вика, сочевиця	15	25	25

Після попереднього підсушування бюкси з зерном виймають з сушильної шафи й охолоджують за допомогою охолоджувача АУО протягом 5 хв. Підсушену, охолоджену і зважену наважку зерна з сітчастих бюксів переносять у лабораторний млин і подрібнюють: зерно пшениці, жита, рису, гречки, проса, сорго, кукурудзи, гороху, квасолі, сочевиці, вики, чини і нуту 30 с; зерно ячменю, вівса, люпину 60 с. В подрібненому продукті частинок розміром до 0,8 мм має бути не менше 50 %, розміром 1 мм – не більше 5 %.

Контактний термометр відключають, а сушильну шафу розігрівають до температури 140 °С.

З ексикатора беруть два чистих сухих металевих бюкси і зважують їх з точністю до 0,01 г. Подрібнене зерно відразу переносять у два металевих бюкси і масу кожної наважки доводять до 5,00 г, після чого зважені бюкси з зерном закривають кришками і поміщають в ексикатор.

Контактний термометр перемикають на температуру 130 °С і у шафу швидко кладуть бюкси з наважками подрібненого зерна і кришками знизу бюксів. Подрібнене зерно всіх культур, окрім кукурудзи, висушують протягом 40 хв, а кукурудзу в зерні – протягом 60 хв, стрижні кукурудзи – протягом 40 хв з моменту встановлення температури 130 °С.

Після висушування бюкси з подрібненим зерном виймають з шафи, закривають кришками і переносять в ексикатор, приблизно на 20 хв, але не більше

2 год до повного охолодження. Охолоджені бюкси з подрібненим зерном зважують з точністю до 0,01 г і кладуть в ексікатор до кінця розрахунків.

2. Визначення вологості без попереднього підсушування зерна.

Із підготовленого для визначення вологості зерна виділяють наважку 20 г і подрібнюють її згідно з вимогами, вказаними в першому варіанті методу. Виділення наважок і їх зневоднення проводять аналогічно першому варіанту методу.

3. Визначення вологості кукурудзи в качанах. Окремо визначають вологість зерна і стрижня. Середню пробу кукурудзи в качанах (10 качанів) лущать, зерно ретельно перемішують і відбирають наважку зерна масою 50 г. Залежно від вологості (визначеної електровологоміром) визначають вміст вологи в зерні користуючись першим чи другим варіантом даного методу.

Вологість стрижнів кукурудзи визначають за трьома з десяти стрижнями (відібрані через кожен третій). Їх подрібнюють на лабораторному подрібнювачі ДСК. Подрібнена маса повинна мати не менше 40 % частинок діаметром менше 5,0 мм.

За відсутності лабораторного подрібнювача ДСК стрижні кукурудзи з обох боків обрізають по 2 см; з частини, що залишилася, відрізають три шматки: з середньої частини і з кінців, розрізають їх на дрібні частки і аналізують.

Виділення наважок подрібнених стрижнів і їх висушування проводять так, як і зерна кукурудзи.

Вологість зерна чи стрижнів кукурудзи (X) без попереднього підсушування у відсотках визначають за формулою:

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

де m_1 – маса наважки розмеленого зерна чи стрижнів до висушування, г;

m_2 – маса наважки розмеленого зерна чи стрижнів після висушування, г.

Результати підрахунків записують з точністю до 0,01 %.

Вологість зерна з попереднім підсушуванням (X_1) у відсотках визначають за формулою:

$$X_1 = 100 - m_1 \times m_2, \quad (2.2)$$

де m_1 – маса наважки цілого зерна до попереднього підсушування, г;

m_2 -- маса наважки цілого зерна після попереднього підсушування, г.

Проміжні розрахунки за формулою проводять до 0,0001, а результат записують до 0,01 %.

Вологість стрижнів кукурудзи (X_2) у відсотках визначають за співвідношенням маси зерна і стрижня та їх вологості за формулою:

$$X = \frac{m_1 \times w_1 + m_2 \times w_2}{100}, \quad (2.3)$$

де m_1 – частка зерна в качані кукурудзи, %;

w_1 – вологість зерна кукурудзи, %;

m_2 – частка стрижнів в качані кукурудзи, %;

w_2 – вологість стрижнів кукурудзи, %.

За кінцевий результат визначення вологості зерна приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень. Допустима розбіжність двох паралельних визначень не має перевищувати 0,2 %. При перевищенні цієї розбіжності аналіз повторюють.

За контрольних визначень вологості розбіжність не має перевищувати: 0,5 % – за аналізу проби зерна зернових культур (крім кукурудзи в зерні); 0,7 % – для кукурудзи в зерні; 0,8 % – для стрижнів кукурудзи.

У документах про якість зерна вологість записують з точністю до 0,1 %.

2.6 Визначення борошномельних властивостей зерна

Для визначення борошномельних властивостей зерна проведемо лабораторний помел зерна на млині ЛМ-2.

Завдання для виконання роботи: провести лабораторний помел, визначити загальний вихід борошна та по окремим системам.

Установки, прилади, реактиви: лабораторний млин ЛМ-2, зерновий лабораторний сепаратор ЗЛС, вимірювальний циліндр на 200 см³, місткості для зерна, борошна та висівок, ваги 4-го класу точності, зерно кукурудзи солодких сортів.

Загальні теоретичні відомості: лабораторні помели дозволяють проводити орієнтовну оцінку борошномельних і хлібопекарських властивостей зерна кукурудзи.

Аналіз результатів лабораторних помелів дає можливість:

- раціонально використовувати зерно різної якості;
- попередньо розраховувати співвідношення компонентів помельної партії і середні показники якості продукції;
- складати однорідні за технологічними властивостями помельні партії з метою забезпечення ритмічної роботи млинзаводу і отримання борошна із стійкими хлібопекарськими властивостями;
- намічати раціональні режими ведення технологічного процесу на млинзаводах.

Лабораторна установка МЛМ-202, призначена для отримання односортного борошна з виходом 70 % з метою визначення його хлібопекарської оцінки.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд лабораторного млина МЛУ-202

Лабораторний млин ЛМ-2 має секцію драного і секцію розмельного процесу. Драні системи призначені для поступового, послідовного подрібнення зерна кукурудзи. Кожна драна система складається з однієї пари вальців. Рифлена поверхня парно працюючих вальців кожної системи відрізняється числом рифлів на 1 см кола вальця. Діаметр робочих вальців 150 мм. Довжина вальців усіх трьох драних систем 200 мм.

Над кожною парою вальців змонтований шлюзовий затвор – для подачі зерна і продуктів помелу у міжвальцьовий простір. Під шлюзовим затвором розташований живильний механізм, який складається із вальця з повздовжньою нарізкою і регулюючою засувкою.

Подача зерна, а також подрібнених проміжних продуктів помелу на відповідні системи технологічного процесу здійснюється за допомогою пневмотранспорту.

Крупо-дунстові продукти з драних систем надходять для подальшої обробки на розмельні системи.

Вальці розмельних систем гладкі, робоча поверхня їх очищується щітками.

Просіююча машина – розсійник складається з двох ситових корпусів, які розділені внутрішніми вертикальними перегородками і каналами на три відділення для попередження змішування різних фракцій продуктів помелу, які надходять з драного або розмелювального відділення млина. Очищення сит здійснюється інерційними очисниками у вигляді дисків.

Порядок виконання роботи: вихідний зразок зерна кукурудзи масою 2000 г очищають на лабораторному сепараторі ЗЛС. В результаті очищення зерна вміст смітної домішки в кукурудзі, яка надходить в бункер перед I р..с., не повинно перевищувати 0,2 %.

Зволоження кукурудзи проводять одноразово. Вміст вологи в підготовленому до помелу зерні повинно бути в межах 15,0 %. При зволоженні кукурудзи вище 15,0 % або додатковому зволоженні перед помелом, при подрібненні продукти накопичуються в конусах циклонів-розвантажувачів, що призводить до порушення ритмічності роботи млина.

Зволоження зерна здійснюють наступним чином: зерно розсипають рівним шаром товщиною 25...30 мм в місткість, потім, користуючись вимірювальним циліндром ємністю 200 см³ беруть розрахункову кількість води і рівномірно зрошують зерно, інтенсивно перемішуючі зернову масу.

Звожене зерно пересипають в банку і закривають кришкою.

Кількість води, яку необхідно для зволоження зерна, визначають за формулою:

$$X = K \left[\frac{100 - W_a}{100 - W_b} - 1 \right] \quad (2.4)$$

де X – необхідна кількість води, см³; W_a – вологість зерна до зволоження, %; W_b – задана вологість зерна, %; K – кількість очищеного зерна (до зволоження), г.

Розмелювання зерна на лабораторному млині здійснюють в автоматичному режимі за приведеною технологічною схемою (Рис.2.2).

Помел починають із встановлення навантаження на I др.с. З цією метою зважують 0,5...1,0 кг зерна, підготовленого до помелу, висипають у приймальний бункер, знімають нижню кришку пневмоприймача I др.с., під ним встановлюють

коробку для збору зерна, повертають в положення «закрито» клапан у повітропроводі після драних систем, встановлюють необхідну величину зазору на віброривильнику за допомогою регульовального гвинта і вмикають млин. Одночасно з початком надходження зерна в коробку, встановлену під пневмоприймачем І др.с., вмикають секундомір.

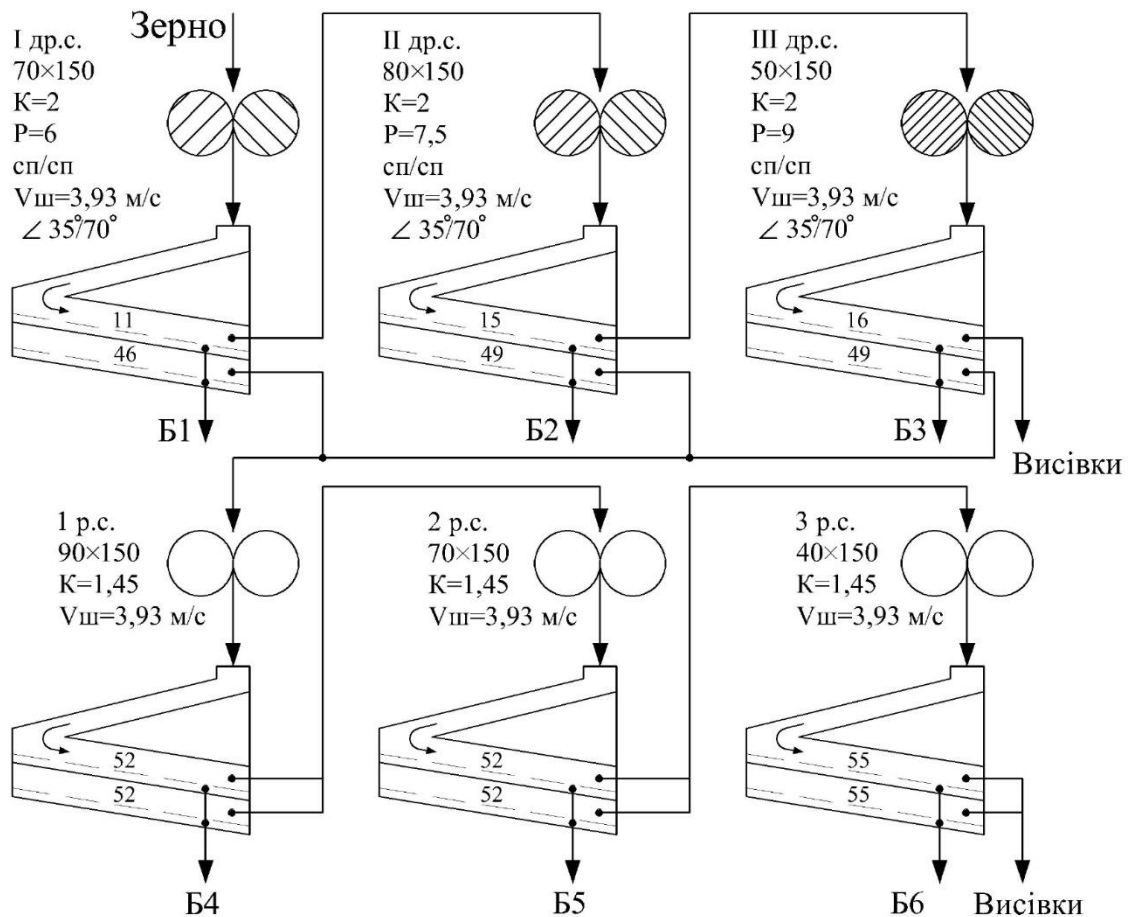


Рисунок 2.2 – Технологічна схема помелу кукурудзи на лабораторному млині ЛМ-2.

Величину навантаження (G) на I др.с. визначають за формулою:

$$G = \frac{a}{t} \cdot 3600, \text{ кг/год} \quad (2.5)$$

де, G – навантаження на I др.с., кг/год; a – маса зерна, яке засипане в бункер, кг; t – час звільнення бункера від зерна, с.

Рекомендоване навантаження на I др.с. становить – 6 кг/год.

Величину між вальцьового зазору і паралельність вальців драних і розмелювальних систем встановлюють за допомогою регулювальних гвинтів, які розташовані на передній стінці вальцьового верстата.

Рекомендовані величини зазорів на вальцьових верстатах при помелі пшениці складають (в мм):

На I драній системі	0,50
На II драній системі	0,30
На III драній системі	0,10
На 1 розмелювальній системі	0,07
На 2 розмелювальній системі	0,05
На 3 розмелювальній системі	0,03

Перед початком роботи зважують зразок підготовленого зерна і засипають в бункер, вмикають млин і відкривають живильник. З моменту надходження зерна на I др.с. вмикають на робочий режим драні системи; при надходженні круподунстових продуктів на 1 р.с. вмикають розмельні системи. Масу тари та масу тари із продуктами помелу заносять до таблиці 2.1.

Очищення установки проводять послідовно, починаючи з вальців I др.с., причому спочатку проводять очищення внутрішньої поверхні вальцьового верстата, потім розсійника. Видалення борошна із внутрішньої поверхні млина здійснюють за допомогою щітки.

Борошно сортувальної системи отримують шляхом просіювання дрібних висівок на контрольному ситі для вищого сорту, з метою виділення борошна, яке не висіялось у розсійнику розмелювальних систем.

Далі приступають до зважування борошна і сходів драних і розмелювальних систем. Результати зважування заносять у таблиці 2.3.

Опрацювання результатів: вихід борошна та інших продуктів (у %) розраховується за формулою:

$$B = \frac{m_n}{m_z} \cdot 100, \% \quad (2.6)$$

де B – вихід борошна із системи або іншого продукту, %; m_n – маса продукту, кг; m_z – маса зерна, яке засипано у приймальний бункер млина ЛМ-2, кг.

Висновки до розділу 2

У другому розділі дипломної роботи проведено детальне дослідження об'єктів і методів досліджень, що стосуються визначення технологічних властивостей борошна з кукурудзи солодких сортів, зокрема сорту "Турбін". Дослідження здійснювалось на базі лабораторій кафедри технології зберігання та переробки зерна Національного університету харчових технологій, що забезпечило високий рівень контролю та точність отриманих результатів.

Для визначення якості сировини використовувались нормативні методи контролювання згідно з ДСТУ та ГОСТ, що включають аналіз натур, вологості, смітних та шкідливих домішок, а також токсичних елементів і мікотоксинів. Такий підхід дозволив забезпечити об'єктивність та надійність оцінки якості зерна кукурудзи перед подальшою його переробкою.

Основну увагу у дослідженні приділено визначенню борошномельних властивостей зерна, що було здійснено шляхом лабораторного помелу на млині ЛМ-2. Цей етап включав визначення загального виходу борошна, а також аналіз його хлібопекарських властивостей. Результати цих досліджень мають важливе значення для розробки ефективних технологічних процесів переробки зерна солодких сортів кукурудзи та оптимізації виробництва борошна високої якості.

Використання комплексного підходу до дослідження, що включає аналіз літературних джерел, лабораторні випробування та теоретичні розрахунки, дозволило отримати важливі дані щодо оптимізації технологічного процесу виробництва борошна з зерна солодких сортів кукурудзи. Результати дослідження можуть бути використані для підвищення ефективності переробки зерна в харчовій промисловості та розробки нових продуктів на основі кукурудзяного борошна.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Визначення показників якості борошна кукурудзяного

Основні показники якості для борошна кукурудзяного, зокрема органолептичні показники та фізико-хімічний склад згідно нормативної документації [25], наведено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Показники якості кукурудзяного борошна

Найменування показника	Характеристика і норма для борошна		
	тонкого помелу	крупного помелу	обойного
Колір	Білий або жовтий		
Запах	Властивий кукурудзяному борошну без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий		
Смак	Властивий кукурудзяному борошну без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий		
Мінеральна домішка	При розжовуванні борошна не повинно відчуватися хрускоту		
Вологість, %, не більше	15,0	15,0	15,0
Зольність в перерахунку на суху речовину, %, не більше	0,9	1,3	–
Жир в перерахунку на суху речовину, %, не більше	2,5	3,0	–
Крупність помелу, %: залишок на ситі з шовкової тканини № 23 за ГОСТ 4403, не більше	2,0	–	–
Залишок на ситі з металевої сітки, не більше	–	2 сітка № 056	5 сітка № 067
Прохід крізь сито з шовкової тканини №32 за ГОСТ 4403, не менше	30	–	–
Металомагнітна домішка на 1 кг борошна, мг, не більше	3,0	3,0	3,0
Зараженість шкідниками хлібних запасів	Не допускається		

За характеристиками, наведеними вище, досліджувальні зразки борошна не відповідають вимогам нормативної документації.

3.2 Результати лабораторних досліджень зерна кукурудзи супер солодкого сорту Турбін

Показники якості зерна кукурудзи сорту Турбін

Натура зерна: $400,9 \pm 1,78$ г/л

Вологість зерна: $9,2 \pm 0,15$ %

Таблиця 3.2 – Вихід продуктів переробки по фракціях

Система	Вихід продуктів, %
I драна система	1,12
II драна система	0,42
III драна система	0,37
1 розмелювальна система	5,14
2 розмелювальна система	2,2
3 розмелювальна система	2,2
Сортувальна система	Вищий сорт 2,13
	Перший сорт 0,67
Вихід мучки	40,7
Вихід крупних висівок	36,04
Аспіраційні відноси	1,12
Всього (загальний добуток)	92,11

Аналіз отриманих результатів:

Натура зерна становить $400,9 \pm 1,78$ г/л, що є важливим показником для визначення якості зерна перед подрібненням.

Вологість зерна на рівні $9,2 \pm 0,15$ % також є критичним параметром, оскільки вона впливає на процес розмелювання та якість кінцевого продукту.

У результаті обробки було отримано різні продукти з відсотками виходу, які варіюються від 0,37% до 36,04%, зокрема:

Найбільший вихід продукту спостерігається у вигляді крупних висівок (36,04%), що свідчить про значну частку цієї фракції у загальному виході.

Вихід мучки становить 4,07%, що є ключовим показником ефективності розмелювання зерна.

На основі цих даних можна зробити висновок, що процес подрібнення зерна кукурудзи сорту Турбін характеризується високим виходом крупних висівок, що може бути пов'язано з особливостями використаного обладнання або параметрами самого процесу. Також, низький вихід мучки може вказувати на необхідність оптимізації процесу розмелювання або доопрацювання технології для підвищення ефективності виробництва мучних продуктів.

Пропозиції для подальшого аналізу:

Оптимізація процесу розмелювання: Розгляд можливостей для зменшення втрат і підвищення виходу мучки через технічне доопрацювання обладнання або коригування процесних параметрів.

Аналіз якості продуктів: Визначення хімічного складу, фізичних властивостей та інших характеристик кінцевих продуктів для оцінки їх відповідності стандартам якості.

Вивчення впливу вологості зерна: Аналіз зміни виходу продуктів в залежності від вологості зерна на початку процесу, що може допомогти в ідентифікації оптимальних умов для розмелювання.

Цей аналіз надає загальне уявлення про результати експериментальної роботи та може слугувати основою для подальших досліджень та вдосконалення процесу обробки зерна кукурудзи

Висновки щодо результатів лабораторних досліджень:

Через значний відсоток зародка в зерні супер солодкої кукурудзи сорту Турбін процес розмелювання у лабораторному млині відбувався з сумнівною якістю, значна кількість жирів яка міститься в зародку негативно впливала як на якість виходу продукту так і значною мірою на його кількість, тому не даремно на великих борошномельних заводах які спеціалізуються на переробці кукурудзяного зерна в борошна стоять дежермінатори для видалення зародка кукурудзи, за умови такої побудови технологічного процесу в якому використовуються дежермінатори значно підвищується якість та кількість виходу готового продукту. Також варто зазначити що додаткове збільшення кількості драних та розмелювальних систем з трьох до шести буде доцільним для отримання вищої якості продукту та збільшенням кількості його виходу.

Висновки до розділу 3

В експериментальній частині роботи було досліджено показники якості кукурудзяного борошна, визначено натуру зерна, а також проаналізовано колір і запах зерна кукурудзи. Визначення вологості зерна дало змогу оцінити його

придатність до переробки та вплив на якість кінцевого продукту. Результати лабораторних досліджень підтвердили важливість комплексної оцінки якості сировини для оптимізації технологічних процесів виробництва борошна. Отримані дані свідчать про необхідність подальших досліджень для покращення технологій переробки кукурудзи, зокрема через оптимізацію процесу розмелювання, вдосконалення методів контролю якості сировини та готових продуктів. Враховуючи значний відсоток жиру в зародку кукурудзи, важливо розглянути застосування спеціалізованого обладнання, такого як дежермінатори, для підвищення ефективності виробництва та якості борошна. Розширення кількості драних та розмелювальних систем може сприяти отриманню продукту вищої якості та збільшенню виходу.

4. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗЯНОГО БОРОШНА

4.1 Підготовка зерна кукурудзи до помелу

Особливістю кукурудзи як об'єкта переробки на борошно є наявність великого зародка (від 8% до 12% від маси зерна). Потрапляння зародка в готову продукцію робить її нестійкою при зберіганні. Тому однією з основних операцій в технології борошна з кукурудзи є видалення зародка при мінімальному його дробленні.

Підготовка зерна кукурудзи до помелу включає:

- очищення зерна від домішок;
- гідротермічну обробку.

Очищення кукурудзи від домішок проводять шляхом одноразового пропуску через скальператор для відокремлення найбільших домішок, дворазового пропуску через повітряно - ситові сепаратори з застосуванням наступних сит (Таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Сита для очищення кукурудзи від домішок

Система сепарування	Розмір отворів сит, мм	
	сортувального	підсівного
1- а	Ø12	Ø 5(5,5)
2- а	Ø12	2,7 x 20

Проходи підсівних сит сепараторів контролюють на ситі з отворами діаметром 1,5 мм для їх поділу на кормовий зернопродукт та відходи III категорії. За наявності мінеральних домішок кукурудзу пропускають через каменевідбірну машину.

Після очищення з метою кращого відділення зародка та плодових оболонок кукурудзу зволожують до вологості 15-16% водою температурою 400 С або пропарюють при тиску пара 0,07-0,1 МПа протягом 3-5 хвилин. Після зволоження (або пропарювання) кукурудзу відволожують в бункері протягом 2-3 годин.

Норми якості зерна кукурудзи, спрямовується в розмелювальне відділення:

- ✓ вологість – не більше 16%;
- ✓ сміттєва домішка – не більше 0,2%, в тому числі мінеральна домішка – не більше 0,1%.

Принципова схема підготовки зерна кукурудзи до помелу в борошно сортове наведено на Рис. 4.1.

4.2 Обойний помел зерна кукурудзи

Схема підготовки зерна кукурудзи до обойного помелу повинна передбачати його очищення у повітряно-ситових сепараторах та каменевіддільних машинах. Гідротермічна обробка зерна кукурудзи під час підготовки його до обойного помелу не є обов'язковим технологічним прийомом.

Помел кукурудзи в обойне борошно здійснюється без відбору зародка. Технологічна схема включає драний процес (3-4 драні системи) і контроль борошна.

При побудові схеми технологічного процесу помелу кукурудзи обойну борошно слід керуватися наступними орієнтовними показниками: середня питома навантаження на вальцову лінію – не більше 300 кг/см добу; середнє питоме навантаження на поверхню, що просіває, – не більше 4000 кг/м² добу. Орієнтовні параметри технологічної схеми наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Розподіл вальцової лінії і просіюючої поверхні по системах обойного помелу кукурудзи

Найменування системи	Розподіл вальцевих ліній, %	Розподіл просіюючої поверхні, %
I драна	30-35	25-30
II драна	25-30	20-25
III драна	15-20	10-15
IV драна	15-20	10-15
Контроль борошна	-	20-25
Усього	100	100

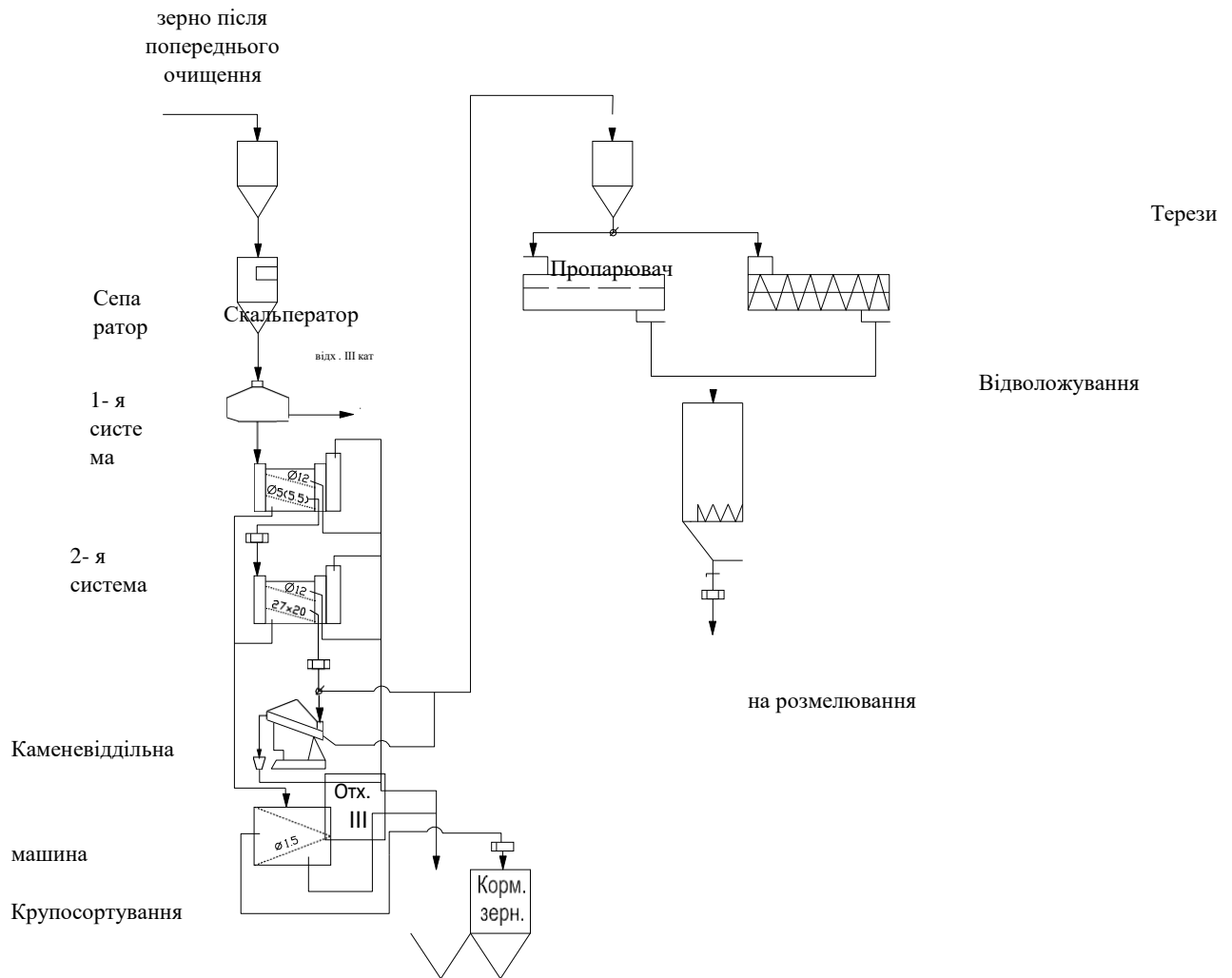


Рисунок 4.1 – Схема підготовки зерна кукурудзи до помелу в сортове борошно

Оббій кукурудзи може здійснюватися на вальцьових верстатах або інших подрібнюючих машинах. При побудові схеми обойного помелу з використанням вальцьових верстатів слід керуватися наступними основними рекомендаціями (Таблиця 4.2). З метою часткового виділення зародка на прийомних рамах розсівань рекомендується встановлювати металоткані сита номер 1,224-0,908.

Показники	Драні системи			
	I	II	III	IV
Кількість рифлів на 1 см	6	6,5	7	8
Ухил рифлів, %	8	10	10	10
Окружна швидкість швидкообертаючих вальців, м / с	6	6	6	6
Ставлення окружних швидкостей вальців	2,0	2,5	2,5	2,5
Взаємне розташування рифлів на системах	ос / ос	ос / ос	ос / ос	ос / ос
Профіль рифлів α / β , град	30/60	30/60	30/60	30/60

На всіх драних системах проходом сита 0,908-0,562 відбирають борошно, яку спрямовують на контроль. Режим подрібнення на системах повинні забезпечити максимально можливе вилучення борошна (Таблиця 4.3).

Таблиця 4.3 – Рекомендовані режими подрібнення на драних системах при обойному помелі зерна кукурудзи

Система	Номер контрольного сита		Вилучення, % від маси продукту, що надходить на систему
	з металевої сітки (варіант 1)	з металевої сітки (варіант 2)	
I драна	067	0,666	30-40
II драна	067	0,666	40-50

Рекомендована схема технологічного процесу помелу кукурудзи в борошно на борошномельному заводі продуктивністю 130 т / добу наведена на рисунку 4.2, в таблиці 4.4 дана її технічна характеристика.

Таблиця 4.4 – Технічна характеристика, що рекомендується, схеми помелу кукурудзи на борошномельному заводі продуктивністю 130т/добу

Параметри схеми	Одиниці вимірювання	Показники
Кількість секцій розсівань ЗШМ -4-4 М	шт.	8
Загальна просіююча поверхню, в тому числі: на драних системах на контролі борошна	м ²	36
	м ²	27
	м ²	9
Кількість вальцових верстатів	шт.	3
Загальна довжина вальцової лінії	м	6
Середня питома навантаження: на просіюючу поверхню на вальцову лінію	кг / м ² · добу	3611
	кг / см · добу	216

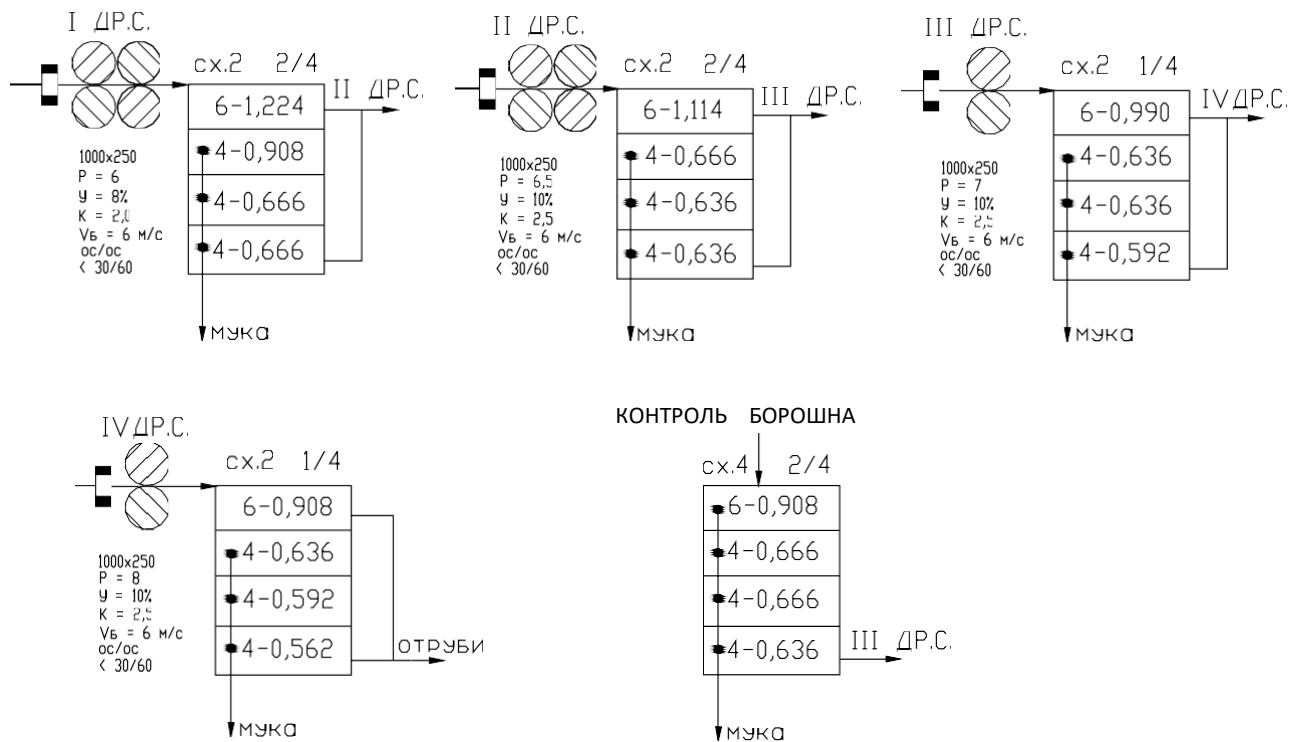


Рисунок 4.2 – Рекомендована схема помелу кукурудзи в обойне борошно борошномельного заводу продуктивністю 130 т/добу

4.3 Сортовий помел зерна кукурудзи з попереднім відбором зародка

Схема підготовки зерна кукурудзи до сортового помелу повинна включати очищення зерна від домішок, гідротермічну обробку дроблення, сортування продуктів дроблення та виділення зародка. Доцільно етап дроблення сортування продуктів дроблення і виділення зародка здійснювати в розмелювальному відділенні борошномельного заводу. У цьому випадку до розмелювального відділення надходить очищене зерно кукурудзи, минуле ГТО.

Після ГТО кукурудзу піддають подрібненню в барабанній дробарці, дежермінаторі або інших дробарках. Дроблення кукурудзи можна проводити і в вальцьових верстатах, мають вальці з взаємоперпендикулярною нарізкою, забезпечує велике подрібнення зерна.

Якщо вологість зерна після зволоження чи пропарювання більше 16%, то продукти дроблення необхідно підсушити до вологості не більше 15%.

Продукти дроблення направляють на розсіви для розсортування по крупності. Схід із сита з отворами діаметром 6,0 (5,5) мм направляють на повторне дроблення, сходи сит з отворами діаметром 4,5 мм і 3,0 мм провіюють в аспіраторах для відділення легких частинок і направляють на пневмостоли. Прохід через сито з отворами діаметром 3 мм просіюють повторно на ситах з отворами 1,4 мм. Сходи з сит номер 1,4 піддають провіюванню для відділення оболонок і направляють на пневмостол, проходи цих сит направляють на контроль мучки.

На пневмостолах відбувається розподіл продуктів за щільністю. Тяжкі (ендоспермові) частинки після провіювання направляють на подрібнення в драний процес. Продукт, що отримується з двох середніх каналів, залежно від добротності, спрямовують або на подрібнення або повторно на пневмостіл. Легкі частинки (зародки) контролюють на окремому пневмостолі, висушують до вологості не більше 10% і після магнітного контролю спрямовують в бункер.

Виділене при дробленні борошно контролюється на спеціальній системі (розсіві), де прохід сита 067 прямує в борошно, а схід сита 067 (менш добротний продукт із значним вмістом оболонок) спрямовується на III драну систему.

Технологічна схема сортового помелу кукурудзи повинна передбачати наступні процеси: драний, розмелювальний, формування і контроль готової продукції. При побудові даної схеми слід керуватися показниками, наведеними в таблицях 4.5, 4.6.

Таблиця 4.5 – Орієнтовний розподіл вальцової лінії та поверхні, що просіює, по етапам технологічного процесу

Характеристика	Показники
Вальцова лінія всього, %	100
в т. ч.: на драних системах	58-60
на розмелювальних системах	40-42
Співвідношення довжини вальцової лінії розмелювальних систем до довжини вальцової лінії драних систем	0,5-0,7
Просіююча поверхня всього, %	100
в т. ч.: на драних системах	54-56
на розмелювальних системах	28-30
на контролі борошна	16-18
Співвідношення просіюючої поверхні розмелювальних систем до просіюючих поверхонь драних систем	0,5-0,7

Таблиця 4.6 – Розподіл вальцової лінії і просіюючої поверхні по системам технологічного процесу

Системи	Вальцова лінія % від загальної	поверхня, де просівається, % від загальної
I драна	18-20	16-18
II драна	18-20	16-18
III драна	12-14	12-14
IV драна	8-10	8-10
Разом по драному процесу	58-60	54-56
1 розмелювальна	14-16	10-12
2 розмелювальна	14-16	10-12
3 розмелювальна	10-12	6-8
Разом по розмелювальному процесу	40-42	28-30
Контроль борошна	-	16-18
Усього	100	100

При сортових помолах зерна кукурудзи: середнє питоме навантаження на вальцову лінію – 85-100 кг / см · добу; середнє питоме навантаження на просіюючу поверхню - 1100-1500 кг / м² · добу.

Драний процес включає 3-4 системи. На I драну систему надходять подрібнені частини кукурудзи, звільнені від зародка. Рекомендується у вальцових верстатах застосовувати наступні параметри змелювальних вальців (Таблиця 4.7).

Таблиця 4.7 – Рекомендована технічна характеристика вальцових верстатів

Показники	Драні системи			
	I др. с.	II др. с.	III др. с.	IV др. с.
Кількість рифлів на 1 см	4	4	5	7
Нахил рифлів, %	8	8	10	10
Окружна швидкість вальців, що швидко обертаються, м/с	6	6	6	6
Ставлення окружних швидкостей вальців	2,5	2,5	2,5	2,5
Взаємне розташування рифлів на системах	ос / ос	ос / ос	сп / сп	сп / сп
Профіль рифлів α / β , град	30/60	30/60	30/60	30/60

Режими подрібнення на I та II подертих системах повинні забезпечити отримання борошна тонкого і великого помелу і високоякісних крупок, що направляються на 1 розмелювальну систему. Борошно тонкого помелу відбирають

із усіх драних систем проходом сит з номерами 0,287 - 0,341, борошно великого помелу – з усіх систем проходом сит з номерами 0,421 - 0,527.

Режим подрібнення на I та II драних системах характеризує величина проходу через сито номер 1,224 в 100 г продукту, відібраного після вальцового верстата.

Рекомендовані режими спільного вилучення: - I драна система – від 35% до 40%; II драна система - від 55% до 60%.

На інших драних системах режим встановлюють на максимальне вилучення муки, забезпечуючи мінімальне дроблення оболонок.

Вимол оболонкових продуктів здійснюється у вальцових верстатах на IV драній системи. Він повинен забезпечити найбільш повне вилучення частинок ендосперму з оброблюваних продуктів та отримання борошна з можливо меншим змістом частинок оболонок.

Розмелювальний процес включає 3 розмелювальні системи. Подрібнення продуктів у розмелювальному процесі здійснюють на вальцях з нарізною поверхнею. Рекомендується застосовувати такі параметри розмелювальних вальців (Таблиця 4.8).

Таблиця 4.8 – Рекомендована технічна характеристика вальцових верстатів

Показники	Розмелювальні системи		
	1 р. с.	2 р. с.	3 р. с.
Кількість рифлів на 1 см	9	10	11
Нахил рифлів, %	10	10	10
Окружна швидкість вальців, що швидко обертаються, м/с	6	6	6
Співвідношення окружних швидкостей вальців	2,5	2,5	2,5
Взаємне розташування рифлів на системах	сп / сп	сп / сп	сп / сп
Профіль рифлів α / β , град	30/60	30/60	30/60

На кожній розмелювальній системі відбирають борошно тонкого та великого помелу, а сходи направляють на наступну розмелювальну систему, схід з 3 розмелювальною системою прямує у висівки.

Для отримання необхідної кількості та якості борошна в розмелювальному процесі слід керуватися орієнтовними режимами подрібнення, питомими навантаженнями, розподілом вальцової лінії і просіюючої поверхні, наведеними в таблицях 4.7, 4.8.

Інтенсивність подрібнення на розмелювальних системах має забезпечити повне вилучення ендосперму. Величина вилучення борошна становить від 50% до 60% від маси продукту, що надійшов на систему.

Формування сортів борошна здійснюють у розмелювальному відділенні борошномельного заводу з потоків з окремих систем технологічного процесу. Формування повинно забезпечити встановлені розрахункові виходи борошна і показники якості, регламентовані діючими ТНПА.

Борошно тонкого і великого помелу отримують на всіх системах технологічного процесу. Орієнтовні виходи борошна по етапам технологічного процесу наведено в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Орієнтовний вихід борошна по етапам технологічного процесу, %

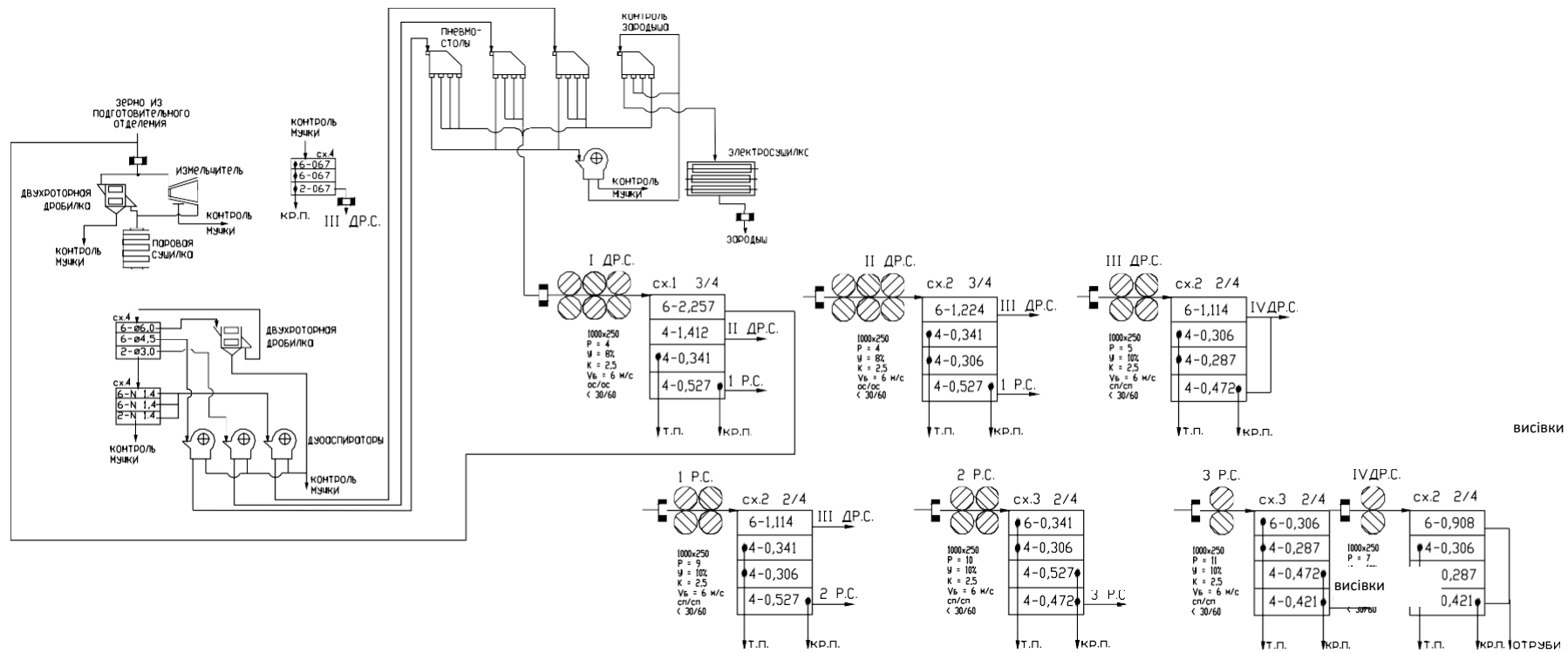
Показники	Етапи технологічного процесу			
	етап дроблення	драний	розмелювальний	разом
Борошно тонкого помелу	-	7	3	10
Борошно великого помелу	3	48	21	72
Загальний вихід борошна	3	55	24	82

Контроль борошна повинен забезпечити відділення сторонніх частинок і необхідну крупність.

Рекомендована технологічна схема сортового помелу кукурудзи з попереднім відбором зародка на борошно наведено на малюнку 4.3. У таблиці 4.10 дана технічна характеристика зазначеної схеми.

Таблиця 4.10 – Технічна характеристика рекомендованої схеми сортового помелу зерна кукурудзи з попереднім відбором зародка

Параметри схеми	Одиниці вимірювання	Показники
Кількість секцій розсівань ЗРШ 4-4 М	шт.	20
Загальна просіююча поверхню, в т. ч.:		
на драних системах	м ²	90
на розмелювальних системах на контролі борошна	м ²	45
	м ²	27
	м ²	18
Відношення поверхні, що просіває розмелювальних систем і поверхні драних	м ² /м ²	0,6
Кількість вальцових верстатів	шт.	7
Загальна довжина вальцової лінії, в т. ч.:		
на драних системах	м	14
на розмелювальних системах	м	9
	м	5
Відношення вальцової лінії розмелювальних систем до вальцової лінії драних систем	м / м	0,56
Середнє питоме навантаження:		
на поверхню, що просіюється	кг / м ² добу	1444
на вальцову лінію	кг / см добу	92,8



КОНТРОЛЬ БОРОШНА

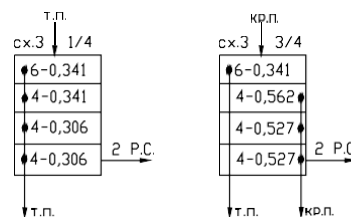


Рисунок 4.3 – Рекомендована схема помелу кукурудзи в сортове борошно з попереднім відбором зародка для борошномельного заводу продуктивністю 130 т/добу

4.4 Сортний помел зерна кукурудзи з виходом 82% борошна великого і тонкого помелу без попереднього відбору зародка

При цьому помолі на I драну систему надходить зерно кукурудзи після очищення та гідротермічної обробки. У процесі помелу зерна кукурудзи на борошно необхідно найбільш повно відбирати зародок, оскільки подрібнення його разом з ендоспермом робить борошно нестійким у зберіганні (борошно швидко прогоркає). Тому дана схема включає в себе драний процес, що включає чотири драні системи, одну зародкову систему та систему збагачення зародка, розмелювальний процес, що включає три системи, процес формування і контролю борошна.

При побудові цієї схеми слід керуватися показниками, наведеними в таблицях 4.11, 4.12.

Таблиця 4.11 – Орієнтовний розподіл вальцової лінії та просіюючої поверхні по етапам технологічного процесу

Характеристика	Показники
Вальцова лінія всього, % в т. ч.: на драних системах на зародковій системі на розмелювальних системах	100 65-68 5-10 26-28
Співвідношення довжини вальцової лінії розмелювальних систем до довжини вальцової лінії драних систем	0,3-0,5
Просіююча поверхня всього, % в т. ч.: на драних системах на зародковій системі на розмелювальних системах на контролі борошна	100 45-50 5-10 25-30 16-18
Співвідношення поверхні, що просіває розмелювальні системи, до тих, що просіює драні системи	0,4-0,6

Таблиця 4.12 – Розподіл вальцової лінії і просіюючих поверхонь по системам технологічного процесу

Системи	Вальцова лінія % від загальної	Просіююча поверхня, % від загальної
I драна	25-30	15-17
II драна	20-25	15-17
III драна	10-15	10-12
IV драна	5-10	5-7
Разом по драному процесу	65-68	45-50
Зародкова система	5-10	5-10
1 розмельна	10-12	12-16
2 розмельна	8-10	6-9
3 розмельна	8-10	6-9
Разом по розмельювальному процесу	26-28	25-30
Контроль борошна	-	16-18
Усього	100	100

При сортових помолах кукурудзи без попереднього відбору зародка рекомендується: середнє питоме навантаження на вальцову лінію – 80-95 кг/см · добу; середнє питоме навантаження на просіюючу поверхню – 1000-1300 кг/м² · добу.

Драний процес включає 3-4 системи. На I драму систему надходить зерно кукурудзи після очищення від домішок і гідротермічною обробки.

Рекомендується в вальцових верстатах драмих систем застосовувати наступні параметри мелючих вальців (Таблиця 4.13).

Режими подрібнення на I та II дерних системах повинні забезпечити отримання борошна тонкого і великого помелу і крупок і дунстів, що направляються на 1 розмільну систему. Борошно тонкого помелу відбирають з усіх подертих систем проходом сита з номерами 0,287-0,341, борошно великого помелу відбирають проходом сит з номерами 0,421-0,527.

Режим подрібнення на I та II драмих системах характеризує величина проходу через сито номер 1,412 в 100 г продукту, відібраного після вальцового верстата.

Рекомендовані режими спільного вилучення:

I драна система - від 30% до 35%;

II драна система - від 50% до 55%.

на решти драмих системах режим встановлюють на максимальне вилучення муки, забезпечуючи мінімальне дроблення оболонок.

Вимол продуктів здійснюється у вальцових верстатах на IV драмою системою. Він повинен забезпечити найбільш повне вилучення частинок ендосперму з оброблюваних продуктів і отримання борошна з можливо меншим змістом оболонок.

На зародкову систему надходять зародки, які відбирають на I II драних системах сходами сит діаметром 5 мм. На зародковій системі з подрібненого зародка відсівають борошно великого помелу, а сходи сит розсіву направляють на збагачення в центрофугал та повітряний сепаратор. На центрофугалі проходом сита номер 0,666 отримують борошно великого помелу, а сход (суміш оболонок і зародок) надходить на повітряний сепаратор, де зародок відокремлюється від оболонок і залишків борошнистих частинок. Вміст зародка в продукті після очищення в сепаратор має бути не менше 60%. За цієї умови олійність його буде становитиме близько 20%. При недостатньому очищенні зародка від лушпиння і борошнистих частинок його слід повторно пропустити через сепаратор. Виділений зародок підсушують до вологості не більше 10% і після магнітного контролю направляють у бункер.

Розмелювальний процес включає 3 розмелювальні системи. Подрібнення продуктів у розмелювальному процесі здійснюють на вальцях з нарізною поверхнею. Рекомендується застосовувати такі параметри розмелювальних вальців (Таблиця 4.12).

На кожній розмелювальній системі відбирають борошно тонкого та великого помелу, а сходи направляють на наступну розмелювальну систему, схід з 3 розмелювальної системи прямує в висівки.

Для отримання необхідної кількості та якості борошна в розмелювальному процесі слід керуватися орієнтовними режимами подрібнення, питомими навантаженнями, розподілом вальцьової лінії і просіюючої поверхні, що наведені в таблицях 4.11, 4.12.

Інтенсивність подрібнення на розмелювальних системах має забезпечити повне вилучення ендосперму. Величина вилучення борошна становить від 50% до 60% від маси продукту, що надійшов на систему. На 3 розмелювальній системі відбирають висівки в кількості 2%.

Формування сортів борошна виробляють у розмелювальному відділенні борошномельного заводу з потоків з окремих систем технологічного процесу. Формування повинно забезпечити встановлені розрахункові виходи борошна по сортам і показники якості, регламентовані діючими ТНПА.

Борошно кукурудзяне тонкого та великого помелу відбирають з усіх систем драного і розмелювального процесів, у борошно великого помелу спрямовують також борошно з зародкової системи і системи збагачення зародка.

Орієнтовні виходи борошна за етапами технологічного процесу проведено в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Орієнтовний вихід кукурудзяного сортового борошна по етапам технологічного процесу

У відсотках

Показники	Етап технологічного процесу			Разом
	драний	відділення і збагачення зародка	розмелювальний	
Борошно великого помелу	48	4	20	72
Борошно тонкого помелу	6	-	4	10
Загальний вихід	54	4	24	82

Контроль борошна повинен забезпечити відділення сторонніх частинок і необхідну крупність помелу.

Рекомендована схема сортового помелу зерна кукурудзи без попереднього відбору зародка наведено на малюнку 32, а в таблиці 132 – її технічна характеристика.

Таблиця 4.14 – Технічна характеристика рекомендованої схеми технологічного процесу сортового помелу зерна кукурудзи (без попереднього відбору зародка) для борошномельного заводу продуктивністю 130 т/добу

Параметри схеми	Одиниці вимірювання	Показники
Кількість секцій розсівань ЗРШ 4- М	шт.	24
Загальна поверхня, що просіває, в т. ч.:		108
на драних системах	м ²	54
на зародковій системі	м ²	9
на розмелювальних системах	м ²	27
на контролі борошна	м ²	18
Відношення поверхні, що просіває, розмелювальних систем до поверхні драних	м ² / м ²	0,5
Кількість вальцових верстатів	шт.	8
Загальна довжина вальцевої лінії в т. ч.:		16
на драних системах	м	11
на зародкової системі	м	1
на розмелювальних системах	м	4
Відношення вальцевої лінії розмелювальних систем до вальцевої лінії драних	м / м	0,4
Середнє питоме навантаження:		
на просіюючу поверхня	кг / м ² · добу	1203
на вальцову лінію	кг / см · добу	81,2

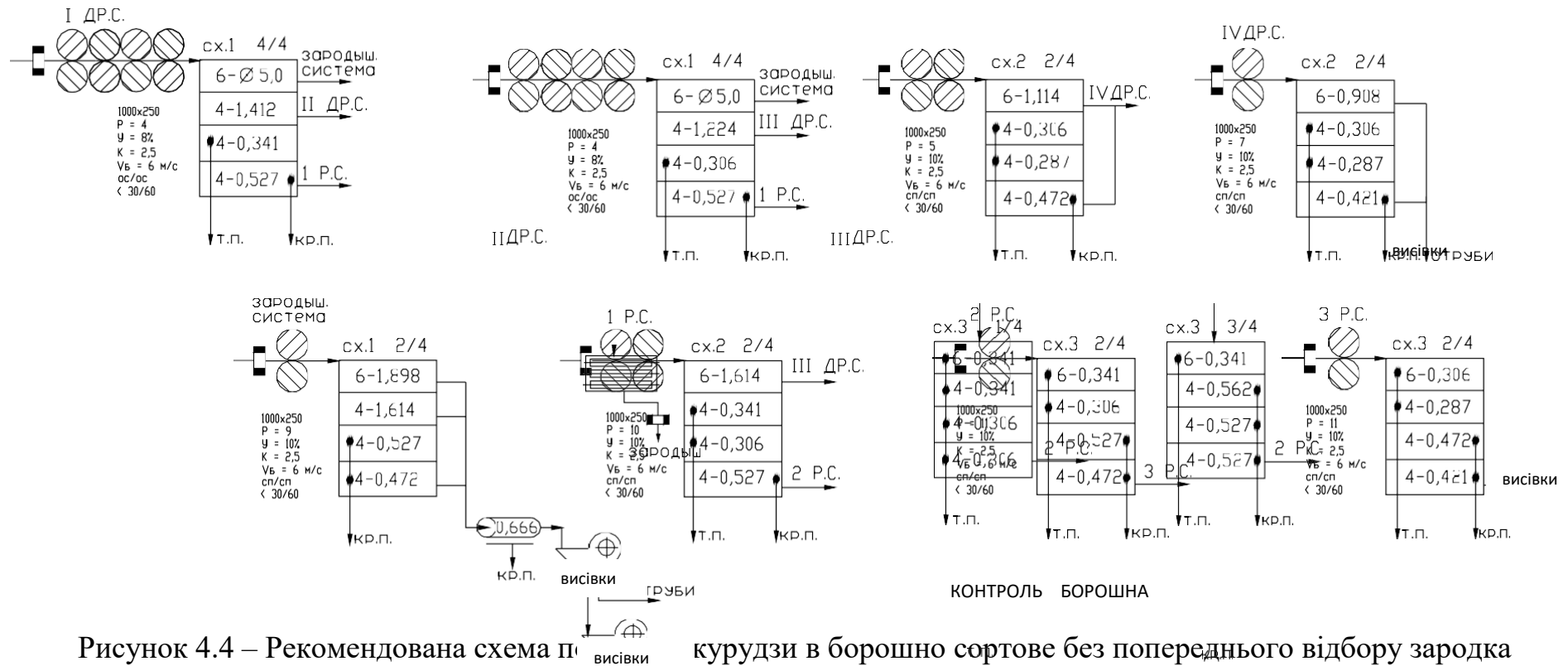


Рисунок 4.4 – Рекомендована схема підготовки курудзи в борошно сортове без попереднього відбору зародка для борошномельного заводу продуктивністю 130 т/добу

Висновки до розділу 4

Для розроблення технологічного процесу виробництва кукурудзяного борошна необхідно враховувати особливості кукурудзи, такі як високий вміст зародка, що вимагає його видалення для підвищення стабільності борошна при зберіганні. Технологія передбачає декілька етапів: очищення зерна від домішок, гідротермічна обробка, видалення зародка, помел на вальцьових лініях і контроль якості борошна. Підготовка зерна включає очищення, зволоження та гідротермічну обробку для кращого відділення зародка та плодових оболонок. Вальцьові лінії та просіююча поверхня розподіляються згідно з технічними рекомендаціями для ефективного помелу та видалення небажаних фракцій. Важливим є контроль якості на кожному етапі для забезпечення високих стандартів готової продукції. Розроблена технологія враховує специфіку кукурудзяного зерна і забезпечує отримання борошна високої якості, що відповідає сучасним вимогам харчової промисловості.

5 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Соціально-економічна ефективність дослідження виходу борошна із зерна солодких сортів кукурудзи має велике значення для агропромислового сектору та харчової промисловості. Оптимізація процесів виробництва кукурудзяного борошна сприятиме підвищенню рентабельності виробництва, що є ключовим фактором для аграріїв та переробників. Збільшення ефективності переробки дозволить знизити витрати на виробництво, забезпечити краще використання сировини та мінімізувати відходи, сприяючи сталому розвитку аграрного сектору.

З огляду на зростаючий попит на здорові харчові продукти, оптимізація виробництва борошна із солодких сортів кукурудзи має важливе значення для розвитку продуктів з високою харчовою цінністю. Це створює можливості для виробництва інноваційних продуктів харчування, що відповідають вимогам споживачів до здорового харчування, тим самим відкриваючи нові ринки для аграріїв та харчової промисловості.

Також важливим є вплив на зайнятість у сільській місцевості, оскільки оптимізація процесів може сприяти створенню додаткових робочих місць у сфері виробництва та переробки сільськогосподарської продукції. Зростання виробництва та експорту кукурудзяного борошна може зміцнити економічне становище регіонів, де вирощується кукурудза, сприяючи соціально-економічному розвитку.

Враховуючи зростання світових цін на продовольство та потребу в забезпеченні продовольчої безпеки, ефективність переробки кукурудзи в борошно має вирішальне значення. Збільшення виходу борошна із зерна може сприяти забезпеченню стабільності продовольчих ресурсів, зменшуючи залежність від імпорту та сприяючи самодостатності у харчових продуктах.

Загалом, розвиток технологій виробництва борошна з солодких сортів кукурудзи має значний потенціал для підвищення ефективності агропромислового сектору. Це не лише сприяє зростанню економіки та забезпеченню продовольчої безпеки, але й відкриває нові можливості для наукових досліджень і розробки інноваційних продуктів. Важливо продовжувати поглиблене вивчення цієї теми,

зосереджуючи увагу на вдосконаленні технологічних процесів, екологічності виробництва та розширенні асортименту продукції з кукурудзяного борошна, що зустрічатиме зростаючі потреби ринку та споживачів.

Такий чином, дослідження процесу виробництва кукурудзяного борошна має значення як для соціальної, так і для економічної сфер.

Соціальне значення:

- Здоров'я та харчування. Дослідження процесу виробництва кукурудзяного борошна сприяє розумінню якості та корисних властивостей цього продукту. Це може допомогти забезпечити людей якісним та безпечним харчуванням.

- Продуктивність. Оптимізація процесу виробництва може покращити продуктивність сільськогосподарських господарств, що вирощують кукурудзу, а також підприємств, які виробляють борошно. Це може створити додаткові робочі місця та підвищити доходи селян.

- Розвиток регіонів. Удосконалення виробництва кукурудзяного борошна може сприяти розвитку сільських територій та регіонів, де вона виробляється, шляхом стимулювання економічної активності та інвестицій.

Економічне значення:

- Ефективність виробництва. Дослідження може допомогти вдосконалити технологічні процеси та методи виробництва, що в свою чергу зменшить витрати та підвищить ефективність виробництва.

- Конкурентоспроможність. Шляхом оптимізації виробництва та підвищення якості продукції, компанії можуть збільшити свою конкурентоспроможність на ринку.

- Експорт імпорту зерна та продуктів: Удосконалення виробництва кукурудзяного борошна може зробити продукцію більш привабливою для експорту або зменшити потребу в імпорті аналогічних продуктів, що сприятиме економіці країни.

Отже, дослідження процесу виробництва кукурудзяного борошна може мати значення як для здоров'я населення та розвитку сільських регіонів, так і для підвищення ефективності та конкурентоспроможності економіки в цілому.

Також для повного аналізу соціально-економічної ефективності даного дослідження варто наголосити на важливості системи ХАССП (НАССР) у забезпеченні безпеки продуктів харчування. ХАССП – це підхід, заснований на ідентифікації, оцінці та контролі ризиків, що можуть негативно вплинути на безпеку продуктів харчування. Впровадження ХАССП дозволяє систематично виявляти критичні контрольні точки на всіх етапах виробництва, від сировини до готового продукту, та розробляти ефективні заходи для їх управління [23].

Включення ХАССП в процес виробництва кукурудзяного борошна не тільки підвищить безпеку продукту, але й забезпечить відповідність сучасним стандартам якості та безпеки харчових продуктів. Це, в свою чергу, сприятиме підвищенню довіри споживачів та конкурентоспроможності продукції на ринку.

Розробка та впровадження системи ХАССП вимагає від компанії чіткого розуміння потенційних ризиків, здатності ефективно ними управляти та проводити регулярний моніторинг критичних точок. Це забезпечує не лише безпеку продукції, але й ефективність виробничих процесів, знижуючи витрати на непотрібні перевірки та виправлення проблем після їх виникнення.

Для ефективного впровадження системи ХАССП на підприємстві, що виробляє кукурудзяне борошно, важливо глибоко проаналізувати кожен етап виробничого процесу для ідентифікації потенційних ризиків, що охоплює сировину, етапи обробки, зберігання та розподіл продукції. Розглянемо використання семи принципів ХАССП:

1. Аналіз небезпек. Для виробництва кукурудзяного борошна, аналіз небезпек включає ідентифікацію ризиків на кожному етапі виробництва. Ці ризики можуть включати забруднення зерна пестицидами, наявність мікробів та токсинів. На етапі збору зерна потрібно звертати увагу на можливість забруднення від ґрунту або води. Під час зберігання зерна важливо контролювати умови, щоб запобігти розвитку плісняви та виробництву мікотоксинів. На етапі помелу необхідно забезпечити чистоту обладнання для уникнення хрестового забруднення. Всі ці заходи допоможуть мінімізувати ризики для безпеки продукту.

2. Визначення критичних контрольних точок (ККТ). Важливо встановити етапи, де можливе виникнення або розвиток небезпек, наприклад, при зберіганні

сировини (контроль за вологістю та температурою, щоб запобігти розвитку плісняви та утворенню токсинів), помелі зерна (перевірка чистоти обладнання та відсутність забруднювачів, які можуть потрапити в борошно), та пакуванні продукції (запобігання контакту з забруднюючими речовинами та забезпечення герметичності упаковки для уникнення вторинного забруднення).

На кожному з цих етапів необхідно розробити та впровадити процедури, що забезпечать контроль та підтримку критичних параметрів у безпечних межах.

3. Визначення критичних значень. На етапі визначення критичних значень для кожної критичної контрольної точки (ККТ) у процесі виробництва кукурудзяного борошна, встановлюються межі безпеки, що забезпечують відповідність продукції стандартам безпеки. Такими межами можуть виступати:

- температура сушіння зерна – встановлення максимальної та мінімальної температури сушіння для запобігання утворення шкідливих речовин та забезпечення достатнього видалення вологи;

- час обробки – визначення оптимального часу обробки зерна та борошна на різних етапах для забезпечення безпеки та якості продукції;

- вологість продукту – встановлення максимально допустимої вологості борошна для запобігання розвитку мікроорганізмів.

Ці критичні значення базуються на наукових дослідженнях та нормативних вимогах, забезпечуючи ефективний контроль за безпекою продукції на всіх етапах виробництва.

4. Встановлення процедур моніторингу. Встановлення процедур моніторингу в системі ХАССП передбачає розробку системи постійного спостереження за критичними контрольними точками (ККТ), щоб вчасно виявляти відхилення від критичних значень. Для кожної ККТ повинні бути визначені специфічні показники та методи моніторингу, які можуть включати вимірювання температури, вологості, рН, а також візуальні та лабораторні перевірки. Це дозволяє оперативно виявляти та коригувати будь-які відхилення від заданих параметрів, забезпечуючи безперервний контроль за безпекою продукції.

5. Визначення коригувальних дій, які необхідно вжити у випадку виявлення відхилення від критичних значень, для негайного усунення ризику. Ними можуть бути:

- ✓ При зберіганні сировини – якщо вологість зерна перевищує допустимі межі, необхідно зменшити вологість або відхилити партію зерна, яка не відповідає стандартам.
- ✓ При помелі зерна – у випадку виявлення забруднення обладнання, провести його негайну чистку та дезінфекцію перед продовженням виробництва.
- ✓ При пакуванні продукції – якщо виявлено відхилення від стандартів упаковки, що може призвести до вторинного забруднення, слід негайно зупинити пакувальний процес та виправити виявлені недоліки.

Кожен з цих кроків має бути чітко задокументовано, з вказівкою причини відхилення, вжитих коригувальних дій та результатів перевірки ефективності цих дій.

6. Визначення процедур верифікації. Потрібно встановити методи перевірки ефективності системи ХАССП, щоб гарантувати, що вона працює належним чином.

На підприємстві, що виробляє кукурудзяне борошно, визначення процедур верифікації системи ХАССП може включати регулярні аудити та перевірки, випробування продукції та процесів на відповідність встановленим стандартам безпеки. Також ефективність системи може бути перевірена через зовнішні інспекції від регулюючих органів або незалежних аудиторів. Ці заходи допоможуть гарантувати, що система ХАССП працює належним чином та продукція відповідає всім вимогам безпеки.

7. Ведення документації і записів. Створена система документування всіх процедур, моніторингу, коригувальних дій та перевірок повинна мати можливість підтвердити безпеку продукції та ефективність системи управління безпекою.

На підприємстві, що спеціалізується на виробництві кукурудзяного борошна, створення системи документації та ведення записів в рамках системи ХАССП є ключовим для підтвердження безпеки продукції та ефективності системи управління безпекою. Це охоплює документування усіх процедур, включаючи аналіз небезпек, визначення ККТ, моніторинг, коригувальні дії, результати перевірок, а також

обґрунтування вибору критичних контрольних точок і критичних значень. Такий підхід забезпечує можливість трасування всіх етапів виробництва та швидкого реагування на потенційні проблеми з безпекою продукції.

Такий підхід дозволить не тільки мінімізувати ризики для здоров'я споживачів, але й підвищити репутацію підприємства на ринку, забезпечивши випуск високоякісної та безпечної продукції.

Висновки до розділу 5

Враховуючи всі аспекти впровадження системи ХАССП на підприємстві, що займається виробництвом кукурудзяного борошна, можна зробити такі висновки:

Впровадження ХАССП значно підвищує соціально-економічну ефективність підприємства через гарантування високого рівня безпеки продукції. Систематичний підхід до ідентифікації, оцінки та контролю ризиків на всіх етапах виробництва дозволяє не лише знизити ймовірність виникнення харчових захворювань серед споживачів, але й підвищити довіру до бренду. Впровадження цієї системи сприяє відкриттю нових ринків, особливо в країнах зі строгими вимогами до безпеки харчових продуктів, що веде до зростання продажів та розширення бізнесу. Окрім того, оптимізація виробничих процесів та зменшення відходів в рамках ХАССП сприяють зниженню витрат та підвищенню рентабельності виробництва. Таким чином, система ХАССП не лише забезпечує безпеку продукції, але й відіграє ключову роль у сталому розвитку підприємства.

ВИСНОВКИ

На основі проведеного аналізу в дипломній роботі на тему "Дослідження виходу борошна із зерна солодких сортів кукурудзи", можна зробити наступні висновки:

1. Дослідження підтверджує значну актуальність оптимізації процесів виробництва борошна з солодких сортів кукурудзи, що відповідає зростаючому попиту на продукти харчування на основі кукурудзи. Аналітичний огляд літературних джерел виявив, що кукурудза є незамінною складовою харчової промисловості, а солодкі сорти кукурудзи мають унікальні смакові та харчові якості, що робить їх привабливими для виробництва різноманітних продуктів, включаючи борошно. Кукурудзяне борошно відіграє важливу роль в українській кухні, додаючи смак і різноманіття до страв. Різні види борошна використовуються для приготування різноманітних страв, від традиційних млинців до сучасних кукурудзяних піц.

2. Експериментальна частина роботи включала визначення показників якості борошна, а також технологічних параметрів процесу, що впливають на якість готових продуктів. В результаті було встановлено, що використання солодких сортів кукурудзи може значно підвищити якість борошна та ефективність його виробництва.

3. Технологічний процес виробництва кукурудзяного борошна був детально розглянутий, з особливим акцентом на підготовку зерна до помелу та вибір оптимального методу обробки зерна. Дослідження підтвердило, що адаптація технологічного процесу до конкретних властивостей солодких сортів кукурудзи може забезпечити значне підвищення виходу борошна високої якості.

4. Значення роботи для сучасної агропромислової та харчової промисловості важко переоцінити. Оптимізація виробництва борошна з солодких сортів кукурудзи відповідає глобальним тенденціям сталого розвитку, сприяє зменшенню відходів, підвищенню ефективності використання аграрних ресурсів та задоволенню зростаючого попиту на здорові продукти харчування.

5. Завдяки цій роботі було встановлено основу для подальших досліджень у цій області, а також визначено конкретні напрямки для вдосконалення

технологічного процесу. На основі аналізу дипломної роботи можна зробити висновок, що вона вносить значний вклад у розвиток агропромислової галузі та харчової промисловості через оптимізацію виробництва борошна з солодких сортів кукурудзи. Дослідження показало важливість солодких сортів кукурудзи для виробництва високоякісного борошна та визначило технологічні особливості його отримання, що сприяє підвищенню рентабельності виробництва та задоволенню зростаючого попиту на здорові продукти харчування.

6. Для процесу виробництва кукурудзяного борошна важливого соціально-економічного значення набуває аналіз небезпек, який включає ідентифікацію ризиків на кожному етапі виробництва. Ці ризики можуть включати забруднення зерна пестицидами, наявність мікробів та токсинів. На етапі збору зерна потрібно звертати увагу на можливість забруднення від ґрунту або води. Під час зберігання зерна важливо контролювати умови, щоб запобігти розвитку плісняви та виробництву мікотоксинів. На етапі помелу необхідно забезпечити чистоту обладнання для уникнення хрестового забруднення. Всі ці заходи допоможуть мінімізувати ризики для безпеки готового продукту – кукурудзяного борошна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Афанасьєв В. Спеціальна обробка зернових компонентів і комбикормів варта уваги / Афанасьєв В., Сухарєва Н. // Зерно і хліб. – 2007. – №3. – С. 48-49.
2. Бандура В.М. Перспективи застосування інфрачервоного та мікрохвильового поля в процесі переробки олійних культур. // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – Вінниця, 2016. – С. 94-101.
3. Гулавський В. Волого-теплова обробка збіжжя значно підвищує поживність комбикормів, істотно зменшує кількість мікроорганізмів / Гулавський В., Єгоров Б. // Зерно і хліб. – 2007. - №2. – С. 28.
4. Дробот В.І. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв. Навчальний посібник / Дробот В.І. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 341 с.
5. ДСТУ 4525:2006 «Кукурудза. Технічні умови» із змінами № 1 – № 326 від 12.09.2009, К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 21 с.
6. Дудяк І.Д. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. Метод. рекомендації. – Миколаїв: МНАУ. – 95 с.
7. Єгоров, Б.В. Технологія виробництва комбикормів / Б.В. Єгоров. – Одеса: Друкарський дім, 2011. – 448 с.
8. Єремєєва О. А., Харченко Є. І., Любич В. В. Технологічні процеси переробки зерна пшениці в борошно: моногр. / Київ. – 2021. – 160 с.
9. Зберігання та переробка сільськогосподарської продукції / О.В. Богомолів, Н.В. Верешко, О.М. Сафонова та ін. Під ред. О.І. Шаповаленка, О.М. Сафонові. – Харків: Еспада, 2008. – 544 с.
10. Камінський В. Обробка зерна в електромагнітному полі / Камінський В., Бабич М. // Зерно і хліб. – 2000. - №1. – С. 22-23.
11. Капрельянц Л.В. Функціональні продукти / Капрельянц Л.В., Іоргачова К.Г. – Одеса: Друк, 2003. – 312 с.
12. Котов Б.І. Ідентифікація динамічних режимів нагріву і сушіння зернопродуктів ІЧ-випромінюванням / Б.І. Котов, В.В. Кифяк // Науковий вісник

Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК. - 2014. - Вип. 194(2). - С. 165-170.

13. Мерко, І.Т. Технології мукомельного і круп'яного виробництва / І.Т. Мерко. – Одеса: Друкарський дім, 2010. – 472 с.

14. Осокіна Н.М. Технологічні властивості зерна гібриду кукурудзи ПР39Б58 / Н.М. Осокіна, К.В. Костецька, Я.В. Євчук // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. – 2014. – №. 86 (1). – С. 37-43.

15. Полудненко О.О. Інтенсифікація процесу водно-теплової обробки зерна пшениці у сортових хлібопекарських помелах / О.О. Полудненко, О.М. Сафонова // Наукові здобутки молоді - вирішення проблем харчування людства у ХХІ столітті : 76-а наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів, 12-13 квітня 2010 р. : матеріали конф. – Київ : НУХТ, 2010. – С. 163.

16. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах / Крошко Г.Д. [та інші] – Київ: Мін. АПК України, Київський інститут хлібопродуктів, 2008. – С.15-18.

17. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах / підготовлені колективом виконавців Київського інституту хлібопродуктів та Державної акціонерної компанії "Хліб України": Г. Д. Крошко, В. І. Левченко, Л. Н. Назаренко, В. А. Стрій (науковий керівник), Л- Д. Щабельська. – 1998.

18. Сало О.С. Інноваційні напрями селекції спеціалізованої кукурудзи в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва УААН. Вісник ЦНЗАПВ Харківської області. – 2009. – Вип, 6. – С. 131-137.

19. Сафонова О.М. Вплив імпульсної водно-теплової обробки зерна пшениці на його структурно-механічні властивості / О.М. Сафонова, О.О. Разборська, В.Б. Юферов, О.М. Озеров // Вібрації в техніці та технологіях. Науково-технічний журнал Вінницького національного аграрного університету. – Вінниця : ВНАУ, 2011. – № 1 (61). – С. 168-171.

20. Сафонова О.М. Вплив інтенсивної водно-теплової обробки на борошномельні властивості зерна пшениці / О.М. Сафонова, О.О. Разборська //

Сільськогосподарські машини. Зб. наук. праць Луцького національного технічного університету. – Луцьк : ЛНТУ, 2011. – Вип. 21. – С. 74-80.

21. Сафонова О.М. Імпульсна водно-теплова обробка зерна пшениці у сортових хлібопекарських помелах / О.М. Сафонова, О.О. Разборська, В.Б. Юферов, О.М. Озеров // Наукові здобутки молоді - вирішення проблем харчування людства у XXI столітті : 77-а наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів, 11-12 квітня 2011 р. : матеріали конф. – Київ : НУХТ, 2011 р. – С. 97-98.

22. Соболевський В.Н. Ігноруємо й досі мікронізацію зернових / Соболевський В.Н., Горбенко О. В., Кузнєцова Л.О.// Зерно і хліб. – 2005. – №2. – С. 16-17.

23. ХАССП це систематичний підхід до забезпечення безпеки продуктів харчування [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://certificant.org/xassp-ce-sistematichnij-pidxid-do-zabezpechennya-bezpeki-produktiv-xarchuvannya/>

24. Харченко, Л.Я. Харчові та лікарські властивості зразків колекції кукурудзи Устимівської дослідної станції рослинництва [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/profile/Sergey_Pospelov2/publication/305700665_Medical_Herbs_from_Past_Experience_to_New_Technologies_Proceedings_of_Third_International_Scientific_and_Practical_Internet_Conference/links/579a5ac408ae7b940a8a9bae.pdf#page=89

25. Шаповаленко О.І., Рибчинський Р.С., Кустов І.О. Технологічна характеристика зерна кукурудзи // Наук. пр. / Одес. нац. акад. харч. технологій. Одеса, 2019. Т. 83, вип. 2. С. 39 – 43.

26. Шутенко Є.І. Технологія круп'яного виробництва: навч. посібник / Є.І. Шутенко, С.М. Соц. – К.: Освіта України, 2010. – 272 с.

27. Amoа A. Muller H. Studies on kenkey with particular reference to calcium and phytic acid. Cereal Chem. 1979;53:365–375. (25)

28. Bandura V. Description of heat exchange in the similarity theory of vibrating drying process of sunflower / V. Bandura, I. Zozuliak, V. Palamarchuk. – Ukrainian Journal of Food Science, 2014. Vol. 2. Issue 2. 305-311.

29. Bozzano, G L. *Lipids in Cereal Technology* / G L. Bozzano. – Elsevier, 2012. – 425 p.
30. Bozzano, G L. *Lipids in Cereal Technology* / G L. Bozzano. – Elsevier, 2012. – 425 p.
31. Brown W. Darrah L. *Natl. Corn Handbook*. Iowa State University. Iowa: Cooperative Extension Service; 1985. Origin, adaptation, and types of corn; p. NCH-10.
32. Doebley J. The genetics of maize evolution. *Ann. Rev. Gen.* 2004;38:37 (1)
33. FFI. Flour Fortification Initiative. Flour millers tool kit, flour fortification initiative. 2013. Accessed March 13, 2013. <http://www.ffinetwork.org/implement/toolkit.html>.
34. Gwirtz JA, Garcia-Casal MN. Processing maize flour and corn meal food products. *Ann N Y Acad Sci.* 2014;1312(1):66-75. doi:10.1111/nyas.12299
35. Lasztity, R.. *The Chemistry of Cereal Proteins, Second Edition* / R. Lasztity. – CRC Press, 1995. – 336 p.
36. Lasztity, R.. *The Chemistry of Cereal Proteins, Second Edition* / R. Lasztity. – CRC Press, 1995. – 336 p.
37. Osungbaro T. Physical and nutritive properties of fermented cereal foods. *Afr. J. Food Sci.* 2009;3:23–27.
38. Owens, G. *Cereals processing technology* / G. Owens. – Elsevier, 2001. – 248 p. <https://doi.org/10.1201/9781439823026>
39. Podlesnyj, A.I. Povyshenie urozhajnosti i uluchshenie kachestva zerna raznyh podvidov kukuruzy putyom sovershenstvovaniya mineralnogo pitaniya na chernozeme vyshelochennom Zapadnogo Predkavkazya: dis. – Krasnodar: avtoref. dis. kand. s.-h. nauk, 2013.
40. Rooney L. Serna-Saldavar S. In: *Food Uses of Whole Corn and Dry-Milled Fractions in Corn: Chemistry and Technology*. Ramstad PE, editor; Watson SA, editor. American Association of Cereal Chemists; 1987.
41. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 25. Nutrient Data Laboratory Home Page. 2012. Accessed April 6,

2013, <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>.

42. USDA. United States Department of Agriculture. Grain Inspection, Packers & Stockyards Administration. United States standards for corn. 2013. Accessed April 1, 2013. <http://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/810corn.pdf>.