

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр"
на тему:

**Обґрунтування процесу переробки зерна
кукурудзи для виробництва крохмалю
та фруктози**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГХТ-1-20
за спеціальністю 181 "Харчові технології"

_____ Фурсов О. В. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник: _____ Чурсінов Ю. О. _____
(прізвище та ініціали)

Рецензент: _____ _____
(прізвище та ініціали)

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: «Технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції»

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 181 "Харчові технології"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Чурсінов Ю. О.

« _____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу магістра студенту

Фурсов Олексій Вадимович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування процесу переробки зерна кукурудзи для виробництва крохмалю та фруктози

керівник роботи: завідувач кафедри ТЗПСГП, д.т.н., професор Чурсінов Ю. О.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «13»_10_2021 року № 3253

2. Строк подання студентом роботи: _____

3. Вихідні дані до роботи: План виходу продукції Дніпровським крохмале-патоковим комбінатом. Технічний регламент виробництва. Технічна характеристика основних машин.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-3	Проф. Чурсінов Ю.О.		
4	Доц. Павленко О.С.		
5	Доц. Кравець В.В.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Студент _____
(підпис)

Фурсов О. В. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Чурсінов Ю. О. _____
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Тема: « Обґрунтування процесу переробки зерна кукурудзи для виробництва крохмалю та фруктози »

Дипломна робота магістра: _____ с., _____ рис., _____ табл., _____ додатків, _____ літературних джерела.

Об'єкт дослідження _____ технологія переробки кукурудзи з метою одержання _____ крохмалю _____ та фруктози _____

Метою роботи є обґрунтування процесів виробництва крохмалю та фруктози з зерна кукурудзи з використанням процесів згущення, кристалізації та центрифугування

Методи дослідження фізичні

Методика досліджень пов'язана з визначенням масової частки вологи, заліза, золи та наявності вільних мінеральних кислот.

Аналіз результатів досліджень показав, що в процесі отримання кукурудзяного крохмалю необхідно визначитись згідно регламенту з попередньою обробкою зерна подрібненням та вологим розмелюванням. Знайти оптимальне значення оптимальної концентрації поверхнево-активної речовини (ПАР). Для отримання фруктози з кукурудзяного сиропу необхідно провести його згущення при температурі 75-80°C. визначено інтенсивність випарювання води при виробництві фруктози, закономірності її кристалізації та значення гранулометричного складу фруктози.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Зерно кукурудзи, крохмаль, фруктоза, гранулометричний склад, випарювання, технологічний процес, температурне середовище, розчин, сироп, аналіз, паток

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ.....	8
1.1. Загальні відомості, склад зерна кукурудзи	8
1.1.1. Приймання та зберігання зерна кукурудзи	10
1.1.2. Основні операції отримання крохмалю з кукурудзи	13
1.2. Загальні характеристики та властивості крохмалю.....	15
1.2.1. Загальні відомості	15
1.2.2. Фізичні властивості крохмалю	18
1.2.3. Хімічні властивості крохмалю	19
1.3. Отримання крохмальної патоки та гідроліз крохмалю.....	23
1.4. Огляд виробництва та використання крохмальної патоки	27
1.5. Аналіз отримання глюкозно-фруктозних сиропів і фруктози	31
1.5.1. Одержання глюкозно-фруктозних сиропів	31
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	36
2.1. Програма досліджень.....	36
2.2. Методика досліджень	36
2.2.1. Визначання масової частки вологи	36
2.2.2. Визначення масової частки заліза	38
2.2.3. Визначання масової частки золи	39
2.2.4. Визначання наявності вільних мінеральних кислот.....	41
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПРОПОЗИЦІЯ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА КРОХМАЛЮ І ФРУКТОЗИ.....	43
3.1. Результати досліджень отримання фруктози	43
3.2. Удосконалення виробництва кукурудзяного крохмалю	52
РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	56
4.1 Організація проведення дослідження	56
4.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	61
4.3 Розрахунок вартості дослідження	64

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	66
5.1 Дослідження та оцінка стану охорони праці на підприємстві в ПрАО «Інтеркорн Корн просессінг індастрі».....	66
5.2 Рекомендації щодо покращення охорони праці	70
5.3 Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшенню умов праці у виробничому приміщенні лабораторії ПрАО «Інтеркорн Корн просессінг індастрі»	71
5.4 Правила безпечного виконання робіт оператором лінії з виробництва фруктози.....	74
5.5 Безпека праці в надзвичайних ситуаціях у разі пожежі.....	78
Список використаних джерел	80

ВСТУП

Світове виробництво крохмалю та крохмалопродуктів за останні 10 років збільшилося більш ніж удвічі. Основні сировинні джерела щодо його промислового отримання – кукурудза, пшениця. Крохмаль у світовій економіці займає особливе місце, оскільки є готовим продуктом споживання, а також сировиною для вироблення різних цукристих продуктів, що використовуються у харчових галузях, наприклад, глюкози і фруктози.

Широко застосовуються похідні крохмалю та в технічних цілях у вигляді модифікованих крохмалів та полімерів нового покоління.

Крохмаль, як основний компонент зернової сировини, використовується у виробництві етилового спирту для харчових цілей та медичної практики.

У масових обсягах із крохмалю виробляють патоку, глюкозу різних видів, фруктозу, глюкозно-фруктозні сиропи.

Сухий крохмаль використовується при отриманні різних киселів, пудингів, соусів, бісквітних виробів, у макаронному виробництві, а також служить як формувальний матеріал для деяких сортів цукерок.

Крохмальна патока використовується у виробництві карамельних сортів цукерок, варення, алкогольних та безалкогольних напоїв, у виробництві кондитерських та хлібобулочних виробів.

У промислово розвинених країнах у найбільших обсягах для часткової заміни цукру використовується мальтозна та глюкозно-мальтозна патоки у виробництві хлібобулочних виробів, фруктових та молочних консервів, алкогольних та безалкогольних напоїв.

Медична глюкоза є важливим компонентом у спеціальних поживних розчинах, що відновлюють, - кровозамінниках, у дієтичному харчуванні, у виробництві вітамінів, використовується як наповнювач при виготовленні таблетуванні лікувальних засобів. Крім того, глюкоза використовується у

виробництві м'яких сортів цукерок, шоколаду, кондитерських виробів при отриманні ферментних препаратів.

Фруктозу у промислових обсягах почали виробляти у провідних країнах із 70-х років ХХ століття. Фруктоза – це найсолодша речовина з натуральних цукрів – її насолода приблизно в 1,75 рази вища, ніж дисахарид сахароза. Широко використовується при отриманні дієтичних та лікувальних продуктів вуглеводного комплексу.

Глюкозно-фруктозні сиропи (ГФС) використовуються у виробництві алкогольних та безалкогольних напоїв, у хлібопекарському, консервному, кондитерському виробництвах, виробленні консервованих молочних продуктів.

Технічні крохмалопродукти застосовуються у текстильній промисловості, у виробництві різних сортів паперу та картону, у поліграфічній, тютюновій, шкіряній галузях промисловості, при отриманні фарб як загусників, сірників та азбесту, у ливарному виробництві як компонент формувальних середовищ.

В роботі розглянуто основні питання вироблення крохмалю, крохмальних продуктів, глюкози та фруктози на прикладі виробництва ПрАО «Інтеркорн Корн просессінг індастрі».

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ

1.1. Загальні відомості, склад зерна кукурудзи

Частка світового виробництва крохмалопродуктів із зерна кукурудзи становить понад 70 % від їхнього загального вироблення. Це зумовлено високими врожайністю (5 т/га зерна і більше) та крохмалистістю (69 - 71 %), а також можливістю організації переробки зерна протягом усього року. Крім того, технологія переробки кукурудзи за схемою мокрого помелу є досить досконалою, що забезпечує використання всіх компонентів у режимі безвідходного виробництва.

Для промислового одержання крохмалю в основному використовуються два види кукурудзи: зубоподібна та кремниста, що розрізняються формою зерен та будовою рогоподібної частини.

Усереднений склад компонентів зерна цих видів кукурудзи представляється наступним чином (% маси сухих речовин):

- крохмаль 69,00 – 72,00;
- білкові речовини 11,50 – 12,80;
- жир 5,40 – 6,20;
- клітковина 1,70 – 1,80;
- пектинові речовини 4,00 – 4,35;
- Розчинні цукру 3,25 - 3,50;
- мінеральні сполуки 1,35 – 1,60.

Кукурудзяні зерна органічно зосереджені на початку, основою якого є стрижень. Маса зерен 75 – 84 %, маса стрижня – 25 – 16 % від маси качана.

Зерно кукурудзи складається із зародка, захисної оболонки, ендосперму, що включає клітини, заповнені крохмалем.

Зародок є найніжнішою та ранимою частиною зерна, у ньому сконцентрований запас енергії у вигляді кукурудзяного жиру та набір ферментів, що забезпечують наступний цикл репродукції цієї рослини.

Псування зерна за несприятливих умов зберігання починається з зародка. Захисна оболонка оберігає внутрішні шари зерна та зародок від зовнішніх пошкоджень та внесення шкідливих сторонніх мікроорганізмів.

Властивості ендосперму різняться з урахуванням його місцезнаходження в зерні: ендосперм у бічних стінок є рогоподібним і найтвердішим, рослинні клітини заповнені зцементованим білком зернами крохмалю незграбної форми. Ендосперм внутрішньої частини зерна є борошністим, клітини містять зерна крохмалю овальної форми і пов'язані між собою.

Перед ендосперму припадає 82-88 %, зародка 10-14 %, оболонок 5-6 % від маси зерна. В ендоспермі у найбільшій кількості знаходиться крохмаль – до 79,2 %, у зародку крохмаль відсутній, але представлені жир (40 %), білок (15,4 %), вуглеводи, мінеральні сполуки, в оболонці – клітковина, пектинові речовини (у сумі їх до 40%), частина крохмалю та незначна частка білка (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Склад основних компонентів зерна

Найменування компонентів	Відсоток до сухої речовини		
	Ендосперм	Зародок	Оболочка
Крохмаль	79,10	–	15,03
Клітковина	0,49	5,93	18,72
Пентозани	1,31	4,32	20,33
Протеїн	9,83	15,29	2,03
Жир	0,80	40,43	–
Зола	0,43	8,98	1,11
Розчинні вуглеводи (цукор)	3,00	9,42	–

Крохмаль кукурудзи, як і картопляний, складається з двох фракцій – амілози (21 – 30 %) та амілопектину (79 – 70 %). Амілопектин кукурудзяного

крохмалю відрізняється від картопляного: низька концентрація іонів водню та значно менша електропровідність (у 30 разів).

Білкові речовини кукурудзи представлені кількома групами: альбуміни, глобуліни, глютеліни та проламіни. Перші три відносяться до біологічно повноцінних, що містять майже всі незамінні амінокислоти: глутамінову, аргінін, гістидин, тирозин, лейцин та ін. Відсутні лізин та триптофан[2].

Основна маса жиру (кукурудзяна олія) міститься у зародку. За своїми фізичними властивостями кукурудзяний жир близький до соняшникової олії та містить 72% рідких та 28% твердих жирних кислот. Олія складається на 86% з лінолевої та олеїнової кислот.

Кукурудзяний крохмаль відрізняється від картопляного присутністю у його складі пов'язаного жиру (0,55 %) та зниженою гігроскопічністю.

Мінеральні сполуки присутні у всіх частинах зерна, але в різних концентраціях – найбільше в зародку та оболонці, менше – в ендоспермі. У складі золи у найбільшій кількості представлені сполуки фосфору, натрію, кальцію, калію та магнію, а також солі сірчистої кислоти.

1.1.1. Приймання та зберігання зерна кукурудзи

Кукурудза надходить на переробні підприємства у вигляді зерен або у складі качанів. Для кукурудзи у вигляді зерна при прийманні повинні дотримуватися вимог ГОСТ Р 53903-2010:

- вологість трохи більше 15 %;
- схожість не менше 55%;
- загальний вміст бур'яну домішки трохи більше 3 %;
- вміст зернової домішки трохи більше 7 %;

зокрема зерен, уражених хворобами трохи більше 3 %; Стан кукурудзи – здорова, яка не гріється.

Не допускається зараженість шкідниками комор.

При надходженні качанів допускається підвищена вологість зерна до 22%, вміст бур'яну домішки не більше 1%, вміст зернової домішки не більше 2%.

Введення до стандарту показника схожості обумовлено його значним впливом на вихід крохмалю. При схожості нижче 55%, а також під час переробки недозрілого зерна вихід крохмалю помітно знижується.

У процесі заготівлі постійно ведеться облік маси кукурудзи, що постачається автомобільним та залізничним транспортом.

Якість кукурудзи оцінюється лабораторією в середніх пробах від кожної партії зерна, що надійшло. Одним із головних є показник вологості зерна. На тривале зберігання направляється здорова кукурудза з нормативною вологістю, з мінімальним вмістом домішок. Зерно з підвищеною вологістю, уражене шкідниками, прямує безпосередньо на переробку або на короткострокове зберігання. Кукурудза вважається сухою при вологості до 14%, середньої сухості до 15-16%, вологою в межах 17-18% і сирію - при вологості понад 18%.

У разі надходження великих партій зерна з підвищеною вологістю і відсутністю можливості швидкої переробки його піддають сушінню в природних або штучних умовах і потім складують. Кукурудза може зберігатися у вигляді качанів і вигляді зерна насипом. Для забезпечення збереження качан необхідно попереднє очищення від пошкоджених, хворих і не повністю очищених від обгортки. Від качанів відокремлюються всі домішки, у тому числі і обвалене зерно, що знижує інтенсивність повітрообміну при зберіганні. Перед укладанням у сховище качани висушуються кілька днів у природних умовах на світлі, чим забезпечується зниження вологості та активності мікрофлори на їх поверхні. Пористість шару початків значно вище, ніж зерно в насипу, тому вони можуть задовільно зберігатися з більш високою початковою вологістю зерен – в умовах аерації зерно в качанах може мати початкову вологість 23 - 25%.

Перевагою зберігання зерна в качанах є процес післяжнивного дозрівання, що продовжується, що підвищує крохмалистість[1].

Недоліком зберігання качанів є необхідність мати більш місткі склади – приблизно вдвічі більші, ніж для зберігання зерна насипом.

Свіже прибрані качани зберігаються в особливих добре вентиляованих складах. При початковій вологості зерна понад 17% необхідно попереднє висушування качанів. Якщо вологість зерна не вище 17 %, то качани задовільно зберігаються у звичайних складах-коморах, захищених від атмосферних опадів та виробничих випарів. При закладці на зберігання сухих качанів висота насипу може становити 4,5 - 5,0 м.

Тривалість зберігання качанів без зниження показників зерна залежить від початкової вологості та температури. При початковій вологості зерна 15,5% та температурі + 10°C термін зберігання до 180 діб. За тієї ж температури, але підвищеної до 20 % початкової вологості зерна термін його зберігання знижується до 60 діб.

Оптимальні умови зберігання кукурудзяного зерна насипом при його вологості не вище 15% (краще 13 - 14%) та температурі близько 0°C. У разі збирання зерна його вологість завжди вище зазначеної величини – зазвичай 20 % і більше. У зерні при початковій вологості 20% і температурі вище 15°C вже через 36 год. починаються інтенсивні фізіологічні процеси, що призводять до самозігрівання та псування.

Для забезпечення збереження протягом тривалого періоду зерно у качанах після збирання або зерно вже звільнене від стрижнів висушується в природних або штучних умовах. При цьому необхідно контролювати температуру зерна - при її підвищенні вище 45 - 50°C починається теплова денатурація білка, знижується показник схожості, що негативно позначається на якості крохмалю, що отримується, і його виході[18].

Підсушене та очищене від домішок зерно зберігається в елеваторах, зерноскладах (коморах) або силосах з регульованим повітряним

середовищем. Зерносховища представляють дерев'яні споруди з ґратчастою підлогою, оснащені системою примусової вентиляції.

Тривалість зберігання зерна встановлюється з урахуванням його початкової вологості та температури зберігання. Зерно з вологістю 15,3% може зберігатися до 120 діб за температури не вище 10°C. При початковій вологості 20% допустимі терміни зберігання зерна знижуються до 32 діб.

Стан зерна в процесі зберігання контролюють за кількістю CO₂, що виділяється, або побічно – за температурою і показником схожості.

Для виключення псування при зберіганні необхідне регулярне провітрювання зерна, яке здійснюється шляхом його перекачування з одного сховища до іншого за допомогою пневмотранспорту.

1.1.2. Основні операції отримання крохмалю з кукурудзи

Головним завданням кукурудзо-крохмального виробництва є одержання максимального виходу крохмалю з показниками якості, що відповідають вимогам стандарту. Структура такого виробництва передбачає ефективну переробку всіх складових частин зерна: зародка, оболонки, білкових сполук, розчинних речовин, що містять великий набір цінних компонентів вихідної сировини (рис. 1.1).

Технологія отримання крохмалю включає наступні операції:

- замочування зерна в розведеному розчині сірчистої кислоти;
- дроблення зерна з метою визволення зародка;
- виділення та промивання зародка;
- мокре подрібнення зернової кашки з метою звільнення зерен крохмалю;
- відділення крохмалю від частинок оболонки зерна та стінок клітин ендосперму;
- розподіл вихідної суспензії крохмалю з метою виділення зважених білкових речовин;

- промивання крохмалю відділення залишкових розчинених речовин.

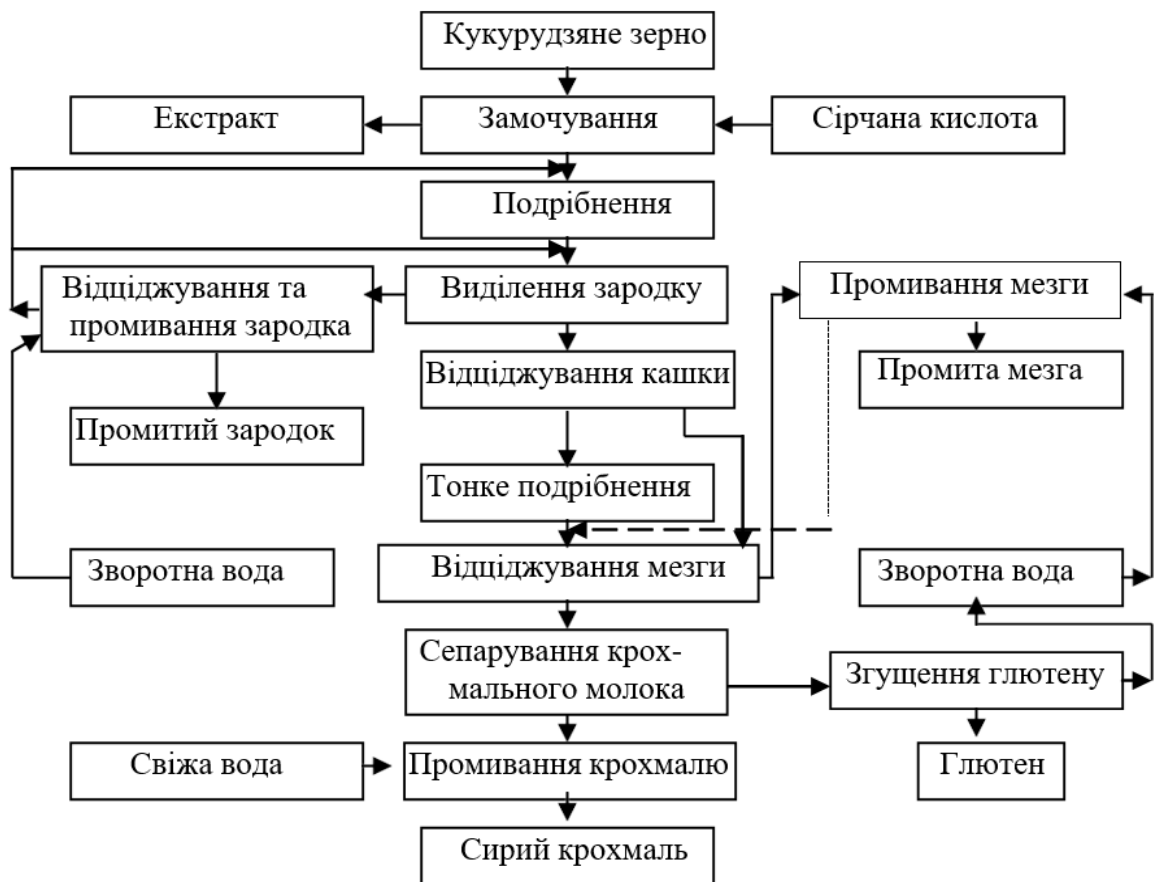


Рисунок 1.1 – Спрощена схема виробництва сирого кукурудзяного крохмалю

Весь набір технологічних операцій здійснюється при використанні кількох методів на вихідне зерно:

- Розм'якшення всіх компонентів зерна при його замочуванні як результат дії комплексу хімічних, фізичних та біологічних факторів;
- багатоступінчасте подрібнення зерна в присутності вологи зі збереженням зародка в цілому вигляді, мінімальним руйнуванням оболонок зерна та максимальним звільненням зерен крохмалю з рослинних клітин;
- виділення та промивання цілого зародка та оболонок у присутності надлишку води;
- обробка вихідної суспензії у полі дії відцентрових сил для поділу зерен крохмалю, частинок білкових речовин та жиру.

При переробці зерна кукурудзи, крім крохмалю, отримують ряд побічних цінних продуктів:

- кукурудзяний екстракт, який використовується після відповідної підготовки для вироблення сухих кукурудзяних кормів;
- зародок - сировина для виробництва кукурудзяної олії;
- мезга велика дрібна – основний компонент у складі сухих кукурудзяних кормів;
- кукурудзяний білок (глютен) – компонент сухих кукурудзяних кормів.

Сирий кукурудзяний крохмаль є сировиною для одержання харчового сухого крохмалю, виробництва різних видів глюкози, крохмальної патоки, глюкозно-фруктозних сиропів, модифікованих крохмалів, різних декстринів та ін.

1.2. Загальні характеристики та властивості крохмалю

1.2.1. Загальні відомості

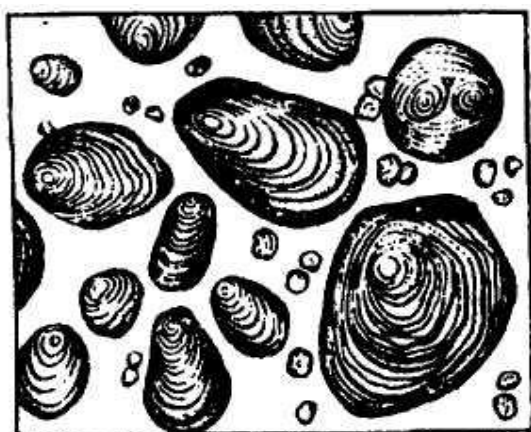
Крохмаль - це рослинний полісахарид, що отримується з крохмалевмісної зернової сировини (кукурудзи, пшениці, рису) і коренеклубневої сировини (картоплі, маніоку) та інших рослин. Товарний чистий крохмаль на вигляд є білий сипучий порошок, що складається з дрібних зерен [9]. При мікроскопічному дослідженні на вигляд зерен крохмалю можна визначити сировину, з якої він отриманий (рис. 1.2).

Крохмальні зерна з однієї сировини розрізняються за формою, розмірами, хімічним складом, що пояснюється впливом умов середовища в процесі вегетації рослин. При підвищеній вологості формуються більші зерна правильної форми, але зі зниженою механічною міцністю.

При мікроскопічному дослідженні у великих зернах виявляються борозенки, що розміщуються у вигляді витягнутих кілець навколо центру – вічка. Вічко є основою зерна крохмалю, навколо якої формуються макромолекули полісахариду.

Розмір зерен крохмалю різних видів сировини знаходиться в інтервалі від 2 до 150 мкм.

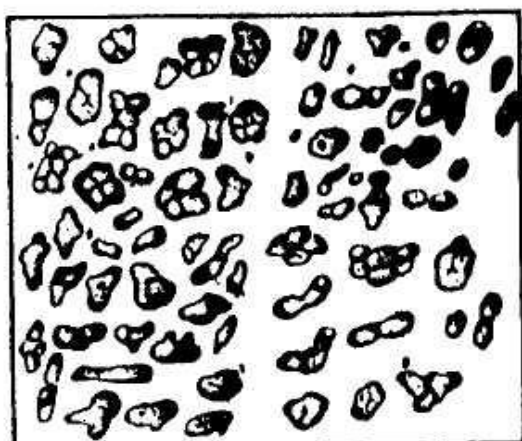
Зерна крохмалю з картоплі вважаються найбільшими із відомих видів крохмалю – їх розмір від 15 до 100 мкм. Вони мають овальну форму у вигляді раковини з несиметрично розташованим вічком і вираженою шаруватістю.



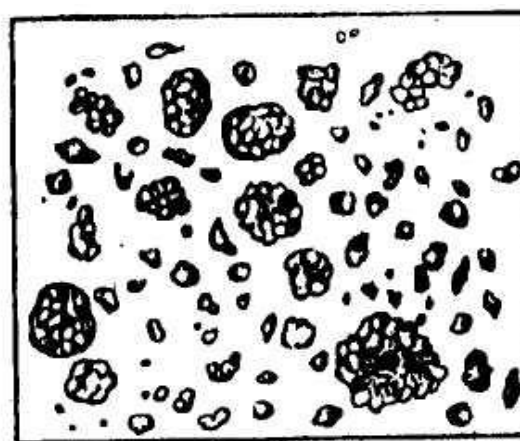
а



б



в



г

Рисунок 1.2. – Фотографії зерен крохмалю під мікроскопом: а – картопляного, б – пшеничного, в – кукурудзяного, г – рисового

Зерна крохмалю із зернових культур мають менші розміри. Крохмаль із кукурудзи включає дві фракції зерен – багатогранні та круглі. Крохмаль борошністої частини зерна складається з зерен, що мають округлу форму, та якщо з роговидної – як багатогранника. На форму зерен впливає сорт кукурудзи – із крем'янистих сортів крохмаль зазвичай у вигляді багатогранників. Розмір зерен крохмалю від 5 до 26 мкм, у середньому 15 мкм.

Крохмаль із пшениці має у своєму складі дві фракції зерен – дрібні (від 2 до 10 мкм) та великі (від 20 до 35 мкм), за формою круглі або овальні, без борозенок. Вічко виявляється лише у великих зернах.

Зерна крохмалю з рису мають найменші розміри - від 3 до 8 мкм, багатогранні одиничні або зібрані в конгломерати. Зерна мають високу однорідність, що з виробленні з рису полегшує процеси їх виділення і промивання. У структурі зерен не виявлено вічка, борозенок.

Зерна крохмалю мають розвинену питому поверхню. Наприклад, поверхня 1 кг зерен картопляного крохмалю становить 11 м². Крохмальні зерна сорбують різні поверхнево-активні сполуки, наприклад, барвники, луги, кислоти.

Крохмаль використовують як у натуральному вигляді (нативний крохмаль), так і у вигляді продуктів його різної обробки чи переробки.

Так, наприклад, з нього шляхом фізичної, хімічної, біохімічної або комбінованої обробки одержують модифікований крохмаль і декстрин. Змінюючи умови обробки при отриманні модифікованих крохмалів, можна надати їм різні властивості, що робить їх придатними для різноманітних цілей. Випускають кілька видів модифікованих крохмалів: гідролізований, набухаючий, окислений окислювачами (H₂O₂, KMnO₄ та ін), желуючий, фосфатний, розчинний.

Нині крохмаль, переважно, виробляють із кукурудзяного зерна і картоплі. Сирий крохмаль містить від 40% до 52% вологи і є проміжним продуктом, з якого одержують сухий крохмаль або використовують як

сировину для виробництва декстринів, модифікованих крохмалів, патоки та глюкози.

1.2.2. Фізичні властивості крохмалю

Крохмаль, висушений при 100-110°C, має високу гігроскопічність. При відносній вологості навколишнього повітря 75 % і температурі 17 - 20°C зерна крохмалю поглинають з повітря 10,33 % води, а при відносній вологості повітря 100 % - 20,92 % води. З огляду на це товарний сухий кукурудзяний та пшеничний крохмалі виробляється з вологістю 13 %.

Щільність повітряно-сухого кукурудзяного крохмалю знаходиться в інтервалі 1528 - 1530 кг/м³ абсолютно сухого кукурудзяного крохмалю 1590-1630 кг/м³.

Насипна маса крохмалю стандартною вологістю становить при 20°C 650 кг/м³, при вологості крохмалю 50% - 1250 кг/м³.

Питома теплотворна здатність крохмалю становить близько 17700·10³ Дж/кг (для сахарози – 16500·10³ Дж/кг).

Цілі крохмальні зерна нерозчинні в холодній воді (20°C), етиловому спирті, ефірі, сірковуглецю, хлороформі, бензолі, але в залежності від деяких умов розчиняються в лугах і розчинах солей Zn, Mg, Ca (наприклад, CaCl₂) та деяких інших.

Поведінка зерен крохмалю у воді при температурі вище 20°C є специфічною властивістю, що підтверджує гідрофільність макромолекул крохмалю. При 60°C крохмаль із кукурудзи поглинає до 300% води, при 70°C – до 1000% до початкової маси при 20°C. У стані максимального набухання макромолекула крохмалю поглинає до 2500% води.

При підвищенні температури відбувається набухання зерен крохмалю з утворенням в'язкого колоїдного розчину – клейстеру. У процесі набухання

дисоційовані молекули води проникають у макромолекули та поступово гідратують гідроксильні групи крохмалю.

Стадії набухання зерен крохмалю протікають з урахуванням температури водної суспензії. У водному середовищі за відносно низької температури (до 50°C) відбувається незначне набухання зерен і збільшення в'язкості крохмальної суспензії не спостерігається. При подальшому охолодженні суспензії до 20°C та висушуванні змін структури зерен крохмалю не виявляється[8].

У процесі подальшого нагрівання водної суспензії від 55 до 65°C протікає друга стадія набухання крохмалю. Зерна крохмалю за рахунок поглинання молекул води збільшуються в об'ємі в кілька разів, при цьому змінюється їх вихідна структура. Відзначається помітне збільшення в'язкості крохмальної суспензії. Деяка частина макромолекул крохмалю, в основному амілоза та амілопектин з низьким ступенем полімеризації, переходить у розчин, що підтверджується кольоровою реакцією з йодом.

При подальшому підвищенні температури суспензії відбуваються суттєві зміни у структурі зерен крохмалю, що характеризує третю стадію набухання. Крохмальні зерна внаслідок значного поглинання молекул води та збільшення внутрішнього осмотичного тиску розриваються і набувають вигляду безформних оболонок.

Подальше охолодження отриманої колоїдної системи призводить до утворення міцного гелю, що називається клейстером.

1.2.3. Хімічні властивості крохмалю

Натуральний крохмаль відноситься до вуглеводів, що не редукують. Хімічна формула крохмалю $(C_6H_{10}O_5)_n$ свідчить, що його основою є глюкозний залишок $C_6H_{10}O_5$.

Одна з відомих властивостей крохмалю – кольорова реакція з розчином йоду та йодистого калію. Реакція має дуже високу чутливість і проявляється

в утворенні характерного синього фарбування навіть при сильному розведенні крохмалю 1: 500 000. Кольорова реакція проходить у дві стадії – на першому процесі утворення комплексів за співвідношенням на одну молекулу йоду шість глюкозних залишків, які утворюють повний виток спіралі.

Друга стадія здійснюється за рахунок адсорбційної взаємодії молекул йоду з активною поверхнею макромолекул розгалужених полісахаридів, наприклад, амілопектину.

Забарвлення розчину йоду залежить від структури макромолекул та ступеня полімеризації, що дозволяє використовувати цю реакцію у виробничих умовах для кількісного визначення глибини гідролізу крохмалю.

Основна хімічна реакція полісахариду крохмалю – гідроліз. У присутності каталізатора (іони водню або ферменти типу амілаз) та при достатньому розведенні гідроліз крохмалю протікає до кінцевого продукту – глюкози відповідно до рівняння



У складі макромолекул крохмалю представлені дві фракції полісахаридів – амілоза та амілопектин, які відрізняються будовою та характером зв'язків між глюкозними залишками, з'єднаними α -глюкозидними зв'язками.

Амілоза є лінійною фракцією полісахариду, амілопектин - нелінійну, розгалужену. Лінійний полісахарид сформований глюкозними залишками, з'єднаними в основному α -1,4-глюкозидними зв'язками (рис. 1.3).

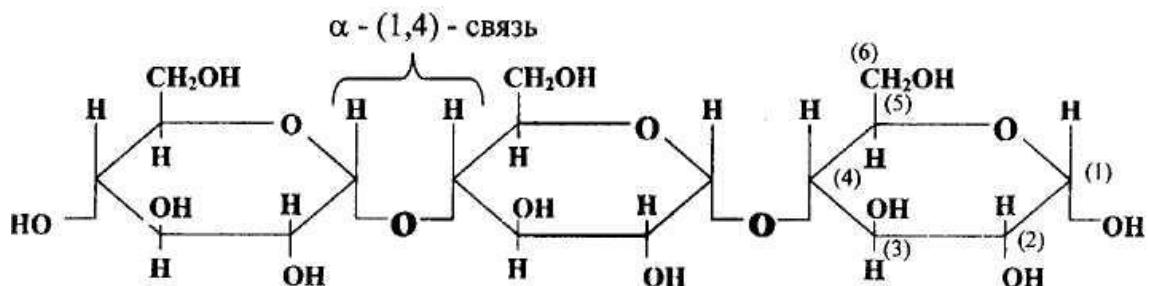


Рисунок 1.3 – Хімічна структура молекули амілози

Нелінійний полісахарид амілопектин містить величезну кількість аналогічних зв'язків, однак у його структурі лінійність переривається зв'язками іншого типу, наприклад, α -1,6-глюкозидними зв'язками. Такий зв'язок може формувати відгалуження іншої лінійної структури, внаслідок чого утворюється розгалужена структура полісахариду (рис. 1.4).

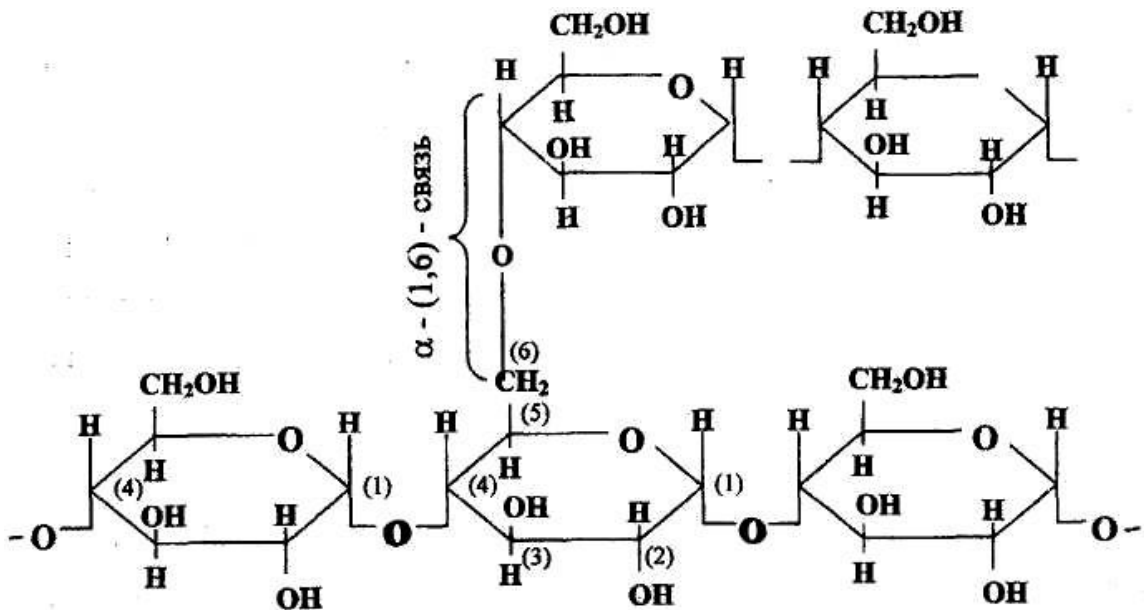


Рисунок 1.4 – Хімічна структура молекули амілопектину

Ускладнює хімічну структуру природного полісахариду можливість нових утворень із лінійних макромолекул за участю водневих зв'язків.

У картопляному крохмалі амілози міститься близько 27%, амілопектину – 73%. У кукурудзяному крохмалі амілози – 30, у пшеничному – 27, у рисовому – 31,5 %.

Молекулярна маса амілози становить від $160 \cdot 10^3$ до 1 млн, що відповідає 1000 - 6000 глюкозних залишків. Амілоза розчиняється у воді за температури нижче 100°C . Водні розчини амілози мають невисоку стійкість та швидко переходять у стадію ретроградації.

Очищена амілоза дає з розчином йоду інтенсивне синє фарбування.

Фракція амілопектину не розчиняється у воді за температури нижче 100°C . Амілопектин у чистому вигляді дає з розчином йоду фіолетово-

червоне забарвлення. У гарячій волі піддається сильному набуханню, причому утворюються в'язкі та стійкі колоїдні системи. Клейстери з амілопектину менш схильні до ретроградації, в їх присутності підвищується стійкість розчинів амілози.

Молекула амілопектину містить до ста тисяч глюкозних і більше залишків, його молекулярна маса значно вище, ніж у амілози і становить $(4 - 5) \cdot 10^8$.

Дія ферментів на зазначені фракції крохмалю протікає за різними схемами. За участю ферменту β – амілази поліцукорид амілоза розщеплюється з неальдегідного кінця частинами по два глюкозні залишки, що утворюють з молекулою води дисахарид мальтозу.

Амілопектин під дією ферменту β -амілази руйнується частково. Відщеплюються лише зовнішні відростки макромолекули, що мають зв'язки α -1,4, і не руйнуються зв'язки α -1,6 в точках їх розгалуження. При ферментативному гідролізі залишається деяка стійка фракція (серцевина) макромолекули, яка називається залишковими декстринами або β -декстринами.

Важливою властивістю зерен крохмалю є їхня вибіркова адсорбційна активність. Поверхня зерен крохмалю адсорбує з розчинів незначні маси різних кислот: сірчаної – 0,4, соляної – 1,9, шавлевої – 3,1 %. У присутності кислот змінюється температура клейстеризації крохмалю: для соляної кислоти знижується від 60,8°C (0,25 моль/дм³ розчин) до 49,6°C (3 моль/дм³ розчин); для оцтової кислоти – від 58,3°C (0,5 моль/дм³ розчин) до 50,4°C (5 моль/дм³ розчин).

Дія сірчаної кислоти проявляється неоднозначно – при збільшенні концентрації кислоти в розчині до 3 моль/дм³ температура клейстеризації зростає від 61,8 до 65,2°C, при подальшому збільшенні концентрації кислоти до 5 моль/дм³ температура клейстеризації знижується до 50,4°C.

Зерна крохмалю адсорбують із водних розчинів значні маси лугів – до 40–60%, що впливає на процес клейстеризації. У присутності КОН

температура клейстеризації крохмалю знижується від 59,6 до 41,0°C, у присутності NH_4OH - від 56,7 до 53,8°C.

Мінеральні сполуки, що знаходяться у складі крохмалю, впливають на якість одержуваних клейстерів. Присутність катіонів лужних металів дозволяє одержувати прозорі клейстери з високою в'язкістю.

1.3. Отримання крохмальної патоки та гідроліз крохмалю

Крохмальна патока є безбарвною або жовтуватою в'язкою рідиною, що містить до 80 % вуглеводів, і є продуктом неповного гідролізу крохмалю розведеними мінеральними кислотами або ферментами.

Основну масу патоки виробляють шляхом кислотного гідролізу крохмалю за температури 140-150°C. Суспензію крохмалю спочатку нагрівають до температури 65-85°C для переведення в клейстеризований стан, при якому порушується структура крохмалю та послаблюються зв'язки між окремими макромолекулами. При подальшому впливі кислоти та підвищенні температури розриваються глікозидні зв'язки з приєднанням води. Гідролізати складаються з декстринів, тетра- та трисахаридів, мальтози та глюкози[17].

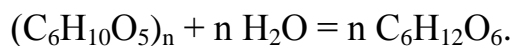
Гідроліз крохмалю є найголовнішою реакцією його деполімеризації, на основі якої здійснюється промислове виробництво різних видів крохмальної патоки та глюкози.

Розщеплення крохмалю (інверсія) – складна багатоступінчаста реакція, що супроводжується появою в реакційних розчинах не тільки кінцевого продукту – глюкози, а й побічних, що утворилися в результаті полімеризації моносахаридів (реверсія) та внаслідок їхнього кислотного розкладання.

У крохмало-паточному виробництві піддається гідролізу в присутності каталізатора крохмальна суспензія певної щільності у вузькому діапазоні температури – від 140 до 150°C. Як каталізатор використовується сильна кислота - соляна або сірчана. Гідроліз проходить східчасто - спочатку

розриваються зв'язки між макромолекулами амілози та амілопектину і відбувається розчинення крохмалю, потім у полісахаридах розриваються глюкозидні зв'язки α -1,4 та α -1,6, а за місцем розриву приєднується молекула води.

Теоретично при розриві всіх глюкозидних зв'язків реакція гідролізу крохмалю виражається наступним хімічним рівнянням:



Реакція гідролізу в промислових умовах проходить при величезній кількості молекул води та полісахариду, тому n можна виключити, тоді реакція виглядатиме наступним чином:



Зважаючи на молекулярні маси води (18), глюкозного залишку (162) та глюкози (180), теоретичний вихід глюкози становить $(162/180) \cdot 100 = 111,1$ % до маси безводного крохмалю.

Гідроліз крохмалю є бімолекулярною реакцією, але з урахуванням надлишку води в системі в будь-який момент часу швидкість її з достатньою точністю описується рівнянням першого порядку. Ступінь гідролізу крохмалю можна розрахувати, знаючи його початкову концентрацію, тривалість та константу швидкості реакції.

Гідроліз проходить з певною швидкістю, зумовленою одночасним розривом глюкозидних зв'язків відразу в декількох місцях, а також різною хімічною міцністю – зв'язок α -1,6 приблизно в чотири рази міцніший, ніж α -1,4. У результаті гідролізу утворюється суміш проміжних продуктів – різних декстринів, сахаридів з різним ступенем полімеризації. На початковій стадії гідролізу в розчині з'являються амілодекстрини (ступінь полімеризації СП = 61), потім еритродекстрини (СП = 38), ахродекстрини (СП = 20), тетрасахариди (СП = 4), трицукриди, дисахарид мальтозу і кінцевий продукт. Поряд із зміною ступеня полімеризації знижується питоме обертання суміші вуглеводів від початкового $199,7^\circ$ до $52,5^\circ$ для глюкози, здатність редукування відповідно зростає від 0,073% до 100%. У виробничих

гідролізатах показником досягнення необхідного ступеня розщеплення крохмалю є вміст редуруючих речовин (РВ). У складі крохмальної патоки, що містять РВ приблизно 40%, знаходяться різні декстрини (35%), тетра- і трисахариди (22%), дисахарид мальтозу (22%) та глюкоза (21%).

В результаті подальшого глибшого гідролізу крохмалю до вмісту РВ у гідролізаті 80 % частка глюкози зростає до 71 %, мальтози залишається близько 22, тетра- і трисахаридів приблизно 5 %, декстринів – 2 %.

Для оперативного контролю ступеня гідролізу крохмалю у виробництві патоки широко застосовується характерна кольорова реакція із розчином йоду. Для гідролізату з вмістом РВ 36 – 39 % розчин йоду має вишневе забарвлення, РВ 40 – 42 % – малинове або помаранчеве, РВ 43 – 45 % – світло-оранжеве.

Паралельно з утворенням глюкози протікає реакція її полімеризації (реверсії), у результаті утворюється суміш більш складних сахаридів (ді- і трисахариди), а також з'являються ангідриди глюкози (левоглюкозан). Ця суміш, що містить приблизно 37% РВ, дріжджами не зброджується, її питоме обертання становить близько 65°. Швидкість реверсії глюкози приблизно в 560 разів менша за швидкість кислотного гідролізу крохмалю.

Реакція реверсії є оборотною і при достатньому розведенні гідролізату водою продукти, що утворилися, перетворюються на глюкозу. За рахунок регулювання ступеня розведення реакційного середовища водою можна на мінімальному підтримувати реакцію реверсії глюкози. З огляду на це для досягнення вищого виходу та доброякісності глюкози при її промисловому виробництві концентрація вихідного крохмального молока підтримується нижчою.

Наприклад, при концентрації крохмальної суспензії 20% Дб отриманого гідролізату становить близько 93%, при збільшенні концентрації до 30% Дб гідролізату знижується до 88%.

Частина глюкози в кислому середовищі, необхідної для проходження гідролізу крохмалю, піддається хімічному розкладу з утворенням складного

комплексу сполук. До його складу входять оксиметилфурфурол (ОМФ), барвники жовто-коричневого кольору, органічні кислоти (левулінова і мурашина). У складі крохмальної патоки виявлено ОМФ 0,002-0,008%. При отриманні сиропу шляхом глибокого гідролізу крохмалю розкладається 0,3 - 0,5% глюкози, що утворилася.

Константа швидкості кислотного розкладання глюкози приблизно в 300 разів менша за константу гідролізу крохмалю. Розкладання глюкози не можна загальмувати зміною концентрації кислоти або зниженням температури реакції.

На швидкість гідролізу крохмалю впливають вид використовуваного каталізатора (кислоти), концентрація та температура. У виробничих умовах найбільшого застосування отримали соляна та сірчана кислоти. Активність сірчаної кислоти нижча і становить 53% порівняно з соляною.

Константа швидкості гідролізу крохмалю прямо пропорційна концентрації активних водневих іонів, тобто концентрації кислоти в реакційному середовищі з урахуванням наявності домішок, що нейтралізують її активність (соляної кислоти зв'язується 0,04 - 0,06 % до маси крохмалю).

З підвищенням температури реакційного середовища кожні 10°C швидкість кислотного гідролізу крохмалю зростає 2,69 раз.

В даний час у виробничих умовах все більше застосування отримує гідроліз крохмалю з використанням як каталізатор різних ферментів. Дія амілолітичних ферментів проявляється специфічно по відношенню до глюкозидних зв'язків полісахаридів. Фермент α -амілаза розриває тільки зв'язки α -1,4 у будь-якому місці макромолекул полісахариду, β -амілаза розриває ті ж зв'язки, але послідовно відщеплюючи з нередукуючих кінців ланцюгів по два глюкозні залишки (тобто мальтозу). Фермент глюкоамілазу (ГА) розриває обидва зв'язки поліцукоридів α -1,4 та α -1,6 з накопиченням у гідролізаті в основному глюкози та невеликих мас фрагментів полісахаридів.

Швидкість ферментативного гідролізу залежить від концентрації ферменту, температури та рН середовища. З підвищенням концентрації ферменту швидкість гідролізу зростає.

Температурний фактор позитивно проявляється у вузькому діапазоні від 50°C до 55°C. Подальше підвищення температури, на відміну кислотного гідролізу, не збільшує швидкість, оскільки починається незворотна інактивація ферментів.

Оптимальна величина рН для найбільш застосовних ферментів: α -амілаза солодова рН 5,5 - 6,6; β -амілаза – 4,6 – 4,9; глюкоамілаза – 4,5 – 4,6; глюкозоізомеразу - 8,5 - 9,5.

Для підвищення швидкості ферментативного розщеплення крохмалю його гідроліз проводиться в два ступені: на першому – клейстеризація та розрідження крохмалю, на другому – безпосередньо оцукрювання. Розрідження шляхом обробки крохмалю ферментом -амілаза або кислотою. Причому підвищення швидкості ферментативне розрідження проводиться за підвищеної температури – до 75-80°C, що супроводжується значною інактивацією ферменту. Другий ступінь (оцукрювання) проводиться шляхом введення в розріджений крохмаль нової порції ферменту і при оптимальній температурі, що не перевищує 55°C.

При гідролізі за рахунок підбору певних ферментів, зміни температури та рН можна створити оптимальні умови для отримання максимального виходу продукту, наприклад, глюкози, або отримати патоку із заданим складом вуглеводів. Реакції розкладання глюкози та її реверсії при ферментативному гідролізі проходять мінімальною мірою, що дозволяє отримувати глюкозний сироп з Дб 98,5% і вище з виходом кристалічної глюкози 99% до маси сухих речовин крохмалю або до 109% до маси крохмалю, що дуже близько до теоретично можливого 111,1%.

1.4. Огляд виробництва та використання крохмальної патоки

Патоку застосовують у харчовій промисловості як поліпшувач смаку, підсолоджувальну речовину, антикристалізатор сахарози. Область її застосування обумовлена хімічним складом та співвідношенням основних компонентів. Декстрини, що мають високу в'язкість, відіграють роль антикристалізатора сахарози, що широко використовується при виробництві карамелі. Редукуючі речовини патоки також гальмують процес кристалізації сахарози, підвищуючи її розчинність, але значно слабше, ніж декстрини. Крім того, редукуючі речовини підвищують гігроскопічність продуктів.

Низькооцукрова патока містить 26 - 35% редукуючих речовин, у тому числі глюкози 11,0 - 12,5%, і використовується переважно при виробництві карамелі в якості антикристалізатора сахарози. У цьому підвищується стійкість карамелі, знижується її гігроскопічність.

Високооцукрена патока складається з глюкози при загальному вмісті редукуючих речовин більше 45%. Вона застосовується для виготовлення помадних цукерок та пастильно-зефірних виробів, що підвищує стійкість виробів у процесі зберігання та покращує смакові якості продукту. Широко використовують патоку в консервній, хлібопекарській промисловості, а також у виробництві безалкогольних напоїв як підсолоджувач та компонент, що перешкоджає зацукрованню та черствінню. Ця патока дуже стійка під час зберігання у зв'язку з утворенням осаду глюкози. Мальтозна патока є продуктом гідролізу крохмалю ферментами ячмінного солоду, може випускатися в рідкому або сухому вигляді і використовується для вироблення продуктів дитячого харчування, пряників і деяких кондитерських виробів.

Основні технологічні операції виробництва крохмальної патоки –
рисунок:

- підготовка крохмальної суспензії до переробки;
- гідроліз крохмалю до необхідного ступеня оцукрювання з використанням кислоти, ферментів, або їх комбінації;
- нейтралізація залишкової кислотності чи інактивація ферментів;

- очищення нейтралізованих сиропів та їх знебарвлення;
- згущення та уварювання очищених сиропів до нормативного вмісту сухих речовин;
- охолодження патоки, вимоги до якості, зберігання.

Крохмаль, що використовується для виробництва патоки, повинен відповідати наступним вимогам: доброякісність (вміст крохмалю до маси сухих речовин, %) не менше 98,2; вміст протеїну трохи більше 0,8 %, гідролізного жиру у структурі зерен крохмалю – 0,55 %; золи – 0,15%; екстрагованого жиру - 0,15%; мезги - 0,05%; розчинних речовин – 0,1%; кислотність не більше $30 \text{ см}^3 0,1 \text{ моль/дм}^3$ розчину NaOH на 100 г сухих речовин.

Вступний для виробництва патоки сирий картопляний крохмаль повинен мати показники відповідно до ОСТ 18-158-74 для I сорту марки А.

Крохмальна суспензія, що не відповідає наведеним вимогам, піддається додатковому очищенню, яка включає:

- розведення крохмалю чистою водою до СВ суспензії 15% мас.;
- Відділення механічних домішок на ситах з капроною сіткою;
- відділення домішок на гідроциклонній установці (можливе очищення шляхом промивання та фільтрування крохмалю на вакуум-фільтрах);
- розведення крохмалю водою з температурою 55°C до СВ суспензії 40 - 42 % мас. та її подача на станцію гідролізу.

Для збереження нормативної кольоровості готової патоки після її уварювання відразу слід охолодження протягом 40 - 50 хв до температури 40°C. Для цього використовуються холодильники з розвиненою поверхнею теплообміну у вигляді кількох трубчастих труб змієвиків.

Холодильник представляє циліндричну ємність з конічним днищем, оснащenu пристроєм, що перемішує, у вигляді пропелера ($150 - 180 \text{ хв}^{-1}$). На кожен вакуум-апарат встановлюються два холодильники з однаковою місткістю, що дорівнює об'єму звареної патоки. Гаряча патока перед

надходженням у холодильник проходить через капронову сітку для уловлювання механічних домішок.

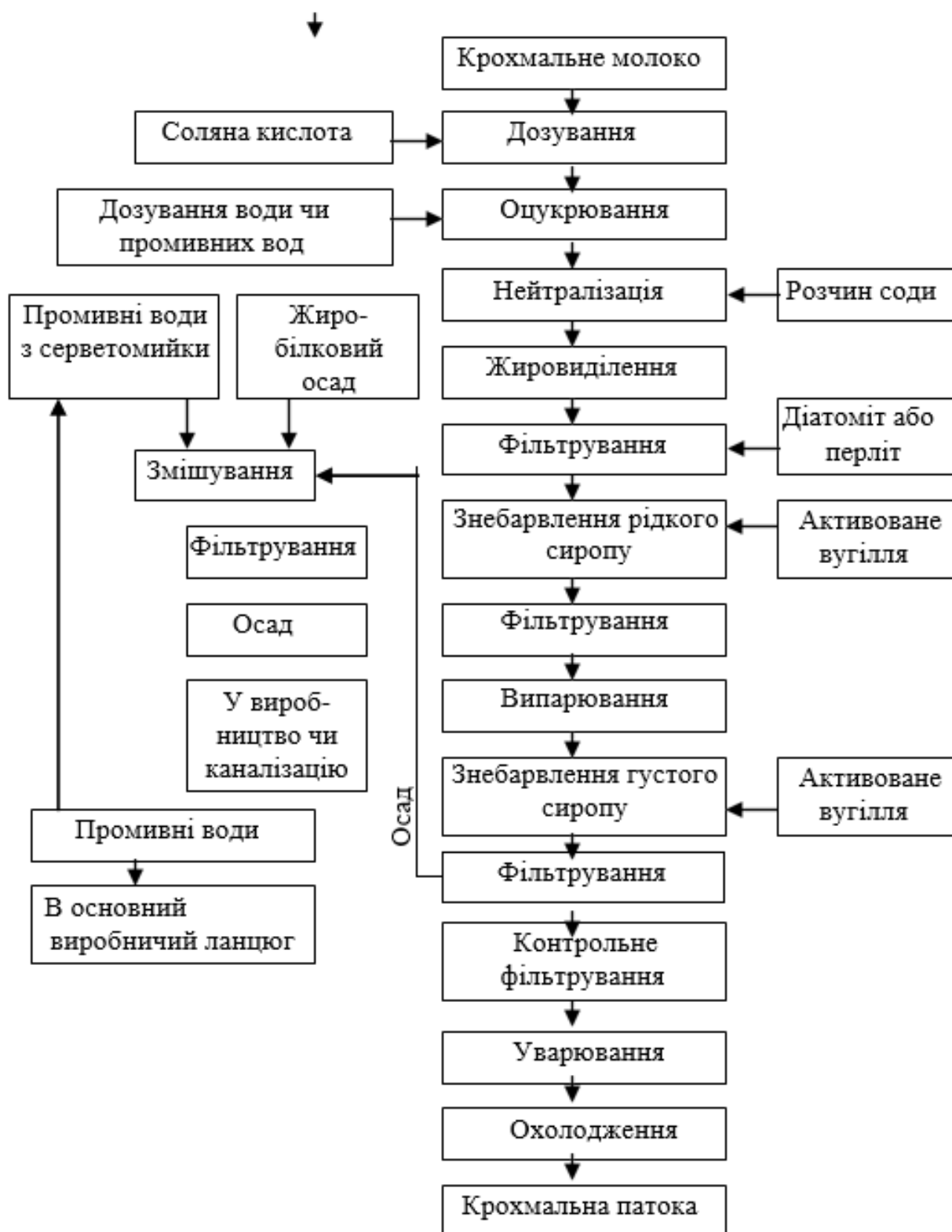


Рисунок 1.5 – Схема виробництва патоки при кислотному гідролізі крохмалю і очисткою сиропів активованим вугіллям

Охолодна вода подається окремо в кожен змішувач і виводиться у свою вирву. Норма поверхні теплообміну холодильника 5,5 - 6,5 м² на 1 т патоки. Цикл роботи холодильника включає три операції - заповнення патоки, охолодження, спуск. Тривалість циклу охолодження відповідає повному обігу вакуум-апарата. Зазвичай холодильник встановлюється на терезах для зважування патоки після її охолодження.

Охолоджена патока виводиться у зовнішні резервуари для зберігання або заливається до цистерн для відправлення споживачам. Резервуари патоки для зниження ймовірності мікробіологічного забруднення та зменшення сонячної радіації фарбуються двома шарами білої олійної фарби (всередині та спорядження). Місткість резервуарів 1,5 – 2,0 тис. т патоки. Для полегшення перекачування патоки резервуари обладнуються трубчастими системами для нагрівання до 45°C[20].

Для споживачів патока розливається в бочки місткістю 250-300 кг. Бочки металеві чи дерев'яні – найкраще з осики. Металеві бочки всередині фарбуються спеціальним харчовим лаком.

1.5. Аналіз отримання глюкозно-фруктозних сиропів і фруктози

1.5.1. Одержання глюкозно-фруктозних сиропів

В останні роки у світі зростає попит на замінники цукру, у тому числі глюкозу, фруктозу, глюкозно-фруктозні сиропи (ДФС).

Глюкозно-фруктозні сиропи мають приємний смак, бажану насолоду залежно від співвідношення глюкози та фруктози, добре розчиняються у воді та засвоюються організмом людини без побічних проявів. У складі ДФС є моносахарид фруктоза, що має найвищу насолоду – 173 % порівняно з сахарозою. Солодощі глюкози приблизно 74% від сахарози[17].

Наприклад, використання цукру при отриманні хлібобулочних виробів має істотний недолік: дріжджі, перш ніж утилізувати сахарозу, повинні

проінвертувати її. Заміна цукру інвертними сиропами в цьому випадку інтенсифікує газоутворення, збільшує підйомну силу дріжджів, створює передумови для скорочення витрат дріжджів під час виробництва хліба. При цьому покращуються показники якості хліба: питомий об'єм, пористість, смак і аромат, сповільнюється процес черствіння.

При заміні частини цукру хлібобулочні вироби довше залишаються свіжими, покращуються їх споживчі властивості (смак, аромат, колір кірки, стан пористості м'якшю). Це пояснюється тим, що фруктоза, будучи гігроскопічним речовиною, впливає на гідрофільність моїх колоїдів. В результаті вироби виходять м'якими, розпушеними і повільніше черствіють. При повній заміні цукру інвертом знижуються фізичні властивості тіста, що негативно позначається на формуванні та якості виробів. Вироби кращої якості виходять при заміні цукру інвертом[11].

ГФС може бути вищої концентрації (77 %), ніж розчин сахарози (67 %). В'язкість насичених ДФС на 20 - 40% менше в'язкості насиченого цукрових сиропів. Тому ДФС легше транспортувати та зберігати. ДФС не кристалізується, тому на стінках резервуарів осад не утворюється.

Високий осмотичний тиск ГФС запобігає можливості мікробного інфікування харчових продуктів та напоїв. Вживання продуктів із ГФС меншою мірою пов'язане з розвитком зубного карієсу.

ДФС використовують у кондитерському виробництві, наприклад, при виготовленні мармеладу, желе, хлібопекарському, у виробництві соків, фруктових напоїв, лікерів.

Глюкозно-фруктозні сиропи мають у своєму складі несталі моносахариди, тому зберігаються в особливих умовах. Для виключення кристалізації глюкози температура зберігання ГФС становитиме 29 - 35°C.

В даний час виробляються ГФС, що містять 60 - 90% фруктози, що досягається за рахунок виведення глюкози з сиропу шляхом її кристалізації [10].

Відповідно до вимог ТУ-18-8-52 ДФС є сиропом світло-жовтого кольору, солодкого смаку, що містить СВ не менше 71 % мас., з них фруктози не менше 42 %, золи не більше 0,1 %, кольоровість трохи більше 0,1 од. оптичної густини, рН 4,0 - 5,0 за відсутності вільних мінеральних кислот.

В основі технології ГФС лежить ферментативне перетворення (ізомеризація) глюкози на фруктози під дією ферменту глюкоізомерази. Глюкоізомеразу продукують кілька видів мікроорганізмів. Примітно, що під час реакції ізомеризації не виявляються побічних продуктів[16].

Ізомеризація глюкози у фруктозу є оборотною реакцією. Рівноважний стан характеризується вмістом 48 – 52 % фруктози та залежить від температури реакції (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Вплив температури на рівновагу ізомеризації глюкози на фруктозу

Температура, °С	Концентрація фруктози після ізомеризації, % мас.
30	46,5
40	47,5
45	48,2
60	49,9
70	52,4
75	53,1
80	54,2
85	54,7

При підвищенні температури рівновага зсувається вправо. Цю обставину використовують для одержання сиропів з підвищеним вмістом фруктози.

Глюкозоізомераза є металоферментом, тобто містить в активному центрі катіони різних металів, тому активізуючу дію на нього чинять катіони магнію, а стабілізуючу – катіони кобальту.

Для отримання ГФС з високим вмістом фруктози необхідною умовою є висока доброякісність вихідного глюкозного сиропу – 97-98 % за вмістом глюкози 95-97 % мас. Такі сиропи можна отримати з кукурудзяного крохмалю тільки при використанні ферментів на стадії розрідження та оцукрювання[15].

Мета і задачі дослідження

Метою дипломної роботи є обґрунтування процесів виробництва крохмалю та фруктози з зерна кукурудзи з використанням процесів згущення, кристалізації та центрифугування.

Для досягнення поставленої мети визначені наступні напрямки дослідження:

- обґрунтування процесу виробництва крохмалю;
- на основі аналізу сучасних способів виробництва кристалічної фруктози визначити шляхи удосконалення технології кристалізації фруктози;
- визначити методи інтенсифікації та знайти оптимальні режими процесів згущення розчинів, кристалізації та центрифугування для отримання крохмалю та фруктози;
- розробити удосконалену технологічну схему виробництва кристалічної фруктози.

Висновки до розділу

На основі аналізу та вивчення технології переробки кукурудзи в крохмаловмісні продукти, можливо зробити наступні висновки:

1. Вивчення основних операцій отримання крохмалю з зерна кукурудзи потребує низку технологічних операцій, які потрібно виконувати згідно встановленого технологічного регламенту

2. Максимальний вихід та якість кінцевого крохмалевмісного продукту можливо отримати лише при ефективній переробці всіх складових частин кукурудзяного зерна, які містять великий набір цінних компонентів

3. Комплексна схема виробництва кукурудзяної патоки дозволяє отримати високоякісну продукцію для харчової промисловості.

РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма досліджень

Програмою досліджень при вивченні процесів виробництва з кукурудзи крохмалю та фруктози передбачається:

- визначити вплив поверхнево-активної речовини на якість розчинників фруктози
- визначити відносну зміну кількості випареної води при згущенні фруктозних сиропів
- знайти параметри швидкості кристалізації фруктози
- знайти характеристики кількості випареної вологи при виробництві крохмалю

2.2. Методика досліджень

Згідно методики визначення намічених програмою пунктів, слід зробити увагу на такі важливі для виробництва з кукурудзи крохмалепродуктів та фруктози, як визначення вологи в сировині та в кінцевому продукті, який повинен зберігатися; визначення масової частки заліза в продуктах та золи, що важливо для оцінки якості продуктів, а також визначення наявності вільних мінеральних кислот

2.2.1. Визначання масової частки вологи

«Метод полягає в висушуванні наважки кристалічної гідратної глюкози за температури $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ до сталої маси.

Засоби контролювання та допоміжні пристрої:»

- «Ваги лабораторні загальної призначення 2-го класу точності з найбільшою границею зважування 200 г згідно з ГОСТ 24104.
- Шафа сушильна з автоматичним регулюванням температури до $(105 \pm 1)^\circ\text{C}$.
- Стаканчики для зважування (бюкси) СН 34/12 або СН 45/13 згідно з ГОСТ 25336 чи інші, виготовлені з платини, нікелю, алюмінію.
- Ексикатор 1(2)-140(190, 250) згідно з ГОСТ 25336.
- Термометр рідинний скляний з ціною поділки шкали 1°C і діапазоном вимірювання від 0°C до 100°C згідно з ГОСТ 28498.
- Годинник механічний згідно з ГОСТ 10733 чи електронний згідно з ГОСТ 23350.
- Рукавиці чисті сухі тканинні чи тримачі для стаканчиків (бюксів).
- Силікагель згідно з ГОСТ 3956 чи хлористий кальцій згідно з ГОСТ 450.»

«Дозволено застосовувати інших засобів контролювання та допоміжних пристроїв із технічними і метрологічними характеристиками не нижче зазначених.»

«Випробовування. Пусті відкриті стаканчики для зважування (бюкси) разом із кришками ставлять у попередньо нагріту до $(105 \pm 1)^\circ\text{C}$ сушильну шафу та витримують протягом 30 хв. Потім стаканчики виймають, закривають кришками і вміщують в ексикатор, заповнений самоіндукувальним силікагелем або безводним (прожареним протягом 1 год) хлористим кальцієм CaCl_2 . Коли термометр, вставлений у кришку ексикатора, покаже температуру, яка на 2°C вища ніж температура навколишнього повітря, стаканчики виймають і зважують з похибкою $\pm 0,0005$ г. Під час вимірювання температури термометр повинен торкатися до одного із стаканчиків для зважування.»

«У стаканчик розміщують наважку кристалічної гідратної глюкози масою від 0,5 г до 0,7 г, закривають кришкою і зважують.»

«Наважки висушують з відкритою кришкою стаканчика у сушильній шафі. Стаканчики для зважування з наважками у сушильній шафі ставлять таким чином, щоб температура повітря на рівні $(2,5 \pm 0,5)$ см над стаканчиками становила $(105 \pm 1)^\circ\text{C}$. Тривалість висушування — 1 год. Початком сушіння вважають момент досягнення температури $(105 \pm 1)^\circ\text{C}$ після внесення бюкси в шафу. Потім стаканчики з наважками закривають кришками, виймають із сушильної шафи, вміщують в ексікатор на 30 хв, охолоджують і зважують.»

«Зафіксувавши перше зважування, стаканчик із наважками вміщують в сушильну шафу на 30 хв. Висушування наважок повторюють доти, доки результат останнього зважування не почне змінюватись у сторону збільшення. Для розраховування беруть останній найменший результат зважування. Перед кожним зважуванням стаканчики з наважками охолоджують у ексікаторі, зважувати необхідно у можливо короткий час.»

«Масову частку сухих речовин X_1 , у відсотках, обчислюють за формулою:

$$X_1 = 100 - W$$

де W — масова частка вологи, %.»

2.2.2. «Визначення масової частки заліза

Метод полягає в утворенні в розчині кристалічної гідратної глюкози забарвленого заліzosуль- фосаліцилового комплексу і наступному визначанні інтенсивності його забарвлення вимірюванням оптичної густини розчину, яка залежить від масової частки заліза у кристалічній гідратній глюкозі.

Засоби контролювання, допоміжні пристрої та реактиви:

- Фотоелектроколориметр.
- Ваги лабораторні загальної призначеності 2-го класу точності з найбільшою границею зважування 200 г згідно з ГОСТ 24104.
- Стакан В(Н)-1(2)-50 згідно з ГОСТ 25336.»

- «Піпетка місткістю 5 см³ згідно з ГОСТ 29169 чи поградуйована піпетка місткістю 5 см³ згідно з ГОСТ 29228.
- Колба мірна 1(2)-100-2 згідно з ГОСТ 1770.
- Циліндр мірний 1(3)-10 згідно з ГОСТ 1770.
- Кислота сульфосаліцилова ч. д. а. згідно до ГОСТ 4478 (водний розчин з масовою часткою кислоти 10 %).
- Аміак водний згідно до ГОСТ 3760 (водний розчин аміаку з масовою часткою 25 %).
- Вода здистильована згідно до ГОСТ 6709.»

«Дозволено застосовувати інші засоби контролювання та допоміжні пристрої з технічними і метрологічними характеристиками, а також реактиви за якістю не нижче зазначених.»

«Випробовування. У стакан зважують 2 г кристалічної гідратної глюкози, розчиняють у здистильованій воді і кількісно переносять в мірну колбу місткістю 100 см³. Потім піпеткою додають 4 см³ розчину сульфосаліцилової кислоти і циліндром — 4 см³ розчину аміаку. Об'єм розчину в колбі доводять здистильованою водою до позначки, ретельно перемішують і через 10 хв, рахуючи з моменту приготування розчину, вимірюють величини його оптичної густини в кюветах із відстанню між робочими гранями 50 мм, користуючись синім світлофільтром за довжини хвилі 400 нм.»

«Попереднє налагоджування пристрою «на нуль» проводять по розчину, який готують так само, тільки без внесення кристалічної гідратної глюкози.»

2.2.3. Визначання масової частки золи

«Метод полягає у визначанні залишку кристалічної гідратної глюкози після спалювання наважки в муфельній печі за температури від 600°C до 650°C.

Засоби контролювання та допоміжні матеріали»

- «Ваги лабораторні загальної призначеності 2-го класу точності з найбільшою границею зважування 200 г згідно з ГОСТ 24104.
- Піч муфельна.
- Тиглі фарфорові низькі 5(6) згідно з ГОСТ 9147.
- Електроплитка побутова згідно з ГОСТ 14919.
- Ексикатор 1(2)-140(190, 250) згідно з ГОСТ 25336.
- Годинник механічний згідно з ГОСТ 10733 чи електронний згідно з ГОСТ 23350.
- Щипці тигельні.
- Олія рослинна: кукурудзяна згідно з ДСТУ ГОСТ 8808 чи соняшникова згідно з ГОСТ 1129.»

«Дозволено застосовувати інші засоби контролювання та допоміжні пристрої з технічними і метрологічними характеристиками не нижче зазначених.»

«Випробовування. У попередньо прокалений до постійної маси тигель зважують приблизно 10 г кристалічної гідратної глюкози і обережно та повільно звуглюють нагріванням тигля з кристалічною гідратною глюкозою на електричній плитці.»

«Для запобігання спучування на поверхню наважки наносять декілька крапель рослинної олії.»

«Після звуглювання тигель вміщують у муфельну піч, попередньо нагріту до температури від 600°C до 65°C (темно-вишневе розжарювання), і прожарюють до повного озолення.»

«Після озолення кристалічної гідратної глюкози тигель із золою охолоджують в ексикаторі і зважують. Після зважування тигель із золою повторно прожарюють протягом 30 хв, охолоджують в ексикаторі і знову зважують. Прожарювання повторюють доти, доки результат останнього зважування не почне змінюватись в сторону збільшення. Для обчислення береться останній зменшуваний результат зважування.»

2.2.4. «Визначання наявності вільних мінеральних кислот

Метод полягає у визначанні забарвлення розчину індикатору бромфенолового синього в розчині кристалічної гідратної глюкози.»

«Засоби вимірювання, допоміжні пристрої та реактиви:

- Ваги лабораторні загальної призначеності 2-го класу точності з найбільшою границею зважування 200 г згідно з ГОСТ 24104.
- Колба мірна 1(2)-250-2, 1(2)-1000-2 згідно з ГОСТ 1770.
- Чашка фарфорова згідно з ГОСТ 9147.
- Стакан В(Н)-1(2)-50 згідно з ГОСТ 25336.
- Циліндр 1(3)-50 згідно з ГОСТ 1770.
- Піпетка місткістю 5 см³ згідно з ГОСТ 29169 чи поградуйована піпетка місткістю 5 см³ згідно з ГОСТ 29228.
- Ступка з товкачиком фарфорові згідно з ГОСТ 9147.
- Крапельниця 1(2, 3)-50 ХС згідно з ГОСТ 25336.
- Термометр рідинний скляний з ціною поділки шкали 1°С і діапазоном вимірювання від 0°С до 100°С згідно з ГОСТ 28498.
- Натрію гідроксид згідно з ГОСТ 4328.
- Вода здистильована згідно з ГОСТ 6709.
- Бромфеноловий синій (розчин бромфенолового синього з масовою часткою 0,04 %).»

«Дозволено застосовувати інші засоби контролювання та допоміжні пристрої з технічними і метрологічними характеристиками, а також реактиви за якістю не нижче зазначених.»

«Правила готування до випробовування. Готування розчину гідроксиду натрію концентрації 0,5 моль/дм³:»

«20 г гідроксиду натрію (NaOH) розчиняють у здистильованій воді в мірній колбі місткістю 1000 см³ і доводять об'єм здистильованою водою до позначки.»

«Готування розчину бромфенолового синього з масовою часткою 0,04%:

На аркуш паперу зважують 0,1 г бромфенолового синього, переносять в ступку і додають 3 см³ розчину гідроксиду натрію, суміш ретельно розтирають товкачиком і здистильованою водою кількісно переносять у мірну колбу місткістю 250 см³. Об'єм розчину в колбі доводять водою до позначки за температури 20°C.»

«Випробовування. У стакан зважують 5 г кристалічної гідратної глюкози і розчиняють в 25 см³ здистильованої води. Потім 1 см³ розчину кристалічної гідратної глюкози переносять у фарфорову чашку і додають 2-3 краплі розчину бромфенолового синього. Розчин не повинен набувати жовтого забарвлення.»

«Вміст токсичних елементів у кристалічній гідратній глюкозі визначають: ртуті — згідно з ГОСТ 26927, миш'яку — згідно з ГОСТ 26930, міді — згідно з ГОСТ 26931 або ГОСТ 30178, свинцю — згідно з ГОСТ 26932 або ГОСТ 30178, кадмію — згідно з ГОСТ 26933 або ГОСТ 30178, цинку — згідно з ГОСТ 26934 або ГОСТ 30178, вміст мікробіологічних показників — згідно з ГОСТ 10444.12, ГОСТ 10444.15 та СанПіН 42-123-4940.»

«Дозволено застосовувати інші методи визначання токсичних елементів, які пройшли метрологічну атестацію і узгоджені з органами виконавчої влади у сфері охорони здоров'я.»

«Визначення вмісту радіонуклідів проводять згідно з ДГН № 256.»

Висновки

1. Згідно з програмою досліджень визначені основні напрямки, які в змозі дати відповідь на якісні характеристики отриманих в процесі переробки кукурудзи крохмалепродуктів та фруктози.

2. Запропоновані методики визначення показників та методи їх випробовування.

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПРОПОЗИЦІЯ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА КРОХМАЛЮ І ФРУКТОЗИ

3.1. Результати досліджень отримання фруктози

«В процесі отримання крохмалю з зерна кукурудзи, воно повинно інтенсивно подрібнюватись при змочуванні водою, щоб зробити вологе розмелення. В свою чергу, для фруктози виявлено, що в'язкість пересичених фруктозних розчинів найкраще зменшує ацетомоногліцерид стеаринової кислоти 100 % ступеня ацетилювання (рис. 3.1) [12]. Визначено оптимальну концентрацію цієї поверхнево-активної речовини (ПАР) в температурному інтервалі промислової кристалізації фруктози (20 – 50°C) – 3000 мг/кг сухих речовин розчину. Відносне зниження в'язкості при застосуванні АМГСК-100 становить від 7,6 до 20,3 % залежно від ступеня пересичення розчину. З ростом пересичення позитивний вплив цієї ПАР зростає[3].»

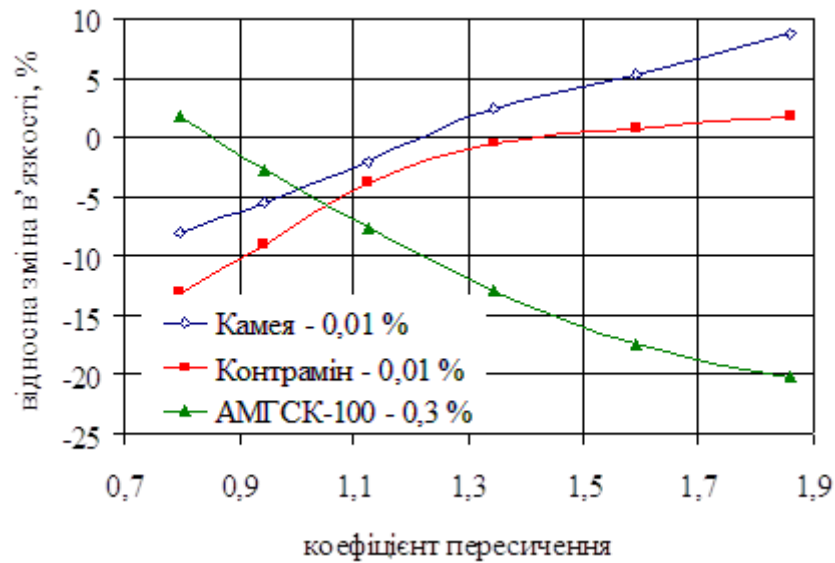


Рисунок 3.1 – Вплив ПАР на в'язкість фруктози $СР=86\%$, $Ч=99,8\%$

«Ефективність ПАР виявляється лише в ненасичених розчинах. Оптимальна їх концентрація – 100 мг/кг $СР$ розчину.»

«Також встановлено, що досліджувані ПАР понижують поверхневий натяг розчинів фруктози в межах 8 – 14 %, причому збільшення їх концентрації понад 100 мг/кг $СР$ не призводить до подальшого зниження поверхневого натягу.»

«В умовах виробництва основною домішкою фруктозних розчинів є глюкоза, що обумовлено особливостями сировини і технологічних процесів. Виявлено, що кількісна величина впливу ПАР і АМГСК-100 на в'язкість глюкозно-фруктозних розчинів не залежить від вмісту глюкози і є практично такою ж як і для чистих фруктозних розчинів. Розбіжності в значеннях відносної зміни в'язкості для фруктозних розчинів різної чистоти не перевищують 0,3 %. Це дозволяє рекомендувати для застосування ці ПАР з дотриманням їх оптимальних концентрацій, знайдених для чистих фруктозних розчинів.»

«В промислових умовах фруктозні сиропи згущуються при температурі 75 – 80°C, оскільки вище цієї межі розпочинається зона інтенсивного розпаду

фруктози з утворенням оксиметилфурфуролу. В цьому температурному інтервалі “Камея” та “Контрамін” знижують в’язкість на 14 – 19 % до вмісту СР 78 – 80 %, далі їх ефективність зменшується до 2 – 4 %. АМГСК-100 до вмісту СР 82 – 84 % підвищує в’язкість, при СР = 84 – 92 % знижує до 8–9%.»

«Досліджено також вплив ПАР безпосередньо на швидкість згущення фруктозних розчинів. Встановлено, рис. 3.2, що ПАР інтенсифікують процес згущення лише при наявності бульбашкового кипіння.»

«Швидкість випарювання зростає прямо пропорційно до зниження поверхневого натягу цих сиропів, що повністю узгоджується з існуючими теоріями кипіння. При затуханні бульбашкового режиму під дією зростаючого в’язкого опору рідини ефективність ПАР зменшується, оскільки знижується швидкість дифузії молекул ПАР до поверхні поділу рідинної та утворюваної парової фази, що не дає змоги їм зменшувати поверхневий натяг. При згущенні в умовах випарювання розчинника з поверхні розчину всі досліджувані ПАР проявляють затримуючу дію, що пов’язане з наявністю на поверхні розчину фруктози шару тої чи іншої ПАР.»

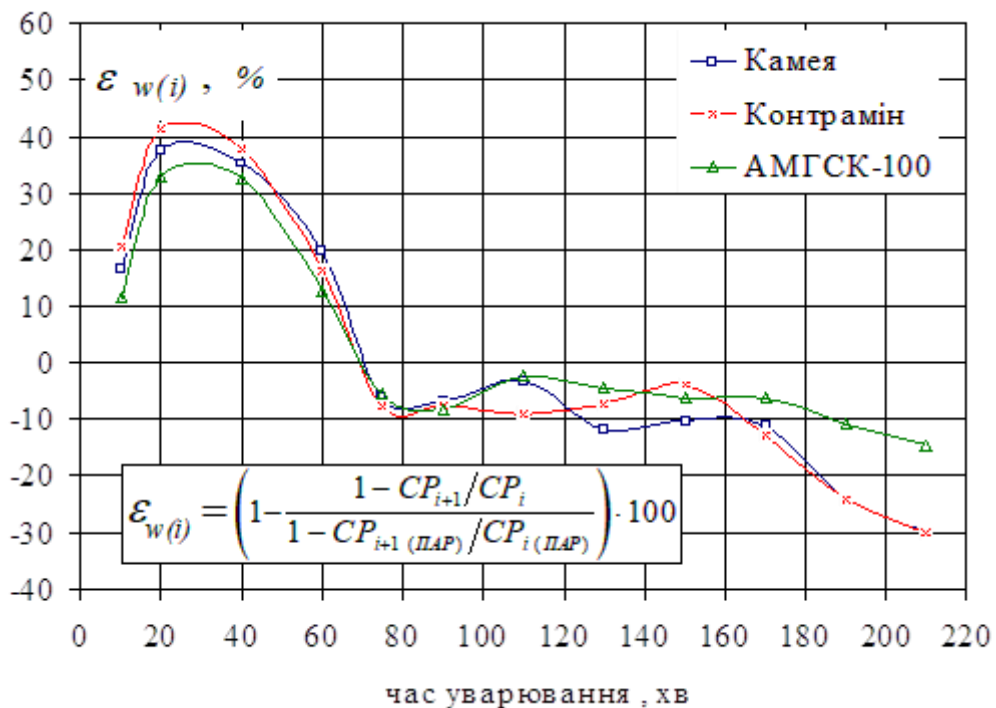
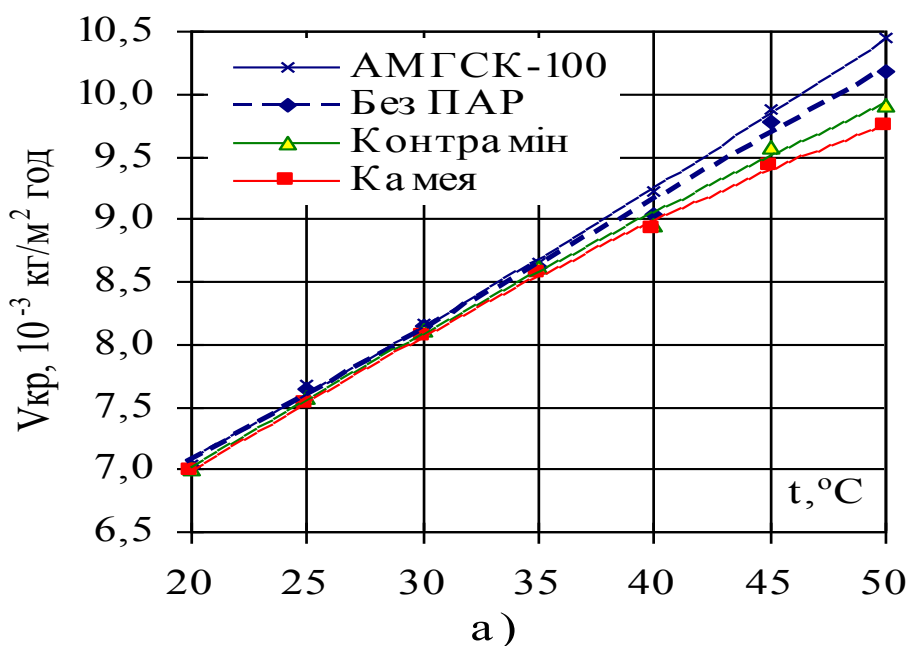


Рисунок 3.2 – Відносна зміна кількості випареної води при згущенні фруктозних сиропів ($\text{Ч}=99,8\%$) з ПАР

«Також встановлено, що характер впливу ПАР на динаміку процесу згущення є подібним до впливу цієї ПАР на в'язкість розчинів фруктози. Так ПАР, в яких ефект зниження в'язкості до 80 – 84 % СР переважає аналогічний ефект від АМГСК-100, в цих межах краще інтенсифікують процес випарювання. При вищому вмісті СР більш ефективним є застосування АМГСК-100.

При уварюванні високофруктозних сиропів з вмістом глюкози до 16,3 % ефект від використання ПАР залишався на такому ж рівні як і для чистих» «фруктозних розчинів. Розбіжності в значеннях відносної кількості випареної води для сиропів з $\text{Ч}=99,8\%$, $\text{Ч}=90\%$ і $\text{Ч}=83,7\%$ не перевищували 2,7 %.

Наведено результати досліджень впливу ПАР на швидкість кристалізації (рис. 3.3) та якість кристалічної фруктози (рис. 3.4). Серед досліджуваних ПАР АМГСК-100 збільшує швидкість кристалізації фруктози, №1 і №2 – зменшують.»



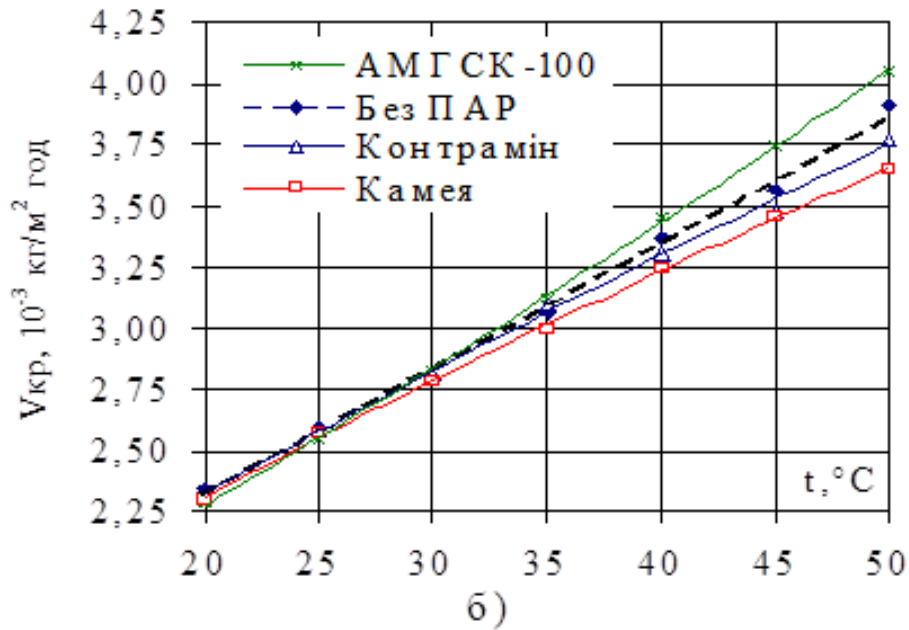


Рисунок 3.3 – Вплив ПАР на питому швидкість кристалізації фруктози:

a – Ч = 99,8 %, *б* – Ч = 91,7 %

«Глюкоза значно погіршує умови кристалізації фруктози. Так, при зниженні чистоти глюкозно-фруктозного сиропу по фруктозі від 99,8 % до 91,7 %, швидкість кристалізації фруктози зменшилась в 2,7 – 3 рази.

Важливим показником якості кристалічного продукту є його гранулометричний склад.»

«На рис. 3.4 показано зміну гранулометричного складу кристалів фруктози при застосуванні ПАР. Видно, що всі ПАР зумовлюють зменшення вмісту дрібних кристалів.»

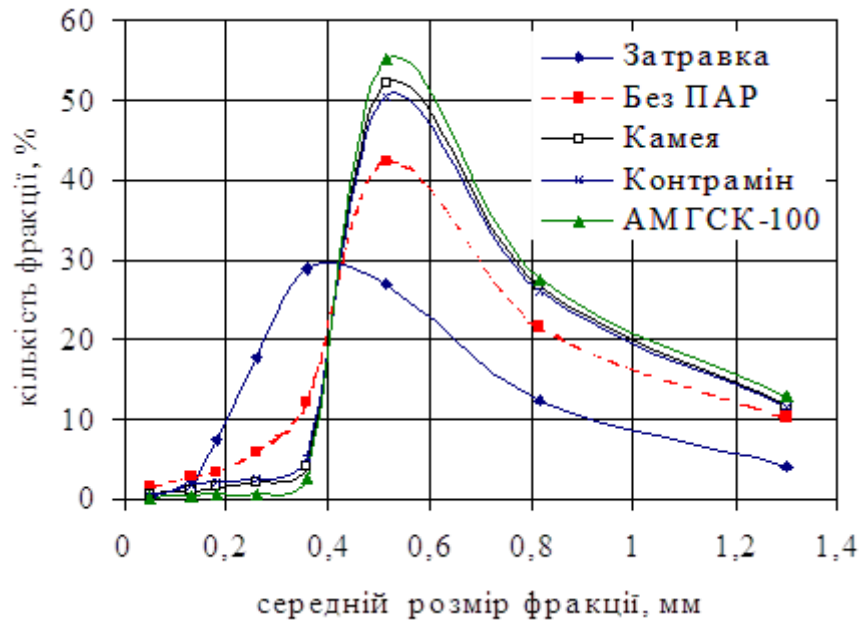


Рисунок 3.4 – Вплив ПАР на гранулометричний склад кристалічної фруктози

«Сумарний відсоток дрібних фракцій (до 0,3 мм) складає: без ПАР – 13,6 %, з ПАР №1 – 5,9 %, з ПАР №2 – 6,3 %; з ПАР АМГСК-100 – 1,9 %. Зменшення коефіцієнту неоднорідності кристалів відповідно до зразка без ПАР складає: №1 – 21,2 %, №2 – 20,7 %, АМГСК-100 – 27,8 %. Найбільш ефективно діє АМГСК-100.»

«Причиною поліпшення гранулометричного складу є інтенсифікація в присутності ПАР процесу рекристалізації. При збільшенні вмісту ПАР №1 і №2 понад рекомендовану величину (100мг/кг) відбувається: підвищення в'язкості фруктозних сиропів та утфелів, зниження швидкості уварювання і кристалізації фруктози та зростання забарвленості кристалів фруктози. Гранулометричний склад покращується при цьому незначно (вміст кристалів, дрібніших 0,3 мм зменшується на 0,2 – 0,3 %).»

«Збільшення вмісту АМГСК-100 від 100 мг/кг до 3000 мг/кг є недоцільним при уварюванні і кристалізації, оскільки швидкість цих процесів зростає несуттєво. Крім того, пропорційно до вмісту ПАР в розчині, що кристалізується, зростає забарвленість кристалів фруктози.»

«На основі отриманих результатів досліджень можна рекомендувати застосовувати Камею і Контрамін для інтенсифікації процесу згущення фруктозних та глюкозно-фруктозних розчинів лише в випадку, коли подальша кристалізація не передбачається, оскільки вони знижують швидкість цього процесу. АМГСК-100 дозволяє інтенсифікувати як процес уварювання, так і кристалізації, тому його можна рекомендувати для застосування при виробництві кристалічної фруктози.»

«Присвячений дослідженню впливу гліцерину на швидкість згущення і кристалізації фруктозних та глюкозно-фруктозних розчинів.

Результати досліджень уварювання фруктозних сиропів з гліцерином, рис. 3.5 показують, що ефект від застосування гліцерину спостерігається в області розвиненого бульбашкового кипіння, як і в випадку з ПАР.»

«В той же час із збільшенням вмісту глюкози ступінь інтенсифікації процесу за рахунок гліцерину дещо зменшується. Так, коли для фруктозного сиропу з $\text{Ч} = 99,8 \%$ відносна зміна кількості випареної води складає 20 – 28 %, то для сиропів з вмістом глюкози 10 і 16,3 % – 14 – 21 і 8 – 16 % відповідно. Це пояснюється тим, що гліцерин як понижувач в'язкості більш ефективно діє на чисті розчини фруктози. В області випаровування з поверхні гліцерин менш істотно інтенсифікує даний процес: 3 – 7 % для $\text{Ч} = 99,8 \%$, 2 – 4 % для $\text{Ч} = 90 \%$ і 1 – 2,5 % для $\text{Ч} = 83,7 \%$. Але сповільнення процесу, як в випадку з ПАР, в такому режимі не спостерігається.»

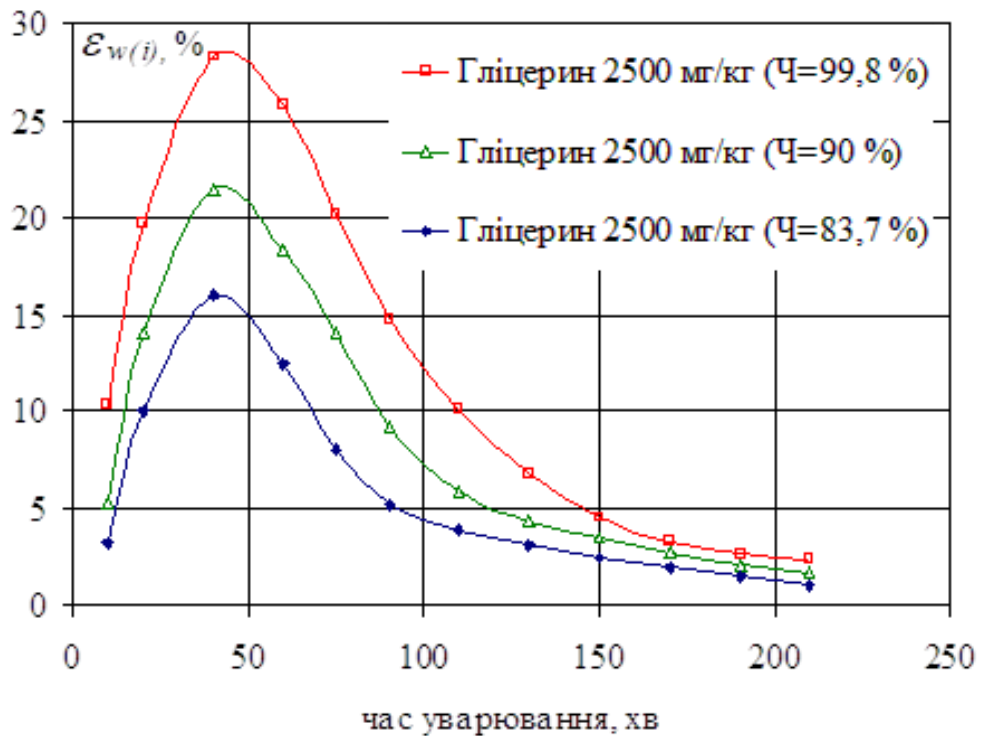


Рисунок 3.5 – Відносна зміна кількості випареної води при уварюванні фруктозних сиропів з гліцерином

«В цілому ж, при проведенні процесу згущення в режимі бульбашкового кипіння, гліцерин забезпечує таку ж ступінь інтенсифікації, як і ПАР. Отже гліцерин доцільно застосовувати при згущенні сиропів до високого вмісту сухих речовин (понад 80 %), оскільки тут визначальним параметром інтенсифікації є здатність реагенту знижувати в'язкість системи. При виробництві глюкозно-фруктозних сиропів як кінцевого продукту, де згущення проводиться до вмісту СР 71 – 77 %, використання гліцерину недоцільно, враховуючи те, що при однаковому ефекті інтенсифікації порівняно з ПАР, його необхідно використати значно більше.»

«Результати дослідження процесу кристалізації фруктози з використанням гліцерину представлені на рис. 3.6.»

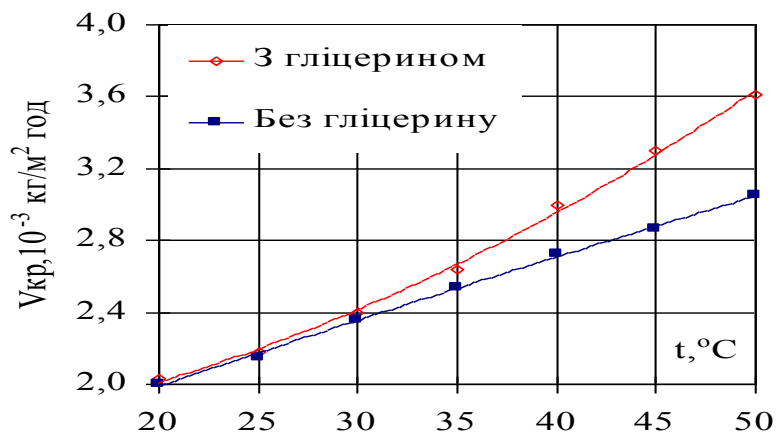


Рисунок 3.6 – Вплив гліцерину на питому швидкість кристалізації фруктози $\text{Ч} = 91,7 \%$

«В випадку застосування гліцерину істотних змін гранулометричного складу кристалів фруктози не виявлено.

При спільному використанні ПАР з гліцерином зростання питомої швидкості кристалізації залишається на рівні дослідів з гліцерином, табл. 3.1.»

Таблиця 3.1 – Питома швидкість кристалізації фруктози, $\text{кг}/(\text{м}^2/\text{год})$

Температура, $^\circ\text{C}$	З гліцерином і АМГСК-100		Без добавок	
	$\text{Ч}=99,8 \%$	$\text{Ч}=91,7 \%$	$\text{Ч}=99,8 \%$	$\text{Ч}=91,7 \%$
20	7,1	2,0	7,0	2,0
25	7,7	2,2	7,6	2,2
30	8,2	2,4	8,1	2,4
35	9,1	2,6	8,6	2,5
40	9,7	3,1	9,0	2,7
45	10,8	3,3	9,8	2,9
50	11,7	3,6	10,2	3,1

«Також спостерігалось поліпшення гранулометричного складу фруктози, аналогічне тому, яке було при застосуванні АМГСК-100.»

3.2. Удосконалення виробництва кукурудзяного крохмалю

«Сировиною для виробництва крохмалю є зерно кукурудзи .Середній хімічний склад зерна кукурудзи (у % на сухі речовини) : крохмаль 69,0-72,0 ; розчинні вуглеводи 2,0-5,0 ; білки 11,0-13,0; пентозани 4- 4,5 ; клітковина 1,7-2 ; жир 5-6,5 ; зола 1,5-2 . При вологості 13-14% зерно може зберігатися 2 і більше років , тому кукурудзу переробляють цілий рік .

Технологічна схема виробництва кукурудзяного крохмалю представлена на рис.3.7.»

«Замочування зерна для зменшення його міцності і видалення більшої частини розчинних речовин у воді з $t = 48-50^{\circ}\text{C}$ з додаванням сірчаної кислоти (концентрація 0,2-0,25% за газом SO_2) для виключення пророщування зерна і розвитку мікроорганізмів , протягом 48-55 годин .

Подрібнення зерна здійснюється у два етапи на дискових дробарках з метою обережного відокремлення зародка.

Виділення зародка від ендосперму відбувається під впливом відцентрової сили. Кукурудзяний зародок містить багато жиру, тому легше іншої маси і разом з крохмальним молоком виводиться з гідроциклона зверху як більш легка фракція.»

«Помел кукурудзяної кашки, яка містить суміш крупних частинок оболонки зерна, що зв'язані з ендоспермом, подрібнений чистий ендосперм, вільний крохмаль і білок [13].

Помел здійснюється на млинах ударної дії, після попереднього відокремлення на ситах вільного крохмалю, глютену і дрібної мезги.

Виділення крохмалю з суспензії і відокремлення від глютену (білку) здійснюється на відцентрових сепараторах.Промивання і осадження крохмалю відбувається на вакуум-фільтрах . У залежності від якості сировини, технічного забезпечення заводу, вихід сирого крохмалю становить

60-66,6 % (міститься 69-72%) від маси сухої речовини зерна кукурудзи, тобто коефіцієнт видобутку крохмалю становить 86-93,5%.»

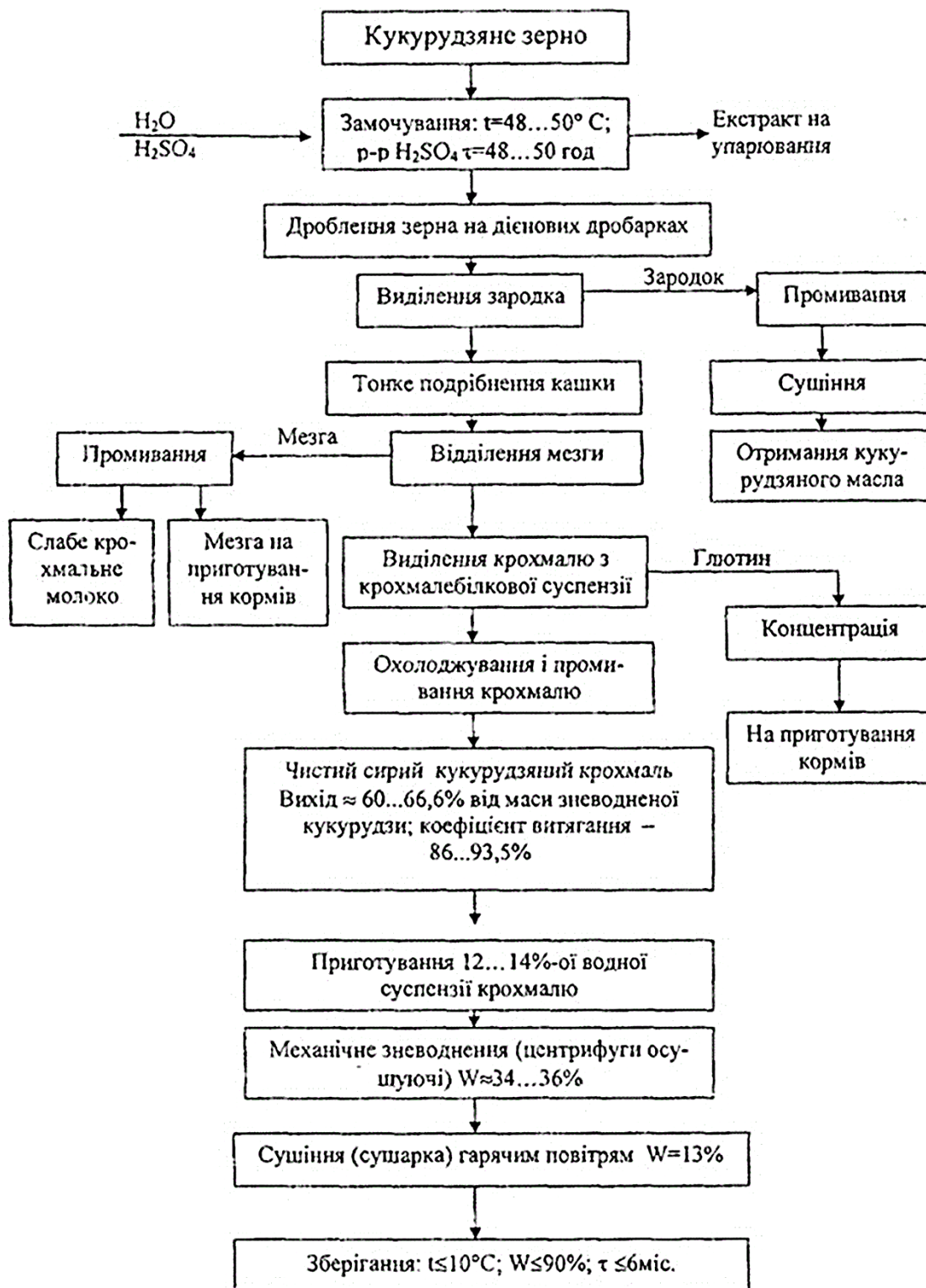


Рисунок 3.7 – Технологічна схема одержання кукурудзяного крохмалю

Сухий крохмаль повинен відповідати вимогам стандарту, його випускають вищого і першого гатунку, вологістю 13%.

Фруктоза порівняно з глюкозою більш лабільна при дії кислот і основ. За ступенем солодощі та фізіологічної дії фруктоза перевершує глюкозу та сахарозу. Метаболізм фруктози в організмі людини, на відміну від глюкози, що проходить по іншому механізмі, що дозволяє в помірній кількості вживати її навіть хворим на цукровий діабет.

Існує кілька способів одержання фруктози: гідроліз сахарози, ізомеризація глюкози, гідроліз фруктозомістких полімерів.

З розчинів, що містять інші вуглеводи, фруктоза може бути виділена у різний спосіб.

У промислових умовах кристалічну фруктозу отримують з гідролікатів сахарози або глюкозно-фруктозних сиропів, отриманих ізомеризацією гідролікатів крохмалю.

Найбільш перспективним є виробництво фруктози з цукрози або крохмалю із застосуванням іонообмінної технології. За цим способом гідроліз цукрози проводиться за допомогою іонообмінної смоли. Крохмаль гідролізують, та ізомеризують глюкозу із застосуванням ферментів. Поділ ізомеризату на окремі компоненти потім здійснюється хроматографічним методом полістиролсульфонатному катіоніті у Са-формі[19].

Згідно з наведеною схемою, розчин цукру 50% концентрації спочатку піддають іонообмінному очищенню для видалення головним чином мінеральних нецукрів. Очищений розчин потім піддають інверсії та хроматографічному поділу. Для проведення цих операцій доцільно використати хроматографічну колонку з катіонітом, який не повністю насичений Ca^{2+} . Якщо інверсія здійснюється окремо, то хроматографічне поділ проводять на катіоніті, повністю переведеному в Са-форму. Відбір глюкозної та фруктозної фракцій із колонки проводять так, щоб вони мали чистоту 95%.

Середню змішану фракцію використовують для приготування розчину цукрози. Після фільтрування та знебарвлення розчини глюкози та фруктози згущують до одержання сиропів з концентрацією СВ 50-70%. З фруктозної фракції отримують фруктозні сиропи з вмістом 90% і 95% фруктози на СВ.

Кристалізацією з фруктозного сиропу можна отримати 50% кристалічної фруктози. Якщо ж кристалізація проводиться із застосуванням метанолу, то вихід кристалічної фруктози зростає до 80%. Для збільшення виходу фруктози глюкозний сироп може бути підданий ізомеризації з отриманням ізосиропу.

Цей сироп на відміну від глюкози має таку ж насолоду, як сахароза, і може застосовуватися як її замітник або може бути підданий хроматографічному поділу.

Для отримання 1 кг фруктози зі 100% вмістом СВ необхідно 2,1 кг цукрози, якщо не проводиться ізомеризація глюкози, а якщо вона проводиться, то 1,5 кг.

Застосування фруктози, отриманої з сахарози як підсолоджувального речовини, що дозволяє замінити 3/4 сахарози. З цукрози крім фруктози виходить також глюкоза з виходом 50%. Глюкоза може бути використана, наприклад, для виробництва вітаміну С.

Висновки

1. В результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень науково обґрунтовано застосування поверхнево-активних речовин та гліцерину для удосконалення технології кристалізації фруктози.

2. Визначено вплив поверхнево-активних речовин та гліцерину на в'язкість, швидкість процесів згущення і кристалізації фруктозних розчинів, гранулометричний склад та забарвленість кристалічної фруктози.

3. Встановлено, що в інтервалі температур 20 – 70°C в'язкість насичених і пересичених розчинів фруктози зменшується в присутності

поверхнево-активної речовини АМГСК-100. Поверхнево-активні речовини №1 і №2 понижують в'язкість лише ненасичених розчинів фруктози.

РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Організація проведення дослідження

Борошно, як один з найважливіших джерел життєвої енергії людини, основа становлення і підтримки його фізичного стану, так як трансформується в хліб, печиво, макарони і другі вироби.

У харчуванні сучасної людини не вистачає баластних речовин, ряду вітамінів і мікроелементів, які необхідно додатково вносити в харчові продукти. Досить простим є поповнення раціону цими речовинами за допомогою злаків, та тих добавок, які забезпечують якість продукції.

Продукти переробки зерна кукурудзи це борошно, крупи, крохмаль та фруктоза, яка дуже важлива для споживання людиною.

«В даний час виробники намагаються створити продукти харчування, які крім своїх смакових якостей, поєднували б в собі профілактичні та функціональні властивості. Фруктоза вноситься до кондитерських та хлібо-булочних виробів, різних киселів, мусів, тощо, розширює асортимент продуктів лікувально-профілактичного призначення.

Відповідно метою проведення економічних розрахунків по обґрунтуванню ефективності проведених досліджень є оцінка отриманих результатів і доцільності проекту дослідження технології виробництва крохмалю та фруктози з зерна кукурудзи.

Організація досліджень включає: складання переліку робіт, визначення їх взаємозв'язку і тривалості, побудову сітьового графіка, визначення критичного шляху, розрахунок кошторису витрат на проведення експерименту.

Перелік робіт, передбачений ходом дослідження з обґрунтування процесу виробництва йогурту з зерновим наповнювачем наведений у табл. 4.1.»

Таблиця 4.1 – План дослідження

Шифр $i-j$	Найменування	Тривалість t_{ij} , днів
1-2	Вибір та обґрунтування напрямку наукових досліджень	2
2-3	Літературний пошук та написання літературного огляду	12
3-4	Розробка алгоритму науково-дослідних робіт	3
4-5	Розробка методик проведення наукових досліджень	6
5-6	Моделювання процесу виробництва	2
6-7	Вибір режимів обробки	6
7-8	Визначення основних технологічних параметрів процесу	4
7-9	Дослідження характеристик якості отриманого продукту	3
7-10	Оцінка складу та властивостей отриманого продукту	4
8-11	Обробка даних експериментальних дослідження	3
9-11		1
10-11		2
11-12	Підготовка матеріалу для публічного оприлюднення	10

Відповідно до плану проведення дослідження будується сітьова схема – графічна модель, що відображає майбутню роботу або процес у вигляді окремих етапів і дозволяє шляхом розрахунків визначити оптимальний варіант її виконання. На стадії реалізації сітьова схема забезпечує можливість оперативного управління ходом виконання роботи (рис. 4.1).

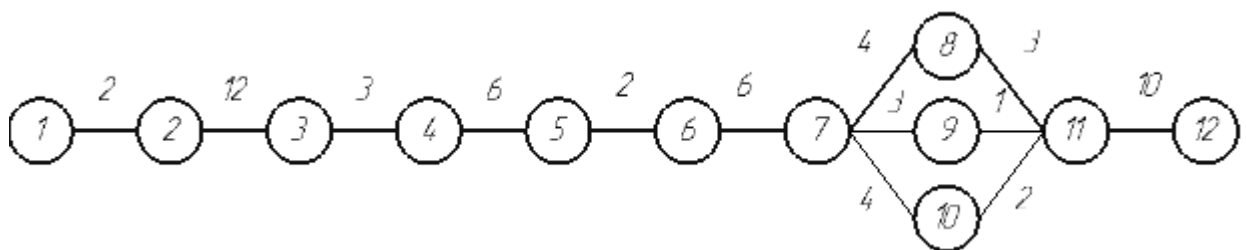


Рисунок 4.1 – Сітьова схема проведення науково-дослідної роботи

Використовуючи сітьова схема, знаходять повний шлях – тривалість послідовних робіт від початкової події до кінцевої.

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-11-12}^1 = 2 + 12 + 3 + 6 + 2 + 6 + 4 + 3 + 10 = 48;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-9-11-12}^2 = 2 + 12 + 3 + 6 + 2 + 6 + 3 + 1 + 10 = 45;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-10-11-12}^3 = 2 + 12 + 3 + 6 + 2 + 6 + 4 + 2 + 10 = 47.$$

«Шлях, який має максимальну тривалість називають критичним. У нашому випадку критичним є перший шлях з тривалістю в 48 днів.

Наступний етап – розрахунок параметрів часу:

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

- ранній термін здійснення події (T_i^p) – найбільший шлях від початкової до і-тої події; ранній термін здійснення кінцевої події дорівнює тривалості критичного шляху $L_{KP} = 48$ днів.»

«Резерв шляху розраховують за формулою:

$$R_1 = T_1^n - T_1^p, \quad (4.1)$$

де R_1 – резерв шляху, днів;

T_1^n – пізній термін здійснення події, днів;

T_1^p – ранній термін здійснення події, днів.

Результати розрахунку представлені у табл. 4.2.»

Таблиця 4.2 – Терміни здійснення подій (ранній та пізній) і резерв шляху

Номер	Ранній термін T_1^p , дні	Пізній термін T_1^n , дні	Резерв шляху R_1 , дні
1	0	0	0
2	2	2	0
3	14	14	0
4	17	17	0

Продовження табл. 4.2

5	23	23	0
6	25	25	0
7	31	31	0
8	35	35	0
9	34	37	3
10	35	36	1
11	38	38	0
12	48	48	0

«Повний резерв часу роботи – максимальна кількість часу, на який можна збільшити тривалість даної роботи, не змінюючи при цьому тривалість критичного шляху. Повний резерв часу роботи розраховують за формулою:

$$R_{ij}^n = T_j^n - T_i^n - t_{ij}, \quad (4.2)$$

де R_{ij}^n – повний резерв часу роботи, днів;

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

«Вільний резерв часу – максимальна кількість часу, на який можна збільшити тривалість робіт чи відстрочити її початок, не змінюючи при цьому ранніх термінів початку наступних робіт. Показник визначають по формулі:

$$R_{ij}^e = T_j^p - T_i^p - t_{ij}, \quad (4.3)$$

де R_{ij}^e – вільний резерв часу роботи, днів;

T_1^n – пізній термін здійснення події, днів;

T_1^p – ранній термін здійснення події, днів.

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

«Коефіцієнт напруженості робіт розраховано за формулою:

$$K_{ij}^H = \frac{L_{maxij} - t_{ij}}{L_{kp} - t_{ij}}, \quad (4.4)$$

де L_{maxij} – довжина максимального шляху, що проходить через роботу;

L_{kp} – довжина критичного шляху ($L_{kp} = 48$ днів).»

Результати розрахунків наведені у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати розрахунку вільного і повного резервів часу

Шифр $i-j$	Вільний резерв часу R_{ij}^e , дні	Повний резерв часу R_{ij}^n , дні	Коефіцієнт напруженості
1-2	0	0	0,00
2-3	0	0	0,06
3-4	0	0	0,31
4-5	0	0	0,40
5-6	0	0	0,50
6-7	0	0	0,60
7-8	0	0	0,70
7-9	0	3	0,69
7-10	0	1	0,70
8-11	0	0	0,78
9-11	0	0	0,72
10-11	0	0	0,76
11-12	0	0	1,00

«Отже, використання мережевого планування допомагає правильно організувати дослідження, змодельовати, проаналізувати, а також, при

необхідності, перебудувати його план з метою економії часу і коштів. При складанні сіткового графіка потрібно прагнути до рівнобіжного виконання окремих робіт, що дозволяє скоротити загальний термін проведення експерименту.»

Проаналізувавши отримані розрахункові дані, можна зробити висновок: на виконання повного комплексу робіт, передбаченого ходом дослідження, потрібно витратити 48 днів. Виконання робіт, що лежать на критичному шляху, необхідно закінчувати точно в термін, адже вони не мають резерву часу, а коефіцієнт їх напруженості дорівнює найбільшому значенню.

«Однак дані табл. 6.3 свідчать про те, що календарні терміни окремих видів робіт можна зміщувати в часі в разі виникнення необхідності.»

4.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

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

«Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (4.5)$$

де m_i – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_i – ціна одиниці i -го матеріалу, грн.»

Результати розрахунку витрат на матеріали наведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
-----------------------	-----------	-----------	-----------

Зерно кукурудзи, кг	10	19,5	195,0
Добавки, кг	3	5	15,0
Всього			210,0

«Заробітна плата людей, що приймали участь у дослідженнях, визначається множенням середньочасового заробітку працівника на кількість витраченого часу. Результати розрахунку наведені в табл. 4.5.»

Таблиця 4.5 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	8000	50,00	20	1000,00
Всього				1000,00

«Нарахування на заробітну плату приймаються у розмірі 22 % від єдиного податку. Від загальної суми заробітної платні вони складають:

$$H = \frac{1000,00 \cdot 22}{100} = 220,00 \text{ грн.}»$$

«Затрати на витрачену електроенергію визначають за формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (4.6)$$

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

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

T – час роботи на установці, год;

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

«Затрати енергії на створення необхідної температури для пророщення зерна:

$$E_{\text{пророцання}} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 18 \cdot 1,68 = 24,49 \text{ грн.}»$$

«Витрати електроенергії на роботу комп'ютера:

$$E_{\text{комп}} = 0,7 \cdot 0,9 \cdot 16 \cdot 1,68 = 16,93 \text{ грн.}»$$

Загальні витрати електроенергії складуть:

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{пророцання}} + E_{\text{комп}} = 24,49 + 16,93 = 41,42 \text{ грн.}$$

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

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 12}, \quad (4.7)$$

де A – амортизаційні відрахування, грн;

Φ – вартість устаткування, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

12 – кількість місяців у році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведені в табл. 4.6.»

Таблиця 4.6 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Устаткування для помелу зерна та виробництва сировини	1280,30	17	3	1,78
Персональний	10200,00	20	2	11,18

комп'ютер				
Всього				12,96

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням та керуванням виробництва. До них віднесено: витрати на оплату праці обслуговуючого та адміністративно-управлінського персоналу. Накладні страти, що включають витрати пов'язані з обслуговуванням установки, приймаються рівними 80 % від розрахованої заробітної плати виконавців дослідження та становлять:

$$\frac{(1000,00 \cdot 80)}{100} = 800,00 \text{ грн.}$$

Кошторис витрат на проведення дослідження наведений в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	210,00
Заробітна плата	1000,00
Нарахування на заробітну плату	220,00
Електроенергія	41,42
Амортизація	12,96
Накладні витрати	800,00
Всього	2284,38

Аналіз показав, що першочергово знаходяться витрати на заробітну плату і нарахування на заробітну плату.

4.3 Розрахунок вартості дослідження

Науково-дослідну роботу відносять до фундаментальних досліджень, тому ціна визначалась на основі витрат на дослідження і рентабельності:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (4.8)$$

«де C – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

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

$$C = 2284,38 + \frac{30 \cdot 2284,38}{100} = 2969,69 \text{ грн.}$$

Витрати на проведені дослідження становлять 2969,69 грн.»

Висновки до розділу

«Відповідно до плану проведення дослідження було побудовано сітьовий графік, тривалість критичного шляху якого складає 48 днів. Така тривалість критичного шляху не перевищує визначений термін для виконання роботи над дослідженням, а отже, складений сітьовий графік можна вважати оптимальним.

Найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну плату та накладні витрати, які складають 1000,00 грн та 800,00 грн. Загалом, з урахуванням 30 % нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 2969,69 грн.»

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Дослідження та оцінка стану охорони праці на підприємстві в ПраО «Інтеркорн Корн просессінг індастрі»

«Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності (ст. 1 Закону України «Про охорону праці») [7].»

«Небезпечний виробничий фактор – виробничий фактор, вплив якого на працівника у певних умовах призводить до травм, гострого отруєння або іншого раптового різкого погіршення здоров'я або до смерті. На підприємстві такими факторами є: робота з високими напругами (до 380 В). (п.4.18 ДСТУ 2293-99) [6].»

«Шкідливий виробничий фактор – фактор середовища і трудового процесу, вплив якого на працюючого за певних умов (інтенсивність, тривалість та ін.) може викликати професійне захворювання, тимчасове або стійке зниження працездатності, підвищити частоту соматичних і інфекційних захворювань, призвести до порушення здоров'я нащадків, а саме нерівномірне освітлення робочих місць та підвищена вологість при роботі з технологічним обладнанням. (п.4.19 ДСТУ 2293-99) [6].»

«Виробничий травматизм – явище, що характеризується сукупністю виробничих травм і нещасних випадків на виробництві (п.4.23 ДСТУ 2293-99) [6].»

Причини, що призводять до травматизму бувають побічними і безпосередніми. Побічні причини, що обумовлюють настання нещасного випадку, можуть бути виявлені ще за довго до його виникнення.

Безпосередні причини передують нещасному випадку тому їх неможливо виявити завчасно.»

«Побічними і безпосередніми причинами нещасних випадків можуть бути матеріальні чинники і особисті якості людини, особливо стійка і необережна її поведінка, що наражає людину на небезпеку.

У процесі аналізу причин виробничого травматизму необхідно встановити всі основні супутні причини, які призвели до нещасного випадку, починаючи від характеру виробничих умов до поведінкової реакції людини, яка виконувала трудовий процес.»

«При аналізі та розслідуванні нещасних випадків об'єм інформації, який фіксується в акті, має бути достатнім і обґрунтованим, щоб точно і достеменно встановити обставини та причини його виникнення. Підраховані показники виробничого травматизму застосовуються для визначення динаміки їх росту чи зниження, для порівняння їх між окремими підрозділами, галузями та відомствами.»

«При проведенні аналізу було виявлено деякі недоліки (порушення) з охорони праці на підприємстві, а саме:

- неналежне виконання інструкцій з охорони праці деякими робітниками підприємства;
- несвоєчасна заміна непридатного захисного взуття працівникам підприємства.»

«Для кількісної характеристики виробничого травматизму в основному використовують такі показники:

- коефіцієнт частоти травматизму

$$K_q = \frac{T}{P} \cdot 1000; \quad (5.1)$$

- коефіцієнт важкості травматизму»

$$K_B = \frac{D}{T}; \quad (5.2)$$

- «коефіцієнт втрат робочого часу

$$K_{BT} = \frac{D}{P} \cdot 1000; \quad (5.3)$$

де T – кількість нещасних випадків (травм) за досліджуваний період;

P – середня (за списком) кількість працівників, чол.;

D – сумарна втрата днів непрацездатності в результаті нещасного випадку, днів.»

«Для аналізу стану виробничого травматизму та захворювань розглянемо дані таблиці 5.1»

Таблиця 5.1 – Основні показники виробничого травматизму на ПрАО «Інтеркорн Корн просесінг індастрі» за 2018 – 2020 роки

Показники	Роки		
	2018	2019	2020
1	2	3	4
Кількість працюючих, чоловік	37	35	35
Кількість нещасних випадків, од.	-	-	1
Кількість днів непрацездатності:			
- від травматизму	-	-	14
- від профзахворювань	-	-	-
Коефіцієнт частоти травматизму	-	-	28,5
Коефіцієнт важкості травматизму	-	-	14
Коефіцієнт втрат робочого часу	-	-	400

«З аналізу основних показників виробничого травматизму видно, що найбільшого свого значення вони досягли у 2020 році, а саме відбувся один нещасний випадок з працівником підготовчого відділення лінії з виробництва морозива під час термообробки суміші морозива, кількість днів непрацездатності при цьому склав 14 днів.»

«Відповідальність за стан охорони праці на підприємстві несе директор. Відповідальність за стан охорони праці безпосередньо в цеху з виробництва солоду покладається наказом директора на начальника цеху. Функції спеціаліста з охорони праці виконує головний інженер підприємства за сумісництвом.»

«У відповідності з Типовим положенням про навчання та перевірку знань з питань охорони праці в підприємстві встановлено порядок і види навчань з охорони праці робітників та службовців.

На підприємстві ПрАО «Інтеркорн Корн просесінг індастрі» проводяться такі інструктажі з охорони праці:

- вступний – проводять з особами, яких приймають на роботу. Інструктаж реєструється в журналі реєстрації вступного інструктажу з охорони праці;

- первинний інструктаж – проводять на робочому місці з усіма без винятку особами, яких вперше беруть на роботу. Керівник робіт проводить первинний інструктаж індивідуально з кожним працівником;

- повторний інструктаж – проводиться не пізніше шести місяців після первинного інструктажу. Він реєструється в журналі реєстрації інструктажів. В господарстві такий інструктаж проводиться перед початком косовиці, коли зерно повинно поступати на комплекс переробки та зберігання;

- позаплановий – проводиться в тому випадку, коли стався нещасний випадок на виробництві або відбулися зміни у виробничому процесі.»

«Колективний договір у господарстві існує і в ньому є пункти з покращення охорони праці робітників.

Профспілки в господарстві немає, громадський контроль за охороною праці не проводиться.

Засобами індивідуального захисту та спецодягом працюючі забезпечені. Спецодяг видається щорічно, засоби індивідуального захисту – у встановленому порядку.»

«Наглядна агітація представлена попереджувальними табличками, які поступили разом із обладнанням, але оскільки обладнання зарубіжне, то і таблички оформлені тільки англійською мовою, це і є головним недоліком. Спеціального кабінету з охорони праці немає. Куточок з охорони праці давно не оновлювався.»

«Стан промислової санітарії задовільний. Працюючі забезпечені переодягальнями, душовими, а також миючими засобами. Фінансування проводиться за рахунок господарства. Працівники не несуть ніяких матеріальних витрат на заходи з охорони праці.

В господарстві стан охорони праці знаходиться на належному рівні, але маються недоліки: не ведуться роботи щодо автоматизації технологічних процесів; не використовується дистанційне керування технологічними процесами та операціями за наявності небезпечних і шкідливих виробничих факторів; відсутність засобів колективного захисту працівників; нераціонально виконано організацію праці та відпочинку з метою профілактики монотонності та гіподинамії, а також зниження важкої праці; неналежний стан огорожувальних пристроїв всіх частини машин, що обертаються; відсутні попереджувальні таблички українською мовою та використовувати їх як наглядну агітацію; неналежний стан заземлення всього електрообладнання; стан систем вентиляції не відповідає вимогам; застарілі інформативні матеріали куточку охорони праці.»

5.2 «Рекомендації щодо покращення охорони праці

З метою покращення умов праці пропонуємо:

- а) проводити комплексну механізацію та автоматизацію виробництва з попередньою експертизою проектної документації;
- б) використовувати дистанційне керування технологічними процесами та операціями за наявності небезпечних і шкідливих виробничих факторів;
- в) використання засобів колективного захисту працівників;»

«г) здійснювати раціональну організацію праці та відпочинку з метою профілактики монотонності та гіподинамії, а також зниження важкої праці;

д) покращити стан огорожувальних пристроїв всіх частини машин, що обертаються;

е) оформити і встановити попереджувальні таблички українською мовою та використовувати їх як наглядну агітацію;

є) перевірити заземлення всього електрообладнання;

ж) перевірити наявність та справність систем вентиляції;

з) оновити інформативні матеріали куточку охорони праці.»

5.3 «Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшенню умов праці у виробничому приміщенні лабораторії ПрАО «Інтеркорн Корн просессінг індастрі»»

«Розрахунок системи штучного освітлення приміщення ВТЛ. Приміщення лабораторії передбачено обладнати світильниками з люмінесцентними лампами (рис. 5.1). Приміщення має бути з побіленою стелею, світлими стінами та темною підлогою. Для нормальних умов роботи персоналу необхідно визначити потужність джерел світла, загальну потужність освітлювальної установки, необхідної для забезпечення нормованої освітленості [5].»

«Відстань від низу світильника до робочої поверхні визначаємо по формулі:

$$h_p = H - h_n - h_c , \quad (5.4)$$

де H – висота приміщення, м;

h_n – відстань від підлоги до розрахункової поверхні, м;

h_c – відстань від стелі до світильника, м.»

$$h_p = 3,5 - 1 - 0,5 = 2 \text{ м}$$

«Індекс приміщення визначаємо з виразу:

$$i = \frac{AB}{h_p(A+B)}, \quad (5.5)$$

де A, i, B – довжина і ширина приміщення відповідно, м;

h_p – висота підвісу світильників над робочою поверхнею, м.»

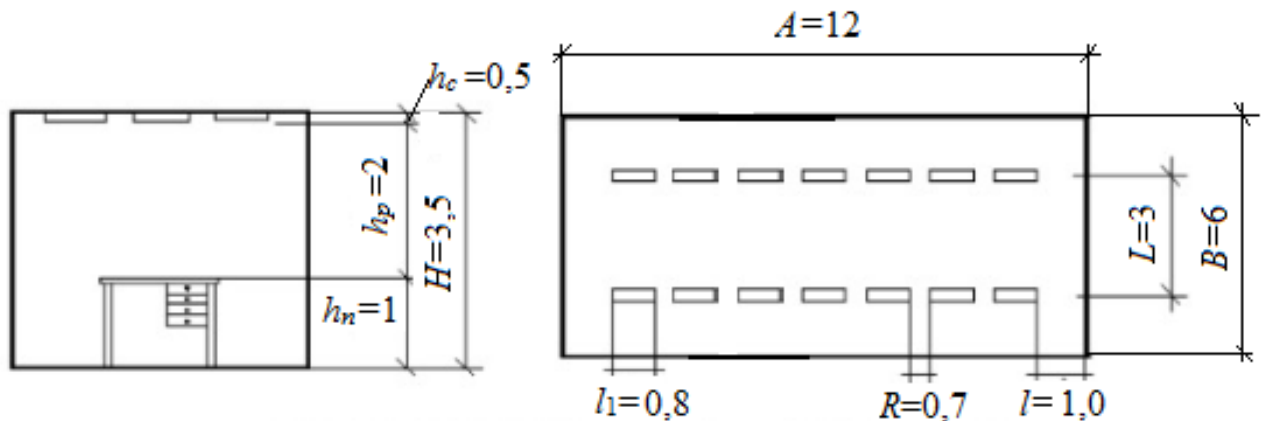


Рисунок 5.1 – Схема розміщення світильників в приміщенні лабораторії

«У нашому випадку цей індекс складає:

$$i = \frac{12 \cdot 6}{2(12 + 6)} = 2$$

Для приміщень лабораторій використовують, як правило, світильники з люмінесцентними лампами. В нашому випадку обираємо світильники типу ЛПО, для яких, $i = 2$.»

«Величину світлового потоку Φ_p одного ряду визначаємо по формулі:

$$\Phi_p = \frac{E_n \cdot S \cdot K \cdot z}{\eta \cdot N_p}, \quad (5.6)$$

де E_n – нормативний рівень освітлення, лк;

K – коефіцієнт запасу, $K=1,8$;

Z – корегуючий коефіцієнт, для люмінісцентних ламп $Z = 1,1$;

S – площа приміщення, м²;

N_p – кількість рядів;

η – коефіцієнт використання світлового потоку, $\eta=0,55$.»

$$\Phi_p = \frac{300 \cdot 72 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{0,55 \cdot 2} = 38880 \text{ лм}$$

«Визначаємо кількість світильників

$$n_n = \frac{\Phi_p}{\Phi_l}, \quad (5.7)$$

Отже,

$$n_n = \frac{38880}{3000} = 14 \text{ шт.}$$

Визначаємо розрахункову освітленість»

$$E_p = \frac{\eta \cdot n_n \cdot N_p \cdot \Phi_l}{K \cdot S \cdot z}, \quad (5.8)$$

$$E_p = \frac{0,55 \cdot 14 \cdot 2 \cdot 3000}{1,8 \cdot 72 \cdot 1,1} = 324,1 \text{ лк}$$

«Таким чином, для обраних світильників типу ЛПО приймаймо Led лампи потужністю 40 Вт.»

5.4 «Правила безпечного виконання робіт оператором лінії з виробництва фруктози»

Загальні положення

«До роботи машиністом (оператором) допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли навчання з обслуговування і безпечної експлуатації цих агрегатів та попереднє навчання й перевірку знань із питань охорони праці і мають про це відповідне посвідчення [4].

Машиністи (оператори) з обслуговування агрегатів та машин повинні мати відповідну кваліфікаційну групу з електробезпеки.

До ручних робіт допускаються особи, які навчені безпечним способам виконання робіт і пройшли інструктаж з охорони праці.»

«Узгоджуйте з безпосереднім керівником чітко визначення меж вашої робочої зони. Не допускайте знаходження сторонніх осіб у робочій зоні.

До роботи приступайте у спецодязі, упевнившись, що він не має пошкоджень, елементів, які звисають, не прилягають і можуть бути захоплені деталями, що рухаються й обертаються.»

«Не приступайте до роботи у стані алкогольного, наркотичного або медикаментозного сп'яніння, у хворобливому або стомленому стані.

Куріть тільки у спеціально відведених і обладнаних для цих цілей місцях.

Не працюйте несправним інструментом і пристосуваннями, не використовуйте їх не за призначенням, а також не користуйтеся сторонніми предметами.

Перед вживанням їжі вимийте руки з милом, витріть їх чистим рушником або висушіть повітрям.»

Вимоги безпеки перед початком робіт

«Отримайте від керівника робіт завдання.

Одягніть спецодяг та засоби індивідуального захисту (не переодягайтесь поблизу обертових або рухомих деталей і механізмів машин і обладнання).

Проведіть технічне обслуговування згідно з інструкцією заводу-виготовлювача.»

«Перевірте наявність і справність захисних огорожень приводів робочих органів, наявність захисних (запобіжних) решіток на обертових елементах обладнання.

Забезпечте захист струмопідвідних проводів і кабелів до електрифікованих машин і установок від механічних пошкоджень або підвісьте їх на висоту, недоступну для пошкодження машинами та торкання людьми.»

«Перевірте надійність кріплення й наявність заземлення електрообладнання машин і пультів керування ними. Не приступайте до роботи на машинах з відчиненими дверцятами пультів керування, знятих кришках магнітних пускачів та іншої електроапаратури.

Перед включенням машини переконайтесь, що нікому із присутніх біля машини не загрожує небезпека від рухомих частин і механізмів.»

«Переконайтесь, що у приміщенні пульта керування агрегатом, комплексом є:

- запас запобіжників і сигнальних ламп;
- набір інструментів;
- показчик напруги;
- комплект захисних засобів;
- аптечка;
- інструкція з охорони праці.»

Вимоги безпеки під час виконання роботи

«Перед включенням машин переконайтесь, що поблизу машин відсутні люди, і подайте звуковий сигнал.

Не працюйте зі знятими огороженнями пасових і ланцюгових передач та інших обертових частин машин, муфт, блоків натяжних пристроїв, місць набігання полотен транспортерів на барабани.

Очищайте машини спеціальними щітками.

Не чистіть руками вузли та деталі машин через оглядові люки. Цю роботу виконуйте після повної зупинки машин.»

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

«Зупиніть машину при електроударі, з'явленні стороннього шуму, вібрації, запаху горілого, іскор і полум'я.

При появі напруги на корпусі машини терміново відключіть загальний рубильник. Викличте чергового електрика. Усі пошкодження електроприводів, пульту управління, силової й освітлювальної мереж повинен усувати тільки електрик.»

При враженні працівника електричним струмом як можна швидше звільніть потерпілого від його дії (тривалість дії струму визначає тяжкість травмування), для цього негайно відключіть рубильник чи інший пристрій.

«При неможливості швидкого відключення електроустановки вживайте заходів щодо звільнення потерпілого від струмоведучих частин, користуючись мотузкою, палицею, дошкою чи іншими сухими діелектричними предметами, або відтягніть потерпілого за одягу (якщо вона суха і відстає від тіла), наприклад за поли піджака, за комір, при цьому уникайте дотику з оточуючими металевими предметами й частинами тіла потерпілого, не покритими одягом.»

«Якщо потерпілий торкається проводу, який лежить на землі, то перш ніж підійти до нього положіть собі під ноги суху дошку, згорток сухої одежі або суху, що не проводить електричний струм, підставку і відокремте провід від потерпілого за допомогою сухої палиці, дошки. При цьому рекомендується діяти по можливості однією рукою.»

«У разі, якщо потерпілий судорожно стискає в руці один струмоведучий елемент (наприклад провід), відокремте потерпілого від землі (просуньте під нього суху дошку, відтягніть ноги від землі мотузкою або за одержу).

В разі виникнення пожежі на стаціонарних об'єктах викличте пожежну команду, повідомте керівництво і приступіть до ліквідації осередку загоряння згідно з вимогами інструкції про заходи з пожежної безпеки.»

«При виникненні пожежі на електроустановках у першу чергу необхідно повідомити про це пожежну охорону, відповідального за електрогосподарство, керівника робіт.

При загорянні одежі постарайтесь зняти її або накрийте палаючу ділянку щільною матерією, при можливості занурте у воду.»

Вимоги безпеки після закінчення роботи

«Відключіть двигуни машин агрегату, комплексу в зворотній послідовності їхнього включення.

Очистіть машини, обладнання, майданчики, робочі приміщення від бруду.

Приберіть робоче місце. Очистіть інструмент, інвентар, пристрої і покладіть у відведене місце. Приведіть у порядок спецодяг і засоби індивідуального захисту і здайте їх на зберігання.»

«Помийте руки й обличчя теплою водою з милом.

При здачі зміни повідомте змінника про технічний стан обладнання і розкажіть про особливості роботи.

Повідомте керівника про всі помічені недоліки у процесі роботи і вжиті заходи до їх усунення.»

5.5 Безпека праці в надзвичайних ситуаціях у разі пожежі

«Правила забезпечення пожежної безпеки на виробництві містять докладні інструкції щодо запобігання пожежній ситуації, а так само наказують кожному працівнику, відповідальному за пожежну безпеку, виконувати певні дії [14].»

«Однак основні заходи у разі виникнення пожежі завжди однакові. Насамперед необхідно оповістити про пожежу по телефону пожежну охорону. А так же повідомити про надзвичайну ситуацію добровільну пожежну дружину підприємства. Потім необхідно включити систему пожежної безпеки та пожежогасіння, якщо вона не є автоматичною.

Із зони загоряння необхідно вивести працівників, які не беруть участь в зупинці виробництва та ліквідації пожежі. Співробітники, які беруть участь у ліквідації загоряння мають необхідні посадові інструкції, згідно з якими вони виконують конкретні дії і відповідають за їх виконання своїми підлеглими.»

«За командою керівництва необхідно зупинити виробництво і знеструмити електрообладнання відповідно до правил аварійної установки, а так само відключити вентиляцію, перекрити подачу газу та інших горючих речовин.

Тільки після цього можна приступати до гасіння пожежі. Тут так само необхідно чітко дотримання всіх правил і пересторог, щоб уникнути ще більшого матеріального збитку, псування майна підприємства і нанесення шкоди здоров'ю тих, хто бере участь у ліквідації загоряння. Після приїзду пожежної бригади всі працівники підприємства повинні покинути небезпечну зону.»

«Для забезпечення пожежної безпеки на кожному підприємстві повинен бути необхідний інвентар на випадок виникнення пожежі – вогнегасники, пожежні крани в приміщеннях пожежні рукави, пожежні гідранти на території підприємства та інше обладнання.»

Висновки до розділу

«В розділі було розглянуто загальний стан охорони праці на підприємстві ПраО «Інтеркорн Корн просесінг індастрі», встановлено, що відповідальним за стан охорони праці є головний інженер підприємства. Проведено аналіз виробничого травматизму, найбільші його показники були зафіксовані у 2020 році. Розглянуто вимоги безпеки праці для оператора лінії з виробництва фруктози. Виконано розрахунок системи штучного освітлення виробничого приміщення лабораторії. Запропоновано ряд заходів, виконання яких дасть змогу покращити стан охорони праці на підприємстві.»

Список використаних джерел

1. Андреев, Н. Р. Основы производства нативных крахмалов (научные аспекты) [Текст] / Н. Р. Андреев. - М.: Харчопромидав, 2001. - 284 с.
2. Багаутдинова Р.И. Фруктозосодержащие углеводы растений семейств – локализация и состав / Р.И. Багаутдинова, Г.П. Федосеева, Т.Ф. Оконешникова // Англо-русскоязычный общественный химический журнал «Бутлеровские сообщения». http://chem.kstu.ru/butlerov_comm/vol2/cd-a2/data/jchem&cs/russian/n5/full/13-16.pdf.
3. Вплив поверхнево-активних речовин на в'язкість фруктозних сиропів / Лементар С.Ю., Мирончук В.Г. // Тези доповідей 10-ї Міжнародної конференції “ Вдосконалення процесів та апаратів хімічних та харчових виробництв” (ІССЕ – 99). – Львів: Львівська політехніка – 1999. – С. 16 – 17.
4. ДНАОП 0.00-4.09-93. Типове положення про безпечне виконання робіт на переробних підприємствах. (43329).
5. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
6. ДСТУ 2293-99. Охорона праці терміни та визначення основних понять (34095).
7. Закон України "Про охорону праці" (3428).
8. Кристалізація фруктозних розчинів в умовах охолодження / Лементар С.Ю., Мирончук В.Г., Гулий І.С., Михаць А.І. // Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції “Розробка та впровадження прогресивних ресурсощадних технологій та обладнання в харчову та переробну промисловість”. – Київ: УДУХТ. – 1997. – С. 15.
9. Крахмаль та крахмалопродукти [Текст] / Н. Г. Гулюк, А. І. Жушман, Т. А. Ладур та ін; за ред. Н. Г. Гулюка. - М.: Агропромиздат, 1985. - 240 с.
10. Лементар С.Ю., Мирончук В.Г., Гулий І.С. Аналіз впливу характеристик затравок на ефективність кристалізації глюкози та фруктози. // Харчова промисловість. – 1998. – № 43. – С. 182 – 185.

11. Лементар С.Ю., Мирончук В.Г., Гулий І.С. Способи промислової кристалізації фруктози // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічна обґрунтованість у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі. – Харків: Харківська державна академія технології та організації харчування. – 1998. – С. 115 – 118.

12. Лементар С.Ю., Мирончук В.Г., Гулий І.С., Івчук Н.П. Вплив гліцерину на в'язкість фруктозних розчинів // Придніпровський науковий вісник. – 1998. – № 123. – С. 16 – 20.

13. Лосєва, В. А. Методи дослідження властивостей сировини та готової продукції (теорія та практика) [Текст]: навч. посібник / В. А. Лосєва, А. А. Єфремов, І. В. Квітко; Воронеж. держ. технол. акад. - Воронеж: ВГТА, 2008. - 247 с.

14. НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні (32549).

15. Патент України № 24151 А (заявка № 97063349 від 27.06.1997). Спосіб кристалізації фруктозних розчинів / Мирончук В.Г., Лементар С.Ю., Гулий І.С., Бабко Є.М., Погорілий Т.М.

16. Позитивне рішення на видачу Патенту України по заявці № 99042097 від 14.04.1999. Спосіб отримання кристалічної фруктози / Мирончук В.Г., Лементар С.Ю., Гулий І.С.

17. Розрахунок продуктів виробництва кристалічної глюкози [Текст]: метод. вказівки / Воронеж. держ. технол. акад.; сост. В. А. Голибін, Ю. І. Зелепукін, Н. Г. Кульньова, Ю. Н. Парієва. – Воронеж: ВГТА, 2004. – 16 с.

18. Слов'янський, А. А. Проектування підприємств галузі [Текст]/А. А. Слов'янський. - М.: Форум, 2009. - 320 с.

19. Стан та перспективи розвитку крохмало-паточкової промисловості [Текст] / Н. Р. Андрєєв, Н. Д. Лукін, Л. Н. Медведєва та ін. . Вип.1. - 64 с.

20. Технологічне обладнання цукрових та крохмало-паточних заводів [Текст]: завдання до розрахунково-графічних робіт з курсу / Воронеж. держ. технол. акад.; сост. В. Є. Апасов, А. І. Громковський, Ю. Н. Парієва, Ю. І. Послідова. - Воронеж, 2006. - 8 с.

21. Технологія галузі: лабораторний практикум [Текст]/В. А. Лосєва, А. А. Єфремов; Воронежський держ. ун-т інженерних технологій. - Воронеж, 2013. - 87 с.
22. Технологія крохмалю та крохмалопродуктів [Текст] / Н. Н. Трегубов, Є. Я. Жарова, А. І. Жушман та ін; за ред. Н. Н. Трегубова. - М.: Легк. та їжа. пром-сть, 1981. - 472 с.
23. Технологія крохмалю, крохмалопродуктів та глюкозно-фруктозних сиропів [Текст]: завдання до контрольної роботи / Воронеж. держ. технол. акад.; сост. В. А. Голибін, А. А. Єфремов. - Воронеж, 2010. - 8 с.
24. Технологія крохмалю, крохмалопродуктів та глюкозно-фруктозних сиропів [Текст]: завдання до домашньої контрольної роботи № 1 / Воронеж. держ. ун-т інженерних технологій; сост. В. А. Голибін, А. А. Єфремов. - Воронеж, 2011. - 12 с.
25. Технологія крохмалю, крохмалопродуктів та глюкозно-фруктозних сиропів [Текст] : завдання до домашньої контрольної роботи №2 / Воронеж. держ. ун-т інженерних технологій; сост. В. А. Голибін, А. А. Єфремов. - Воронеж, 2011. - 12 с.
26. Технологія крохмалю, крохмалопродуктів та глюкозно-фруктозних сиропів [Текст]: завдання до домашньої контрольної роботи № 3 / Воронеж. держ. ун-т інженерних технологій; сост. В. А. Голибін, А. А. Єфремов. - Воронеж, 2011. - 12 с.
27. Технологія та технологічний контроль крохмалопаточного виробництва [Текст] / Є. А. Штиркова, Є. К. Сидорова, К. І. Пазирук та ін - М.: Агропромиздат, 1986. - 320 с.
28. Трегубов, Н. Н. Технохімічний контроль крохмало-паточного виробництва [Текст] / Н. Н. Трегубов, В. Г. Костенко. - М.: Агропромиздат, 1991. - 272 с.

29. Шамборант, Г. Г. Технологічне обладнання підприємств крохмало-патокової промисловості / Г. Г. Шамборант.- М.: Лег. та їжа. пром-сть, 1984. - 216 с.