

**ДНПРОВСЬКИЙ 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
ступеня вищої освіти «Магістр»
на тему:

**Обґрунтування технології виробництва
екструзійного продукту функціонального
призначення на основі зерна жита**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГХТз-1-19
за спеціальністю 181 «Харчові технології»

_____ Голуб Євгеній Володимирович

Керівник: _____ Калина Вікторія Сергіївна

Рецензент: _____ Борисов Павло Іванович

Дніпро 2021

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції

Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

технології зберігання і переробки

сільськогосподарської продукції

доктор технічних наук, професор

Чурсінов Ю.О.

(підпис)

« ____ » _____ 2020 р.

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

Голубу Євгенію Володимировичу

1. Тема роботи «Обґрунтування технології виробництва екструзійного продукту функціонального призначення на основі зерна жита».

Керівник роботи Калина Вікторія Сергіївна, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «25» листопада 2020 року № 2956.

2. Строк подання студентом роботи 12 лютого 2021 року

3. Вихідні дані до роботи 1. Літературні джерела та періодичні видання.

2. Наукова та науково-технічна документація, що стосується питань виробництва продуктів функціонального призначення на зерновій основі. 3. Нормативно-технологічна документація. 4. Патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Стан питання. 2 Матеріали і методики досліджень.

3 Дослідна частина. 4 Розробка технології отримання функціонального продукту.

5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Список джерел посилання. Додатки.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Стан питання. 2 Мета та задачі досліджень. 3 Структурна схема проведення досліджень. 4 Дослідна частина. 5 Розробка технології функціонального продукту. 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 7 Кошторис витрат на проведення досліджень. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 4	Калина В.С., доцент	25.11.2020	12.02.2021
5	Кравець В.В., доцент	25.11.2020	12.02.2021
6	Павленко О.С., доцент	25.11.2020	12.02.2021

7. Дата видачі завдання 25 листопада 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	21.09-30.09.20	виконано
2	Стан питання	01.10-11.10.20	виконано
3	Матеріали і методики досліджень	12.10-25.10.20	виконано
4	Дослідна частина	26.10-30.11.20	виконано
5	Розробка технології отримання функціонального продукту	01.12-15.12.20	виконано
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	16.12-25.12.20	виконано
7	Організаційно-економічна частина	01.02-05.02.21	виконано
8	Загальні висновки та список джерел посилання	06.02-11.02.21	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	12.02.2021	виконано

Студент

(підпис) _____

Голуб Є.В.

Керівник роботи

(підпис) _____

Калина В.С.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломної роботи містить 101 сторінку друкованого тексту, 14 рисунків та ілюстрацій, 22 таблиці та використано 69 літературних джерел посилань.

Метою роботи є розробка технології виробництва екструдованого продукту функціонального призначення на основі жита.

Об'єкт дослідження – екструдовані продукти отримані з використанням основної і додаткової сировини.

Предмет дослідження – взаємозв'язок технологічного процесу екструзії з якісними показниками готового продукту функціонального призначення.

Екструзійна обробка є одним з найбільш прогресивних видів технології в сучасній харчовій промисловості. Переваги екструзії полягають у тому, що вона максимально зберігає біологічно активні речовини сировини, що переробляється, замінює складне устаткування і багато періодичні процеси на безперервні. Сучасні екструзійні технології дозволяють створювати продукти заданого хімічного складу, цілеспрямовано змінювати структуру і технологічні властивості вироблюваної продукції, вводити необхідні біологічно активні компоненти, що додають продукту функціональні властивості.

Основною сировиною для виробництва екструдованих продуктів харчування є пшениця, просо, ячмінь, рис, кукурудза і продукти їх переробки. Жито є найважливішою сировиною для борошномельної та хлібопекарської промисловості, але не знайшло широкого застосування в екструзійному виробництві. Жито має досить збалансований хімічний склад, містить велику кількість поживних речовин і володіє високою харчовою і біологічною цінністю і могло б бути використане в якості сировини для виробництва функціональних продуктів харчування швидкого приготування.

Ключові слова: ДОСЛІДЖЕННЯ, ЖИТО, ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ПРОДУКТ, ЕКСТРУЗИЯ, БЛОК, ТЕХНОЛОГІЯ, ФУНКЦІОНАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ, ВИРОБНИЦТВО.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 СТАН ПИТАНЯ	9
1.1 Сучасні підходи до створення продуктів харчування функціонального призначення на зерновій основі	9
1.2 Екструзійні технології у виробництві зернопродуктів	17
1.3 Перспективи використання жита для виробництва продуктів харчування функціонального призначення	21
Висновки до розділу	26
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	27
2.1 Об'єкти досліджень і постановка експерименту	27
2.2 Методи досліджень	27
Висновки до розділу	30
3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	31
3.1 Вибір основи для виробництва екструдованих продуктів функціонального призначення	31
3.1.1 Визначення органолептичних та фізичних показників якості екструдатів	33
3.1.2 Дослідження хімічного складу екструдатів	36
3.2 Підбір оптимальних параметрів екструзійної обробки	41
3.2.1 Визначення показників безпеки екструдатів	47
Висновки до розділу	48
4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРОДУКТУ	50
4.1 Вибір і обґрунтування складу рецептурної суміші та рівнів варіювання компонентів	50
4.2 Використання п'ятилисника чагарникового для отримання продукту з функціональними властивостями	59
4.2.1 Визначення органолептичних та фізичних показників якості	

екструдатів	60
4.2.2 Дослідження хімічного складу екструзійного продукту функціонального призначення	62
4.2.3 Отримання екструдованого продукту функціонального призначення	64
Висновки до розділу	66
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	68
5.1 Дослідження та оцінка стану охорони праці на підприємстві в ТОВ «Побережне»	68
5.2 Рекомендації щодо покращення охорони праці	74
5.3 Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці в цеху з виробництва екструдованих харчових продуктів ТОВ «Побережне»	74
5.4 Правила безпечного виконання робіт на екструдері зернової сировини в ТОВ «Побережне»	77
Висновки до розділу	82
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	83
6.1 Організація проведення дослідження	83
6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	88
6.3 Розрахунок вартості дослідження	91
Висновки до розділу	92
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	93
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	95
ДОДАТКИ	

ВСТУП

У раціоні харчування населення продукти на зерновій основі займають провідне місце. Створення зернопродуктів з функціональними властивостями, надають сприятливий вплив на діяльність підприємств життєзабезпечення функціональних систем організму людини, знижують ризик виникнення різних захворювань, передбачає використання різних видів сировини, застосування природних комплексів біологічно активних речовин і сучасних технологій переробки сировини.

Екструзійна обробка є одним з найбільш прогресивних видів технології в сучасній харчовій промисловості. Переваги екструзії полягають у тому, що вона максимально зберігає біологічно активні речовини сировини, що переробляється, замінює складне устаткування і багато періодичні процеси на безперервні. Сучасні екструзійні технології дозволяють створювати продукти заданого хімічного складу, цілеспрямовано змінювати структуру і технологічні властивості вироблюваної продукції, вводити необхідні біологічно активні компоненти, що додають продукту функціональні властивості.

Основною сировиною для виробництва екструдованих продуктів харчування є пшениця, просо, ячмінь, рис, кукурудза і продукти їх переробки. Жито є найважливішою сировиною для борошномельної та хлібопекарської промисловості, але не знайшло широкого застосування в екструзійному виробництві. Жито має досить збалансований хімічний склад, містить велику кількість поживних речовин і володіє високою харчовою і біологічною цінністю і могло б бути використане в якості сировини для виробництва функціональних продуктів харчування швидкого приготування.

У зв'язку з цим, дослідження спрямовані на використання екструзійної технології і цінних в харчовому відношенні зерна і продуктів переробки жита для створення продуктів харчування функціонального призначення є актуальними.

Метою роботи є розробка технології виробництва екструдованого продукту функціонального призначення на основі жита.

Дослідження проводилися в наступних напрямках:

- вибір і обґрунтування складу продукту і рівнів варіювання компонентів;
- підбір оптимальних параметрів екструзійної обробки, вибір базової рецептури для виробництва продуктів функціонального призначення;
- дослідження хімічного складу та фізико-хімічних властивостей екструдованої суміші;
- розробка технології виробництва екструдованого продукту функціонального призначення;
- дослідження стану охорони праці в ТОВ «Побережне»;
- розрахунок кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єкт дослідження – екструдовані продукти отримані з використанням основної і додаткової сировини.

Предмет дослідження – взаємозв'язок технологічного процесу екструзії з якісними показниками готового продукту функціонального призначення.

1 СТАН ПИТАНЯ

1.1 Сучасні підходи до створення продуктів харчування функціонального призначення на зерновій основі

Лікарські і харчові рослини заслуговують на особливу увагу як джерела біологічно активних речовин і можливі компоненти валеологічних зернопродуктів. При розробці рецептур таких продуктів найбільш цікавим відправним моментом служить синтез сучасних наукових знань і стародавнього досвіду традиційної східної медицини.

Жито має специфічні лікувальні властивості – володіє загальнозміцнюючим, що регулює обмінні процеси, пом'якшувальним легким проносним, має відхаркувальну дію; підсилює перистальтику кишечника; підвищує імунітет; корисне для зубів [10].

Питома вага зернопродуктів в раціоні населення висока, тому створення валеологічних продуктів на зерновій основі є надзвичайно актуальним [39].

При створенні продуктів функціонального призначення на зерновій основі використовуються наступні підходи [63]:

- в сучасних екологічних умовах раціон людини повинен містити біологічно активні природні речовини, що підвищують стійкість організму до несприятливих впливів зовнішнього середовища;

- розроблений продукт повинен володіти профілактичною або лікувальною дією;

- розроблений продукт повинен бути загальнодоступним і прийнятним за вартістю.

У лікувальному харчуванні широко використовуються хлібобулочні вироби. Хлібопекарська промисловість виробляє спеціальні сорти хліба для харчування людей, які страждають на діабет. При захворюваннях нирок, серцево-судинної системи, шлунково-кишкового тракту рекомендовані ахлорідні (безсольові) сорти; при гастриті і виразковій хворобі – булочки і сухарі зі зниженою

кислотністю; при хронічній нирковій недостатності і захворюваннях, пов'язаних з порушенням обміну – хлібні вироби з пониженим вмістом білка. Для людей, які страждають атонією кишківника, що мають зайву вагу призначені хлібці докторські, хліб зерновий і інші сорти, в які додано подрібнене зерно або висівки [35]. За кордоном, у Великобританії, Німеччині, США та інших країнах, з'явилася група хлібобулочних виробів («здорові сорти»), в рецептуру яких входять пшеничні, житні або вівсяні висівки, цільозмеленого зерна, вівсяне і ячмінне борошно, овочеві та фруктові добавки та інші компоненти [42].

Виробленні в Україні дієтичні хлібобулочні вироби слід віднести до продуктів, призначених для функціонального харчування, так як їх споживання дозволяє цілеспрямовано регулювати певні функції організму (кров'яний тиск, вміст заліза або холестерину в крові, фосфорно-кальцієвий обмін і ін.). В даний час виробництво продуктів для функціонального харчування – одна з найбільш динамічно розвинутих галузей харчової індустрії в країнах, що культивують здоровий спосіб життя, наприклад в Японії. В Україні потреба в хлібопекарській продукції профілактичного та дієтичного призначення задовольняється лише на 10 – 20 %.

В даний час намітилася тенденція до виробництва продуктів, збагачених рослинною сировиною, багатих харчовими волокнами, біологічно активними речовинами, вітамінами і володіють хорошими споживчими властивостями [40]. Особлива увага в нашій країні і за кордоном приділяється розробці рецептур і технологій продуктів на основі поєднання різних рослинних компонентів.

Одним із актуальних завдань раціоналізації харчування в нашій країні і за кордоном є розширення асортименту продуктів підвищеної біологічної цінності (ППБЦ). Особливе місце серед ППБЦ займають екструдовані продукти [20].

Екструдовані продукти є ідеальною основою для збалансованого харчування, особливо для дітей і людей похилого віку. Отримані продукти характеризуються високою засвоюваністю, за рахунок досягнення в процесі екструзії желатинізації крохмалю, добре атакується травними ферментами, а також в результаті руйнування деяких антиліментарних речовин, що містяться в

сировині [14]. На основі екструдатів із зернових, суміші зернових і бобових культур отримують такі продукти швидкого приготування: супи, соуси, пудинги, десерти [14].

Відомо застосування збагачувачів (яблучне борошно, казеїн, яблучний пектин, какао-порошок, картопляний гранулят) для екструдування кукурудзяної і рисової крупи. В результаті екструдування збагачених безклейковинної і безлактозної сумішей із зернової крупи з добавками отримані продукти з вмістом протеїну понад 17 %, харчових волокон – 1,5 %, мікроелементів – 1,25 %, калію – 8,75 г/кг [47].

У Болгарії виробляють багатокомпонентні екстудовані продукти, що містять більше білка, вітамінів, макро- і мікроелементів в порівнянні з контролем (кукурудзяні палички). В якості збагачувачів використовують 18 природних речовин (фруктові, овочеві добавки), а також 40 компонентів промислового виробництва, як натуральних, так і синтетичних [48].

Для збагачення продуктів білком застосовували суху пшеничну клейковину, казеїн, борошно; мінеральними речовинами – фруктові та овочеві компоненти з яблук, шипшини, картоплі, моркви, кропиви; для підвищення вмісту баластних речовин вводили пшеничні висівки [17].

З метою розширення асортименту та підвищення якості борошна і круп у було створені полікомпонентні суміші: рис, гречка, овес, кукурудза, просо, ячмінь, горох, пшениця, зародкові пластівці, пшеничні дієтичні висівки, пшеничне борошно. Розробляють мікронізовані зернові продукти, що виробляються на основі застосування ІЧ-обробки з різних видів круп і зерна у вигляді спучених цілих або подрібнених зерен і пластівців, що вживаються у вигляді готових сніданків, гарячих страв, у вигляді добавок в хлібопекарському, кондитерському виробництві; екстудовані продукти, з різних видів круп і борошна і використовуються в якості сухих сніданків і в якості добавок в хлібопекарському, кондитерському виробництві [35].

У раціональному і профілактичному харчуванні використовують натуральний буряковий сироп – як замітник цукру, збагачувач продуктів

харчування. Харчові бурякові волокна містять на 100 г – 90 г клітковини, геміцелюлози, пектинових речовин, 0,8 г макро- і мікроелементів. Їх використовують як наповнювач в хлібопекарській, кондитерській промисловості, при виготовленні дієтичних продуктів харчування [36].

Як БАД для створення нових продуктів використовували пророщені зерна злаків після відповідної технологічної обробки [41]. Нові види кондитерських виробів мають підвищену біологічну цінність, завдяки введенню легкозасвоюваних форм білка, вільних амінокислот, простих вуглеводів, органічних кислот, вітамінів, фітогормонів, ферментів, макро- і мікроелементів.

Внесенням залишкових пивних дріжджів, гарбузового пюре, яблучного пюре в продукти екструдювання круп регулювали структурно-механічні властивості тіста для крекери. Спостерігалось, що тісто з добавками має більш виражені пластичні властивості.

Була досліджена можливість застосування білкових продуктів з пшеничних висівок для отримання екструдованого продукту підвищеної біологічної і харчової цінності. З цією метою використовували три види білкових продуктів: білкове борошно з висівок пшеничних, білкове борошно з висівкового продукту (гранулометричної фракції висівок) і білкове борошно з висівок. Найкращими зовнішнім виглядом, структурою пористості і фізико-хімічними властивостями володіли вироби, приготовані з білковим борошном з гранулометричної фракції висівок.

В результаті спільної роботи НМУ ім. О.О. Богомольця розроблена серія лікувально-профілактичних продуктів «Янтар» (12 різновидів), що включають в свій склад кукурудзяну крупу, сухий м'ясний бульйон, харчові волокна (гуміарабік марки «Спрейг» ВЕ і С414). На поверхневий шар за допомогою рослинних масел або розчину гуміарабіку наносяться зелень петрушки, сухий подрібнений кріп або мак, цукрова пудра або цукрозамінники, ванільний цукор. Клінічна оцінка екструзійних продуктів «Янтар» підтверджує, що новий продукт може бути рекомендований для тривалого введення в раціони харчування з метою

комплексного лікування і профілактики гіперліпідемії, гіпертонічної хвороби, ожиріння, цукрового діабету, порушень функцій шлунково-кишкового тракту.

Вітчизняними вченими створений новий комбінований продукт «Протамін екструзійний» функціонального призначення, приготований на основі натуральних природних компонентів з взаємодоповнюючими характеристиками (зернову сировину, солодові паростки, пшеничні висівки, ферментолізат пивних дріжджів). Продукт швидко включається в загальний обмін речовин, сприяє відновленню працездатності, виведенню з організму шкідливих речовин, активізує імунну систему, надає загальнозміцнюючу і тонізуючу дію.

Фірма «National Starch and Chemical» (США) пропонує для патентування новий спосіб отримання екструдованих продуктів на основі яблук, буряка, моркви та інших фруктів і ягід. Перед екструдуванням готується суміш з дегідратованих фруктів і овочів, свіжого (замороженого) фруктового або овочевого концентрату, цукру, води, попередньо желатинізованого крохмалю, камеді, жиру. Продукт зберігає колір, смак і запах натуральної сировини.

Великий практичний інтерес представляє нанесення на екструдати рідких добавок на водній основі, наприклад, фруктово-ягідних і овочевих соків, що дозволить підвищити харчову цінність і поліпшити смакові якості готового продукту [13].

З метою збагачення продуктів харчування розроблені премікси [35]. Вітамінний премікс складається з двох компонентів: рідкого і сухого. Рідкий представляє суміш жиророзчинних вітамінів А, Д₂, Е з рослинним маслом. Сухий – це суміш водорозчинних вітамінів В₁, В₂, В₃, В₆, ВС, С і РР з молочним цукром або цукровою пудрою або низькоцукровою патокою. Мінеральні премікси отримують змішуванням мінеральних солей з тими ж компонентами.

Іншим перспективним напрямком в розширенні асортименту продуктів харчування функціонального призначення є розробка технології комбінованих екструзійних продуктів з використанням молочної сировини (сухе незбиране молоко, казеїн, суха пахта), соєвий білок [28].

Компонентами молока – концентратом казеїну збагачували крупу при виробництві комбінованих продуктів типу «сухий сніданок». Були отримані продукти з гарною засвоюваністю, високими біологічними властивостями і володіючи лікувально-профілактичною спрямованістю [49].

В даний час широкого поширення набули патологічні стани, що супроводжуються специфічною і неспецифічною імунодепресією. У зв'язку з цим для поліпшення структури харчування, підвищення оздоровчої спрямованості раціонів необхідно ширше використовувати рослинні з імуностимулюючою дією. У літературі є відомості про імуномодулюючі властивості таких широко відомих адаптогенів, як елеутерокок, родіола рожева, коріння і зелена маса женьшеню. З використанням цих біологічно активних рослин випускаються чайні, безалкогольні напої, хлібокондитерські вироби [32].

В останні роки ведуться дослідження по вивченню способів введення біологічно активних речовин рослин до складу харчових продуктів.

Багато авторів пропонують використовувати рослинні фітокомплекси у вигляді борошна, емульсій, водних і спиртових екстрактів, шротів і вичавок.

Так, екстракти горобини і кропиви рекомендовані для використання в хлібопекарській промисловості як добавки, що підвищують якість, знижують втрати при зберіганні і підвищують харчову цінність хліба, в якому зростає вміст вітаміну, органічних кислот, мінеральних елементів [6].

При виробництві дієтичних хлібобулочних виробів рекомендується застосовувати траву нуту звичайного у вигляді борошна [7].

Ряд авторів [45] пропонують випікати фітодієтичний хліб з екстрактами цільового збору лікарських рослин – безсмертника, материнки, звіробою, м'яти, пустинника і ін.

Показана можливість використання відходів виробництва лікарських препаратів з женьшеню – шроту кореня і біомаси женьшеню в вигляді борошна при випічці печива з підвищеними органолептичними властивостями і біологічною цінністю [10].

Обліпіха відноситься до плодово-ягідної сировини, що володіє високою біологічною цінністю. Склад плодів обліпіхи відрізняється рідкісним багатством і різноманітністю біологічно активних речовин. Це зумовило популярність обліпіхи як продукту дієтичного і лікувального харчування і величезний інтерес до неї з боку переробної промисловості з метою отримання харчових продуктів, що володіють оздоровлюючою дією на організм людини [12].

У шроті обліпіхи містяться: прокаротиноїди, цукри, кислоти, флавоноїди, лейкоантоціаніди, стерини, багатий набір незамінних амінокислот, високомолекулярні жирні кислоти, розчинний пектин, набір вітамінів – В₁, В₂, РР, С, Е, Р, К, мікро- і макроелементи [45].

Наявність важливих біологічно активних речовин в обліпіховому шроті дозволяє розглядати його як цінну добавку при створенні продуктів харчування підвищеної харчової та біологічної цінності і володіють радіопротекторними властивостями [6].

В даний час, згідно ТУ 8-627-90, з обліпіхового шроту отримують обліпіхове борошно. Борошно обліпіхи містить до 20 % білка, 18 – 23 % ліпідів. Вуглеводний склад обліпіхового борошна представлений целюлозою (15 – 16 %), пектин – до 4 %, вміст олігоцукрів близько 4 %. Високий вміст ліпідів обмежує термін зберігання борошна до 2-х місяців. В даний час технологія виробництва обліпіхової олії дозволяє отримувати знежирене обліпіхове борошно, на яке затверджені ТУ 407.01.93. У борошні обліпіхи знежиреної вміст ліпідів менше 2 %, що дозволяє не лімітувати термін зберігання. За вмістом харчових волокон борошно обліпіхи перевершує такі злакові культури, як жито і пшеницю в 7 – 10 разів. Продукт рекомендований як біологічно активна добавка [50].

Горіхи кедра здавна використовувалися населенням в харчових і лікарських цілях. В кедрових горіхах міститься до 65 % жирної олії з виключно високим вмістом «есенціальних» жирних кислот (в т.ч. до 55 – 62 % ліноленової, 11 – 15 % олеїнової кислоти), 1,1 – 1,6 % фосфоліпідів – основних компонентів клітинних мембран. За вмістом вітаміну Е (вітаміну молодості) – до 55 – 57 мг%, горіхи кедрові в кілька разів перевершують інші олійні культури.

Шрот горіха кедрового знежирений являє собою білий порошок з сіруватим відтінком. Містить 43 – 48 % білків і азотистих речовин, 44 – 52 % вуглеводів, 0,6 – 2,1 % ліпідів, 2,9 – 5,4% мінеральних речовин, високий вміст вітамінів групи В та інших біологічно активних речовин.

Знежирений шрот горіха кедрового є цінним джерелом біологічно активних речовин, необхідних для нормального функціонування біохімічних систем шкіри. Енергетична цінність кедрового шроту – 3700 ккал/кг [9].

Застосування дієти в комплексному лікуванні хворих на цукровий діабет часто призводить до зниження споживання необхідних нутрієнтів, що входять до складу рекомендованих до обмеження продуктів. Перспективним напрямком дієтології є розробка і впровадження спеціалізованих продуктів харчування, які збагачують раціон хворих на цукровий діабет окремими нутрієнтами і біологічно активними речовинами (БАР), підвищуючи ефективність дієтотерапії.

Велике значення в недостатньо раціональному харчуванні хворих на цукровий діабет має дефіцит асортименту спеціалізованих, зі зниженим вмістом жирів дієтичних продуктів, збагачених харчовими волокнами, вітамінами, мікроелементами, які підвищують антиоксидантний статус організму, нормалізують метаболізм, покращують загальний стан здоров'я [52].

В останні роки все більша увага приділяється розробці спеціалізованих низькокалорійних продуктів спрямованої дії для різних категорій хворих. Цей спосіб є одним з найбільш надійних, ефективних, економічних і природних для людини шляхів поповнення недостатнього надходження вітамінів з їжею.

Для заміни цукру в спеціалізованих дієтичних продуктах і напоях зазвичай використовують природні солодощі, більш солодша смак в порівнянні з сахарозою цукрозамінники (фруктозу, сорбіт, ксиліт і ін.), що не відрізняються від неї по енергетичній повноцінності, і некалорійні підсолоджувачі: дипептид аспартам, сахарин, цикламат і ін.) [9].

Цукрозамінники практично повністю утилізуються організмом на енергетичні витрати, а підсолоджувачі, за винятком аспартама та інших білкових

або вуглеводних підсолоджувачів, виводяться з організму в незміненому вигляді [10].

Більшість підсолоджувачів, відомих в даний час, хімічного походження, виготовлені на основі сахарину [10]. До них відноситься продукт «Світло» або «Солодкість дієтична». До складу «Світлі» входять бікарбонат натрію – 67,5 %; натрієва сіль сахарину – 25 %; лимонна кислота – 6,5 %. Вартість його в 2 – 5 разів нижче вартості еквівалента солодкості цукру. На всіх стадіях виготовлення, обробки і зберігання властивості «Світлі» залишаються незмінними, тому його можна використовувати в продуктах, які піддаються інтенсивному нагріванню [19].

Таким чином, літературні дані свідчать про перспективність використання зернопродуктів, і зокрема екструдованих продуктів, у функціональному харчуванні. Існуючі технології дозволяють вводити в рецептуру екструдатів різні біологічно активні добавки, здатні надавати продуктам функціональні властивості.

1.2 Екструзійні технології у виробництві зернопродуктів

В даний час вирішення проблеми повноцінного і збалансованого харчування приділяється більше уваги. Розробляються нові технології, що забезпечують створення різних видів харчової продукції функціонального призначення для підвищення якості харчування. Один із перспективних напрямків є використання термопластичної екструзії, що забезпечує інтенсифікацію виробничих процесів.

Екструзійна технологія є новим високоефективним процесом, що дозволяє отримати легкозасвоювані продукти, що відрізняються різноманіттям форм, смаку, аромату; стійкістю при зберіганні. Вона забезпечує переробку зерна хлібних злаків, борошна, висівок, зернового крохмалю і бульбоплодів, а також різних видів висівок і олійного насіння, що містять білок, використовуваних для приготування продуктів харчування і кормів. Вітаміни, мінеральні сполуки, інші

необхідні для повноцінного харчування сполуки, харчові волокна можуть бути включені до складу продуктів, щоб підвищити їх харчову цінність.

Продукти, отримані на основі екструдатів, характеризуються доброю засвоюваністю, навіть для немовлят. Вона досягається за рахунок повної желатинізації крохмалю, добре атакується ферментами шлунково-кишкового тракту, і руйнування в процесі екструзії деяких антіаліментарних речовин, що містяться в сировині (наприклад, інгібіторів трипсину [53]).

Засвоюваність продуктів, отриманих методом термопластичної екструзії, досить висока і вище рівня засвоюваності продукту, отриманого традиційними технологіями (наприклад, за допомогою барабанної сушки).

Застосування екструзійних технологій дає наступні переваги:

- можливість розвитку і застосування різних за рецептурами продуктів, так як немає жорстких обмежень на вигляд вихідної сировини;
- можливість отримання широкого спектру продуктів, заснованих на сумішах різних видів зерна (з додаванням різноманітних інгредієнтів) і відрізняються високою харчовою цінністю і що володіють функціональними властивостями.

У виробництві харчових продуктів під екструзією розуміють формування харчових мас, головним чином, за допомогою шнекових пресів (екструдерів) безперервної дії. Залежно від температури екструдованої маси розрізняють три види екструзії: холодна, тепла і гаряча (для варки) [57].

Для виробництва сухих сніданків застосовується гаряча екструзія, масова частка вологи в екструдованому матеріалі становить 10 – 20 %, температура продукту на виході з екструдера в межах від 110 до 200 °С, тиск 12 – 25 МПа. При таких високих температурах і тисках матеріал, що перероляється піддається глибоким фізико-хімічним змінам, перетворюючись з сипучої маси в пружно-в'язко-пластичну. Ця маса на виході з фільтри спучується зі значним збільшенням обсягу за рахунок різкого скидання внутрішнього тиску, що веде до вибухового випаровування вологи з випресовуваного екструдата і утворенню пористої структури [45].

Сухі сніданки, що виготовляються способом гарячої екструзії, внаслідок їх малої питомої ваги, обумовленої пористої піноподібної структуру, мають два основних недоліки. По-перше, для їх зберігання потрібні великі площі, а для перевезення – значні транспортні витрати. По-друге, вироби дуже неміцні, легко ламаються і кришаться. Крім того, для поліпшення текстуральних властивостей спучених сухих сніданків, зокрема, зниження прилипання до губ, їх покривають рослинним маслом. Це знижує термін зберігання продукції внаслідок прогрікання жирів і появи гіркої присмаку. Термін зберігання обмежується також високою гігроскопічністю спучених виробів, масова частка вологи в них не повинна перевищувати 2 %, інакше вони втрачають крихку структуру і стають непридатними для споживача [45].

Як вже зазначалося вище, екструзійна обробка супроводжується інтенсивним термомеханічним впливом на матеріал, що переробляється. У екструдерах відбувається дозування і змішування вихідних компонентів, пластифікація отриманої маси і її формування, а при необхідності і інтенсивна гомогенізація маси і спучування екструдата.

Основними частинами екструдера, що утворюють робочу зону, є шнекова пара (шнек і корпус) і формувальний вузол. При переміщенні продукту в робочій зоні екструдера збільшується стиснення, продукту що переробляється, який, ущільнюється, прогрівається за рахунок когезійно-адгезійних взаємодій між ним і робочими органами екструдера. В результаті перероблюваний матеріал піддається фазовим перетворенням: з сипучого стану – в високоеластичне, а потім – у в'язкотекуче [57].

На основі фазових переходів матеріалу шнекову камеру екструдера поділяють на ряд технологічних зон: зона завантаження, зона транспортування, зона стиснення, зона гомогенізації і зона формування. У зоні завантаження не спостерігається яких-небудь значних змін в продукті. У зоні транспортування відбувається інтенсивне змішування вихідних компонентів, видаляється повітря і інші газоподібні включення.

Далі перероблюваний матеріал потрапляє в зону стиснення, де відбувається його інтенсивна обробка під дією деформації зсуву. Матеріал ущільнюється, температура його підвищується. Відбувається руйнування структури перероблюваного матеріалу, його білкового і вуглеводного комплексів. Матеріал набуває високоеластичного стану.

У зоні гомогенізації відбуваються структурні перетворення білків і крохмалю, глибина яких залежить від виду екструзії. Перероблюваний матеріал переходить у в'язкотекучий стан.

У зоні формування також спостерігаються значні зміни. При виході матеріалу з фільтри відбувається релаксація деформацій, продукт розбухає, волога частково випаровується. При гарячій екструзії знаходився під тиском в екструдері еластичний матеріал спучується при виході з екструдера з утворенням піноподібної структури, яка зберігається після випаровування вологи.

Інтенсивний розігрів, що має місце при екструзійній обробці, дозволяє молекулам води придбати великий запас кінетичної енергії, що обумовлює в подальшому глибоку гідратацію крохмалю. Цьому ж сприяє постійне перемішування і оновлення поверхні частинок сировини завдяки наявності в шнековому каналі різних по напрямку і швидкості потоків матеріалу [22].

При екструзії перероблювана маса піддається інтенсивному гідротермомеханохімічному впливу, в результаті чого енергія зв'язку молекул з частинками сировини знижується. Молекули води вільно переміщуються всередині екстудованої маси, руйнуючи тверді частинки, перетворюючи її в пружно-в'язко-пластичну масу з безперервною тістоподібною структурою [42].

Найбільшим змінам крохмаловмісна сировина піддається при гарячій екструзії. Високий тиск і температура в поєднанні з механічним впливом створюють умови для так званої «сухої клейстеризації» або желатинізації крохмалю [16]. При наявності білків вони утворюють зв'язаний каркас, який в надалі руйнується. Відбувається денатурація білків. Як вже зазначалося вище, при виході з фільтри при гарячій екструзії спостерігається спучування екстудованої маси [12].

Спучування екструдованої маси відбувається внаслідок зміни фізичного стану води. При температурах 110 – 200 °С і тиску 12 – 25 МПа, що створюються в робочій камері при гарячій екструзії, вода знаходиться в рідкому стані. При виході матеріалу з екструдера вода миттєво перетворюється в пар, через різке падіння в матеріалі тиску, із звільненням акумульованої матеріалом енергії. Під дією тиску пара білкові ланцюги, що залишилися цілими і крохмальні зерна розриваються, відбувається глибока декстринизація крохмалю, а в переробленому матеріалі утворюються пори. Новоутворена пориста структура фіксується за рахунок затвердіння крохмалю, викликаного різким охолодженням [51].

Аналіз численних досліджень в області екструзії [3] дозволяє зробити висновок про те, що основними технологічними параметрами, що визначають проходження процесу екструзії і глибину зміни властивостей екструдованих мас є:

- температура продукту на виході з екструдера;
- тиск екструдованого матеріалу перед матрицею;
- масова частка вологи в екструдованій масі;
- час перебування товару в робочій зоні екструдера;
- конструкція матриці;
- частота обертання пресу шнека;
- конструкція шнекової частини екструдера.

1.3 Перспективи використання жита для виробництва продуктів харчування функціонального призначення

Основною сировиною для виробництва екструдованих продуктів харчування є зернові культури, такі як пшениця, просо, ячмінь, рис, кукурудза та інші. Жито поряд з пшеницею є найважливішою сировиною для борошномельної та хлібопекарської промисловості, але не знайшло широкого застосування в екструзійному виробництві.

Культура жита досить молода. Вона з'явилася пізніше пшениці і ячменю. Перша згадка про жито зустрічається в I ст. до н.е. [35].

Культура жита набула широкого поширення, головним чином, в країнах помірною і холодного клімату: Росії, Польщі, Німеччини, Чехословаччини та в північній частині Європи, в районах, де суворий клімат зробив майже неможливим обробіток пшениці.

В значній мірі цьому сприяє здатність зерна жита проростати при більш низькій температурі 0 – 2 °С, ніж зерно пшениці.

Жито відноситься до сімейства злакових, до роду *Sekale* [38].

За своїм структурно-механічними властивостями жито значно відрізняється від пшениці, що пов'язано з особливостями її хімічного складу. Для жита характерний високий вміст слизистих речовин.

За своїм загальним хімічним складом жито відрізняється від пшениці дещо меншим вмістом білків і великим – вуглеводів, особливо слизу [15].

На частку вуглеводів, в цілому, як видно з таблиці 1.1. припадає значна кількість речовин (близько 82 %) входять до складу жита.

Серед вуглеводів значну роль відіграють харчові волокна 9,6 – 13,0 %. Характерною особливістю вуглеводного комплексу зерна жита є вміст у ньому значної кількості розчинних полісахаридів (левулезанів і ін.), цим обумовлено наявність в зерні жита великої кількості водорозчинних речовин, яка доходить до 12 – 15 %.

Другою особливістю вуглеводного комплексу зерна жита є вміст у ньому слизу 2,0 – 2,5 %. Вченими [62] встановлено, що слиз – це водорозчинні, гідрофільні речовини, що складаються на 90 % з вуглеводів, з яких на частку пентозанів доводиться 78 – 94 %. Гідрофільність слизу велика – при гідратації вони збільшують свій обсяг у 8 разів. В'язкість водних розчинів слизу зерна жита перевищує в'язкість розчинів желатину і клейстеризованого крохмалю в 2 – 2,5 рази [42].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад зерна жита

Показники	Вміст, % на суху речовину
Вуглеводи	78,0 – 86,0
Крохмаль	56,0 – 64,0
Цукри	4,2 – 6,8
Редукуючи речовини	0,2 – 0,5
Клітковина	2,1 – 3,0
Пентозами	7,5 – 10,0
Білки (всього)	9,0 – 18,0
Альбуміни і глобуліни	4,0 – 6,0
Проламіни	3,0 – 5,0
Глютеніни	2,0 – 3,0
Жир	1,8 – 2,1
Мінеральні речовини (всього)	1,5 – 2,2
CaO	0,072 – 0,084
FeO	0,006 – 0,010
P ₂ O ₅	0,57 – 0,86
Водорозчинні речовини	12,0 – 18,0
Вітаміни в мг/кг	
B ₁	4,0 – 7,0
B ₂	2,0 – 3,0
PP	14,0 – 20,0

У різних частинах зерна міститься не тільки різна кількість білків, але і різні білки. Найбільш багатий білками зародок: в ньому містяться білки, що належать до групи альбумінів і глобулінів, дещо менше міститься білка в алейроновому шарі, ендоспермі, насінневих і плодових оболонках, найменше міститься білка в плодових оболонках. Алейроновий шар багатий глобулінами. Борошнисте ядро ендосперму містить всі білки, що відносяться до груп проламіни і глютенінів.

Вміст мінеральних речовин визначається по зольності: зола в зерні жита становить 1,5 – 2 %. Найбільша кількість золи в зерні жита зосереджено в зародку, алейроновому шарі і оболонках, а найменше їх в ендоспермі.

Вміст вітамінів в зерні жита вивчено недостатньо. З наявних даних щодо вітамінів B₁, B₂, PP можна зробити висновок, що вітаміну B₁ міститься значна

кількість, ніж вітаміну B₂, і вміст його в порівнянні з вітаміном B₂ у різних сортів коливається в значно більших межах [29].

Таким чином, вивчення хімічного складу окремих частин зерна жита показало, що в харчовому відношенні не всі частини зерна однаково повноцінні.

Хімічний склад зерна жита змінюється в широких межах, особливо щодо вмісту вуглеводів і білків. Він залежить від агротехніки, ґрунтово-кліматичних умов, при яких формувалися господарські та біологічні ознаки зерна і сортові особливості, зерно південних і східних областей відрізняється великим вмістом білка і меншим вмістом крохмалю [62].

Вільні ліпіди представляють собою тільки частину загальної кількості ліпідів, хоча і значну – 65 – 89 %. Другою за значенням групою є пов'язані ліпіди – 3,3 – 24 %. Відносний вміст міцнозв'язаних ліпідів – 4,3 – 13 % в культурах (за винятком рису і проса) значно менше, ніж двох інших груп. За вмістом зв'язаних форм в зерні (в % до суми ліпідів) досліджувані культури розташовуються в наступному порядку: жито (34,6 %), пшениця (31,0 %), гречка (28,8 %), рис (16,6 %), просо (11,8 %), кукурудза (11,3 %), овес (11,1 %). Істотні відмінності у відносному вмісті вільних, зв'язаних і міцнозв'язаних ліпідів пояснюються їх різною роллю в процесах життєдіяльності. Вільні ліпіди – це в основному запасні ліпіди, пов'язані – структурні. Тому кількісна характеристика ліпідів зернових культур без урахування зв'язаних форм є абсолютно недостатньою. Вміст ліпідів в зерні залежить від ґрунтово-кліматичних умов, а також від видових і сортових особливостей, в зерні ліпіди розподілені нерівномірно. Найбільша їх кількість (у відсотковому відношенні) міститься в зародку зерна, найменше – в ендоспермі. У зерні жита в зародку міститься 11,9 % ліпідів, в ендоспермі – немає [42].

Якісний склад кислот рослинних жирів постійний. Це явище пояснюється тим, що єдиним джерелом жиру в рослинах є синтез їх з вуглекислоти та води, для кожної рослини постійний, що протікає під впливом ферментних систем, які у рослин різних родин можуть мати деякі специфічні особливості.

У той же час кількісний склад жирних кислот одного і того ж рослинного жиру непостійний. Ця мінливість особливо характерна для ненасичених жирних кислот.

Великий вплив на кількісний склад жирних кислот рослинного жиру надають кліматичні умови зростання. Встановлено, що холодний клімат (в порівнянні з більш теплим), обумовлює накопичення в жирах насіння рослин великої кількості властивих їм сильно ненасичених кислот.

Біологічна цінність ліпідного комплексу зернових культур визначається в першу чергу вмістом полієнових жирних кислот, можливості синтезу яких в тваринному організмі обмежені. Особливо важливі лінолева і ліноленова кислоти, які називають есенціальними, тобто істотно необхідними для життєдіяльності організму. Присутність їх в їжі є обов'язковою умовою для зростання і здорового стану шкірного покриву, нормальної проникності капілярів і запобігання їх від крихкості. Вони необхідні для засвоєння насиченого жиру, впливають на обмін холестерину.

Ряд дослідників [25] відзначають позитивну роль поліненасичених жирних кислот в профілактиці атеросклерозу. У зв'язку з великим вмістом лінолевої кислоти в багатьох рослинних маслах її умовно по фізіологічній дії можна вважати основною з цих кислот. Лінолева кислота в організмі людини перетворюється в арахідонову кислоту (за деякими даними тільки частково), яка по фізіологічній активності на 25 – 30 % сильніше лінолевої кислоти. Ліноленова кислота по фізіологічній активності сильно поступається лінолевій (1:9).

Насичені жирні кислоти фізіологічною активністю не володіють і представляють запасну речовину енергетичного призначення.

Питанням вдосконалення технології переробки жита, вивчення її технологічних властивостей присвячені роботи І.А. Наумова, В.Ф. Голенкова, Б.М. Максимчука, Г.Н. Панкратова, Д. Вайперта, Г. Цвінгельберга і ін .

В даний час жито і продукти його переробки знайшли застосування в хлібопекарській промисловості, для вироблення дитячого та дієтичного харчування [53].

Відомий спосіб отримання підірваних зерен жита [35]. При цьому виконувалися наступні операції: зволоження зерна до вологості 18 %, пропарювання при температурі 86 °С протягом 2 – 30 хвилин, підсушування до вологості 18 %. Ця гідротермічна обробка передбачалася для збільшення ступеня розширення підірваних зерен і додання їм більш повітряної структури.

Кушнерук Л.А. досліджувала процес отримання гідролізату з екструдованого житнього борошна [60]. При цьому відзначено вплив параметрів процесу екструдювання (вологість борошняної суміші, температура і тиск) на зміну хімічного складу і властивостей житнього борошна. Аналіз фізико-хімічних показників та хімічного складу виявив, що найбільшим змінам піддається вуглеводно-амілазний комплекс житнього борошна. При цьому відбувається деструкція крохмальних зерен, їх клейстеризація і збільшення вмісту декстринів. В результаті дії високої температури і тиску відбувається денатурація білка, але його чисельність практично не змінилася. Денатурація білка призводить до утворення меланоїдів, внаслідок чого борошно набуває золотисто-коричневий колір і характерний специфічний, приємний смак.

Висновки до розділу

В результаті огляду літератури встановлено, що жито має досить збалансований хімічний склад, містить велику кількість поживних речовин, володіє високою харчовою і біологічною цінністю і може бути використано в якості основної сировини для виробництва функціональних продуктів харчування екструзійної технології.

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Об'єкти досліджень і постановка експерименту

Експериментальні дослідження проводилися на кафедрі технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції Дніпровського державного аграрно-економічного університету та в цеху сухих сніданків ТОВ «Побережне».

В якості основної сировини було вибрано зерно жита ДСТУ 4522-2006, вирощеного в Дніпропетровській області і житнє обдирне борошно з нього 8791-2018. В якості додаткової сировини використовували:

- обліпиховий шрот ТУ 10626-90.
- кедровий шрот по ГОСТ 856-79.
- крохмаль по ГОСТ 24583-81.
- сухе знежирене молоко по ГОСТ 10970-88.
- манна крупа по ГОСТ 7022-91.
- підсолоджувач «Світлі» ТУ 125656080-94.
- сухий екстракт п'ятилистика чагарникового ТУ 9197 00603533369-99.

Об'єктами досліджень служили екструдовані продукти отримані з використанням основної і додаткової сировини.

Структурна схема проведення досліджень представлена на рис. 2.1.

2.2 Методи досліджень

Показники якості зерна жита визначали за ГОСТ 16990-88.

Органолептичні показники борошна по ГОСТ 27558-87.

Вологість зерна, борошна і добавок визначали стандартними методами ДСТУ 13586.5-93 і ГОСТ 9404-88.

Визначення органолептичних показників екструдатів – по ГОСТ 15113.3-77.



Рисунок 2.1 – Структурна схема проведення досліджень

Визначення об'ємної маси повітряних зерен – по ГОСТ 15113.1-77.

Визначення кислотності екструдатів проводили по ГОСТ 15113.5-77.

Визначення вмісту крохмалю в зерні та продуктах його переробки здійснювали по ГОСТ 10845-76 поляриметричним методом Еверса.

Визначення декстринів проводили спектрофотометричним методом.

Визначення водорозчинних речовин проводили по ГОСТ 27495-87 рефрактометричним методом.

Вміст білка визначали за методом Кельдаля – ДСТУ 10846 - 91.

Визначення нітратів і нітритів. Для визначення нітратів і нітритів використовували метод заснований на фотометричному вимірюванні інтенсивності забарвлення азотз'єднання рожево-малинового кольору, що

утворюється при реакції нітритів з α -нафтиламином і сульфаниловою кислотою (реактив Грісса) в кислому середовищі після водного витягання їх з досліджуваних проб. Реакція специфічна для нітритів.

Вміст жиру визначали методом безперервної екстракції по ГОСТ 15113.9-77.

Визначення жирнокислотного складу здійснювали методом газорідинної хроматографії.

Визначення залишкових кількостей пестицидів проводили методом тонкошарової хроматографії.

Визначення суми флавоноїдів проводили спектрофотометричним методом.

Величину енергетичної цінності продукту визначали розрахунковим шляхом за формулою:

$$EЦ = B \cdot 4,0 + Ж \cdot 9,0 + K - Д \cdot 4,1 + M \cdot 3,8, \quad (2.1)$$

де $EЦ$ – енергетична цінність продукту, ккал;

4,0; 9,0; 4,1; 3,8 – коефіцієнти перерахунку;

B – вміст білка, %;

$Ж$ – вміст жиру, %;

K – вміст крохмалю, %;

$Д$ – вміст декстринів, %;

M – вміст моно- і дисахаридів, %.

Екструдовані продукти отримували на екструдері марки ТН-100. Екструдер ТН-100 призначений для отримання сухих сніданків та інших видів харчових концентратів з крохмалевмістної сировини (типу рисове, кукурудзяне, пшеничне, гречане борошно) методом екструзії на підприємствах харчової промисловості. Екструдер може працювати в складі лінії, що включає в себе підведення і завантаження сировини, відведення і упаковку готового продукту. Електроживлення екструдера передбачено для мережі змінного струму напругою

380 В, 50 Гц. Нормальна експлуатація установки передбачає виконання підприємством-споживачем таких вимог:

- температура повітря в приміщенні повинна бути 15 – 25 °С;
- вологість повітря не вище 65 %.
- вихідна сировина, що подається в дозатор має бути очищено від домішок і включень і відповідати чинним вимогам.

домішок і включень і відповідати чинним вимогам.

Технічна характеристика екструдера ТН-100 приведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні дані екструдера ТН-100

Найменування параметру	Величина параметру
Технічна продуктивність, кг/год	45 – 90
Діаметр шнеків екструдера, не більше, мм	59,8
Відношення сумарної довжини корпусів до діаметру шнека	8,25
Робоча температура в зоні нагріву, не більше, °С	200
Діапазон регулювання температури, °С	25 – 300
Частота обертання шнеків екструдера, об/хв	40 – 400
Частота обертання шнеків дозатора, об/хв	10 – 240
Частота обертання ріжучого пристрою, об/хв	1500
Встановлена потужність, не більше, кВт	40
Витрата питної води для технологічного процесу, л/год	1,0 – 15
Витрата охолоджуючої води, не більше, л/год	600
Питома витрата енергії, кВт год/кг	0,5
Питома витрата питної води, л/кг	0,17

Висновки до розділу

В даному розділі дипломної роботи нами було розглянуто об'єкти та методи досліджень, визначено методику проведення досліджень та розроблено структурну схему проведення досліджень.

3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Вибір основи для виробництва екструдованих продуктів функціонального призначення

Метою проведених досліджень було отримання екструдованого продукту функціонального призначення на житній основі. Відомо, що жито багате вуглеводами, слизом, володіє збалансованим амінокислотним складом, містить до 13 % харчових волокон, а також вітаміни і мінеральні речовини [55]. Визнано, що харчові волокна стимулюють ріст нормальної мікрофлори, їх споживання сприяє певним позитивним зрушенням у функціональному стані шлунково-кишкового тракту [14]. У зерні жита містяться есенціальні жирні кислоти, необхідні для життєдіяльності організму людини. Продукти харчування з жита широко використовуються в дитячому і дієтичному харчуванні. З огляду на корисні властивості жита, екструдовані продукти на її основі можуть бути використані в функціональному харчуванні. Крім того, особливості технологічного процесу екструзії дозволяють застосовувати різні види додаткової сировини, що поліпшує структуру, харчову цінність і смакові переваги продукції. Додаткова сировина може бути джерелом біологічно активних речовин, які надають готовому продукту функціональні властивості.

Відомо, що для виробництва екструдатів використовується як ціле, так і подрібнене зерно злаків, а також різні крупи. Залежно від цього виходять продукти різного призначення з різною структурою [16].

Виходячи з цього, була досліджена можливість використання для екструзії цілого і дробленого зерна жита, а також композиційних сумішей, складених на основі зерна жита і різних харчових добавок.

Відомо, що харчові добавки в залежності від призначення можна об'єднати в шість груп [44]:

1 – сприяють підвищенню харчової цінності продуктів (білкові композити, мікроелементи, мультидобавки);

2 – сприяють підвищенню біологічної цінності продуктів (амінокислоти, біопрепарати, ізоляти, текстурати, концентрати, збагачувачі);

3 – сприяють поліпшенню смакових і ароматичних гідності продуктів (ароматизатори, есенції, ефірні масла, замітники, кислотоутворювачами, композити, поліпшувачі);

4 – призначені для збереження якості продукту (антиоксиданти, консерванти, гідролізат, стабілізатори, ферменти, фосфати, емульгатори, барвники, інгібітори, адсорбенти, підкислювачі, поверхнево-активні речовини);

5 – сприяють підвищенню лікувально-профілактичних і дієтичних властивостей продуктів (вітаміни, пектини, цукрозамінники, підсолоджувачі);

6 – підвищують ефективність технологічних процесів (розчинники, розпушувачі, загусники, структуроутворювачі, піногасники, піноутворювачі).

Кількість добавок, що вводяться в суміші для екструдування, вибирали шляхом порівняння органолептичним методом властивостей отриманих екструдатів (зовнішній вигляд, колір, смак, запах і структура). Для екструдування було обрано такі об'єкти:

1) зерно жита.

2) проросле зерно жита. Для його отримання зерно зволожували до 30 % і пророщували до появи паростків довжиною 2 – 3 мм.

3) зерно жита з додаванням 1,2 % кедрового шроту.

4) зерно жита з додаванням 0,5 % обліпихового шроту.

Відомо, що при проростанні зерна відбувається цілий комплекс глибоких біохімічних змін. Основна їх спрямованість – розпад в ендоспермі і сім'ядолях високомолекулярних речовин до низькомолекулярних розчинних речовин [54]. В такому зерні знижується вміст крохмалю і підвищується частка декстринів. Виходячи з цього, припустили, що таке зерно можна використовувати для отримання екструдованого продукту функціонального призначення.

Кедровий і обліпиховий шрот були використані, по-перше, як харчові добавки, здатні поліпшити структурні характеристики екструдатів; по-друге,

обліпиховий шрот як джерело харчових волокон, а кедровий шрот як білковий збагачувач.

При виробництві екструдованих продуктів зернова сировина найчастіше використовується в подрібненому вигляді. При цьому скорочується тривалість технологічного процесу, додаткова сировина краще змішується з основною, поліпшується якість виробів.

Для отримання дробленого зерна жито двічі подрібнювали на лабораторній млиновій установці «Нагема», спочатку при величині міжвальцевого зазору 0,8 мкм, а потім – при величині зазору 0,4 мкм.

Останнім часом цукрозамінники та підсолоджувачі досить широко використовуються у виробництві низькокалорійних дієтичних продуктів для хворих на цукровий діабет. В якості підсолоджувача використовували «Світлі».

Шляхом підбору компонентів були складені наступні композиційні суміші:

1) подрібнене зерно жита змішували з 1 % кедрового шроту, додавали 0,007 % підсолоджувача «Світлі».

2) подрібнене зерно жита змішували з 0,02 % підсолоджувача «Світлі».

На першому етапі проводилися дослідження з визначення технологічних режимів підготовки сировини до переробки. Перш за все, визначався вплив вихідної вологості сировини на якість екструдованих продуктів. Вихідну вологість сировини змінювали в межах від 12 до 16 % з урахуванням вимог технічної характеристики екструдера. На підставі органолептичної оцінки якості екструдатів було встановлено, що оптимальною технологічною вологістю сировини, що подається в екструдер, є вологість 14 %. При введенні добавок з низькою вологістю їх зволожували так, щоб вологість екструдованої суміші становила 14 %.

3.1.1 Визначення органолептичних та фізичних показників якості екструдатів

Органолептичні показники якості харчових продуктів є найважливішими для споживача. Отримані екструдати оцінювалися за такими органолептичними

показниками: зовнішній вигляд, колір, запах, смак і структура. Крім того, в екструдати визначали фізичні показники: вологість, діаметр і об'ємну масу.

Екструдати з цілого зерна жита вийшли різними за формою і величиною. Вони мали кремовий колір, прісний смак, грубу, пористу структуру.

Органолептична оцінка продукції показала, що проросле зерно жита недоцільно використовувати для отримання екструдованих продуктів. Екструдати виходять з неприємним смаком і грубої жорсткою структурою.

Екструдати, вироблені із суміші зерна жита і кедрового шроту вийшли однаковими за формою і величиною, сірого кольору, з запахом і смаком, властивими зерну жита. Структура не груба, пориста, але щільна.

При використанні суміші зерна жита і обліпихового шроту вийшли екструдати різні за розміром і формою. Мають сірий колір, запах і смак властиві обліписі, не грубою, пористу структуру. Екструдати на поверхні мають вкраплення оболонкових частинок обліпихового шроту, які при екструзійної обробці практично не піддаються змінам.

За результатами органолептичної оцінки можна зробити висновок про те, що екструдовані продукти на основі зерна жита мають цілий ряд недоліків, особливо за структурою. Введення обліпихового шроту дозволяє трохи поліпшити структуру екструдата, але значно погіршує зовнішній вигляд (вкраплення оболонкових частинок шроту). Встановлено, що при введенні добавок збільшується щільність екструдатів. Таким чином, дослідження показали недоцільність використання цілого зерна жита в якості основи для виробництва екструдованих продуктів.

Відібрані фракції дробленого зерна масою 3 кг, зволожували до 14 %, відволожували протягом 2 годин і екстудували.

За результатами органолептичної оцінки екструдат з дробленого зерна має непривабливий зовнішній вигляд, незадовільні смакові характеристики, низькі споживчі властивості.

Органолептична оцінка екструдатів з композиційних сумішей на основі дробленого зерна свідчить про те, що використання кедрового шроту в якості

структуруювача, дозволяє отримати екструдати кремового кольору, з легким горіховим смаком і хрусткою пористою структурою. Застосування «Світлі» також покращує органолептичні показники готового продукту, так як підсолоджувач має в своєму складі бікарбонат натрію, який є розпушувачем.

Вологість готових екструдованих продуктів впливає на якість сухих сніданків і терміни їх зберігання, а її значення необхідно при розрахунку енергетичної цінності. Як результуючих показників обрані діаметр і об'ємна маса екструдатів Отримані дані представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Показники якості екструдованих продуктів на основі зерна жита

Екструдат	Вологість, %	Діаметр, мм	Об'ємна маса, г/дм ³
Зерно жита	8,9	11,02	65,1
Проросле зерно жита	10,0	9,25	195,0
Зерно з кедровим шротом	7,0	11,45	159,2
Зерно з обліпихи шротом	5,8	11,62	110,3
Подрібнене зерно	7,1	5,71	99,5
Подрібнене зерно з кедровим шротом і «Світлі»	7,6	6,51	70,01
Подрібнене зерно з «Світлі»	7,0	5,77	86,46

Результати дослідження фізичних показників якості екструдатів порівнювали з вимогами діючих ТУ 10-45-936-91 на круп'яні палички. За вимогами цих нормативних документів вологість сухих сніданків повинна бути не більше 6 %

З таблиці 3.1 видно, що при постійних умовах екструдування отримані продукти з різною вологістю. При цьому продукт з цілого зерна з добавкою

обліпихового шроту відповідає вимогам НТД на круп'яні палички і має вологість 5,8 %.

У порівнянні з ТУ 10-45-936-91 діаметр паличок повинен знаходитися в межах 6 – 12 мм, а об'ємна маса не повинна перевищувати 75 г/дм³. Дані таблиці 3.1 показують, що екструдати з цілого зерна жита відповідає нормативним вимогам для круп'яних паличок по діаметру, але мають дуже велику об'ємну масу. У той же час продукти на основі дробленого зерна мають малий діаметр і порівняно низьку об'ємну масу. Слід зазначити, що введення кедрового шроту при екструдванні дробленого зерна дозволяє отримати необхідну об'ємну масу продукту.

Таким чином, дослідження органолептичних і фізичних показників екструдованих продуктів показали, що при використанні в якості основи цілого і дробленого зерна жита виходять продукти незадовільної якості з невисокими споживчими перевагами. У той же час показана можливість використання різних добавок, що дозволяють дещо поліпшити структуру екструдатів. Результати досліджень показали, що зменшення розмірів частинок екструдованої суміші покращує фізичні показники якості готової продукції. Це дозволяє зробити висновок про необхідність використання житнього борошна в якості основи для виробництва екструдованих продуктів функціонального призначення.

3.1.2 Дослідження хімічного складу екструдатів

Відомо, що в процесі екструзії відбуваються зміни в хімічному складі готової продукції. Підвищені температури (120 – 200 °С) викликають структурні зміни біополімерів сировини і перш за все крохмалю.

Були проведені дослідження вмісту крохмалю і декстринів, як одного з показників, що характеризують гідроліз і утворення низькомолекулярних сполук, що мають більш високу живильну цінність.

Експериментальні дані порівнювали з контролем (вихідним зерном жита). Отримані результати представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Вміст крохмалю і декстринів в екструдаті на основі зерна жита

Найменування зразка	Вміст крохмалю, %	Вміст декстринів, %
Контроль	62,41	0,36
Екструдати		
Зерно жита	34,85	19,92
Проросле зерно	36,34	21,04
Зерно з кедровим шротом	32,31	22,38
Зерно з обліпихи шротом	35,65	20,41
Подрібнене зерно з кедровим шротом і «Світлі»	54,52	16,69
Подрібнене зерно з «Світлі»	55,42	16,54

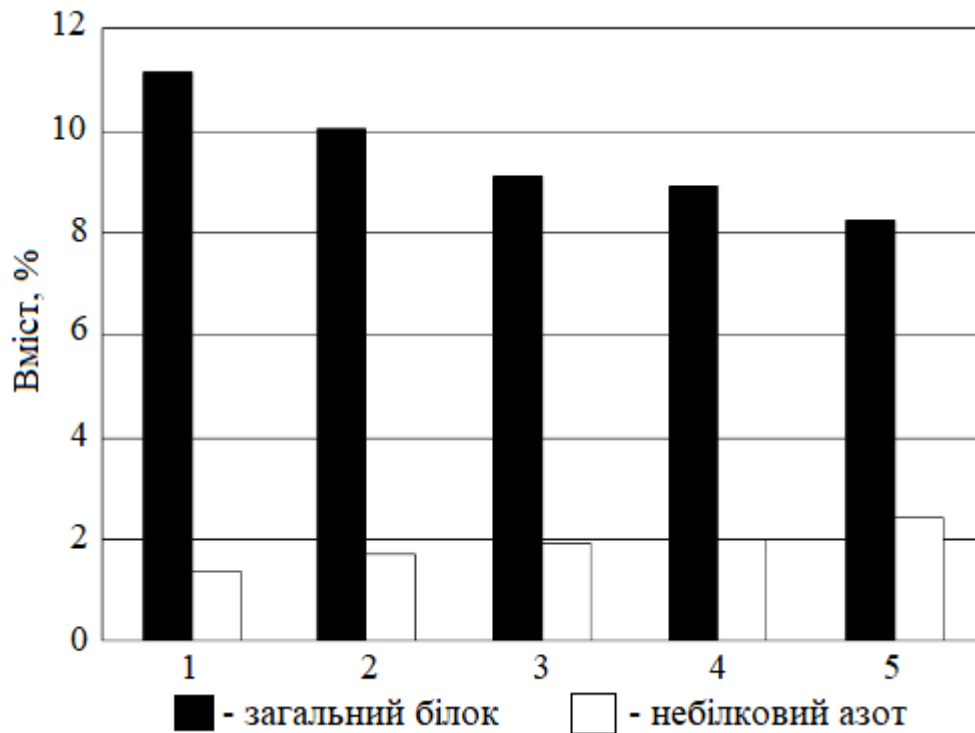
З таблиці 3.2 видно, що процес гідролізу при екструзії протікає досить інтенсивно, про що свідчить зниження вмісту крохмалю в екструдаті в порівнянні з вихідною сировиною. Кількість крохмалю практично однаковий в усіх композиційних сумішах на основі цілого зерна (32 – 36 %), а гідроліз супроводжується накопиченням декстринів. У порівнянні з контролем (вихідне зерно жита), вміст декстринів збільшується більш ніж в 50 разів. При цьому рівень декстринів у всіх зразках практично однаковий.

З наведених у таблиці 3.2 даних видно, що обробка в екструдері чинить менший вплив на крохмаль в екструдатах на основі дробленого зерна. Вміст крохмалю в цих зразках більш ніж в 1,5 рази вище і відповідно менше декстринів. Отримані результати показують, що подрібнення сировини дещо знижує інтенсивність гідролізу крохмалю при екструзії.

На рисунку 3.1 представлені результати дослідження впливу екструзії на білковий комплекс екструдатів. Отримані дані показують, що вплив високої температури викликає невелике зниження вмісту білка в екструдаті. Поряд зі зменшенням кількості загального білка в екструдованих продуктах відбувається збільшення вмісту небілкового азоту. Введені добавки по-різному впливають на ці процеси. Так в зразку з зерна жита з добавкою обліпихового шроту був

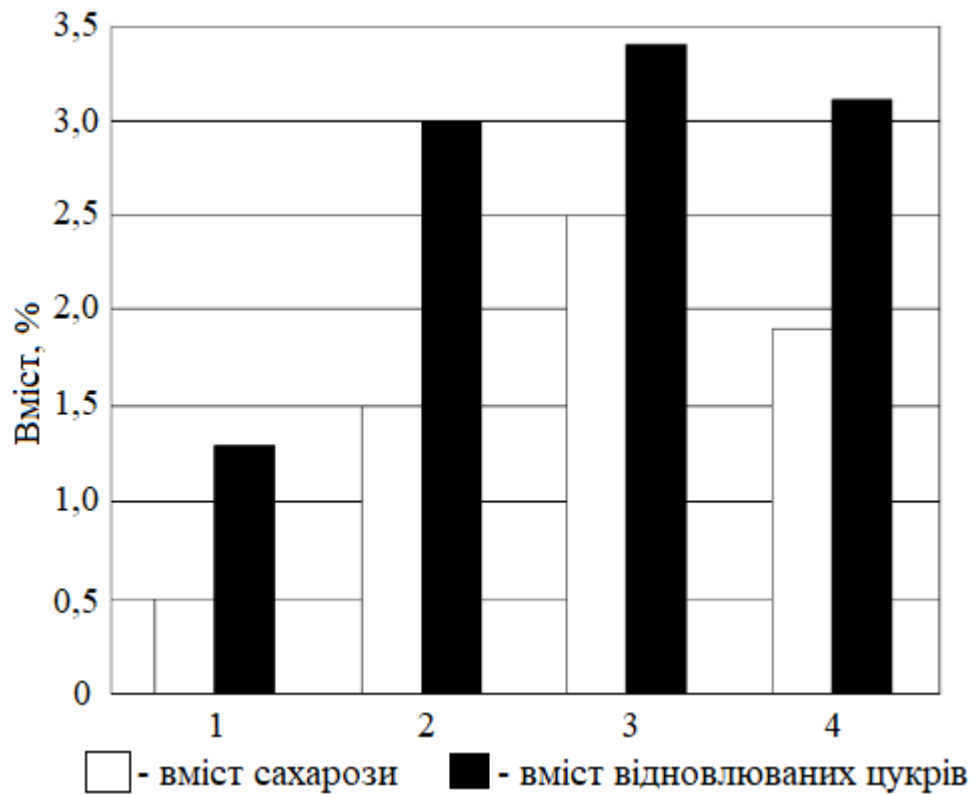
відзначений найнижчий рівень білка – 8,25 % і найбільша кількість небілкового азоту.

Оскільки при екструзії відбувається досить значний гідроліз крохмалю, було досліджено вплив термопластичної екструзії на зміну вмісту сахарози і відновлюваних цукрів в зразках з дробленого зерна (рис. 3.2.).



1 – контроль; 2 – екструдат з зерна жита; 3 – екструдат з пророслого зерна;
4 – екструдат з зерна жита з кедровим шротом; 5 – екструдат з зерна жита з обліпиховим шротом.

Рисунок 3.1 – Білковий комплекс екструдатів на основі зерна жита.



1 – контроль (зерно жита); 2 – екструдат з дробленого зерна; 3 – екструдат з дробленого зерна з кедровим шротом і «Світлі»; 4 – екструдат з «Світлі»
 Рисунок 3.2 – Вміст сахарози відновлювальний цукрів в екструдаті на основі дробленого зерна

Отримані результати показують, що гідроліз крохмалю супроводжується збільшенням вмісту відновлюваних цукрів (глюкози). Крім того, в екструдаті накопичується сахароза, що мабуть, пояснюється конденсацією моносахаридів під дією підвищеної температури.

Відомо, що поряд зі зміною вмісту білка, при екструзії може змінюватися також його фракційний склад. Дослідження проводили на зразках з дробленого зерна. Результати досліджень представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Фракційний склад білка екструдатів на основі дробленого зерна

Найменування зразка	Вміст загального білка, % СР	Вміст фракції, % від загального білка			
		Солерозчинна	Спирторозчинна	Лугорозчинна	Нерозчинний залишок
Контроль	11,16	32,91	45,11	12,81	9,24
Екструдат зі «Світлі»	9,90	31,74	45,92	14,64	7,85
Екструдат з кедровим шротом і «Світлі»	9,62	28,93	42,38	14,23	14,47

Отримані дані показують, що термопластична екструзія знижує вміст загального білка в екструдаті в порівнянні з вихідною сировиною. Можна відзначити, що у всіх екструдатів спостерігається зниження водо- і солерозчинних фракцій на 1,2 – 4 %; збільшується спирторозчинна фракція на 0,8 – 1,6 %, зменшення спирторозчинної фракції на 2,7 % відзначено в екструдаті з кедровим шротом; збільшення лугорозчинної фракції від 0,9 до 2,1 % характерно для всіх продуктів.

Для характеристики екструдованих продуктів дуже велике значення має показник енергетичної цінності.

Для зерна жита і екструдатів на основі цілого зерна був проведений розрахунок енергетичної цінності за формулою (2.1).

Для зерна жита енергетична цінність становить

$$EC = 11,16 \cdot 4,0 + 4,2 \cdot 9,0 + 52,4 - 0,36 \cdot 4,1 + 13,3 \cdot 3,8 = 303,2 \text{ ккал.}$$

Енергетична цінність досліджених екструдатів:

- 1) з цілого зерна жита 289,5 ккал/100 г продукту;
- 2) з пророслого зерна жита 284,5 ккал/100 г продукту;
- 3) з добавкою кедрового шроту 286,6 ккал/100 г продукту;

4) з добавкою обліпихового шроту 283,3 ккал/100 г продукту.

Отримані дані показують, що енергетична цінність екструдатів змінюється незначно в порівнянні з вихідним зерном.

Таким чином, проведені дослідження показали, що при використанні в якості основи цілого і дробленого зерна жита виходять продукти незадовільної якості з невисокими споживчими перевагами. У той же час показано, що використання різних добавок дозволяє трохи поліпшити структуру екструдатів. На основі результатів досліджень також встановлено, що зменшення розмірів частинок суміші, що екструдується покращує фізичні показники якості готової продукції. Це дозволяє зробити висновок про необхідність використання житнього борошна в якості основи для виробництва екструдованих продуктів функціонального призначення. У подальших дослідженнях в якості основи було використане житнє обдирне борошно. До цінних особливостей житнього обдирного борошна відноситься вміст вітамінів групи Е, підвищений вміст йоду і фтору, велика стійкість жиру житнього борошна до окислення [54].

3.2 Підбір оптимальних параметрів екструзійної обробки

Для отримання якісного продукту необхідно ретельно підібрати технологічні параметри екструзії. Огляд літератури показав, що основними регульованими режимами, що впливають на якість екструдатів, є крім вологості сировини, температура обробки його і тиск в екструдері, яке створюються різною швидкістю обертання шнеків. Ці параметри впливають на структуроутворення і зміну хімічного складу.

Для дослідження впливу параметрів екструзії на якість і хімічний склад продукції були обрані діапазонні зміни температури в межах від 125 °С до 180 °С, і швидкості обертання шнеків – від 170 до 300 об/хв. Діапазон температур був обраний на основі попередніх досліджень, які дозволили зробити висновок про недоцільність використання температури обробки в екструдері нижче 125 °С і вище 180 °С для виробництва житніх паличок з добрими споживчими

властивостями. Низька температура призводить до перезволоження екструдатів, а висока – до їх підгоряння. Висока швидкість обертання шнеків (вище 300 об/хв) призводить до отримання продукту з незадовільною структурою.

При визначенні органолептичних показників якості готових продуктів було відзначено, що всі екструдати мають гарний зовнішній вигляд, колір від світло-коричневого до світло-кремового, властиві смак і запах, пористу і не грубу структуру.

Фізичні показники якості представлені в таблиці 3.4. Отримані результати порівнювали з вимогами ТУ 10-4 5-936-91 на круп'яні палички.

Таблиця 3.4 – Вплив параметрів екструдування на фізичні показники якості екструдатів

Параметри екструдування		Діаметр, мм	Об'ємна маса, г/дм ³	Вологість, %
Швидкість обертання шнеків, об/хв	Температура, °С			
170	125	12,85	58,31	9,6
	150	11,02	54,01	9,6
	160	11,84	62,18	9,3
300	150	11,84	55,31	8,8
	175	11,50	59,26	8,5
	180	11,18	59,01	8,7

Оцінка отриманих результатів показує, при швидкості обертання шнеків 170 об/хв вологість екструдатів дещо висока і продукт виходить більш щільним, ніж при великих швидкостях обертання. Кращі результати отримані при швидкості обертання шнеків 300 об/хв.

Збільшення температури при швидкості обертання 300 об / хв від 150 до 180 °С не викликає помітних змін у фізичних характеристиках екструдатів, тому можна рекомендувати вести технологічний процес при м'якому температурному режимі, тобто при 150 – 160 °С. Таким чином, дослідження показали, що

найкращі показники якості має продукт, отриманий при тиску, що створюється обертанням шнеків зі швидкістю 300 об/хв і температурі 150 °С.

У екструдатах визначали вміст крохмалю, водорозчинних речовин і декстринів. Позначено, що у всіх зразках вміст крохмалю знижується в порівнянні з контролем (зерно жита). У той же час спостерігається збільшення вмісту водорозчинних речовин. Дані про вміст водорозчинних речовин і декстринів представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Вплив параметрів екструдуювання на вміст водорозчинні речовин і декстринів

Параметри технологічного процесу		Вміст водорозчинних речовин, %	Вміст декстринів, %
Швидкість обертання шнеків, об/хв	Температура, °С		
170	125	13,71	13,21
	150	14,14	15,25
	160	14,95	15,87
300	150	22,13	19,50
	175	24,92	20,70
	180	24,51	22,12

У вихідному зерні жита містилося 12,20 % водорозчинних речовин і 0,36 % декстринів.

Збільшення температури в робочій камері і тиску впливає на гідроліз крохмалю і водорозчинних речовин, і можна зробити висновок про те, що більший тиск (швидкість обертання шнеків 300 об/хв), дозволяє отримати кращі результати. При таких режимах екструдуювання вміст крохмалю зменшується більш ніж на 10 %, а вміст водорозчинних речовин збільшується майже в 2 рази.

Процес гідролізу крохмалю супроводжується збільшенням вмісту декстринів в досліджених зразках. Збільшення швидкості обертання шнеків від 170 до 300 об/хв призводить до наростання вмісту водорозчинних речовин і

декстринів. До подібних же змін призводить підвищення температури від 25 до 180 °С.

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок про те, що кращі результати досягаються при швидкості обертання 300 об/хв і температурі в робочій камері екструдера 150 – 180 °С. Вміст водорозчинних речовин при цьому збільшується в 2 рази, а декстринів – більш ніж в 40 разів у порівнянні з зерном.

Динаміка зміни вмісту декстринів представлена на рис 3.3.

З рис 3.3. видно, що накопичення декстринів майже прямо пропорційно збільшенню температури екструдювання. Відзначається, що більш висока швидкість обертання шнеків забезпечує більш інтенсивне підвищення їх вмісту. При цьому різниця між накопиченням декстринів при швидкості обертання 170 і 300 об/хв залишається майже незмінною (близько 4,5 %) і не залежить від температури екструзії.

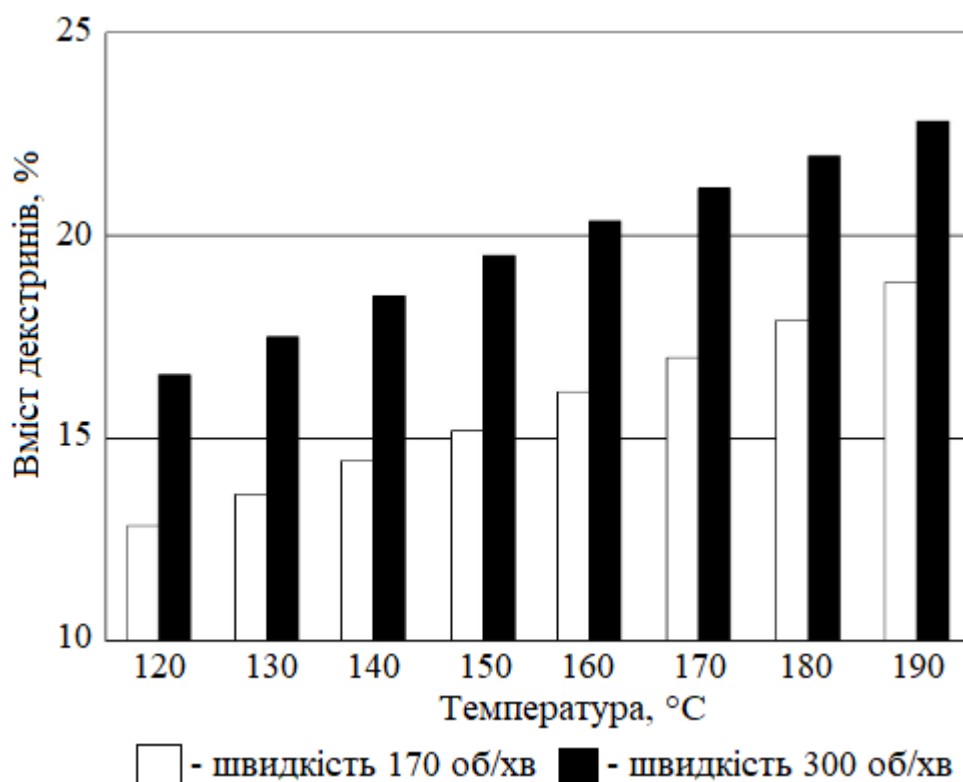


Рисунок 3.3 – Вміст декстринів в залежності від параметрів екструдювання

Температура обробки сировини в екструдері коливається в значних межах від 120 °С до 180 °С. При такому впливі в продукті відбуваються денатураційні процеси. Тому становить інтерес простежити, як змінюється вміст білка і його склад залежно від температури в робочій камері екструдера.

У таблиці 3.6 наведені дані досліджень зміни вмісту загального білка і його фракційного складу при різній температурі обробки в екструдері, при постійній швидкості обертання шнеків – 300 об/хв.

Таблиця 3.6 – Вплив температури обробки на фракційний склад білка

Найменування зразка, температура обробки, °С	Вміст загального білка, % СР	Вміст фракції, % від загального білка			
		Солерозчинна	Спирторозчинна	Лугорозчинна	Нерозчинний залишок
Житнє борошно	12,95	33,03	26,99	16,99	22,99
Екструдат, T = 125 °С	10,05	34,22	27,66	23,18	14,98
Екструдат, T = 150 °С	8,40	43,33	21,16	13,33	13,78
Екструдат, T = 180 °С	9,02	35,39	24,74	13,19	13,78

З даних таблиці 3.6 видно, що вміст загального білка в житньому борошні склав 12,95 %. Обробка в екструдері при температурі 125 °С призводить до зниження вмісту білка до 10,05 %, що можна пояснити утворенням комплексних сполук з вуглеводами і збільшення нерозчинного залишку. Зміна температури до 150 °С ще більше знижує вміст загального білка. Він становить 8,4 %, при збільшенні її до 180 °С отримали зниження вмісту білка в порівнянні з вихідним зразком житнього борошна на 3,9 %, але збільшення на 0,6 % в порівнянні з температурою 150 °С.

Виходить, що білки по-різному реагують на дію температури, хоча закономірність змін залишається однаковою.

Аналіз загального стану фракційного складу при різних температурах показує, що оптимальною для отримання легкозасвоюваного екструдата є

температура 150 °С, при цій температурі отримано максимальну кількість водо-, і солерозчинних фракцій. Причому треба відзначити, що саме при 150 °С екструдати мають необхідні значення діаметра, довжини і пористої хрусткої структури.

Становить великий інтерес визначення впливу тиску в робочій камері екструдера на вміст білка і його фракційний склад. За вихідний зразок було взяте житнє борошно, яке потім піддавалося екструзії при швидкості обертання шнеків в межах 170 – 300 об/хв. Температура і вологість борошна не змінювалися: 150 °С і 14 %. Дані досліджень представлені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Вплив швидкості обертання шнека екструдера на утримання білка і його фракційний склад в екструдати

Найменування зразка	Швидкість обертання шнеків, об/хв	Вміст загального білка, % СР	Вміст фракції, % від загального білка			
			Солеводо-розчинна	Спирто-розчинна	Луго-розчинна	Нерозчинний залишок
Житнє борошно	-	12,95	33,03	26,99	16,99	22,99
Екструдат	170	10,31	26,70	20,50	17,54	24,95
Екструдат	300	10,23	29,59	22,43	11,70	26,05

Дані таблиці 3.7 показують, що збільшення швидкості обертання шнеків змінює вміст білка тільки в початковий момент, і подальше збільшення швидкості не впливає на вміст загального білка.

У порівнянні з вихідним зразком житнього борошна в екструдати, отриманих при різній швидкості обертання шнеків, відбувається зміна фракційного складу: водо-, солерозчинних і спирторозчинних фракцій зменшуються при обох значеннях швидкостей, а лугорозчинних при швидкості 170 об/хв незначно збільшується на 0,5 %, а потім зменшується до 11,70 % при швидкості 300 об/хв. Зміна фракції відбувається за рахунок збільшення нерозчинного залишку. Швидше за все, під дією швидкості обертання шнеків

денатурація білка відбувається зі збільшенням небілкової частини загального азоту, що і приводить до збільшення нерозчинного залишку.

Видно, що більш значні зміни білкових фракцій відбуваються при швидкості обертання шнеків 300 об/хв.

Таким чином, застосовуючи оптимальні параметри обробки сировини в екструдері, можна отримати продукти, максимально засвоювані організмом і готові до вживання.

Проведені дослідження дозволяють зробити висновок про те, що для забезпечення виробництва екструдованих продуктів з високими споживчими перевагами обробку сировини слід проводити при температурах від 150 до 160 °С і швидкості обертання шнеків 300 об/хв.

3.2.1 Визначення показників безпеки екструдатів

Наростаюча забрудненість об'єктів навколишнього середовища окисними сполуками азоту, в першу чергу нітратами, може привести до збільшення навантаження канцерогенних речовин на людину. Для попередження цього несприятливого впливу регламентують вміст нітратів не тільки в питній воді, але і в рослинних продуктах харчування.

Високим накопиченням нітратів відрізняються овочі, а з зернових культур кукурудза, овес і ячмінь. При вирощуванні жита використовується порівняно мало азотних добрив, що обумовлює низький рівень вмісту нітратів і нітритів у зерні жита і житнього борошна.

У літературі відсутні відомості про вплив екструзійної обробки на вміст нітратів і нітритів. Відомо, що руйнація нітратів відбувається в ході термічної обробки при високих температурах. В ході екструзії продукт піддається впливу високих температур і високого тиску, безсумнівно, впливають на що містяться в сировині токсиканти, що і було підтверджено нашими дослідженнями. Дані по дослідженню вмісту нітратів і нітритів представлені в таблиці 3.8. Результати експериментів порівнювали з контролем – житнього борошна. Вміст нітратів в контролі – 35,04 мг/кг, нітритів – 3,98 мг/кг.

Таблиця 3.8 – Вплив параметрів екструдювання на вміст нітратів і нітритів в екструдаті

Параметри екструдювання		Вміст нітратів, мг/кг	Вміст нітритів, мг/кг
Швидкість обертання шнеків, об/хв	Температура, С		
170	125	25,02	3,22
	150	21,98	2,75
	160	8,97	1,25
300	150	10,00	1,75
	175	5,98	1,75
	180	5,02	0,52

Отримані дані показують, що екструзійна обробка дозволяє в значній мірі знизити рівень нітратів і нітритів у готовій продукції. З таблиці 3.8 видно, що на процес зменшення цих токсикантів впливає збільшення температури і тиску в робочій камері екструдера. При швидкості обертання шнеків 300 об/хв і температурі 180 °С вміст нітратів знижується в 3,5 рази, а вміст нітритів – більш ніж в 6 разів у порівнянні з контролем.

У сучасному сільському господарстві поряд з азотними добривами часто використовуються пестициди, які мають здатність накопичуватися в ґрунті і продуктах харчування, зокрема в зерні, і забруднюють харчову сировину.

Таким чином, проведені дослідження показали, що особливості процесу екструзії (вплив високих температур і тиску) призводять до значного зниження таких забруднювачів харчової сировини, як азотнокислі солі. Це дозволяє забезпечити високу якість і безпеку екструдованих продуктів для використання їх у функціональному харчуванні.

Висновки до розділу

Вибрано оптимальний склад екструдованого продукту на основі житнього обдирного борошна. Досліджено можливість використання в якості коригувальних структурних компонентів добавок обліпихової шроту, крохмалю,

кедрового шроту, сухого молока, цукрозамінника «Світлі» і манної крупи. Показано, що з усіх досліджених добавок тільки манна крупа дозволяє отримати продукти з кращими органолептичними та фізико-хімічними властивостями. Додавання її в кількості 5 – 15 % призводить до зниження щільності і поліпшення структури готової продукції.

Підібрано оптимальні параметри екструзійної обробки та досліджено режими технологічного процесу і підібрані параметри, необхідні для отримання якісних екструдованих продуктів на житній основі. Рекомендовано використовувати температуру в робочій камері екструдера ТН-100 від 150 до 160 °С і швидкість обертання шнеків 300 об/хв.

Визначено основні фізико-хімічні та технологічні показники екструдату, встановлено, що оптимальною вологістю сировини для приготування рецептурної суміші є 14 %. Встановлено, що екструзійна обробка знижує масову частку крохмалю, збільшує частку декстринів і водорозчинних речовин, незалежно від ступеня подрібнення основної сировини. При екструдванні зменшується вміст загального білка і змінюється його фракційний склад.

4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРОДУКТУ

4.1 Вибір і обґрунтування складу рецептурної суміші та рівнів варіювання компонентів

При подрібненні зерна жита на борошно, крохмальні гранули, захищені набухаючими речовинами (слизами та ін.), руйнуються в меншій мірі, ніж крохмаль пшениці. У виробництві екструдованих продуктів більше цінується сировина з однорідним складом крохмальних зерен. Попередні дослідження показали необхідність використання житнього борошна в якості основи для отримання екструдованих продуктів. Найбільш оптимальними параметрами екструзійної обробки є температура 150 – 160 °С і тиск, що забезпечується швидкістю обертання шнеків 300 об/хв.

Дослідження показали, що при використанні добавок змінюється хімічний склад суміші і це дозволяє регулювати структуру екструдатів і властивості екструзійних продуктів. Тому в експериментах використовували композиційні суміші, складені з житнього обдирного борошна і добавок, що мають різний хімічний склад, різну харчову і біологічну цінність. В ході досліджень підбирали оптимальне співвідношення кількості введення добавок для отримання якісного продукту. Перелік добавок і вміст їх в рецептурі екструдованої суміші представлені нижче.

- 1) сухе молоко – 2,5, 10, 15 %;
- 2) обліпиховий шрот – 3,75, 7, 10, 15 %;
- 3) крохмаль – 5, 10, 15, 25 %;
- 4) манна крупа – 2, 5, 10, 15, 20 %;
- 5) підсолоджувач «Світлі» – 0,075, 0,1, 0,3, 0,5 %.

Як білковмісну сировину було використано сухе молоко, як джерела крохмалю – крохмаль і манна крупа, як джерело біологічно активних речовин і

структуруювач – обліпиховий шрот, для поліпшення смаку екструдата – підсолоджувач.

Якість екструдатів оцінювали за органолептичними, фізичними і хімічними показниками. Всі екструдати мають гарний зовнішній вигляд. Колір екструдатів залежав від використаних добавок. Сухе молоко, крохмаль, манна крупа і підсолоджувач надають продукції світло-кремовий і кремовий колір. Зразки з обліпиховим шротом мали колір від світло-коричневого до темно-коричневого.

Всі досліджені екструдати мали пористу не грубу структуру.

На смак і запах екструдатів впливає відсоток введення добавок. Зі збільшенням вмісту обліпихового шроту виробу набувають смак і запах цієї добавки. Збільшення відсотка введення сухого молока надає екструдати гіркуватий присмак. У разі використання крохмалю в будь-якому дозуванні виробу набувають прісний смак, а екструдати з підсолоджувачем виходять солодкуватими і нудотно-солодкими. Тільки введення манної крупи дозволяє отримати екструдати з властивим смаком і запахом.

Вологість є важливим показником якості екстурдованих продуктів. У таблиці 4.1. представлені результати визначення вологості в екструдаті з композиційних сумішей.

Результати показують, що на вологість екструдатів впливають застосовані добавки, і відсоток їх введення. Так, введення крохмалю від 5 до 10 %, обліпихового шроту від 3,75 до 10 % і манної крупи до 2 %, дозволяє отримати якісні екструдати з необхідною вологістю. При збільшенні дози добавок вологість продукту підвищується. Це пов'язано з необхідністю додаткової подачі води в екструдер при використанні добавок з низькою вихідною вологістю (сухе молоко, крохмаль). Вологість екструдата без добавок склала 9,5 %.

Таблиця 4.1 – Зміна вологості екструдатів в залежності від кількості добавок

Найменування добавок	Кількість добавок, %	Вологість, %	Коефіцієнт кореляції
Підсолоджував «Світлі»	0,075	8,5	0,92
	0,1	8,7	
	0,3	8,8	
	0,5	9,1	
Сухе молоко	2	9,6	0,98
	5	10,1	
	10	10,3	
	15	10,8	
	20	11,0	
Крохмаль	5	7,1	0,95
	10	7,8	
	15	8,4	
	25	9,3	
Обліпиховий шрот	3,75	7,2	0,92
	7	7,5	
	10	7,7	
	15	9,9	
Манна крупа	2	7,4	0,89
	5	8,2	
	10	8,4	
	15	8,7	
	20	11,6	

Дозування добавок була підібрана, перш за все, на основі органолептичної оцінки екструдатів. Для більш повного аналізу отриманих даних використовували емпіричні формули, що виражають їх функціональну залежність. Коефіцієнт кореляції по всім зразкам більше 0,89, і це показує, що експериментальні дані мають тісний функціональний зв'язок, що дозволяє провести регресійний аналіз.

Отримані експериментальні дані представлені на рис 4.1.

Результати показують, що збільшення дозування манної крупи і обліпихового шроту більше 15 % викликає різке підвищення вологості продукту,

що небажано. Вологість екструдатів збільшується, мабуть, через відмінності в гранулометричному складі змішуваної сировини і особливостей хімічного складу обліпихового шроту (наявність залишкової кількості олії). Крім того, при введенні добавок змінюється хімічний склад екструдованої суміші, що впливає на інтенсивність випаровування вологи з продукту.

Отримані дані показують, що вміст сухого молока і крохмалю незначно впливає на вологість екструдатів, так як ці продукти мають практично однакову з житнім борошном порошкоподібну структуру.



Рисунок 4.1 – Зміна вологості екструдатів в залежності від кількості добавок

Іншими важливими показниками якості екструдованих продуктів є діаметр і об'ємна маса. У екструдаті без добавок вони склали 8,51 мм і 67,01 г/дм³. Дані досліджень цих показників екструдати з композиційних сумішей представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Діаметр і об'ємна маса екструдатів в залежності від кількості добавок

Найменування добавок	Кількість добавок, %	Діаметр, мм	Об'ємна маса, г/дм ³
Підсолоджувач «Світлі»	0,075	8,4	77,04
	0,1	8,65	106,02
	0,3	9,5	80,04
	0,5	8,5	66,51
Сухе молоко	2	8,9	118,32
	5	8,65	113,31
	10	8,3	62,04
	15	8,3	84,23
	20	8,2	75,30
Крохмаль	5	9,05	141,56
	10	9,21	115,09
	15	9,23	128,32
	25	9,52	130,09
Обліпиховий шрот	3,75	7,33	73,28
	7	8,95	114,98
	10	8,05	131,56
	15	8,32	133,34
Манна крупа	2	11,91	70,34
	5	11,93	60,08
	10	12,24	51,58
	15	11,89	32,99
	20	13,08	43,63

Діаметр і об'ємна маса екструдатів з різних сумішей помітно різняться. Гарне розширення (великий діаметр) мають екстудовані продукти, отримані з сумішей, що містять манну крупу. При введенні підсолоджувача та сухого молока виходять продукти з великими розбіжностями в об'ємній масі. Застосування в якості добавок крохмалю і обліпихового шроту при задовільному діаметрі паличок значно ущільнює їх. І тільки введення обліпихового шроту в кількості 3,75 % дозволяє отримати екструдати, якість яких відповідає всім вимогам, але

найкращі показники по всіх параметрах мають екструдати з введенням 5 – 15 % манної крупи.

Вміст жиру і жирнокислотний склад продукту є одним з основних показників його поживної цінності. Необхідність дослідження вмісту жиру в екструдаті була викликана тим, що в літературі є суперечливі дані про вплив екструзійної обробки на жири.

Для дослідження було обрано такі зразки: екструдат 1 – з житнього борошна; екструдат 2 – з житнього борошна з добавкою 10 % обліпихового шроту; екструдат 3 – з житнього борошна з добавкою 3 % обліпихового шроту і 5 % крохмалю (таблиця 4.3).

Таблиця 4.3 – Вплив екструзійної обробки на вміст жиру і жирнокислотний склад продуктів

Найменування показника	Екструдат 1	Екструдат 2	Екструдат 3
Вміст жиру, %	2,0	3,1	2,6
Сумарна площа піків	421,4	630,6	617,8
(18:2) лінолева, %	44,6	46,1	43,4
(18:1) олеїнова, %	26,6	27,0	26,1
(18:0) стеаринова, %	3,5	3,4	2,8
(16:0) пальмітинова, %	25,1	24,1	25,6
(15:0) пентадеканова, %	сліди	сліди	сліди

Вміст жиру в зерні жита коливається від 1,8 до 2,1 % / 75 /, а в екструдаті 1 з житнього борошна міститься 2,0 % жиру. Таким чином, екструзійна обробка не спричиняє зниження кількості жиру в екструдаті.

З таблиці 4.3 видно, що при введенні 10 % обліпихового шроту вміст жиру в екструдаті збільшується більш ніж в 1,5 рази. При цьому не спостерігається помітної відмінності в складі жирних кислот. Оскільки підвищений вміст жиру може несприятливо відбитися на якісних показниках екструдованих продуктів, недоцільно використовувати обліпиховий шрот в якості добавки.

Про ефективність процесу екструдуння і харчової цінності готової продукції можна судити по зміні вмісту крохмалю, водорозчинних речовин і декстринів. Дані представлені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Вміст крохмалю, декстринів і водорозчинних речовин в залежності від кількості добавок

Найменування добавок	Кількість добавок, %	Вміст крохмалю, %	Вміст декстринів, %	Вміст водорозчинних речовин, %
Підсолоджував «Світлі»	0,075	47,92	11,10	16,09
	0,1	46,56	12,31	16,13
	0,3	46,09	12,32	17,11
	0,5	44,31	12,99	17,92
Сухе молоко	2	44,21	12,72	22,45
	5	45,59	12,78	23,28
	10	49,34	11,67	26,49
	15	57,08	11,11	27,93
	20	56,57	10,01	28,11
Крохмаль	5	46,08	13,47	15,78
	10	48,34	17,42	15,12
	15	53,03	19,91	18,11
	25	59,89	22,12	26,45
Обліпиховий шрот	3,75	44,60	11,89	18,90
	7	43,80	13,58	17,50
	10	42,70	13,52	15,40
	15	40,30	14,51	14,20
Манна крупа	2	48,31	16,02	24,51
	5	50,78	22,48	25,92
	10	53,79	26,11	26,78
	15	58,93	32,04	38,39
	20	59,02	35,67	39,93

В якості контролю використовували екструдат з житнього борошна без добавок, в якому вміст крохмалю і водорозчинних речовин було відзначено на рівні 47,84 % і 15,20 % відповідно. З таблиці 4.4 видно, що вміст крохмалю при

екструзії практично не змінюється в зразках з добавками підсолоджувача. При введенні в рецептуру екструдата обліпихового шроту відбувається деяке зниження вмісту крохмалю на 3 – 7 %, яке можна пояснити збільшенням частки некрохмаловмісної сировини. У той же час, зі збільшенням введення крохмаловмісної сировини (крохмаль і манна крупа), вміст крохмалю збільшується. Процес наростання вмісту крохмалю спостерігається також при введенні 15 і 20 % сухого молока. Мабуть, в даному випадку при екструзії в першу чергу відбувається вплив на білки, а потім піддається гідролізу крохмаль.

Дані таблиці 4.4. показують, що введення некрохмалистої сировини не впливає на вміст декстринів в готових виробках, в порівнянні з екструдатами без добавок (12,20 %).

При введенні манної крупи і крохмалю відбувається помітне зростання вмісту декстринів. Особливо інтенсивно цей процес йде в разі використання манної крупи. При введенні 5 % манної крупи кількість декстринів збільшується майже в 2 рази, а при введенні 20 % – в 3 рази.

Введення в рецептуру сумішей таких компонентів як сухе молоко і манна крупа призводить до збільшення вмісту водорозчинних речовин, особливо при введенні 15 і 20 % манної крупи (до 39,9 %). Це можна пояснити тим, що при екструзійній обробці біополімери сировини можуть частково переходити в водорозчинну форму.

Для виявлення функціональної залежності між отриманими даними провели кореляційний аналіз. Введення добавок (крім «Світлі») має дуже стійкий зв'язок зі зміною вмісту крохмалю. Коефіцієнт кореляції тут має значення від 0,9 до 0,98.

Для наочного уявлення результатів зміни вмісту крохмалю необхідно використання єдиного дозування добавок, при цьому спостерігається нелінійна залежність.

З рисунка 4.2 видно, що при введенні таких добавок як манна крупа, крохмаль і сухе молоко поступово збільшується вміст крохмалю в екструдаті. На підставі отриманих даних можна зробити висновок, що недоцільно вводити більше 25 % цих компонентів.

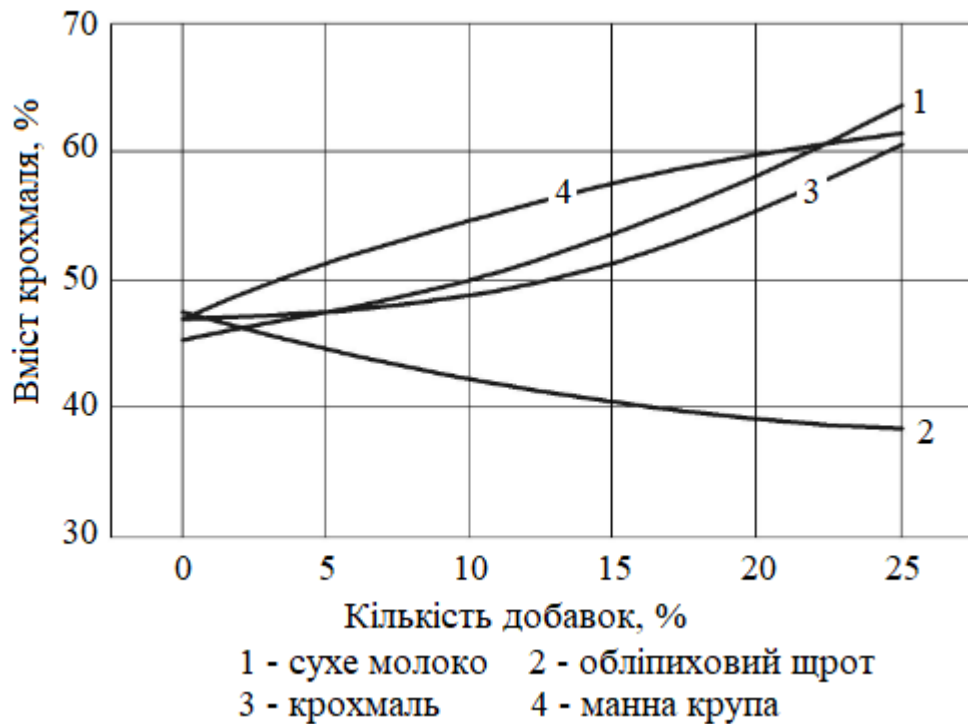


Рисунок 4.2 – Вміст крохмалю в залежності від кількості доданків

З рис. 4.2. видно що, введення в рецептуру великої кількості екструдата обліпихового шроту викликає зменшення вмісту крохмалю в зразках, але при цьому значно погіршуються органолептичні та фізичні показники екструдатів.

При використанні манної крупи простежується дуже тісний зв'язок між відсотком введення і вмістом декстринів. Графік залежності зображено на рис. 4.3. Накопичення декстринів в разі використання манної крупи відбувається дуже інтенсивно і досягає 37 %. Відомо, що для отримання якісних сухих сніданків необхідно, щоб екстудована суміш містила близько 80 % крохмалю і 10 – 15 % білків [47]. Очевидно, що додавання такого компонента як манна крупа дозволяє отримати оптимальний склад для виробництва екстудованих продуктів. Важливим фактором, що впливає на процес утворення декстринів, є інтенсивність пароутворення. Молекули води при цьому вільно переміщуються всередині екстудованої маси, перетворюють її в пружно-в'язко-пластичну масу з безперервною тістоподібною структурою і прискорюють гідроліз крохмалю [14].

Таким чином, додавання манної крупи в якості компонента дозволяє отримати екструдований продукт з найкращими органолептичними та фізико-хімічними показниками. Оптимальним співвідношенням є введення в екструдовану суміш 5 – 15 % манної крупи.

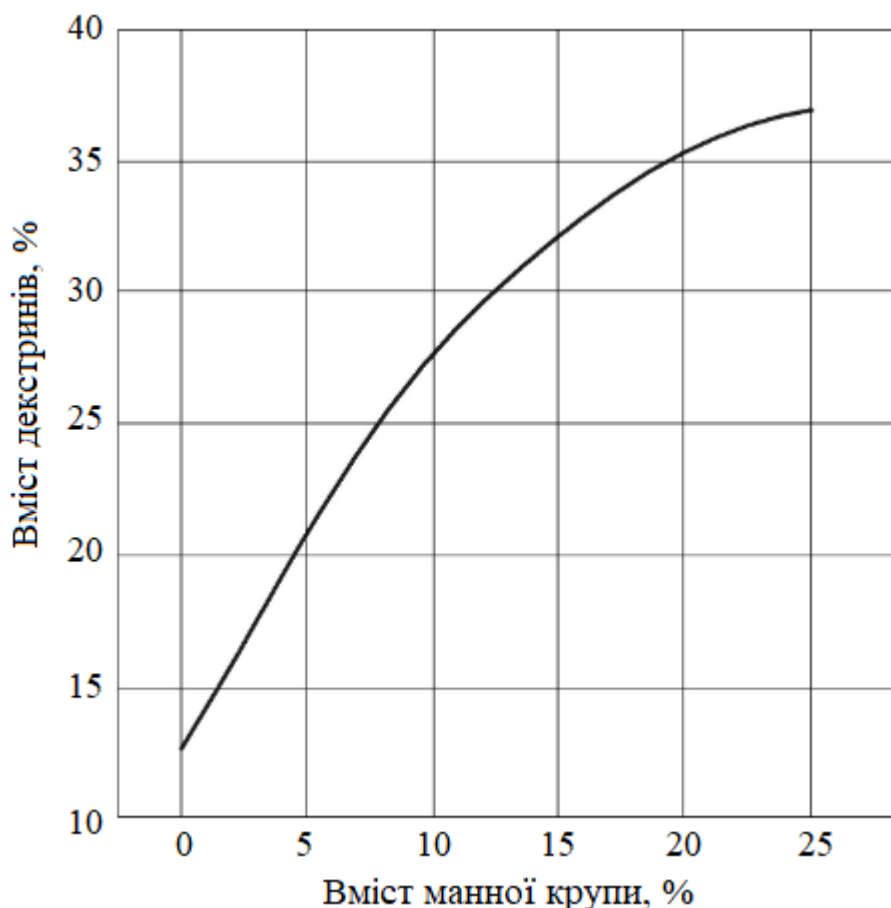


Рисунок 4.3 – Вміст декстринів в залежності від кількості манної крупи

4.2 Використання п'ятилисника чагарникового для отримання продукту з функціональними властивостями

Проведені дослідження дозволили визначити оптимальну рецептуру для отримання екструдованих продуктів на житній основі – суміші житнього борошна з манною крупою. При розробці технології продукту функціонального призначення в якості базової рецептури була обрана суміш житнього борошна з 5 % манної крупи. Як компонент при створенні продукту з функціональними

властивостями була використана біологічно активна добавка – сухий екстракт п'ятилисника чагарникового (курильський чай). Сухий екстракт є аморфний порошок темно-коричневого кольору з приємним запахом і терпким смаком. Вміст біологічно активних речовин: сума флавоноїдів не менше 6 %, дубильних речовин не менше 15 %, вологість сухого екстракту – не менше 4 % [47]. Відомо, що екстракт добре розчиняється в воді [47], що дозволяє використовувати його в екструзійній технології. Різні добавки можна вводити в розчиненому вигляді, а отриманий робочий розчин використовується замість води в технологічному процесі.

Встановлено, що введення екстракту п'ятилисника чагарникового в профілактичних дозах попереджає розвиток важких форм цукрового діабету, покращує функціональний стан печінки і нирок і захисні функції організму. Експерименти показали, що обмежень по прийому препарату немає. Терапевтична доза препарату становить 0,01 – 0,03 г на 1 кг маси тіла дорослої людини на добу [50].

4.2.1 Визначення органолептичних та фізичних показників якості екструдатів

Норми введення сухого екстракту п'ятилисника чагарникового були підібрані дослідним шляхом. Всі зразки оцінювалися за органолептичними показниками. Таким чином, було підібрано оптимальне співвідношення – 15 г сухого екстракту на 60 л води, для обробки 100 кг екструдованої суміші. Відомо, що середня норма споживання сухих сніданків становить 100 г на добу. У 100 г екструдованого продукту буде міститись 0,015 г екстракту.

Фільтрат п'ятилисника чагарникового поміщали в систему дозованої подачі води екструдера. Крім того, для поліпшення смакових якостей в рецептуру екструдата вводили підсолоджувач «Світлі» в дозуванні 0,075 % від маси сировини.

В отриманих продуктах досліджували органолептичні та фізичні показники. Дані наведені в таблицях 4.5 і 4.6.

Таблиця 4.5 – Органолептичні показники екструдатів

Зразок	Зовнішній вигляд	Колір	Запах	Смак	Структура
Екструдат з п'ятилисником	Однакові за формою і величиною	Світло-кремовий	Властивий	Властивий даному виробу	Пориста не груба
Екструдат з п'ятилисником і «Світлі»	Однакові за формою і величиною	Світло-кремовий	Властивий	Солодкий	Пориста, не груба

Таблиця 4.6 – Фізичні показники екструдатів

Зразок	Діаметр, мм	Об'ємна маса, г/дм ³
Контроль (базова рецептура)	11,9	60,0
Екструдат з п'ятилисником	13,2	61,8
Екструдат з п'ятилисником і «Світлі»	11,7	83,3

Дані таблиці 4.5. показують, що введення підсолоджувача надає солодкий смак виробів. Решта органолептичні показники екструдатів задовільні.

З таблиці 4.6. видно, що введення до складу екструдованої суміші підсолоджувача викликає збільшення об'ємної маси продукту (83,3 г/дм³), що небажано. Діаметр паличок з введенням екстракту п'ятилисника чагарникового помітно вище (13,2 мм), хоча у інших зразків відповідає вимогам нормативних документів. Таким чином, введення в рецептуру екструдата сухого екстракту п'ятилисника чагарникового не впливає на органолептичні показники екструдованих продуктів. Відзначено, що відбувається збільшення діаметра паличок, що безумовно покращує якість готового продукту.

4.2.2 Дослідження хімічного складу екструзійного продукту функціонального призначення

Попередні дослідження показали, що при введенні в рецептуру екструдата будь-яких добавок хімічний склад готового продукту може змінюватися. Виходячи з цього, було досліджено про вплив введення екстракту п'ятилисника на вміст крохмалю, декстринів і водорозчинних речовин. Отримані дані представлені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Вміст крохмалю, декстринів і водорозчинних речовин в продуктах з екстрактом п'ятилисника

Зразок	Вміст крохмалю, %	Вміст декстринів, %	Вміст водорозчинних речовин, %
Контроль (базова рецептура)	56,80	22,50	25,90
Екструдат з п'ятилисником	50,66	19,81	39,95
Екструдат з п'ятилисником і «Світлі»	50,11	20,12	32,93

З таблиці 4.7. видно, що вміст крохмалю в екструдаті з п'ятилисника чагарникового менше, ніж у контрольному зразку (екструдат з 5 % манної крупи) приблизно на 6 %.

Відзначено, що вміст водорозчинних речовин при введенні п'ятилисника збільшується і досягає 39,95 %. Отримані дані показують, що речовини містяться в екстракті п'ятилисника можуть викликати більш інтенсивний гідроліз крохмалю, на що вказує збільшення вмісту водорозчинних речовин. У той же час вміст декстринів при введенні п'ятилисника практично не змінюється в порівнянні з контролем. Мабуть, гідроліз крохмалю супроводжується накопиченням більш простих сполук – мальтози і глюкози.

Оскільки екстракт п'ятилисника чагарникового характеризується високим вмістом таких біологічно активних речовин, як флавоноїди, то в екструдаті визначали сумарну кількість цих речовин. Вміст суми флавоноїдів в продукті склало 0,008 %.

Виходячи з того, що в сухому екстракті п'ятилисника чагарникового сума флавоноїдів становить не менше 6 %, було проведено розрахунок, який показав, що вміст флавоноїдів в екструдаті має бути приблизно 0,009 %.

Порівнюючи експериментальне і розрахункове значення, можна зробити висновок про те, що термічна обробка в ході екструзії практично не впливає на вміст флавоноїдів.

Відповідно до сучасних уявлень науки і практики вміст білка і незамінних амінокислот в продукті є основним показником його поживної цінності. Відомо, що за амінокислотним складом білки жита мають більшу поживну цінність, ніж білки інших зернових культур.

Оскільки при екструзійній обробці сировина піддається тепловій обробці, необхідно було дослідити вплив температури і тиску на амінокислотний склад екструдатів. Отримані дані представлені в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Вплив екструзії на амінокислотний склад екструдатів

Амінокислота	Контрольний зразок (житне борошно), мг%	Екструдат з п'ятилисником чагарникового, мг%
Цистин	слід	слід
Аланин	6,01	5,93
Гістидин	6,85	7,1
Аспарагінова кислота	8,18	8,15
Гліцин	2,6	2,4
Аргінін	6,0	5,9
Лізін	7,4	7,32
Глутамінова кислота	10,3	10,8
Валін	5,0	5,2
Метіонін	5,5	слід
Лейцин-ізолейцин	9,4	10,1
Фенілаланін	слід	2,25
Серін	8,7	8,9
Треонін	4,85	3,7

З таблиці видно, що амінокислотний склад екструдата практично не відрізняється від складу житнього борошна. При обробці відбувається невелике збільшення вмісту фенілаланіну і руйнується метіонін. Таким чином, дослідження показали, що екструзійна обробка дозволяє в повній мірі зберегти найважливіші амінокислоти жита і отримувати продукти з високою харчовою цінністю.

4.2.3 Отримання екструдованого продукту функціонального призначення

На підставі проведених досліджень була розроблена технологія виробництва продукту функціонального призначення – житніх паличок, призначених для вживання в якості сухих сніданків.

Технологічний процес виробництва складається з наступних операцій, представлених на рис. 4.4.

Житні палички являють собою продукти, одержані екструдуванням суміші житнього борошна, манної крупи і біологічно активної добавки, що випускаються в насипному вигляді, повністю готові до вживання.

Технологічний процес виробництва житніх паличок здійснюється відповідно до технологічної схеми в наступній послідовності:

Житнє обдирне борошно засипають в бункер, подають на просіювач.

Сухий екстракт п'ятилистика чагарникового перед використанням розминають, просівають через сито № 080, пропускають через магнітний сепаратор.

До сухого екстракту доливають невелику кількість води кімнатної температури, екстракт розчиняють до повного зникнення частинок, доливають кількість води, що залишилась і фільтрують.

Норми введення: 15 г сухого екстракту на 60 л води, для обробки 100 кг екструдованої суміші. Отриманий 0,025 %-ий розчин поміщають в систему дозованої подачі води.

Манну крупу просівають і дозують у кількості 5 – 15 % від маси житнього борошна.

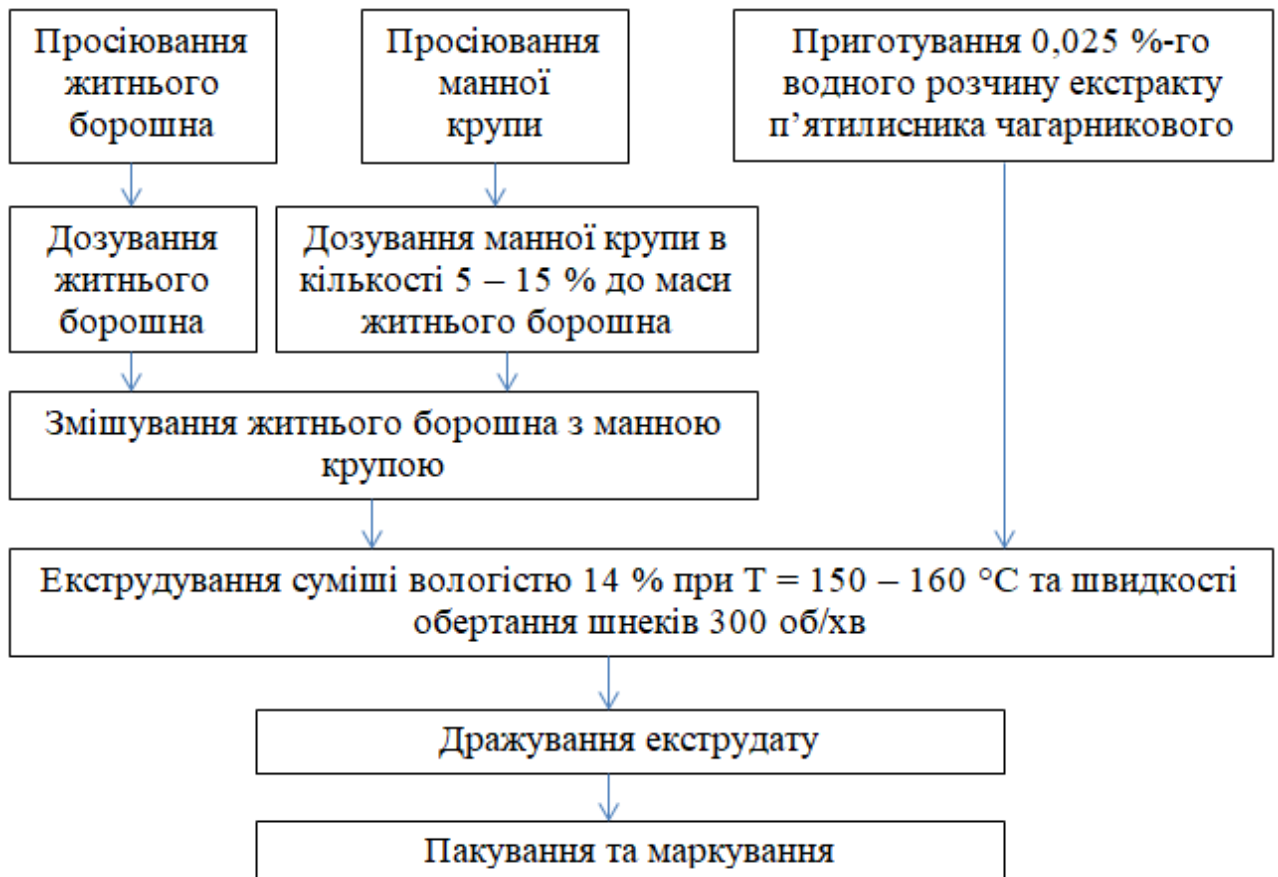


Рисунок 4.4 – Схема виробництва екструдованого продукту функціонального призначення

Манну крупу змішують з житнім борошном в змішувачі і подають в дозатор сухих компонентів екструдера.

Обробку суміші проводять методом гарячої екструзії в двошнековому екструдері ТН-100.

Дражування передбачено для продукту масового споживання. Дражування проводять в дражувальному барабані, на поверхню паличок спочатку наносять шар рослинної олії, а потім обсипають цукровою пудрою.

Пакування та маркування проводять відповідно до вимог діючих технічних умов на житні палички. Упаковка здійснюється в поліпропіленові пакети масою 70 г.

Зберігання житніх паличок повинно проводитися при температурі не вище 18 °С не більше 3 місяців з дня вироблення.

Отриманий продукт характеризується якісними показниками, представленими в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Якісні показники житніх паличок

Найменування показника	Характеристика
Зовнішній вигляд	Палички різні за розміром і формою
Колір	Кремовий, різних відтінків
Смак і запах	Властивий даному виду виробів
Структура	Хрустка, пориста, не грубі
Масова частка вологи паличок, % не більше	6,0
Об'ємна маса паличок, г/дм, не більше	75,0
Діаметр паличок, мм	6,0 – 12,0
Масова частка дріб'язку і паличок, що не відповідають нормі, % не більше	10,0
Сторонні добавки і зараженість шкідниками хлібних запасів	Не допускається
КМАФАнМ, КУО/г не більше	-
БГКП (коліформи), в 1 г	Не допускаються
Патогенні, в т.ч. сальмонели, в 25 г	Не допускаються
Цвілі, КУО/г не більше	50

Житні палички характеризуються хорошими органолептичними, фізико-хімічними та санітарно-гігієнічними показниками.

Висновки до розділу

Розроблено технологію отримання екструдованого продукту функціонального призначення та показана можливість використання сухого екстракту п'ятилистика чагарникового в якості біологічно активної добавки. Відзначено, що термічна обробка в ході екструзії не впливає на збереження флавоноїдів. Витрата водного розчину екстракту п'ятилистика чагарникового – 60 л на 100 кг суміші. Встановлено, що екструзій обробка дозволяє істотно

знизити вміст нітратів і нітритів, пестицидів. Це дозволяє істотно забезпечити високу якість і безпеку екструдованих продуктів для використання їх у функціональному харчуванні.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Дослідження та оцінка стану охорони праці на підприємстві в ТОВ «Побережне»

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини у процесі праці [64].

Термін «охорона праці», на думку А.Є. Семенової, має два значення. У широкому розумінні під охороною праці розуміють все, що робиться на користь працівників, усі норми, що охороняють їх інтереси та права; з тієї точки зору, весь Кодекс законів про працю України (КЗпП) є закон про охорону праці. Але цей термін має й інше, більш вузьке значення, означаючи норми і правила, що забезпечують трудящому нормальну технічну і санітарно-гігієнічну обстановку трудового процесу. В.Є. Шарков під охороною праці в умовах соціалізму розуміє історично обумовлену систему соціальних норм і заходів, що виражають інтереси соціалістичного суспільства і держави та направлені на забезпечення безпечних умов праці, здоров'я і життя трудящих безпосередньо у процесі їх виробничої діяльності. [64]

Об'єктом для охорони праці є здоров'я і працездатність людини, а предметом – засоби і заходи, спрямовані на їхнє збереження.

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) [65].

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) [65].

Служба охорони праці ТОВ «Побережне» підпорядковується безпосередньо директору. Так, як в господарстві працює невелика кількість працівників, а саме 24 особи, то як окремої одиниці інженера з охорони праці бути не може, тому на цю посаду за наказом директора призначено головного інженера технолога за сумісництвом.

Служба охорони праці ТОВ «Побережне» вирішує завдання:

- забезпечення фахової підтримки рішень директора з питань охорони праці;
- забезпечення безпеки виробничих процесів, устаткування, будівель і споруд;
- забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;
- професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці, пропаганди безпечних методів праці;
- вибору оптимальних режимів праці й відпочинку працівників;
- інформування та надання роз'яснень працівникам підприємства з питань охорони праці.

В наявності господарства є медпункт, в цеху з підготовки зерна до зберігання повний набір побутових санітарно-гігієнічних приміщень. Крім того, в гаражах, майстернях облаштовані роздягальні для особистого і виробничого одягу; в цеху розміщені туалети, умивальники, душові. В приміщенні столової розташований буфет, кімната для відпочинку. Кожний із підрозділів господарства забезпечений аптечками першої медичної допомоги. Територія підприємства в нічний час освітлюється. Запасна водойма та різні побутові ями огорожені і позначені відповідними знаками безпеки.

При вступі на роботу на підприємство робітники ознайомлюються з колективним договором, в якому є угода по охороні праці.

В товаристві проводяться всі види інструктажів, про що свідчать відповідні записи в журналах реєстрації.

В товаристві стан охорони праці знаходиться на належному рівні, але маютья недоліки: атестація робочих місць не проводиться; інструкції з охорони праці не завжди виконуються, перевірка їх знання і виконання робітниками підприємства не проводиться; непридатні засоби індивідуального захисту та спецодяг і спецвзуття замінюються не своєчасно; система створення мікроклімату в приміщеннях не працює, що призводить до зниження працездатності і продуктивність праці; стан всіх запобіжних пристроїв а також загорож на обладнанні знаходиться в незадовільному стані; фінансування заходів та засобів з охорони праці в товаристві не відповідає потребам господарства.

Виробничий травматизм – явище, що характеризується сукупністю виробничих травм і нещасних випадків на виробництві (п.4.23 ДСТУ 2293-99) [65].

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 [65]:

- коефіцієнт частоти травматизму:

$$K_{\text{ч}} = \frac{T}{P} \cdot 1000, \quad (5.1)$$

$$K_{\text{ч}2018} = \frac{1}{24} \cdot 1000 = 41,6$$

- коефіцієнт важкості травматизму:

$$K_{\text{в}} = \frac{D}{T}, \quad (5.2)$$

$$K_{\text{в}2018} = \frac{18}{1} = 18$$

- коефіцієнт втрат робочого часу від травматизму:

$$K_{\text{вм}} = \frac{D}{P} \cdot 1000, \quad (5.3)$$

$$K_{\text{вм}2018} = \frac{18}{24} \cdot 1000 = 750$$

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.

За для кількісної характеристики захворювань використовують такі показники [65]:

- коефіцієнт частоти захворювань:

$$K_{\text{ч}} = \frac{T}{P} \cdot 100, \quad (5.4)$$

$$K_{\text{ч}2018} = \frac{5}{24} \cdot 100 = 20,8; K_{\text{ч}2019} = \frac{5}{24} \cdot 100 = 20,8; K_{\text{ч}2020} = \frac{4}{24} \cdot 100 = 16,6$$

- коефіцієнт важкості захворювань:

$$K_{\text{в}} = \frac{D}{T}, \quad (5.5)$$

$$K_{\text{в}2018} = \frac{35}{5} = 7; K_{\text{в}2019} = \frac{38}{5} = 7,6; K_{\text{в}2020} = \frac{26}{4} = 6,5$$

- коефіцієнт втрат робочого часу від захворювань

$$K_{\text{вт}} = \frac{D}{P} \cdot 100, \quad (5.6)$$

$$K_{\text{вт}2018} = \frac{35}{24} \cdot 100 = 145,8; K_{\text{вт}2019} = \frac{38}{24} \cdot 100 = 158,3; K_{\text{вт}2020} = \frac{26}{24} \cdot 100 = 108,3$$

де T – кількість захворювань за досліджуваний період;

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

D – сумарна втрата днів непрацездатності в результаті захворювань, днів.

Для аналізу стану виробничого травматизму та захворювань розглянемо дані таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Основні показники виробничого травматизму на ТОВ «Побережне» за 2018 – 2020 роки

Показники	Роки		
	2018	2019	2020
Кількість працюючих, чол.	24	24	24
Кількість нещасних випадків, од.	1	-	-
Кількість випадків захворювань, од.	5	5	4
Кількість днів непрацездатності:			
- від травматизму	18	-	-
- від захворювань	35	38	26
Коефіцієнт частоти:			
- травматизму	41,6	-	-
- захворювань	20,8	158,3	16,6
Коефіцієнт важкості:			
- травматизму	18	-	-
- захворювань	7,0	7,6	6,5
Коефіцієнт втрат робочого часу:			
- від травматизму	750	-	-
- від захворювань	145,8	158,3	108,3

Дані приведені в таблиці свідчать про те, що у 2018 році на підприємстві трапився один нещасний випадок з працівником, який під час обслуговування екструдера пошкодив руку, тобто порушив вимоги безпеки. Кількість днів непрацездатності склала 18 днів. Також з таблиці видно, що у 2018 – 2020 роках на підприємстві було зафіксовано 14 випадків захворювань грипом та ангіною. Кількість днів непрацездатності склала 38 днів. Але незважаючи на приведені дані в таблиці 5.1 можемо стверджувати, що стан охорони праці на ТОВ «Побережне» що року покращується і вже в 2020 році випадків травматизму зафіксовано не було. А основними причинами травматизму в товаристві є:

- допуск до роботи не підготовлених осіб;
- проведення робіт без індивідуальних засобів захисту або із несправними

засобами захисту;

- старіння обладнання та техніки;
- слабкий контроль з боку керівництва за виконанням небезпечних та шкідливих робіт.

5.2 Рекомендації щодо покращення охорони праці

Для поліпшення умов праці на підприємстві пропонуємо:

- проводити атестацію робочих місць 1 раз на 5 місяців;
- відповідально дотримуватись інструкцій з охорони праці та більш строго перевіряти їх знання і виконання робітниками елеватора;
- замінювати непридатні засоби індивідуального захисту та спецодяг і спецвзуття своєчасно;
- створити оптимальний мікроклімат, який забезпечить підвищення працездатності і продуктивність праці;
- переглянути наявність всіх запобіжних пристроїв а також загорож задля для попередження травматизму;
- збільшити фінансування заходів та засобів з охорони праці.
- виконувати оновлення обладнання та техніки;
- посилити контроль з боку керівництва за виконанням небезпечних та шкідливих робіт.

5.3 Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці в цеху з виробництва екструдованих харчових продуктів ТОВ «Побережне»

Розрахунок штучного заземлення електроустановок цеху. Захисне заземлення – це електричне з'єднання з землею або її еквівалентом, металічних неструмопровідних частин, які можуть опинитися під напругою.

Розрахунок параметрів захисного заземлення та його облаштування проводять для запобігання електричних травм, які можуть бути викликані при

торканні металевих конструкцій або корпусів електроустаткування, що опинилися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, а також для захисту апаратури.

Визначення питомого електричного опору ґрунту розтіканню струму

$$\rho_n = \rho_{zp} \cdot k_c \quad (5.7)$$

де k_c – сезонний коефіцієнт, $k_c=1,6$.

$$\rho_n = 100 \cdot 1,6 = 160 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

Визначення питомого опору заземлювача розтіканню струму в ґрунт

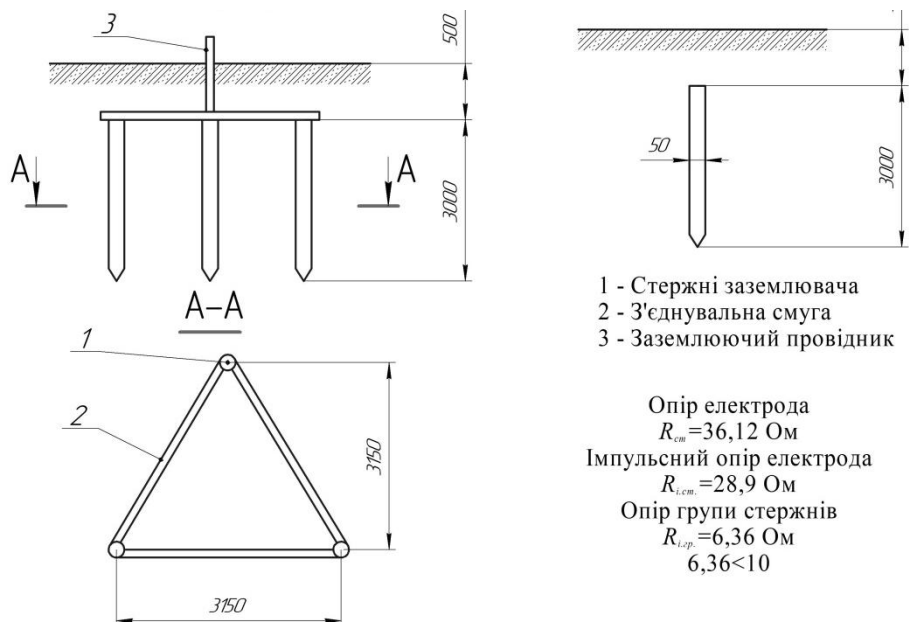


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема заземлювача

$$h = h' + \frac{1}{2}l, \quad (5.8)$$

$$h = 0,5 + \frac{1}{2} \cdot 3 = 2 \text{ м}$$

$$R_{cm} = \frac{0,366\rho_z}{l} \operatorname{tg} \left(4h + \frac{1}{4} \right) = \frac{0,366 \cdot 160}{3} \operatorname{tg} \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \operatorname{tg} \left(4 \cdot 2 + \frac{2}{3} \right) = 19,52 \cdot \operatorname{tg} 120 + \frac{1}{2} \operatorname{tg} 10,93 = 36,12 \text{ Ом} \quad (5.9)$$

Визначення імпульсного опору заземлювача розтіканню струму в ґрунт

$$R_{i.cm} = R_{cm} \cdot \alpha = 36,12 \cdot 0,8 = 28,9 \text{ Ом} \quad (5.10)$$

де α – імпульсний коефіцієнт, $\alpha=0,8$.

Імпульсний опір заземлювачу порівнюють з нормативним імпульсним опором ($R_{im} \leq 10 \text{ Ом}$)

$$R_{i.cm} \leq R_{im}$$

$$28,9 \geq 10$$

Визначення кількості елементів заземлювача

$$n = R_{i.cm} / R_{im}$$

$$n = 28,9 / 10 = 2,89 \text{ шт}$$

Приймаємо 3 стержня.

Визначення імпульсного загального опору групи стержнів

$$R_{i.zp} = \left(\frac{R_{i.cm}}{n} \right) \eta \quad (5.11)$$

$$R_{i.zp} = \left(\frac{28,9}{3} \right) 0,66 = 6,36 \text{ Ом}$$

Загальний імпульсний опір заземлення порівнюємо із нормативним:

$$R_{i.zp} \leq R_{im}$$

$$6,36 \leq 10$$

Група заземлювачів об'єднується в осередок заземлення з'єднувальною шиною

Визначення імпульсного опору шини зв'язку

Довжина шини при контурному заземленні

$$l_{ш} = 1,05 \cdot a \cdot n, \quad (5.12)$$

$$l_{ш} = 1,05 \cdot 3 \cdot 3 = 9,45 \text{ м}$$

За результатами проведених розрахунків виконано креслення.

5.4 Правила безпечного виконання робіт на екструдері зернової сировини в ТОВ «Побережне»

Так, як тема дипломної роботи «Обґрунтування технології виробництва екструзійного продукту функціонального призначення на основі зерна жита» тому ми пропонуємо інструкцію з охорони праці під час роботи на екструдері на даному підприємстві.

Загальні положення

До роботи оператором екструдерів допускаються особи чоловічої статі не молодше 18 років, що пройшли первинний медичний огляд, а також вступний інструктаж з охорони праці, інструктаж на робочому місці, що пройшли професійне навчання і стажування за безпечним методам роботи і отримали допуск до самостійної роботи.

Працівник повинен знати і дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку підприємства. Не допускати вживання алкогольних, наркотичних і токсичних речовин під час і до роботи. Паління дозволяється тільки у відведених для цієї мети місцях. При ходьбі по території необхідно дотримуватися запобіжних заходів.

У процесі праці на оператора можуть впливати наступні небезпечні і шкідливі фактори:

- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі;
- підвищена температура обладнання, що обслуговується;
- підвищена температура і вологість повітря робочої зони;
- рухомі частини та механізми обладнання.

Працівник зобов'язаний:

- виконувати вимоги даної інструкції;
- виконувати вимоги пожежної безпеки;
- користуватися ЗІЗ;
- знати і дотримуватися правил особистої гігієни.

Перед прийомом їжі в перервах і після закінчення роботи необхідно мити руки з милом, спецодяг та особистий одяг зберігати в спеціально відведених для цього місцях, знімати спецодяг перед відвідуванням туалету.

Працівник зобов'язаний повідомити про кожний нещасний випадок керівнику, надати першу долікарську медичну допомогу потерпілому, зберігаючи по можливості обстановку на робочому місці такою, якою вона була на момент події, якщо це не загрожує здоров'ю і життю оточуючих і не призведе до аварії.

Працівник несе відповідальність за порушення вимог цієї інструкції в порядку, встановленому Правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства та чинним законодавством.

Вимоги безпеки перед початком роботи.

Необхідно надіти згідно за нормами спецодяг, прибрати волосся під головний убір. Перевірити щоб не було звисаючих кінців спецодягу. Не заколювати спецодяг шпильками, голками.

Уважно оглянути робоче місце:

- перевірити справність інструментів, пристосувань, обладнання;
- прибрати сторонні предмети;
- переконатися у справності струмоведучих частин обладнання;

- перевірити наявність і справність захисного заземлення, а також запобіжних огорожень і захисних щитків;
- перевірити роботу вентиляційної установки і витяжного зонта.

Про всі несправності, помічені під час перевірки обладнання, необхідно повідомити керівника і до їх усунення до роботи не приступати.

Вимоги безпеки під час роботи

При роботі дотримуватися всіх вимог правил безпеки та заходи при роботі з електрообладнанням. Все електрообладнання повинно бути заземлено і технічно справне.

Не допускається ремонтувати самостійно електрообладнання, а також проводити ремонт проводки і запобіжників електромережі. Необхідно вимагати негайного їх виправлення фахівцями.

Не торкатися обертових частин руками, не знімати огороження і не намагатися включити обладнання без наявних засобів блокування.

Не допускається експлуатація обладнання з несправними пакетними перемикачами, сигнальними лампами, зі знятими кожухами електричних приладів і електрокомунікацій.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

При виникненні стороннього шуму, появи запаху гару, припинення подачі електроенергії слід негайно припинити подачу продукту і відключити обладнання.

При раптовій появі на корпусі обладнання відчутного електричного струму слід негайно відключити обладнання та повідомити керівника.

У випадках появи ознак загоряння негайно вимкнути обладнання, повідомити керівника і воєнізованої пожежної охорони і взяти участь в ліквідації загоряння первинними засобами пожежогасіння (вуглекислотні або порошкові вогнегасники).

Забороняється гасити електрообладнання водою.

При нещасному випадку або раптовому захворюванні, що відбулося на робочому місці, потерпілий або очевидець зобов'язаний надати першу долікарську медичну допомогу потерпілому, його доставку в медпункт і сповістити керівництво.

Вимоги безпеки після закінчення роботи

Вимкнути обладнання. Зробити чистку і мийку обладнання при його повному охолодженні.

Перевірити і привести в порядок робоче місце.

Зняти і прибрати спецодяг в гардероб, прийняти душ, переодягнутися в особистий одяг.

Про всі несправності в роботі обладнання та виявлені порушення техніки безпеки доповісти керівництву.

5.5 Безпека праці в надзвичайних ситуаціях у разі вибуху

На підприємстві ТОВ «Побережне» проводяться роботи з переробки зерна, які пов'язані з високою запиленістю, що може призвести до пожежі та вибуху. Тому на підприємстві розробляються заходи щодо дії працівників у разі вибуху.

Ознаки, що свідчать про небезпеку вибуху. На небезпеку вибуху може вказувати запах газу і задимлення. Близько приміщення – сліди ремонтних робіт, ділянки стіни з порушеним забарвленням, що відрізняється від загального фону.

У транспортних мережах ознаками, що свідчать про небезпеку вибуху, можуть бути непрямі ознаки використання саморобних або промислових вибухових пристроїв, нетипових для даного місця.

Основні вражаючі фактори вибуху. Пожежо-вибухові явища характеризуються такими факторами:

- повітряної ударної хвилею, що виникає при різного роду вибухах газо-повітряних сумішей, резервуарів з перегрітою рідиною і резервуарів під тиском;
- тепловим випромінюванням і осколками, що розлітаються;

- дією токсичних речовин, які застосовувалися в технологічному процесі чи утворилися в ході пожежі або інших аварійних ситуаціях.

Вторинні наслідки від вибухів. Дія повітряної ударної хвилі може викликати вторинні наслідки, так як при вибуху вибухової речовини в атмосфері виникають ударні хвилі, що поширюються з великою швидкістю у вигляді областей стиску. Ударна хвиля досягає земної поверхні і відбивається від неї на деякій відстані від епіцентру вибуху, фронт відбитої хвилі зливається з фронтом падаючої хвилі, внаслідок чого утворюється так звана головна хвиля з вертикальним фронтом.

При наземному вибуху повітряна ударна хвиля, як і при повітряному вибуху, поширюється від епіцентру з вертикальним фронтом.

Термічні і механічні пошкодження людей. В останні роки у зв'язку з широким і постійним використанням хімічних речовин у промисловості, сільському господарстві та побуті почастішали випадки опіків хімічними речовинами. Деякі хімічні сполуки на повітрі при зіткненні з вологою та іншими хімічними речовинами вибухають, викликаючи термохімічні опіки.

Найбільш характерними видами травм при аваріях і катастрофах, викликаних вибухами, бувають: поранення, забиті місця, переломи кісток, розриви і розчавлювання тканин, ураження електричним струмом, опіки, отруєння.

Дії при вибухах:

- при вибуху на підприємстві перш за все необхідно попередити робітників і службовців, а також оповістити яке проживає поблизу населення;

- необхідно скористатися індивідуальними засобами захисту, а при їх відсутності для захисту органів дихання – використовувати ватно-марлеву пов'язку;

- при пошкодженні будівлі вибухом входити в нього слід з надзвичайною обережністю. Необхідно переконатися у відсутності значних ушкоджень перекриттів, стін, ліній електро-, газо-і водопостачання, а також витоків газу, осередків пожежі.

- необхідно надати допомогу тим, хто опинився придавлений уламками конструкцій. Допомогти витягти людей з завалів;

- при порятунку постраждалих слід дотримуватися запобіжних заходів від можливого обвалу, пожежі та інших небезпек, обережно вивести і надати їм першу медичну допомогу, загасити палаючий одяг, припинити дію електричного струму, зупинити кровотечу, перев'язати рани, накласти шини при переломі кінцівок.

Висновки до розділу

В даному розділі дипломної роботи було досліджено стан охорони праці в ТОВ «Побережне», розраховано основні показники виробничого травматизму на підприємстві, згідно яких видно, що в 2018 році на підприємстві трапився один нещасний випадок в результаті чого кількість днів непрацездатності склала 18 днів. Приведено вимоги безпеки праці під час роботи на екструдері. Розраховано систему заземлення технологічного обладнання.

На підставі проведеного аналізу стану охорони праці на підприємстві був розроблений план заходів і засобів спрямованих на покращення умов та безпечності праці, підвищення культури виробництва та зниження травматизму робітників.

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Організація проведення дослідження

Метою проведення економічних розрахунків по обґрунтуванню ефективності проведених досліджень є оцінка отриманих результатів і доцільності проекту в цілому. Основним напрямком розвитку харчової промисловості є інтенсифікація технологічних процесів, що змінюють фізико-хімічні властивості природних сировинних матеріалів шляхом складного комбінованого впливу на них робочими органами апаратів.

Обробка рослинної сировини термопластичною екструзією забезпечує великий обсяг і різноманітність продукції, що виробляється і високий економічний ефект, обумовлений, перш за все тим, що один екструдер може замінити цілий комплекс машин і механізмів, необхідних для виробництва продуктів. Його використання дозволяє зробити процес безперервним, легко контрольованим, універсальним за видами перероблюваної сировини і готових продуктів.

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 екструдованих зернових продуктів функціонального призначення з метою отримання якісного кінцевого продукту та параметрів обладнання для екструдування, наведений у табл. 6.1.

Відповідно до плану проведення дослідження будується сітьовий графік – графічна модель, що відображає майбутню роботу або процес у вигляді окремих етапів і дозволяє шляхом розрахунків визначити оптимальний варіант її виконання. На стадії реалізації сітьовий графік забезпечує можливість оперативного управління ходом виконання роботи (рис. 6.1).

Таблиця 6.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , днів
1-2	Вибір та обґрунтування напрямку наукових досліджень	2
2-3	Літературний пошук та написання літературного огляду	15
3-4	Розробка алгоритму науково-дослідних робіт	3
4-5	Розробка методик проведення наукових досліджень	5
5-6	Підготовка дослідних зразків зернової сировини	2
6-7	Підготовка експериментальної установки	20
7-8	Визначення оптимального складу продукту	5
7-9	Підбір оптимальних параметрів екструзійної обробки	3
7-10	Дослідження хімічного складу, фізико-хімічних та технологічних властивосте екструдату	2
7-11	Розробка технології виробництва отримання продукту функціонального призначення	2
8-12	Обробка даних експериментальних дослідження	3
9-12		1
10-12		1
11-12		1
12-13	Підготовка матеріалу для публічного оприлюднення	10

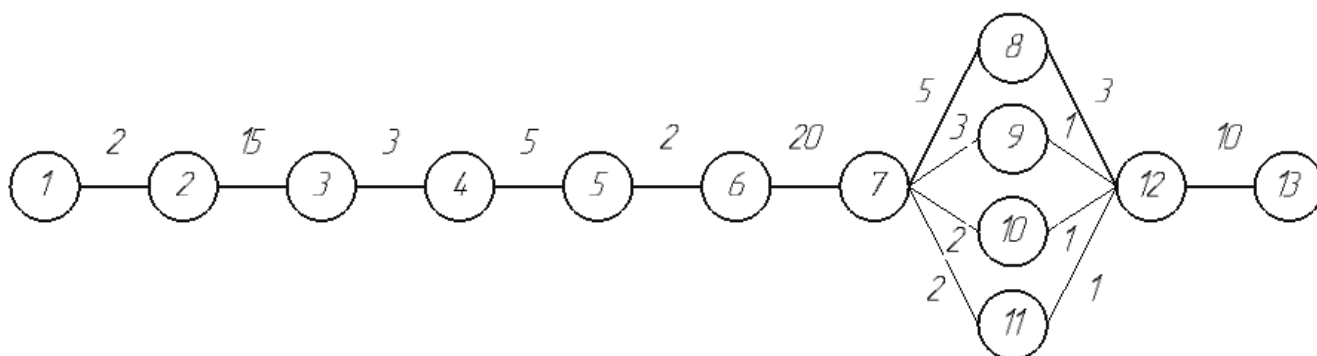


Рисунок 6.1 – Сітьовий графік проведення науково-дослідної роботи

Використовуючи сітьовий графік, знаходять повний шлях – тривалість послідовних робіт від початкової події до кінцевої.

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-12-13}^1 = 2 + 15 + 3 + 5 + 2 + 20 + 5 + 3 + 10 = 65;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-9-12-13}^2 = 2 + 15 + 3 + 5 + 2 + 20 + 3 + 1 + 10 = 61;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-10-12-13}^3 = 2 + 15 + 3 + 5 + 2 + 20 + 2 + 1 + 10 = 60;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-11-12-13}^4 = 2 + 15 + 3 + 5 + 2 + 20 + 2 + 1 + 10 = 60.$$

Шлях, який має максимальну тривалість називають критичним. У нашому випадку критичним є перший шлях з тривалістю в 65 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 i -тої події; ранній термін здійснення кінцевої події дорівнює тривалості критичного шляху $L_{KP} = 65$ днів.

Резерв шляху розраховують за формулою:

$$R_1 = T_1^n - T_1^p, \quad (6.1)$$

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. 6.2.

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:

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

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

t_{ij} – загальна тривалість роботи, днів.

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

Номер події	Ранній термін здійснення події T_1^p , дні	Пізній термін здійснення події T_1^n , дні	Резерв шляху R_1 , дні
1	0	0	0
2	2	2	0
3	17	17	0
4	20	20	0
5	25	25	0
6	27	27	0
7	47	47	0
8	52	52	0
9	50	54	4
10	49	54	5
11	49	54	5
12	55	55	0
13	65	65	0

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:

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

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 розраховують за формулою:

$$K_{ij}^H = \frac{L_{maxij} - t_{ij}}{L_{kp} - t_{ij}}, \quad (6.4)$$

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

$L_{кр}$ – довжина критичного шляху ($L_{кр} = 65$ днів).

Результати розрахунків наведені у табл. 6.3.

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.

Таблиця 6.3 – Результати розрахунку вільного і повного резервів часу

Шифр робіт $i-j$	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	0,04
3-4	0	0	0,27
4-5	0	0	0,33
5-6	0	0	0,40
6-7	0	0	0,60
7-8	0	0	0,78
7-9	0	4	0,76
7-10	0	5	0,75
7-11	0	5	0,75
8-12	0	0	0,84
9-12	0	0	0,78
10-12	0	0	0,77
11-12	0	0	0,77
12-13	0	0	1,00

Проаналізувавши отримані розрахункові дані, можна зробити висновок, що на виконання повного комплексу робіт, передбаченого ходом дослідження, потрібно витратити 65 днів. Виконання робіт, які 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.

6.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

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

Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (6.5)$$

де m_i – кількість витраченого i -го матеріалу;

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

Результати розрахунку витрат на матеріали наведені в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Підсолоджувач «Світлі», кг	10	100	1000,0
Крупа манна, кг	10	30	300,0
Житнє борошно, кг	10	8,5	85,0
Екстракт п'ятилистика чагарникового	1	200	200
Всього			1585,0

Заробітна плата людей, що приймали участь у дослідженнях, визначається множенням середньочасового заробітку працівника на кількість витраченого часу. Результати розрахунку наведені в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	8500	50,59	20	1011,80
Всього				1011,80

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

$$H = \frac{1011,80 \cdot 22}{100} = 222,60 \text{ грн.}$$

Затрати на витрачену електроенергію визначають за формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (6.6)$$

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

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

T – час роботи на установці, год;

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

Затрати енергії на роботу персонального комп'ютера:

$$E_{op} = 0,5 \cdot 0,9 \cdot 256 \cdot 1,68 = 193,54 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на привід робочих органів шнекового екструдера:

$$E_{кстр} = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 16 \cdot 1,68 = 36,29 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на електроенергію складуть

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{нк}} + E_{\text{екстр}} = 193,54 + 36,29 = 299,83 \text{ грн.}$$

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

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 12}, \quad (6.7)$$

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. 6.6.

Таблиця 6.6 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Персональний комп'ютер	12000,0	24	32	252,49
Шнековий екструдер	2380,30	24	2	3,13
Всього				255,62

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

$$\frac{1011,80 \cdot 80}{100} = 809,44 \text{ грн.}$$

Кошторис витрат на проведення дослідження наведений в табл. 6.7.

Таблиця 6.7 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	1585,0
Заробітна плата	1011,80
Нарахування на заробітну плату	222,60
Електроенергія	299,83
Амортизація	255,62
Накладні витрати	809,44
Всього	4148,29

Аналіз показав, що на першому місці стоять витрати на заробітну плату і нарахування на заробітну плату.

6.3 Розрахунок вартості дослідження

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

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

де $Ц$ – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

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

$$Ц = 4148,29 + \frac{30 \cdot 4148,29}{100} = 5403,58 \text{ грн.}$$

Витрати на проведені дослідження становлять 5403,58 грн.

Висновки до розділу

Відповідно до плану проведення дослідження було побудовано сітьовий графік, тривалість критичного шляху якого складає 65 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 основні матеріали і витрати на заробітну плату, які складають 1585,0 грн та 1011,80 грн. Загалом, з урахуванням 30 % нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 5403,58 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Вибрано оптимальний склад екструдованого продукту на основі житнього обдирного борошна. Досліджено можливість використання в якості коригувальних структурних компонентів добавок обліпихової шроту, крохмалю, кедрового шроту, сухого молока, цукрозамінника «Світлі» і манної крупи. Показано, що з усіх досліджених добавок тільки манна крупа дозволяє отримати продукти з кращими органолептичними та фізико-хімічними властивостями. Додавання її в кількості 5 – 15 % призводить до зниження щільності і поліпшення структури готової продукції.

Підібрано оптимальні параметри екструзійної обробки та досліджено режими технологічного процесу і підібрані параметри, необхідні для отримання якісних екструдованих продуктів на житній основі. Рекомендовано використовувати температуру в робочій камері екструдера ТН-100 від 150 до 160 °С і швидкість обертання шнеків 300 об/хв.

Визначено основні фізико-хімічні та технологічні показники екструдату, встановлено, що оптимальною вологістю сировини для приготування рецептурної суміші є 14 %. Встановлено, що екструзійна обробка знижує масову частку крохмалю, збільшує частку декстринів і водорозчинних речовин, незалежно від ступеня подрібнення основної сировини. При екструдванні зменшується вміст загального білка і змінюється його фракційний склад.

Розроблено технологію отримання екструдованого продукту функціонального призначення та показана можливість використання сухого екстракту п'ятилистика чагарникового в якості біологічно активної добавки. Відзначено, що термічна обробка в ході екструзії не впливає на збереження флавоноїдів. Витрата водного розчину екстракту п'ятилистика чагарникового – 60 л на 100 кг суміші. Встановлено, що екструзій обробка дозволяє істотно знизити вміст нітратів і нітритів, пестицидів. Це дозволяє істотно забезпечити високу якість і безпеку екструдованих продуктів для використання їх у функціональному харчуванні.

Досліджено стан охорони праці в ТОВ «Побережне», розраховано основні показники виробничого травматизму на підприємстві, згідно яких видно, що в 2018 році на підприємстві трапився один нещасний випадок в результаті чого кількість днів непрацездатності склала 18 днів. Приведено вимоги безпеки праці під час роботи на екструдері. Розраховано систему заземлення технологічного обладнання.

Визначено, що найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на основні матеріали і витрати на заробітну плату, які складають 1585,0 грн та 1011,80 грн. Загалом, з урахуванням 30 % нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 5403,58 грн.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Абрамов О.В. Разработка способа производства хрустящих хлебных палочек с применением одношнекового экструдера [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.18.12 / О. В. Абрамов ; Воронеж, гос. технол. акад. – Воронеж, 1999 – 241 с.
2. Антипова Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов [Текст] / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, И. А. Рогов. – М.: Колос, 2001. – 376 с.
3. Богатырев А.Н. Система научного и инженерного обеспечения пищевых и перерабатывающих отраслей АПК России [Текст] / А. Н. Богатырев, В. А. Панфилов, В. И. Тужилкин и др. – М.: Пищ. Пром-сть, 1995. – 528 с.
4. Богатырев А.Н. Термопластическая экструзия: научные основы, технология, оборудование [Текст] / под ред. А.Н. Богатырева, В.П. Юрьева. – М. : Ступень, 1994. – 200 с.
5. Быковская Г. Экструзионная технология в Японии [Текст] / Г. Быковская // Хлебопродукты. – 1992. – № 7. – С. 48 – 50.
6. Винникова Л.Г. Экструзионная обработка продуктов с пищевыми волокнами [Текст] / Л.Г. Винникова // Пищ. Пром-сть. – 1991. – № 11. – С. 51 – 55.
7. Витюк Л.А. Совершенствование процесса производства полуфабрикатов чипсов, канд. техн. наук [Текст] / Л. А. Витюк – Моек. гос. ун-т пищ. пр-в, Москва., 1999. – 27 с.
8. Гамаюнов Н.И. Изменение структуры коллоидных капиллярнопористых тел в процессе тепломассопереноса [Текст] / Н.И. Гамаюнов, С.Н. Гамаюнов // Инженерно-физ. журн. – 1996. – Т. 69, № 6. – С. 954 – 957.
9. Гинзбург А.С. Теплофизические характеристики пищевых продуктов [Текст]: справочник / А.С. Гинзбург, М.А. Громов, Г.И. Красовская. – М.: Агропромиздат, 1990. – 286 с.
10. Грачев Ю.П. Моделирование и оптимизация тепло- и массообменных процессов пищевых производств / Ю.П. Грачев, А.К. Тубольцев, В.К. Тубольцев. – М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1984. – 215 с.

11. Груздев И.Э. Теория шнековых устройств [Текст] / И.Э. Груздев, Р.Г. Мирзоев, В.И. Янков. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1978. – 144 с.
12. Добровольский В.Ф. Развитие пищевконцентратной отрасли на период до 2005 г. [Текст] / В.Ф. Добровольский, С.В. Зиновьев, Н.А. Кожин // Пищ. пром-ть. – 2000. – № 7. – С. 56–57.
13. Донченко Л.В. Безопасность пищевой продукции [Текст] / Л.В. Донченко, В.Д. Надыкта: – М. : Изд-во Факториал, 1998. – 304 с.
14. Дьяконов В. Mathematica 4 [текст]: учебный курс / В. Дьяконов. – СПб. : Питер, 2001. – 656 с.
15. Зинюхин Г.Б. Разработка технологии производства хлебнокрупяных крекеров с применением одношнековых экструдеров [Текст]: авто-реф. дис. канд. техн. наук : 05.18.01 / Г.Б. Зинюхин –М., 1996. С. 20 – 21.
16. Карпов В.Г. Некоторые представления о механизме образования экструзионных продуктов пористой макроструктуры, полученных термической обработкой пеллет [Текст] / В.Г. Карпов, Л.А. Витюк, В.П. Юрьев // Хранение и перераб. сельхозсырья. – 1994. – № 4. – С. 35–37.
17. Касьянов Г. И. Совершенствование технологии экструдатов [Текст] / Г.И. Касьянов, В.А. Грицких, А.В. Бурцев // Хранение и перераб. сельхозсырья. – 2000. – 8. – С. 26–29.
18. Кафаров, В.В. Анализ и синтез химико-технологических систем [Текст] / В.В. Кафаров, В.П. Мешалкин. – М.: Химия, 1991. – 431 с.
19. Клиническая оценка экструзионных продуктов для лечебнопрофилактического питания [Текст] / Л.К. Хакимова, А.И. Горшков, Э.С. Токаев, И.В. Бобренева, Д. Кьосев // Хранение и перераб. сельхозсырья. – 1998.– С. 30–31.
20. Кобылинская Е. В. Изменение состава углеводов вследствие экструзионной обработки крахмала [Текст] / Е.В. Кобылинская, В.Н. Ковбаса // 2 Международная научно-техническая конференция: «Техника и технология пищевых производств», Могилев, 22–24 нояб., 2000 : Тезисы докладов. – Могилев, 2000. – С. 264–265.

21. Кожевников Г.О. Взаимосвязь между термодинамическими и структурными свойствами крахмалов гладкого гороха различных сортов [Текст] / Г.О. Кожевников, А.Н. Даниленко, В.П. Юрьев // Хранение и перераб. сельхозсырья. – 2001. – № 11. – С. 53 – 56.
22. Котова Д. Л. Термический анализ ионообменных материалов [Текст] / Д.Л. Котова, В.Ф. Селеменев. – М.: Наука, 2002. – 156 с.
23. Кретович В.Л. Биохимия растений [Текст] / В.Л. Кретович. – М.: Высшая школа, 1980. – 445 с.
24. Леонтьев В. М. Чечевица [текст] / В.М. Леонтьев. – Л.: Колос, 1996.– 179 с.
25. Манк В.В. Состояние воды в крахмале и его экструдатах по данным ЯМР [Текст] / В.В. Манк, Е.В. Кобылинская, В.Н. Ковбаса // Пищ. ингредиенты: сырье и добавки. – 1999. – № 2. – С. 14 – 15.
26. Мачихин Ю.А. Формование пищевых масс [Текст] / Ю.А. Мачихин. – М.: Колос, 1992. – 272 с.
27. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн.: Учеб для вузов [Текст] / С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др. ; под ред. акад В.А. Панфилова. – М.: Высш. шк., 2001. – 1384 с.
28. Медведев Г.М. Производство экструдированных крекеров с повышенной белковой ценностью [Текст] / Г.М. Медведев, С.Б. Рахимов // Пищ. пром-сть (Москва). – 2000. – 9. – С. 84–85.
29. Миронова Н.Г. Влияние конструктивных особенностей экструдеров различных типов на степень изменения углеводного комплекса и микроструктуры экструдатов [Текст] / Н.Г. Миронова, В.Н. Ковбаса, Е.В. Кобылинская // Хранение и перераб. сельхозсырья. – 2000. – № 9. – С. 66 – 69.
30. Миронова, Н. Г. Исследование влияния добавок-обогащителей на процесс экструзии при производстве сухих завтраков повышенной пищевой ценности [Текст] / Н.Г. Миронова, В.Н. Ковбаса, Е.В. Кобылинская // Хранение и перераб. сельхозсырья. – 2000. – 8. – С. 67 – 69.

31. Нечаев А.П. Пищевая химия [Текст] / А.П. Нечаев, С. Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова и др. – СПб.: ГИОРД, 2001. – 592 с.

32. Остриков А.Н. Разработка экструдеров с регулируемой величиной давления [текст] / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин, К.В. Платов // Технические науки, - 2003. – № Специальный выпуск журнала, «Математическое моделирование и компьютерные технологии» – С. 50 – 54.

33. Остриков А.Н. Производство экструдированных продуктов с белковыми добавками [текст] / А.Н. Остриков, К.В. Платов, А.С. Попов // Пищевая промышленность. – 2003. – № 11, С. 32–33.

34. Остриков А.Н. Управление процессом экструзии с использованием аналого-цифрового преобразователя [Текст] / А.Н. Остриков, В.Н. Василенко, К.В. Платов // Известия вузов. Пищевая технология. – 2004. – № 4. – С. 75–78.

35. Остриков А.Н. Экструзия в пищевых технологиях [Текст] / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин – СПб.: ГИОРД, 2004. – 288 с.

36. Параметры обработки и структурно-механические свойства экструдатов из рисовой крупы [Текст] / И.Б. Хейфец, Т.С. Захаренко, Е.Ю. Платова, М.М. Чхартешвили // Пищ. пром-сть. – 1991. – № 11. – С. 50–51.

37. Платова Е.Ю. Физико-химические свойства экструдированного комбинированного крупяного сырья [Текст] / Е.Ю. Платова, В.Т. Линиченко, С.В. Краус // Пищ. пром-сть. – 1992. – № 11. – С. 25.

38. Попов, В.П. Разработка технологии производства сухих полуфабрикатов крекеров с использованием варочных экструдеров [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.01 /В.П. Попов. – М., 1995. –24 с.

39. Применение экструзии при производстве диетических продуктов, обогащенных пищевыми волокнами [Текст] / О.Е. Павловская, Л.Ф. Голтвяница, Л.Г. Винникова, С.А. Фурсова, Н.В. Копылова, К.С. Ладодо, В.Д. Малкина. – М.: 1992. – С. 1–20. – (Сер. Консервн., овоще- суш. и пищекокнц. Пром-сть. Обзор, инфор. Вып. 2).

40. Пылов А.П. Зерновые бобовые культуры (горох, чечевица, фасоль) [текст] / А.П. Пылов. – М., Знание, 1975. – 62 с.

41. Растительный белок [Текст] / пер. с фр. В. Г. Долгополова ; под ред. Т.П. Микуловича – М.: Агропромиздат, 1991. – 684 с.
42. Реологические свойства сырья и качество экструдатов [Текст] / С.В. Краус, В.Т. Линиченко, Л.И. Кошелюхова, В.Г. Карпов, Н.Н. Абросимова // Пищ. пром-сть. – 1988. – № 7. – С. 54–56.
43. Решение пространственной задачи тепломассообмена в сужающемся канале пластицирующего экструдера [Текст] / Н.М. Труфанова, Л.А. Ковригин, И.Э. Володарская, И.Л. Сырников, А.Г. Щербинин. // Тепломассообмен ММФ – 92. Сб. докладов II – го международного форума. 1992 г. – Минск, 1992. – С. 12–16.
44. Рогов И.А. Химия пищи. Книга первая [Текст] / И.А. Рогов, Л.В. Антипова, Н.И. Дунченко, Н.А. Жеребцов – М.: Колос, 2000. – 384 с.
45. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / под. ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. – М. Брандес, Медицина 1988. – 342 с.
46. Сиренко, А.А. К вопросу о единстве природы сверхпластической деформации [Текст] / А.А.Сиренко, Ф.У. Еникеев, М.А. Мурзинова. – ДАН Том 340, № 5, 1995. – С. 614–616.
47. Скачков В.В. Моделирование и оптимизация экструзии полимеров [Текст] / В.В. Скачков, Р.В. Торнер, Ю.В. Стунгур. – Л.: Химия, 1984. – 152 с.
48. Скурихин, И.М. Химический состав пищевых продуктов (Справочник) [Текст] / под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева – 2-е изд. – М.: Агропромиздат, 1987. – В 2 кн.
49. Современное состояние и основные направления совершенствования экструдеров [Текст] / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, В.Н. Василенко, К.В. Платов, 2004, выпуск 1, – М : ООО «Полиграфсервис», 40 с.
50. Толстогузов В.Б. Новые формы белковой пищи [Текст] / В.Б. Толстогузов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 304 с.
51. Торнер Р.В. Теоретические основы переработки полимеров [Текст] / Р.В. Торнер; – М.: Химия, 1977. – 460 с.

52. Труфанова, Н.М. Определение длин зоны загрузки и зоны задержки плавления при переработке полимеров на червячных экструдерах [Текст] / Н.М. Труфанова, А.Г. Щербинин, И.Л. Сырников // Динамические, прочностные характеристики машин и конструкций. Межвуз. сб. научн. трудов. – Пермь, 1994. – С. 120–128.

53. Шенкель Г. Шнековые прессы для пластмасс [Текст] / Г. Шенкель; пер. с нем. под ред. А. Я. Шапиро. – Л.: Госхимиздат, 1962. – 467 с.

54. Шестернина С.А. Применение экструзионной технологии в комбикормовой промышленности [Текст] / С.А. Шестернина. – М.: ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1994. – С. 1–29. – (Обзор, инфор.).

55. Щербинин А.Г. Математическое моделирование процессов тепломассопереноса при экструзии полимеров [Текст] : дис.канд. техн. наук. / А.Г. Щербинин: – Пермь, 1994.

56. Экструдирование зерновых компонентов [Текст] / О. Топурия, Д. Кацитадзе, Ю. Парлагашвили, В. Кацитадзе // Комбикорм, пром-сть. – 1990. – № 3. – С. 18–19.

57. Экструдовані рыборастительные продукты [Текст] / И.Ш. Бузиашвили, Г.Н. Дзюба, А.И. Мглинец, В.И. Степанов, Б.А. Устинников // Пищ. пром-сть. – 1991. – № 5. – С. 41–42.

58. Экструзионная техника и технология; состояние, перспективы // Пищ. пром-сть. – 1995. – № 7. – С. 4–5.

59. Юков, В.В. Процессы экструзии теста и способы производства экструдированных мучных изделий [Текст] : дис.канд. техн. наук: 05.18.12 / В.В. Юков.– М., 1994.– 168 с.

60. Юрьев В. П. Физико-химические основы получения экструзионных продуктов на основе растительного сырья / В.П. Юрьев, А.Н. Богатырев // Вестник сельхоз. науки – № 12, 1991 – С. 43–51.

61. Янков В.И. Процессы переработки волокнообразующих полимеров (Методы расчета) [Текст] / В.И. Янков, В.П. Первадчук, В.И. Боярченко. – М.: Химия, 1989. – 320 с.

62. Дослідження підготовки вуглеводів сировини [Текст] / В. Ковбаса, О. Кобилінська, В. Терлецька, О. Ромашко, О. Сторожук // Харч, і перероб. пром. – 2000. – № 8–9. – Р. 14–15.

63. Ковбаса В.М. Зміни вуглеводного комплексу зернових у процесі екструзії [Текст] / В.М. Ковбаса, Н.Г. Миронова, Н.Г. Шаповал Н.Г. // Вісн. аграр. науки. – 1997. – № 3. – Р. 55–57.

64. Закон України «Про охорону праці».

65. ДСТУ 2293-99. Охорона праці терміни та визначення основних понять.

66. ДНАОП 0.00-4.09-93. Типове положення про безпечне виконання робіт на переробних підприємствах.

67. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

68. СН 245-71. Санітарні норми проектування промислових підприємств.

69. НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні.

Додатки

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**Обґрунтування технології виробництва
екструзійного продукту функціонального
призначення на основі зерна жита**

Виконавець: ст. гр. МгХТз-1-19 Голуб Євгеній Володимирович

Керівник: доцент Калина Вікторія Сергіївна

Дніпро – 2021

СТАН ПИТАННЯ

Хімічний склад зерна жита

Показники	Вміст, % на суху речовину
Вуглеводи	78,0 – 86,0
Крохмаль	56,0 – 64,0
Цукри	4,2 – 6,8
Редуруючі речовини	0,2 – 0,5
Клітковина	2,1 – 3,0
Пентозами	7,5 – 10,0
Білки (всього)	9,0 – 18,0
Альбуміни і глобуліни	4,0 – 6,0
Протаміни	3,0 – 5,0
Глютеніни	2,0 – 3,0
Жир	1,8 – 2,1
Мінеральні речовини (всього)	1,5 – 2,2
CaO	0,072 – 0,084
FeO	0,006 – 0,010
P ₂ O ₅	0,57 – 0,86
Водорозчинні речовини	12,0 – 18,0
Вітаміни в мг/кг	
B ₁	4,0 – 7,0
B ₂	2,0 – 3,0
PP	14,0 – 20,0

МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою роботи є розробка технології виробництва екструдованого продукту функціонального призначення на основі жита.

Дослідження проводилися в наступних напрямках:

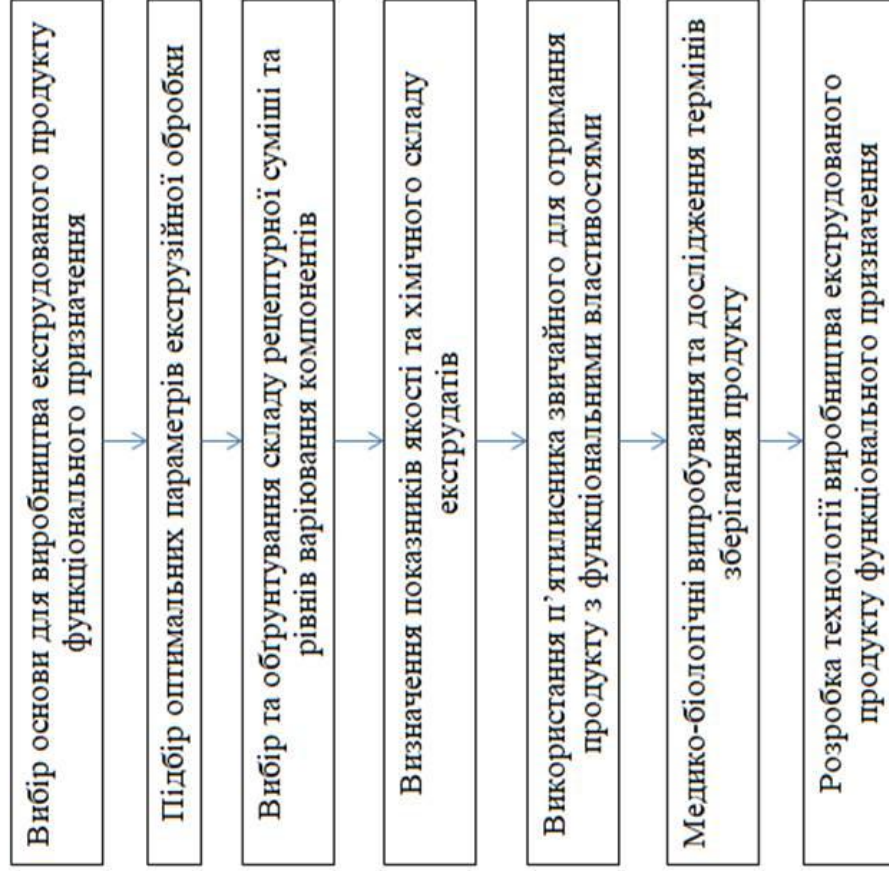
- вибір і обґрунтування складу продукту і рівнів варіювання компонентів;
- підбір оптимальних параметрів екструзійної обробки, вибір базової рецептури для виробництва продуктів функціонального призначення;
- дослідження хімічного складу та фізико-хімічних властивостей екструдованої суміші;
- розробка технології виробництва екструдованого продукту функціонального призначення;
- дослідження стану охорони праці в ТОВ «Побережне»;
- розрахунок кошторису витрат на проведення досліджень.

Об'єкт дослідження – екструдовані продукти отримані з використанням основної і додаткової сировини.

Предмет дослідження – взаємозв'язок технологічного процесу екструзії з якісними показниками готового продукту функціонального призначення.

СТРУКТУРНА СХЕМА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

4



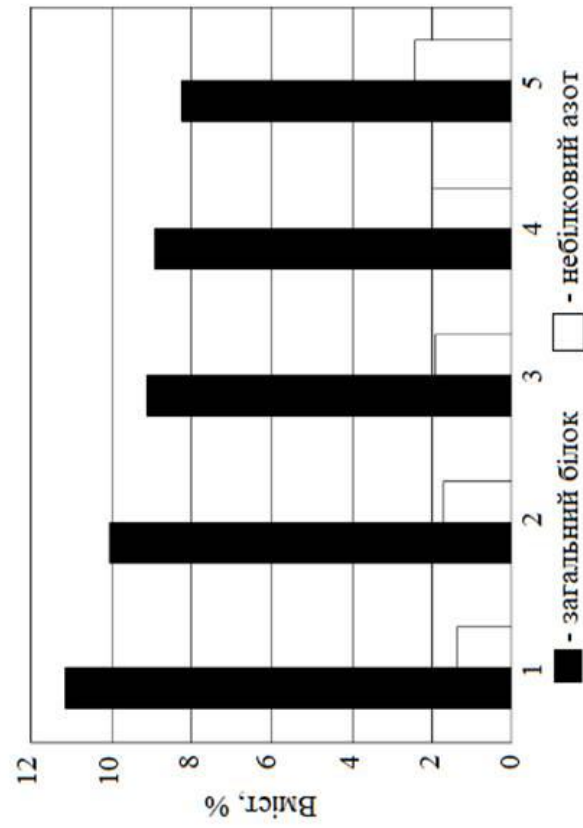
ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Показники якості екструдованих продуктів на основі зерна жита

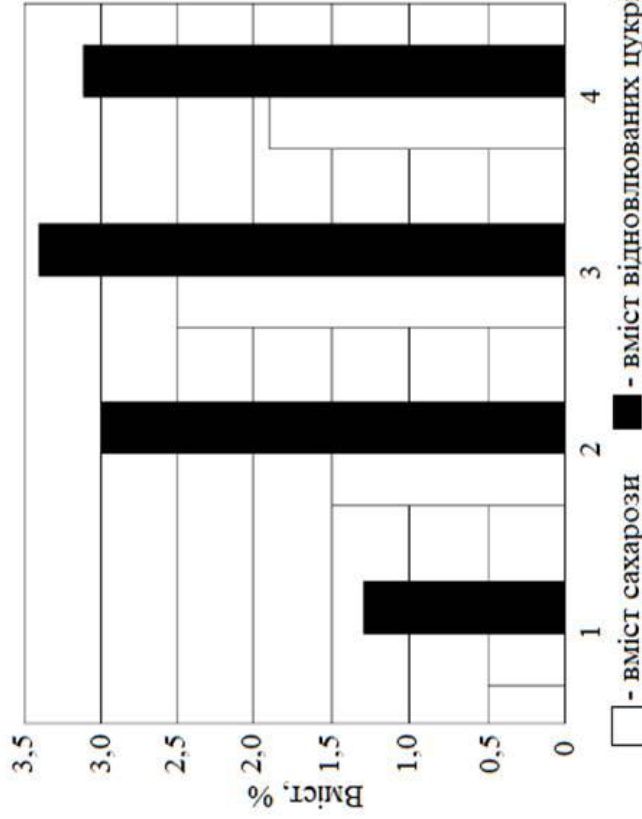
Екструдат	Вологість, %	Діаметр, мм	Об'ємна маса, г/дм ³
Зерно жита	8,9	11,02	65,1
Проросле зерно жита	10,0	9,25	195,0
Зерно з кедровим шротом	7,0	11,45	159,2
Зерно з обліпихи шротом	5,8	11,62	110,3
Подрібнене зерно	7,1	5,71	99,5
Подрібнене зерно з кедровим шротом і «Світлі»	7,6	6,51	70,01
Подрібнене зерно з «Світлі»	7,0	5,77	86,46

ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

6



1 – контроль; 2 – екструдат з зерна жита; 3 – екструдат з 1 – контроль (зерно жита); 2 – екструдат з дробленого зерна; пророслого зерна; 4 – екструдат з зерна жита з кедровим шротом; 3 – екструдат з дробленого зерна з кедровим шротом і шротом; 5 – екструдат з зерна жита з обліпиховим шротом. «Світлі»; 4 – екструдат з «Світлі»



Білковий комплекс екструдатів на основі зерна жита Вміст сахарози відновлювальний цукрів в екструдаті на основі дробленого зерна

ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Вплив параметрів екструзування на фізичні показники якості екструдатів

Параметри екструзування		Температура, °С	Діаметр, мм	Об'ємна маса, г/дм ³	Вологість, %
Швидкість обертання шнеків, об/хв	Температура, °С				
170	125	12,85	58,31	9,6	
	150	11,02	54,01	9,6	
	160	11,84	62,18	9,3	
300	150	11,84	55,31	8,8	
	175	11,50	59,26	8,5	
	180	11,18	59,01	8,7	

Вплив параметрів екструзування на вміст водорозчинні речовин і декстринів

Параметри технологічного процесу		Вміст водорозчинних речовин, %		Вміст декстринів, %	
Швидкість обертання шнеків, об/хв	Температура, °С	Вміст водорозчинних речовин, %		Вміст декстринів, %	
170	125	13,71	13,21	13,71	13,21
	150	14,14	15,25	14,14	15,25
	160	14,95	15,87	14,95	15,87
300	150	22,13	19,50	22,13	19,50
	175	24,92	20,70	24,92	20,70
	180	24,51	22,12	24,51	22,12

ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Вплив параметрів екструзування на вміст нітраців і нітриків в екструдаті

Швидкість обертання шнеків, об/хв	Параметри екструзування		Вміст нітраців, мг/кг	Вміст нітриків, мг/кг
	Швидкість обертання шнеків, об/хв	Температура, С		
170	125		25,02	3,22
	150		21,98	2,75
	160		8,97	1,25
300	150		10,00	1,75
	175		5,98	1,75
	180		5,02	0,52

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРОДУКТУ

9

Зміна фізичних показників екструдатів в залежності від кількості добавок

Найменування добавок	Кількість добавок, %	Вологість, %	Діаметр, мм	Об'ємна маса, г/дм ³
Підсолоджував «Світлі»	0,075	8,5	8,4	77,04
	0,1	8,7	8,65	106,02
	0,3	8,8	9,5	80,04
	0,5	9,1	8,5	66,51
	2	9,6	8,9	118,32
Сухе молоко	5	10,1	8,65	113,31
	10	10,3	8,3	62,04
	15	10,8	8,3	84,23
	20	11,0	8,2	75,30
	5	7,1	9,05	141,56
Крохмаль	10	7,8	9,21	115,09
	15	8,4	9,23	128,32
	25	9,3	9,52	130,09
	3,75	7,2	7,33	73,28
	7	7,5	8,95	114,98
Обліпиховий шрот	10	7,7	8,05	131,56
	15	9,9	8,32	133,34
	2	7,4	11,91	70,34
	5	8,2	11,93	60,08
	10	8,4	12,24	51,58
Манна крупа	15	8,7	11,80	37,00

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРОДУКТУ

Вміст крохмалю, декстринів і водорозчинних речовин в залежності від кількості добавок

Найменування добавок	Кількість добавок, %	Вміст крохмалю, %	Вміст декстринів, %	Вміст водорозчинних речовин, %
Підсолоджував «Світлі»	0,075	47,92	11,10	16,09
	0,1	46,56	12,31	16,13
	0,3	46,09	12,32	17,11
	0,5	44,31	12,99	17,92
	2	44,21	12,72	22,45
Сухе молоко	5	45,59	12,78	23,28
	10	49,34	11,67	26,49
	15	57,08	11,11	27,93
	20	56,57	10,01	28,11
	5	46,08	13,47	15,78
Крохмаль	10	48,34	17,42	15,12
	15	53,03	19,91	18,11
	25	59,89	22,12	26,45
	3,75	44,60	11,89	18,90
	7	43,80	13,58	17,50
Обліпиховий шрот	10	42,70	13,52	15,40
	15	40,30	14,51	14,20
	2	48,31	16,02	24,51
	5	50,78	22,48	25,92
	10	53,79	26,11	26,78
Манна крупа	15	58,93	32,04	38,39
	20	59,02	35,67	39,93

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРОДУКТУ

11

Органолептичні показники екструдатів

Зразок	Зовнішній вигляд	Колір	Запах	Смак	Структура
Екструдат з п'ятилисником	Однакові за формою і величиною	Світло-кремовий	Властивий	Властивий даному виробу	Пориста не груба
Екструдат з п'ятилисником і «Світлі»	Однакові за формою і величиною	Світло-кремовий	Властивий	Солодкий	Пориста, не груба

Фізичні показники екструдатів

Зразок	Діаметр, мм	Об'ємна маса, г/дм ³
Контроль (базова рецептура)	11,9	60,0
Екструдат з п'ятилисником	13,2	61,8
Екструдат з п'ятилисником і «Світлі»	11,7	83,3

Вміст крохмалю, декстринів і водорозчинних речовин в продуктах з екстрактом п'ятилисника

Зразок	Вміст крохмалю, %	Вміст декстринів, %	Вміст водорозчинних речовин, %
Контроль (базова рецептура)	56,80	22,50	25,90
Екструдат з п'ятилисником	50,66	19,81	39,95
Екструдат з п'ятилисником і «Світлі»	50,11	20,12	32,93

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРОДУКТУ

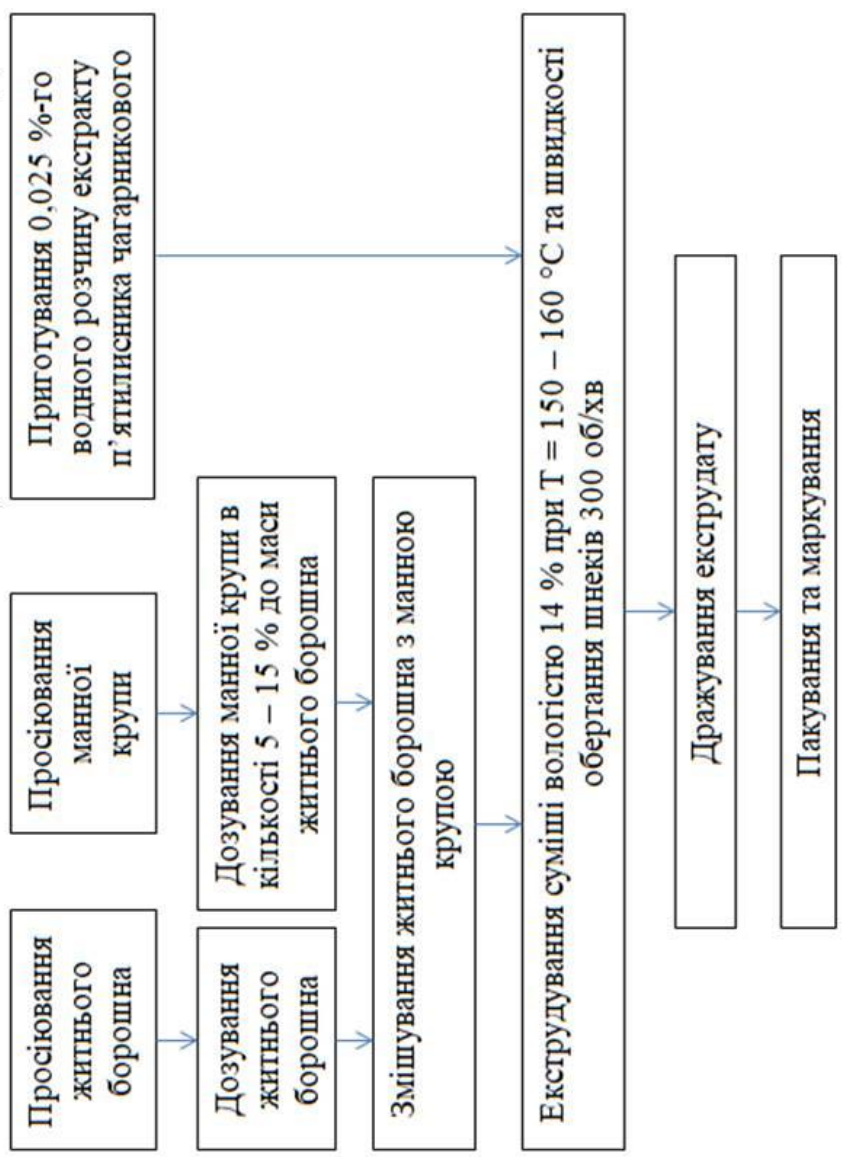


Схема виробництва екструдованого продукту функціонального призначення

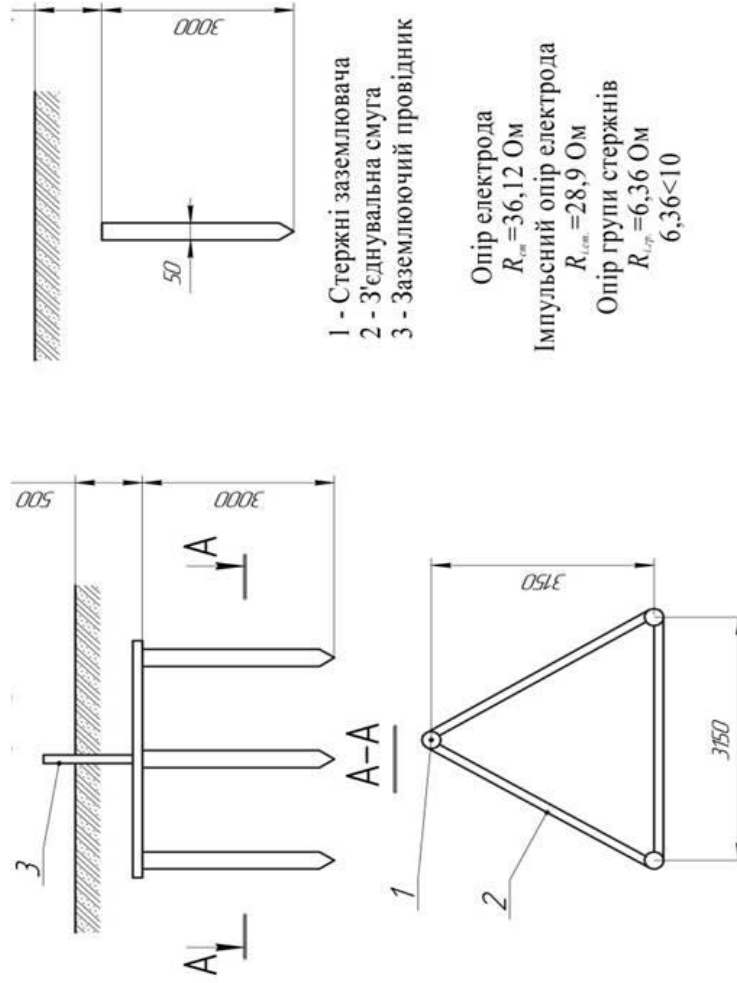
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРОДУКТУ

Якісні показники житніх паличок

Зовнішній вигляд	Найменування показника	Характеристика
Колір		Палички різні за розміром і формою
Смак і запах		Кремовий, різних відтінків
Структура		Властивий даному виду виробів
Масова частка вологи паличок, % не більше		Хрустка, пориста, не грубі
Об'ємна маса паличок, г/дм, не більше		6,0
Діаметр паличок, мм		75,0
Масова частка дріб'язку і паличок, що не відповідають нормі, % не більше		6,0 – 12,0
Сторонні добавки і зараженість шкідниками хлібних запасів		10,0
КМАФАНМ, КУО/г не більше		Не допускається
БГКП (коліформи), в 1 г		-
Патогенні, в т.ч. сальмонели, в 25 г		Не допускаються
Цвіль, КУО/г не більше		Не допускаються
		50

14

ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ТА ЗАСОБИ ЗАХИСТУ З ПОЛПШЕННЯ УМОВ ПРАЦІ



Розрахункова схема заземлювача

КОШТОРИС ВИТРАТ НА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	1585,0
Заробітна плата	1011,80
Нарахування на заробітну плату	222,60
Електроенергія	299,83
Амортизація	255,62
Накладні витрати	809,44
Всього	4148,29

Найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на основні матеріали і витрати на заробітну плату, які складають 1585,0 грн та 1011,80 грн. Загалом, з урахуванням 30 % нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 5403,58 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Вибрано оптимальний склад екструдованого продукту на основі житнього обдирного борошна. Досліджено можливість використання в якості коригувальних структурних компонентів добавок обліпихової шроту, крохмалю, кедрового шроту, сухого молока, цукрозамінника «Світлі» і манної крупи. Показано, що з усіх досліджених добавок тільки манна крупа дозволяє отримати продукти з кращими органолептичними та фізико-хімічними властивостями. Додавання її в кількості 5 – 1,5 % призводить до зниження щільності і поліпшення структури готової продукції.

Підбрано оптимальні параметри екструзійної обробки та досліджено режими технологічного процесу і підбрані параметри, необхідні для отримання якісних екструдованих продуктів на житній основі. Рекомендовано використовувати температуру в робочій камері екструдера ТН-100 від 150 до 160 °С і швидкість обертання шнеків 300 об/хв.

Розроблено технологію отримання екструдованого продукту функціонального призначення та показана можливість використання сухого екстракту п'ятилисника чагарникового в якості біологічно активної добавки. Відзначено, що термічна обробка в ході екструзії не впливає на збереження флавоноїдів. Витрата водного розчину екстракту п'ятилисника чагарникового – 60 л на 100 кг суміші. Встановлено, що екструзійна обробка дозволяє істотно знизити вміст нітратів і нітритів, пестицидів. Це дозволяє істотно забезпечити високу якість і безпеку екструдованих продуктів для використання їх у функціональному харчуванні.

Досліджено стан охорони праці в ТОВ «Побережне», розраховано основні показники виробничого травматизму на підприємстві, згідно яких видно, що в 2018 році на підприємстві трапився один нещасний випадок в результаті чого кількість днів непрацездатності склала 18 днів. Приведено вимоги безпеки праці під час роботи на екструдері. Розраховано систему заземлення технологічного обладнання.

Визначено, що найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на основні матеріали і витрати на заробітну плату, які складають 1585,0 грн та 1011,80 грн. Загалом, з урахуванням 30 % нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 5403,58 грн.

**Міністерство освіти і науки України
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного**

Механіко-технологічний факультет

**Кафедра
Обладнання переробних і харчових
виробництв
імені професора Ф.Ю. Ялпачика**

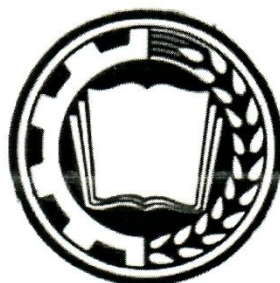


**Збірник наукових праць магістрантів
та студентів**



Мелітополь – 2021

Міністерство освіти і науки України



**Збірник наукових праць
магістрантів та студентів**

Механіко–технологічний факультет

**Кафедра
Обладнання переробних і харчових виробництв
імені професора Ф.Ю. Ялпачика**

Мелітополь – 2021 р.

УДК 621.311:631

ПЗ.8

Збірник наукових праць магістрантів та студентів. Мелітополь:
ТДАТУ, 2021. 168 с.

Друкується за рішенням Ради факультету МТ
Протокол № 6 від 8 лютого 2021 р.

У випуску наукових праць друкуються матеріали за результатами наукової роботи молодих вчених, магістрантів та студентів в галузі обладнання, процесів, енергетики, автоматизації, моделювання, обслуговування та ремонтних робіт переробних і харчових виробництв та переробки сільськогосподарської продукції.

Редакційна колегія:

Кюрчев С.В. – д.т.н., професор (головний редактор); Самойчук К.О. – д.т.н., професор (заст. головного редактора); Ялпачик В.Ф. – д.т.н., професор, Верхованцева В.О. – к.т.н., доцент; Паляничка Н.О. – к.т.н., доцент; Олексієнко В.О. – к.т.н., доцент; Лебідь М.Р. – магістрант; Щербаков Д.В. – магістрант.

Відповідальний за випуск – д.т.н., доцент Самойчук К.О.

Адреса редакції: ТДАТУ

Просп. Б. Хмельницького 18,
м. Мелітополь, Запорізька обл.,
72312 Україна
Email: tdatu.ophv@yandex.ru

ISSN 2078–0877

© Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного, 2021.

ВПЛИВ СТУПЕНЯ ПОДРІБНЕННЯ СИРОВИНИ НА ХАРАКТЕР ПРОТІКАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРУЗІЇ

Голуб Є.В., МГХТз-1-19

Керівник Олексієнко В.О., к.т.н., доц.

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного*

Анотація – проведено дослідження гранулометричного складу часток для підвищення ефективності процесу екструзії.

Для вибору оптимального розміру часток зернової суміші, що зазнає екструдуювання, була проведена серія експериментів при наступних параметрах процесу: температура передматричної зони 120 °С, початкова вологість продукту 22,0 %; частота обертання шнека 1,15 с⁻¹; довжина каналу матриці 2,4·10⁻² м і діаметр прохідного отвору матриці 3·10⁻³ м.

Всі компоненти суміші окремо подрібнювали в дробарці й відсівали через набір сит, потім змішували в співвідношенні: чечевиця – 43 %, соняшниковий шрот – 11 %, рисова крупа – 46 %. Отриману суміш доводили до вологості 22%. Далі суміш відволожували протягом двох годин для рівномірного розподілу вологи. При досягненні в передматричній зоні й корпусі робочої температури, включали привід установки, відкривали засувку приймальної горловини й обробляли зернову суміш у встановленому режимі.

Після досягнення стійкого режиму роботи періодично робили відбір проб екструдата, вимірюючи їх масу для обчислення продуктивності, фіксували значення діаметра продукту, температури корпусу й екструдату.

На основі отриманих експериментальних даних була побудована залежність коефіцієнта розширення від розміру часток зернової суміші (рисунок 1). Коефіцієнт розширення визначався по формулі (1) як відношення діаметра готового продукту до діаметра отвору матриці.

$$K_p = \frac{d_e}{d_m}, \quad (1)$$

де d_e – діаметр екструдату, м;

d_m – діаметр отворів матриці, м.

При екструдуюванні зернової суміші з розміром часток до 0,16 мм процес був нестійкий, спостерігалися різкі пульсації тиску, паузи при виході продукту з матриці. Через періодичне забивання вихідного отвору діаметр продукту теж мінявся.

При використанні для екструзії зернових сумішей з розмірами часток від 0,16 до 0,315 і від 0,315 до 0,63 мм процес ішов стабільно. Екструдат являв собою палички з рівномірної по перетину пористістю й потрібними органолептичними показниками.

Екструдувана зернова суміш з розміром часток від 0,63 до 1,25 мм показало неможливість використання цієї фракції за даних умов обробки, тому що продукт розширювався нерівномірно, являв собою палички із включенням невеликої кількості крупинок, що можна пояснити неповним переходом часток зернової суміші в розплав.

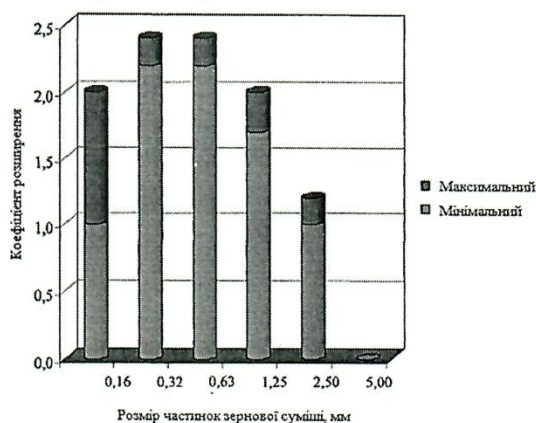


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнта розширення від розміру часток зернової суміші

Збільшення температури екструдувannya ліквідувало цей недолік, але призвело до потемніння продукту, викликаному меланоєдиноутворенням, що супроводжувався «горілим» присмаком.

Використання крупи з розміром часток від 1,25 до 2,50 мм призводило до нестійкого процесу екструзії, продукт случувався нерівномірно і являв собою палички з нерозвиненої по перетину пористістю. У перетині продукту різнилося включення великої кількості крупинок, що можна пояснити ще менш повним, ніж в попередньому випадку, переходом часток зернової суміші в розплав.

Спроби екструдувати зернову суміш із розміром часток від 2,50 до 5,00 мм не мали успіху, отже сировина такого фракційного складу взагалі непридатна для екструдувannya.

Таким чином, у ході проведення експериментів було встановлено, що найбільш якісні зернові палички можна одержати із зернової суміші з розміром часток від 0,16 до 0,63 мм. Але остаточний вибір слід робити з урахуванням максимального виходу необхідної фракції після дробарки, звертаючи увагу на якість просіву й присутність у крупі часток меншого розміру, яке може приводити до запікання вихідного отвору матриці й зупинці процесу екструзії.