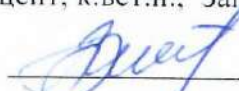


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Спеціальність 181 «Харчові технології»

Допускається до захисту
Зав. кафедри харчових технологій і
технологій переробки продукції
тваринництва
доцент, к.вет.н., Загоруй Л.П.


підпис, вчене звання, прізвище, ініціали

« 18 » 07 2026 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ОЛІЇ

Виконав(ла) Хорошунов К.Ю.
прізвище, ініціали, підпис

Керівник доц. Калініна Г.П.
вчене звання, прізвище, ініціали, підпис

Рецензент
вчене звання, прізвище, ініціали, підпис

Я, Хорошунов Костянтин Юрійович, засвічую, що кваліфікаційну роботу виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності.

ЗМІСТ

Завдання на кваліфікаційну роботу здобувачу	3
АНОТАЦІЯ	4
ANNOTATION	5
Відгук керівника роботи	6
Рецензія	7
ВСТУП	8
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Класифікація сухих сніданків в Україні	10
1.2 Підбір і вимоги до сировини	12
1.3 Технологічний розрахунок сировини	19
1.4 Підбір та розрахунок обладнання для технології кукурудзяних пластівців	23
1.5 Технологія кукурудзяних пластівців	32
2. КОНТРОЛЬ БЕЗПЕЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗЯНИХ ПЛАСТІВЦІВ	36
3. ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ	39
4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	41
ВИСНОВКИ	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	44

АНОТАЦІЯ

Метулинський А.В. Організація виробництва кукурудзяних пластівців»

Метою даної роботи є ознайомлення з виробництвом кукурудзяних пластівців.

Популярність харчових концентратів на основі зернової сировини стрімко зростає серед різних категорій споживачів. Це обумовлено їхньою значною харчовою цінністю, можливістю тривалого зберігання без втрати якості, а також простотою та швидкістю приготування, що особливо актуально в умовах сучасного ритму життя. Важливу частку цього сегменту ринку займають продукти, отримані з кукурудзи. Зокрема, глазуrowані кукурудзяні пластівці стали масовим продуктом із стабільно високим попитом і популярністю в Україні. Відповідно до класифікації товарознавства, ці вироби входять до групи сухих сніданків, які створюються за сучасними технологіями і відіграють важливу роль у формуванні раціону швидкого харчування нашого часу.

У кваліфікаційній роботі проведено всебічний аналіз технології виробництва глазуrowаних кукурудзяних пластівців, із детальним визначенням вимог до якості як основної сировини, так і допоміжних матеріалів. Розраховано продуктову складову, на основі якої розроблено апаратурно-технологічну схему, а також здійснено вибір і технічний розрахунок основного виробничого обладнання. Особливий акцент у роботі зроблено на створенні системи контролю безпеки та якості готової продукції відповідно до принципів НАССР. Крім того, впроваджено заходи з екологізації виробництва шляхом утилізації відходів і рекуперації енергії, спрямовані на підвищення екологічної ефективності процесів.

Кваліфікаційна робота містить 45 сторінок, 17 таблиць, 4 рисунків, 25 список використаних джерел.

Ключові слова: глазуrowані кукурудзяні пластівці, сировина, обладнання, технологія, контроль безпечності та якості.

ANNOTATION

Metulinsky A.V. Organization of corn flakes production

The purpose of this paper is to introduce the production of corn flakes.

The popularity of grain-based food concentrates is rapidly growing among various consumer categories. This is due to their significant nutritional value, long-term shelf life without loss of quality, and ease and speed of preparation, which is especially relevant in today's fast-paced lifestyle. Corn-based products account for a significant share of this market segment. In particular, coated corn flakes have become a mass-market product with consistently high demand and popularity in Ukraine. According to commodity classification, these products fall under the category of breakfast cereals, which are produced using modern technologies and play a significant role in shaping the modern fast-food diet.

The qualification work provides a comprehensive analysis of the production technology for coated corn flakes, detailing the quality requirements for both the primary raw materials and auxiliary materials. The product components were calculated, which were used to develop a process flow diagram, as well as the selection and technical design of the main production equipment. The report places a special emphasis on the established systems for monitoring the safety and quality of finished products in accordance with the principles of HACCP. In addition, the ecologization of production is promoted through waste disposal and energy recovery, aimed at increasing the environmental efficiency of processes.

The thesis contains 45 pages, 17 tables, 4 figures, and 25 references.

Keywords: glazed corn flakes, raw materials, equipment, technology, safety and quality control, greening.

ВСТУП

В останні роки в Україні відзначається активний розвиток харчової промисловості, що спеціалізується на виробництві концентратів. Цей сектор переживає динамічне зростання, обумовлене зміною стилю життя сучасного суспільства, де брак вільного часу серед споживачів стає все більш очевидним. У відповідь на ці зміни особливу популярність набули продукти, призначені для швидкого приготування: сухі сніданки, готові обідні страви, десертні суміші, а також сухі основи для молочних коктейлів і смузі. Орієнтуючись на запити ринку, українські виробники активно працюють над тим, щоб підвищити харчову та біологічну цінність цієї продукції. Це досягається шляхом вдосконалення рецептурного складу і впровадження сучасних технологій обробки сировини [17, 21].

Харчові концентрати являють собою готові сухі суміші або окремі продукти, які пройшли повний цикл первинної та термічної обробки на етапі промислового виробництва. У порівнянні з традиційними продуктами вони відрізняються підвищеною біологічною цінністю за мінімальних розмірів і ваги, що забезпечує їхню високу поживну щільність. Ці вироби характеризуються тривалим терміном зберігання та зручністю транспортування, що робить їх незамінними в умовах сучасного ринку.

Їхня технологічна простота і швидке приготування дозволяють значно спростити кулінарні процеси як у домашніх умовах, так і в закладах громадського харчування. Особливо перспективним напрямом у цій галузі є сировини, що містять крохмаль, зокрема перероблені продукти з кукурудзи, які є основою для різноманітних сухих сніданків та екструдованих продуктів. [2, 9].

Одним із класичних прикладів і технологічних орієнтирів серед харчових концентратів цієї групи є кукурудзяні пластівці, які належать до категорії сухих сніданків відповідно до чинної класифікації харчових виробництв. З технологічної точки зору, кукурудзяні пластівці - це хрусткий формований виріб, що виготовляється переважно із кондиційної кукурудзяної

крупини або борошна. Процес передбачає гідротермічну обробку, варіння в сиропі, а також плющення за допомогою вальцових верстатів у завершальній частині апаратурно-технологічної лінії. Останнім етапом є високотемпературне сушіння та обсмажування, завдяки яким формується характерна пориста структура продукту.

Перевагою пластівців є високий вміст складних вуглеводів та нерозчинних харчових волокон, які сприяють поліпшенню перистальтики шлунково-кишкового тракту. Завдяки термообробці відбувається деструкція крохмалю, що робить продукт повністю готовим до споживання без додаткового приготування [10, 19].

Метою даної роботи є ознайомлення з виробництвом кукурудзяних пластівців.

Для вирішення поставленої мети були визначені наступні **завдання**:

- ознайомитися з технологією виготовлення кукурудзяних пластівців;
- підібрати та розрахувати сировину для виготовлення готового продукту;
- зробити аналіз та розрахунок обладнання згідно апаратурно-технологічної схеми;
- представити контроль безпечності та якості виробництва кукурудзяних пластівців;
- висвітлити екологізацію виробничих процесів при виробництві кукурудзяних пластівців.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи передбачають, що бакалаврська робота містить вступ, чотири основні розділи, висновок та список використаних джерел. Загальний обсяг текстової частини складає 45 сторінку комп'ютерного тексту. Для представлення ілюстративного матеріалу використовуються 17 таблиць та 4 рисунків. У списку використаної літератури наведено 25 найменувань.

РОЗДІЛ I. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Класифікація сухих сніданків в Україні

Споживання сухих сніданків в Україні стабільно зростає, щорічно демонструючи приріст на рівні 10–12%. Це явище викликане збільшенням темпу життя міського населення, нестачею часу для приготування їжі та популяризацією тренду здорового харчування. Основну частку ринку займають доступні за ціною вівсяні та мультизлакові пластівці, а також преміум-сегмент запеченої граноли.

Водночас логістичні та енергетичні кризи, що тривають у країні, перетворили сухі сніданки у стратегічно важливий продукт. Завдяки низькому рівню вологості, довгому терміну зберігання без потреби в холодильному обладнанні і можливості споживання без необхідності використовувати гарячу воду або електроенергію, вони стали незамінним компонентом продовольчої безпеки [10, 14, 18].

Наразі український ринок орієнтований на імпортозаміщення та концепцію «чистої етикетки». Відповідаючи сучасним вимогам, виробники активно впроваджують нові функціональні продукти - безглютенові варіанти, суміші зі зниженим вмістом цукру, а також сніданки, збагачені важливими для організму мікронутрієнтами місцевого походження.

Сухі сніданки являють собою особливу групу багатокomпонентних харчових концентратів на основі зерна, які проходять комплексну гідротермічну обробку, включаючи варіння, формування (плющення чи екструзію), а також подальше обсмажування або сушіння з додаванням смакових, ароматичних та збагачувальних інгредієнтів. Основна технологічна особливість таких продуктів полягає в їхній повній готовності до споживання без необхідності додаткової термічної обробки.

Сухі сніданки класифікують за типом кінцевого продукту, видом сировини та способом технологічного виробництва [12, 17, 20].

Також їх можуть класифікувати за морфологічними ознаками та консистенцією на кілька основних груп:

- Пластівці, які зазвичай виготовляються із цільного зерна або борошна.
- Повітряні (підірвані) продукти, створені на основі злаків, цільних зерен або сумішей із борошна.
- Волокнисті вироби, для яких основною сировиною слугують цільні злакові культури.
- Гранульовані концентрати, сформовані з борошна або сумішей, що містять крохмаль.

Кожна з цих груп доступна як у натуральному вигляді, так і з додаванням різних смако-ароматичних компонентів або функціональних добавок.

З точки зору інженерно-технологічного підходу, сухі сніданки поділяють за методом текстурування. Вони можуть виготовлятися шляхом механічного плющення, подрібнення, термічного підживання або гарячої термопластичної екструзії. Крім того, звертають увагу на компонентний склад: вироби бувають простими (з однієї зернової культури) та складними (збагаченими додатковими елементами або полікомпонентними).

Сучасна класифікація сухих сніданків, представлених на українському ринку, дозволяє розподілити їх на чотири основні категорії, що базуються на технологічних особливостях виготовлення та нутриціологічних характеристиках. Основою цього поділу є методи обробки сировини, структура кінцевого продукту та спосіб його приготування [14, 24].

1. Традиційні зернові пластівці. Такий вид є класичним представником ринку. Такі продукти створюються із цільного зерна або спеціальної крупи (кукурудзяної, пшеничної, рисової, гречаної) за допомогою тривалого варіння у солодко-сольовому сиропі, пластифікації (плющення) на вальцьових верстатах та подальшого технологічного обсмажування. Готові пластівці відрізняються пористою й хрусткою текстурою та є цілком придатними до вживання у готовому вигляді.

2. Полікомпонентні зернові суміші (Мюслі та Гранола). Ці продукти поєднують зернову основу (зазвичай вівсяні, ячмінні чи пшеничні пластівці у сирому чи запеченому вигляді) зі спеціальними функціональними добавками.

Сирі мюслі складаються з необроблених пластівців, змішаних із сухофруктами, горіхами та цукатами.

Запечені мюслі (гранола, кранчі) піддаються термічній обробці на низьких температурах у поєднанні з медом, соками або рослинними оліями, що сприяє клейстеризації крохмалю й утворенню насиченого карамельного смаку [2, 14].

3. Фігурні екструдовані вироби (Снеки). Сюди входять продукти в різних формах - кульки, кільця, зірочки, палички та подушечки з начинкою. Вони виготовляються методом гарячої термопластичної екструзії на основі дрібнодисперсної сировини (борошна або сумішей із вмістом крохмалю). Під час виробництва застосовується короткотривалий вплив високого тиску й температури, після чого матеріал проходить через матрицю, зі стрибком тиску утворюючи пористу структуру.

4. Продукти швидкого і миттєвого приготування (Каші). Цей продукт включає сніданки, які потребують мінімальної обробки перед споживанням - зазвичай їх досить просто залити гарячою водою чи молоком і настояти 1–5 хвилин. Їхня основа - зернові пластівці, які зазнали глибокої гідротермічної обробки та мікронізації, що дозволяє руйнувати клітинні стінки злаків та максимально полегшує засвоєння поживних речовин організмом.

Сучасний український ринок сухих сніданків характеризується значною диверсифікацією. Асортимент вітчизняних виробників представлений чотирма основними сегментами: полікомпонентними кашами швидкого приготування, запеченою гранолою (кранчами), класичними пластівцями та традиційними мюслі. Крім того, триває активне імпортозаміщення завдяки розширенню лінійок функціональних продуктів і збільшенню виробничих потужностей місцевих брендів [19, 21].

1.2. Підбір і вимоги до сировини

Основними компонентами для виготовлення глазурованих кукурудзяних пластівців є крупнофракційна шліфувана кукурудзяна крупа, а також інгредієнти, що передбачені рецептурою. Усі ці інгредієнти поділяються на три ключові технологічні категорії: компоненти для варіння, які формують основу;

елементи для глазурування, що створюють покриття; та функціональні добавки, призначені для збагачення продукту.

Кукурудзяна крупа. Кукурудзяна крупа, яка використовується на виробництві сухих сніданків (пластівців і повітряних зерен), повинна строго відповідати вимогам ТУ У 15.6-00954544-006:2012 «Крупа кукурудзяна» [22] за органолептичними, фізико-хімічними характеристиками та безпекою. Для забезпечення оптимального процесу плющення й утворення пористої структури застосовується крупа великого (грубого) помелу. Її морфологічні характеристики включають подрібнені частки ендосперму зерна кукурудзи різної форми, які зазнали дегермінізацію, тобто ретельне видалення оплодня (зовнішньої оболонки) та ліпидовмісного зародка.

Органолептичні показники відповідно стандарту наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Органолептичні показники кукурудзяної крупи

Показник	Характеристика
Зовнішній вигляд	Дроблені частинки ядра кукурудзи різної форми, отримані шляхом відокремлення плодових оболонок (оплодня) і зародка, ретельно зашліфовані, з частково заокругленими гранями.
Колір	Білий або жовтий з різними відтінками, повністю однорідний за всією масою партії, без темних вкраплень.
Запах	Специфічний, властивий кукурудзяній крупі, без сторонніх запахів (не допускаються затхлий, запліснявілий чи інші дефектні запахи).
Смак	Характерний для кукурудзяного ендосперму, злегка солодкуватий, без сторонніх присмаків (не допускаються кислий, гіркий або присмак згіркнення).
Наявність хрускоту	При розжовуванні крупи хрускіт мінеральних домішок категорично не допускається.

Фізико-хімічні показники кукурудзяної крупи згідно з зазначеними

технічними умовами зведено в таблицю 2.

Таблиця 2

Показник	Нормативне значення та вимоги згідно з ТУ
Вологість, %, не більше	14,0 (забезпечує стійкість під час зберігання)
Масова частка жиру (на суху речовину), %, не більше	0,8 – 1,0 (свідчить про високий ступінь дегермінізації)
Масова частка золи (на суху речовину), %, не більше	0,30 – 0,40 (показник ефективності видалення оболонок)
Вміст смітєвої домішки, %, не більше	0,1 – 0,2
Вміст мінеральної домішки, %, не більше	0,05
Шкідлива домішка (галька, сажка, ріжки тощо)	Категорично не допускається
Вміст металоманітної домішки на 1 кг крупи, мг, не більше	3,0 (розмір окремих частинок не повинен перевищувати 0,3 мм)

Цукор-пісок. Цукор білий кристалічний (цукор-пісок) виробляється відповідно до вимог національного стандарту ДСТУ 4623:2014 «Цукор білий. Технічні умови» [6]. Процес виготовлення регламентований затвердженими санітарними нормами, правилами та технологічними інструкціями. Для забезпечення рівномірного розчинення і збереження стабільних фізико-хімічних властивостей варильних сиропів застосовується кристалічний цукор із лінійними розмірами кристалів від 0,2 мм до 2,5 мм.

У виробництві кукурудзяних пластівців цукор виконує функцію не тільки підсолоджувача, але і важливого технологічного компонента. Сахароза формує десертний смаковий профіль виробу, а на фінальній стадії високотемпературного обсмажування при температурах 150–200 °С відбувається її частковий гідроліз. Утворені редукуючі цукри вступають у реакцію Майяра (меланоїдіноутворення) з амінокислотами кукурудзяного

ендосперму, що сприяє виникненню карамельного аромату, насиченого золотисто-бурштуніового кольору і хрусткої текстури готових пластівців.

За органолептичними показниками цукор повинен відповідати вимогам, зазначеним у таблиці 3.

Таблиця 3

Органолептичні показники цукру

Найменування показника	Характеристика та вимоги
Зовнішній вигляд	Кристалічний продукт без сторонніх домішок і грудок цукру, що не розсипаються при легкому натисканні. Кристали повинні бути однорідними, з чітко вираженими гранями.
Колір	Білий, чистий, однорідний за всією масою партії, без плям чи жовтуватого відтінку.
Запах	Чистий, властивий цукру, без сторонніх запахів (як у сухому цукрі, так і в його водному розчині).
Смак	Солодкий, без сторонніх присмаків і післясмаків.
Чистота розчину	Розчин цукру масовою часткою 10% (за сухою речовиною) має бути прозорим або злегка опалесцентним, без осаду та сторонніх зважених часток.

Сіль кухонна харчова. Має відповідати вимогам ДСТУ 3583:2015 «Сіль кухонна. Загальні технічні умови» [4], що встановлюють стандарти якості та характеристик продукту. Сіль виконує важливу роль у створенні гармонійного смакового профілю, слугуючи підсилювачем смаку. Крім того, її технологічний вплив проявляється у регулюванні осмотичного тиску у варильному середовищі, що забезпечує контроль над швидкістю набрякання та процесом клейстеризації крохмалю в кукурудзяному ендоспермі.

Кухонна сіль класифікується за такими ознаками:

– За способом одержання: виварна, кам'яна, самоосадна та осадна;

- За якістю та гатунком: екстра, вищий, перший та другий;
- За видом: з добавками або без них;
- За крупністю: виварна, а також мелена різних помелів – від 0 до 3.

За органолептичними та фізико-хімічними показниками сіль кухонна повинна відповідати вимогам, зазначеним у таблиці 4.

Таблиця 4

Органолептичні та фізико-хімічні показники солі кухонної

Найменування показника	Характеристика та нормативне значення (для сорту «Екстра» / Вищого сорту)
Органолептичні показники	
Зовнішній вигляд	Кристалічний сипучий продукт. Не допускається наявність сторонніх домішок, що не пов'язані з походженням солі.
Смак	Солоний, без сторонніх присмаків.
Запах	Без стороннього запаху (для нейодованої солі).
Колір	Білий (для сорту «Екстра» - чисто-білий; для вищого сорту допускаються слабкі відтінки сіруватого, жовтуватого або рожевого кольору).
Фізико-хімічні показники	
Масова частка хлористого натрію (NaCl), %, не менше	99,70 (сорт «Екстра») / 98,40 (вищий сорт)
Масова частка вологи, %, не більше	0,10 (для сорту «Екстра» з антизлежувачем) / 0,50 (для вищого сорту)
Масова частка нерозчинного у воді залишку, %, не більше	0,03 (сорт «Екстра») / 0,20 (вищий сорт)
Масова частка кальцій-іона (Ca^{2+}), %, не більше	0,02 (сорт «Екстра») / 0,35 (вищий сорт)
Масова частка магній-іона (Mg^{2+}), %, не більше	0,01 (сорт «Екстра») / 0,05 (вищий сорт)
Масова частка сульфат-іона (O_4^{2-}), %, не більше	0,16 (сорт «Екстра») / 0,80 (вищий сорт)
Вміст феромагнітних домішок, мг на 1 кг, не більше	3,0 (розмір частинок не повинен перевищувати 0,3 мм)

Солодовий екстракт (ТУ У 15.8-32671885-001:2011 «Екстракти солодові». Технічні умови [23].) є незамінним компонентом класичної рецептури у виробництві кукурудзяних пластівців. Його отримують шляхом екстракції водою корисних речовин із ферментованого або неферментованого

подрібненого солоду. Потім сусло випаровують у вакуумі до отримання густого, в'язкого сиропу з масовою часткою сухих речовин на рівні 70-75%. Вимоги до якості цього інгредієнта регламентуються відповідними технічними умовами або стандартами підприємства, зокрема за показниками вмісту редукувальних речовин і рівня кислотності.

Органолептичні показники солоду наведені в таблиці 5.

Таблиця 5.

Органолептичні показники солоду

Найменування показника	Характеристика та вимоги згідно з нормативною документацією
Зовнішній вигляд і консистенція	Однорідна, густа, в'язка сиропоподібна рідина без сторонніх домішок і каламуті. Допускається незначна опалесценція (легке молочне помутніння), зумовлена нативними колоїдними речовинами злаків. Не допускається наявність осаду, зацукрованих грудок чи поверхневої піни.
Колір	Від світло-коричневого до глибокого темно-бурого з вираженим янтарним або бурштиновим відтінком. Колір має бути однорідним за всім об'ємом, без видимих темних шарів чи розшарування.
Запах	Чистий, виражений, приємний ароматичний, характерний для вихідної сировини (ячмінного або житнього солоду). Для ферментованих екстрактів — з яскравим ароматом свіжоспеченого житнього хліба. Категорично не допускаються сторонні запахи: кислий, гнильний, пліснявий або спиртовий (ознака закисання чи бродіння).
Смак	Солодкий, з чітко вираженим приємним солодовим присмаком і легкою приємною гіркотою (особливо для ячмінних екстрактів). Не допускаються сторонні присмаки: виражений кислий, підгорілий, терпкий або дріжджовий.
Розчинність у воді	Повна розчинність у дистильованій або питній воді кімнатної температури з утворенням прозорого або злегка опалесцентного розчину без випадання пластівців чи осаду.

Вода питна використовується як дисперсійне середовище для приготування варильних сиропів, гідратації крохмальної матриці зернових структур та забезпечення процесів клейстеризації ендосперму кукурудзи. Вона

повинна строго відповідати сучасним вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [3], враховуючи її органолептичні, фізико-хімічні, радіологічні та мікробіологічні властивості.

Забезпечення санітарно-гігієнічної безпеки та високої якості технологічної води є ключовим фактором для стабільного виконання технологічного процесу і збереження мікробіологічної стійкості готових продуктів. Нормативи жорстко регламентують гранично допустимі концентрації хімічних забруднювачів, таких як токсичні метали, пестициди і нітрати, та повністю виключають наявність патогенних мікроорганізмів і коліформних бактерій. Це знижує ризик псування напівфабрикатів під час їх варіння, сушіння і темперування, забезпечуючи високий рівень безпеки й стабільності кінцевого продукту.

Глазуруючий компонент (мед). Натуральний бджолиний мед використовується в технологічному процесі як багатофункціональний глазурувальний інгредієнт та біологічно активний компонент для створення преміальних кукурудзяних пластівців. Його фізико-хімічні властивості, органолептичні характеристики та показники безпеки повинні повністю відповідати вимогам національного стандарту ДСТУ 4497:2022 «Мед бджолиний натуральний. Технічні умови» [5]. Для переробки придатний лише зрілий мед із вмістом вологи не більше ніж 20%, який позбавлений ознак бродіння чи сторонніх запахів і присмаків.

Технологічна роль натурального меду у формуванні споживчих властивостей глазурованих пластівців визначається його унікальним хімічним складом і багатофункціональними характеристиками:

Формування структури та гідрофобного бар'єра. Мед є висококонцентрованим водно-вуглеводним розчином, у якому основними цукрами виступають глюкоза і фруктоза (загалом не менше ніж 65–70%). Завдяки своїй високій в'язкості та адгезійним властивостям медовий сироп здатний рівномірно покривати поверхню обсмажених кукурудзяних пластівців

під час процесу дражування. У результаті термічної обробки формується щільна, глянцева, аморфна скоринка, яка слугує вологозахисним бар'єром. Вона значно уповільнює проникнення молока в пластівці під час споживання, що дозволяє їм довше зберігати хруст кість [16, 21].

Смакова й ароматична модифікація. Завдяки вмісту ароматичних сполук (леткі ефіри, альдегіди, кетони) та особливому складу цукрів, мед надає пластівцям виражений натуральний аромат і приємну м'яку солодкість. Це, своєю чергою, дозволяє зменшити або повністю виключити додавання штучних ароматизаторів і підсолоджувачів.

Функціональне збагачення і фортифікація. На противагу звичайному цукровому сиропу, мед містить широкий спектр біологічно активних речовин: амінокислоти (зокрема, пролін), ферменти (інвертазу, діастазу), органічні кислоти, мінерали (калій, фосфор, залізо) та фенольні сполуки (наприклад, флавоноїди). Додавання меду до глазурі на фінальному етапі виробництва, коли температури сушіння залишаються помірними, дозволяє зберегти та інтегрувати ці корисні компоненти до складу продукту, збагативши злакову основу нативними поживними речовинами і підвищивши її антиоксидантну активність.

1.3 Технологічний розрахунок сировини

Для визначення рецептурного складу та встановлення норм витрат сировини на 1000 кг готової продукції глазурованих кукурудзяних пластівців використовується метод матеріального балансу за сухими речовинами (СР). Цей метод дозволяє точно врахувати вологість кожного інгредієнта, а також передбачити нормативні технологічні втрати на різних етапах виробництва, таких як варіння, сушіння, обсмажування та дражування.

Загальна рецептура готового виробу пластівців кукурудзяних з глазурю зазначена у таблицях 6.

Загальна рецептура глазурованих кукурудзяних пластівців

Найменування компонента / напівфабрикату	Рецептурна частка, %	Масова частка вологи в сировині, %	Масова частка вологи в напівфабрикаті, %	Технологічні відходи та втрати, %
Пластівці (зернова основа)	80,0	15,0	5,0	4,0
Глазур (медове покриття)	20,0	0,14	0,14	4,0
Всього:	100,0	-	-	-

Для отримання готового продукту згідно загальної рецептури наводимо розрахунок відповідних рецептурних компонентів в напівфабрикаті, глазури з урахуванням всіх технологічних операцій.

Загальна маса сухих речовин (СР) у 1000 кг готового продукту (при вологості 3%):

$$M_{\text{ср.гот}} = 1000 \times 100 - 3) / 100 = 970,00 \text{ кг}$$

Необхідна кількість СР на завантаження з урахуванням 4% втрат:

$$M_{\text{ср.заг}} = 970,00 \times 100 / 100 - 4 = 1010,42 \text{ кг}$$

Розподіл СР між основою пластівців (80%) та медовою глазурю (20%):

$$\text{Для пластівців: } 1010,42 \times 0,80 = 808,34 \text{ кг СР}$$

$$\text{Для глазури (меду): } 1010,42 \times 0,20 = 202,08 \text{ кг СР}$$

Розподіл СР всередині пластівців між інгредієнтами варіння (85 / 10 / 3,5 / 1,5):

$$\text{Крупа: } 808,34 \times 0,85 = 687,09 \text{ кг СР}$$

$$\text{Цукор: } 808,34 \times 0,10 = 80,83 \text{ кг СР}$$

$$\text{Солод: } 808,34 \times 0,035 = 28,29 \text{ кг СР}$$

$$\text{Сіль: } 808,34 \times 0,015 = 12,13 \text{ кг СР}$$

Перерахунок СР у натуральну вагу інгредієнтів (з урахуванням їхньої вологості):

$$M_{\text{нат}} = M_{\text{ср}} \times 100 / 100 - W$$

Крупа кукурудзяна (W= 15 %): $687,09 \times 100 / 100 - 15 = 808,34$ кг

Цукор-пісок (W= 0,1 %): $80,83 \times 100 / 100 - 0,1 = 80,91$ кг

Солодовий екстракт (W=25 %): $28,29 \times 100 / 100 - 25 = 37,72$ кг

Сіль кухонна (W=0,5 %\$): $12,13 \times 100 / 100 - 0,5 = 12,19$ кг

Мед натуральний (W=0,14 %): $202,08 \times 100 / 100 - 0,14 = 202,36$ кг

Розрахунок доданої води для варіння сиропу:

Приймаємо стандартну технологічну вологість замісу перед варінням W=28 %.

Загальна маса вологого замісу: $808,34$ (усього СР пластівців) $\times 100 / 100 - 28 = 1122,69$ кг

Кількість чистої води для заливання: $1122,69 - (808,34 + 80,91 + 37,72 + 12,19) = 183,53$ кг

Всі підрахунки виробничої рецептури наведені в таблиці 7.

Таблиця 7

**Виробнича рецептура витрат сировини на 1000 кг готових
пластівців**

Назва сировинного компонента	Масова частка вологи, %	Маса сухих речовин (СР), кг	Маса сировини в натурі, кг
Компоненти варильного відділення			
Крупа кукурудзяна	15,00	687,09	808,34
Цукор-пісок	0,10	80,83	80,91
Солодовий екстракт	25,00	28,29	37,72
Сіль кухонна	0,50	12,13	12,19
Вода технологічна (додана)	100,00	0,00	183,53
Глазурувальне відділення			
Мед бджолиний натуральний	0,14	202,08	202,36
Усього на	-	1010,42	1325,05

завантаження:			
Технологічні втрати СР (4,0%)	-	40,42	-
Випарувана волога при сушінні	-	-	284,63
Вихід готового продукту:	3,00	970,00	1000,00

Для виробництва 1000 кг готових пластівців з вологістю 3% необхідно завантажити 1325,05 кг компонентів. Ця маса враховує 4% технологічних втрат і складається з 1122,69 кг варильного замісу, до якого входять 808,34 кг крупи з додатковими матеріалами та 183,53 кг води для клейстеризації крохмалю за вологості 28%. Окрім цього, використовується 202,36 кг натурального меду для глазурування; його низький початковий рівень вологості (0,14%) мінімізує обсяг випаровування під час фінального сушіння, що забезпечує кінцеву масу випару у 284,63 кг.

Розрахунок потреби в допоміжних матеріалах

Визначення теоретичної кількості споживчої тари (N_{кор.теор}), шт:

$$N_{\text{кор.теор}} = M_{\text{прод}} / m_{\text{пор}}$$

де $M_{\text{прод}}$ — маса готового продукту (1000 кг); $m_{\text{пор}}$ - маса нетто однієї коробки (0,25 кг).

$$N_{\text{кор.теор}} = 1000 / 0,25 = 4000 \text{ шт.}$$

Розрахунок фактичної кількості картонних коробок з урахуванням 0,5% втрат (N_{кор.факт}), шт:

$$N_{\text{кор.факт}} = N_{\text{кор.теор}} \times (1 + V_{\text{карт}}) / 100$$

$$N_{\text{кор.факт}} = 4000 \times (1 + 0,5) / 100 = 4000 \times 1,005 = 4020 \text{ шт.}$$

Розрахунок потреби в поліпропіленовій плівці (маса одного внутрішнього пакета $m_{\text{пл}} = 0,004$ кг, втрати 1%):

$$M_{\text{плів}} = (N_{\text{кор.теор}} \times m_{\text{пл}}) \times (1 + \{V_{\text{плів}} / 100\})$$

$$M_{\text{плів}} = (4000 \times 0,004) \times 1,01 = 16,00 \times 1,01 = 16,16 \text{ кг}$$

Розрахунок кількості транспортних гофроящиків (місткість n = 40 коробок, втрати 1%):

$$N_{\text{ящ}} = (N_{\text{кор.теор}} / n) \times (1 + V_{\text{ящ}} / 100)$$

$$N_{\text{ящ}} = 4000 / 40 \times 1,01 = 100 \times 1,01 = 101 \text{ шт.}$$

Розрахунки занесені до таблиці 8.

Таблиця 8

Розрахунок пакувальних матеріалів на 1000 кг пластівців

Назва матеріалу	Вихідні дані та питомі норми	Втрати, %	Загальна потреба
Плівка поліпропіленова	4000 пакетів 4 г	1,0	16,16 кг
Коробка картонна	4000 порцій на вихід	0,5	4020 шт.
Ящик із гофрокартону	100 ящиків (по 40 коробок)	1,0	101 шт.

Для фасування та пакування 1000 кг готових глазурованих кукурудзяних пластівців у споживчу тару масою нетто 250 г загальна потреба в пакувальних матеріалах з урахуванням нормативних технологічних втрат становить: 16,16 кг поліпропіленової плівки для формування внутрішніх герметичних пакетів, 4020 шт. картонних художніх коробок хром-ерзац для забезпечення жорсткості та товарного вигляду, а також 101 шт. ящиків із гофрокартону для формування транспортних партій (по 40 коробок у кожному).

1.4. Підбір та розрахунок обладнання для технології кукурудзяних пластівців

Основою проектованої лінії є автоматизований комплекс обладнання безперервної дії, який забезпечує точність режимів на кожній стадії виробництва. До складу цієї лінії входить послідовний ряд машин, що представлений на рисунку 1.

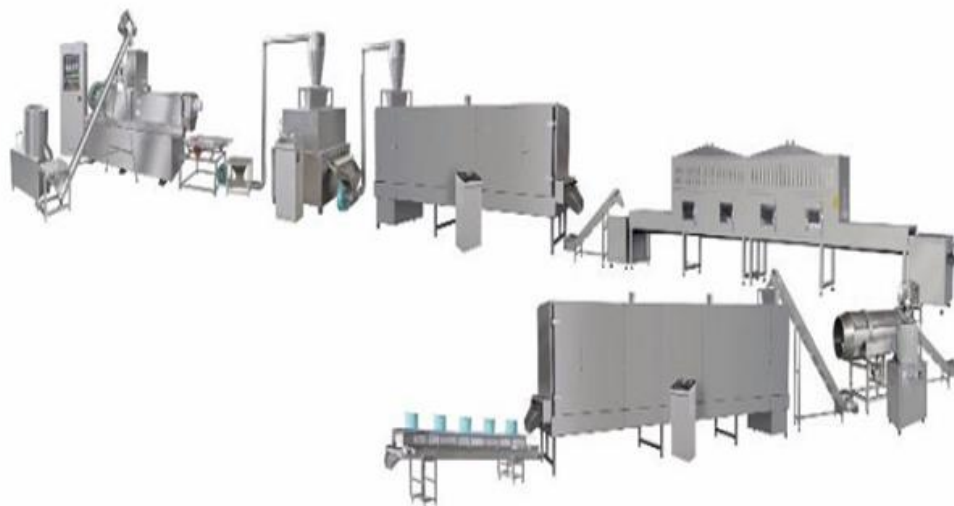


Рис. 1. Лінія з переробки кукурудзяних пластівців

Екструдер є ключовим елементом лінії, де відбувається процес термомеханічної пластифікації та експандування зернової сировини. Устаткування оснащено комплектом формуючих фільтрів, які забезпечують отримання необхідної геометрії та форми поперечного перерізу пластівців при їх виході з матриці (табл. 9).

Таблиця 9

Технічна характеристика екструдера

Найменування показника	Значення параметра
Продуктивність технічна, кг/год	150 – 250
Тип робочого органу	Двошнековий, сонаправлений
Діаметр шнеків, мм	65
Співвідношення довжини шнека до діаметра (L/D)	28:1 – 32:1
Частота обертання шнеків, об/хв	0 – 600 (регульована)
Кількість зон нагріву корпусу (циліндра), шт.	4 – 5
Максимальна температура нагріву, °C	180
Спосіб нагріву зон циліндра	Електричний (ТЕНи)
Спосіб охолодження зон циліндра	Водяний (примусовий)
Встановлена потужність головного двигуна, кВт	37,0 – 45,0
Потужність елементів нагріву, кВт	12,0 – 15,0
Загальна встановлена потужність, кВт	49,0 – 60,0
Габаритні розміри, мм, не більше:	
Довжина, ширина, висота	3200, 1200, 2100
Маса апарата, кг, не більше	1800

Роликова (конвеєрна стрічкова) сушарка призначена для дбайливого та безперервного підсушування кукурудзяних гранул після проходження через екструдер, перед етапом їх плющення. Основна функція апарата полягає у рівномірному зниженні рівня вологості напівфабрикату, запобігаючи при цьому злипанню продукту.

Технічна продуктивність за вихідним продуктом становить 200–300 кг/год. Апарат повністю відповідає вимогам безперервної роботи попереднього двошнекового екструдера та забезпечує підготовку необхідного обсягу напівфабрикату для процесу плющення. Конструкція і робочі елементи включають багатоярусну конвеєрну систему з 3–5 послідовних перфорованих стрічок, виготовлених із харчової нержавіючої сталі. Ці стрічки рухаються по роликових напрямних, що дозволяє раціонально використовувати виробничий простір цеху завдяки вертикальному розташуванню ярусів. Габаритні розміри та маса машин цього класу стандартизовані: довжина корпусу не перевищує 6000 мм, ширина - 1400 мм, висота - 2200 мм. Загальна маса сушарки в зібраному вигляді становить максимум 1500 кг, що дозволяє зменшити навантаження на перекриття виробничої будівлі [24].

Розпилювач сиропу (форсуночна система) є спеціалізованим елементом харчового обладнання, що забезпечує рівномірне і дрібнодисперсне нанесення рідких компонентів, таких як гарячий медово-цукровий сироп, на поверхню обсмажених кукурудзяних пластівців під час процесу їх дражування або глазурування (табл. 10).

Таблиця 10

Технічна характеристика форсуночної системи розпилення сиропу

Найменування показника	Значення параметра
Продуктивність по сиропу, кг/год	50 – 100
Тип розпилювальних пристроїв	Пневматичні двокомпонентні (дворідинні) форсунки
Кількість форсунок на рампі, шт.	2 – 4
Робочий тиск у системі, МПа (бар):	

- в магістралі подачі сиропу	0,2 – 0,4 (2,0 – 4,0)
- стисненого повітря (на атомізацію)	0,3 – 0,5 (3,0 – 5,0)
Температура робочого середовища (сиропу), °C	70 – 85
Тип підігріву технологічних магістралей	Рідинний («сорочка» підігріву) або електричний кабель
Потужність насоса-дозатора сиропу, кВт	0,75 – 1,5
Потужність елементів підігріву сорочки, кВт	1,5 – 2,5
Загальна встановлена потужність вузла, кВт	2,25 – 4,0
Матеріал виконання елементів контуру	Нержавіюча сталь харчових марок (AISI 316L, AISI 304)
Тип інтеграції в систему керування лінії	Автоматичний (синхронізація з ваговим дозатором пластівців)

Змішувач або змішувальник є одним із ключових елементів на початковому етапі технологічного процесу виробництва. Його основне призначення - забезпечити рівномірне перемішування кукурудзяної крупи з іншими складовими рецептури, такими як цукор, сіль, солодовий екстракт чи вітамінні добавки, перед передачею цієї суміші на етап екструзії.

У виробничих лініях для виготовлення сухих сніданків найчастіше застосовують горизонтальні лопатеві або стрічкові змішувачі, що працюють у режимах безперервної або періодичної дії (табл. 11).

Таблиця 11

Технічна характеристика змішувача сухих компонентів

Найменування показника	Значення параметра
Продуктивність технічна, кг/год	250 – 400
Тип апарата	Горизонтальний, лопатевий (одно- або двовальний)
Геометричний об'єм камери, м ³	0,3
Коефіцієнт заповнення камери	0,4 – 0,6
Частота обертання робочого вала, об/хв	40 – 60
Час змішування однієї порції (при	3 – 5

періодичному режимі), хв	
Однорідність змішування, %, не менше	95,0
Встановлена потужність електродвигуна, кВт	3,0 – 4,0
Тип приводу	Мотор-редуктор
Матеріал конструкції (корпус і вал)	Нержавіюча сталь харчова (AISI 304)
Габаритні розміри, мм, не більше:	
— довжина	1400
— ширина	750
— висота	1100
Маса апарата, кг	280

Вібраційний конвеєр є транспортним пристроєм безперервної дії, який забезпечує переміщення кукурудзяних гранул або пластівців за рахунок їх направленої струшування (мікрострибків) уздовж коливального робочого органу, такого як лоток або труба. У технологічному процесі виробництва пластівців цей пристрій використовується на кількох ключових етапах - після екструдера, перед плющенням, а також після проходження через піч. Окрім функції транспортування, він виконує важливу технологічну задачу: охолоджує продукт і запобігає злипанню гарячих та вологих напівфабрикатів.

Продуктивність лінії (за готовою продукцією) складає 150–250 кг/год (1,2–2,0 т/добу), що є оптимальним вибором для цехів середньої потужності та дозволяє виконувати планове завдання з фасування 1000 кг пластівців за одну зміну. Загальне енергоспоживання лінії під час виходу на робочі параметри становить 155–185 кВт. У режимі стабільної роботи споживання зменшується на 30–40% завдяки використанню систем рециркуляції повітря [19, 21].

Розрахунок технологічного обладнання

Розрахунок технологічного обладнання виконується з метою визначення необхідної кількості одиниць обладнання для забезпечення заданої продуктивності лінії (1000 кг готового продукту за зміну або 125 кг/год при 8-годинній зміні).

Розрахунок годинної продуктивності цеху ($Q_{\text{год}}$), кг/год:

$$Q_{\text{год}} = M_{\text{зм}} / t \times n$$

де, Мзм — маса готового продукту за зміну (1000 кг);

t — тривалість зміни (8 год);

п — коефіцієнт використання робочого часу лінії = 0,95).

$$Q_{\text{год}} = 1000 / 8 \times 0,95 = 1000 / 7,6 = 131,6 \text{ кг/год}$$

Розрахунок коефіцієнта завантаження обладнання (Пзав):

$$P_{\text{зав}} = P_{\text{розр}} / P_{\text{прийн}}$$

Змішувач (паспортна q = 300 кг/год):

$$P_{\text{розр}} = 131,6 / 300 = 0,44 = 1 \text{ шт}$$

Двошнековий екструдер (паспортна q = 200 кг/год):

$$P_{\text{розр}} = 131,6 / 200 = 0,66 = 1 \text{ шт}$$

Роликова сушарка (паспортна q = 250 кг/год):

$$P_{\text{розр}} = 131,6 / 250 = 0,53 = 1 \text{ шт}$$

Форсуночна система розпилення (паспортна q = 100 кг/год по сиропу):

(Враховуючи, що сиропу додається близько 20–25% від маси пластівців, потреба в розпиленні становить 30 кг/год)

$$P_{\text{розр}} = 30 / 100 = 0,30 = 1 \text{ шт}$$

Пакувальна машина (паспортна q = 40 пак/хв}):

(При масі пакета 0,25 кг, продуктивність автомата: $40 \times 0,25 \times 60 = 600$ кг/год)

$$P_{\text{розр}} = 131,6 / 600 = 0,22 = 1 \text{ шт}$$

Все інше обладнання підбирали та розраховували згідно каталогу та заносили в таблицю 12.

Апаратурно-технологічної схеми

Апаратурно-технологічна схема сучасної автоматизованої лінії з виробництва глазурованих кукурудзяних пластівців створена за модульним принципом і складається із комплексу послідовно з'єданого обладнання, яке працює у тісній взаємодії (рис. 2).

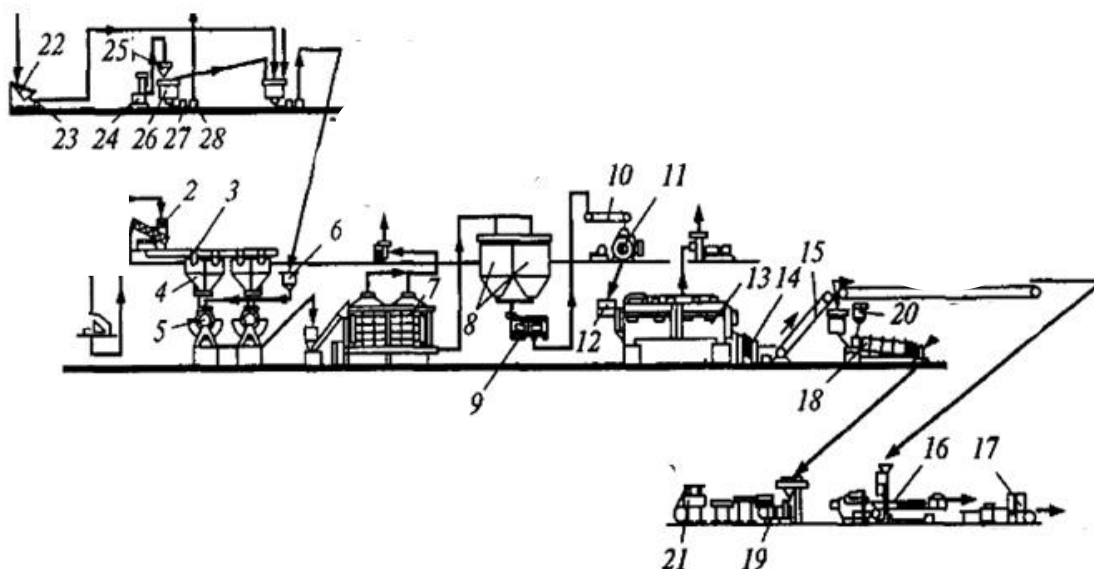


Рис. 2. Апаратурно-технологічна схема виробництва кукурудзяних пластівців

1. змішувальник → 2. шнековий конвеєр → 3. двійний шнековий екструдер → 4. вібраційний конвеєр → 5. повітряний конвеєр → 6. роликів сушарка → 7. повітряний конвеєр → 8. вібраційний конвеєр → 9. таблетувальна машина → 10. повітряний конвеєр → 11. піч → 12. підйом → 13. вібраційний конвеєр → 14. високотемпературна піч з гарячим повітрям → 15. охолоджуюча машина → 16. підйом → 17. валик для дроблення цукру → 18. машина для розплавлення цукру → 19. барабан → 20. сушарка з конвеєром та охолодженням

Процес розпочинається з дозування кукурудзяної крупи та сухих інгредієнтів рецептури, які подаються до горизонтального лопатевого змішувача (1). У змішувачі забезпечується висока ступінь однорідності сухої суміші (95–98%). Сформована суміш за допомогою роторно-шнекового конвеєра (2) безперервно транспортується в накопичувальний бункер двошнекового екструдера (3). В екструдері під впливом високого тиску, зсувних зусиль і контрольованого нагріву відбуваються термомеханічна пластифікація, проварювання та формування пористих кукурудзяних гранул-напівфабрикатів.

Гарячі вологі гранули, виходячи з матриці екструдера, надходять на вібраційний конвеєр (4). Завдяки спрямованим мікроколиванням цей пристрій розпушує масу, виконує початкове охолодження повітрям і запобігає злипанню окремих гранул. Далі напівфабрикат через потік очищеного повітря транспортується повітряним конвеєром (пневмотранспортом) (5) до багатоярусної стрічкової сушарки (6). У сушарці при температурі 60–120 °С

відбувається делікатне підсушування гранул, що забезпечує вирівнювання їхньої внутрішньої вологості та підготовку до подальшої обробки.

Підсушені гранули після виходу із сушарки переміщуються другим повітряним конвеєром (7) на короткий вібраційний конвеєр (8). Основна функція цього вібраційного пристрою полягає у рівномірному розподілі гранул по всій ширині робочої зони, забезпечуючи їхнє стабільне надходження тонким шаром до таблетувальної машини - плющильного двовалкового верстата (9).

Потрапляючи в зазор між масивними валками, що обертаються назустріч один одному під впливом високого тиску, гранули підлягають механічному розплющуванню, перетворюючись на тонкі сирі кукурудзяні пластівці відповідної заданої товщини.

Сирі пластівці транспортуються повітряним конвеєром (10) до конвеєрної печі для попереднього випікання (11). У цій стадії відбувається закріплення форми пластівців та початкове видалення зайвої вологи, що здійснюється на сітчастій стрічці. Після проходження через піч продукт подається до підйомника (ковшовий елеватор/норія) (12), який піднімає його на верхній рівень технологічної лінії.

Згори пластівці потрапляють на вібраційний конвеєр (13), який забезпечує точне дозування і рівномірний розподіл напівфабрикату перед ключовим етапом - обсмажуванням. Обробка відбувається у високотемпературній печі з гарячим повітрям (тостер) (14). Під впливом температури 180-200°C та потоку розжареного повітря пластівці швидко спучуються, набуваючи хрусткої текстури, золотистого кольору та характерного аромату.

Щойно обсмажені пластівці спрямовуються до охолоджувальної машини (15), де за допомогою кондиційованого повітря їх температуру знижують до кімнатної (20–25°C).

Охолоджений і підготовлений напівфабрикат за допомогою підйомника (16) переміщується у дражувальний барабан (19), де розпочинається подальша обробка. Паралельно здійснюється приготування рідкої добавки (глазури). Для цього цукор-пісок подрібнюється до тонкодисперсного стану на валку для

дроблення цукру (17). У сироповарочному котлі (18) готується концентрований цукрово-медовий сироп у пропорції вода до цукру 9,5:7,5. Сироп уварюють до концентрації 74–76% і за температури 80–85 °С подають на форсункову рампу.

Всередині обертового барабана (19) форсункова система розпилює гарячий сироп на пластівці. Під час обертання барабана пластівці безперервно перекочуються, що забезпечує рівномірне нанесення тонкого шару цукрової глазурі на кожен пелюстку без утворення грудок чи злипання.

На завершальному етапі глазуровані пластівці вивантажуються у багатозонну сушарку з конвеєром і системою охолодження (20). У першій секції сушарки відбувається фінальне висушування глазурованих пластівців до залишкової вологості 2,5–3,5%, а у другій секції — їх остаточне охолодження. Після цього готові, хрусткі глазуровані кукурудзяні пластівці транспортуються для автоматичного фасування й пакування у споживчу тару.

Таблиця 12

Загальна таблиця обладнання

Поз. на схемі	Найменування обладнання	К-сть, шт.
1	Горизонтальний лопатевий змішувач	1
2	Шнековий конвеєр (транспорт)	1
3	Двошнековий екструдер	1
4	Вібраційний конвеєр	1
5	Повітряний конвеєр (пневмотранспорт)	1
6	Роликова (стрічкова багатоярусна) сушарка	1
7	Повітряний конвеєр	1
8	Вібраційний конвеєр	1
9	Таблетувальна машина (плющильний верстат)	1
10	Повітряний конвеєр	1
11	Конвеєрна піч (попередня)	1
12	Підйомник (ковшовий елеватор / норія)	1
13	Вібраційний конвеєр	1
14	Високотемпературна піч (тостер)	1
15	Охолоджуюча машина	1
16	Підйомник (ковшовий елеватор)	1
17	Дробарка для цукру (валковий млин)	1
18	Сироповарочний котел (машина для розплавлення)	1
19	Дражувальний барабан з форсуночною системою	1
20	Конвеєрна сушарка з секцією охолодження	1

1.5. Технологія кукурудзяних пластівців

Технологічний процес виробництва кукурудзяних пластівців складається з таких етапів: **підготовка крупи, приготування цукрово-сольового розчину, екструдуювання, сушіння, плющення, обсмажування, інспектування, просіювання, нанесення добавок, а також фасування і пакування** (рис.3).



Рис. 3. Технологічна схема виробництва кукурудзяних пластівців

Зберігання крупи. Зернові зберігають у сухих і добре вентильованих складських силосах, що забезпечують захист від шкідників відповідно до гігієнічних вимог. Оптимальна температура в приміщенні повинна становити

від -5°C до 5°C , але не перевищувати 18°C . Відносна вологість повітря підтримується на рівні 60-70%, без різких перепадів. Не допускається сусідство з продуктами, що мають сильні запахи. Максимальний термін зберігання становить 10 місяців.

Очищення крупи від сторонніх домішок. Під час цього процесу використовуються сита з отворами різного діаметра (мм): 10 (приймальне) для видалення великих грубих домішок, 5 (сортувальне) для відділення частинок, більших за розміром від зерна, та 2 (розвантажувальне або сходове) для усунення дрібних домішок, менших за зерно. Під час очищення зерна важливо приділяти особливу увагу максимальному видаленню лушпиння. Наявність борошнистих частинок може створити труднощі під час варіння та сушіння - наприклад, зерна можуть злипатися, що ускладнить подальший процес просіювання. Забезпечуючи рівномірну подачу сировини до сепаратора, можна ефективно розділити зерно на фракції, що дозволяє отримати пластівці одного розміру [2, 17].

Підготовка крупи до виробництва. Домішки видаляються, після чого зерно спрямовується на магнітну колонку для усунення феромагнітних часток. Далі зерно передають на етап миття та обробляють у стрічковій сушарці.

Процес приготування розчину передбачає окреме змішування розчинів цукру й солі. Вони подаються в дозатор, де змішуються у визначених пропорціях перед надходженням до екструдера. Перед підготовкою сіль і цукор просіюють крізь сито з розміром комірок 2-2,5 мм, очищають за допомогою магнітного сепаратора (або магнітної пастки), після чого розчиняють у воді й ретельно фільтрують. У рамках цього дослідження операції з кондиціонування або вистоювання пластівців не виконуються, оскільки технологічний процес виробництва здійснюється на двошнековому екструдері.

Екструдкування. Кукурудзяні пластівці виготовляють за допомогою спеціалізованого обладнання - екструдера. Робота машини відбувається за такою схемою: перед початком виробництва обладнання прогрівають до температури $170-190^{\circ}\text{C}$. Крупу із заданими параметрами вологості та розміром

часток завантажують у приймальний бункер екструдера за допомогою вагового дозатора. Після цього крупа через живильний механізм поступає в робочу зону машини, де між шнеком і стінками циліндра відбувається її переміщення до формувальної матриці. Водночас продукт починає змішуватися безпосередньо в екструдері. Двошнекові екструдери включають кілька зон нагрівання, кожна з яких має свою температуру: перша зона нагрівається до $50 \pm 5^\circ\text{C}$, друга — до $90 \pm 5^\circ\text{C}$, далі послідовно третя - $95 \pm 5^\circ\text{C}$, четверта - $100 \pm 5^\circ\text{C}$, п'ята - $105 \pm 5^\circ\text{C}$, шоста - $110 \pm 5^\circ\text{C}$, сьома - $115 \pm 5^\circ\text{C}$, восьма - $120 \pm 5^\circ\text{C}$, дев'ята - $125 \pm 5^\circ\text{C}$. У робочу камеру подається вода та цукрово-сольовий розчин [18, 21].

Внаслідок високих температур і підвищеного тиску (від 10 до 20 кгс/см² або 980-1960 кН/м²) волога в зерні випаровується, а продукт набуває вигляду тістоподібної маси. На виході з екструдера температура маси знижується з 120°C до приблизно 90°C . Через короткий проміжок часу вологість продукту падає до показника близько 20%.

Сушіння. Гранули, отримані після формування, сушать у спеціальних сушильних установках. У процесі сушіння вміст води в гранулах знижується до 20-22%. Температура у сушарці підтримується в межах $50-65^\circ\text{C}$, а тривалість сушіння складає 5-6 хвилин. Після завершення процесу висушені гранули транспортуються вальцями для подрібнення пластівців за допомогою систем вібраційних конвеєрів та пневмотранспорту.

Плющення. Процес плющення здійснюється на плющильній машині. Між вальцями задається зазор у межах 0,5-0,6 мм, а їх швидкість обертання дорівнює $4,2\text{ c}^{-1}$. Готові пластівці відокремлюються з поверхні вальців за допомогою двох ножів і транспортуються за допомогою скребкового транспортера до печі для обсмажування.

Обсмажування пластівців. Обсмажування проводиться у газовій печі при температурі $205-215^\circ\text{C}$. Тривалість цього етапу становить 2-3 хвилини. Даний процес відіграє важливу роль у формуванні якості кінцевого продукту. Якщо піч недостатньо прогріта (нижче оптимальної температури) або кількість пластівців у печі перевищує допустимий рівень, що спричиняє різке

охолодження, це може негативно позначитися на якості продукції. Після обсмажування вологість пластівців становить 3,5-4,5%.

Інспекція. Проведення інспекційного етапу дозволяє стабілізувати органолептичні показники готового продукту, включно з кольором, смаком та запахом, запобігти появі гіркоти у смаку й забезпечити привабливий товарний вигляд кукурудзяних пластівців для сухих сніданків. Пластівці, що пройшли контроль і відповідають усім технологічним вимогам, переміщуються на стадію механічного фракційного сортування. Це здійснюється або самопливом, або за допомогою вібротолка, після чого вони надходять на сортувальні сита (вібросортувальники) для подальшого розподілу за фракціями [2, 17].

Просіювання. Перевірені пластівці пропускають через два сита. Верхнє сито з отворами 8 мм відокремлює великі кукурудзяні пластівці, які спрямовуються на пакувальну лінію. Нижнє сито з отворами № 2-2,5 сортує дрібні пластівці, призначені для виготовлення панірувальних сухарів. Відходи, які не використовуються в процесі виробництва, видаляються після проходження через сито № 2-2,5. Упорядковані за розміром пластівці проходять через магнітну пастку, а потім охолоджуються до кімнатної температури перед додаванням необхідних інгредієнтів.

Приготування і нанесення добавок. Для створення цукрової глазури каструлю заповнюють водою і додають просіяний цукор у співвідношенні 9,5 частин води до 7,5 частин цукру. Розчин доводять до кипіння і варять на слабкому вогні до досягнення концентрації цукру 74-76%. Після приготування розчин фільтрують і переміщують у збірник для додавання добавок. Температура сиропу повинна підтримуватися в межах 80-85°C. Потім глазуровані кукурудзяні пластівці передають на фасування та пакування.

Фасування та пакування Оскільки сухі сніданки відзначаються високою гігроскопічністю, особливу увагу слід приділяти правильному вибору пакувального матеріалу та забезпеченню герметичності швів упаковки. Ці вимоги є ключовими для збереження якісних характеристик продукції протягом усього терміну її придатності [10, 14].

РОЗДІЛ 2. КОНТРОЛЬ БЕЗПЕЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗЯНИХ ПЛАСТІВЦІВ

Кукурудзяні глазуровані пластівці виробляються відповідно до стандартів ДСТУ 4634:2006 «Концентрати харчові. Сніданки сухі. Пластівці круп'яні. Загальні технічні умови» [7], а також згідно з затвердженими технологічними інструкціями та рецептурами. Для забезпечення високої якості та екологічної безпеки продукту на підприємстві впроваджено систему управління безпекою харчових продуктів згідно із принципами НАССР, що відповідає вимогам стандартів ДСТУ ISO 22000:2019 «Системи керування безпечністю харчових продуктів» [8].

Організація виробничого процесу базується на ретельному виконанні санітарно-гігієнічних правил, використанні профілактичних програм-передумов і постійному моніторингу можливих небезпек. У процесі модульного аналізу виробничого циклу були визначені потенційні ризики та встановлені критичні контрольні точки (ККТ) на ключових етапах виробництва:

- ККТ-1: Вхідний контроль сировини, включаючи кукурудзяну крупу. Проводиться перевірка супровідної документації та аналіз вмісту мікотоксинів, важких металів, пестицидів і залишків ГМО відповідно до чинних нормативів безпеки.

- ККТ-2: Магнітна сепарація. На цьому етапі усуваються металоманітні домішки з напівфабрикату шляхом використання рідкоземельних магнітних пасток, що дозволяє мінімізувати фізичні ризики на подальших етапах.

- ККТ-3: Термічна обробка та тостування. Завдяки високотемпературному обсмажуванню гарячим повітрям при температурі від 180 до 200 °C формується хрустка текстура пластівців, забезпечується знищення мікроорганізмів і знижується вологість продукту до безпечного рівня.

- ККТ-4: Фінальне фасування та герметизація. На даному етапі здійснюється контроль цілісності пакувальних матеріалів і герметичності швів ламінованої плівки, що є запорукою збереження якості продукту, захистом від вторинного контамінування і зволоження під час зберігання [1, 10].

За органолептичними показниками пластівці повинні відповідати вимогам, зазначеним у таблиці 13.

Таблиця 13

Органолептичні показники глазурованих пластівців

Назва показника	Характеристика	Особливості для глазурованих пластівців
Зовнішній вигляд	Тонкі пелюстки різної форми, добре пропечені, із пухирчастою поверхнею.	Допускається наявність глянцевої корочки (нальоту) від цукрово-медової глазури. Не допускається злипання пластівців у грудки (конгломерати).
Колір	Однорідний по всій партії, від світло-жовтого до золотисто-жовтого або коричневого відтінку.	Зумовлений кольором кукурудзяної крупи та карамелізацією цукрового сиропу під час фінальної термообробки.
Смак	Властивий кукурудзяним пластівцям із відповідними смаковими добавками, без сторонніх присмаків.	Виражений солодкий, із легким медовим присмаком. Не допускається присмак згірклого жиру або підгорілого цукру.
Запах	Специфічний, приємний, властивий обсмаженому кукурудзяному напівфабрикату, без затхлості та інших сторонніх запахів.	Приємний аромат меду, ванілі чи карамелі (відповідно до рецептури).
Консистенція	Хрустка, ламка, пластівці повинні легко розсипатися при натисканні.	Зберігає крихкість завдяки низькій залишковій вологості та герметичності упаковки.
Вміст домішок	Не допускаються ознаки плісняви, а також присутність сторонніх чи мінеральних домішок.	Повністю виключається завдяки роботі магнітних пасток та систем просіювання на лінії.

За фізико-хімічними та мікробіологічними показниками безпечності готовий продукт повинен суворо відповідати нормативним вимогам ДСТУ 4634:2006 «Концентрати харчові. Сніданки сухі. Пластівці круп'яні. Загальні технічні умови» [7], зведеними й представленими у таблиці 14.

Фізико-хімічні та мікробіологічні показники пластівців

Назва показника	Норма	Технологічне значення та метод контролю
Фізико-хімічні		
Масова частина води, %, не більше	4,0	Для глазурованих пластівців оптимальний діапазон становить 2,5–3,5%. Перевищення норми призводить до втрати хрусткості та розвитку плісняви. Контролюється ваговим методом (висушуванням).
Масова частина золи, %, не більше	3,0	Характеризує мінеральну чистоту продукту та якість очищення вихідної кукурудзяної крупи.
Масова частина цукру (сахарози), % до сухої речовини	Відповідно до рецептури	Для глазурованих пластівців цей показник суттєво вищий, ніж для звичайних, через нанесення сиропу (контролюється за рецептурним розрахунком).
Масова частина металомігнетних домішок (на 1 кг продукту), мг, не більше	3,0	Розмір окремих частинок не повинен перевищувати 0,3 мм у найбільшому лінійному вимірі. Повністю забезпечується ККТ-2 (магнітна пастка).
Зараженість шкідниками хлібних запасів	Не допускається	Наявність комах, личинок чи лялечок у готовому продукті та тарі категорично заборонена.
Вміст токсичних елементів, мікотоксинів та радіонуклідів	У межах допустимих рівнів (МДР)	Контролюється під час вхідного контролю сировини (ККТ-1) відповідно до МВВ та ТУ.
Мікробіологічні		
Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ), КУО/г, не більше	1×10^4	Загальний індикатор санітарного стану лінії та гігієни персоналу.
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), в 1,0 г продукту	Не допускаються	Свідчать про порушення санітарних норм. Заборонені для дитячого та дієтичного харчування.
Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25,0 г продукту	Не допускаються	Критичний показник безпеки. Готовий продукт повинен бути абсолютно чистим.
Плісняві гриби, КУО/г, не більше	100	Розвиваються у разі порушення режиму фінальної сушки глазури або негерметичності пакета.
Дріжджі, КУО/г, не більше	50	Показник мікробіологічної стабільності рідкого цукрового сиропу в збірнику.

РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Екологізація сучасних харчових підприємств - це важливий крок у бік раціонального та ефективного виробництва. Щодо впровадження автоматизованої модульної лінії для виробництва глазурованих кукурудзяних пластівців, основні екологічні заходи зосереджуються на трьох ключових напрямках: оптимальному використанні водних та енергетичних ресурсів, мінімізації відходів завдяки впровадженню безвідходних технологій та очищенню викидів. Наведено детальний аналіз екологічних рішень, які можуть стати основою для вашої магістерської роботи або дипломного проекту (рис. 4).

1. Рециркуляція теплових і повітряних потоків (енергоефективність).

Процеси смаження та сушіння глазури характеризуються найбільшим споживанням енергії на виробничій лінії.

- **Системи рекуперації:** Установлення теплообмінників (пластинчастих або роторних) дає змогу використовувати гаряче повітря, яке виходить із високотемпературних печей з температурою 120-150 °С, для попереднього підігріву свіжого повітря. Це повітря подається на роликову сушарку або конвеєрну сушарку з охолодженням, що забезпечує зниження споживання електроенергії на 25-30%.

- **Часткова рециркуляція сушильного агента:** Повітря з недостатнім насиченням вологою не викидається в атмосферу, а очищується за допомогою циклонів і повертається для повторного використання в робочій зоні [11, 15].

2. Маловідходне виробництво (раціональне використання сировини).

Процес виготовлення сухих сніданків, як правило, утворює чимало відходів у вигляді крихт і лому. Запропоновані рішення фокусуються на їх повній утилізації.

- **Глибока переробка супутніх фракцій:** Залишковий матеріал у вигляді дрібних фракцій, що відсіваються під час калібрування через нижнє сито вібрсортувальника, можна подрібнювати для отримання панірувальних сухарів високої якості.

- **Рециклінг у заміс:** Невикористані або пошкоджені сирі гранули з

екструдера і сирі пластівці, які не дійшли до етапів обсмажування та глазурування, можна подрібнювати і додавати до вихідного рецептурного замісу в обсязі до 5-7%, без погіршення якості кінцевого продукту [13, 25].

3. Очищення вентиляційних викидів (захист повітря). Під час виробничого циклу великі обсяги кукурудзяного пилу та летких органічних сполук потрапляють у повітря.

- **Сухе очищення (циклонні системи):** Повітряні потоки з пневмотранспорту і систем аспірації печей очищуються за допомогою циклона типу ЦН, який видаляє до 98% твердих частинок пилу, що збираються в бункери і переробляються для кормової продукції [15, 25].

- **Тонке очищення (рукавні фільтри):** Для очищення від залишкових частинок перед викиданням повітря в атмосферу встановлюються рукавні фільтри з імпульсною продувкою, які відповідатимуть сучасним екологічним стандартам гранично допустимих викидів (ГДВ).



Рис. 4 Екологічний цикл

Завдяки впровадженню маловідходних технологій, таких як переробка крихт на панірувальні сухарі, та енергоефективних рішень, зокрема рекуперації тепла печей, закритих систем аспірації з циклонами та СІР-миття, виробництво характеризується мінімальним екологічним впливом. Крім того, воно забезпечує високу ресурсоощадність і стабільну якість готових сухих сніданків.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Економічне обґрунтування виробництва глазурованих кукурудзяних пластівців виконано для умовного підприємства харчової промисловості з урахуванням цін на сировину, енергоносії та пакувальні матеріали станом на травень 2026 року (табл.15).

Таблиця 15

Розрахунок витрат на сировину та пакувальні матеріали

Найменування	Кількість	Одиниця	Ціна за од.	Вартість, грн
Крупа кукурудзяна	808,34	кг	24,00	19400,16
Цукор-пісок	80,91	кг	38,00	3074,58
Солодовий екстракт	37,72	кг	68,00	2564,96
Сіль кухонна	12,19	кг	8,00	97,52
Мед натуральний	202,36	кг	145,00	29342,20
Разом	-	-	-	54479,42
Пакувальні матеріали				
Плівка поліпропілена, кг	16,16	кг	165,00	2666,40
Коробка картонна, шт.	4020,00	шт.	4,50	18090,00
Ящик гофрокартонний, шт.	101,00	шт.	32,00	3232,00
Разом	-	-	-	23988,40

Основну частину витрат становлять матеріальні затрати, які включають вартість вихідної сировини та сучасних пакувальних матеріалів, а також витрати на електроенергію для забезпечення роботи екструзійної лінії та сушильних печей та інших робіт (табл.16).

Таблиця 16

Виробничі витрати

Стаття витрат	Показник	Сума, грн
Вартість сировини		54479,42
Пакувальні матеріали		23988,40
Електроенергія	950 кВт·год × 15 грн	14250,00
Оплата праці		20000,00
ЄСВ 22%		4400,00
Інші виробничі витрати (з урахуванням води)		12000,00
Виробнича собівартість		129117,82

Прибуток: $\Pi = B - C$

$$\Pi = 145000,00 - 129117,82 = 15882,18 \text{ грн}$$

Рентабельність: $R = (\Pi / C) \times 100\%$

$$R = (15882,18 / 129117,82) \times 100 = 12,30\%$$

Таблиця 17

Розрахунок економічної ефективності

Показник	Значення
Обсяг виробництва, кг	1000
Повна собівартість, грн	129117,82
Ціна реалізації 1 кг, грн	145,00
Виручка від реалізації, грн	145000,00
Прибуток, грн	15882,18
Рентабельність виробництва, %	12,30

Проведені економічні розрахунки свідчать, що за умов виробництва в обсязі 1000 кг і встановленій ціні реалізації 145,00 грн за кг, підприємство отримує виручку в розмірі 145 000,00 грн. При цьому повна собівартість партії становить 129 117,82 грн, що дає змогу забезпечити чистий прибуток у розмірі 15 882,18 грн. Рівень рентабельності виробництва визначено на рівні 12,30%.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі, відповідно до методичних рекомендацій з написання кваліфікаційної роботи, детально описано всі етапи технологічного процесу виготовлення глазурованих кукурудзяних пластівців.

1. Кукурудзяні пластівці розглядаються як сучасна версія класичного смакового продукту, що дозволяє урізноманітнити раціон та додати яскравості до звичайних страв.

2. У роботі визначено чітку мету та поставлено завдання, відповідно до яких проведено розрахунок і вибір якісної сировини, що відповідає встановленим нормативним стандартам. Окрім цього, виконано розрахунки та підібрано комплекс основного обладнання, яке забезпечує стабільне функціонування модульної лінії для виробництва сухих сніданків.

3. Відповідно до рецептури, сухий сніданок складається з 80% кукурудзяного напівфабрикату та 20% цукрово-медової глазури, яка рівномірно наноситься методом форсуночного наплення в дражувальному барабані.

2. Згідно з розрахунками матеріального балансу, для виготовлення 1000 кг готових глазурованих пластівців із кінцевою вологістю 3,0% загальна маса завантаженої сировини та компонентів становить 1325,05 кг (що враховує 4,0% незворотних технологічних втрат на лінії).

5. Розроблена система контролю забезпечує якість, смак і повну безпечність кукурудзяних пластівців для споживачів. Завдяки впровадженню стандартів НАССР ретельно перевіряється кожен етап виробництва: від контролю якості кукурудзяної крупи та меду до забезпечення герметичності пакування готової продукції. Такий ретельний підхід на всіх етапах дозволяє уникнути браку, зберегти хрусткість пластівців і гарантувати їх тривале та надійне зберігання.

6. Встановлено, що при виробництві 1000 кг кукурудзяних пластівців, виручка підприємства становить 145 000,00 грн, що за повної собівартості партії у 129 117,82 грн забезпечує отримання чистого прибутку в розмірі 15 882,18 грн. Рівень рентабельності становить 12,30%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баль-Приліпко Л.В., Слободянюк Н.М. Управління якістю та безпечністю харчових продуктів за концепцією НАССР : монографія. Київ : НУБіП України, 2023. 284 с.
2. Гніщевич В.А., Слащева А.В. Харчові технології: метод. рек. до вивч. дисц. технологій в рест. госп., гот.-рест. сп. та п-ва. Кривий Ріг, 2022. 64 с.
3. ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». 26 с.
4. ДСТУ 3583:2015 «Сіль кухонна. Загальні технічні умови». 20 с.
5. ДСТУ 4497:2022«Мед бджолиний натуральний. Технічні умови». 23 с.
6. ДСТУ 4623:2014 «Цукор білий. Технічні умови». 21 с.
7. ДСТУ 4634:2006 Концентрати харчові. Сніданки сухі. Пластівці круп'яні. Загальні технічні умови. 26 с.
8. ДСТУ ISO 22000:2019 «Системи керування безпечністю харчових продуктів». 21 с.
9. Загальні технології харчової промисловості. / Ф.В. Перцевой та ін./ навч. посіб. у 2 ч. Ч. 2. Харків: СНАУ, 2021. 203 с.
10. Закон України Про Основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів. 2024. С. 72.
11. Закон України. Про водовідведення та очищення стічних вод (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2023, № 58, ст.181).
12. Коновалова С. О. Державне регулювання якості та безпеки харчових продуктів. Сертифікація харчових продуктів. Консп. лекц. Краматорськ: ДДМА, 2020. 100 с.
13. Маленко Я.В., Ворошилова Н.В., Поздній Є.В. Екологічне інспектування : практикум з навчальної дисципліни для здобувачів першого рівня вищої освіти спеціальності 101 Екологія. Кривий Ріг : КДПУ, 2023. 155 с.
14. Олішевський В. В., Шутюк В. В. Модернізація ліній екструзії та термообробки у виробництві глазуrowаних пластівців. Обладнання та технології харчових виробництв. 2024. Вип. 45. С. 112–120.

15. Паламарчук А.С., Кушніренко Н.М., Глушков О.А. Контроль якості, безпека та екологія в галузі. Навчальний посібник до лабораторних занять. Одеса : Видавничий дім “Гельветика”, 2020. 92 с.
16. Поварова Н.М., Арсеньєва Л.Ю. Дослідження властивостей натурального меду як компонента глазури для сухих сніданків. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв. 2023. № 1 (35). С. 74–82.
17. Подпрятков Г.І., Бобер А.В., Ящук Н.О. Технохімічний контроль продукції рослинництва: підручник. К.: ФОП Ямчинський О.В., 2022. 790 с.
18. Решта С.П., Пилипенко Л.М., Данилова О.І. Фізіологічні аспекти оцінки якості харчових продуктів: навч. посіб. Херсон : Олді-Плюс, 2021. 334 с.
19. Розроблення способу отримання пластівців оздоровчого призначення на основі зерна тритикале. / С.А. Бажай-Жежерун та ін./ Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Технічні науки», 2022. (1). С. 7-11.
20. Станкевич Г. М., Козонова Ю. О. Інноваційні технології переробки зернової сировини на сухі сніданки. Зернові продукти і комбікорми. 2021. № 3 (83). С. 18–25.
21. Тележенко Л. М., Дідух Н.А. Сучасні аспекти екструзійних технологій у виробництві продуктів здорового харчування. Харчова наука і технологія. 2022. Т. 16, № 2. С. 45–53.
22. ТУ У 15.6-00954544-006:2012. Крупа кукурудзяна. 22 с.
23. ТУ У 15.8-32671885-001:2011 «Екстракти солодові». Технічні умови. 27 с.
24. Харчові технології. Практикум: навч. посіб. / О. В. Самохвалова та ін./ Х.: ДБТУ. 2023. 417 с.
25. Шевченко А.О. Екологізація харчових виробництв: мінімізація відходів та рекуперація тепла. Екологічна безпека та природокористування. 2025. № 2 (49). С. 89–97.