

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра Харчових технологій

Допущено до захисту
_____ 20____ р.
Зав. кафедри, к. с.-г. н, доцент
_____ **Андрій ЧЕРНЕГА**
(підпис)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
МАГІСТРА

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА
КОМБІКОРМІВ ЗБАГАЧЕНИХ ЛЛЯНИМ ШРОТОМ

Виконав – студент II курсу, групи 21м-тз
освітньої програми Технології зерна та
зернопродуктів
спеціальності 181 «Харчові технології»
Миргородський Володимир Анатолійович

Науковий керівник – кандидат с.-г. наук, доцент
Желєзна Валерія Валеріївна

УМАНЬ – 2024

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	3
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	8
1.1 Виробництво кормових сумішей з використанням нетрадиційної сировини	8
1.2 Лляний шрот як джерело розширення асортименту сировини для виробництва комбікормів	15
1.3 Переваги виробництва екструдованих кормових продуктів	17
РОЗДІЛ 2 УМОВИ, СХЕМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	21
2.1 Умови проведення дослідження	21
2.2 Схема досліду	21
2.3 Методика проведення досліджень	23
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	27
РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	38
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ	41
РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	43
ВИСНОВКИ	44
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	46
ДОДАТКИ	53

ANNOTATION

Myrgorodskyi V. A. Improvement of the production technology of compound feeds enriched with flax meal

Qualifying work for obtaining a master's degree of higher education in the specialty 181 Food technologies OP Technologies of grain and grain products. Uman National University of Horticulture. Uman, 57 p.

It has been proven that adding flaxseed meal to corn grain has a positive effect on the extrusion process and the moisture of flaxseed meal replaces the addition of steam and water in the extrusion process.

It has been established that during the extrusion process, the mass fraction of moisture in the grain-linseed meal mixture is significantly reduced by 3.6...7.3%.

It has been established that with an increase in the concentration of flaxseed meal in the extruded mixture, the physical properties of the feed improve, in particular, the bulk density of the mixture increases to a flaxseed meal concentration of no more than 15%. The angle of natural slope decreases by 1–3 degrees, the flowability by 20–23%, and the swelling coefficient of the extruded mixture is doubled.

The resulting mathematical model corresponds to the real process of feed extrusion and can be used to perform practical calculations when analyzing the extruder's working process, as well as to predict the indicators of its operating modes in real operating conditions.

The developed extruded feed mixtures do not acquire toxic properties during storage for two months, the total number of microbial cells for all samples does not exceed permissible norms.

ВСТУП

Підвищення ефективності виробництва, створення сучасних технологій і машин нового покоління є одними з факторів, що забезпечують стабільну роботу підприємств переробних галузей. [2].

Обґрунтування теми дослідження. Комбіновані корми, складені на основі макухи олійних культур, є одними з основних видів кормів в раціоні сільськогосподарських тварин, і розробка та конструювання обладнання, заснованого на останніх досягненнях науки і техніки, для фермерських господарств та міні-заводів, має актуальне значення. Одним з основних постачальників якісної макухи в комбікормову промисловість є олійно-жирова галузь. Найважливіша продукція галузі – цінні білкові матеріали, макухи та шроти, що використовуються для забезпечення протеїнової і амінокислотної поживності комбікормів [23, 41].

Основною сировиною отримання даної продукції є насіння соняшнику, бавовнику, сої, ріпаку, льону, рицини та інших культур, а найважливішим видом устаткування, яке застосовується при стандартних методах переробки олійної сировини (пресуванні та форпресуванні), є масловіджимні шнекові преси, якими витягується до 80% масла.

В даний час застосовуються стандартні способи отримання якісних компонентів комбінованих кормів і рослинних масел, що відрізняються тривалістю підготовчих операцій, підвищеними енерговитратами і наявністю канцерогенних речовин, які одержуються в процесі виробництва, що негативно впливають на якість кінцевих продуктів [28].

Одним із способів зменшення розглянутих вище явищ, є спосіб холодного пресування олійної рослинної сировини. Даний спосіб дозволяє отримувати основний і допоміжний продукти без попереднього подрібнення, термічної обробки і з меншими енерговитратами. Одним з традиційних для України видів рослинного продукту є насіння льону.

Льон – «*Linum Usitatissimum*» – культурна рослина, здавна обробляється

людиною. Однак в останні роки насіння льону використовується незначно і, в основному, для виробництва лляної олії. Однією з цілей процесу переробки насіння є збереження всіх цих речовин, підвищення якості продукції – рослинних олій та макухи [40].

В даний час велика частина вторинних ресурсів, що утворюються в результаті промислової переробки олійної сировини, що не використовується ефективно. Зазвичай все це йде у відвали або скидається в водойми, що завдає природі значний екологічний збиток. Тому необхідно звернути особливу увагу на підвищення ефективності використання відходів харчових і переробних підприємств для виробництва енергоресурсів і вторинних ресурсів, що значно забезпечить збільшення ефективності виробництва, а також знизить шкідливий вплив підприємств на навколишнє середовище [11, 29, 36].

Крім того, позитивний ефект виражається в збільшенні продуктивності екстракції не менше, ніж 30%; в зменшенні витрат розчинника – до 50% (за рахунок збільшення швидкості руху розчинника в пористих каналах); в зниженні залишкової олійності в макусі – на 30% і більше, що гарантує збільшення виходу олії; без пилу при попаданні в екстрактор (відсутність борошністої фракції); в забезпеченні необхідної температури продукту перед екстракцією; в можливості отримання олії з ексклюзивних продуктів. В результаті отримується гранульований високопротеїновий шрот, який є ліквідним продуктом на ринку [30, 38].

Насіння льону та продукти їх переробки відрізняються за своїми технологічним і функціональними властивостями від традиційної сировини олійного виробництва. У зв'язку з цим необхідні наукові та практичні дослідження щодо їх впровадження в харчові та переробні технології. Використання насіння льону та продуктів їх переробки: борошна з різним вмістом ліпідів та білку, гранульованого жмиху та макухи, білкового концентрату, дозволить розширити сировинну базу як харчової промисловості, так й комбікормової [44, 46].

Мета і задачі дослідження. Мета досліджень – удосконалення технології виробництва екструдованих комбікормів збагачених лляний шротом.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити задачі:

- провести огляд джерел літератури, патентної інформації за темою роботи;
- дослідити вплив різного вмісту лляного шроту на фізико-хімічні властивості екструдованого корму;
- визначити при якій концентрації лляний шрота виходить екструдований комбікорм з високими показниками якості;
- оцінити економічну ефективність виробництва екструдованого корму збагаченого лляним шротом.

Об’єкт дослідження – оцінка екструдованих кормів збагачених лляним шротом.

Предмет дослідження – зерно кукурудзи, лляний шрот, екструдований корм.

Методи дослідження. Під час виконання кваліфікаційної роботи використано аналітичні, фізико-хімічні, інформаційні, статистичні методи, а також економічний метод.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше проведено у оцінку екструдованого корму збагаченого лляний шротом. Встановлено, що:

- додавання лляного шроту до зерна кукурудзи позитивно впливає на процес екструдувannya та волога шроту заміняє додавання пари та води у процесі екструдувannya;
- в процесі екструзійної обробки у суміші зерна з лляним шротом значно знижується масова частка вологи на 3,6...7,3 %;
- із збільшенням концентрації лляного шроту у екструдованій суміші покращуються фізичні властивості кормів, зокрема, збільшується об’ємна маса суміші до концентрації лляного шроту не більше 15 %. Знижується кут природного укосу на 1–3 градуси, сипкість на 20–23 % та коефіцієнт

спучення екструдованої суміші в два рази.

– розроблені екструдовані кормові суміші, в процесі зберігання упродовж двох місяців, не набувають токсичних властивостей.

– розраховано рецепти комбікормів для для сільськогосподарської птиці з додаванням екструдованих кормових сумішей зерна кукурудзи з лляний шротом;

– оптимальний вміст лляного шроту при збагаченні екструдованих кормів становить –10–15 %.

Апробація результатів роботи. Результати досліджень доповідались та обговорювались на студентських конференціях Уманського НУС, всеукраїнській науково-практичній конференції (м. Умань, 2023–2024 рр.).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано одну наукову працю.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційну роботу виконано на 57 сторінках комп'ютерного тексту (з них основного тексту – 45 сторінки). Робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел, що включає 65 найменувань, з яких 41 латиницею та чотирьох додатків. Робота містить 15 таблиць та 12 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Виробництво кормових сумішей з використанням нетрадиційної сировини

Забезпечення тваринництва збалансованими за вмістом білку та інших поживних речовин кормами, покращання якості кормів, зменшення їх втрат та раціональне використання є ключовими завданнями від успішного вирішення яких залежить збільшення виробництва тваринницької продукції а також підвищення її якості. В свою чергу виробництво тваринницької продукції залежить від ряду чинників – рівня племінної роботи, способу утримання тварин, а також від забезпечення кормами. Технологія виробництва та підвищення контролю за якістю кормів, комбікормів та кормових добавок є одним із важливих завдань тваринницької галузі [20, 22].

Рівень технології та якість комбікормів взаємообумовлені раціональним застосуванням кормової сировини, обсягом технологічних процесів їхньої обробки та повнотою використання при відгодівлі тварин, птиці та риби. Максимальне використання кормових ресурсів різних виробництв та розробка раціональної технології їхньої обробки є нагальними вимогами часу та мають практичну актуальність.

Як показує аналіз літературних джерел, сьогодні для стимуляції росту і розвитку тварин та птиці, а також для підвищення їхньої продуктивності й покращення стану здоров'я фахівці все частіше звертаються до використання природних кормових добавок у складі корму [4, 15, 29].

Поряд з цим, у нашій країні постійно накопичуються великі запаси відходів ефіроолійної промисловості, що мало або взагалі не використовуються у комбікормовій промисловості.

Тому, перехід на альтернативні технології виробництва кормів з сировини, що мало використовується, є одним з найбільш ефективних

варіантів збільшення обсягів кормової бази та зниження витрат на її виробництво. Зокрема, сьогодні відсутні технології з промислового використання відходів переробки шавлії, кропу, м'яти, ісопу та лофанту, як натуральних кормових добавок у складі раціонів для відгодівлі тварин і птиці [30, 35, 44].

Таким чином, для підвищення якості комбікормової продукції та вдосконалення раціону харчування тварин, актуальним є введення до складу корму нових нетрадиційних видів рослинної сировини, що містять у своєму складі збалансований комплекс білків, ліпідів, амінокислот, мінеральних речовин, вітамінів, а також мають високі поживні та кормові властивості [37, 49, 55].

Найважливішою умовою технічного прогресу на сучасному етапі є впровадження в практику ресурсо та енергозберігаючих технологій, що забезпечують виробництво продуктів високої якості при мінімальному негативному впливі на навколишнє середовище. Це однаково відноситься і до виробництва комбікормів та їх компонентів [2, 9, 15, 36, 42].

Одним з найбільш прогресивних технологічних прийомів у цій галузі є екструдування. Цей процес покращує фізичні властивості, умови зберігання, транспортування і роздачі комбікормів, підвищує їх засвоюваність і збільшує продуктивність тварин, птиці, риби при збиранні витрати кормів. Практикою доведено, що 100 т екструдованих комбікормів (ГК) ефективності еквівалентні 150 т розсипних [10, 17, 26, 33, 52].

Однак, незважаючи на розвиток цього напрямку, загальний стан технології екструдування комбікормів залишається незадовільним. Частка таких кормів в нашій країні становить 23% загального обсягу виробництва комбікормів. Вузький асортимент, що виробляються, а якість їх часто поступається необхідним вимогам, в особливому поступається за показниками міцності [11, 18, 29, 36].

Це викликає необхідність глибокого вивчення теорії та практики екструдування комбікормів та їх компонентів. Однак сучасний рівень знань

про механізм процесу утворення та можливості управління ним недостатній для вирішення завдань, поставлених практикою. Нестача відомостей із закономірних перетворень компонентів комбікормів при гранулюванні обмежує коло можливих напрямів удосконалення існуючих та розробки нових раціональних технологій виробництва екструдованих кормів високої якості [19, 20, 25, 36, 45].

У сучасних умовах ведення тваринництва важливого значення набуває економне витрачання зерна, яке спрямовується на фуражні цілі. Найбільш раціонально фуражне зерно використовується у вигляді комбікормів, збалансованих за протеїном, амінокислотами та ін біологічно активним речовин [12, 15, 33, 47, 56].

Використання в раціонах тварин комбікормів, збалансованих по поживних речовин, дозволяє отримати підвищення продуктивності тварин на 10-12%, а при збагаченні їх біологічно активними речовинами (амінокислоти, мікроелементи, антибіотики тощо) продуктивність зростає на 25-30% і більше [2, 8, 10].

Комбікорм – це складна однорідна суміш кормових засобів (зерно, висівки, корми тваринного походження, мінеральні добавки та ін) збалансованих між собою [16, 24, 36, 40].

За кормовим значенням комбікорми поділяються на: повноцінні комбікорми, комбікорми-концентрати, балансуєчі кормові добавки (білково-вітамінні, білково-вітамінно-мінеральні) та премікси.

Повнораційні комбікорми містять усі необхідні поживні речовини, що забезпечують фізіологічні потреби тварин при високому рівні їхньої продуктивності та зниження витрат поживних речовин на одиницю продукції.

Комбікорми-концентрати призначені для згодовування тварин на додаток до основного раціону.

Балансуєчі кормові добавки (БВД, БМВС, карбамідний концентрат та ін) є однорідними сумішами подрібнених до потрібного ступеня

високобілкових кормових засобів і мікродобавок. Їх використовують головним чином для приготування комбикормів на основі зернофуражу. БВД та БМВС вводять до складу зернової суміші у кількості 10–30% її маси.

Премікси – суміші подрібнених до потрібного ступеня великої кількості різних речовин (мінеральних кормів, амінокислот, вітамінів, антибіотиків та ін.) та наповнювача, що використовуються для збагачення комбикормів та білково-вітамінних добавок. Премікси вводять у кількості 1–2% маси суміші.

Ферменти регулюють усі біохімічні процеси, забезпечуючи найрізноманітніші види обміну речовин. Важливою особливістю є те, що вони в сотні тисяч і в мільйони разів прискорюють хімічні реакції, не змінюючи кінцевих продуктів і зберігаючи свою активність [4, 5, 6].

Збагачення кормових раціонів ферментними препаратами знижує відмінок молодняка, значно підвищує засвоєння кормів і знижує їхні витрати на одиницю продукції, дає змогу частково замінювати дорогі та дефіцитні корми тваринного походження дешевшими розчинниками, а також підвищувати продуктивність тварин [8].

Використання ферментних препаратів при вирощуванні молодняка свиней дає змогу підвищити живу масу на 9-17%, збільшити збереженість, за одночасного зниження витрат кормів [1, 11].

Білкову недостатність кормових раціонів для жуйних тварин заповнюють шляхом згодовування карбаміду. Карбамід (сечовина) є білою кристалічною речовиною, яка сама білка не містить, але в результаті гідролізу в рубці тварини виділяє азот. Під дією мікроорганізмів рубця цей азот синтезується в бактеріальний білок, що засвоюється.

Однак проста добавка карбаміду до кормів може бути токсичною внаслідок швидкого гідролізу і інтенсивного утворення аміаку. Тому карбамід на фермах застосовують у дуже обмежених дозах і ефективність від такого використання виявляється невисокою.

Амідоконцентратна добавка є високопротеїновим концентратом, яка у комплексі з мікроелементами дозволяє отримувати високі добові прирости,

знижувати витрати кормів на 21–26% і економити до 31% концентратів .

збільшується засвоюваність кормів на 20–40%, оскільки процес екструзійного гідролізу переводить білки та крохмалі у більш доступну для організму тварин форму, екструзійний гідроліз руйнує у зернобобових активні антипоживні речовини, що підвищує обмінну енергію корму;

екструзійний гідроліз різко знижує кількість глікозидів, висока концентрація яких може спричинити отруєння тварин, особливо ВРХ та овець;

підвищення засвоюваності кормів дозволяє забезпечувати меншими обсягами корму більшу продуктивність тварин як у м'ясній, так і в молочній галузях;

покращення поїдання комбікормів відбувається за рахунок того, що при тепловій обробці покращуються смакові якості багатьох кормових засобів, так як утворюються ароматні речовини, що приємно пахнуть;

до складу комбікорму можна вводити до 80% бобових, до 90% жита та до 30% картоплі, які містять великий відсоток крохмалю, оскільки при екструдуванні відбувається розщеплення крохмалю до декстринів та цукрів;

короткочасний вплив високої температури має мінімальний вплив на якість білка та амінокислот;

при введенні до складу комбікормів січки конюшини, люцерни, хвойної лапки – собівартість екструдованого корму може бути знижена на 20–40% [32, 45, 61].

Численними науковими [6] дослідженнями встановлено, що негативний вплив бар'єрів, які передбачені природою для захисту, перш за все насіння, як біологічного джерела постійного відтворення зерна, може бути повністю усунуто або в значній мірі придушене. За рахунок статичного та динамічного впливу зовнішнього і внутрішнього тиску на клітинному і молекулярному рівні на захисні мембрани, температуру осмосу та інших факторів, спостерігається денатурація білка, інактивація антипоживних речовин, декстринізація крохмалю, деструкція целюлозно-лігнінового комплексу.

Практично повна стерилізація кінцевої продукції, створення мікропористої структури в готовому продукті, найбільш сприятливий вплив шлункового соку викликає краще засвоєння поживних речовин організмом тварин [1, 8, 30, 36, 48].

Відходи томатного виробництва мають великий потенціал для використання в тваринництві. Однак, для широкого впровадження цієї практики необхідні подальші наукові дослідження та розробка відповідних технологій. Залучення науковців, виробників кормів, фермерів та державних органів до вирішення цієї проблеми може сприяти розвитку більш ефективної та екологічно чистої системи виробництва продуктів тваринництва [25, 32, 40]. До цього ряду вчених і фахівців вважають, що норми та способи згодовування томатних вичавок молодняку свиней потребують додаткового вивчення і уточнення.

Лакіза О. В., Єрмакова В. О. та Чурсінов Ю. О. проаналізували стан сировинної бази виробництва комбікормів та експериментально досліджено поживну цінність комбікормів з додаванням ріпакової макухи і шроту, у результаті чого встановлено, що вміст глюкозинолатів суттєво знижується після вологотеплової обробки м'ятки насіння ріпаку, що дозволяє додавати ріпаковий шрот і макуха в комбікорми для тварин, птиці і риб без зниження їх якості [7].

Єгоров Б. В. та Фігурська Л. В. навели розробку технології виготовлення екструдованої кормової суміші для риб, яка виготовлена шляхом екструдування кукурудзи і малоцінної риби, експериментально встановлено оптимальне співвідношення зерна і малоцінної риби для виробництва екструдованої кормової суміші. Використання кормової добавки дасть змогу розширити застосування кукурудзи як компонента комбікормів для риб і зменшить кількість рибного борошна у рецептах [8].

У роботі [45] досліджено використання каротиноїдів в годівлі тварин в основному в якості сенсорних добавок, які сприятливо впливають на колір риб, птахів та кормів тваринного походження. Існують різні аналітичні

методи їх кількісного визначення в комбікормах, що відображають різні фізико-хімічні характеристики каротиноїдів та відповідних кормових добавок. Це можуть бути натуральні продукти або спеціальні склади, що містять цільові каротиноїди, отримані хімічним синтезом. У цьому дослідженні розроблений метод мультіаналіта, який може застосовуватися для визначення всіх 10 каротиноїдів, дозволених в даний час в Європейському Союзі для комбікормів. Цей метод працює незалежно від того, чи були каротиноїди додані в комбікорм через натуральні продукти або спеціальні рецептури.

Авторами [54] проведений аналіз зростання, виживання та активності травних ферментів, ферментів неспецифічного імунітету, метаболічних ферментів і антиоксидантних ферментів молодих риб, яких годували комбікормом і живим кормом протягом 178 днів. Результати показали, що кінцева довжина тіла, кінцева маса тіла, виживання, фактор стану і гепатосоматичний індекс групи комбікорму (125,17 мм, 6,27 г, 65,73 %, 0,31 г/см³ та 4 % відповідно) значно нижче, ніж у групи живого корму (150,66 мм, 12,39 г, 85,59 %, 0,36 г/см³ та 1,9 % відповідно).

У [13] вказано, що підготовлені або штучні корми можуть бути повноцінними або додатковими. Повна дієта забезпечує наявність всіх компонентів (білки, вуглеводи, жири, вітаміни і мінерали), які необхідні для оптимального росту і здоров'я риби. Більшість рибоводів використовують повні дієти, які складаються з наступних компонентів: білок – 18–50 %, ліпіди – 10–25 %, вуглеводи – 15–20 %, зола – більше 8,5 %, фосфор – більше 1,5 %, вода – більше 10 % та мікроелементи.

У [14] виявлено, що використання матеріалів рослинного походження, таких як насіння бобових, різні види макухи з насіння олійних культур, листове борошно, концентрати листового протеїну і борошно з кореневих бульб, в якості інгредієнтів корму для риб обмежена наявністю великої кількості різноманітних антипоживних речовин. Серед них важливими є інгібітори протеаз, фітати, глюकोзинолати, сапоніни, таніни, лектини,

олігосахариди і некрохмальні полісахариди, фітоестрогени, алкалоїди, антигенні з'єднання, госсипол, ціаногени, мімозін, циклопропеноїдні жирні кислоти, ефіри канаванінов та анальгетиків.

Бета-каротин, як потужний антиоксидант і провітамін А, сприяє зміцненню імунітету риб, покращенню зору та загального здоров'я, що, в свою чергу, позитивно впливає на їх ріст. Кормова добавка може бути використана для різних видів риб, що потребують додаткових джерел бета-каротину. Кормова добавка у формі гранул зручна для дозування та додавання в корми [25].

1.2 Ляний шрот як джерело розширення асортименту сировини для виробництва екструдованих комбікормів

Ляний шрот, побічний продукт виробництва лляної олії, є цінним джерелом білка, жиру, клітковини та інших поживних речовин. Його використання в якості компонента комбікормів набуває все більшої актуальності завдяки своїм поживним властивостям та доступності. Екструзія, в свою чергу, є ефективним методом обробки кормів, який дозволяє покращити їхню засвоюваність, смакові якості та зберігання. Комбінація лляного шроту та екструзії відкриває нові перспективи для виробництва високоякісних комбікормів.

Збалансоване протеїнове харчування тварин сприяє збільшенню виробництва товарів тваринництва республіки. Серед олійних культур, здатних знизити дефіцит кормового білка є і льон [1, 2, 8, 10, 11].

Протеїн лляної макухи відрізняється високою засвоюваністю і хорошим амінокислотним складом. Білки макухи льону мають велику цінність.

Амінокислотами, що лімітують біологічну цінність білків насіння льону, є лізин (72,7%), метіонін (82,9%), лейцин (84%). Макуха льону містить у своєму склад близько 28–34% дієтичних харчових волокон, які зосереджені

головним чином в їх оболонках представлені такими речовинами як целюлоза, геміцелюлоза, пектини, лігнін. Макуха льону містить у своєму складі цілий ряд макро та мікроелементів - кальцій, фосфор, калій, натрій, магній, залізо, марганець, цинк, мідь, алюміній, кадмій, хром, кобальт, свинець, молібден, нікель. Найбільш високо в насіння льону вміст калію, фосфору, магнію. Жири, що залишаються в лляному макуху після відгону масла, мають всі корисні властивості, що і лляна олія.

Унікальність лляної олії полягає у високому вмісті альфа-ліноленової (омега 3) жирної кислоти, а також інших ненасичених жирних кислот. Лляна олія по змісту ненасичених жирних кислот перевершує риб'ячий жир вдвічі [2, 11].

Переваги використання лляного шроту в екструдованих комбікормах:

- високий вміст білка: лляний шрот є відмінним джерелом білка, що містить всі незамінні амінокислоти, необхідні для росту і розвитку тварин;

- багатий на омега-3 жирні кислоти: лляний шрот містить значну кількість альфа-ліноленової кислоти (омега-3), яка позитивно впливає на здоров'я серцево-судинної системи, імунітет та репродуктивну функцію тварин;

- джерело клітковини: клітковина, що міститься в лляному шроті, сприяє покращенню перистальтики кишечника, нормалізує мікрофлору та сприяє кращому засвоєнню інших поживних речовин;

- наявність вітамінів і мінералів: лляний шрот є джерелом вітамінів групи В, вітаміну Е та мінеральних речовин, таких як магній, фосфор і калій;

- покращення смакових якостей кормів: додавання лляного шроту до комбікормів покращує їхні смакові якості, що підвищує споживання корму тваринами;

- збільшення енергетичної цінності: завдяки високому вмісту жиру лляний шрот підвищує енергетичну цінність комбікормів.

Застосування лляного шроту в комбікормах має тавкі переваги для тварин:

—додавання лляного шроту до комбікормів для свиней сприяє покращенню якості м'яса, підвищенню імунітету та зниженню ризику захворювань;

—лляний шрот покращує продуктивність птиці, якість яєць і м'яса, а також знижує витрати на корми;

—лляний шрот може бути включений до раціонів великої рогатої худоби та овець для покращення якості молока і м'яса, а також для підвищення резистентності до захворювань.

Лляний шрот є перспективною сировиною для виробництва екструдованих комбікормів. Його використання дозволяє створювати високоякісні корми з покращеними поживними властивостями, які сприяють підвищенню продуктивності та здоров'я тварин. Однак, для досягнення оптимальних результатів необхідно проводити подальші дослідження з метою визначення оптимальних доз лляного шроту в раціонах різних видів тварин та вивчення взаємодії лляного шроту з іншими компонентами комбікормів.

1.3 Перспективи виробництва екструдованих продуктів

Одна з найефективніших технологій виробництва комбікормів – це екструдування [5, 12, 26, 35, 42, 51].

В основі екструдування лежать три процеси:

- температурне оброблення кормового засобу під тиском;
- механохімічне деформування продукту;
- «вибух» товару у фронті ударного розрядження.

Після теплової обробки покращуються смакові якості кормових засобів, оскільки утворюються різні ароматичні речовини і т.д., значно зростає активність ферментів у перетравлюваності кормів, а також нейтралізація деяких токсинів та загибель їх продуцентів [27].

Використання в годуванні екструдованих кормів дозволяє:

- підвищити надої молока на 18–40%;
- збільшити середньодобові ваги на 15–20%;
- знизити споживання корму на 8–12% і одночасно підвищити його засвоєння на 20–40%.

Технологічно виробництво комбікорму протікає при тиску до 40 атмосфер та температури до +200°C. Після цього з екструдера виходить спучений, пористий продукт у вигляді джгута (стренг) діаметром 20–30 мм, з об'ємною масою 100–120 г/дм і вологістю 7–9% [37–39].

Поряд із термічною обробкою відбуваються глибокі деструктивні зміни у поживних речовинах. Так крохмаль розщеплюється до декстринів та цукрів, протеїни піддаються денатурації. В результаті такої комплексної обробки отримують екструдат із приємним хлібним смаком та запахом. Він повинен мати ступінь декстризації крохмалю не менше 55%, мати коефіцієнт підірваності не менше 4, а також мати ступінь кристалізації (набухання) не менше 35%. Крім того, на процес екструзії практично не впливають такі фактори як вологість продукту, що переробляється, засміченість насінням інших культур і насінням бур'янів – все йде в справу. Іншими словами, минаючи процес сушіння та сортування, виробляється чудовий корм для худоби. Єдина вимога до сировини при екструдуванні - це відсутність землі, каміння та іншого механічного сміття в зерні [8, 11, 24, 29].

Навіть обробка екструдером вологого залежалого зерна, що вже має запах аміаку, перетворює зерноsumіш на прекрасний корм [41, 49].

Хороші результати отримані після згодовування комбікормів, до складу яких входять 20% екструдованої пшениці та 20% екструдованого гороху, при цьому можна замінити до 50% кормів тваринного походження до раціону поросят сосунів. На підставі експериментів рекомендовано використовувати до 30% екструдованого гороху в ЗЦМ замість обрата для старших телят [50].

Зараз же відбувається те, що можна порівнювати з годуванням тварин цукерками в свинцевій оболонці – тварина засвоює лише половину, оскільки

майже вся енергія йде на перетравлення "обгортки". У результаті, ми просто підтримуємо життєдіяльність тварин, отримуючи мізерні ваги та надої [47].

При екструзійній обробці зерна та зерновідходів половина роботи шлунка тварини виконується екструдером і тому енергія корму цілком іде на будівництво організму тварини [12, 56].

Як очевидно з вищесказаного, екстудовані корми незамінні при відгодівлі молодняку тварин: свиней, коней, ВРХ, кроликів і т.д. Не менш продуктивне застосування екструдату та при отриманні підвищених надоїв, які досягають у різних господарствах від 18 до 40% [40].

Не секрет для практикуючих ветлікарів та зоотехніків, що 90% загибелі молодняку відбувається через хвороби кишково-шлункового тракту, або інфекцій, занесених через травну систему. Тварина у ранньому віці найменш захищена саме тут. Так, при неодноразових дослідженнях кормів, отриманих у зерновому екструдері, ми переконувалися – корм практично стерильний після 3–4 місячного зберігання у звичайних складських умовах. Навіть м'ясо-кісткове борошно – найбільш схильне до бакобсемінення, при зберіганні (введене в екструдат) не змінює своїх властивостей [33].

При годівлі молодняку екструдатом (стренгами) загибель тварин від кишково-шлункових захворювань знижується у 1,5–2 рази. Але й надалі при переході на грубі корми тварина в ранньому віці, не змучена кишковими розладами, значно обганяє своїх однолітків у зростанні [59].

При вологості комбікорму 12–14% природне розкладання вітамінів відбувається значно інтенсивніше, ніж у стренгах (7–9%). При обробці в екструдері зерна вплив високих температур відбувається за тривалістю 10–12 с, за цей період вітаміни не зазнають руйнування. Екструдат, крім того, має хороші абсорбуючі властивості, тому він може служити профілактичним засобом при шлунково-кишкових розладах [21].

Бобові культури (горох, віка, нут, соя тощо) багаті білком, амінокислотами та вітамінами вони становлять у раціоні ВРХ та птахів не більше 5–7% [37].

Після екструдуювання засвоюваність бобових збільшується більш ніж у 10 разів і їх у раціон годівлі можна вводити до 80% [18].

При екструзії під дією температури та тиску відбувається глибоке перетворення структури та властивостей поживних речовин, що дозволяє виробляти високоякісний продукт, що має такі властивості:

Покращення засвоюваності та смакових якостей:

- желатинізація крохмалю (збільшує доступність енергії для тварин);
- деструкція полісахаридів (покращує смакові якості та збільшує частку простих цукрів);
- руйнування вторинних зв'язків білків (підвищує засвоюваність амінокислот).
- рівномірний розподіл жиру;
- захист поживних речовин та зниження антипоживних факторів.
- білки краще захищені від ферментації в рубці (збільшує синтез мікробіального білка).
- адсорбція жиру на поверхні крохмалю (уповільнює розщеплення крохмалю в рубці, зменшує утворення метану та аміаку).
- руйнування ліноксидази (знижує гіркоту олій).
- стерилізація кормів (покращує санітарний стан та безпеку кормів).
- усунення антипоживних факторів (збільшує ефективність використання кормів тваринами)

Інші переваги: швидкий процес: (водить до мінімуму деструкцію вітамінів, жирів та амінокислот); висока якість готового продукту (однорідна структура, покращені смакові якості); спеціальна адаптація до потреб тварин (можливість створення кормів з різними характеристиками).

Екструзія є перспективною технологією для виробництва високоякісних кормів. Вона дозволяє покращити поживну цінність кормів, знизити витрати на виробництво та підвищити продуктивність тварин. Однак, для більш повного розуміння всіх аспектів цієї технології необхідні подальші дослідження [44].

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, СХЕМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Об'єкти досліджень

У відповідності з метою роботи і завданнями для дослідження вибрана технологія екструдуювання кукурудзи, їх суміші з лляним шротом в нативному і подрібненому вигляді та отримані екструдати із суміші цих компонентів у різній концентрації.

У якості вихідної сировини використовували зерно фуражної кукурудзи, що відповідає вимогам ДСТУ 3769-98 «Ячмінь. Технічні умови».

2.2. Методи досліджень

Блок-схема комплексних досліджень представлена на рис 2.1.

Одним з етапів вивчення процесу стало екструдуювання в лабораторних умовах на прес-екструдері марки КЕШ-1 продуктивністю 20 кг/год. Технічна характеристика екструдера представлена в таблиці 2.1.

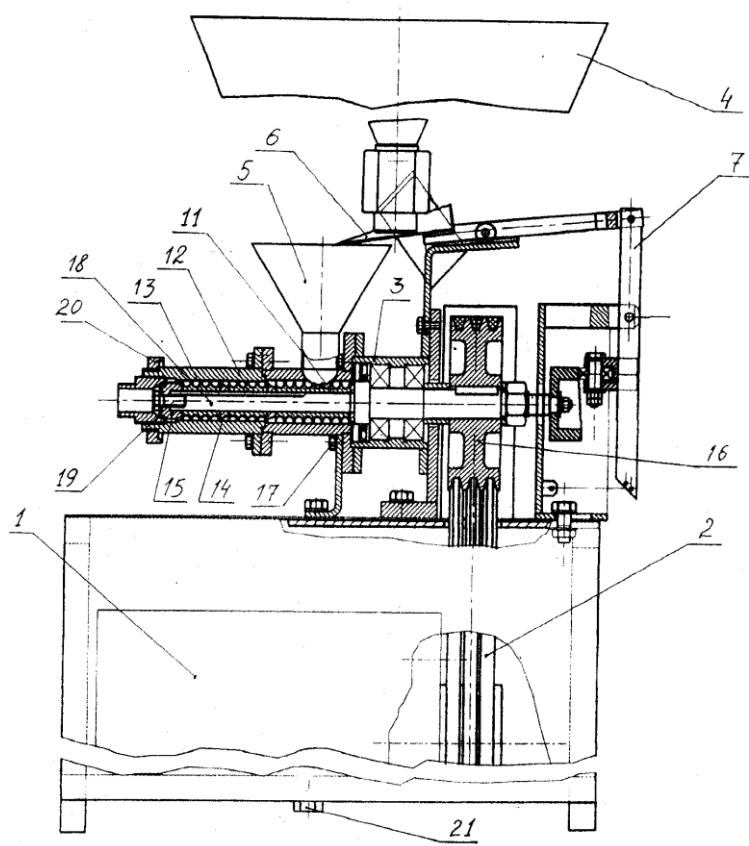
Таблиця 2.1

Технічна характеристика екструдера КЕШ–1

Продуктивність, кг/год	20
Номинальна потужність двигуна (АИРМ100L6У2), кВт	3,7
Частота обертання валу електроприводу, об./хв	945
Частота обертання шнека, об./хв	610
Номинальний крутний момент на валу шнека, Нм	31
Діаметр шнека, мм	35
Відношення довжини шнека до діаметра (L/D)	5
Габаритні розміри	
Довжина, мм	580
Ширина, мм	400
Висота, мм	1250
Маса, кг	83



Рис. 2.1 Блок-схема комплексних досліджень



Екструдер складається з наступних основних робочих одиниць:

1 – двигун; 2 – клинопасова передача; 3 – підшипниковий вузол; 4 – завантажувач бункер; 5 – прийомний бункер; 6 – живильник; 7 – механізм живильника; 8 – зона завантаження; 9 – зона стискання; 10 – гайка філь’єри; 11 – шнек подачі; 12 – шнек змішування; 13 – шнек пресування; 14 – пресуючі кільця; 15 – пресуючий конус; 16 – шків; 17 – болт; 18 – вал; 19 – болт фіксуючий; 20 – регулюючий болт; 21 – болт регулювання натягу шківа.

Рис. 2.2. Екструдер КЕШ-1

Зерно подрібнювали на молотковій дробарці (марки ДМ-03) використовуючи сита з різним діаметром отворів (6,0 мм; 4,0 мм; 3,0 мм). Отримали продукт з різною крупністю помелу і різним гранулометричним складом.

Подача продукту в екструдер здійснювали вручну та за допомогою віброживильника. Продукт після екструдювання охолоджували при кімнатній температурі та відносній вологості 60%. Після охолодження зразки продукту пакували в окрему герметичну тару, частину з якого попередньо подрібнювали.

2.3 Методика проведення досліджень

Відбір проб і виділення наважки з екструдованої суміші проводили згідно з ДСТУ ISO 6497:2005 «Корми для тварин. Методи відбирання проб» та ДСТУ ISO

6498:2006 Корми для тварин. Готування проб для дослідження.

Визначення зовнішнього виду проводили візуально, запаху і кольору – згідно з стандартом, зараженості шкідниками хлібних запасів – згідно з ДСТУ 9175:2022 Комбікорми. Методи визначення запаху, зараженості шкідниками хлібних запасів.

Вологість зерна та готової продукції визначали методом висушування у сушильній шафі СЕШ-3М за температури 130°C впродовж 40 хв. з моменту встановлення температури за ДСТУ ISO 6496:2005 Корми для тварин. Визначення вмісту вологи та інших летких речовин (ISO 6496:1999, IDT).

Сипкість визначали методом, який характеризується швидкістю витікання продукту крізь отвір певного діаметру, та розраховували за формулою:

$$V_c = \frac{V}{S \cdot t} \quad (2.1)$$

де V_c – об'єм матеріалу, який проходить крізь вихідний отвір в одиницю часу, см^3 ;

S – площа поперечного перерізу вихідного отвору, см^2 ;

t – час, за який витікає продукт крізь отвір, с.

Ступінь подрібнення (модуль крупності) зерна визначали за результатами вивчення залишків на ситах. Для цього використовували лабораторний класифікатор і сита з круглими отворами діаметром 5,0; 4,0; 3,0; 2,0; 1,0 мм.

Об'ємну масу визначали відношенням маси продукту до об'єму за формулою (2.3), який він вільно займав в пурці. Метод визначення об'ємної маси ґрунтується на властивості продуктів займати певний об'єм:

$$\gamma = \frac{m}{V}, \text{ г/л}, \quad (2.3)$$

де m – маса продукту, г;

V – стандартний об'єм пурки (1 л).

Коефіцієнт розширення визначали як відношення площі поперечного перерізу екструдату до площі поперечного перерізу отвору філь'єри.

Продуктивність процесу визначали, зважуючи охолоджений екструдат, який утворився за певний проміжок часу.

Кут природного нахилу визначали транспортиром, встановленим біля основи конуса, який утворився під час вільного витікання продукту на пласку горизонтальну поверхню.

Визначення мікробіологічних показників проводили за ДСТУ EN 12824:2004 «Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин (EN 12824:1997, IDT)», ДСТУ ISO 4831:2006 «Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Загальні настанови щодо підрахування кількості коліформних мікроорганізмів. Методика найвірогіднішої кількості (ISO 4831:1991, IDT)», ДСТУ ISO 4833:2006 «Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахунку мікроорганізмів. Техніка підрахування колоній за температури 30°C (ISO 4833:2003, IDT)».

Вивчення зміни мікробіологічного стану розроблених кормових сумішей в процесі зберігання проводили за такими мікробіологічними показниками: загальна кількість мікробних клітин (МАФМ, КУО/г); наявність бактерій паратифозної групи (сальмонели); наявність ентеропатогенних штамів кишкової палочки (БГКП, КУО/г), наявність анаеробів.

Дослідні зразки зберігали протягом двох місяців в умовах, прийнятих в практиці комбикормових заводів, при температурі 0°C і +20 °C, що відповідає зимовому та літньому періоду. Відносна вологість повітря становила 70...80 %.

Оцінку енергетичної цінності продуктів, вміст обмінної енергії і кормових одиниць, проводили на основі даних хімічного складу і визначали розрахунковим способом згідно з методиками, що наведені в роботах [18, 39].

Енергетичну цінність чи загальну енергію (ОЕ) в кілокалоріях розраховували за формулою [18, 39]:

$$ОЕ_c = (20,85 \text{ пП} + 36,63 \text{ пЖ} + 14,27 \text{ пК} + 16,95 \text{ пБЕР}) \times 10^{-3} \quad (2.4)$$

де пП – маса перетравного протеїну, г;

пЖ – маса перетравного жиру, г;

пК – маса перетравної клітковини, г;

пБЕВ – маса перетравних безазотистих екстрактивних речовин, г.

Вміст безазотистих екстрактивних речовин (БЕВ) в зоотехнічному аналізі визначають за формулою [18, 39]:

$$\text{БЕР} = 100 - W - \text{СП} - \text{СЖ} - \text{СЗ} - \text{СК} \quad (2.5)$$

де W – вологість, %;

СП – вміст сирого протеїну, %;

СЖ – вміст сирого жиру, %;

СЗ – вміст сирої золи, %;

СК – вміст сирої клітковини, %.

Розрахунок рецепта комбікорму виконували за допомогою програми Microsoft Excel.

Для виконання розрахунку використовували «Інструкцію по розрахунках рецептів і цін на комбікорми та білково-вітамінні добавки для комбікормових підприємств за допомогою Microsoft Excel» та норми годівлі для відповідних вікових і виробничих груп тварин [44].

Для визначення істинних значень дослідних величин і проведення кореляційного аналізу здійснювали математично-статистичну обробку експериментальних даних [20].

Оброблення цифрових даних та графічне зображення результатів здійснювали із застосуванням MS Office Excel.

Коефіцієнти рівнянь регресії розраховували методом найменших квадратів [17, 25].

Для обробки експериментальних даних були застосовані наступні статистичні критерії: перевірка однорідності дисперсій – критерій Кохрена, значимість коефіцієнтів рівнянь регресії – критерій Стюдента. Аналіз адекватності отриманих рівнянь проводили згідно з основними положеннями дисперсійного аналізу за критерієм Фішера [2, 17].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Встановлено, що у процесі екструдуювання значно знижується вологість продукції (табл. 3.1). Аналіз отриманих даних показав, що незалежно від вмісту лляного шроту та його концентрації масова частка води після екструдуювання знизилася у середньому на 3,6...7,3 % на загальну масу.

Таблиця 3.1

**Зниження масової частки води під час екструдуювання зернової суміші
кукурудзи залежно від вмісту лляного шроту**

(n=3, P ≥ 0,95)

Склад суміші		Масова частка води, %	Різниця, %
100	вихідна	13,8	-3,6
	екструдована	10,2	
95,0+5,0	вихідна	15,3	-4,4
	екструдована	10,9	
90,0+10,0	вихідна	17,3	-4,5
	екструдована	12,8	
85,0+15,0	вихідна	20,5	-4,7
	екструдована	15,8	
80,0+20,0	вихідна	24,8	-6,5
	екструдована	16,3	
75,0+25,0	вихідна	28,5	-7,3
	екструдована	21,2	

Найменші втрати води 3,6 % отримані у зернових зразках без додавання лляного шроту, де масова частка води становила 13,8 %. Більшими втратами води характеризувались суміші з додаванням лляного шроту в кількості 15,0–25,0 %, які становили 4,7–7,3 %.

Застосування екструзійної обробки та подальше визначення вологості екструдованих продуктів показало, що незважаючи на вміст лляного шроту

вологість кінцевого продукту знижується на 3,6...7,3 % (рис. 3.1).

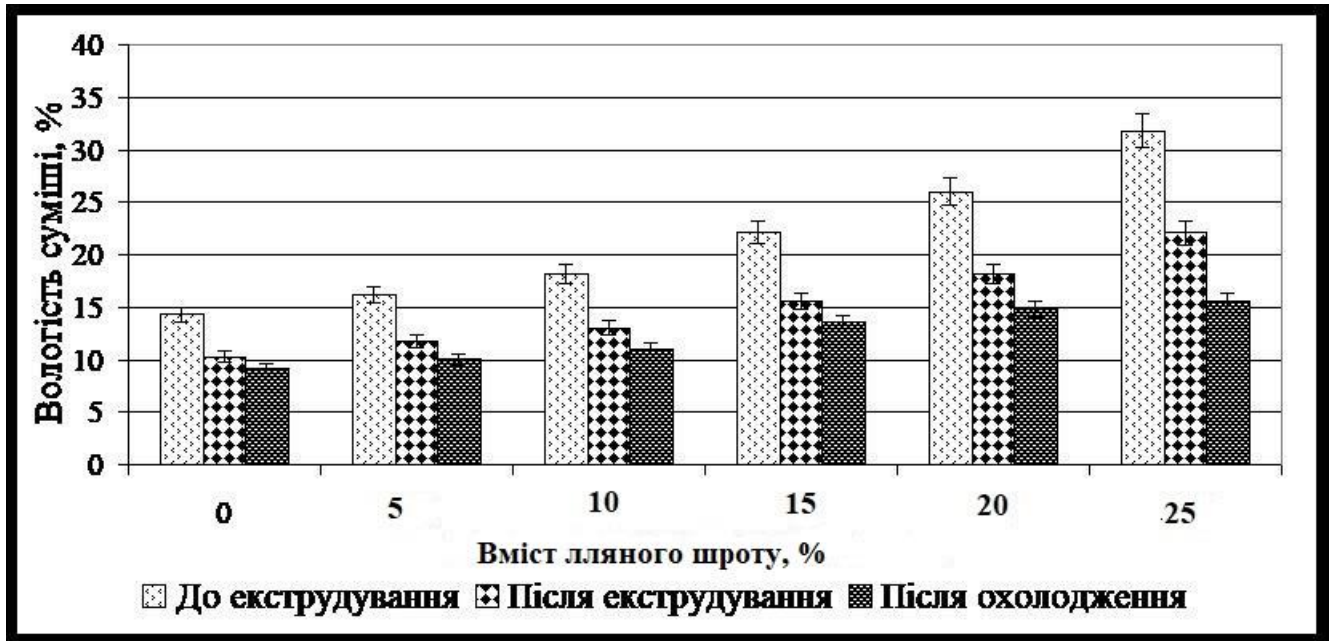


Рис. 3.1. Втрати вологи при екструдуванні зерна з лляним шротом

Отже, в процесі екструзійної обробки у суміші кукурудзи з лляним шротом значно знижується масова частка вологи. Таким чином волога лляного шроту замінює додавання пари та води у процесі екструдування.

Визначення основних фізичних показників суміші кукурудзи з лляним шротом, таких як об'ємна маса, набухання, кут природного укосу, показало, що зміна показників залежить від концентрації (рис. 3.2 –3.6).

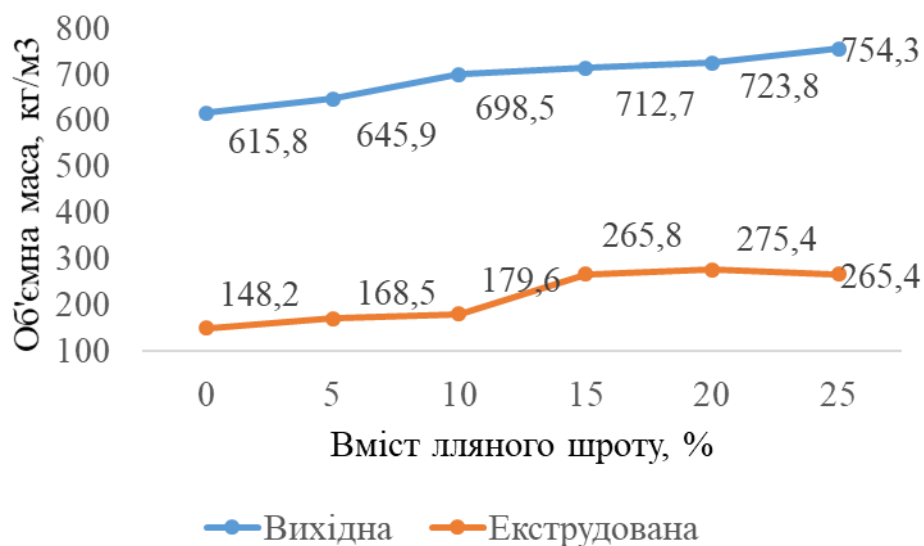


Рис. 3.2 Об'ємна маса зерна кукурудзи у суміші з лляним шротом, кг/м³

Отримані дані свідчать, що зі збільшенням концентрації овочевих компонентів збільшується об'ємна маса суміші від 615,8 до 754,3 кг/м³ у вихідній сировині та від 148,2 до 265,4 кг/м³ в екструдованій.

Аналіз даних рис. 3.3 показав, що у екструдованому зерні кукурудзи набухання складає 8,32 мл/г. Додавання до кукурудзи лляного шроту у різній концентрації знижувало набухання суміші. Так, за концентрації компонентів 5,0 % набухання залежно становило 8,25 мл/г. Підвищення концентрації до 10 % викликало зниження показника до 8,12 %, а підвищення до 15 % викликало зниження набухання до 7,85 %. Подальше збільшення концентрації овочевих компонентів у суміші до 20–25 % викликало зниження набухання суміші до 7,15 та 5,85 % відповідно.



Рис. 3.3 Набухання зерна кукурудзи у суміші з лляним шротом, мл/г

Отже, набухання суміші кукурудзи залежно від концентрації лляного шроту показало, що зі збільшенням кількості доданого компоненту суттєво знижується набухання екструдованого продукту, що свідчить про зниження здатності суміші з високою концентрацією лляного шроту поглинати воду.

Кут природного нахилу у вихідній сировині досягав 31,6 градуси. Із збільшенням концентрації лляного шроту він поступово збільшувався до 33,4–

43,8 градусів (рис. 3.4). Процес екструдуювання сприяв підвищенню показника на 10–12 градусів. За вмісту лляного шроту 25 % показники необробленої суміші та готового екструдату вирівнювалися і кут природного нахилу становив 43,8–44,9 градусів.

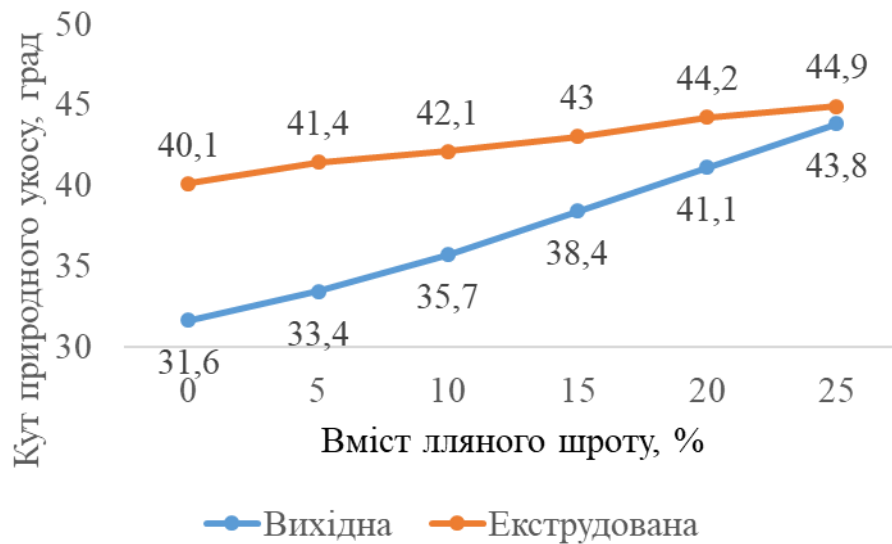


Рис. 3.4 Кут природного укосу зерна кукурудзи у суміші з лляним шротом, град

Сипкість характеризує здатність частинок суміші взаємно переміщатися під дією зовнішніх сил або власної ваги.



Рис. 3.5 Сипкість зерна кукурудзи у суміші з лляним шротом, $\text{см}^3/\text{с}$

Значний вплив має вологість матеріалу. Сипкість продукції змінювалася у сторону зменшення зі збільшенням концентрації лляного шроту. Екструдований подрібнений продукт має кращу сипкість ніж вихідна суміш. Тому слід врахувати цей момент при подачі сировини до екструдера і бажано використати шнековий розвантажувач з бункера.

Коефіцієнт спучування екструдованого кукурудзи становив 3,78. У екструдованій суміші кукурудзи з лляним шротом у міру збільшення його вмісту у суміші коефіцієнт мав тенденцію до зниження від 3,65 за вмісту 5,0 % до 1,56 за вмісту 25,0 %.

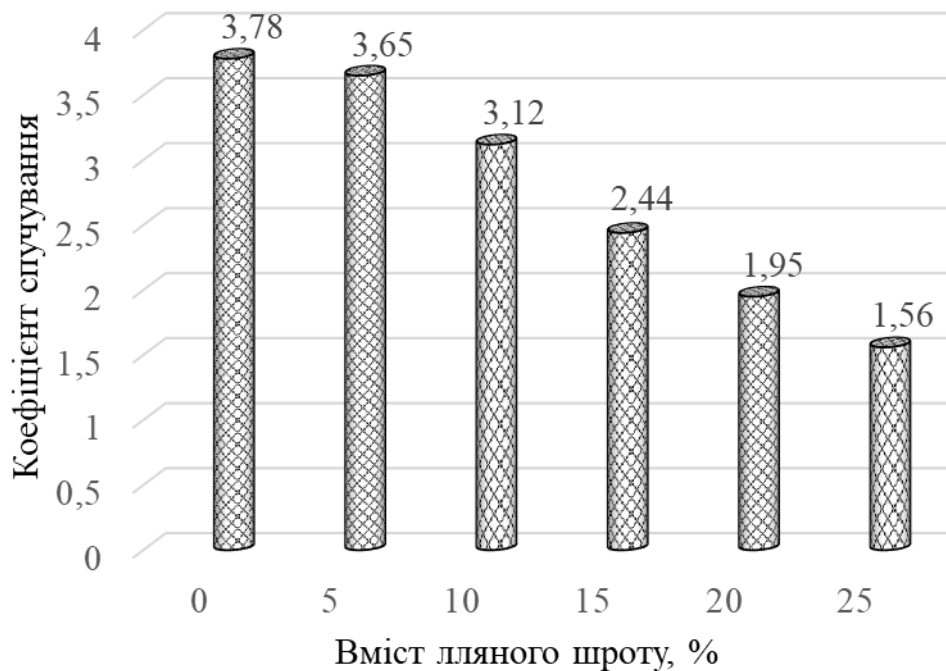


Рис. 3.6 Коефіцієнт спучування зерна кукурудзи у суміші з лляним шротом,

На рис. 3.7 наведено графік зміни коефіцієнту спучення від вмісту доданого лляного шроту. Встановлено, що якість спучення екструдату має криволінійну залежність від кількості додавання лляного шроту в сторону зменшення.

Отримали рівняння регресії у натуральних значеннях факторів для суміші кукурудзи з лляним шротом щодо спучення екструдату.

За допомогою отриманих рівнянь можна розрахувати коефіцієнт спучення для лляний шрота відповідно:

$$Y_M = 4,20 - 0,29 \cdot x + 0,01 \cdot x^2$$

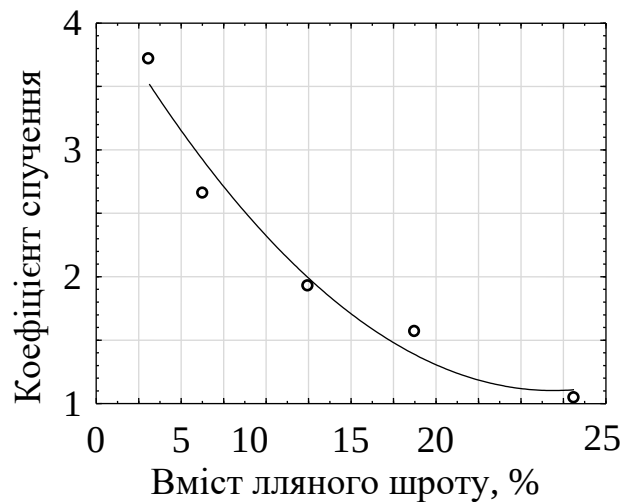


Рис. 3.7 Зміна коефіцієнту спучення залежно від вмісту лляного шроту

Основним джерелом втрат під час зберігання комбікормів є інфекційні збудники хвороб, плісняви, грибки та дріжджі.

В результаті проведених мікробіологічних досліджень зразків не було виявлено патогенних мікроорганізмів, бактерій групи кишкової палички та анаеробів та плісневих грибів (табл. 3.2).

Дослідження проводилися у свіжовиготовлених продуктах та таких, що зберігалися впродовж 30 і 60 діб, їх вологість становила для дослідних екструдованих зразків ячмінно–лляний шротової з співвідношенням компонентів відповідно 92:8 – 10,2 % (Додаток А).

Вологість зразків в кінці досліду збільшилась та становила 13,2 – 13,4 % за температури +20°C, вологості повітря 70 % та 12,8 – 13,1 % за температури 0°C і вологості повітря 60 %.

Результати досліджень МАФМ показали, що під час зберігання зразків за температури 0 °C спостерігається збільшення загальної кількості мікробних клітин в 2–4 рази і при +20 °C в 7–12 разів для екструдованих сумішей.

Слід зазначити, що показники загальної кількості мікробних клітин для

всіх зразків не перевищують допустимі норми (не більше $5 \cdot 10^5$ КУО/г).

В процесі зберігання кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів збільшується в 15–40 разів, але не перевищують граничних норм для кормів $5 \cdot 10^5$. Також в процесі зберігання збільшується вологість екструдованих сумішей за рахунок сорбції вологи з повітря. Так, вологість екструдованих сумішей за 60 діб зберігання при температурі $+20^\circ\text{C}$, відносній вологості повітря 70 % збільшилась на 1,8–3,0 %, а за температури 0°C і відносної вологості повітря 60 % на 1,6–2,6 %.

Таким чином, розроблені екструдовані кормові суміші в процесі зберігання упродовж двох місяців, не набувають токсичних властивостей, загальна кількість мікробних клітин для всіх зразків не перевищує допустимі норми.

Багатофакторні експерименти були проведені з метою розробки і впровадження у виробництво технологічного процесу екструдування зерна кукурудзи з лляний шротом. У якості об'єкта дослідження був прийнятий технологічний процес екструдування зерна з лляний шротом.

В експерименті використовували такі складові: овочева добавка лляний шрот (x_1).

Для визначення оптимального складу суміші використано математичне моделювання і оптимізація процесу екструдування кукурудзи з лляний шротом.

За критерій оптимальності обрали коефіцієнт спучення екструдату.

В результаті розрахунків отримано рівняння регресії:

$$Y = 2,22 - 0,06x_1 + 0,34x_3 - 0,18x_4$$

Та зроблено наступні висновки:

- фактори x_1 , x_3 , x_4 , є вагомими;
- фактор x_2 виявився не вагомим;
- рівняння регресії лінійне.

Для наочного відображення значущості коефіцієнтів регресії було побудовано діаграму Парето, яку представлено на рис. 3.8.

Таким чином, з діаграми (рис.3.8) видно, що найвагомішим є вплив фактора 1 – вміст лляний шроту. Дещо менший вплив мав фактор 3 – модуль крупності подрібненого зерна. За ним слідує фактор 4 – товщина подрібнення лляний шроту. Фактор 2 – час відлежування найменше впливав на якість спучення екструдату, та виявився невагомим фактором тому, що не перевищує довірчий рівень.

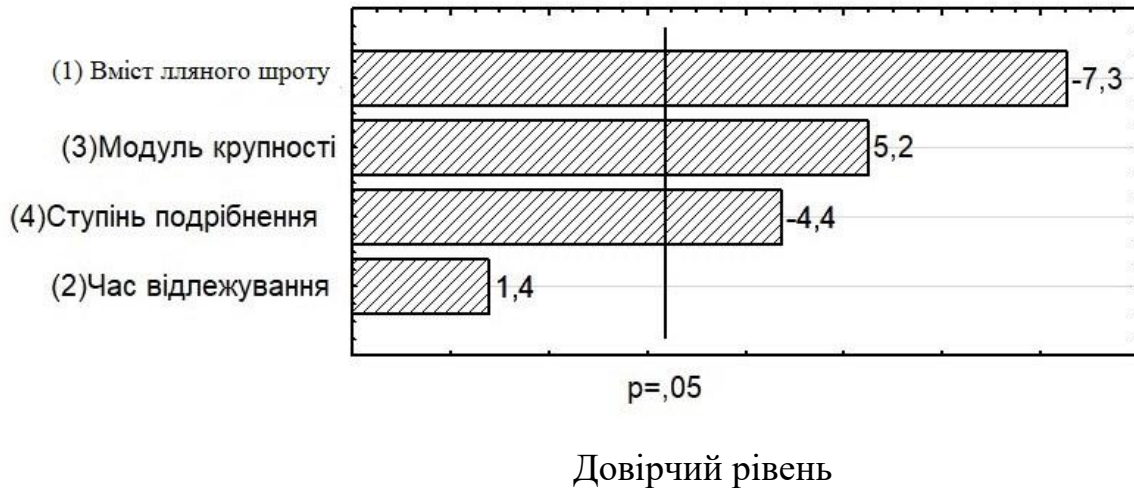


Рис. 3.8 Діаграма Парето

Графічне зображення отриманої моделі як функції від факторів x_1 – x_2 , x_1 – x_3 , x_1 – x_4 , x_2 – x_3 , x_2 – x_4 , x_3 – x_4 можна отримати у вигляді лінійної поверхні відгуку коефіцієнту спучення екструдату (рис. 3.9 – 3.10).

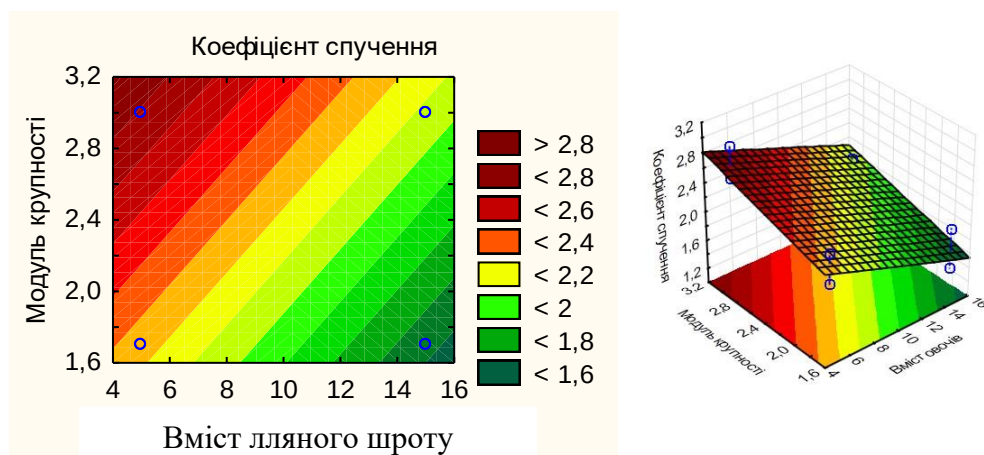


Рис. 3.9 Коефіцієнт спучення екструдату залежно від модуля крупності зерна та вмісту лляного шроту

Як видно з рис. 3.10 коефіцієнт спучення зменшується із збільшенням

концентрації вологого компоненту та разом з тим збільшується за рахунок вищого модуля крупності зерна. Це пояснюється тим, що коефіцієнт спучення залежить від початкової вологості суміші, а овочеві компоненти мають у своєму складі високий вміст води і за рахунок цього зволожене зерно змінює свої технологічні властивості.

З отриманих даних видно, що занадто подрібнене зерно (з меншим модулем крупності) негативно впливає на спучення екструдату. Але ступінь подрібнення лляного шроту навпаки збільшує коефіцієнт спучення за рахунок кращого подрібнення овочів.

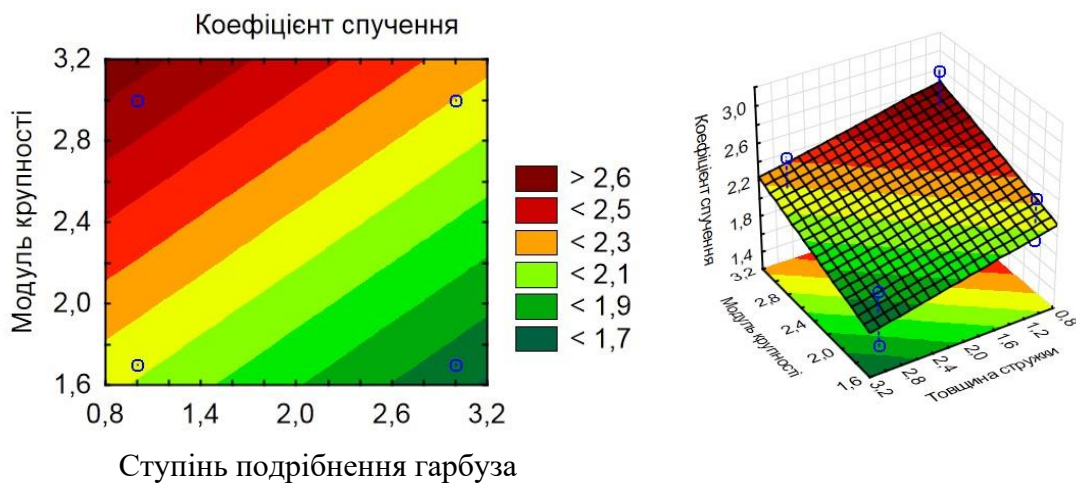


Рис. 3.10 Коефіцієнт спучення екструдату залежно від модуля крупності зерна і лляного шроту.

Така залежність пояснюється тим, що волога краще переходить від овочів до зерна за дрібнішого подрібнення перших. Але навпаки, завдяки кращому подрібненню зерна вологі часточки облипають борошністою фракцією та утворюють грудочки, які негативно впливають на розподілення води в суміші і слідом на сам процес екструдувannya.

Нами розроблено рецепти комбікормів для сільськогосподарських тварин з частковою заміною в рецептах зернової сировини розробленими екструдованими кормовими сумішами. При складанні рецептів для птиці (табл. 3.3) використовували сировину, яка знаходиться на підприємствах в необхідних

кількостях.

Для контролю були обрані рецепти відповідних вікових груп та призначення: комбікорм повнораціонний для сільськогосподарської птиці для курчат-бройлерів у віці 4–5 тижні (від 23 до 42 днів) ПК 6 [18].

Таблиця 3.3

Рецепти повнораціонних комбікормів для сільськогосподарської птиці для курчат-бройлерів у віці 4-5 тижні (від 23 до 42 днів)

Компоненти	Масова частка в рецепті, %	
	Контрольний рецепт ПК6	Розроблений, з додаванням кукурудзи та лляного шроту
Кукурудза + лляний шрот (90:10)	-	38,5
Ячмінь	38,5	-
Кукурудза	38,5	-
Висівки пшеничні	15,0	15,0
Дріжджі кормові	1,5	1,5
Борошно мясокісткове	0,5	0,5
Борошно рибне	0,5	0,5
Борошно трав'яне	1,0	1,0
Шрот соняшниковий	1,5	1,5
Горох	1,5	1,5
Крейда	1,0	1,0
Сіль	0,5	0,5
Всього	100	100
В 1 кг корму міститься, г		
Сирий протеїн	125	122
Перетравний протеїн	94	105
Сира клітковина	45	43
Лізин	5,53	5,40
Метіонін+цистин	3,63	3,54
Триптофан	1,31	1,28
Кальцій	5,9	5,8
Фосфор	4,8	4,6
Кормових одиниць в 1кг	1,12	1,21

Примітка. Премікс в комбікорми вводиться окремо.

Відомо, що ферментна система шлунково-кишкового тракту птиці не

містить необхідної кількості ферментів для забезпечення повного розщеплення природних крохмалів зерна. Тому при складанні рецепту (табл. 3.3) було замінено зернову сировину (кукурудза) на екструдовану суміш в кількості 38,5 %, введення кукурудзи в загальному вигляді складає 77,0 %.

Вміст сирого протеїну в розрахованому комбікормі був дещо менший, ніж у контролі – 122 г/кг. Але за рахунок кращої засвоюваності протеїну у екструдованих кормових сумішах вміст перетравного протеїну був вищий – 105 г/кг. Разом з цим спостерігається більша кормова цінність розробленого рецепту – 1,21 к.о., що на 0,9 к.о. більше, ніж у рецепті ПК55-4.

Також лімітуючим компонентом для птиці є клітковина, вміст якої у розробленому комбікормі був менший і становив – 43 г/кг у порівнянні з базовим комбікормом – 45 г/кг.

Розраховані рецептури повнораціонних комбікормів та комбікормів-концентратів для птиці повністю задовольняють їхні потреби в поживних речовинах і обмінній енергії, та мають кращі показники у порівнянні з стандартними рецептами (ПК 6-4, ПК 2-6, ПК 2-2, ПК 6-1, ПК 5-2) (додаток Б, табл. Б1)

Запропоновані комбікорми відзначаються більшим вмістом перетравного протеїну – на 8–14 г/кг, дещо меншим вмістом клітковини – на 1–2 г/кг та кращою кормовою цінністю – на 0,03–0,12 к.о./кг.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

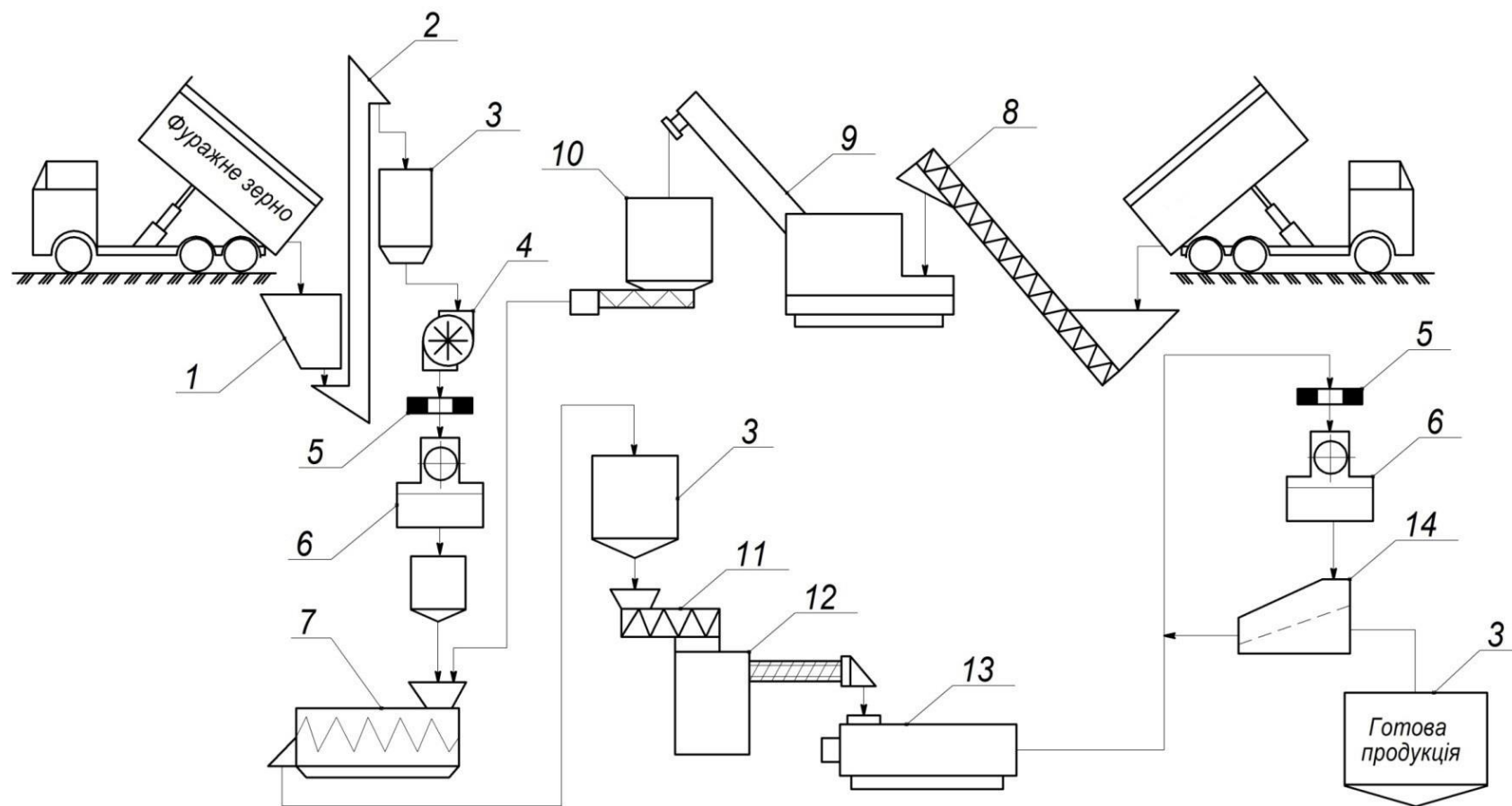
Удосконалена нами технологічна схема виробництва кормових добавок з використанням лляного шроту представлена на рисунку 4.2

Виробництво високоякісного продукту на крупнотонажному виробництві передбачає проведення попереднього очищення зернової сировини від сторонніх домішок на двокамерному пневматичному сепараторі СА-4, продуктивністю до 6 т/год, який не вимагає підключення до електромережі бо працює за рахунок потоку повітря, створюваного дробаркою. Далі зерно направляється пневмотранспортом для подрібнення на молотковій дробарці ДКР-5Д продуктивністю до 5 т/год. Необхідна крупність подрібнення задається розмірами отворів сит на дробарці.

Подрібнений продукт пневмотранспортом розвантажується в наддозаторний бункер ємністю 3 т, а далі дозується в змішувач для створення суміші необхідного складу.

Підготовлений лляний шрот подається у ваговий дозатор періодичної дії, де дозується у визначених співвідношеннях. Дозована суміш надходить у змішувач, де відбувається рівномірне змішування компонентів, потім подається в бункер для відлежування перед екструдкуванням ємністю 5т.

Суміш подрібненого зерна і вологих компонентів подається на екструдер КМЗ-2М або іншої марки, продуктивністю при переробці зерна 380 кг/год. Отриманий продукт охолоджують в горизонтальному або вертикальному охолоджувачі до температури, яка не перевищує температуру навколишнього середовища більше, ніж на 15–18 °С, при необхідності подрібнюють на молоткових дробарках і просіюють на сепараторах із застосуванням сит, що забезпечують необхідну крупність передбачену стандартом. Екструдкування і охолодження суміші проводять використовуючи режими встановлені «Правилами організації і ведення технологічного процесу виробництва комбікормової продукції» [42].



1. Бункер завальний; 2 – норія; 3 – бункер накопичувальний; 4 – дозатор; 5 – магнітна колонка; 6 – дробарка; 7 – змішувач; 8 – ланцюговий транспортер; 9 – подрібнювач; 10 – бункер-дозатор подрібнених коренеплодів; 11 – живильник екструдера; 12 – екструдер; 13 – охолоджувач; 14 – просіювач.

Рис. 4.2. Удосконалена технологічна схема виробництва екструдованих кормових добавок з використанням лляного шроту

На заключній стадії виробництва готовий продукт проходить перевірку в магнітних сепараторах на наявність металомагнітної домішки, зважується на автоматичних вагах і направляється на пакування та зберігання. Можливе також використання кормової добавки в якості сировини для виробництва комбікормів для сільськогосподарських тварин.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація умов охорони праці на робочому місці

Оптимальні величини показників мікроклімату дотримано на робочих місцях лабораторії та не виходять за межі для даної категорії робіт. Оптимальні показники мікроклімату поширюються на усю робочу зону, допустимі показники встановлюються диференційовано для постійних і непостійних робочих місць [21].

Ступінь концентрації пилу, отруйних газів, парів у повітрі даної лабораторії відповідають встановленим вимогам [16].

В лабораторії наявна припливно-витяжна вентиляція примусового типу. Це коли вентилятори встановлені на припливній частині, а витяжка проводиться природним шляхом за рахунок тиску, створеного вентилятором всередині приміщень. Забір повітря з приміщень проводиться на нижньому рівні приміщень та на верхньому. Кратність повітрообміну дорівнює 4–8. У приміщеннях, де працюють з отруйними речовинами, цей показник повинен дорівнювати 15. Система вмикається за півгодини до початку робочого дня. Розрідженість повітря – 5–10 Па [1].

Норми освітленості лабораторії відповідають вимогам БНіП 23-05-95. Роботи, що виконуються співробітниками лабораторій, відносяться до високоточних зорових операцій з найменшим об'єктом розрізнення 05-1,0 мм. Мінімальний рівень освітленості тут становить 500 лк.

Показники рівня вібрації та шуму не перевищують норми відповідно до чинних [15].

Розробка заходів з охорони праці

Основні завдання, які вирішуються заходами з охорони праці:

- усунення професійних ризиків, покращення охорони та умов праці;

- доведення забезпеченості працівників санітарно-побутовими приміщеннями до встановлених норм, оснащення їх необхідними пристроями та засобами;

- забезпечення в установленому порядку навчання, інструктажу та перевірки знань працівників з питань охорони праці;

- запровадження передового досвіду та наукових розробок з охорони праці.

Заходи та засоби по забезпеченню пожежної безпеки в лабораторії представлено додатку В, рис. В.1 [8].

Розробка подальших заходів з охорони праці та вдосконалення її системи управління наведено в додатку В, табл. В.1 [4].

Моделювання небезпечних ситуацій

При роботі в лабораторії можливе виникнення небезпечних ситуацій. Під час визначення виробництва екструдованого комбікормуза допомогою екструдера, який працює при високих температурах (НУ), і під час ввімкнення та подачі сировини (НД), можна обпекти руку (НС), в результат чого виникне травма (Т).

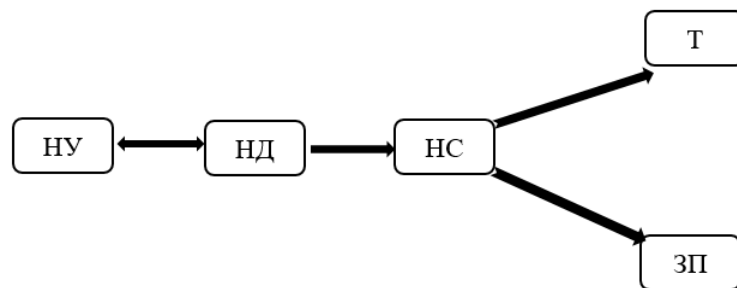


Рис. 5.1 Модель виникнення небезпечної ситуації під час роботи з екструдером

Отже, умови праці в лабораторії відповідають вимогам, проте необхідно постійно та вчасно проводити обслуговування лабораторного обладнання; контролювати та перевіряти знання правил техніки безпеки; проводити інструктажі з охорони праці.

РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Для визначення економічної ефективності виробництва екструдованих комбікормів було розраховано прогнозований прибуток від будівництва лінії на комбікормового заводу продуктивністю 40 т/добу.

Розрахунок економічної ефективності лінії комбікормового заводу представлено в додатку Г, а основні техніко-економічні показники ефективності проєкту наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Техніко-економічні показники

Показник	Комбікормовий завод
Виробнича потужність заводу, т/добу	40
Вироблено продукції за сезон в натуральних одиницях, т в реалізованих цінах, тис.грн	31110 220639
Чисельність промислово-виробничого персоналу, осіб	5
Вироблено валової продукції на 1 промислово-виробничого працівника	1037
Собівартість реалізованої продукції, тис.грн	23310
Прибуток, тис.грн	3181
Рівень рентабельності, %	18,9
Сума капіталовкладень, тис.грн	234627,1
Окупність проєкту, років	1,9

По результатам розрахунків, усі капіталовкладення окупуваються за 1,9 років, з рівнем рентабельності 18,9 %, з щорічним прибутком 3181 тис. грн. Тобто будівництво комбікормового заводу економічно доцільне та ефективне.

ВИСНОВКИ

Розроблені кормові добавки рекомендується використовувати при відгодівлі молодняка сільськогосподарських тварин і птиці, а також вводити до складу комбікормів для відгодівлі великої рогатої худоби, свиней та кур-несучок, частково замінюючи зернові культури відповідно до рецептури.

1. Доведено, що додавання лляний шрота до зерна кукурудзи позитивно впливає на процес екструдкування і волога лляний шрота заміняє додавання пари та води у процесі екструдкування.

2. Встановлено, що в процесі екструзійної обробки у суміші зерна з лляним шротом значно знижується масова частка вологи на 3,6...7,3 %.

3. Встановлено, що із збільшенням концентрації лляного шроту у екстудованій суміші покращуються фізичні властивості кормів, зокрема, збільшується об'ємна маса суміші до концентрації лляного шроту не більше 15 %. Знижується кут природного укусу на 1–3 градуси, сипкість на 20–23 % та коефіцієнт спучення екстудованої суміші в два рази.

4. Одержана математична модель відповідає реальному процесу екструдкування кормів і може бути використана для виконання практичних розрахунків при аналізі робочого процесу екструдера, а також для прогнозування показників режимів його роботи у реальних умовах експлуатації.

5. Розроблені екстудовані кормові суміші, в процесі зберігання упродовж двох місяців, не набувають токсичних властивостей, загальна кількість мікробних клітин для всіх зразків не перевищує допустимі норми.

6. По результатам розрахунків, усі капіталовкладення окуповуються за 1,9 років, з рівнем рентабельності 18,9 %, з щорічним прибутком 3181 тис. грн. Тобто будівництво комбікормового заводу економічно доцільне та ефективне.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

На комбікормових підприємствах рекомендовано виробляти комбікорм з екструдуванням зерна кукурудзи додаючи 10–15% лляного шроту, що дозволяє не використовувати воду або пару при екструдуванні кормосуміші та сприяє виробництву поживного комбікорму зі збільшеним терміном зберігання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Братішко Н., Кліменко Т. Комбікорми тваринного походження. Агробізнес сьогодні. 2011. № 1/2. С. 42–43.
2. Волкова С. Ф., Щербатова К. О. Розвиток комбікормового виробництва як основа забезпечення продовольчої безпеки України. Економіка харчової промисловості. 2015. № 2. С. 13–17
3. Єгоров Б. В. Виробництву комбікормової продукції – нову нормативну базу. Зернові продукти і комбікорми. 2010. № 2 (38). С. 35–36.
4. Єгоров Б.В., Бордун Т.В., Шарова А.І., Михайлова В.П. Розробка технології виробництва функціональних кормових добавок. Наукові праці ОНАХТ. О., 2013. Вип. 44, т. 1. С. 20 – 26.
5. Крижов І. М. Проблеми галузі виробництва комбікормів і Україні. Зернові продукти і комбікорми. 2001. № 2. С. 27–29.
6. Кулаковська Т. А., Колесник Е. В. Огляд ринку комбікормової промисловості України. Економіка харчової промисловості. 2015. № 2. С. 25–30.
7. Кіщак І. Т. Розвиток і підвищення ефективності кормовиробництва в Україні: автореф. дис... д-ра екон. наук: 08.00.03 / Кіщак Іван Теодорович; Миколаївський державний аграрний університет. Миколаїв. 2008. 36 с.
8. Клименко Т.Є. Низькопротеїнові комбікорми в годівлі племінних курей. Птахівництво: між-від. темат. наук. зб. / ІП УААН. Х., 2006. Вип. 58. С. 269–271.
9. Левицький Т. Р. Вимоги нового законодавства України в сфері кормовиробництва і обігу комбікормів. Корми і факти: Практичне видання для фахівців агробізнесу. 2018. № 3. С. 8–11.
10. Павловська, Л. Д., Дідківський М. П., Грабчук І. Ф. Інноваційна складова зростання ефективності кормовиробництва. Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету. 2013. № 4. С. 182–188.
11. Новік Є.С., Хабарова Т.А., Супрун О.Ю. та інш. Дослідження процесу

екструдювання бобів сої і зернових сумішей при виробництві комбікормів. Тези 69-тої наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів “Розроблення, дослідження і створення продуктів функціонального харчування, обладнання та нових технологій для харчової і переробної промисловості” (22–24 квітня 2003 р.). К.: НУХТ, 2003. С. 67.

12. Подобєд Л. Як можна здешевити комбікормове виробництво. Пропозиція. 2010. № 11. С. 120–123.

13. Ракоїд Н. В. Особливості розвитку підприємств комбікормової галузі в сучасних умовах господарювання. Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2006. № 19. Ч. 3. С. 70–73.

14. Рижков О. Комбікормова прем'єра. Пропозиція. 2003. № 5. С. 26–27.

15. Роженко В., Календрузь І. Новий погляд готування кормів для тварин. Agroexpert: практичний посібник аграрія. 2011. № 2. С. 112–114.

16. Супрун-Крестова, О. Ю. Технологія кормових добавок з використанням нетрадиційної сировини: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.18.02 "Технологія зернових, бобових, круп'яних продуктів та комбікормів" / Супрун-Крестова Олена Юріївна; НУХТ. К., 2005. 20 с.

17. Тракало Т. О., Янюк Т. І., Ганзенко В. В. Виробництво кормових сумішей з використанням нетрадиційної сировини. Виклики сьогодення та новації у харчових технологіях і готельно-ресторанному бізнесі: науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених з міжнародною участю, 27 травня 2021 р. – Київ : Київський кооперативний інститут бізнесу і права, 2021. С. 25–29.

18. Тракало, Т.О, Шаповаленко О.І., Янюк Т.І Вплив лляного екстракту на хімічний склад гранульованих кормових сумішей. Наукові праці Національного університету харчових технологій. Т.20, №5. Національний університет харчових технологій. К.: НУХТ, 2014. 248 с.

19. Федак, Н. М., Вовк Я. С., Чумаченко С. П. Роль комбікормів і преміксів у годівлі сільськогосподарських тварин. Передгірне та гірське землеробство і

тваринництво. 2010. Вип. 52 (2). С. 173–178.

20. Шаповаленко О. І., Янюк Т. І., Козюля І. В. Насіння льону як компонент для виробництва комбікормів. Наукові праці ОНАХТ. Одеса, 2011. Вип. 40, Том 1.

21. Шаповаленко О.І., Супрун-Крестова О.Ю. Екструзійна обробка нативної сої. Зерно і хліб. 2004. №1. С. 22.

22. Шаповаленко О.І., Супрун О.Ю. Перспективи використання нетрадиційних видів рослинної сировини в кормах. Зб. наук. пр. “Сучасні інформаційні та енергозберігаючі технології життєзабезпечення людини”. К., 2002. Випуск №12. С. 77–79.

23. Шаповаленко О.І., Супрун-Крестова О.Ю. Перспективне використання екструдованої сої. Зб. наук. пр. “Сучасні інформаційні та енергозберігаючі технології життєзабезпечення людини”. К., 2003. Випуск №13. С. 125 – 127.

24. Шаповаленко О.І., Корж Т.В., Супрун-Крестова О.Ю. та інш. Оптимізація створення екструдованих зернових сумішей для відгодівлі молодняку тварин. Програма і матеріали 70-тої наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів “Розроблення, дослідження і створення продуктів функціонального харчування, обладнання та нових технологій для харчової і переробної промисловості” (20–21 квітня 2004 р.). К.: НУХТ, 2004. С. 63.

25. Шаповаленко О.І., Супрун О.Ю. Нові альтернативи антибактеріальних активаторів росту. Тези конференції міжнародної наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів (23–25 квітня 2002 р.). К.: НУХТ. 2002. С. 58.

26. Ярославський О. М. Стан і перспективи розвитку комбікормової промисловості в Україні. Економіка АПК. 2003. № 9. С. 51–54.

27. Alessio B., Parma L., Mandrioli L., Sirri R. Increasing dietary plant proteins affects growth performance and ammonia excretion but not digestibility and gut histology in turbot (*Psetta maxima*) juveniles. Aquaculture. 2011. 318(1-2). P. 101-108.

28. Abdallah M. F., Girgin G., Baydar T. Occurrence, prevention and limitation of mycotoxins in feeds. Animal Nutrition and Feed Technology. 2015. 15(3). P. 471–

490. DOI: <https://doi.org/10.5958/0974-181x.2015.00048.7>

29. Archit Sh., Munish K., Gyandeep G. A review on replacing fish meal in aqua feeds using plant and animal protein sources. *International Journal of Chemical Studies*. 2019;7(3):4732-4739.

30. Ayisi C. L., Zhao J. L. Recent developments in the use of palm oil in aquaculture feeds: a review. *International Journal of Scientific & Technology Research*. 2014;3(6):259-264.

31. Alam M.S. J., Kaur H., Khaira K. Gupta, Extrusion and extruded products :change in quality attributes as affected by extrusion process parameters, *Journal of Critical Reviews in Science and Nutrition*, 56, 445–473. 2016.

32. Yegorov B., Malaki I. Effect of heat treatment on quality of feed additive using tomato pomace. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2014. Vol. 4.– № 10 (70). P. 48–53.

33. Yegorov B., Malaki I. Technological bases of processing tomato pomace in feed additives. *Ukrainian Food Journal*. 2014. Vol. 3. Issue 2. P. 228-235

34. Aghajanzadeh A., Maheri N., Mirzai A., Baradaran A. Comparison of nutritive value of tomato pomace and brewers grain for ruminants using in vitro gas production technique. *A J Anim and Vet Advance*. 2010. Vol. 5(1). P. 43–51.

35. Ojeda A., Orrealba N. Chemical characterization and digestibility of tomato processing residues in sheep. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 2001. Vol. 35. P. 309–312.

36. Delvalle M., Camara M., Torija M. E. Chemical characterization of tomato pomace. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2006. Vol. 86. P. 1232–1236.

37. Mlodowski M., Kuchta M. Using carotenoid pigments from tomato pulp to improve egg yolk colour in laying hens. *Roczniki Naukowe Zootechniki*. 1998. Vol. 25. P. 133–144.

38. Mansoori B., Modirsanei M., Kiaei M. M. Influence of dried tomato pomace as an alternative to wheat bran in maize or wheat based diets, on the performance of laying

hens and traits of produced eggs. Iranian Journal of Veterinary Research. 2008. Vol. 9. №4 (25). P. 341–346.

39. Kokić B., Lević J., Chrenková M. Influence of thermal treatments on starch gelatinization and in vitro organic matter digestibility of corn. Food & Feed Research. 2013. Vol. 40, № 2. C. 93–99.

40. Tica N. Lj., Okanović Đ.G, Zekić V.N. The effect of extruded corn on the economic results of broilers production. Food & Feed Research. 2009. Vol. 36. № 3–4. P. 59–64.

41. Brem G. Development and future of the use of animals for human nutrition // Zuchtungskunde. 2019. V. 91(1). P. 9–19.

42. Bursać Kovačević D., Brdar D., Fabečić P. et al. Strategies to achieve a healthy and balanced diet: fruits and vegetables as a natural source of bioactive compounds. Agri-Food Industry Strategies for Healthy Diets and Sustainability. 2020. P. 51–88.

43. Christopher R. B., Ahilan B., Cheryl A., Samuel M. Sunflower meal as an alternative protein source to re-place soybean meal in the diet of GIFT strain of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Indian Journal of Fisheries. 2020. № 67(3). P. 82–88. DOI: <https://doi.org/10.21077/ijf.2020.67.3.91750-09>

44. Dawood M. A., Koshio S. Application of fermentation strategy in aquafeed for sustainable aquaculture. Reviews in Aquaculture. 2020. № 12(2). P. 987–1002. DOI: <http://doi.org/10.1111/raq.12368>

45. Daniel N. A review on replacing fish meal in aqua feeds using plant protein sources. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 2018. № 6(2). P. 164–179.

46. Drew M. D., Borgeson T. L., Thiessen D. L. A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. Animal Feed Science and Technology. 2007. № 138(2). P. 118–136.

47. Emre N., Güroy D., Yalım F. B. et al. Growth performance, body composition, haematological and serum parameters to fish meal replacement by soybean meal and

cottonseed meal Sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*). LIMNOFISH - Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research. 2018. № 4(3). P. 169–176.

48. Glencross B. D., Baily J., Berntssen M. H. et al. Risk assessment of the use of alternative animal and plant raw material resources in aquaculture feeds. Reviews in Aquaculture. 2020. № 12(2). P. 703–758.

49. Geoffrey M., Yushing F., Leyyva D. et al. Health benefits of pumpkin and nutrition profile of pumpkin accessions UF IFAS Extension. 2017. №19. P. 38–49.

50. Gawel E., Grzelak M. The effect of a protein-xanthophyll concentrate from alfalfa (phytobiotic) on animal production – A current review. Annals of Animal Science. 2012. № 12. P. 281–289. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10220-012-0023-5>

51. Gyan W., Li X., He S. et al. A review on the use of dried distiller's grains with solubles (DDGS) in aquaculture feeds. Annals of Animal Science. 2022. № 22(1). P. 21–42. DOI: <https://doi.org/10.2478/aoas-2021-0041>

52. Halbos D. M., Mohammed M. J., Alhamadani A. S. The effect of adding dried alfalfa powder to the diet on some growth parameters of common carp (*Cyprinus carpio* L.). Annals of the Romanian Society for Cell Biology. 2021. № 25(2). P. 352–358.

53. Hazreen-Nita M. K., Kari Z. A., Mat K. et al. Olive oil by-products in aquafeeds: Opportunities and challenges. Aquaculture Reports. 2022. № 22. P. 100–108.

54. Hua K., Cobcroft J. M., Cole A. et al. The future of aquatic protein: implications for protein sources in aquaculture diets. One Earth. 2019. № 1(3). P. 316–329.

55. Konar N., Gunes, R., Palabiyik, I. Health conscious consumers and sugar confectionery: Present aspects and projections. Trends in Food Science & Technology. 2022. 123. P. 57–68.

56. Kaya C., Güldane M., Topuz S. Determination of Some Properties of Turkish Delight Produced by the Addition of Pomegranate Juice. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology. 2018. № 6 (12). P. 18–25.

57. Kiharason J.W., Isutsa D. K., Ngoda P.N. Nutritive value of bakery products from wheat and pumpkin composite flour. Global Journal of Bio Science and

Biotechnology. 2017. № 6. P. 96–102.

58. Li M. H., Robinson E. H., Oberle D. F. Effects of various dietary carotenoid pigments on fillet appearance and pigment absorption in channel catfish, *Ictalurus punctatus*. Journal of the World Aquaculture Society. 2007. № 38(4). P. 557–563.

59. Norfezah M.D., Carr A., Allan H. The development of expanded food product made from pumpkin flour – corn grits: effect on extrusion conditions and formulations on physical characteristics and microstructure. Open Access food journal, 2013. P. 161–165.

60. y R. (eds) Sustainable Aquaculture. Proceedings of VSUET. 2021. № 83. P. 240–247.

61. Tica N. Lj., Okanović Đ.G. The effect of extruded corn on the economic results of broilers production. Food & Feed Research. 2009. Vol. 36. № 3– 4. P. 59–64.

62. Usha R., Lakshmi M., Ranjani M., Nutritional, sensory and physical analysis of pumpkin flour incorporated into weaning mix, Malaysian Journal of Nutrition. 2010. P. 380–386.

63. Ye G. et all. Low-gossypol cottonseed protein concentrate used as a replacement of fish meal for juvenile hybrid grouper: Effects on growth performance, immune responses and intestinal microbiota. Aquaculture. 2020. № 524. P. 73–89.

64. Yang W.Z. et all. Dose response to eugenol supplementation in growing beef cattle: Ruminal fermentation and intestinal digestion. Animal Feed Science and Technology. 2010. V. 158. № 1–2. P. 57–64.

65. Yegorov B., Malaki I. Effect of heat treatment on quality of feed additive using tomato pomace. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2014. Vol. 4. № 10 (70). P. 48–53.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1

**Зміна мікробіологічних показників кормових сумішей в процесі
зберігання**

Найменування зразка	Термін зберігання, діб	МАФАМ, КУО/г	БГКП, КУО/г	Сальмонели, КУО/г	Токсиноутворюючі анаероби	Вологість, %
за температури +20°C, вологість повітря 70 %						
Норма		$5 \cdot 10^5$	не доп.	не доп.	не доп.	до 15
100	0	$2 \cdot 10^3$	н/в	н/в	н/в	10,2
	30	$8 \cdot 10^3$	н/в	н/в	н/в	12,7
	60	$1,8 \cdot 10^4$	н/в	н/в	н/в	13,2
95,0+5,0	0	$4 \cdot 10^3$	Те ж	Те ж	Те ж	11,0
	30	$2 \cdot 10^4$	»	»	»	12,9
	60	$4,6 \cdot 10^4$	»	»	»	13,3
90,0+10,0	0	$4 \cdot 10^3$	»	»	»	11,4
	30	$2,6 \cdot 10^4$	»	»	»	12,8
	60	$4,8 \cdot 10^4$	»	»	»	13,2
85,0+15,0	0	$6 \cdot 10^3$	»		»	11,5
	30	$1,8 \cdot 10^4$	»		»	12,7
	60	$4,4 \cdot 10^4$	»		»	13,4
за температури 0°C, вологість повітря 60 %						
100	0	$2 \cdot 10^3$	н/в	н/в	н/в	10,2
	30	$4 \cdot 10^3$	н/в	н/в	н/в	12,4
	60	$8 \cdot 10^3$	н/в	н/в	н/в	12,8
95,0+5,0	0	$4 \cdot 10^3$	Те ж	Те ж	Те ж	11,0
	30	$6 \cdot 10^3$	»	»	»	12,5
	60	$1,2 \cdot 10^4$	»	»	»	13,0
90,0+10,0	0	$4 \cdot 10^3$	»	»	»	11,4
	30	$6 \cdot 10^3$	»	»	»	12,2
	60	$8 \cdot 10^3$	»	»	»	12,9
85,0+15,0	0	$6 \cdot 10^3$	»	»	»	11,5
	30	$8 \cdot 10^3$	»	»	»	12,3
	60	$1,4 \cdot 10^4$	»	»	»	13,1

Додаток Б

Таблиця Б1

**Рецепти комбікормів-концентратів для для сільськогосподарської птиці
для курчат-бройлерів у віці 4-5 тижні з введенням в якості добавки
екструдованих сумішей зерна кукурудзи з лляним шротом**

Компонент	Масова частка в рецепті, %							
	ПК 6-4	Розроблений 1	ПК 2-6	Розроблений 2	ПК 2-2	Розроблений 3	ПК 6-1	Розроблений 4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кукурудза	0,0	0,0	25,0	0,0	15,0	0,0	10,0	0,0
Овес	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Горох	0,0	0,0	25,0	25,0	0,0	0,0	5,0	5,0
Висівки пшеничні	0,0	0,0	10,0	10,0	20,0	20,0	25,0	25,0
Соняшниковий шрот	5,0	5,0	0,0	0,0	6,0	6,0	7,0	7,0
Дріжджі кормові	3,0	3,0	7,0	7,0	5,0	5,0	3,0	3,0
М'ясокісткове борошно	0,0	0,0	1,5	1,5	5,0	5,0	10,0	10,0
Рибне борошно	3,0	3,0	1,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Трав'яне борошно	0,0	0,0	5,0	5,0	2,0	2,0	3,0	3,0
Крейда кормова	0,8	0,8	0,0	0,0	1,5	1,5	1,5	1,5
Монокальцій фосфат	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сіль	0,2	0,2	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5
Кукурудза+лляний шрот (90:10)	88,0	22,0	88,0	22,0	88,0	22,0	88,0	22,0
Всього	100	100	100	100	100	100	100	100
В 1 кг комбікорму-концентрату міститься, г:								
Сирий протеїн	151	148	177	180	173	171	204	200
Перетравний протеїн	124	133	142	156	139	147	159	172
Сира клітковина	47	46	50	48	64	62	70	69
Лізин	6,7	6,2	9,7	9,6	8,8	6,3	10,2	10,5
Метіонін+цистин	5,0	5,0	5,0	5,3	9,8	3,9	10,0	10,1
Триптофан	2,0	2,0	1,9	2,1	3,2	0,6	3,4	3,4
Кальцій	6,1	6,1	7,7	7,6	20,6	10,8	33,9	33,2
Фосфор	4,8	5,0	6,7	6,5	12,5	4,9	19,7	19,1
Обмінна енергія, МДж/кг	12,1	13,4	12,7	13,3	11,9	12,7	12,1	12,7
Кормових одиниць в 1кг	1,08	1,17	1,13	1,16	1,05	1,14	1,00	1,13

Примітка. Премікс в рецепти комбікормів-концентратів вводиться окремо.

Додаток В

Таблиця В.1

Показники мікроклімату	Норма	Сезони року			
		Зима	Весна	Літо	Осінь
0–3 міс.					
Температура, °C	18 (16...20)	14,7±0,4	17,6±8,4	22,6±1,1	14,7±0,4
Відносна вологість,%	70 (50...80)	85,8±1,3	72,1±2,0	71,5±4,5	85,8±1,3
Швидкість руху повітря, м/с	0,3... 0,5	0,2±0,0	0,1±0,0	0,4±0,0	0,2±0,0
Вміст аміаку, мг/м³	10,0	12,5±0,6	16,1±0,5	11,9±1,0	12,5±0,6
Вміст сірководню, мг/м³	5,0	1,9±0,4	3,7±0,6	1,1±0,3	1,9±0,4
4–12 міс.					
Температура, °C	12 (12...18)	7,7±0,6	14,4±0,8	22,0±0,8	14,1±0,5
Відносна вологість,%	75 (50...85)	73,3±3,2	73,8±2,5	70,7±3,0	86,6±1,6
Швидкість руху повітря, м/с	1,0... 1,2	0,3±0,0	0,5±0,0	0,4±0,0	0,4±0,0
Вміст аміаку, мг/м³	20,0	20,8±0,5	14,3±0,5	15,8±0,4	13,4±0,5
Вміст сірководню, мг/м³	10,0	2,4±0,3	1,9±0,2	2,5±0,2	1,5±0,2
13 міс. і старші					
Температура, °C	12 (8...16)	7,1±0,5	14,8±0,8	–	15,9±0,8
Відносна вологість,%	70 (50...85)	76,0±4,2	80,0±1,7	–	87,6±1,0
Швидкість руху повітря, м/с	0,8...1,0	0,3±0,0	0,5±0,0	–	0,4±0,0
Вміст аміаку, мг/м³	20,0	11,0±0,8	3,5±0,7	–	8,8±1,1
Вміст сірководню, мг/м³	10,0	2,4±0,3	1,4±0,2	–	1,8±0,2
В середньому					
Температура, °C	8,0...18,0	8,0±0,4	15,1±0,4	22,3±0,7	14,9±0,3
Відносна вологість,%	70,0...75,0	73,8±1,9	74,9±1,6	71,1±2,6	86,7±0,8
Швидкість руху повітря, м/с	0,1...0,5	0,2±0,0	0,4±0,0	0,4±0,0	0,3±0,0
Вміст аміаку, мг/м³	10,0... 15,0	16,0±0,8	10,1±0,9	13,9±0,7	11,6±0,6
Вміст сірководню, мг/м³	5,0...10,0	2,9±0,2	1,9±0,2	1,8±0,2	1,7±0,1



Рис. В1 Класифікація видів і систем виробничого освітлення

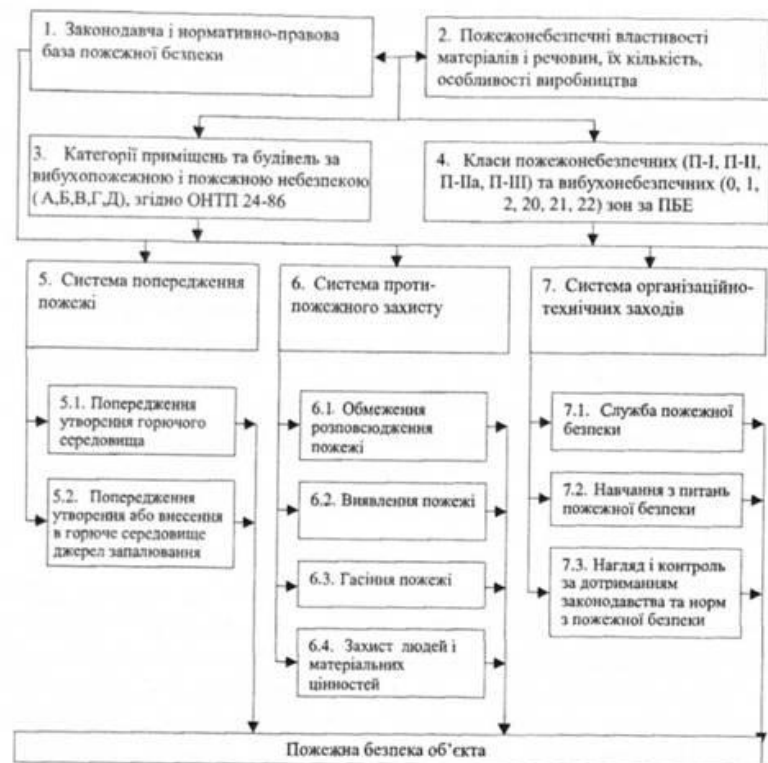


Рис. В 2 Схема комплексу заходів і засобів щодо забезпечення пожежної безпеки в лабораторії