

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

07.04 – КМР. 1391 “С” 2023.30.08. 001 ПЗ

КОНОВАЛ ОЛЕКСАНДРА ОЛЕКСАНДРІВНА

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ТВАРИННИЦТВА ТА ВОДНИХ БІОРЕСУРСІВ

УДК 636.087.7:678:046.6

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету

тваринництва та водних біоресурсів

Кононенко Р. В.

«^(підпис)

»^(ПІБ)

2023 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

годівлі тварин та технології кормів

ім. П. Д. Пшеничного

Сичов М. Ю.

«^(підпис)

»^(ПІБ)

2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Ефективність використання чорної солдатської мухи (BSF), як

альтернативного протеїну в кормах для тварин»

Спеціальність 204 – Технологія виробництва і переробки продукції

тваринництва

Освітня програма Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва

Орієнтація освітньої програми

^(назва)

освітньо-професійна

^(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор сільськогосподарських наук, професор

^(науковий ступінь та вчене звання)

^(підпис)

Лихач А. В.

^(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

доктор сільськогосподарських наук, професор

^(науковий ступінь та вчене звання)

^(підпис)

Сичов М. Ю.

^(ПІБ)

Виконав

^(підпис)

Коновал О. О.

^(ПІБ студента)

КИЇВ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

Факультет (ННІ) Тваринництва та водних біоресурсів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

Кафедри годувлі тварин та
технології кормів ім. П. Д.
Гіпенічного
доктор сільськогосподарських наук,
професор

(науковий ступінь, вчене звання)

Сичов М. Ю.

(підпис)

(ПБ)

“ ” 20 року

НУБІП України

НУБІП України

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ

Коновал Олександрі Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність

204 – Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва

(код і назва)

Освітня програма

Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва

(назва)

Орієнтація освітньої програми

освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Ефективність використання чорної
солдатської мухи (BSF), як альтернативного протеїну в кормах для тварин
затверджена наказом ректора НУБІП України від “30” серпня 2022 р.

№ 1391 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

Виробництво протеїну з личинок чорної солдатської мухи для годувлі тварин

Перелік питань, що підлягають дослідженню.

Оцінити вплив чорної солдатської мухи на ефективність росту та інші
параметри під час годувлі бройлерів, несучок та свиней.

3.2 Розробити принциповий план виробництва протеїну з личинок чорної
солдатської мухи на території України.

3.3 Оцінити собівартість даного продукту на ринку України.

Дата видачі завдання “22” листопада 2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Сичов М. Ю.

(прізвище та ініціали)

Коновал О.О.

(прізвище та ініціали студента)

НУБІП України

РЕФЕРАТ

НУБІП України

Магістерська кваліфікаційна робота містить: 70 сторінок, 12 таблиць, 4 рисунків, 63 посилань на літературні джерела.

Об'єкт дослідження: чорна солдатська муха.

НУБІП України

Мета роботи: розробка технологічної моделі виробництва протеїну з личинок чорної солдатської мухи.

НУБІП України

Методика досліджень: аналіз літературних джерел. Для теоретичної бази дослідження був проведений аналіз наукової літератури, публікацій, статей, досліджень, дисертацій пов'язаних з використанням протеїну з личинок чорної солдатської мухи у годівлі бройлерів, курей-несучок та свиней. Розробка принципового плану виробництва була виконана за допомогою системи AutoCad.

Предмет дослідження: технологічна модель виробництва протеїну з личинок чорної солдатської мухи.

НУБІП України

Для досягнення поставленої мети необхідно:

ослідити чорну солдатську муху та її біологічні особливості.

роаналізувати існуючу літературу щодо використання протеїну у годівлі різних видів тварин та оцінити вплив на ефективність росту, перетравлюваність та інші параметри.

НУБІП України

провести аналіз існуючих компаній та виробництв даного продукту.

роаналізувати економічну складову виробництва.

ласти бізнес-план за допомогою обраних технологій.

НУБІП України

Ключові слова: чорна солдатська муха, протеїн, годівля моногастричних.

НУБІП України

ABSTRACT

НУБІП України
Master's thesis contains: 70 pages, 12 tables, 4 figures, 63 references to literary sources.

An object of research: black soldier fly.

НУБІП України
Objective: to develop a technological model of protein production from black soldier fly larvae.

НУБІП України
Research methodology: analysis of literary sources: for the theoretical basis of the study, an analysis of scientific literature, publications, articles, studies, and dissertations related to the use of protein from black soldier fly larvae in feeding broilers, laying hens and pigs was conducted. The development of the production plan was carried out using the AutoCAD system.

Subject: technological model of protein production from black soldier fly larvae.

НУБІП України
To achieve this goal, it is necessary:

1. To study the black soldier fly and its biological characteristics.
2. Analyze the existing literature on the use of protein in feeding different species of animals and evaluate the impact on growth efficiency, digestibility, and other parameters.
3. To analyze existing companies and the production of this product.
4. Analyze the economic component of production.
5. To make a business plan using the selected technologies.

НУБІП України

НУБІП України
Keywords: black soldier fly, protein, feeding of monogastrics.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	11
1.1 Біологічні особливості чорної солдатської мухи.....	11
1.2 Вплив додавання борошна з личинок чорної солдатської мухи на годівлю свиней.....	16
1.2.1 Перегравність продуктів з комах у раціонах для свиней.....	17
1.2.2 Вплив комашиного борошна на показники росту у свиней.....	20
1.3 Вплив комашиного борошна на годівлю птиці.....	22
1.3.1 Показники росту птиці за додавання борошна чорної солдатської мухи у раціон.....	23
1.3.2 Вихід тушки бройлерів після включення комашиного борошна у раціон.....	26
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	30
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	32
3.1 Місце розташування, локація, площа та кліматична зона розміщення виробництва.....	32
3.2 План заводу та його складові.....	34
3.2.1 Зона вирощування мух та відкладання яєць.....	34
3.2.2 Зона вирощування личинок.....	35
3.2.3 Зона переробки личинок у протеїн.....	37
3.2.3.1 Підготовка та нагрівання сировини.....	38
3.2.3.2 Розділення фракцій після нагрівання.....	38
3.2.3.3 Очищення ліпідів комах.....	39
3.2.3.4 Вилучення білка зі стічної води.....	40
3.2.3.5 Остаточне сушіння борошна з комах.....	41
3.2.4 R&D лабораторія та контроль якості.....	41
3.3 Субстрат та склад личинок чорної солдатської мухи.....	44
3.4 Орієнтовні раціони для моногастричних тварин з використанням протеїну та олії з личинок чорної солдатської мухи.....	47
3.4.1 Орієнтовні раціони для бройлерів з додаванням комашиного протеїну....	47
3.4.2 Орієнтовний склад раціону для свиней з додаванням комашиного борошна.....	49
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ПРОДУКЦІЇ.....	53
4.1 Витрати на електроенергію.....	53
4.2 Оплата праці.....	53
4.3 Витрати на закупівлю личинок.....	54
4.4 Витрати на сировину.....	54
4.5 Витрати на амортизацію.....	55
4.6 Логістика.....	55
4.7 Собівартість.....	55
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	57

НУБІТ ПІЯННІ
УКРАЇНИ

НУБІТ ПІЯННІ
УКРАЇНИ

НУБІТ ПІЯННІ
УКРАЇНИ

НУБІТ ПІЯННІ
УКРАЇНИ

НУБІТ ПІЯННІ
УКРАЇНИ

НУБІТ ПІЯННІ
УКРАЇНИ

НУБІТ ПІЯННІ
УКРАЇНИ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ

BSF – чорна солдатська муха

FCR – коефіцієнт конверсії корму

FI – споживання корму

BWG – приріст живої маси

СПІ – сирий протеїн

Lys – лізин

Met – метіонін

Val – валін

Arg – аргінін

BSFLM – шрот з личинок чорної солдатської мухи

BSFDM – знежирений шрот з личинок чорної солдатської мухи

BSFPM – шрот з перед лялечок чорної солдатської мухи

ATTD – видима загальна перетравлюваність травного тракту

AID – видима перетравлюваність у клубовій кишці

SID – стандартизована кишкова засвоєваність

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Нагодувати світ завтрашнього дня. Існує думка, що до 2050 року населення планети становитиме 9 мільярдів людей. Щоб задовольнити цю потребу, нинішнє виробництво продуктів харчування має бути збільшене

практично втричі. Земля обмежена, і збільшення площ, що використовуються для сільського господарства, рідко є практичним або стійким рішенням. Океани переловлені, а дефіцит води, спричинений зміною клімату, може мати значний вплив на виробництво продовольства [61]. Очікується, що в період з 2013 по

2050 рік сільськогосподарське виробництво зросте на 49%, а виробництво м'яса, яєць і молочних продуктів збільшиться на 76%, 64% і 62% відповідно з 2005/2007 по 2050 рік [23; 40]. Очікуване зростання виробництва м'яса та

молока значно збільшить попит на корми для тварин, багаті на білок, оскільки для створення однієї одиниці високоякісного тваринного білка потрібно близько шести одиниць рослинного білка [42].

Щоб задовольнити зростаючий попит на органічні продукти, органічне тваринництво розширюється. За останні два десятиліття птахівництво в ЄС

зазнало значного зростання, причому сектор органічного птахівництва випереджає загальну галузь тваринництва. Галузь органічного тваринництва розширюється, щоб задовольнити зростаючий попит на органічні продукти, тоді як сектор органічного птахівництва переживає значне зростання. Однак

проблеми, пов'язані з виробництвом органічних кормів для тварин, обмежують розмір органічного свинарства. Було вжито заходів для вирішення проблеми нестачі протеїну, що дозволило використовувати невелику кількість

неорганічного протеїну в органічному сільському господарстві. Соєвий шрот, отриманий з органічної сої, залишається основним джерелом білка завдяки своєму сприятливому амінокислотному профілю [47; 60].

Завдяки високому виробництву білка та збалансованому вмісту амінокислот зелені рослини помірного клімату, такі як трави та кормові бобові, мають потенціал для заміни сої як місцевого джерела білка для тваринницької

галузі, яка постійно розширюється. Значна кількість клітковини в деяких зелених рослинах створює труднощі для молодих моногастричних тварин, таких як поросята на відгодівлі та бройлери, що робить нереальним для цих тварин використання зелених рослин безпосередньо як джерела білка [43]. Крім того, високий вміст води в рослинах ускладнює обробку і підвищує транспортні витрати, що знижує конкурентоспроможність білка. Кількісні дослідження білків зелених рослин показали, що можна виробляти багаті на білок концентрати, які містять від 40% до 60% вихідного рослинного білка [11].

Для вирішення екологічних, економічних та продовольчих проблем, пов'язаних з майбутніми потребами в кормах, необхідний більш сталий підхід до виробництва продуктів харчування та кормів. У цьому контексті вирощування комах на органічних відходах пропонує метод біоремедіації, одночасно виробляючи органічне добриво та багатий на поживні речовини корм у вигляді біомаси комах [54]. Доведено, що вирощування комах на різних органічних відходах, таких як харчові відходи, відходи життєдіяльності людини та гній тварин) може зменшити кількість органічних відходів на 25-72% (у перерахунку на суху речовину) та поживних речовин, таких як азот і фосфор, на 22-57% і 35-70% відповідно [28; 21]. Вирощування комах на органічних відходах значно зменшує кількість патогенних мікроорганізмів [27] та неприємних запахів [32], оскільки багато комах з рядів *Lepidoptera*, *Diptera*, *Hymenoptera*, *Coleoptera*, *Trichoptera*, *Hemiptera* та *Odonata* мають протигрибкову дію та/або антимікробні пептиди [48].

Мета: Таким чином, дане дослідження спрямоване на дослідження мух родини *Hermetia Illucens*, їх харчової цінності та поживності, у раціонах свиней та птиці. Розробити детальний план виробництва в Україні, яке спеціалізується на виробництві комашиного борошна та олії, зробивши акцент на якість, інновації та сталу виробничу ефективність.

Для досягнення мети були виконані наступні завдання:

1. Вивчити біологічні особливості чорної солдатської мухи.

2. Освоїти матеріал щодо впливу протеїну комах на такі показники як показники росту, перетравлюваність, вихід туші у годівлі бройлерів, несучок та свиней.

3. Проаналізувати існуючі системи виготовлення протеїну з личинок чорної солдатської мухи.

4. Розробити проєкт виробництва протеїну з личинок чорної солдатської мухи.

Об'єкт дослідження – чорна солдатська муха

Предмет дослідження – вплив протеїну комах у годівлі моногастричних,

розробка проєкту виготовлення протеїну комах на території України.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

НУБІП України

1.1 Біологічні особливості чорної солдатської мухи

Чорна солдатська муха, наукова назва *Hermetia illucens* Linnaeus 1758, належить до родини *Stratiomyidae* з ряду двокрилих (*Diptera*). Початково ця муха походить з тропічних, субтропічних і теплих помірних регіонів Америки, але її глобальному поширенню сприяв прогрес у міжнародних перевезеннях з 1940-х років [40]. Сьогодні вона широко поширена в тропічних і теплих помірних регіонах, приблизно від 45° пн. ш. до 40° пд. ш. [13].

Імаго чорної солдатської мухи легко впізнати завдяки її чорному забарвленню і різкій схожості з осою. Її довжина зазвичай коливається від 15 до 20 мм. На відміну від них, личинки цього виду демонструють вражаючий ріст, досягаючи довжини до 27 мм і ширини до 6 мм на кінцевій стадії личинки.

У цей момент вони важать до 220 мг. Личинки мають менш помітний зовнішній вигляд, що характеризується тьмяним, білуватим забарвленням [12].

Однією з найбільш примітних характеристик личинок чорної солдатської мухи є їхній ненажерливий апетит. Відомо, що вони споживають значну кількість свіжої органічної речовини, причому швидкість споживання варіює від 25 до 500 мг на личинку на добу. Їхній раціон включає різноманітні органічні матеріали, що розкладаються, такі як гнилі фрукти та овочі, м'якоть кавових зерен, зерно винокурні, рибні субпродукти і, що інтригує, тваринний гній та людські екскременти [13; 61]. За сприятливих умов личинки дозрівають протягом відносно короткого періоду – двох місяців. Однак, в умовах обмеженої доступності їжі личинкова стадія може тривати до чотирьох місяців.

Коли личинкова стадія чорної солдатської мухи (BSF) наближається до завершення, личинки, які тепер називаються перед лялечками, зазнають значних змін. Вони припиняють харчуватися і рухатися, спорожнюючи свій травний тракт, готуючись до наступної стадії життєвого циклу). У цей момент лялечки починають мігрувати, шукаючи сухе і захищене місце, придатне для

НУБІП України

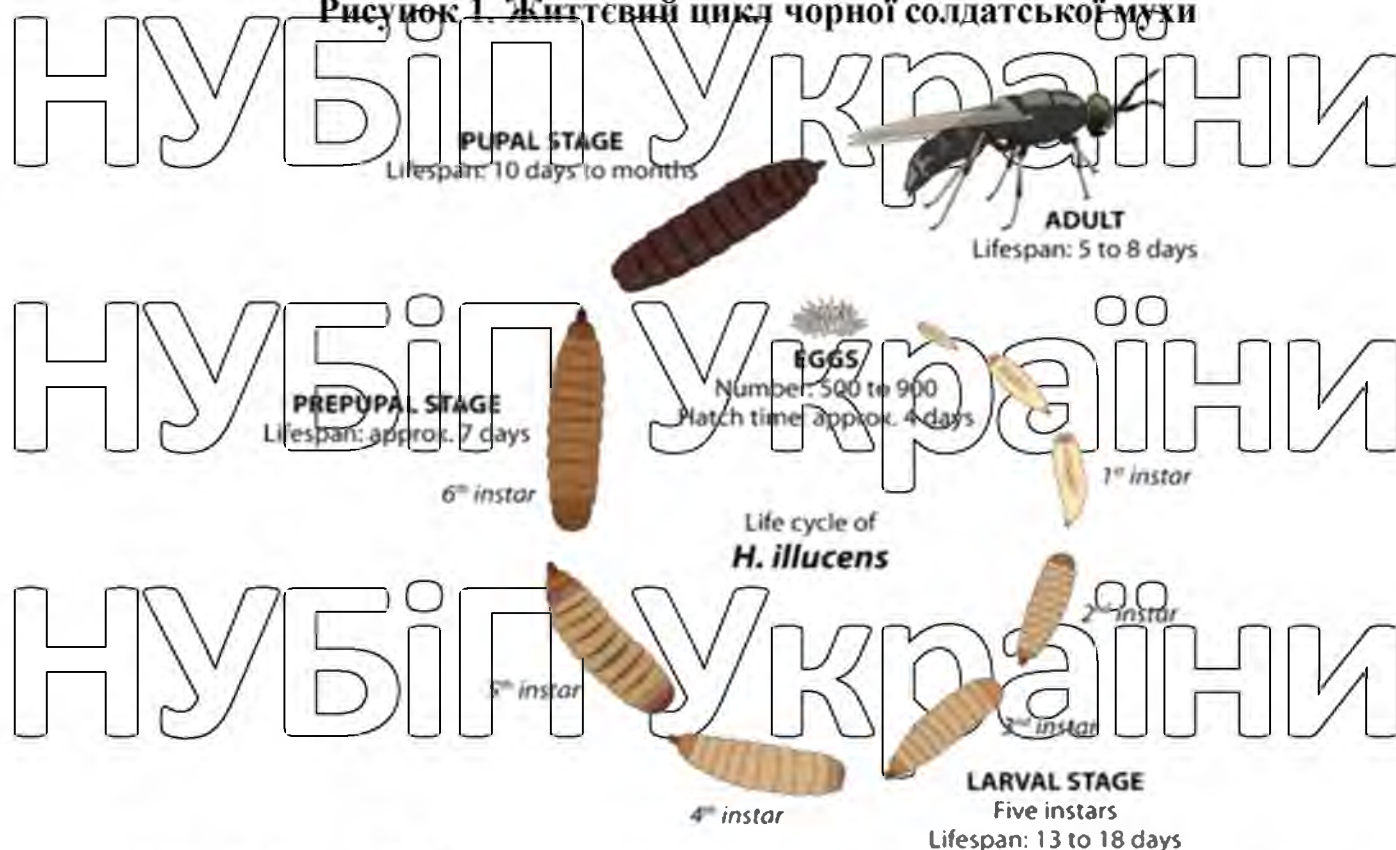
заляльковування [13]. Стадія лялечки зазвичай триває близько 14 днів, проте можуть спостерігатися значні коливання цієї тривалості, іноді вона збільшується до п'яти місяців.

Після появи імаго самки чорної солдатської мухи спаровуються протягом двох днів і відкладають яйця в сухі тріщини та щілини поблизу відповідного джерела їжі [13]. Цікаво, що дорослі чорні солдатські мухи більше не потребують споживання їжі і покладаються на енергетичні запаси, накопичені на стадії личинки [12].

Тривалість життя дорослої особини BSF становить приблизно тиждень, якщо вона забезпечена лише водою. Самці зазвичай з'являються на два дні раніше, ніж самки, і спарювання відбувається протягом двох днів після їхньої появи. Оскільки вони є комахами, що спаровуються під час польоту, то для шлюбних польотів їм потрібні великі території [55]. Зазвичай вони спаровуються лише один раз, і самки відкладають одну кладку яєць протягом двох днів після спарювання. Яйця вибульонюються приблизно через чотири дні, а личинки проходять період розвитку близько двох тижнів, щоб досягти зрілості [58]. Перед тим, як увійти в стадію лялечки, передлялечки розсіюються подальше від джерела їжі, спорожнюючи свій травний тракт, готуючись до заляльковування [2]. Стадія лялечки також триває приблизно два тижні до завершення розвитку.

заляльковування [2]. Стадія лялечки також триває приблизно два тижні до завершення розвитку.

Рисунок 1. Життєвий цикл чорної солдатської мухи



У таблиці 1 представлено комплексний огляд поживного складу біомаси чорної солдатської мухи (BSF), який підкреслює її надзвичайне багатство на білки, жири та мінерали, що супроводжується відносно низьким вмістом клітковини. Згідно з даними, представленими в Таблиці 2, вміст сирого протеїну і жиру в біомасі BSF коливається від 30% до 52% і від 21% до 40% від сухої речовини, відповідно [6].

Порівнюючи вміст сирого протеїну в біомасі BSF з вмістом сирого протеїну в широко використовуваному джерелі рослинного протеїну - соєвому шроті, очевидна вражаюча схожість. Це свідчить про те, що біомаса BSF може слугувати життєздатним альтернативним джерелом білка для доповнення або заміни соєвого шроту в раціонах тварин. Крім того, валова енергетична цінність біомаси BSF перевищує енергетичну цінність традиційних джерел енергії в раціоні тварин, таких як кукурудзяний і пшеничний шрот. Ці дані підкреслюють потенціал біомаси BSF як багатого на енергію та поживну цінність компонента у складі комбікормів для тварин [29].

Крім того, знежирена біомаса BSF вирізняється підвищеним вмістом сирого протеїну, що перевищує вміст соєвого шроту і має схожість з рибним борошном, добре відомим високобілковим інгредієнтом кормів для тварин. Це свідчить про те, що знежирена біомаса BSF може слугувати цінним джерелом білка для різних раціонів тваринництва та аквакультури [29].

Висновки з таблиці 2 та порівняння біомаси з BSF зі звичайними інгредієнтами кормів для тварин підкреслюють багатобілітні перспективи включення біомаси з біогазу в раціони тварин. Високий вміст білків і жирів, а також багата енергетична цінність біомаси роблять її привабливим кандидатом для створення стійких і ефективних рецептур кормів, що сприяють розвитку екологічно чистих і збалансованих поживних речовин у тваринництві. Оскільки дослідження в цій галузі тривають, потенційні переваги використання біомаси BSF у харчуванні тварин, ймовірно, будуть і надалі з'ясовуватися, що потенційно може революціонізувати сучасне виробництво кормів для тварин і сприяти сталому розвитку сільськогосподарської галузі [29].

Таблиця 1

Орієнтовний склад біомаси BSF, вирощеної на різних органічних відходах (% сухої речовини) [44]

Субстрат	Стадія росту	Сирий протеїн	Сирий жир	Вуглеводи	Сира клітковина	Зола	Енергія (ккал/кг)	Хітин
Комбикорм для курей	Лялечка	41.2	33.6	NA	NA	10,00	NA	6,20
Овочеві відходи	Лялечка	39.9	37.1	NA	NA	9,60	NA	5,70
Ресторанні відходи	Лялечка	43.1	38,6	NA	NA	2,70	NA	6,70
Відходи з кафе/теріїв	Лялечка	43.7 ± 0.6	31.8 ± 0.3	12.3 ± 0.3	10.1 ± 0.2	6.0 ± 0.0	5751.7 ± 52.4	NA
Овочеві та фруктові відходи (7:3)	Личинки	41.9	26,30	NA	NA	13,00	NA	6,20
Овочеві та фруктові відходи (17:3)	Личинки	36.7 ± 2.7	33.0 ± 0.2	NA	NA	5.0 ± 0.0	NA	NA

Продовження таблиці 1

Овочеві та фруктові відходи (17.3)	Лялечка	39.9 ± 1.1	30.8 ± 0.2	NA	NA	5.7 ± 0.1	NA	NA
Фруктові відходи	Личинки	30.7 – 39.8	40.7 – 47.4	NA	NA	7.2-7.9	27201.7	5,60
Фруктові відходи	Лялечка	43.8	46.8	NA	NA	5.70	27825.2	NA
Побічний продукт виноробства	Личинки	34.4	32.2	NA	NA	14.60	NA	5,30
Побічний продукт пивоваріння	Личинки	53	29,90	NA	NA	7,30	NA	1,40
Бурі водорості	Личинки	41.3 ± 1.1	8.1 ± 0.9	NA	NA	15.8 ± 0.7	NA	NA
Харчові відходи	Лялечка	42.0 – 43.7	35.0 – 37.2	NA	NA	3.1-4.6	NA	NA
Свинячий гній	Лялечка	42.8 ± 4.4	36.5 ± 3.9	NA	NA	3.7 ± 0.4	NA	NA
Пташиний послід	Лялечка	41.7 ± 4.0	36.2 ± 3.5	NA	NA	3.8 ± 0.4	NA	NA
Коров'ячий гній	Лялечка	41.2 ± 2.1	35.7 ± 2.9	NA	NA	4.9 ± 0.5	NA	NA
Ферментована кукурудзяна дерть	Лялечка	41.8	30,50	NA	NA	8,20	NA	NA
Відходи цвркунів	Личинки	37.1	38.7	NA	NA	9,40	NA	NA
Відходи саранчі	Личинки	49.2	25,80	NA	NA	16,20	NA	NA

NA - не доступно

Поживний склад біомаси чорної солдатської мухи (BSF) зазнає значних коливань через вплив різних факторів. Ці фактори включають тип субстрату, що надається личинкам, умови вирощування на стадії личинки, методи, що застосовуються під час переробки, і конкретну стадію життя на момент збору врожаю. Як наслідок, профіль поживних речовин біомаси BSF може демонструвати суттєві відмінності залежно від цих ключових елементів [29].

Науковці провели численні дослідження з метою вивчення впливу цих факторів на поживний склад біомаси BSF. Результати цих досліджень

проливають світло на значний вплив, який вибір субстрату може мати на кінцевий вміст поживних речовин у біомасі. Залежно від субстрату, який використовується для вигодовування личинок, в отриманій біомасі можна спостерігати варіації рівнів білків, жирів і мінералів [29]. Аналогічно, умови вирощування на стадії личинки, такі як температура, вологість і доступність поживних речовин, відіграють вирішальну роль у визначенні поживної цінності зібраної біомаси BSF [57].

1.2 Вплив додавання борошна з личинок чорної солдатської мухи на годівлю свиней

Попередні дослідження продемонстрували, що додавання сушеного шроту личинок чорних мух (BSFLM) замість соєвого шроту, рибного борошна або сухої плазми в раціони поросят або не мало значного впливу, або позитивно впливало на їхні показники росту [40; 36; 24]. Крім того, заміна соєвого шроту на BSFLM у кормах для свиней на відгодівлі призводить до сприятливих змін у мікробному складі та метаболітах товстої кишки, а також експресії генів, пов'язаних з імунітетом, у слизовій оболонці кишечника цих свиней [26]. Зокрема, така заміна раціону сприяє зростанню корисних *Lactobacillus spp.*, зменшує присутність шкідливих *Streptococcus spp.* та посилює експресію протизапальних цитокінів у свиней на відгодівлі [26].

Існуюча література демонструє, що на ріст свиней значною мірою впливає склад поживних речовин у їхньому раціоні, особливо за різних режимів годівлі. Раціон, багатий на білок і збалансований за амінокислотним складом, сприяє підвищенню продуктивності свиней [56]. Споживання та якість корму є вирішальними факторами у визначенні продуктивності росту тварин [41]. У побічному дослідженні покращення показників росту, що спостерігалось у свиней зі збільшенням рівня заміни рибного борошна (РБ) на шрот личинок чорних солдатських мух (BSFLM), можна пояснити покращенням смакових якостей раціонів. Це, в свою чергу, призвело до споживання достатньої

кількості легкозасвоєваних поживних речовин, зокрема протеїну, який підтримує швидкий ріст.

1.2.1 Перетравність продуктів з комах у раціонах для свиней

У дослідженні [40] провели дослідження на відлучених поросятах і виявили, що на видиму загальну перетравлюваність травного тракту (ATTD) не впливав раціон, що містив 0%, 5% та 16% частково знежиреного шроту личинок чорної солдатської мухи (BSF) замість соєвого шроту у віці 23 та 61 дня.

В іншому дослідженні [24] оцінювали ATTD та внутрішню ілеальну перетравність (AID) повножирного та знежиреного протеїну комах у відлучених поросят у віці від 21 до 36 днів. Раціон включав 4% та 8% повножирного протеїну комах, а знежирений протеїн комах був доданий для забезпечення такого ж рівня протеїну в раціоні, як і в раціоні з 8% знежиреного протеїну комах. Ці раціони порівнювали з контрольним раціоном без протеїну комах, в якому підсмажені сосіси боби були замінені або жирним, або знежиреним протеїном комах. ATTD сирого протеїну в контрольному раціоні суттєво не відрізнявся від раціонів, що містили комах, причому в усіх варіантах перетравність сирого протеїну становила від 77% до 78%. Однак, AID сирого протеїну в раціоні з 8% повножирного протеїну комах був нижчим (67,4%), ніж у контрольному раціоні (69,7%), тоді як перетравність сирого протеїну в раціонах з 4% повножирного та знежиреного протеїну комах була вищою (73,3%) [24].

У таблиці 2 наведено більш детальну інформацію про перетравність поживних речовин продуктів з комах та раціонів для свиней на основі комах.

Таблиця 2

Засвоюваність поживних речовин продуктів комах і раціонів для свиней на основі комах [62]

Вид/тип свиней	Вік (д)	Продукт з комах	Замінний інгредієнт	Вміст комах % включення	Результати
Відлученні поросята	21-36	Повноцінна жирна мушка BSF та знежирена чорна солдатська мушка	Підсмажені соєві боби	0, 4, 8	Перетравлюваність сирого протеїну в кишечнику чорної солдатської мухи з 8%-м вмістом жиру була нижчою, ніж у контрольному раціоні, а уявна перетравлюваність сирого протеїну в кишечнику чорної солдатської мухи з 4%-м вмістом жиру і знежиреного раціону була вищою.
Відлучені поросята ([Дюрок × Ландрас] × Велика біла)	28-56	Жирне борошно BSF з личинок	Рибне борошно	0, 1, 2, 4	Додавання 2% личинкового борошна BSF впливало на специфічні бактеріальні популяції та метаболічні профілі ілеальної та цекальної кишок, а також на експресію генів імунної системи слизової оболонки.

У дослідженні [50] провели дослідження для оцінки стандартизованої перетраваності амінокислот та вмісту чистої енергії в повному жирі та знежиреному кормі з личинок чорної солдатської мухи у поросят на дорощуванні. Результати, наведені в таблиці 3, свідчать про те, що SID сирого протеїну (СП) та лізину (Lys) суттєво не відрізнялися між повножирним та

частково знежиреним кормом для личинок BSF. Однак стандартизована ідеальна перетравлюваність (SID) незамінних амінокислот, таких як аргінін (Arg) і валін (Val), була нижчою у повному жири личинок BSF порівняно з частково знежиреним личиночним кормом BSF. З іншого боку, вміст метіоніну (Met) був вищим у повножирному шроті з личинок BSF, ніж у частково знежиреному шроті з личинок BSF. Дослідження також показало, що повножирний личинковий шрот BSF слугує кращим джерелом чистої енергії для зростаючих свиней, ніж частково знежирений личинковий шрот BSF, з показниками 3,479 ккал/кг сухої речовини та 2,287 ккал/кг сухої речовини, відповідно.

В іншому дослідженні [3], в якому брали участь дорослі свині (25 кг), визначали уявну ідеальну перетравність (AID) та SID амінокислот у шроті з личинок чорної солдатської мухи (BSF). Загалом, коефіцієнти перетравності поживних речовин знежиреного шроту з личинок BSF були порівнянними з коефіцієнтами перетравності соєвого шроту та рибного борошна, за винятком Met, який був нижчим у частково знежиреному шроті з личинок BSF (79,3%) порівняно з соєвим шротом (90,0%) та рибним борошном (89,0%).

Таблиця 3

Стандартизована кишкова перетравлюваність сирого протеїну та незамінних амінокислот у продуктах з лялечок чорної солдатської мухи, соєвого борошна та рибного борошна [62]

	Повножирний личинковий корм для личинок BSF	Частково знежирене личинкове борошно BSF	Борошно з лялечок BSF	Соєвий шрот	Рибне борошно
%					
Сирий протеїн	80.2	81.0	-	87.0	85.0
Лізін	86.8	89.1	77.6	89.0	89.0
Метонін	90.2	79.3	91.8	90.0	89.0
Треонін	87.2	86.6	79.8	85.0	88.0

Продовження таблиці 3

Ізолейцин	87.2	89.6	77.5	88.0	90.0
Аргінін	92.7	95.9	86.2	93.0	92.0
Фенілаланін	95.4	97.6	76.7	89.0	87.0
Гістидин	80.7	84.3	77.8	90.0	87.0
Лейцин	87.2	90.7	81.0	87.0	90.0
Валін	83.2	88.4	80.9	87.0	89.0

Таким чином, коли соевий шрот і підсмажені соєві боби були замінені в раціоні на личинкове борошно BSF, перетравність поживних речовин раціону у відлучених поросят була різною. У свиней на дорощуванні додавання BSF призвело до порівнянної засвоюваності амінокислот із соєвим та рибним борошном [62]. Різниця в засвоюваності поживних речовин продуктів з комах може бути пов'язана з такими факторами, як склад раціону, вид комах, стадія життя комах, субстрат для вирощування комах і методи обробки. Ці фактори можуть впливати на поживну цінність продуктів з комах, використаних у дослідженнях [4; 5; 20; 46; 50].

1.2.2 Вплив комашиного борошна на показники росту у свиней

У дослідженні [40] виявили, що на показники росту відлучених поросят двофазний раціон загалом не впливав, за винятком споживання корму у фазі II. Лінійне збільшення споживання корму спостерігалося зі збільшенням рівня личинкового борошна BSF (0%, 5% та 10%) (940, 950 та 970 г/добу відповідно). Аналогічно, у дослідженні [24] досліджували вплив 4% та 8% повножирного BSF та 5,4% знежиреного BSF у раціонах відлучених поросят у віці від 21 до 36 днів. На показники росту (споживання корму FI, приріст живої маси (BWG) та коефіцієнт конверсії корму (FCR) не було суттєвого впливу дієтичних добавок, порівняно з контрольним раціоном без BSF, де підсмажені соєві боби були замінені на BSF.

У свиней на дорощуванні часткова або повна заміна рибного борошна до 18,5% личинок BSF не впливала на FI, BWG та FCR [15]. Однак у

відгодівельних свиней (76-115 кг) додавання 4% сухого порошку личинок BSF замість соєвого борошна призвело до збільшення кінцевої маси тіла (120 кг проти 116 кг і 115 кг відповідно), підвищення BWG (980 г/добу проти 890 г/добу і 860 г/добу відповідно) і зниження FCR (2,85 проти 3,21 і 3,24 відповідно) [26]. Включення в раціон харчування порошку личинок BSF не впливало на F1. Автори припустили, що ці ефекти можуть бути пов'язані з підвищеною експресією генів, пов'язаних з ліпогенним потенціалом та складом м'язових волокон. Однак відсутність позитивних ефектів у свиней на відгодівлі, які отримували 8% личинок BSF, може бути пов'язана з вищим вмістом хітину в раціоні личинок BSF.

Окрім комах як джерела харчового протеїну, в одному дослідженні оцінювали включення олії комах у раціони відлучених поросят. Вплив збільшення кількості додаткової олії личинок BSF на показники росту вивчали у відлучених поросят у віці від 21 до 61 дня [1]. Включення 2%, 4% та 6% додаткової олії личинок BSF, яка замінювала рівну кількість кукурудзяної олії, призвело до лінійного збільшення маси тіла та приросту маси тіла до 46-денного віку та в цілому. Коефіцієнт конверсії корму також лінійно покращився до 46-денного віку, тоді як споживання корму суттєво не змінилося.

Таблиця 4
Показники росту у свиней, яких годували продуктами з комах [62]

Вид/тип свиней	Вік, д/кг	Продукт з комах	Замінний інгредієнт	Вміст комах % включення	Результати
Відгодовування поросят (Велика біла та Ландрас)	10-28 д	Подрібнені та просіяні (3 мм) личинки BSF	Рибне борошно	0, 3, 5	Це не вплинуло на показники росту.
Відлучені поросята	21-36 д	Повножирне та знежирене борошно	Підсмажені соєві боби	0, 4, 8	Це не вплинуло на показники росту.

Продовження таблиці 4

Відлучені поросята	21-61 д	Частково знежирене борошно	Соева олія	0, 5, 10	Споживання корму у фазі II лінійно зростало зі збільшенням рівня включення.
Відлучені поросята	21-61 д	Олія личинок BSF	Кукурудзяна олія	0, 2, 4, 6	Маса тіла та приріст маси тіла лінійно зростали, а коефіцієнт конверсії корму лінійно зменшувався зі збільшенням рівня включення.
Свині на вирощуванні (Велика біла × Ландрас)	18-53 кг	Висушене борошно з личинок BSF	Рибне борошно	0, 9, 12, 14.5, 18.5	Це не вплинуло на показники росту.

Таким чином, включення личинок BSF до раціону поросят і свиней на догодування не мало послідовного впливу на показники росту. ефекти, схоже, варіювалися залежно від умов дослідження та рівня включення личинок. Таким чином, це підтверджує, що BSF може бути альтернативною добавкою до рибного борошна та соєвого шроту. Необхідні подальші дослідження для кращого розуміння потенційних переваг та оптимальних рівнів включення личинок BSF в раціони свиней.

1.3 Вплив комашиного борошна на годівлю птиці

Птахівництво виділяється як найбільш обширна категорія в галузі тваринництва. Тим не менш, очікується підвищення попиту на тваринний білок у найближчі роки, що пов'язано з постійним зростанням чисельності населення планети, яка, за прогнозами, може досягти 9-мільярдної позначки до 2050 року [45]. Цей сплеск попиту особливо помітний у сфері продуктів птахівництва, які

демонструють нижчий вуглецевий слід і менше використання води порівняно з іншими формами тваринного білка [37].

Крім того, якість і кількість основних компонентів кормів для тварин, таких як кукурудзяний і соєвий шрот - ключові складові кормів для птиці - можуть зазнати впливу змін клімату та глобального потепління, що супроводжуються зростанням витрат на корми та енергію. Таке поєднання факторів може вплинути на глобальний ландшафт продовольчої безпеки [38]. Наприклад, соєвий шрот, основне джерело білка, що широко використовується у рецептурах кормів для птиці, за останні роки зазнав різкого зростання цін, що створило значні проблеми для економічної життєздатності птахівництва, особливо в країнах, що розвиваються [7].

Стрімке скорочення площ орних земель, придатних для сільськогосподарської діяльності, являє собою величезну глобальну перешкоду, відмінну від будь-яких викликів, з якими стикалися раніше [49]. Ці нові труднощі вимагають новаторських рішень, щоб якнайкраще вирішити проблему сталого глобального виробництва продовольства [49]. Тим не менш, одночасна конкуренція за ресурси - чи то продовольчі, чи то паливні - може погіршити ситуацію. За таких обставин пошук альтернативних кормових ресурсів стає вкрай необхідним [51].

1.3.1 Показники росту птиці за додавання борошна чорної солдатської мухи у раціон

Вимірювання ефективності раціону для курчат-бройлерів залежить від їхніх показників росту - багатогранного показника, який формується під впливом таких факторів, як склад раціону, споживання, перетравлення та засвоєння. Комплексний синтез попередніх досліджень представлено в таблиці 2, де висвітлено вплив дієтичного раціону з чорною солдатською мухою та продуктів, отриманих з BSF, на ріст курчат-бройлерів.

Хоча вплив BSF та її побічних продуктів на ріст бройлерів залишається предметом постійних досліджень, різні дослідження підкреслюють їхні

позитивні результати. Наприклад, у дослідженні [39] спостерігали покращення коефіцієнта перетворення корму у бройлерів, яким згодовували 17% шроту личинок BSF (BSFLM) протягом 42-денного дослідження. Аналогічно, часткова заміна рибного борошна (75%) на BSFLM призвела до підвищення коефіцієнта конверсії корму [52].

Шрот з BSF, який замінював 2-8% дієтичного рибного борошна протягом 14-56 днів, продемонстрував покращений коефіцієнт конверсії корму (FCR), збільшення приросту живої маси (BWG) та зменшення споживання корму (FI) порівняно з контрольним раціоном [14]. Заміна 2-10% раціонів BSFLM

показала покращення FCR та BWG, а також значно знизила FI, особливо на рівні 8% заміни [16].

Примітно, що курчата-бройлери, які споживали 2% розморожених личинок BSF (BSFL) протягом 13 днів, демонстрували знижену FCR без шкоди для BWG [19]. Згодовування 15% шроту з личинок BSF з 7 по 49-й день призвело до підвищення FCR та зниження FI у курчат-бройлерів [30].

Таблиця 5

Узагальнення літературних даних про вплив чорних солдатських мух на показники росту бройлерів [31]

Рівень додавання, %	Оптимальний	Вік, д	Споживання корму, г	Приріст живої маси, г	Конверсія корму
0, 7.5, 15	0	0-35	-0.55	+4.75	+5.09
0, 17, 25, 34	17	1-42	-10.12	-10.47	+2.63
0, 5	5	0-21	+5.16	+2.14	-2.41
0, 5	5	4-38	-2.98	+1.54	-0.72
0, 25, 50, 75, 100	75*	28	+18.91	+21.91	+3.50
0, 2, 4, 6, 8	8	14-56	-18.35	+2.92	+20.72
0, 5, 10, 15	10	1-10	+9.22	+9.35	+0.85
0, 5, 10, 15	5	1-35	-1.02	-0.90	NE
0, 2, 4, 6, 8, 10	8	1-42	-1.35	+7.55	+8.28

Продовження таблиці 5

0, 2	2	1-13	ND	NF	+7.94
0, 5, 10, 15	5	7-28	-1	+0.16	NF
0, 5, 10, 15	5	28-49	+3.14	+3.48	+5
0, 5, 10, 15	15	7-49	-4.02	-1.01	+5.55
0, 14.5, 14.5(+)	14.5(+)	1-21	+6.37	+7.11	+1.6
0, 11.9, 11.9(+)	11.9(+)	22-34	-4.82	+6.30	+10.41
0, 11.9, 11.9(+)	11.9(+)	1-34	-0.22	+6.19	+6.67
0, 12.25, 12.25(+)	12.25(+)	1-35	-0.64	+6.40	+5.83
0, 21, 21(+)	21(+)	1-34	-5.43	+9.17	+13.8
0, 4	0	21-49	-2.80	-2.30	+0.70
0, 5, 7.5, 10	5	0-26	+42.06	+45.51	+5.34
0, 5, 10, 15	15	1-35	-0.40	+2.08	+6.25

NA = не доступно; BWG = приріст живої маси; FCR = коефіцієнт конверсії корму; NF = немає ефекту (+) = добавка незамінних амінокислот; - покращення/негативний ефект при оптимальному рівні включення, *базується на відсотковій заміні рибним борошном.

Крім того, додавання до раціону 14,5% або 11,9% сухої речовини BSF (BSFDМ) разом з екзогенними амінокислотами продемонструвало покращення показників росту курчат-бройлерів [17].

Три експерименти дали переконливі результати щодо використання різних рівнів частково знежиреного шроту личинок мух-солдатів (BSFLM) у поєднанні з екзогенною амінокислотою добавкою для покращення показників росту курчат-бройлерів [35]. Крім того, у дослідженні [49] з'ясували, що курчата-бройлери, які отримували раціон з 5% BSF, продемонстрували підвищене споживання корму (FI) та приріст живої маси (BWG), а також знижений коефіцієнт конверсії корму (FCR) порівняно з контрольною групою. Таке покращення показників росту при застосуванні похідних BSF послідовно пояснюється зменшенням споживання корму та збільшенням приросту живої

маси, що спостерігається в численних дослідженнях. Зменшення споживання корму, як стверджується, є наслідком покращеного травлення та підвищеної біодоступності поживних речовин, притаманних похідним BSF, таким чином задовольняючи потреби курчат-бройлерів у поживних речовинах за рахунок зменшення споживання корму. Альтернативним поясненням може бути сприятлива взаємодія між інгредієнтами корму та похідними BSF, що потенційно призводить до зниження споживання корму.

Зокрема, позитивне зростання показників росту, яке спостерігалось в дослідженнях, що поєднували екзогенні амінокислоти з похідними BSF у раціонах курчат-бройлерів, пояснюється надходженням надлишку лімітуючих амінокислот, що сприяє підвищеному синтезу білка та відкладенню м'язів, що в кінцевому підсумку сприяє збільшенню маси тіла [25; 31].

На противагу цьому, включення 15% знежиреного шроту BSF (BSFDM) призвело до пригнічення показників росту курчат-бройлерів. Однак при 10% включенні BSFDM продемонстрував оптимальні результати порівняно з раціонами, позбавленими BSFDM [9].

Непоследовність у впливі дієтичних BSF та похідних продуктів може бути пов'язана з відмінностями в їхньому поживному складі. Цей склад залежить від субстрату, який використовується для культивування BSF, що безпосередньо впливає на поживний склад BSF та його похідних. Крім того, пригнічення росту може бути пов'язане з підвищеним вмістом хітину, що перевищує допустимі межі при більш високих рівнях включення BSF в раціон.

1.3.2 Вихід тушки бройлерів після включення комашиного борошна у раціон

Склад і характеристики тушок курчат-бройлерів нерозривно пов'язані з їхніми показниками росту. Комплексний огляд виходу та характеристик тушок курчат-бройлерів, які отримували раціони, що містять чорну солдатську муху (BSF) та її похідні, представлено в Таблиці 6.

НУБІП України

Таблиця 6

Вихід тушок курчат-бройлерів які отримували в раціонах протеїн чорної солдатської мухи

Рівень включення (%)	Оптимальний, (%)	Вік, д	Тушка, г	Філе, г	Стегно, г	Печінка, г	Серце, г
0,5	5	38	-0,64	-1,04	-0,97	+4,16	+6,87
0,2, 4, 6, 8	6	56	ND	ND	ND	+4,73	ND
0, 5, 10, 15	10	35	+0,80	+2,56	+0,63	-4,14	-12,50
0, 5, 10, 15	15	35	+1,78	-3,61	+3,15	ND	ND
0, 2, 4, 6, 8, 10	8	42	ND	+4,36	ND	-4,57	ND
0, 5, 10, 15	10	35	ND	ND	ND	ND	ND
0, 5, 10, 15	15	49	ND	+11,88	ND	+9,36	+17,83
0, 1, 9	1,9	34	+6,53	-1,92	ND	ND	ND
0, 3, 3	3,3	56	ND	+10,61	-5,21	ND	ND
0, 4	4	49	+0,40	ND	ND	-6,59	+6,27
0, 5, 7, 5, 10	5	26	-7,30	-18,48	-17,01	+14,41	ND
0, 5, 10, 15	10	35	+1,65	-4,54	+8,69	+3,19	+1,85

ND = не визначено; +/- = позитивна/негативна зміна при оптимальному рівні включення

Вплив продуктів, отриманих з BSF, на вихід тушок та їхні характеристики, однак, у попередніх дослідженнях був неоднозначним.

Зокрема, незважаючи на кількісне збільшення виходу грудки, стегна та загальної тушки у курчат-бройлерів, які отримували раціони, що містили 5%, 10% та 15% харчового шроту личинок BSF (BSFLM), вихід тушки та її характеристики залишалися незмінними [10]. Аналогічно, додавання 5%, 10% або 15% шроту преуп'яків BSF (BSFPM) не спричинило змін у виході тушок та стегенець, але натомість призвело до зниження виходу грудки у курчат-бройлерів [8].

На противагу цим висновкам, у дослідженні [16] не спостерігали помітного впливу на вихід грудки у курчат-бройлерів при поступовому збільшенні вмісту BSFLM у раціоні (0%, 2%, 4%, 6%, 8% і 10%). У дослідженні [59] також не виявив значного впливу на вихід тушки, грудки та стегна курчат-бройлерів, коли вміст BSFPM у раціоні становив 0%, 5%, 10% або 15%.

Синтез білка в організмі курчат-бройлерів регулюється доступністю незамінних амінокислот, які активно сприяють нарощуванню м'язового протеїну [53]. Варто зазначити, що дослідження, які підкреслюють відсутність впливу на вихід тушки та частин, продемонстрували делікатну рівновагу харчових амінокислот в ізоазотистих та ізокалорійних раціонах, навіть за наявності в раціоні курей-бройлерів продуктів, отриманих з біологічно чистого м'яса (BSF). Ця рівновага потенційно пояснює відсутність впливу похідних продуктів з відстійника на вихід тушки та характеристики цих курчат.

На противагу цьому, додавання 5% та 10% шроту з перед лялечок BSF (BSFPM) до раціонів бройлерів сприяло помітному збільшенню виходу грудки, перевищуючи 10% поріг [30]. Аналогічно, курчата-бройлери, яким згодовували шрот BSF (14,5% на стартовій фазі, а потім 11,9% на фазі вирощування), продемонстрували підвищений вихід тушки порівняно з іншими раціонами [34]. У дослідженні [18] повідомили про паралельні результати, спостерігаючи підвищений вихід тушки у бройлерів, яким згодовували 4% шроту личинок BSF (BSFLM), порівняно з тими, які споживали раціон без BSFLM. Слід зазначити, що збільшення виходу тушки та частин у цих дослідженнях може бути пов'язане з підвищеною доступністю амінокислот у раціоні, що сприяє накопиченню білка та розвитку м'язів [31].

Цікаво, що в одному дослідженні було виявлено контрінтуїтивний висновок: у курчат-бройлерів, які отримували раціони з 5%, 7,5% і 10% BSFLM, вихід тушки, грудки та стегна зменшився [49].

Враховуючи, що раціони в цьому дослідженні мали порівнянну калорійність і добре збалансований амінокислотний склад, курчата-бройлери, яким згодовували раціон, що містив до 20% повножирних личинок чорної солдатської мухи (BSFL), продемонстрували кращі показники, ніж ті, що отримували контрольний раціон. Дослідження припускає, що оптимальний діапазон включення BSFL лежить між 15% і 20% у таких збалансованих раціонах.

Потенційний негативний вплив на вихід тушок і частин може бути зумовлений наявністю неперетравлюваного хітину в личинках BSF, що особливо проблематично для моногастричних тварин [46]. Присутність хітину може несприятливо впливати на засвоюваність білка [33], що згодом впливає на відкладення білка та ріст м'язів у курчат-бройлерів. Розбіжності в результатах цих експериментів щодо вищих рівнів включення шроту BSF можуть бути пов'язані з різним поживним складом комах на різних стадіях життя - личинки, лялечки та дорослі особини - поряд з відмінностями в субстратах для вирощування та методологіями обробки комах для отримання шроту [46].

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

При проведенні літературного пошуку було використано комбінацію методів, щоб забезпечити комплексний і систематичний підхід до збору релевантної та достовірної інформації. Нижче наведено деякі загальні методи, що використовуються для пошуку літератури:

Онлайн-бази даних: Пошук був розпочатий в академічних базах даних, таких як PubMed, Google Scholar, IEEE Xplore, Scopus, Web of Science, ResearchGate та інших. Ці бази даних містять величезну колекцію рецензованих журнальних статей, матеріалів конференцій, тез, дисертацій та інших наукових публікацій.

Ключові слова: Використання відповідних ключових слів і логічних операторів (AND, OR, NOT) допомагає уточнити пошук і підвищити його релевантність. Було вибрано ключові слова і фрази, які відповідають їхній темі, і поєднують їх з операторами для створення більш точних запитів.

Оглядові статті та цитування: Оглядові статті є твердою відправною точкою для пошуку літератури, оскільки вони підсумовують існуючі дослідження на певну тему. Крім того, вивчення списків літератури до відповідних статей може привести до інших цінних джерел.

Журнали та конференції: Були вивчені конкретні журнали і матеріали конференцій, відомі публікаціями робіт, пов'язаних зі сферою інтересів чорної солдатської мухи.

Тематичний метод: За допомогою тематичного підходу проходило групування літератури на основі спільних тем, концепцій або ідей, які впливають з досліджень. Цей метод допомагає виявити закономірності та тенденції в дослідженнях і дає змогу глибше проаналізувати конкретні аспекти теми.

Організація та керування посиланнями: Відстежування всієї зібраної літератури та посилань проводилось за допомогою інструмента управління

посиланнями (Zotero). Zotero - це безкоштовний інструмент управління посиланнями з відкритим вихідним кодом. Він дозволяє зберігати посилання та PDF-файли безпосередньо з веб-сторінок, організувати їх у колекції та підколекції, а також створювати цитати та бібліографічні списки в різних стилях цитування. За допомогою Zotero було синхронізовано свою бібліотеку на різних пристроях.

Розробка принципового плану виробництва: Один із способів виконання цього проекту полягає у розробці принципового плану виробництва за допомогою системи AutoCAD. Для цього було виконано наступні кроки:

1. Створення загального плану виробництва: створення загального схематичного плану, на якому зображується загальний вигляд вашого виробництва. В цьому етапі було розміщено основні об'єкти та зони виробництва.

2. Деталізація простору: деталізація кожної зони виробництва, включаючи розміщення обладнання, станцій, транспортних засобів тощо.

4. Використання шарів: Розробляючи принциповий план в AutoCAD, використовувались шари для розділення різних типів об'єктів і комунікацій.

5. Перевірка та корекція: Перед завершенням роботи був проведений перегляд та перевірка принципового плану.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1 Місце розташування, локація, площа та кліматична зона розміщення виробництва

Наукове дослідження і розробка заводу для виробництва протеїну та олії з комах чорної солдатської мухи в Одеській області, недалеко від селища Шабо, Україна, представляють важливий крок у забезпеченні сталого джерела білків для годівлі тварин та виробництва олії для використання у різних промислових секторах. Споруджений завод буде мати площу 4800 м² та розташовуватиметься на 5815 м² та щомісячну потужність 100 тон протеїну. Площа та розташування позначені на Рисунок 2.

Дослідницька робота заводу зорієнтована на вирощування чорних солдатських мух для отримання високоякісного протеїну та олії. Розташування в Одеській області обрано з урахуванням сприятливих кліматичних умов, що сприяють сталому вирощуванню комах і зниженню витрат на електроенергію.

За допомогою передових технологій та управління виробництвом, завод має на меті забезпечити не лише додаткові ресурси протеїну для годівлі тварин, а й конкурувати з традиційними джерелами білків, такими як соєві шроти та рибе, борошно, сприяючи сталому розвитку сільськогосподарських та промислових галузей. Дослідження на заводі постійно удосконалюють технологічні процеси та шукають нові можливості застосування отриманого протеїну та олії для різних галузей, сприяючи впровадженню інновацій та розвитку нових галузей економіки.

Рисунок 2. Площа та розташування території заводу



Кліматичні характеристики Одеси визначаються її розташуванням в південній частині України та близькістю до Чорного моря. Одеський клімат можна описати як помірно континентальний з елементами субтропічного, що має наслідком помірні зими та спекотні літа.

Зимовий період в Одесі триває з листопада по березень. Сприючи близькість моря, зима в місті характеризується м'якими та малосніжними умовами. Середня температура найхолоднішого місяця, січня, становить близько $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, з незначними ночими заморозками. Дні взимку переважно сонячні, і в середньому буває близько 25 днів із температурою, що не піднімається вище нуля. Іноді може випасти невеликий сніг, який швидко тане.

Весна в Одесі, за винятком березня, відзначається теплою погодою. Вже в середині квітня встановлюються весняні умови. Квітень відносно теплий, з середньою температурою близько $9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Травень стає літнім місяцем з середньою температурою близько $15,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. В цей період зазвичай мають місце короткочасні дощі та тумани через вплив моря.

Літо в Одесі є найдовшим сезоном і триває 145 днів, з травня по вересень. Влітку в місті панують спекотні умови, з липнем як найтеплішим місяцем, де середня температура становить близько $+23^{\circ}\text{C}$, і максимальна може сягати $+39^{\circ}\text{C}$. Відкритість міста перед вітрами іноді може призвести до сильних морозів, але в цілому літо характеризується спекою та сонцем.

Перша половина осені в Одесі є теплою і сонячною, але з похолоданням в жовтні. Однак навіть в жовтні можливі температури повітря $+31,1^{\circ}\text{C}$. З листопада температура опускається нижче 9°C . Осінь характеризується похмурістю та туманами через вплив моря, а дощі мають короточасний характер.

Одеський клімат, зазвичай, найближчий до вологого континентального типу за класифікацією Кеппена, але має також елементи субтропічного клімату. Рельєф місцевості сприяє проникненню вологих мас з Атлантичного океану з заходу та вологого та теплого повітря з басейну Середземномор'я з південного сходу, що робить клімат Одеси унікальним і найбільш сприятливим для розташування виробництва протеїну комах на території України.

3.2 План заводу та його складові

3.2.1 Зона вирощування мух та відкладання яєць

Для виробництва яєць із комах чорної солдатської мухи заплановано спеціальне виробниче приміщення, розташоване на площі 4700 м^2 . Ця споруда має розміри 18 метрів у ширину, 96 метрів у довжину та 12 метрів у висоту.

Основною функцією цього приміщення буде гніздування і розмноження чорної солдатської мухи, яка відкладатиме яйця.

Усередині цього приміщення розташовані спеціальні клітки для мух. Кожна клітка має розмір 3.6 на 3.6 метра у ширину і 10.5 метра у висоту. Перед першим рядом кліток відведено 4 метри на зону для збору яєць та комп'ютерного обладнання. З цього випливає, що у кожному ряду можна розмістити 24 клітки, і загалом у приміщенні буде 4 ряди кліток, що робить загальну кількість кліток 87.

Це виробниче приміщення буде споруджено у формі теплиці, що має декілька важливих переваг. По-перше, така форма теплиці дозволить забезпечити сталу температуру всередині, що є ідеальним для вирощування чорних солдатських мух. По-друге, ця конструкція дозволить заощадити на опаленні і електроенергії, оскільки збереження тепла буде більш ефективним у формі теплиці. Це створить оптимальні умови для розвитку мух та відкладання яєць, сприяючи продуктивності та сталості виробництва.

3.2.2 Зона вирощування личинок

Для вирощування та дозрівання личинок чорної солдатської мухи буде споруджено спеціальне приміщення, розміром 48 метрів у ширину, 56 метрів у довжину і 12 метри висотою, загальною площею 2688м². Це приміщення розраховане на максимальну продуктивність і містить суху та темну зону з особливою конструкцією у формі стелажів, що визначається як вертикальна ферма.

На металевих стелажі у цій фермі будуть розташовані піддони, на яких розміщуватимуть субстрат та личинки для їх дозрівання. Цей процес триватиме приблизно 11-14 днів, після чого личинки будуть готові для подальшого використання.

Розмір кожного піддону складатиме 60 см у ширину, 45 см у довжину і 5 см висотою, що дозволить використовувати площу 0.27 м² на кожному піддоні. Густина посадки личинок буде високою, оскільки на кожному сантиметрі квадратному може бути розташовано 5 личинок. Це означає, що на одному піддоні буде знаходитись 13500 личинок, з загальною вагою приблизно 0.1 грама.

Між піддонами буде збережена відстань 0.075 метра по ширині і 0.2 метра по довжині, забезпечуючи комфортний доступ до обладнання та маніпулювання піддонами. Також буде забезпечено ширину проходу (коридору) завширшки 1.5 метра, з трьох сторін, а також 1 метр з трьох сторін навколо піддонів.

За рахунок висоти приміщення в 12 метрів враховано -1 метр від полу для встановлення обладнання, -2 метр зверху.

Розрахунки:

$$\text{агальна площа} - 48 * 56 * - 2688 \text{ м}^2.$$

27 м по ширині виділяється під обладнання, зону погрузки, трубопровід для постачання субстрату, трубопровід для переводу субстрату з личинками в зону переробки, вентиляційну систему.

$$\text{орисна площа} - 45.5 * 27 \text{ м} - 1 228,5 \text{ м}^2.$$

$$\text{мір піддону} - 0.6 * 0.45 * 0.05 \text{ м} - 0.27 \text{ м}^2.$$

ількість піддонів по ширині - $27 \text{ м} / 0.6 \text{ м} = 45$ піддонів без урахування відстані між ними.

Запланована відстань між піддонами 0.075 м

$$\text{м} / (0.6 \text{ м} + 0.075 \text{ м}) = 40 \text{ піддонів в одному ряду по ширині}$$

ількість піддонів по довжині - $45.5 \text{ м} / 0.45 \text{ м} = 101$ піддон без урахування відстані між ними.

апланована відстань по довжині між піддонами 0.2 м.

$$\text{м} / (0.45 \text{ м} + 0.2 \text{ м}) = 70 \text{ піддонів в одному ряду по ширині}$$

Загальна кількість піддонів на одному рівні складатиме 2800 піддонів.

Загальна кількість піддонів в висоту - 180 піддонів без урахування відстані між ними.

Запланована відстань між піддонами 0.15 м.

$$\text{обто, } 9 \text{ м} / (0.05 \text{ м} + 0.15 \text{ м}) = 45 \text{ піддонів в висоту}$$

загальна кількість піддонів.

Тепер розрахуємо кількість личинок

Площа піддону 0.27 м^2 * Щільність посадки 5 личинок на 1 см^2

$$\text{см}^2 * 5 = 13 500 \text{ личинок можна помістити в 1 піддон.}$$

личинок у всіх піддонах одночасно може знаходитись у приміщенні.

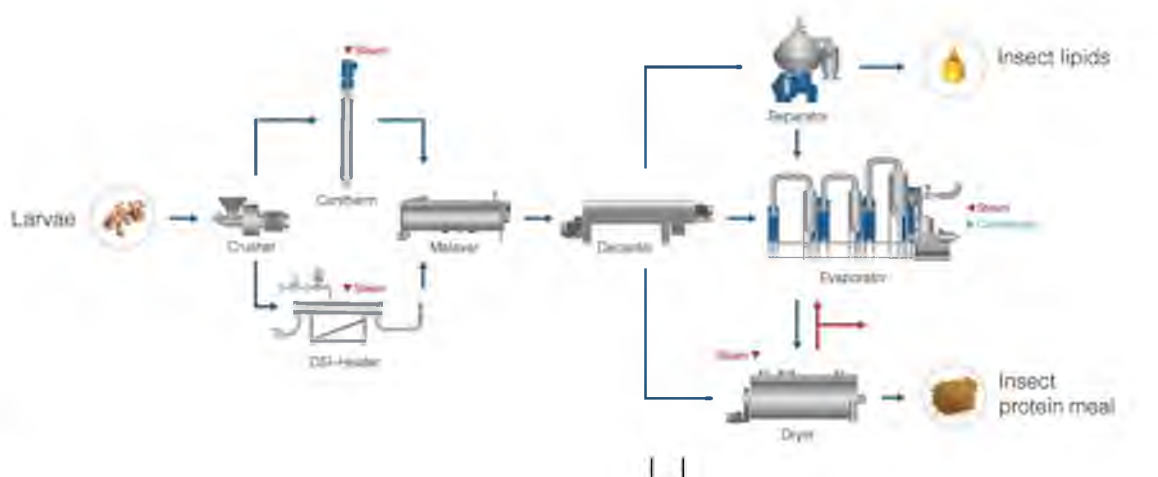
Загальна кількість піддонів в зоні вирощування личинок складатиме 126 000, і це приміщення одночасно зможе містити кількість 1 701 000 000 личинок.

Ця система дозволить забезпечити продуктивне та ефективне вирощування личинок для подальшого використання у виробництві білка та олії.

3.2.3 Зона переробки личинок у протеїн

Для зони переробки була вибрана система мокрої обробки компанії Alfa Laval завдяки її простоті та водночас оптимізованій та високопродуктивній природі. Схема процесу переробки зображена на Рисунок 3.

Рисунок 3. Схема процесу переробки личинок чорної солдатської мухи



Процес мокрої обробки включає наступні ключові етапи:

підготовка сировини: На цьому етапі сировину підготовлюють для подальшої обробки.

нагрівання сировини: Сировину нагрівають для оптимальної обробки.

відділення ліпідів, білка та стічної води в декантерній центрифугі:

Використовуючи декантерну центрифугу, проводиться розділення компонентів сировини, включаючи ліпід, білок та стічну воду.

очищення ліпідів у відцентровому сепараторі: Ліпід піддається подальшому очищенню за допомогою відцентрового сепаратора.

вилучення розчинних білків з стічної води у випарній установці: Розчинні білки

вилучаються з води, яка залишилася після попередніх етапів обробки, використовуючи випарну установку.

статичне висушування розчинних і нерозчинних білків в сушарці:

Завершальний етап включає висушування розчинних і нерозчинних білків у спеціальній сушарці.

Використання цих етапів допомагає забезпечити високоякісний та оптимізований процес переробки сировини для отримання білка та олії.

3.2.3.1 Підготовка та нагрівання сировини

В якості сировини для процесу переробки можуть використовуватися різні види комах, серед яких найпоширенішими є личинки чорної солдатської мухи, цвіркуни та борошняні черв'яки. Перший крок у переробці сировини полягає в розрізанні її на дрібні шматочки, це дозволяє полегшити подальший процес прокачування та сприяє ефективнішій обробці на наступних етапах, таких як нагрівання та сепарація.

Після подрібнення сировину піддають нагріванню, використовуючи метод непрямого нагріву. Під час непрямого нагрівання, пюре, отримане з личинок, піддається нагріванню у теплообміннику з вискобленою поверхнею, і це відбувається без безпосереднього контакту з паром. Нагрівання завершується швидко, зазвичай лише за кілька хвилин. В цьому процесі обертові лопаті в теплообміннику постійно перемішують пюре, що сприяє високій тепловій ефективності та рівномірному нагріванню. Крім того, обертові лопаті допомагають знизити забруднення на внутрішній поверхні теплообмінника, що сприяє продовженню безперебійної роботи обладнання.

3.2.3.2 Розділення фракцій після нагрівання

Після нагрівання, пюре піддається подальшому розділенню на три ключові фракції за допомогою одного або двох декантерних центрифуг:

1. Білок (тверда фракція): Ця фракція включає тверду складову сировини, яка зазвичай містить білок.

2. Ліпіди (рідка фракція): Ліпіди виділяються у рідкому стані.

3. Стічна вода (вода з розчинними білками): Ця фракція містить воду разом з розчинними білками, які були раніше присутні в сировині.

Завдяки спеціальній конфігурації декантера Foodes від Alfa Laval, розділення фракцій здійснюється дуже ефективно. Низький вміст води в твердій фазі після сепарації сприяє зменшенню споживання енергії на наступному етапі сушіння, а, отже, витрати на електроенергію та інвестиційні витрати на сушарку та котел. Крім того, низький вміст ліпідів у шроті з комах підвищує його ринкову вартість та прибутковість.

Ефективне розділення також позначається на чистоті фракції ліпідів безпосередньо після декантера, що в свою чергу дозволяє зменшити розміри наступного відцентрового сепаратора, що призводить до скорочення капітальних і експлуатаційних витрат. Крім того, декантер може бути оснащений системою безрозбірного миття CIP, що спрощує процес очищення як зсередини, так і зовні, і дозволяє здійснювати швидке та ефективне очищення обладнання.

3.2.3.3 Очищення ліпідів комах

Фракція ліпідів проходить процес очищення у спеціальному сепараторі, при цьому видаляються дрібні тверді частинки та зайве забруднення в продукті, а також залишкова волога.

Сепаратори Clara і AFPX від Alfa Laval володіють високою потужністю очищення ліпідів комах, відповідаючи найвищим стандартам якості. Крім того, вони здатні значно знизити вміст ліпідів у стійкій воді, що сприяє підвищенню цінності бічних продуктів. Благодаря високій ефективності процесу сепарації, очищені ліпіди комах містять мінімальну кількість води, що сприяє підвищенню їх ринкової вартості та забезпечує довший термін зберігання.

Сепаратори від Alfa Laval відзначаються ретельною обробкою продукту, високою стійкістю до корозії, високими стандартами гігієни та зниженими експлуатаційними витратами, що робить їх ефективним та надійним рішенням для процесу очищення ліпідів комах.

3.2.3.4 Вилучення білка зі стічної води

Стічна вода спрямовується до системи випарювання, де вода відділяється, а розчинний білок концентрується. Зважаючи на те, що стічна вода містить приблизно 10-15% від загального вмісту білка, її вилучення має суттєвий вплив на загальний вихід продукту. Розчинні білки мають вищу біодоступність порівняно з білками в потоці твердих речовин, тому їх концентрація сприяє підвищенню ефективності засвоєння кінцевого продукту.

Крім того, концентрування стічної води означає, що необхідно обробляти менше стічних вод, і виділена вода може бути піддана подальшій обробці та повторному використанню, що сприяє зменшенню загального споживання водних ресурсів.

Випарні системи Alfa Laval, такі як AlfaVar і AlfaFlash, ідеально підходять для концентрування стічної води комах. AlfaFlash використовується для процесів з високим рівнем забруднення.

Відпрацьоване тепло з сушарки може бути використане для забезпечення економії котла до 100%.

Випарні системи AlfaLaval часто складаються з декількох стадій випаровування для ефективного повторного використання енергії, що дозволяє звести до мінімуму її споживання.

Випарники AlfaFlash може обробляти більш концентровані потоки продуктів, ніж більшість інших систем випаровування, що дозволяє концентрувати воду і тим самим знижувати навантаження на сушарку, що призводить до значної економії енергії.

Системи AlfaFlash є дуже гнучкою і дозволить легко розширювати її, додаючи нові касети в пластинчастий теплообмінник. Висока теплова ефективність також робить ці системи дуже компактними, що сприяє зниженню витрат на встановлення.

3.2.3.5 Остаточне сушіння борошна з комах

У процесі остаточного сушіння шроту з комах використовуються різноманітні технології, які дозволяють видалити залишкову вологу та отримати готовий продукт. Однією з таких технологій є використання дискових сушарок, які відзначаються високою тепловою ефективністю та можливістю повторного використання відпрацьованого тепла, що надходить з випарника. Це допомагає зменшити експлуатаційні витрати і сприяти екологічно чистому процесу сушіння.

Додатково, варто враховувати, що сушарки з псевдозрідженим шаром або повітряні сушарки також знаходять своє застосування у цьому процесі. Вибір конкретної технології залежить від конкретних потреб і вимог виробництва.

3.2.4 R&D лабораторія та контроль якості

Для лабораторії та центру контролю якості, орієнтованого на виробництво комашинного шроту та комашинної олії, знадобиться спеціалізоване обладнання для забезпечення якості, безпеки та відповідності вашим продуктам на основі комах. Перелік обладнання, яке зазвичай використовується в цьому контексті:

аналітичні прилади для контролю якості:

- Аналізатори білка: Для визначення вмісту білка в шроті з комах.
- Олійно-екстракційне обладнання: Для вилучення олії з комах.

-Мікроскопи: Для дослідження зразків комах і виявлення забруднювачів.

- Аналізатори розміру частинок: Для аналізу розподілу частинок комах за розмірами.

обладнання для хімічного аналізу

- Газова хроматографія (ГХ): Використовується для аналізу хімічного складу масла комах.

- Спектрофотометри: Для вимірювання властивостей продуктів, отриманих з комах.

- pH-метри та кондуктометри: Для аналізу кислотності та електропровідності розчинів на основі комах.

Інструменти контролю безпеки та якості:

- Мікробіологічне обладнання для тестування: Для перевірки на мікробне забруднення.

- Набори для тестування на алергени: Для забезпечення відсутності алергенів у кінцевій продукції.

- Стандарти контролю якості: Еталонні матеріали та стандарти для забезпечення якості.

Обладнання для екологічного контролю:

- Екологічні камери: Для підтримання контрольованих умов під час вирощування комах.

- Інструменти моніторингу температури та вологості: Для забезпечення оптимальних умов для розведення комах.

Лабораторні меблі та засоби захисту: Лабораторні столи, витяжні шафи, лабораторні халати, рукавички, окуляри та інше захисне обладнання для захисту вашого персоналу.

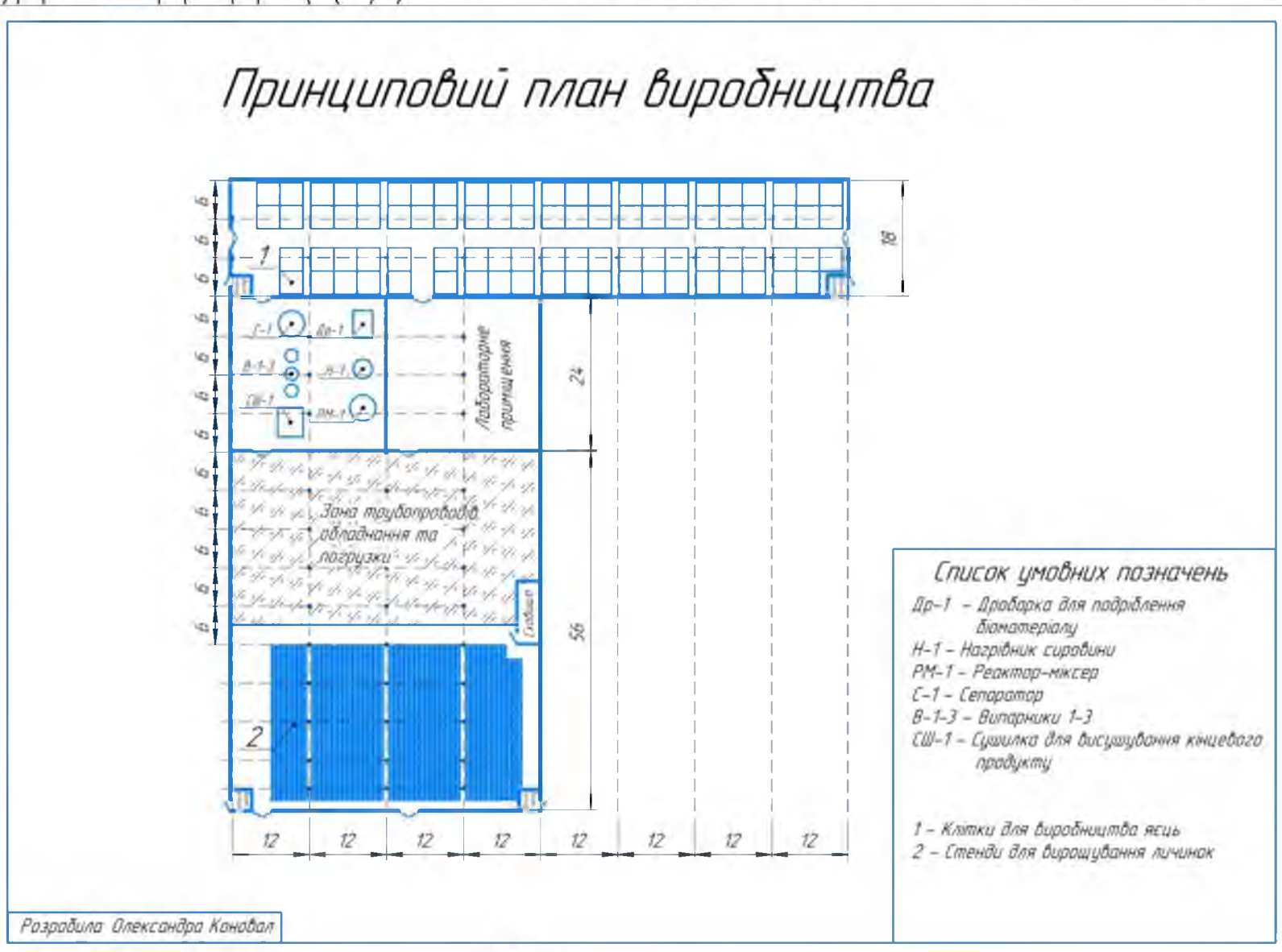
Інструменти для реєстрації та аналізу даних: Комп'ютерні системи та програмне забезпечення для збору, аналізу та звітності даних.

Принциповий план виробництва зображений на Рисунку 4.

НУБІП України

НУБІП України

Рисунок 4. Принциповий план виробництва протеїну та олії з личинок чорної солдатської мухи



3.3 Субстрат та склад личинок чорної солдатської мухи

Місце для розташування заводу було вибрано з урахуванням кількох ключових чинників. По-перше, важливим було сприятливе кліматичне середовище, яке дозволило б оптимізувати виробництво. Крім того, розташування було обрано поруч із виробничим комплексом SHABO, який славиться більш як двісті років виробництвом вин, ігристих вин, та коньяку. Це рішення передбачало створення симбіотичних зв'язків, в рамках яких відходи виноробства перетворювалися б на високоякісний протеїн для годівлі тварин і риби.

Зокрема, личинки чорної солдатської мухи були вибрані як ключовий фактор у цьому процесі, оскільки вони мають унікальну здатність перетворювати органічні відходи в цінний протеїн. Дослідження, проведене в цій області (Meneguz et al., 2018), показало, що личинки, які харчуються побічними продуктами виноробства, мають вражаючий склад. Зокрема, вони містять 34,4% сирового протеїну та 32,2% сирового жиру. Цей склад протеїну і жиру вказує на великий потенціал для використання цих личинок у якості цінного компоненту у годівлі тварин та риби.

Додатковий поживний склад та склад жирних кислот личинок, які вирощені на виноградних вижимках, наведено в Таблиці 6 для подальшого дослідження та використання в практиці.

Таблиця 7

Поживний склад личинок вирощених на побічних продуктах виноробства

Стадія	Виноробні відходи
	Личинка
Сирий протеїн (г/кг ⁻¹)	344,3±7,63
Сирий жир	322,2±19,6
Зола	145,7±6,67
Хітин	52,9±9,25
НДК	177,3 ± 13,08
КДК	98,5±10,16
Кислотно детергентний лігнін	44,8 ± 17,8

Продовження таблиці 7

Загальна к-ть жирних кислот	287,41 ± 16,973
C 12:0	346,91 ± 16,840
C 14:0	65,54 ± 4,283
C 16:0	189,36 ± 7,434
C 16:1 c9	60,63 ± 4,178
C 18:0	28,32 ± 2,139
C 18:1 c9	124,59 ± 4,280
C 18:1 o11	4,46 ± 0,261
C 18:2 n6	175,76 ± 14,935
C 18:3 n3	4,44 ± 0,392
Насичені жирні кислоти	630,13 ± 16,745
Мононенасичені жири	189,68 ± 6,220
Поліненасичені жири	180,19 ± 15,244

Зважаючи на важливість розвитку та оптимізації процесу, на рівні технології важливими факторами є кількість днів, необхідних для досягнення личинкової стадії, швидкість росту личинок, а також індекс скорочення відходів. Дані, що стосуються цих параметрів, наведені в Таблиці 7 і будуть використовуватися як ключова основа для подальших робіт та оптимізації процесу вирощування личинок.

Таблиця 8

Динаміка росту та ефективність скорочення відходів (на основі органічної речовини) личинок чорної солдатської мухи, вирощених на виноградних вижимках

	Виноробні відходи
Смертність личинок (%)	24,8 ± 10,53
Загальна біомаса (г)	9,9 ± 0,785
Потрібний час щоб досягти лялечкової стадії (дні)	22,2 ± 0,98
Швидкість росту (г д ⁻¹)	0,006 ± 0,0009
Зменшення субстрату (%)	53,0 ± 5,28
Індекс скорочення відходів (г д ⁻¹)	2,4 ± 0,32
Ефективність конверсії перетравленої їжі	0,06 ± 0,003

Таким чином, враховуючи поживний склад личинок, вирощених на субстраті з відходів виноробства можна провести наступні розрахунки для того щоб визначити виробництво протеїну за 1 день та за 1 місяць.

Розрахунки:

1 граму яєць можна отримати 4 кг личинок. В один піддон потрібно закласти 3,375 грам яєць.

$26\ 000$ піддонів * $3,375 = 425,25$ кг яєць чорної солдатської мухи.

3. Дізнаємось яку кількість протеїну можна отримати з одного піддону, для цього личинок вагою $0,1$ г множимо на орієнтовний склад протеїну.

$13\ 500 * 34,4\% = 4,644$ кг протеїну можна отримати з одного піддону.

4. Запланована потужність заводу складає виробництво 100 тон протеїну з комах в місяць. Для цього ділимо заплановану потужність на кількість протеїну яку можна отримати з 1 піддону.

$100\ 000$ кг / $4,644$ кг = $21\ 533$ піддони треба переробляти в місяць щоб досягти запланованої виробничої потужності.

5. $21\ 533$ піддонів / 20 робочих днів = $1\ 077$ піддони в день потрібно переробляти.

6. $1\ 077$ піддони * $4,644$ кг протеїну = $5\ 001,688$ кг виробництво протеїну в день.

7. $5\ 001,688 * 20$ робочих днів = $100\ 033,6$ кг протеїну в місяць

Отже, для виробництва 100 тон в місяць протеїну знадобиться $21\ 533$ піддони в місяць або $1\ 077$ піддонів в день з урахуванням що зона переробки працюватиме 20 днів на місяць.

Наступним кроком є розрахунок виробництва олії з личинок чорної солдатської мухи. Орієнтовний вміст олії в личинках вирощених на відходах виноробства складає $32,2\%$. Отже можна зробити наступні розрахунки:

1. $13\ 500$ личинок з одного піддону * $32,2\%$ відсотки олії в личинках = $4,347$ кг олії можна отримати з одного піддону.

2. Заплановано переробляти 1 077 піддонів в день $1\,077 * 4,347 \text{ кг} =$

4 681,7 кг виробництво олії за один день.

3. $4\,681,7 \text{ кг олії} * 20 \text{ робочих днів} = 93\,634,38 \text{ кг виробництво олії в}$

місяць.

Отже, виробництво протеїну в місяць складатиме 100 033,6 кг протеїну в

місяць та 93 634,38 кг олії в місяць.

3.4 Орієнтовні раціони для моногастричних тварин з використання

протеїну та олії з личинок чорної солдатської мухи

3.4.1 Орієнтовні раціони для бройлерів з додаванням комашиного

протеїну

Використання личинок чорної солдатської мух в раціонах для бройлерів

може бути корисним інноваційним рішенням у годівлі птиці. Цей підхід може

мати кілька переваг:

Високий вміст білка: Личинки чорної солдатської мухи багаті білком, яке є важливим компонентом раціону бройлерів для підтримання їхнього

здоров'я та швидкого росту. Високий вміст білка в личинках може сприяти

збільшенню приросту ваги бройлерів.

Високий вміст жирів та жирних кислот: Олія, отримана з личинок, також може бути корисною, оскільки вона містить жири та жирні кислоти, які необхідні для забезпечення здоров'я птиці та покращення якості м'яса.

Ефективне використання відходів: Використання личинок для переробки органічних відходів, таких як рештки їжі або відходи виноробства, сприяє їхньому вторинному використанню та зменшенню відходів.

Сталість постачання: Розведення чорної солдатської мухи може бути відносно сталим та прогнозованим процесом, що забезпечує постачання личинок протягом року. Орієнтовні раціони для бройлерів у різні фази наведені у Таблиці 8 та 9.

Таблиця 9

Орієнтовний раціон для бройлерів у Стартер/Гровер з використанням борошна чорних солдатських мух

Стартер/Гровер							
Протеїн комах			5%	10%			10%
Олія комах					1,50%	1,50%	1,50%
Кукурудза		20	20	20	20	20	20
Пшениця		34,69	35,7	36,71	34,38	34,38	36,56
Соевий шрот		33,26	27,33	21,4	33,13	33,13	21,44
Соняшниковий шрот		4	5,5	7	4,27	4,27	7
Соева олія		4,33	3,17	2	3	3	0,62
Вапняк		1,32	1,14	0,96	1,32	1,32	96
Монокальційфосфат		0,72	0,57	0,42	0,72	0,72	0,42
Сіль		0,19	0,18	0,16	0,19	0,19	0,17
Бікарбонат натрію		0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
DL-Methionine		0,34	0,32	31	0,34	0,34	0,31
L-Lysine HCL		0,23	0,2	17	0,23	0,23	0,17
L-Threonine		0,12	0,09	6	0,12	0,12	0,06
Премікс		0,5	0,5	50	50	50	0,5
Протеїн комах - знежирний			5	10			10
Олія комах					1,5	1,5	1,5
Сирий протеїн	%	21,8	22,7	23,5	21,8	21,8	23,5
Сирий жир	%	5,9	5,5	5,2	60	6	5,30
Сира клітковина	%	3,6	3,9	4,1	3,7	3,7	4,1
Кальцій	%	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Фосфор	%	0,57	0,57	0,56	0,57	0,57	0,56
Натрій	%	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Калій	%	1	0,96	0,91	1	1	0,91
Клорид	%	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Енергія 0-10д	ккал	2770	2770	2770	2770	2770	2770

Таблиця 10

Орієнтовний раціон для бройлерів у Фінішній період з використанням борошна чорних солдатських мух

Фінішер							
Протеїн комах			5%	10%			10%
Олія комах					1,50%	3,00%	1,50%
Кукурудза		20	20	20	20	20	20
Пшениця		36,05	41,31	46,06	35,9	35,75	47,17
Соевий шрот		29,4	21,3	13,21	29,44	29,48	13,65
Соняшниковий шрот		5	4,73	4,46	5	5	3,82

Продовження таблиці 10

Соева олія		6,77	4,82	2,87	5,38	4	1,37
Вапняк		0,94	77	0,59	0,94	0,94	0,59
Мікрокальційфосфат		0,24	14	0,03	0,24	0,24	0,04
Сіль		0,28	0,24	0,2	0,28	0,28	0,2
Бікарбонат натрію		0,23	0,27	31	0,23	0,23	0,31
DL-Methionine		0,29	0,3	31	0,29	0,29	0,32
L-Lysine HCl		0,19	0,25	0,3	0,19	0,19	0,29
L-Threonine		0,09	0,1	0,12	0,09	0,09	0,11
L-Arginine (98%)			0,06	0,12			0,12
Премікс		0,5	0,5	50	0,5	0,5	0,5
Протеїн комах - знежирний			5	10			10
Олія комах					1,5	3,0	1,5
Сирий протеїн	%	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5
Сирий жир	%	8,3	7,2	6,1	8,4	8,5	6,1
Сира клітковина	%	3,7	3,6	3,5	3,7	3,7	3,4
Кальцій	%	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Фосфор	%	0,45	0,44	0,42	0,45	0,45	0,42
Натрій	%	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Калій	%	0,93	0,83	0,73	0,93	0,93	0,73
Хлорид	%	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Енергія 10-42д	ккал	3130	3130	3130	3130	3130	3130

3.4.2 Орієнтовний склад раціону для свиней з додаванням комашиного борошна

Дослідники помітили, що заміна 25% соєвого шроту (SBM) личинками чорної солдатської муки (BSF) в раціонах поросят мала кілька позитивних ефектів на здоров'я та показники росту поросят.

Покращення параметрів травлення: Включення личинок BSF до раціону призвело до покращення параметрів травлення. Це свідчить про те, що личинки BSF можуть бути більш легко засвоюваними або містити компоненти, які сприяють кращому травленню у поросят.

Посилення імунної функції: Імунна функція поросят покращилася, коли личинки BSF були частиною їхнього раціону. Це може означати, що личинки містять біологічно-активні сполуки, які підтримують імунну систему поросят, роблячи їх більш стійкими до хвороб.

Позитивний вплив на кишкову мікробіоту: Присутність личинок BSF позитивно вплинула на склад кишкової мікробіоти поросят. Це може бути важливим фактором загального стану здоров'я та використання поживних речовин.

Таблиця 11

Орієнтовний склад раціонів для поросят-сисунів з використанням борошна чорної солдатської мухи

Поросята-сисуни		
	Олія з комах 2%	Олія з комах 3%
Ячмінь	20	20
Пшениця	18	17
Олія комах	2	3
Замітник молока	60	60
Суша речовина %	89,9	90
Вологість %	10,10	10
Енергія мДж/кг	10,4	10,5
Сирий протеїн %	18,30	18,2
Сирий жир %	4,60	5,6
Золла %	5	5
Сира клітковина %	3,5	3,5
Фосфор %	0,5	0,5
Кальцій %	0,7	0,7
Натрій %	0,2	0,2
Засвоєваний лізін %	1,2	1,20

Використання чорної солдатської мухи в годівлі поросят на дорощуванні може покращити їхній ріст та здоров'я завдяки високоякісному протеїну та жирам, які містяться в личинках цих мух. Переваги включають поживність, позитивний вплив на навколишнє середовище через переробку відходів, а також потенціал для спеціалізованих раціонів. Важливо враховувати якість та безпеку личинок, оптимальну дозу та санітарні умови для годівлі. Дослідження та моніторинг є важливими для забезпечення успішного використання цього методу

Таблиця 12

Орієнтовний склад раціону для поросят на дорощуванні з використанням чорної солдатської мухи

Поросята на дорощуванні	
	Олія з комах 2%
Пшениця	20
Ячмінь	30
Кукурудза	7,1
Висівки	6,9
Ріпаківий шрот	6,4
Соевий шрот	14,8
Кукурудзяний глютен	1
Буряковий жом	2
Олія комах	2
Карбонат	0,66
Сіль	0,59
Премікс амінокислот + підкислювач	6,61
Премікс	1,5
Суха речовина %	85
Вологість %	11,7
Енергія МДж/кг	9,8
Сирий протеїн %	17,5
Сирий жир %	3,6
Зла %	5
Сира клітковина %	4,80
Загальний фосфор %	0,5
Засвоєваний фосфор %	0,3
Кальцій %	0,7
Натрій %	0,2
Засвоєваний лізін %	1,1

Використання чорної солдатської мухи у раціонах для бройлерів, несучок і свиней є перспективним підходом, оскільки личинки цих мух містять високоякісний протеїн та жири. Впровадження такого методу може покращити ріст та здоров'я тварин, сприяти створенню більш натуральних та екологічно чистих раціонів, а також зменшити відходи та негативний вплив на довкілля. Проте для успішного використання необхідно проводити дослідження.

визначити оптимальні дози та дотримувати санітарні стандарти, що гарантує
якість та безпеку продукту.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ПРОДУКЦІЇ

4.1 Витрати на електроенергію

За даними [22] виробництво 1 кг протеїну вимагає 118.05 кВт-годин електроенергії.

Враховуємо загальну кількість електроенергії, необхідну для місяця, при умові, що завод працює 20 днів із середньою кількістю годин на день:

$$118.05 \text{ кВт-год} \times 8 \text{ год/день} \times 20 \text{ днів} = 18,888 \text{ кВт}$$

Вартість однієї кіловат-години електроенергії складає 7.85 грн.

Враховуємо загальні витрати на електроенергію для виробництва протеїну в місяць:

$$7.85 \text{ грн/кВт-год} \times 18,888 \text{ кВт} = 148,270.8 \text{ грн}$$

Податково враховуємо 50% на витрати на електроенергію:

$$0.5 \times 148,270.8 \text{ грн} = 74,135.4 \text{ грн}$$

Тобто загальні витрати на електроенергію складатимуть 222,406.2 грн в місяць.

4.2 Оплата праці

Для розрахунку заробітної плати, спершу визначимо кількість всього персоналу у вас на заводі:

Головний інженер - 1 особа; інженери в кожному відділенні - 3 відділення

* 2 інженери = 6 осіб; працівники в кожному відділенні - 3 відділення * 4 працівника = 12 осіб; додатковий обслуговуючий персонал (прибиральники, техніки та інші) - допустимо 10 осіб

Загальна кількість персоналу: 29 осіб.

В загалом, планується витратити 1 500 000 грн на заробітну плату та страхування працівників.

4.3 Витрати на закупівлю личинок

Розрахунок вартості партії яєць чорної солдатської мухи виглядає так: спочатку планується заповнити тільки 1/3 з 126 000 піддонів, тобто заповнити 42 000 піддонів.

1 граму яєць можна отримати 4 кг личинок, отже, для заповнення 1 піддону потрібно 3.375 грамів яєць.

Таким чином, загальна кількість яєць, необхідних для заповнення 42,000 піддонів, становить:

$$42\,000 \text{ піддонів} * 3.375 \text{ грамів/піддон} = 141,750 \text{ грамів яєць.}$$

Вартість 10 грамів личинок становить 4,482.5 гривень.

Отже, вартість яєць можна розрахувати, множивши кількість грамів яєць на вартість 10 грамів личинок:

$$141,750 \text{ грамів} * (4,482.5 \text{ грн} / 10 \text{ грамів}) = 63\,539\,437.5 \text{ грн.}$$

Тобто, вартість яєць для заповнення 42 000 піддонів становитиме 63 539 437.5 гривень.

4.4 Витрати на сировину

Розрахунок вартості сировини (виноградних відходів) виглядає так:

Рієнтовна вартість 1 кг виноградних відходів становить 5 гривень.

Личинка може з'їсти до 0.5 грама органічної сировини.

У кожному піддоні знаходиться 13 500 личинок, що означає, що в один піддон потрібно покласти:

$$13\,500 \text{ личинок} * 0.5 \text{ грама личинка} = 6\,750 \text{ грамів субстрату.}$$

Отже, вартість субстрату для одного піддону можна розрахувати, помноживши кількість грамів субстрату на вартість 1 кг сировини:

$$6\,750 \text{ грамів} * (5 \text{ грн} / 1,000 \text{ г}) = 33.75 \text{ гривень.}$$

Планована переробка 21 533 піддонів на місяць.

Отже, загальні витрати на сировину складатимуть:

$21\,533 \text{ піддони} * 33.75 \text{ гривень/піддон} = 726\,738.75 \text{ гривень}$ на використання сировини.

Тобто, вартість сировини для переробки 21,533 піддонів на місяць становитиме 726,738.75 гривень.

4.5 Витрати на амортизацію

Розрахунок амортизації обладнання виглядає так:
рієнтовані витрати на обладнання заводу складають 40,000,000 гривень.

аплановане використання обладнання - 20 років.

ому вартість амортизації в рік можна розрахувати, поділивши витрати на кількість років.

$$40,000,000 \text{ грн} / 20 \text{ років} = 2,000,000 \text{ грн на рік.}$$

об розрахувати вартість амортизації в місяць, поділіть річну вартість амортизації на 12 місяців:

$$2,000,000 \text{ грн} / 12 \text{ місяців} = 166,666.67 \text{ грн в місяць (округлюючи до 2 десяткових знаків).}$$

Таким чином, вартість амортизації обладнання становитиме приблизно 166,666.67 гривень на місяць.

4.6 Логістика

Доставка товару буде реалізована на рахунок клієнта, що означає, що витрати та організація доставки лягають на покупця або одержувача продукції.

Покупцю слід буде вибрати та забезпечити послуги транспортної компанії або інші методи доставки для перевезення продукції з виробничого підприємства до пункту призначення. Такий підхід дозволяє зменшити витрати на логістику для виробника і надає клієнтам можливість вибрати оптимальний спосіб та перевізників для доставки товару.

4.7 Собівартість

Загальна вартість витрат на місяць:

одасмо всі витрати на місяць, отримуємо суму в 66 155 429 грн.
 одаткові витрати, включаємо додаткові 20% на незаплановані витрати, що
 становить 13 231 085,8 грн.

ума витрат на місяць після додавання додаткових витрат становить
 289,9 грн.

обівартість в перший місяць, ділимо загальну витратну частину на заплановану
 потужність виробництва, отримуємо
 793,59 грн за 1 кг та 793,590 грн за 1 тону.

одальше зниження собівартості, собівартість знизиться, оскільки не буде
 враховано витрати на закупівлю яєць.

стагочна собівартість, розраховуємо собівартість без витрат на яйця.
 5 грн за 1 кг та 26 149,33 грн за 1 тону.

Отже, вартість 1 тони протеїну з личинок чорної солдатської мухи буде
 складати 26 149,33 грн.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Засоби захисту працівників на підприємстві повинні відповідати вимогам державних стандартів, зокрема «ДСТУ 2293:2014 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять» та інших відповідних стандартів ССБП. Вимоги цих документів зокрема вказують на наступне.

Вибір засобів захисту: Вибір конкретного типу засобів захисту повинен здійснюватися з урахуванням вимог безпеки для конкретного технологічного процесу або виду робіт.

Захисні кожухи для рухомих частин обладнання: Частина виробничого обладнання, які рухаються та обертаються, повинні мати захисні кожухи.

Забезпечення ЗІЗ працівників: Працівники підприємств повинні бути забезпечені спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) за рахунок роботодавця відповідно до встановлених положень.

Навчання та тренування: Працівники повинні бути навчені правилам користування і методам перевірки справності ЗІЗ, таких як респіратори, протигази, запобіжні пояси, окуляри, та пройти тренування з їх застосування.

Зберігання ЗІЗ: Засоби індивідуального захисту повинні зберігатися в індивідуальних шафах у спеціально виділеному сухому, чистому приміщенні, яке добре провітрюється. Заборонено зберігати ЗІЗ в одному приміщенні з пестицидами або вносити їх додому.

Індивідуальний підбір та закріплення ЗІЗ: Комплект ЗІЗ (спецодяг, спецвзуття, рукавиці, рукавички, захисні окуляри, респіратори або протигази) повинен бути підібраний індивідуально для кожного працівника та закріплений за ним на весь період роботи.

Праця з пилом і температурними навантаженнями: Відповідні працівники повинні бути забезпечені протипиловими респіраторами, окулярами та

спеціальними рукавицями при обслуговуванні прес-екструдерів або подрібненні зерна з високими температурами.

Частота прання: Одяг засобів індивідуального захисту повинен пранути щоденно для бавовняного одягу, який може абсорбувати шкідливі речовини.

Заборона вносити одяг: Заборонено вносити спецодяг з підприємства або вносити його додому для прання.

Ці заходи спрямовані на забезпечення безпеки та здоров'я працівників та запобігання потенційним небезпекам на робочому місці.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

Виконавши магістерську роботу було проведено аналіз застосування борошна з личинок чорної солдатської мухи у годівлі свиней та бройлерів. В

ході цього аналізу було визначено, що борошно з комах може бути застосовано як альтернативний ресурс протеїну у годівлі моногастричних тварин. Даний

продукт багатий на сирий протеїн, жир та має високу енергетичну цінність. Це може стати перспективним напрямом у годівлі тварин без використання

традиційних соєвого шроту та рибного борошна. Отже, відповідно до поставленої мети та завдань був розроблений принциповий план виробництва

борошна з личинок чорної солдатської мухи на території України.

1. Місце розташування виробництва заплановане у с. Шабо Одеської області.

Розмір заводу 4800 м². Спроектований план виробництва протеїну з личинок чорної солдатської мухи з потужністю 100 тон на місяць.

2. Принциповий план виробництва складається з 3 основних зон і 1 додаткової:

- Виробництво яєць – розмір приміщення 18*96 м, приміщення у формі теплиці в якому розташовані клітки в яких мухи будуть відкладати яйця після спарювання.

- Вирощування личинок – розмір приміщення 48*56 м, темне та сухе приміщення в якому яйця чорної солдатської мухи будуть досягати личинкової стадії протягом 11-14 днів. Ця зона зможе вмістити 126000 піддонів в кожному з яких буде знаходитись 13,5 кг личинок.

- Переробка – розмір приміщення 24*24м, зона в яку личинки доставляються з зони вирощування та переробляються на протеїн та інші побічні продукти виробництва такі як олія та залишки життєдіяльності мух. Для цієї зони було обрано обладнання компанії

AlfaLaval що дозволить проводити мокру переробку личинок.

Процес переробки складатиметься з декількох етапів: підготовка та нагрівання сировини, розділення фракцій після нагрівання,

очищення ліпідів комах, виділення білка зі стічної води, остаточне сучиння борошна з комах

• Науково-дослідницька лабораторія та зону контролю якості.

3. Для вирощування личинок було обрано використовувати відходи винного виробництва із заводу SHABO. По-перше, це може дозволити створити симбіоз систем а яких органічні відходи переробляються на високоякісний протеїн для годівлі тварин. По-друге, відходи виноробства можуть слугувати оптимальним субстратом для вирощування личинок, дослідження показували що вміст сирого протеїну у біомасі личинок за використання цього субстрату може сягати 34,4% та 32,2% сирого жиру.

4. Використання борошна з комах у раціонах для свиней та бройлерів може варіюватись згідно обраною схемою годівлі. Даний продукт може вноситись, як частковий замітник традиційних білкових кормів (соевий шрот, рибне борошно), так і слугувати повною їхньою заміною.

5. Собівартість даного продукту у перший період складатиме 793,590 грн за 1 тону. Це обумовлено тим, що значні витрати приходяться на закупівлю першої партії яець чорної солдатської мухи. В подальшому планується проводити розведення мух. Отже, собівартість продукції складатиме 26 149,33 грн за 1 тону борошна з комах.

Майбутні перспективи: Для подальшого розвитку дослідження планується здійснення кількох наступних кроків. Перш за все, метою є продовження аналізу ринку існуючих технологій та інновацій за допомогою яким можна буде покращити якість борошна з комах та обсяг виробництва.

Другим кроком у дослідженні може стати аналіз субстрату та вирощування личинок в ньому. Технологічні аспекти вирощування, щільність посадки личинок, тривалість вирощування та провдення хімічного аналізу складу личинок чорної солдтської мухи.

Третім важливим кроком буде підготовка ряду дослідів з використанням борошна з комах у годівлі свиней, бройлерів та курей-несучок з різними % внесення в раціон а також комбінації з традиційними продуктами. Такий аналіз

є ключовим для забезпечення успішної комерціалізації та практичного застосування борошна та олії BSF у птахівництві та свинарстві.

В цілому, проведення цих кроків дозволить детально дослідити потенціал використання борошна та олії BSF у моногаєтричних, а також забезпечить необхідну наукову та економічну базу для подальшого розвитку цього інноваційного підходу у тваринництві.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 285 Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae oil improves growth performance of nursery pigs / E. V. Heugten et al. *Journal of animal science*. 2019. Vol. 97, Supplement_3. P. 118.

URL: <https://doi.org/10.1093/jas/skz258.244>

2. A value added manure management system using the black soldier fly / D. Craig Sheppard et al. *Bioresource technology*. 1994. Vol. 50, no. 3. P. 275–279. URL: [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(94\)90102-3](https://doi.org/10.1016/0960-8524(94)90102-3)

3. Amino acid digestibility in housefly and black soldier fly prepupae by growing pigs / X. Tan et al. *Animal feed science and technology*. 2020. Vol. 263. P. 114446. URL: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedscl.2020.114446>

4. Animals fed insect-based diets: state-of-the-art on digestibility, performance and product quality / L. Gasco et al. *Animals*. 2019. Vol. 9, no. 4. P. 170. URL: <https://doi.org/10.3390/ani9040170>

5. Barragan-Fonseca K. B., Dicke M., van Loon J. J. A. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – a review. *Journal of Insects as Food and Feed*. 2017. Vol. 3, no. 2. P. 105–120. URL: <https://doi.org/10.3920/jiff2016.0055>

6. Bioconversion of organic wastes into biodiesel and animal feed via insect farming / K. C. Surendra et al. *Renewable energy*. 2016. Vol. 98. P. 197–202. URL: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.022>

7. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Meal as a Promising Feed Ingredient for Poultry: A Comprehensive Review / M. Abd El-Hack et al. *Agriculture*. 2020. Vol. 10, no. 8. P. 339. URL: <https://doi.org/10.3390/agriculture10080339>

8. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a dietary protein source for broiler production ensures a tasty chicken with standard meat quality for every pot / E. Pieterse et al. *Journal of the science of food and agriculture*. 2018. Vol. 99, no. 2. P. 893–903. URL: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9261>

9. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features / S. Dabbou et al. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2018.

Vol. 9, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0266-9>

10. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: effects on carcass traits, breast meat quality and safety / A. Schiavone et al. *Animal*. 2019. Vol. 13, no. 10. P. 2397–2405.

11. Chiesa S., Gnansounou E. Protein extraction from biomass in a bioethanol refinery—Possible dietary applications: Use as animal feed and potential extension to human consumption. *Bioresour Technol*. 2011. Vol. 102, no. 2. P. 427–436. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.07.125>

12. DiClaro II J. W., Kaufman P. E. Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae). *EDIS*. 2009. Vol. 2009, no. 7. URL: <https://doi.org/10.32473/edis-in830-2009>

13. Diener S. Valorisation of Organic Solid Waste using the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, in Low and Middle-Income Countries. URL: https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/BSF/Valorisation_of_organic_solid_waste.pdf

14. Effect of Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Maggots Meal as a Substitute for Fish Meal on Growth Performance, Biochemical Parameters and Digestibility of Broiler Chickens / K. Attivi et al. *International Journal of Poultry Science*. 2020. Vol. 19, no. 2. P. 75–80. URL: <https://doi.org/10.3923/ijps.2020.75.80>

15. Effect of Dietary Replacement of Fishmeal by Insect Meal on Growth Performance, Blood Profiles and Economics of Growing Pigs in Kenya / Chia et al. *Animals*. 2019. Vol. 9, no. 10. P. 705. URL: <https://doi.org/10.3390/ani9100705>

16. Effect of feeding larvae meal in the diets on growth performance, nutrient digestibility and meat quality in broiler chicken / K. Y. Kareem et al. *The indian journal of animal sciences*. 2018. Vol. 88, no. 10. P. 1180–1185.

URL: <https://doi.org/10.56093/ijans.v88i10.84155>

17. Effects of 50 percent substitution of soybean meal by alternative proteins from *hermetia illucens* or *spirulina platensis* in meat-type chicken diets with graded amino acid supply / S. Velten et al. *Open journal of animal sciences*. 2018. Vol. 08, no. 02. P. 119–136.

URL: <https://doi.org/10.4236/ojas.2018.82009>

18. EFFECTS OF BLACK SOLDIER FLY (*hermetia illucens*) LARVAE MEAL ON THE GROWTH PERFORMANCE OF BROILER CHICKENS / A. Mohammed et al. *UDS international journal of development*. 2017.

Vol. 4(1). P. 35–41. URL: <https://doi.org/10.47740/155.UDSIJD6i>.

19. Effects of dietary black soldier fly larvae on performance of broilers mediated or not through changes in microbiota / N. Moula et al. *Journal of insects as food and feed*. 2018. Vol. 4, no. 1. P. 31–42.

URL: <https://doi.org/10.3920/jiff2017.0011>

20. Effects of mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae hydrolysate on nutrient ileal digestibility in growing pigs compared to those of defatted mealworm larvae meal, fermented poultry by-product, and hydrolyzed fish soluble / K. H. Cho et al. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2020. Vol. 33, no. 3.

P. 490–500. URL: <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0793>

21. Efficient co-conversion process of chicken manure into protein feed and organic fertilizer by *Hermetia illucens* L. (Diptera: stratiomyidae) larvae and functional bacteria / X. Xiao et al. *Journal of environmental management*.

2018.

Vol. 217.

P. 668–676.

URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.122>

22. Environmental impact potential of insect production chains for food and feed in Europe / S. Smetana et al. *Animal frontiers*. 2023. Vol. 13, no. 4. P. 112–120.

URL: <https://doi.org/10.1093/af/vfad033>

AO, 2017. The future of food and agriculture – Trends and challenges, Rome.

24. Gut antimicrobial effects and nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae for weaned piglets / T. Spranghers et al. *Animal feed science and technology*. 2018. Vol. 235. P. 33–42.

URL: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.08.012>

25. Havenstein G., Ferret P., Qureshi M. Growth, livability, and feed conversion of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry science*. 2003. Vol. 82, no. 10. P. 1500–1508.

URL: <https://doi.org/10.1093/ps/82.10.1500>

26. *Hermetia illucens* larvae as a potential dietary protein source altered the microbiota and modulated mucosal immune status in the colon of finishing pigs / M. Yu et al. *Journal of animal science and biotechnology*. 2019. Vol. 10,

no. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0358-1>

27. High waste-to-biomass conversion and efficient *Salmonella* spp. reduction using black soldier fly for waste recycling / C. H. Lalander et al. *Agronomy for sustainable development*. 2014. Vol. 35, no. 1. P. 261–271.

URL: <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0235-4>

28. Influence of *Lactobacillus buchneri* on soybean curd residue co-conversion by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for food and feedstock production /

A. A. Somroo et al. *Waste management*. 2019. Vol. 86. P. 114–122.

URL: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.01.022>

29. Insects as food: Enrichment of larvae of *Hermetia illucens* with omega 3 fatty acids by means of dietary modifications / F. G. Barroso et al. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2017. Vol. 62. P. 8–13.

URL: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.04.008>

/

3

/

30. Insects for income generation through animal feed: effect of dietary replacement of soybean and fish meal with black soldier fly meal on broiler growth and economic performance / V. O. Onsongo et al. *Journal of economic entomology*. 2018. Vol. 111, no. 4. P. 1966–1973.

URL: <https://doi.org/10.1093/jee/toy118>

31. Interactive effects of threonine levels and protein source on growth performance and carcass traits, gut morphology, ileal digestibility of protein and amino acids, and immunity in broilers / I. Ahmed et al. *Poultry Science*.

2020. Vol. 99, no. 1. P. 280–289. URL: <https://doi.org/10.3382/ps/pez488>

32. Larval digestion of different manure types by the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) impacts associated volatile emissions / K. V. Beskin et al. *Waste Management*. 2018. Vol. 74. P. 213–220.

URL: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.019>

33. Longvah T., Mangthya K., Ramulu P. Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricini*) prepupae and pupae. *Food chemistry*. 2011. Vol. 128, no. 2. P. 400–403.

URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.041>

34. Meat Quality Derived from High Inclusion of a Micro-Alga or Insect Meal as an Alternative Protein Source in Poultry Diets: A Pilot Study / B. Altmann et al. *Foods*. 2018. Vol. 7, no. 3. P. 34.

URL: <https://doi.org/10.3390/foods7030034>

35. Neumann C., Velten S., Liebert F. The graded inclusion of algae (*spirulina platensis*) or insect (*hermetia illucens*) meal as a soybean meal substitute in meat type chicken diets impacts on growth, nutrient deposition and dietary protein quality depending on the extent of amino acid supplementation. *Open journal of animal sciences*. 2018. Vol. 08, no. 02. P. 163–183.

URL: <https://doi.org/10.4236/ojas.2018.82012>

36. New T. R., M. G. Paoletti (ed), ecological implications of minilivestock. potential of insects, rodents, frogs and snails. *Journal of insect conservation*.

2006. Vol. 11, no. 2. P. 213. URL: <https://doi.org/10.1007/s10841-006-9004-2>

37. Nijdam D., Rood T., Westhoek H. The price of protein: review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food policy*. 2012. Vol. 37, no. 6. P. 760–770.

URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.08.002>

38. Nkukwana T. T. Global poultry production: Current impact and future outlook on the South African poultry industry. *South african journal of animal science*. 2019. Vol. 48, no. 5. P. 869. URL: <https://doi.org/10.4314/sajas.v48i5.7>

39. Partial and total replacement of soybean meal with full-fat black soldier fly (*hermetia illucens* L.) larvae meal in broiler chicken diets: impact on growth performance, carcass quality and meat quality / D. Murawska et al. *Animals*. 2021. Vol. 11, no. 9. P. 2715. URL: <https://doi.org/10.3390/ani11092715>

40. Partially defatted black soldier fly larva meal inclusion in piglet diets: effects on the growth performance, nutrient digestibility, blood profile, gut morphology and histological features / I. Biasato et al. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2019. Vol. 10, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0325-x>

41. Patience J. F., Rossoni-Serão M. C., Gutiérrez N. A. A review of feed efficiency in swine: biology and application. *Journal of animal science and biotechnology*. 2015. Vol. 6, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0031-2>

42. Pimentel D., Pimentel M. Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *The american journal of clinical nutrition*. 2003. Vol. 78, no. 3. P. 660S–663S. URL: <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.660s>

43. Pirie N. W. Leaf protein as a human food. *Science*. 1966. Vol. 152, no. 3730. P. 1701–1705. URL: <https://doi.org/10.1126/science.152.3730.1701>

44. Rethinking organic wastes bioconversion: evaluating the potential of the black soldier fly (*hermetia illucens* (L.)) (diptera: stratiomyidae) (BSF) / K. C. Surendra et al. *Waste management*. 2020. Vol. 117. P. 58–80. URL: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.050>

45. Roberts L. 9 billion? *Science*. 2011. Vol. 333, no. 6042. P. 540–543.

URL: <https://doi.org/10.1126/science.333.6042.540>

46. Sánchez-Muros M.-J., Barroso F. G., Manzano-Agugliaro F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of cleaner production*. 2014. Vol. 65. P. 16–27.

URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.068>

47. Santamaría-Fernández M., Lübeck M. Production of leaf protein concentrates in green biorefineries as alternative feed for monogastric animals. *Animal feed science and technology*. 2020. Vol. 268. P. 114605.

URL: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114605>

48. Screening, Expression, Purification and Functional Characterization of Novel Antimicrobial Peptide Genes from *Hermetia illucens* (L.) / O. Elhag et al. *PLOS ONE*. 2017. Vol. 12, no. 1. P. e0169582.

URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169582>

49. Sj D., Bk A., Asmara BS A. Performance of spring chicken fed different inclusion levels of black soldier fly larvae meal. *Entomology, ornithology & herpetology: current research*. 2016. Vol. 05, no. 04.

URL: <https://doi.org/10.4172/2161-0983.1000185>

50. Solutions for a cultivated planet / J. A. Foley et al. *Nature*. 2011. Vol. 478, no. 7369. P. 337–342. URL: <https://doi.org/10.1038/nature10452>

51. Standardized ileal digestible amino acids and net energy contents in full fat and defatted black soldier fly larvae meals (*Hermetia illucens*) fed to growing pigs /

M. Crosbie et al. *Translational Animal Science*. 2020. Vol. 4, no. 3.

URL: <https://doi.org/10.1093/tas/txaa104>

52. State-of-the-art on use of insects as animal feed / H. P. S. Makkar et al. *Animal feed science and technology*. 2014. Vol. 197. P. 1–33.

URL: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>

53. Substitution of fishmeal with black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) against the performance of native chickens grower phase / A. S. Wahid et

al. *IOP conference series: earth and environmental science*. 2021. Vol. 788, no. 1. P. 012182. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/788/1/012182>

54. Sulphur amino acids, muscle redox status and meat quality: More than building blocks – Invited review / M. Estévez et al. *Meat Science*. 2020. Vol. 163. P. 108087. URL: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108087>

55. Surendra K. C., Kuehnie A. Embracing agtech for food security and beyond. *Industrial biotechnology*. 2019. Vol. 15, no. 6. P. 323–324. URL: https://doi.org/10.1089/ind.2019.29194_skc

56. TECHNICAL HANDBOOK OF DOMESTICATION AND PRODUCTION OF DIPTERA BLACK SOLDIER FLY (BSF) HERMETIA ILLUCENS, STRATIOMYIDAE. / D. Caruso et al. URL: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers17-11/010063336.pdf.

57. The digestible energy value of wheat for pigs, with special reference to the post-weaned animal [Review] / J. C. Kim et al. *Animal feed science and technology*. 2005. Vol. 122, no. 3-4. P. 257–287. URL: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.02.022>

58. The Effects of Diet Formulation on the Yield, Proximate Composition, and Fatty Acid Profile of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) Prepupae Intended for Animal Feed / Danieli et al. *Animals*. 2019. Vol. 9, no. 4. P. 178. URL: <https://doi.org/10.3390/ani9040178>

59. Tomberlin J. K., Sheppard D. C., Joyce J. A. Selected life-history traits of black soldier flies (diptera: stratiomyidae) reared on three artificial diets. *Annals of the entomological society of america*. 2002. Vol. 95, no. 3. P. 379–386. URL: [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2002\)095\[0379:slhtob\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2002)095[0379:slhtob]2.0.co;2)

60. Uushona T. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae as a protein source for broiler production. *SUNScholar Home*

URL: <https://scholar.sun.ac.za/server/api/core/bitstreams/550b3133-ec0f-475c-b608-934dcaed9078/content>

61. Van De Weerd H. A., Keatinge R., Roderick S. A review of key health-related welfare issues in organic poultry production. *World's poultry science journal*. 2009. Vol. 65, no. 4. P. 649–684.

URL: <https://doi.org/10.1017/s0043933909000464>

63. Veldkamp T., Vernooij A. G. Use of insect products in pig diets. *Journal of insects as food and feed*. 2021. Vol. 7, no. 5. P. 781–793.

URL: <https://doi.org/10.3920/jiff2020.0091>

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

I
N
K
h
tt
t
p
s
/
/
w
w
w
.
f
a
o
r
g
/
/