

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КОВТУН ПАВЛО ВАЛЕРІЙОВИЧ

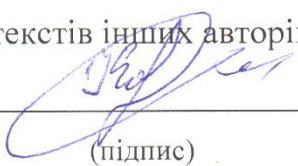
УДК: 636.52/.56.053.084:573.6

ДИСЕРТЦІЯ
БІОТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ БІЛКОВО-МІНЕРАЛЬНОЇ
БІОМАСИ ВЕРМИКУЛЬТУРИ ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ
ЗА ВИРОЩУВАННЯ *CHERAX QUADRICARINATUS*

Спеціальність: 204 – «Технологія виробництва і переробки продукції
тваринництва»

Галузь знань: 20 – «Аграрні науки та продовольство».

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів
і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело


Павло КОВТУН
(підпис)

Науковий керівник:

Сергій МЕРЗЛОВ, доктор с.-г. наук,
професор кафедри харчових
технологій і технологій переробки
продукції тваринництва БНАУ

Біла Церква – 2024

АНОТАЦІЯ

Ковтун П.В. Біотехнологія одержання білково-мінеральної біомаси вермикультури та її використання за вирощування *Cherax quadricarinatus*. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії із спеціальності 204 – Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва, Білоцерківський національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України, Біла Церква, 2024.

У дисертації представлені експериментальні дані встановлення оптимальних умов аерації посліду курчат-бройлерів із підстилкою (подрібнена солома злакових) за його ферментації, вивчення ефективності вирощування біомаси гібрида червоних каліфорнійських черв'яків на субстраті із посліду птиці компостованого прискореним методом та виявлення доцільності включення біомаси вермикультури до складу раціонів для раків *Cherax quadricarinatus*.

Дисертаційна робота підготовлена на базі біолого-технологічного факультету Білоцерківського національного аграрного університету, яка є елементом наукової тематики “Інтенсифікація технології одержання біомаси вермикультури та її застосування за вирощування ракоподібних” (№ держреєстрації 0124U002653).

Розроблення та удосконалення біоконверсних технологій, спрямованих на зменшення забруднення зовнішнього середовища відходами, які накопичуються за виробництва продукції птахівництва та виробництво із органічних відходів конкурентоспроможної продукції є актуальним у всьому світі.

Компостування органічних відходів птахівництва, зокрема посліду із підстилкою за використання мікробіологічних біодеструкторів та технології вирощування гібрида червоних каліфорнійських черв'яків є ефективними прийомами біоконверсних комплексів. Також одержання біомаси гібрида червоних каліфорнійських черв'яків на підготовленому методом ферментування посліді птиці дозволяє отримувати значні обсяги ефективної кормової білково-мінеральної добавки.

Біомаса каліфорнійських черв'яків містить значну частину повноцінного білка, до якого входять усі критичні та незамінні амінокислоти. Це дає можливість ефективно використовувати біомасу вермикультури як кормову добавку для різних видів сільськогосподарських тварин та птиці.

На сьогодні невивченим є ефективність застосування як субстрату посліду птиці із підстилкою (подрібнена солома злакових), ферментованого за інтенсивного способу аерації під час вирощування червоних каліфорнійських черв'яків. Крім того, науково-практичний інтерес становить вивчення доцільності включення біомаси вермикультури, отриманої удосконаленою технологією до складу раціонів раків *Cherax quadricarinatus*.

Враховуючи викладене вище, удосконалення способу ферментування посліду курчат-бройлерів за дослідження оптимального способу його аерації, встановлення ефективності вирощування на таких органічних відходах червоних каліфорнійських черв'яків та доведення доцільності включення біомаси черв'яків до складу раціонів для раків *Cherax quadricarinatus* має науково-господарське значення.

Під час реалізації мети наукової роботи вирішено низку завдань:

- доведено позитивний вплив різних методів та режимів аерації посліду курчат-бройлерів із підстилкою на час його компостування та технологічні критерії;
- встановлено вплив різних методів та режимів аерації на хімічні та мікробіологічні показники ферментованого посліду бройлерів;
- вивчено ефективність застосування субстрату із ферментованого посліду курчат-бройлерів за різних умов та режимів аерації на розмноження і ріст червоних каліфорнійських черв'яків;
- доведено вплив компостованого посліду курчат-бройлерів за різних умов та режимів аерації на хімічні і біохімічні показники у біомасі каліфорнійських черв'яків;
- вивчено вплив різного вмісту біомаси черв'яків у складі раціонів для австралійського рака на його ріст та прирости;

– виявлено вплив біомаси вермикультури у складі раціонів на біохімічні та хімічні показники у організмі раків *Cherax quadricarinatus*;

– доведено вплив біомаси каліфорнійських черв'яків, вирощеної на субстраті із посліду курчат-бройлерів ферментованого за активної аерації на безпечність та якість продукції *Cherax quadricarinatus*;

– проведені розрахунки економічності ефективності застосування у складі раціонів для раків біомаси черв'яків.

Наукову роботу проводили із застосуванням апробованих та сучасних методів дослідження: хімічних, біохімічних, біотехнологічних, зоотехнічних, гідрохімічних, мікробіологічних, математично-статистичних.

Здобувач особисто провів дослідження щодо впливу різних умов та режимів аерації на процес ферментування посліду птиці, ефективності використання цього посліду за вирощування каліфорнійських черв'яків та їх застосування у складі раціонів раків *Cherax quadricarinatus*. Провів статистично-математичні розрахунки експериментальних даних. Формування мети роботи, інтерпретацію отриманих експериментальних даних та їх узагальнення здійснено за консультативної допомоги наукового керівника, професора Сергія Мерзлова.

Досліджуючи мікробіологічний склад посліду курчат-бройлерів із підстилкою за зберігання його без додавання біодеструкторів і без проведення аерації встановлено, що найбільша кількість *Bacillus subtilis*. спостерігалась на 4-му місяці компостування.

Виявлено, що на підвищення температури у середині буртів посліду птиці впливає спосіб та інтенсивність аерації. За нагнітання повітря у середину біомаси посліду двічі на добу встановлено найвищу температуру на 10-ту добу компостування. Порівнюючи вплив кратності збагачення посліду повітрям продовж доби на температуру посліду курчат-бройлерів виявлено, що за двократної аерації статистично значущого зростання температури посліду в середині буртів не відмічали.

Доведено, що у період термофільної фази ферментування відносні втрати вологи як у контрольній так і дослідних групах були більшими ніж у період

зменшення температури компосту (мезофільна або психрофільна фази). Чим інтенсивніше проводили аерацію посліду бройлерів під час його компостування, тим втрати вологи були більшими.

Виявлено вплив різних режимів та методів збагачення посліду бройлерів у буртах повітрям на кількість мікроорганізмів у ньому. Найнижчий показник КУО/г *Bacillus spp.* був виявлений у посліді із контрольної групи. За дворазової продовж доби аерації посліду курчат-бройлерів показник КМАФАнМ та кількість *Bacillus spp.* були найбільшими продовж усього часу компостування.

Дослідженнями встановлено, що чим інтенсивніше проводили аерацію посліду бройлерів, тим вміст загального Нітрогену у ферментованій біомасі був вищим. У дослідній групі, де аерацію проводили щодоби двічі по 15 хв вміст Нітрогену у посліді був вищим ніж у контролі (аерація за механічного перемішування) на 10,1 %. Доведено позитивний вплив аерації на процес мінералізації посліду під час компостування, що підтверджується зростанням вмісту Кальцію у останньому.

За постановки біопроби було доведено, що послід курчат-бройлерів можливо підготувати для використання у складі субстрату за активної аерації біомаси продовж 160-ти діб на фоні застосування суміші біодеструкторів.

На другому етапі дослідження встановлювали ефективність вирощування гібрида червоних каліфорнійських черв'яків на субстраті із посліду курчат-бройлерів, ферментованого за активної аерації. Виявлено, що за культивування вермикультури на субстраті, який містив послід курчат-бройлерів, що ферментували за щодобової одноразової аерації збільшується кількість статевозрілих черв'яків на 15,7 % щодо контролю. Встановлено вплив складу субстрату на масу тіла статевозрілих особин. У мікроложах з I-ї дослідної групи середня маса однієї особини була більшою ніж у контролі на статистично значущу величину.

Доведено збільшення чисельності та маси черв'яків, що не досягли статевої зрілості, яких культивували на посліді птиці, компостованого за активної аерації. Різниця в обох випадках була статистично значущою.

Встановлено, що наприкінці експерименту кількість коконів у контрольній групі становила 180 штук. За використання посліду бройлерів компостованого за активного збагачення повітрям як субстрату (I-ша дослідна група) кількість коконів була більшою на 9,4 % стосовно контролю. Виявлено, що у I-й дослідній групі маса відкладених черв'яками коконів була більшою щодо контролю на 10,9 %.

Доведено, що ферментований за активної аерації послід бройлерів із підстилкою позитивно впливає на білковий обмін у організмі дослідних черв'яків, що підтверджується тенденцією до збільшення вмісту загально білка, та статистично значущим підвищенням активності амінотрансфераз.

Виявлено, що вміст загальних і білкових NS-груп у біомасі вермикультури із дослідних груп має тенденцію до збільшення, що є свідченням відсутності у ферментованому посліді, в якому вирощували черв'яків, сполук та речовин, які негативно б впливали на них.

Доведено взаємозв'язок, чим інтенсивніше проводили аерацію посліду птиці під час його компостування, тим вміст металів-біотиків у біомасі вермикультури, яку вирощували на такому посліді був вищим.

Вивчаючи ефективність використання біомаси вермикультури в раціонах для раків *Cherax quadricarinatus* було встановлено, що включення 15,0 % кормової добавки від маси корму приводить до найбільшого підвищення маси тіла раків. Різниця із контролем, I- та III-ю дослідними групами становила, відповідно, 8,2; 4,5 та 1,0 %. Виявлено, що використання біомаси червоних каліфорнійських черв'яків сприяє підвищенню збереження молодняку раків. За згодовування *Cherax quadricarinatus* 15,0 та 20,0 % біомаси вермикультури показник збереження поголів'я підвищується на 8,0 % стосовно контрольної групи. За оптимального вмісту біомаси вермикультури у складі раціонів підвищується білковий обмін у організмі раків, а також виявлено статистично значуще підвищення вмісту білкових сульфгідрильних груп у печінці *Cherax quadricarinatus*.

Встановлена закономірність підвищення або зниження вмісту мікроелементів та макроелементів у м'ясі раків залежно від концентрації цих елементів у біомасі вермикультури.

Досліджуючи біологічну цінність м'яса раків доведено, що за введення у середовище м'яса раків, які споживали раціони із вмістом 15,0 % біомаси вермикультури, кількість клітин *Tetrachimena piriformis*, була більшою відповідно, на 8,8 та 8,5 % щодо показника у контрольній групі. У такий спосіб доведено, що за згодовування ракам раціонів із вмістом 15,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків біологічна цінність їх м'яса підвищується.

Доведено, що за використання оптимальної дози біомаси вермикультури у складі раціонів підвищується вміст сухої речовини у м'язовій тканині раків завдяки підвищенню вмісту загального білка та ліпідів.

Розрахунковим методом, керуючись даними виробничої перевірки було встановлено, що включення до раціонів 15,0 % біомаси вермикультури призводить до зростання рівня рентабельності вирощування *Cherax quadricarinatus* на 14,5 %.

Наукова новизна одержаних результатів. Розроблено прискорений спосіб ферментування посліду курчат-бройлерів із підстилкою (подрібнена солома злакових) за активної його аерації та використання суміші біодеструкторів. Встановлено оптимальний метод та режим аерації посліду бройлерів за його компостування. Доведено позитивний вплив аерації способом нагнітання повітря компресором у середину буртів із послідом курчат-бройлерів на зменшення часу його ферментування.

Виявлено, що за використання поживного середовища для вермикультури із посліду бройлерів, який компостували прискореним методом за активної аерації підвищуються показники збільшення маси тіла та розмноження червоних каліфорнійських черв'яків.

Експериментально доведено ефективність включення біомаси червоних каліфорнійських черв'яків до складу раціонів австралійських раків *Cherax quadricarinatus*.

Вивчено біохімічні та хімічні показники у м'ясі та печінці раків *Cherax quadricarinatus*, яким згодовували раціони із вмістом біомаси вермикультури, вивчено біологічну цінність м'яса раків.

Практичне значення результатів досліджень. Доведено, що за додаткової аерації посліду курчат-бройлерів під час ферментування, щодоби продовж 15 хвилин методом нагнітання повітря у середину буртів компресором скорочується час компостування до 5-ти місяців.

Виявлено, що включення до складу поживного середовища для вермикультури посліду курчат-бройлері, який компостували за інтенсивної аерації супроводжується підвищенням маси, кількості черв'яків та їх коконів, відповідно, на 23,3–46,8; 10,3–15,6; 9,4 та 10,9 % порівняно із контролем. За вирощування гібрида червоних каліфорнійських черв'яків на субстраті із посліду бройлерів, який ферментували за активної аерації вміст загального білка у біомасі вермикультури підвищується на 2,4 %.

Встановлено, що включення до складу раціонів біомаси червоних каліфорнійських черв'яків вирощеної за удосконаленої технології у кількості 15,0 % сприяє збільшенню маси тіла *Cherax quadricarinatus*, на 8,2 % ($p < 0,001$) щодо контролю, та підвищенню рентабельності вирощування раків на 14,5 %.

Керуючись даними отриманими під час проведення досліджень, сформовані рекомендації для виробників щодо вирощування біомаси каліфорнійських черв'яків удосконаленим методом та застосування її у складі раціонів для раків *Cherax quadricarinatus*. Рекомендації розглянуто і затверджено на раді біолого-технологічного факультету Білоцерківського національного аграрного університету (Протокол № 2 від 27. 09. 2023 р.).

Експериментальні дані, наведені у дисертації, можна використовувати за викладання дисциплін: “Іхтіологія”, «Технологія переробки відходів тваринництва», “Прикладна біотехнологія”, “Екологія у тваринництві”, у вищих навчальних закладах під час підготовки фахівців за освітніми програмами: «Водні біоресурси та аквакультура», “Біотехнологія та біоінженерія”, “Екологія, охорона

навколишнього середовища” та “Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва”.

Ключові слова: біодеструктор, послід, аерація, компостування, біомаса вермикультури, гібрид червоних каліфорнійських черв’яків, бактерії, КМАФАНМ, *Bacillus subtilis.*, кокони черв’яків, *Cherax quadricarinatus*, австралійський червонопалий рак.

ABSTRACT

Kovtun P. Biotechnology of protein-mineral biomass production of vermiculture and its use in the cultivation of *Cherax quadricarinatus*. - Qualification scientific work on the rights of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in speciality 204 - technology of production and processing of livestock products, Bila Tserkva National Agrarian University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Bila Tserkva, 2024.

The dissertation presents experimental data on the establishment of optimal conditions for aeration of broiler chickens manure with bedding (chopped cereal straw) during its fermentation, studying the effectiveness of growing biomass of a red Californian worm hybrid on a substrate from poultry manure composted by an accelerated method and identifying the feasibility of including vermiculture biomass in the composition of diets for crayfish *Cherax quadricarinatus*.

The thesis was prepared at the Faculty of Biology and Technology of Bila Tserkva National Agrarian University, which is an element of the scientific topic "Improvement of biotechnological processes of vermiculture and use of worm biomass in feeding crayfish *Cherax quadricarinatus*" (state registration number 0124U).

The development and improvement of bioconversion technologies aimed at reducing environmental pollution by waste accumulated in the production of poultry products and the production of competitive products from organic waste is relevant worldwide.

Composting of organic poultry waste, including manure with litter, using microbiological biodestructors and the technology of growing a hybrid of red California worms are effective methods of bioconversion complexes. In addition, the production of biomass of the red Californian worm hybrid on poultry manure prepared by fermentation allows to obtain large volumes of an effective feed protein and mineral additive.

The biomass of Californian worms contains a significant proportion of complete protein, which includes all critical and essential amino acids. This makes it possible to effectively use vermiculture biomass as a feed additive for various types of farm animals and poultry.

Currently, the effectiveness of using poultry manure with bedding (chopped cereal straw) fermented under intensive aeration for the cultivation of red Californian worms as a substrate has not been studied. In addition, it is of scientific and practical interest to study the feasibility of including vermiculture biomass obtained by the improved technology in the composition of diets of crayfish *Cherax quadricarinatus*.

In view of the above, improving the method of fermentation of broiler chickens' manure by studying the optimal method of its aeration, establishing the efficiency of rearing red Californian worms on such organic waste and proving the feasibility of including worm biomass in the composition of diets for growing crayfish *Cherax quadricarinatus* is of scientific and economic importance.

A number of tasks have been solved in the course of realisation of the research goal:

- to prove the positive effect of different methods and modes of aeration of broiler chickens' manure with litter on its composting time and technological criteria;
- the effect of different methods and modes of aeration on the chemical and microbiological parameters of fermented broiler manure has been determined;
- the effectiveness of using a substrate from fermented broiler manure under different conditions and aeration regimes on the reproduction and growth of red Californian worms has been studied;
- the influence of composted broiler manure under different conditions and aeration regimes on chemical and biochemical parameters in the biomass of California worms has been proved;

- the effect of different content of worm biomass in the composition of diets for Australian crayfish on its growth and weight gain has been studied;
- the effect of vermiculture biomass in the composition of diets on biochemical and chemical parameters in the body of crayfish *Cherax quadricarinatus* has been revealed;
- the influence of Californian worms biomass grown on a substrate from broiler chickens manure fermented with active aeration on the safety and quality of *Cherax quadricarinatus* products has been proved;
- the calculation of the economic efficiency of using worm biomass in crayfish diets.

The scientific work was carried out using proven and modern research methods: chemical, biochemical, biotechnological, zootechnical, hydrochemical, microbiological, mathematical and statistical.

The applicant personally conducted research on the effect of different conditions and aeration regimes on the process of fermentation of poultry manure, the effectiveness of using this manure for the cultivation of Californian worms and their use in the diets of crayfish *Cherax quadricarinatus*. He has also conducted the statistical and mathematical calculations of experimental data. Formation of the purpose of the work, interpretation of the experimental data and their generalisation were carried out with the advisory assistance of the supervisor, Professor Serhii MERZLOV.

On the base of the investigation of the microbiological composition of broiler chickens manure with litter during its storage without the addition of biodegraders and without aeration, it has been found that the highest number of *Bacillus* spp. was observed at 4 months of composting.

It was found that the method and intensity of aeration affects the temperature increase in the middle of poultry manure piles. When air was injected into the middle of the manure biomass twice a day, the highest temperature was established on the 10th day of composting. Comparing the effect of the frequency of manure enrichment with air during the day on the temperature of broiler chickens' manure, it was found that with twice daily aeration, no statistically significant increase in the temperature of manure in the middle of the piles was observed.

It was proved that during the thermophilic phase of fermentation, the relative moisture loss in both the control and experimental groups was higher than during the period of compost temperature reduction (mesophilic or psychrophilic phase). The more intensive the aeration of broiler manure during its composting, the greater the moisture loss.

The influence of different modes and methods of broiler manure enrichment in piles with air on the number of microorganisms in it was revealed. The lowest indicator of CFU/g of *Bacillus* spp. was found in the litter from the control group. With twice daily aeration of broiler chickens' manure, the index of KMAFAnM and the number of *Bacillus* spp. were the highest during the entire composting period.

Studies have shown that the more intensive the aeration of broiler manure, the higher the content of total Nitrogen in fermented biomass. In the experimental group, where aeration was carried out twice daily for 15 minutes, the Nitrogen content in the manure was 10.1% higher than in the control (aeration by mechanical mixing). The positive effect of aeration on the process of manure mineralisation during composting was proved, which is confirmed by the increase in the calcium content of the latter.

The bioassay proved that broiler chicken manure can be prepared for use as a substrate by applying active aeration of biomass for 160 days against the background of a mixture of biodestructors.

At the second stage of the study, the efficiency of growing a hybrid of red California worms on a substrate from broiler chickens' manure fermented with active aeration was determined. It was found that when cultivating vermiculture on a substrate containing broiler chickens' droppings fermented with daily single aeration, the number of mature worms increased by 15.7 % compared to the control. It was established the effect of substrate composition on the body weight of mature individuals. In the microchambers of the first experimental group, the average weight of one individual was statistically significantly higher than in the control.

The increase in the number and weight of worms that have not reached sexual maturity, which were cultivated on poultry manure composted with active aeration, was proved. The difference in both cases was statistically significant.

It was found that at the end of the experiment the number of cocoons in the control group was 180. When using composted broiler manure with active air enrichment as a substrate (experimental group I), the number of cocoons was 9.4 % higher than in the control group. It was found that in the first experimental group, the weight of cocoons laid by worms was 10.9 % higher than in the control.

It has been proved that fermented broiler manure with litter under active aeration has a positive effect on protein metabolism in the body of experimental worms, which is confirmed by a tendency to increase the content of total protein and a statistically significant increase in the activity of aminotransferases.

It was found that the content of total and protein HS-groups in the biomass of vermiculture from the experimental groups tends to increase, which is evidence of the absence of compounds and substances in the fermented manure in which the worms were grown that would negatively affect them.

The relationship has been proved: the more intensive the aeration of poultry manure during its composting, the higher the content of biotic metals in the biomass of vermiculture grown on such manure.

Studying the effectiveness of using vermiculture biomass in diets for crayfish *Herax quadricarinatus*, it was found that the inclusion of 15.0 % of the feed additive by weight of feed leads to the greatest increase in body weight of crayfish. The difference with the control, I and III experimental groups was 8.2 %, 4.5 % and 1.0 %, respectively. It was found that the use of red Californian worm biomass helps to increase the safety of young crayfish. When feeding 15.0 and 20.0 % of vermiculture biomass to *Cherax quadricarinatus*, the rate of livestock preservation increased by 8.0 % compared to the control group. At the optimal content of vermiculture biomass in the diets, protein metabolism in the body of crayfish increases, and a statistically significant increase in the content of sulfhydryl groups in the liver of *Cherax quadricarinatus* was found.

The regularity of increasing or decreasing the content of trace elements and macronutrients in crayfish meat depending on the concentration of these elements in vermiculture biomass was established.

The study of the biological value of crayfish meat proved that the number of *Tetraschimena piriformis* cells in the meat of crayfish fed diets containing 15.0 % vermiculture biomass was 8.8 and 8.5 % higher, respectively, than in the control group. This proves that feeding crayfish with diets containing 15.0 % of Californian worm biomass increases the biological value of their meat.

It has been proven that the use of the optimal dose of vermiculture biomass in the diet increases the dry matter content in the muscle tissue of crayfish due to an increase in the content of total protein and lipids.

The calculation method, based on the data of the production test, showed that the inclusion of 15.0 % of vermiculture biomass in the diets leads to an increase in the level of profitability of growing *Cherax quadricarinatus* by 14.5 %.

Scientific novelty of the results. An accelerated method of fermentation of broiler chickens' manure with bedding (chopped cereal straw) with its active aeration and the use of a mixture of biodestructors was developed. The optimal method and mode of aeration of broiler manure during its composting have been established. The positive effect of aeration by injecting air into the middle of piles with broiler manure by a compressor to reduce the time of its fermentation was proved.

It was found that the use of vermiculture nutrient medium from broiler manure composted by an accelerated method with active aeration increases the indicators of body weight gain and reproduction of red Californian worms.

The effectiveness of the inclusion of red Californian worm biomass in the diets of Australian crayfish *Cherax quadricarinatus* was experimentally proved.

The biochemical and chemical parameters in the meat and liver of *Cherax quadricarinatus* crayfish fed diets containing vermiculture biomass were studied, and the biological value of crayfish meat was investigated.

Practical significance of the research results. It was proved that additional aeration of broiler chickens' manure during fermentation, for 15 minutes daily by injecting air into the middle of the piles with a compressor, reduces the composting time to 5 months.

It was found that the inclusion of broiler manure composted under intensive aeration in the nutrient medium for vermiculture was accompanied by an increase in the weight,

number of worms and their cocoons, respectively, by 23.3-46.8, 10.3-15.6, 9.4 and 10.9 % compared to the control. When growing a hybrid of red California worms on a substrate from broiler manure fermented with active aeration, the content of total protein in vermiculture biomass increased by 2.4 %.

It was found that the inclusion of red California worm biomass grown under the improved technology in the amount of 15.0 % in the diets contributes to an increase in the body weight of *Cherax quadricarinatus* by 8.2 % ($p < 0.001$) compared to the control and an increase in the profitability of crayfish farming by 14.5 %.

Guided by the data obtained during the research, recommendations for producers on the cultivation of California worm biomass by the improved method and its use in the composition of diets for crayfish *Cherax quadricarinatus* were developed. The recommendations were reviewed and approved by the Council of the Faculty of Biology and Technology of Bila Tserkva National Agrarian University (Protocol No. 2 of 27.09.2023).

The experimental data described in the dissertation can be used in teaching the disciplines "Ichthyology", "Technology of livestock waste processing", "Applied biotechnology", "Ecology in animal husbandry", in higher education institutions during the training of specialists in the following educational programmes: "Aquatic Bioresources and Aquaculture", "Biotechnology and Bioengineering", "Ecology, Environmental Protection" and "Technology of Production and Processing of Livestock Products".

Key words: biodestructor, manure, aeration, composting, vermiculture biomass, red Californian worm hybrid, bacteria, KMAFanM, *Bacillus* spp., worm cocoons, *Cherax quadricarinatus*, Australian redclaw crayfish.

.СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. **Ковтун П. В.**, Мерзлов С. В. (2023) Температурні та мікробіологічні показники посліду птиці за різних режимів його ферментування. Наукові доповіді НУБіП України, № 5/105, DOI: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi5\(105\).2023.014](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi5(105).2023.014) (0,28 д.а.; дисертант узагальнив матеріали і брав участь у підготовці статті)

2. **Kovtun, P. V.**, & Merzlov, S. V. (2023). Indicators of the microbiological composition of broiler chicken droppings with litter during different storage times. *Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology*, 24(1), 48-55. <https://doi.org/10.36359/scivp.2023-24-1.07> (0,22 д.а.; дисертант узагальнив матеріали і брав участь у підготовці статті)

3. **Kovtun, P.**, & Merzlov, S. (2023). Application of the fermented broiler chickens manure under different aeration regimes during vermiculture cultivation. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, 25(99), 108-113. (0,16 д.а.; дисертант узагальнив матеріали і брав участь у підготовці статті)

4. **Ковтун П. В.**, Мерзлов С. В. (2024) Маса тіла *Cherax Quadricarinatus* та показники вмісту HS-груп у їх печінці за включення у раціони різних доз біомаси вермикультури. Наукові доповіді НУБіП України, № 1/107. DOI: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.1\(107\).2024.016](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.1(107).2024.016) (0,32 д.а.; дисертант узагальнив матеріали і брав участь у підготовці статті)

Матеріали науково-практичних конференцій:

5. **Ковтун П.В.**, Мерзлов С.В. Біологічна цінність м'язової тканини *Cherax quadricarinatus* за використання у їх раціоні біомаси вермикультури. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Білоцерківський НАУ. Сучасний розвиток технологій тваринництва. Інноваційні підходи у харчових технологіях. 26 жовтня 2023 р. м. Біла Церква. 15-17 с. (0,09 д.а.; дисертант узагальнив матеріали і брав участь у підготовці написання тез)

Рекомендації:

6. **Ковтун П.В.**, Мерзлов С.В. Методичні рекомендації щодо культивування гібрида червоних каліфорнійських черв'яків на субстраті із посліду бройлерів, який компостували за активної аерації та застосування її у складі раціонів раків *Cherax quadricarinatus*. Біла Церква. 2024. 10 с. (0,29 д.а.; дисертант узагальнив матеріали і брав участь у підготовці рекомендацій)

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 19 |
| РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ | 25 |
| 1.1. Основи компостування органічних відходів за використання біопрепаратів..... | 25 |
| 1.2. Характеристика черв'яків та технологія вермикультивування..... | 30 |
| 1.3. Вирощування раків <i>Cherax quadricarinatus</i> та їх годівля..... | 38 |
| РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ | 45 |
| 2.1. Місце та матеріали досліджень | 45 |
| 2.2. Методи дослідження показників | 52 |
| РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ..... | 55 |
| 3.1. Удосконалення технології ферментування посліду курчат-бройлерів за встановлення оптимальних умов аерації | 55 |
| 3.1.1. Вміст деяких бактерій у посліді птиці із підстилкою на різних етапах зберігання без додаткової аерації | 55 |
| 3.1.2. Дослідження методів інтенсивності аерації на показники температури та вмісту вологи у посліді бройлерів під час компостування | 60 |
| 3.1.3. Встановлення мікробіологічних показників у посліді за різних умов аерації | 65 |
| 3.1.4. Хімічні, органолептичні показники посліду курчат-бройлерів за ферментації та проведення біопроби компосту | 68 |
| 3.2. Дослідження впливу посліду курчат-бройлерів у складі субстрату на показники технології вермикультивування..... | 79 |
| 3.2.1. Ріст та розмноження каліфорнійських черв'яків на субстраті із посліду птиці, ферментованого за різних умов аерації | 79 |
| 3.2.2. Дослідження біохімічних показників у організмі каліфорнійських черв'яків | 83 |
| 3.2.3. Дослідження хімічних показників у організмі каліфорнійських черв'яків та біогумусі | 87 |

| | |
|--|-----|
| 3.3. Встановлення ефективності використання біомаси вермикультури у складі раціонів <i>Cherax quadricarinatus</i> | 91 |
| 3.3.1. Дослідження впливу біомаси каліфорнійських черв'яків у складі раціонів на прирости раків..... | 91 |
| 3.3.2. Показники білкового обміну та вмісту HS-груп у печінці раків <i>Cherax quadricarinatus</i> | 93 |
| 3.3.3. Встановлення впливу біомаси вермикультури на вміст мінеральних елементів у м'язовій тканині раків | 96 |
| 3.3.4. Оцінка біологічної цінності м'яса <i>Cherax quadricarinatus</i> та його хімічний склад..... | 102 |
| 3.4. Виробнича перевірка на <i>Cherax quadricarinatus</i> | 106 |
| 3.5. Аналіз економічної ефективності застосування біомаси каліфорнійських черв'яків за вирощування раків <i>Cherax quadricarinatus</i> | 108 |
| РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ..... | 110 |
| ВИСНОВКИ | 120 |
| ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ..... | 122 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 123 |
| ДОДАТКИ..... | 141 |

ВСТУП

Актуальність проблеми. Виробництво м'яса птиці супроводжується збільшенням утворення і накопичення органічних відходів, зокрема посліду із підстилкою [136]. Впровадження технологій спрямованих на зменшення забруднення навколишнього середовища відходами виробництва продукції тваринництва та одержання із них додаткової конкурентоспроможної продукції на сьогодні є актуальними завданнями [21, 164].

Аеробне ферментування за використання бактеріальних препаратів та вермикультивування є перспективними методами у біоконверсійній системі утилізації значних обсягів відходів птахівництва, зокрема, посліду курчат-бройлерів із підстилкою [164]. Крім того, виробництво біомаси каліфорнійських черв'яків на відходах птахівництва після компостування дозволяє отримувати значні обсяги білково-мінеральної кормової добавки [110].

Білок біомаси вермикультури належить до повноцінного, який має усі незамінні амінокислоти. Це створює передумови для ефективного застосування біомаси черв'яків для різних видів тварин.

Наразі недостатньо вивченим є доцільність застосування у складі субстрату посліду курчат-бройлерів із підстилкою (солома злакових) компостованого за інтенсивної аерації під час вирощування гібрида червоних каліфорнійських черв'яків.

Однією із технологій аквакультури є вирощування раків *Cherax quadricarinatus*, яка має значні темпи розвитку [3, 166]. Науковий інтерес становить дослідження ефективності включення біомаси черв'яків, вирощених за удосконаленої технології, до складу раціонів *Cherax quadricarinatus*.

Отже, зважаючи на викладене вище, удосконалення компостування посліду курчат-бройлерів за встановлення оптимального способу його аерації, доведення ефективності вирощування на такому посліді гібрида червоних каліфорнійських черв'яків та визначення доцільності використання біомаси вермикультури за вирощування *Cherax quadricarinatus* має науково-господарське значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота є елементом теми "Інтенсифікація технології одержання біомаси

вермикультури та її застосування за вирощування ракоподібних” (№ держреєстрації 0124U002653), яку проводять співробітники Інституту тваринництва та харчових технологій Білоцерківського національного аграрного університету впродовж 2020–2024 років.

Мета і завдання дослідження. Метою є удосконалення технології ферментування посліду курчат-бройлерів за різних способів та режимів його аерації, виявлення ефективності вирощування гібрида червоних каліфорнійських черв'яків на субстраті із ферментованим послідом та встановлення доцільності використання біомаси вермикультури за вирощування *Cherax quadricarinatus*.

Для досягнення мети дослідження були сформовані такі завдання:

- встановити вплив різних методів аерації посліду курчат-бройлерів із підстилкою на час його ферментування та технологічні показники;
- дослідити вплив різних методів аерації на мікробіологічні та хімічні показники ферментованого посліду птиці;
- вивчити ефективність використання субстрату із компостованого посліду курчат-бройлерів за різних умов аерації на розмноження та ріст гібрида червоних каліфорнійських черв'яків;
- встановити вплив ферментованого посліду курчат-бройлерів за різних умов аерації на хімічні та біохімічні показники у біомасі вермикультури;
- вивчити вплив різних доз біомаси черв'яків у складі раціонів для австралійського червонопалого рака на його ріст, прирости та конверсію корму;
- встановити вплив біомаси черв'яків у складі раціонів на біохімічні та хімічні показники у організмі *Cherax quadricarinatus*;
- дослідити вплив біомаси черв'яків вирощеної на субстраті із вмістом посліду птиці ферментованого за додаткової аерації на безпечність та якість продукції *Cherax quadricarinatus*;
- розрахувати економічну ефективність застосування у складі раціонів для *Cherax quadricarinatus* біомаси черв'яків.

Об'єкт дослідження – удосконалення прискореної технології ферментування посліду бройлерів за використання різних методів аерації, доведення ефективності

вирощування на ньому біомаси черв'яків та доцільності її застосування за вирощування *Cherax quadricarinatus*.

Предмет дослідження – аерація посліду у буртах, послід птиці, біомаса черв'яків, підстилка, суміш біодеструкторів, кокони черв'яків, субстрат, м'язова тканина раків *Cherax quadricarinatus*, раціони для раків, маса тіла раків, біологічна цінність м'яса раків, макроелементи, мікроелементи, вміст білка.

Методи дослідження:

– зоотехнічні – дослідження методом груп-аналогів впливу біомаси вермикультури, отриманої на посліді птиці компостованого за додаткової аерації, на ріст і масу тіла *Cherax quadricarinatus*;

– хімічний аналіз – вивчення вмісту сирової золи, мікроелементів (Ферум, Купрум, Цинк, Плюмбум та Кадмій) у біомасі гібрида червоних каліфорнійських черв'яків, вирощених на посліді птиці ферментованого за активної аерації, дослідження вмісту мінеральних речовин (Ферум, Манган, Купрум та Магній) у біогумусі черв'яків, вмісту макроелементів (Калій, Кальцій, Натрій), вмісту мікроелементів (Цинк, Купрум, Ферум, Кобальт) у м'язовій тканині раків, вмісту Нітрогену, Фосфору та Калію у посліді птиці до і після ферментації;

– біотехнологічні – відпрацювання оптимального способу аерації за компостування посліду курчат-бройлерів, дослідження впливу посліду курчат-бройлерів із підстилкою ферментованого за інтенсивної аерації як субстрату на ефективність вирощування гібрида червоних каліфорнійських черв'яків;

– мікробіологічні – дослідження показника КМАФАнМ та вмісту ряду бактерій у посліді птиці перед ферментацією і під час процесу його ферментації, дослідження біологічної цінності м'яса раків із використанням культури *Tetrachimena piriformis*;

– біохімічні – дослідження вмісту сульфогідрильних груп, загального білка, ліпідів, активності ензимів (аспартатамінотрансфераза АсАт, аланінамінотрансфераза АлАт, лужна фосфатаза) в організмі черв'яків та вмісту загально білка, сульфогідрильних груп, активності АсАт та АлАт у печінці *Cherax quadricarinatus*;

- гідрохімічні – концентрація Оксигену у воді під час вирощування раків;
- математично-статистичні – встановлення кількісних показників експериментальних даних, розрахунок економічної ефективності включення у раціон *Cherax quadricarinatus* біомаси гібрида червоних каліфорнійських черв'яків.

Наукова новизна одержаних результатів. Удосконалено спосіб компостування посліду курчат-бройлерів із підстилкою (подрібнена солома злакових) за інтенсивної аерації. Доведено оптимальний метод аерації посліду птиці за його ферментації. Встановлено позитивний вплив активної аерації способом нагнітання повітря компресором у середину посліду курчат-бройлерів на скорочення часу його компостування.

Доведено, що за використання субстрату із посліду птиці, який ферментували за активної аерації, та суміші біологічних препаратів – підвищуються показники розмноження і росту каліфорнійських черв'яків.

Експериментально підтверджено ефективність застосування біомаси червоних каліфорнійських черв'яків у складі раціонів раків *Cherax quadricarinatus*.

Досліджено хімічні, біохімічні показники у м'ясі та печінці *Cherax quadricarinatus*, яким згодовували раціони із різним вмістом біомаси вермикультури, а також біологічну цінність м'яса раків.

Практичне значення результатів досліджень. Доведено, що за додаткової аерації посліду птиці продовж 15 хв. щодоби методом нагнітання повітря у середину бurtів компресором компостування органічної біомаси можливо скоротити до 5–ти місяців.

Встановлено, що включення до складу субстрату для вермикультури посліду птиці, який компостували за інтенсивної аерації, приводить до підвищення маси, кількості черв'яків та їх коконів, відповідно, на 23,3–46,8; 10,3–15,6; 9,4 та 10,9 % порівняно із контрольною групою. За вирощування червоних каліфорнійських черв'яків на субстраті із посліду птиці вміст білка у біомасі останніх підвищується на 2,4 %.

Виявлено, що включення до складу раціонів біомаси каліфорнійських черв'яків, отриманих за удосконаленої технології у кількості 15,0 % від маси

сприяє збільшенню маси тіла раків на 8,2 % ($p < 0,001$) щодо контролю, та підвищенню рентабельності технології на 14,7 %.

За використання результатів досліджень сформовані рекомендації для виробництва щодо культивування гібрида червоних каліфорнійських черв'яків на субстраті із посліду бройлерів, який компостували за активної аерації та застосування її у складі раціонів раків *Cherax quadricarinatus*. Рекомендації розглянуті і позитивно схвалені радою біолого-технологічного факультету Білоцерківського НАУ (Протокол № 2 від 27 жовтня 2023 р.).

Отримані експериментальні дані, викладені у дисертації, можна застосовувати під час читання низки дисциплін: “Прикладна біотехнологія”, “Іхтіологія”, “Технологія переробки відходів тваринництва”, “Екологія у тваринництві”, у вищих навчальних закладах за підготовки фахівців за освітніми програмами: “Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва”, “Біотехнологія та біоінженерія”, “Водні біоресурси та аквакультура” і “Екологія, охорона навколишнього середовища”.

Особистий внесок здобувача. Автором особисто здійснено аналіз наукових здобутків вітчизняних та зарубіжних дослідників за темою дисертації, виконано наукові експерименти із компостування посліду за різних методів аерації, культивування вермикультури на посліді курчат-бройлерів та вирощування *Cherax quadricarinatus* за використання у їх раціонах біомаси вермикультури. Проведено виробничу перевірку, виконано розрахункові роботи та статистичний аналіз експериментальних даних. Дисертант підготував розділи дисертаційної роботи і оприлюднив результати своїх досліджень у фахових статтях і тезах.

Визначення ряду хімічних показників посліду птиці до і після компостування, м'яса *Cherax quadricarinatus* проводили спільно із співробітниками Науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок м. Львів, за що дисертант висловлює сердечну подяку.

Планування експериментальної роботи, аналіз отриманих результатів досліджень, підготовку висновків та пропозицій виробництву проведено за допомоги наукового керівника – доктора с.-г. наук, професора, директора

НДІ тваринництва та харчових технологій Білоцерківського національного аграрного університету С.В. Мерзлова.

Апробація результатів досліджень. За результатами досліджень дисертант доповідав на засіданнях академічної ради та вченої ради біолого-технологічного факультету Білоцерківського національного аграрного університету (2020–2024 рр.), Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти «Молодь – аграрній науці і виробництву» (Біла Церква, 2023), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інноваційні технології у тваринництві» (Біла Церква, 2023), на засіданні Круглого столу «Вермикультура на тваринницьких фермах» (с. Черкас, Білоцерківського р-ну, 2023), виробничій нараді ТОВ «Українська креветка», 2023.

Публікації. Результати власних досліджень за темою дисертації опубліковано у 6 наукових працях: 4 статтях у фахових виданнях, які входять до переліку ДАУ України; 1 тезах – матеріалів конференції, 1 методичних рекомендаціях виробництву.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Кваліфікаційна наукова праця складається із наступних розділів та додатків: анотація; вступ; огляд літератури; матеріали і методи дослідження; результати власних досліджень; аналіз та узагальнення результатів досліджень; висновки, пропозиції виробництву; список використаних джерел; додатки. Робота викладена на 168 сторінках комп'ютерного тексту, містить 21 рисунок і 34 таблиці. Список літератури включає 167 джерела, зокрема 143 – латиницею.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Основи компостування органічних відходів за використання біопрепаратів

Постійне, стає збільшення населення пов'язане із зростанням споживання харчових продуктів, що призводить до стрімкого продукування різноманітних органічних відходів, які накопичуються у населених пунктах, промислових зонах і агросфері. Це створює значні екологічні проблеми, що потребує розробки й постійного удосконалення безпечних і стійких стратегій утилізації цих відходів як на територіях виробництва, так і на спеціальних полігонах. Водночас, органічна складова відходів є вагомим органічним ресурсом, який можна трансформувати у екологічно чисте, багате на поживні речовини добриво або субстрат для рослин [37, 105].

На сьогодні відходи є однією з важливих екологічних проблем життя людини на планеті. Компостування як технологічний підхід може бути одним із рішень для зменшення кількості гідролізу відходів, стабілізації та екологічно раціонального використання і переробки побічних матеріалів [36, 65].

Компостування – це процес, який зазвичай проводять за аеробних умов, застосовуючи формування із органічних відходів буртів чи куп [81], або в приватному секторі за допомогою домашніх компостних ям, контейнерів, ящиків чи компостерів іншої конструкції [28].

Компостування є стійким біопроеесом трансформації відходів сільського господарства на органічне добриво, яке можливо використовувати для підвищення родючості ґрунту та декоративного рослинництва [40, 54].

Ферментування, як біохімічний процес, реалізується за участі різноманітних конгломератів мікроорганізмів. Саме ензими, які синтезують мікроорганізми, інтенсивно гідролізують органічні речовини (білки, вуглеводи і жири) та органічні комплекси, нарощуючи свою біомасу, трансформують їх на біогумус – органічне добриво для рослин [29, 131].

Внаслідок природної деградації органічних відходів сільського господарства, зокрема птахівництва, проходять пролонговані процеси, які супроводжуються втратами поживних речовин та надмірними викидами шкідливих сполук і речовин у навколишнє середовище. За контрольованого компостування проходять ті самі біохімічні процеси, що й за природного, однак розкладання органічної частини до гумусоподібної сполуки відбувається за використання регламентованих мікроорганізмів та регульованої подачі Оксигену у субстрат і за коротший проміжок часу [91, 142].

Аеробні мікроорганізми використовують продукти гідролізу білків, вуглеводів і жирів органічних відходів для збільшення своєї популяції та біомаси. Процес розмноження бактерій та їх життєдіяльність можливо регулювати корегуючи вміст і співвідношення Карбону до Нітрогену (C:N), концентрацію Оксигену, вільних гідрогенів (рН), відносний вміст вільної та зв'язаної вологи компосту. Збалансовано підготовлений компост із відходів має вищу швидкість деградації, температура всередині буртів у термофільному режимі більш пролонгована, що знешкоджує ряд патогенних мікроорганізмів, насіння бур'янів та личинок комах. За термофільних умов процес гідролізу целюлози (поліцукор) активується. Процес компостування має динамічні показники температури від психрофільного режиму до термофільного [91, 142].

Для ферментування у різних країнах використовують біомасу із посліду птиці, гній сільськогосподарських тварин, відходи технології виробництва цукру, відходи рослинництва, тверді міські відходи їх фракцій [75, 87, 89, 147] та їх поєднання, що покращує деградаційні процеси органічних сполук у відходах [26, 109].

Проте ці процеси супроводжуються утворенням парникових газів і неприємних запахів та їх викидами у атмосферне повітря. Негативні впливи можливо зменшити та обмежити за допомогою використання різноманітних біопрепаратів під час ферментування органічної маси, а також за додавання біодеструкторів.

Компостовану біомасу можна вносити у ґрунти для збільшення вмісту сполук Карбону та покращення пов'язаних з ними екосистемних процесів [67, 97, 123]

або використовувати як субстрат для вирощування розсади сільськогосподарських рослин [50, 76, 104, 115, 155]. Застосування ферментованих органічних відходів приводить до покращення структури ґрунтів, зменшення їх ерозії та збільшення здатності утримувати вологу [58]. Неконтрольоване компостування органічних відходів супроводжується викидами газів, серед яких найбільше CH_4 , NO_2 та CO_2 , що може спричинити потепління на планеті [37]. Одночасно, органічна біомаса за неповного компостування негативно впливає на проростання насіння сільськогосподарських рослин і загалом на їх розвиток та може спричинити екологічні проблеми, зокрема забруднення водойм і викиди запахів у атмосферне повітря.

За ферментування до органічних відходів можна вносити різні субстрати або каталізатори. Вони мають органічну природу [70, 163], мінеральну складову [80, 156, 161], біологічну компоненту [31, 88, 153] та суміш субстратів [30, 79]. Ряд субстратів, які вносять у компостовану масу виконують функцію наповнювача, за умови коли вони впливають на фізичну структуру компосту, що сприяє процесу аерації. Субстрати, здебільшого мають прямий або опосередкований вплив на основні параметри ферментації та можуть використовуватись як добавки [150]. Добавки вносять у компост для покращення процесу ферментування за зменшення елімінації поживних речовин [32, 107, 139], інтенсифікації аерації біомаси або прискорення гідролізу органічних сполук [133] та покращення форми поживних речовин і біодоступності в кінцевому продукті [35, 103, 154].

На процес компостування впливає низка різних чинників [95]. Співвідношення у органічних відходах C:N має значний вплив на процес ферментування, оскільки великий вміст Карбону пролонгує час компостування, а дефіцит Карбону супроводжується дестабілізацією сполук Нітрогену та зумовлює значні втрати останнього у формі аміаку [41, 116, 157].

Волога у органічних відходах необхідна для біохімічних та мікробіологічних дій за ферментування, і за оптимальних умов вологість під час процесу має становити 52–65 %. Оптимальний вміст Оксигену має бути у суміші під час компостування 10,5–12,5 %. Температура всередині компосту залежить від фази,

за якої перебігають метаболічні процеси (4о). Процес ферментації складається з чотирьох послідовних фаз: I мезофільна фаза (21–40 °C) і її перехідна термофільна фаза (41–65°C), II мезофільна фаза (також називається фазою поступового охолодження) та фаза дозрівання органічної маси [27, 132, 140, 157].

Утворення температури вище 61–65 °C впродовж щонайменше 72 годин є важливим чинником для дезінфекції органічних відходів у буртах та зменшення патогенних мікроорганізмів. Зниження температури біомаси, яку ферментують до рівня навколишнього середовища спостерігається наприкінці II-ї мезофільної фази, під час якої мікробна активність спадає [55].

За термофільного режиму проходять найшвидше процеси деградації органічної частини відходів, активно гідролізуються також і поліцукри (целюлоза), зокрема і лігнін. За термофільного режиму прискорюється утворення біогумусу. За таких температурних умов розкладаються забруднювачі у органічних відходах, знешкоджується насіння ряду бур'янів завдяки значній температурі, дії ензимів та окисненню. Дія значної температури та інтенсивний вплив гідролітичних ферментів, які продукують мікроорганізми і рослини, також можуть інтенсифікувати денатурацію дезоксирибонуклеїнової кислоти, що сприяє зниженню відсотка конверсії ряду генетично модифікованих часток у систему землеробства [44, 57].

Вихідні органічні відходи, які вносять у компост, також значно впливають на розмноження та ріст мікробних клітин. Вид мікробних спільнот під час процесу ферментування характеризує біохімічні процеси біодеградації органічної частини відходів та зрілість кінцевого продукту. Активність мікроорганізмів досягається дією ряду ензимів, які прискорюють гідроліз складних макромолекул, зокрема, целюлози. Величина ферментативної активності корелює із швидкістю гідролізу органічних речовин відходів і стабільністю продуктів [114].

У ферментованій суміші показники температури в різних частинах бурта неоднакові, тому постійно необхідно регулювати за допомогою перемішування компостної суміші, це дає змогу всім частинам компосту потрапляти у центральну зону, де температура тривалий час найвища. Склад бактерій у біомасі змінюється

залежно від температурної зони і вмісту Оксигену в них. Зовнішня зона інтенсивно збагачується Оксигеном, але має найнижчу температуру розігріву, внутрішня зона добре ущільнена і погано забезпечується Оксигеном, нижня зона має високий показник температури і добре забезпечується Оксигеном. Верхня зона має найвищий показник саморозігріву і здебільшого добре забезпечується повітрям із Оксигеном [59].

За дозрівання ферментованої маси кількість клітин бактерій значно зменшується, і спостерігається зростання кількості грибів, які продовжують гідролізувати складні вуглеводи, зокрема, лігнін [59].

Під час технології ферментування важливо забезпечити мікроорганізми, які здійснюють гідроліз органічних сполук відходів, оптимальною кількістю Оксигену. У більшості технологій вміст Оксигену в біомасі, яку ферментують на початку процесу є достатнім, проте, для усунення анаеробних умов за процесу ферментування, необхідна аерація – подача повітря. Аерація біомаси, яку ферментують, забезпечується через змішування або примусову аерацію методом нагнітання повітря. Для оптимальної діяльності мікроорганізмів вміст Оксигену у біомасі має становити 11–12 % [64]. Вміст Оксигену є найвищим за термофільної фази ферментації та знижується за фази дозрівання компосту, оскільки в цей період уповільнюється мікробіологічна активність і виділяється двоокис карбону [86].

У різних зонах біомаси у буртах виявлені різні мікробні популяції, що пов'язано з дією температур у компостованих відходах [137]. Популяція грамнегативних бактерій та різних грибів збільшується до 45–48 °С, але зменшується за вищих температур (56–67 °С). Після охолодження біомаси ці дві групи мікроорганізмів починають розмножуватись. У період дозрівання біомаси кількість бактерій зменшується, однак зростає їх біологічна різноманітність. У цю фазу гриби збільшують свою кількість та різноманітність. Активність грибів є важливою під час дозрівання біомаси [34, 69].

За даними І.С. Осіпенко [18, 21] встановлено, що наприкінці експерименту, показник КМАФАНМ та кількість клітин бактерій у посліді дослідних

та контрольної груп на 150-ту добу знизилась у порівнянні із даними отриманими на 30-ту добу ферментування.

За внесення у свіжий послід курчат-бройлерів із підстилкою (тирса дерев) біодеструктора у кількості 1430 та 2860 мг/т проводили компостування продовж 150-ти діб за механічного перемішування один раз в тиждень. Застосування таких доз біодеструктора сприяє збільшенню Нітрогену у ферментованій біомасі і прискорює одержання готового компосту [21].

Застосування біопрепаратів під час ферментування органічних відходів, зокрема, посліду птиці та гною сільськогосподарських тварин, приводить до зниження забруднення зовнішнього середовища [136, 134].

За даними [125], застосування мікробіологічних препаратів пришвидшує процес ферментації гною сільськогосподарських тварин та посліду птиці. Також постійна наявність Оксигену в органічних відходах позитивно впливає на прискорення компостування останніх [86].

У доступній літературі недостатньо висвітлено питання щодо прискореного способу ферментування посліду курчат-бройлерів із підстилкою із соломи злакових із додаванням суміші біодеструкторів та застосування активної аерації.

1.2. Характеристика черв'яків та технологія вермикультивування

Найпоширенішими родинami дощових черв'яків є *Hormogastridae*, *Criodrilidae* і *Lumbricidae*. Слід зазначити, що остання родина є найбільш різноманітною та розповсюдженою географічно – 45 родин та близько 675 видів [163].

На сьогодні впроваджено різні класифікації черв'яків. У доступній літературі наявна інформація, що одним із перших хто класифікував малоцетинкових *Lumbricidae* за екологічним принципом та тілобудовою був натураліст Вільке [158].

Сучасні наукові товариства розширили екологічну класифікацію дощових черв'яків до чотирьох основних екотипів: ендегеїки, епігеїки, анецики і черв'яки, що живуть у компості [46, 98, 99].

Черв'яків, що мешкають у компостах, часто використовують для ефективної утилізації органічних відходів, оскільки олігохети також можуть видаляти різні шкідливі сполуки з ґрунту. Біоіндикатором родючості ґрунтів прийнято вважати дощових черв'яків [46].

Така вермикюльтура є технологічною, оскільки в штучних умовах можна відтворити оптимальні умови поживного середовища (ареал проживання черв'яків) для активного розмноження та росту в штучних умовах популяції. Враховуючи це, компостних черв'яків-епігеїків широко використовують для систем вермикюльтивування та вермикомпостування майже у всіх країнах світу. Цей вид черв'яків є фітофагами та активними гумусоутворювачами. До цієї групи відносять компостних черв'яків наступних видів: *Eisenia fetida*, *Lumbricus rubellus*, *Eiseniella tetraedra*, *Eisenia andrei* тощо [46].

За відношенням довжини зовнішніх частин копулятивних щетинок до довжини внутрішньої частини ідентифіковано істотні географічні розходження у виду дощового черв'яка *D. attemsi* [129].

Стійким до понижених температур є вид *Dendrobaena octaedra*, кокони якого зберігають здатність до розвитку за температури $-6-7$ °C впродовж трьох місяців і за $-10,5-14,0$ °C продовж двох місяців [129].

Ґрунтоутворювальну функцію черв'яків вперше у 1789 році описав натураліст із Великої Британії. У Сполучених Штатах Америки винахідник Барет під час спостережень виявив, що у місці накопичення органічних відходів зосереджується значна популяція гнойових черв'яків. Внесення перероблених відходів із черв'яками під овочеві культури дозволило ним отримати високі врожаї. Починаючи із 1939 р. Барет розпочав свої експерименти з розведення черв'яків. Із 1940 р. черв'яків почали розводити для реалізації рибалкам [1].

В Америці на основі *Eisenia anorci*, завезеного з південних областей Європи, в результаті двадцятирічних експериментів була виведена нова раса гібрида червоного каліфорнійського черв'яка [1].

Останнім часом в США, Австралії, на Філіппінах і Європі та деяких інших державах на комерційній основі організовано підприємства та фірми, які

за допомогою черв'яків переробляють органічні відходи в екологічно чисті добрива [51].

На території України технології вермикультивування були впроваджені в минулому столітті. Вперше на виробничих потужностях Івано-Франківського об'єднання “Облсільгоспхімія” започаткований приватний кооператив “Плодоріддя”, який в 1989 р. із Європи завіз перші партії гібрида червоних каліфорнійських черв'яків. У цей самий період було організовано асоціацію “Біоконверсія”, яка мала більше десяти філіалів у Житомирській, Вінницькій, Івано-Франківській, Київській та інших областях [1].

Гібрид червоних каліфорнійських черв'яків належить до класу олігохет (*Oligocheta*). Довжина тіла таких черв'яків становить 65–135 мм, товщина – 3,7–5,2 мм, кількість сегментів на тілі – 82–100. Система травлення у черв'яків розпочинається ротовим отвором, який відкривається на другому сегменті. Рештки корму, які не перетравилися, виділяються у формі копролітів [1, 62].

Дихання у черв'яків здійснюється через поверхню шкіри, на якій розміщена велика кількість кровоносних капілярів. Черв'як за формою розмноження належить до гермафродитів [62].

За розведення вермикультури висока (більше 32 °С) або низька (нижче 4,0 °С) температура негативно впливає на розвиток особин. На сьогодні у технологічних процесах задіяно основних чотири види олігохет. Вони представлені двома тропічними видами [79, 96, 126, 145] та двома помірними видами – *Eisenia fetida* і *Eisenia andrei* [90]. Ці види віднесені до епігейних і відповідають черв'якам, які переважно споживають свіжі відмерлі органічні речовини компосту, органічні рештки та гній тварин [43].

У середньому каліфорнійські гібриди важать 0,32–1,1 грама. Тривалість їх життя може становити до шістнадцяти років. Після спаровування кожен черв'як може відкласти кокон із яйцями всередині (6–18 шт.), і через 15–25 діб із кокона з'являється молодняк черв'яків. Спаровуються особини між собою через кожні 7–11 діб (за сприятливих зовнішніх умов). Новонароджена молодь вермикультури набирає статевої зрілості у віці 90 діб і старше. Поживним середовищем для життя

черв'яків є попередньо підготовлені органічні рештки та відходи. Вермикультура, разом із органічними відходами, поїдає і різноманітні мікроорганізми, які також є пластичним матеріалом для нарощування біомаси [23].

Встановлено, що представники однієї раси дощових черв'яків, що мешкають у різних біогеохімічних зонах, відрізняються між собою фізіологічно.

Гнойові черв'яки досить чутливі до вмісту аміаку у субстраті та високих температур. Доведено, що за вмісту аміаку в поживному середовищі понад 0,45 мг/г черв'яки можуть гинути [152]. Головна загроза за вирощування черв'яків – це отруєння їх продуктами розкладання надмірних концентрацій протеїну в середовищі [1].

Гнойові черв'яки елімінують із субстрату іони Ca^{2+} , що позитивно впливає на зсув рН до нейтральних величин [24].

За внесення вермикультури у органічну масу під час її розкладання впродовж 2–4 діб зникають неприємні запахи [302 к]. Каліфорнійські черв'яки можуть утилізувати органічні відходи, забруднені навіть малими дозами машинної оливи та мазуту [46].

Гібриди червоних каліфорнійських черв'яків витримують перепади температур зниження до $-1,0$ °C продовж 3 годин, за $-2,0$ °C вони замерзають. За температури в субстраті нижче $+8-9$ °C знижується їхня життєва активність (впадають у анабіоз) [1].

Поживним середовищем для каліфорнійських черв'яків може бути гній від різних видів як сільськогосподарських, так і домашніх тварин, стружка, торф, зіпсована солома, листя дерев, картон, папір, відходи переробки овочів і фруктів, відходи рибного виробництва, м'ясокомбінатів, органічні міські стоки, відходи виноробного, цукрового та броварного виробництва, а також міцелій за вирощування грибів і виробництва антибіотиків – тетрацикліну, рибок сину і пеніциліну [2, 143].

Значна кількість органічних відходів утворюється за діяльності людей через виділення, в результаті виробництва продукції, аграрної діяльності. Сюди можна віднести: гній домашніх та сільськогосподарських тварин, харчові

відходи, побутові органічні відходи, відходи ресторанів та промислові органічні відходи [63, 82, 110].

Вермикомпостування (технологія вирощування черв'яків) використовують для виробництва біомаси черв'яків та біогумусу із гною сільськогосподарських тварин, посліду птиці, відходів рослинництва та побутових відходів [53, 72, 118].

Етапи біотехнології вермикультивування включають підготовку субстрату (поживне середовище), оцінку його придатності до використання (хімічний аналіз та біопроба), формування площ для заселення червоними каліфорнійськими черв'яками, періодичну підгодівлю черв'яків, догляд, розділення лож на нові та одержання готової продукції – біомаси вермикультури та органічного добрива – біогумусу [23].

Підготовка поживного середовища для вермикультури передбачає проведення компостування органічних відходів, у буртах чи траншеях за різних температурних режимів, що знешкоджує яйця гельмінтів, насіння бур'янів і деяку патогенну мікрофлору [1].

За дії черв'яків прискорюється процес деградації органічних відходів та покращується якість кінцевого продукту.

Технологічність *Eisenia fetida* і *Eisenia andrei* обґрунтовується їх якісними і кількісними показниками щодо конверсії органічних відходів, швидкими темпами переробки відходів, позитивною адаптацією до середовища, інтенсивними темпами розмноження та адаптацією до умов зовнішнього середовища. Перелічені якості дозволяють широко використовувати ці види черв'яків на практиці [61].

За проходження органічних відходів через шлунково-кишковий тракт черв'яків відбувається не лише перетравлення поживних речовин, а також знешкодження патогенних мікроорганізмів завдяки пробіотичній дії бактерій, які розмножуються в організмі вермикультури [138]. Під час компостування у термофільному режимі та у поєднанні із вермикомпостуванням покращується ефективність знешкодження, оскільки це сприяє видаленню патогенних мікроорганізмів, збільшує швидкість розкладання відходів рослинництва і тваринництва [68, 154].

Вермикультуру вирощують на субстраті, який може складатись із різних органічних відходів [115, 155].

За вирощування черв'яків водночас утворюються гази (парникові) як і за компостування. Із активністю дії вермикультури пришвидшуються гідролітичні процеси розкладання органічної речовини, що супроводжується викидами диокису карбону [52, 120]. Викиди окису нітогену із відходів можуть бути більшими чи і меншими порівняно з компостуванням, ймовірно, залежно від природи органічних відходів [81, 120].

Необхідно контролювати і корегувати процес вермикомпостування, що безпосередньо впливає на кількісні і якісні властивості кінцевого продукту (біомаса вермикультури, біогумус), швидкість утилізації органічних відходів та кількість викидів шкідливих газів. Необхідно дотримуватись вимог культивування, щоб запобігти загибелі особин вермикультури корегуючи вміст аміаку, показники вологи та температури. Для цього застосовують додаткове внесення органічних, мінеральних чи біологічних субстратів, або вилучають відходи, які містять велику кількість аміаку [103, 144]. Для вирощування черв'яків вибір складу субстрату також обумовлений його характеристикою щодо негативної дії на розмноження, ріст та розвиток вермикультури [103].

Продукти вермикомпостування здатні позитивно впливати на якісні і кількісні зміни у ґрунтах, однак їх собівартість та економічний вплив залежать від початкової вартості відходів, обсягу виробництва, початкової якості сировини та ринкової ціни готової продукції в конкретній географічній локації [101] Оскільки вермикомпостування є відносно трудомістким процесом [121], використання різних добавок у складі субстрату для скорочення часу утилізації може зменшити витрати.

За даними [150], скринінг і повторне використання добавок є економічно недоцільним процесом. Тому добавки мають бути відносно дешевими, доступними і ефективними під час вермикомпостування. Процес утилізації можна покращити за внесення поліетиленгліколю, який є дорогим [70], а також бентоніту [42, 85, 100], який є доступним та дешевим.

Вермикомпостування дозволяє отримувати додатковий дохід завдяки біомасі черв'яків як цінної білкової добавки [60, 71, 118]. Вермикультивування значно покращує процес компостування завдяки збільшенню доступності поживних речовин із відходів, скороченню тривалості компостування та зменшенню викидів газів у навколишнє середовище [92].

Попит на джерела тваринного білка з часом зростає, це створює передумови до пошуку нових джерел білка, щоб замінити рибне борошно, яке інтенсивно використовують в кормах для свиней, птиці, великої рогатої худоби, риби та інших домашніх тварин. Вміст сухої речовини в біомасі дощових гібридів червоних черв'яків змінюється і приблизно становить 16,2–21,5 % від натуральної ваги після висушування [47, 149].

Опублікованих результатів експериментів, що описують поживні компоненти тканин різних видів дощових та компостних черв'яків є незначна кількість [63]. Біомаса дощових та компостних черв'яків за складом не дуже відрізняється від біомаси багатьох видів безхребетних. Найбільша частка із сухої речовини припадає на протеїни та протеїди (62–74 % від ваги), залежно від виду дощових чи компостних черв'яків, типів, складу поживного середовища (субстрату) та способу підготовки до висушування.

За свідченнями ряду дослідників [24, 119] хімічний склад біомаси каліфорнійських та аборигенних черв'яків залежить від складу субстрату в якому їх утримували. Науковці встановили, що вміст загального сирого протеїну у біомасі *Eisenia fetida* може коливатись у межах від 50,4 до 68,7 % [19, 24, 119]. За результатами досліджень R.A. Dynes (2003), вміст сирого протеїну у сухій речовині *Eisenia fetida* становив до 72,0 %, у сухій речовині *L. terrestris* – 78,5–78,8 % [22, 62], та у сухій речовині *Lumbricus rubellus* – 63,1 %. Результати експериментів вказують на те, що вміст загального білка у біомасі дощових та компостних черв'яків змінюється у межах від 50,0 до 84,0 % у перерахунку на суху речовину [24, 62].

За даними авторів [24], в 1000 мг загального білка біомаси *Eisenia foetida* вміст деяких амінокислот становив: лізину – 56,0 мг; метіоніну та цистеїну – 266,7 мг; треоніну – 94,3 мг; валіну – 94,3 мг; триптофану – 66,5 мг; лейцину – 130,5 мг;

ізолейцину – 97,4 мг; фенілаланіну і тирозину – 167,8 мг. Також цими дослідниками доведено, що у біомасі *Lumbricus rubellus* домінували незамінні амінокислоти. Серед них глютамінова кислота (1,53 %), ізолейцин (1,97 %) та гістидин (0,64 %).

Дослідники [130] оприлюднили дані, що за введення у комбікорми для прісноводних риб сухого борошна із біомаси вермикультури у кількості 15 та 25 % уміст загального білка у останніх зріс до 28,75–35,86 %, відповідно. За згодовування личинкам коропа і сріблястого карася стартового корму, виявлено збільшення їх маси тіла, відповідно, на 42 та 39 % порівняно з особинами, що споживали раціон і сухих черв'яків, та на 35,5 і 13,0 % порівняно із рибою, якій згодовували живий корм (коловертки). Кормове борошно отримували з біомаси черв'яків та вермикомпосту.

Доведено, що за внесення у комбікорми біомаси червоних каліфорнійських черв'яків масової частки 3,0 % позитивно впливає на збільшення маси тіла курчат-бройлерів. Жива вага птиці була вищою на 3,5 % ($p < 0,01$) щодо контрольної групи, де курчата споживали стандартні комбікорми. За вмісту у кормах 4,5 % біомаси черв'яків маса бройлерів збільшується на статистичну значущу величину. Також автори зазначали, що показники маси тіла курчат-бройлерів із II- та III-ї дослідних груп значно не відрізнялись між собою, різниця становила 0,24 % [20].

Експериментально встановлено, що використання субстрату із посліду курчат-бройлерів, ферментованого із додаванням біодеструктора у дозі 2860 мг/т супроводжується підвищенням кількості нестатевозрілих та статевозрілих черв'яків у мікроложі та їх ваги, відповідно, на 29,3 і 45,5 % та 56,7 і 63,9 % щодо, контрольної групи, де послід птиці компостували 18 місяців. Вирощування черв'яків на субстраті із послідом, ферментованим продовж 180-ти діб дає можливість отримати на 41,3 % більшу кількість повноцінних коконів і на 17,1 % більшу їх масу у порівнянні із контрольною групою [110].

Вивчення удосконалення технології вермикультивування за використання субстрату із посліду курчат-бройлерів, ферментованого за активної аерації,

дозволить вирішувати екологічні проблеми, а також отримати додаткову продукцію черв'яків, зокрема їх біомасу, яку ефективно можна застосовувати у годівлі тварин.

1.3. Вирощування раків *Cherax quadricarinatus* та їх годівля

Вирощування ракоподібних у світі в середньому за рік становить понад 9,4 млн тонн [74]. Широких масштабів культивування набуває технологія австралійського червоноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* [124].

Червоноклешневі раки належать до типу – *Artropoda*; підтипу – *Crustacea*; класу – *Malacostraca*; родини – *Parastacidae*; роду – *Cherax* та виду – *Cherax quadricarinatus*. Цей вид вперше згадується у працях німецького вченого Карла Мартенса (1868).

У природних умовах раки *Cherax quadricarinatus* мешкають у прісноводних водоймах та річках на території Австралії, Нової Зеландії тощо. Для схованок вони використовують порожнини у затоплених стовбурах дерев, нори у ґрунті та скупчення каміння [122].

Технологічна і комерційна інформація щодо раків *Cherax quadricarinatus* зустрічається у 1980-х роках, де описується перспективність застосування виду як форми господарювання і джерела отримання вигідних дивідендів для працівників аграрного сектору [39].

Річкові червоноклешневі раки у місці проживання мають відносно велику масу тіла. Маса особин чоловічої статі досягає до 510–530 г, маса особин жіночої статі дещо менша – до 390–410 г. Довжина тіла раків досягає 22–23 см. Самці після досягнення статевої зрілості мають специфічне червоне забарвлення на поверхні клешень, що певною мірою вплинуло на назву виду цих ракоподібних [112].

Тіло *Cherax quadricarinatus* зовні покрите твердим екзоскелетом, яким має декілька життєвих функцій, зокрема, опорно-рухову та захисну. Змінний екзоскелет має кутилярне походження. За анатомічною будовою раки сформовані із головогрудей та абдомена (черевце). Панциром захищений цефалоторакс, під яким у зоні бічних частин сформовані зяброві камери. Черевце представлено

шістьма члениками, які рухомо приєднані одне до одного, і тельсоном. У раків функціонують очі (складні фасеткові) та інші органи чуття [128].

Технологічною особливістю вирощування *Cherax quadricarinatus* в Китаї є те, що їх культивування активно практикується на чекових полях. З одиниці площі залитого поля за технології рису китайські аграрії отримують два види продукції – рис та м'ясо раків. Крім Китаю активно займаються технологією раків у Південній Америці, Азії та Європі [106].

Раки *Cherax quadricarinatus* характеризуються значним виходом м'язової тканини, відносно маси тіла цей показник коливається у межах від 27 до 32 %. За цим показником даний вид раків має переваги над іншими ракоподібними. Хімічні показники м'яса раків наступні: масова частка води – 78–82 %; загальних білків – 15,5–17,5 %; жирів – 0,09–0,19 %; сирової золи – 1,35–2,2 %. За текстурою м'ясо червоноклешневих раків якісно відрізняється від морських видів і є цінним джерелом амінокислот, карбонових кислот та інших біологічно активних сполук. Біологічні властивості дозволяють *Cherax quadricarinatus* конкурувати і мати комерційну цінність серед іншої продукції ракоподібних [151].

На території України практикувались технології вилову річкових раків (*Astacidae*) та їх вирощування у штучних умовах [113]. Технології ракоподібних в нашій країні передбачають розведення та вирощування аборигенних видів раків (річкових). Здебільшого використовували довгопалого *Pontastacus leptodactylus* і широкопалого *Astacus astacus*. Проте позитивної рентабельності за таких технологій досягти важко за тугорослості цих видів та низької конверсії корму [56].

Найбільш перспективним з технологічного погляду є австралійський червоноклешневий рак *Cherax quadricarinatus*. За низкою ознак цей рак може конкурувати із технологією вирощування прісноводної креветки (*Macrobrachium rosenbergii*), яка має значний попит, проте вартість її значно вища ніж австралійського рака [141].

На території України виробництво товарного рака *Cherax quadricarinatus* впроваджено дуже в досить малих об'ємах [108].

Технологічною перевагою раків *Cherax quadricarinatus* над місцевими раками є більш швидке збільшення маси тіла. Раки *Astacidae* у річному віці важать до 6–7 г, тимчасом австралійські раки – до 85 г. За оптимальних умов утримання та збалансованої годівлі маса поодиноких особин може досягати до 190 г. Раки *Cherax quadricarinatus* живуть до 5 років [73].

За даними [38], раків вирощують у дві фази: перша – у приміщеннях (холодну пору року); друга – дорощування у відкритих водоймах із глибиною не менше 0,9 м. Доведено, що на інтенсивність збільшення маси тіла раків впливає низка чинників, зокрема, уміст Оксигену у воді, температура води, інтенсивність світла (абіотичні) та навантаження особин на площу, склад раціону, збалансованість кормів, індивідуальні особливості (біотичні).

Важливим чинником є температура зовнішнього середовища, що впливає на споживання кормів, рівень метаболізму у організмі раків, інтенсивність їх розмноження та імунну систему. Раки *Cherax quadricarinatus* можуть жити у воді із температурою від 15,5 до 33,0 °C [111].

Найбільші прирости австралійських раків спостерігається за температури води від 22,0 до 35,5 °C. Оптимальною вважається температура 26–28 °C. Технологічно оптимальною температурою для прояву репродуктивних функцій раків є 28–29 °C. Фізіологічно критичними для *Cherax quadricarinatus* є температури нижче 9–10 °C і вище 37–38 °C [78, 111].

Концентрація вільних Гідрогенів у воді має забезпечувати рН в межах 6,4–8,3. За вирощування раків необхідно контролювати жорсткість води, цей показник має становити 6–17 мг-екв./дм³. Жорсткість води впливає на забарвлення раків, тому залежно від вмісту розчинних мінеральних солей колір змінюється від яскраво-червоного до світло-брунатного із голубими відтінками [111].

Для вирощування раків оптимальним вмістом розчинного Оксигену є концентрація 6,5–8,0 мг/дм³ [49]. Статова зрілість раків *Cherax quadricarinatus* настає у віці від 6,5 до 13 місяців.

Для отримання молодняку раків самців і самок розділяють окремо на 8–11 діб, температуру знижують до 16–19 °C. Потім поетапно підвищують температуру

по 1,5–2,0 °C продовж доби до оптимуму. Оптимальне співвідношення між самцями і самками має становити 1 до 2; 1 до 3.

У спарованих самок раків під черевцем формується ікра. Дозрівання ікри на тілі самок триває до 60–64 діб, залежно від температури навколишнього середовища. Технологічно на одну самку можна розраховувати до 5 кладок. Кожна кладка може мати від 250 до 920 ікринок. У штучних умовах нерест можна організовувати декілька разів на рік. Молодняк раків має невисоку виживаність – від 55 до 75 % [84].

Згідно з даними [25], молодняк *Cherax quadricarinatus* має інтенсивний, нерівномірний ріст, що потребує періодичного огляду стада та його сортування за масою і розмірами. Найменших особин необхідно постійно вилучати у окремі акваріуми. Відставання у рості відбувається через відбивання сильнішими особинами від корму. Слабшим припадає менше їжі і вони починають відставати у рості. Крім постійної конкуренції, є також значна проблема технології раків – це канібалізм, який проявляється у раків із 75–90-добового віку. Запобігання канібалізму є важливим елементом удосконалення вирощування *Cherax quadricarinatus*.

Різнобій у розмірах раків має негативні наслідки через впливу більших особин на менших за ієрархічного домінування. За даними [146], доцільно розташовувати у акваріумах пристрої, які дозволяють переховуватись (труби із різним діаметром, мішкоподібні утворення із поліпропіленової плівки). За передових технологій для раків монтують систему схованок, керуючись обрахунками на одну особину 2–3 комірки.

За переробки відходів раків отримують невелику кількість меланіну, хітозану та хітину, які широко застосовують у народному господарстві, зокрема у сільському господарстві, медицині та харчовій промисловості [48].

Впровадження технології раків *Cherax quadricarinatus* як у промислових масштабах, так і у невеликих фермерських господарствах є перспективним напрямом діяльності. Проте ці технології перебувають у процесі розробки і вдосконалення в умовах України [33].

В наукових працях зустрічається інформація, що на території України технологічні рівні вирощування раків *Cherax quadricarinatus* перебувають на стадії впроваджувальних досліджень без чітких технологічних протоколів утримання, розведення та годівлі [108].

За промислових умов отримання товарних раків потрібно науково-технічне обґрунтування елементів технології вирощування, зокрема умов підготовки кормів та годівлі *Cherax quadricarinatus* [134].

У структурі собівартості технології товарних раків понад 65,0 % припадає на корми та годівлю. Підвищення конверсії корму за вирощування раків має актуальне значення у різних країнах світу. У доступній літературі зустрічається інформація щодо експериментів годівлі *Cherax quadricarinatus* різних статевовікових груп. Раціони молодняку раків мають становити рослинні і тваринні компоненти. Раціони мають складатись на 28–32,0 % із кормів тваринного походження та на 68,0–72,0 % рослинного походження. Вміст сирого протеїну у раціонах залежить від віку раків. Для молодняку раків у раціоні має міститись до 35,0 % білка. Ракам із масою тіла понад 50,0–60,0 г згодують раціони із вмістом сирого протеїну до 26,0 %. Важливе значення у годівлі раків мають ліпіди, які впливають на конверсію корму, інтенсивність росту, розвиток та імунну систему ракоподібних. Відносно до протеїну, потреба в ліпідах з віком раків залишається сталою. Вуглеводи, які надходять із кормами виконують енергетичну та частково пластичну функції, беруть участь в синтезі гормонів (стероїди) та карбонових кислот, а також сприяють акумулюванню глікогену (печінка, м'язова тканина) і синтезу хітину. Обов'язковою складовою раціону раків має бути біомаса листя дуба *Quercus robur*. Споживання листя має бути вволю. Вміст в них дубильних речовин та інших сполук дозволяє ракам споживати природні антибіотики [162].

Автора [135] стверджують, що на швидкість нересту, – якісні й кількісні показники ікри самок раків впливає форма і доза протеїну у раціоні. Згідно з даними, рекомендованим вмістом протеїну в раціоні для *Cherax quadricarinatus* є не менше 32 %. Молодняку раків раціони слід балансувати за протеїном, норма останнього має становити не менше 34,0 % [78, 83].

Позитивний вплив на якісний склад ліпідів м'язової тканини червоноклешневих раків має білкова добавка до раціонів у вигляді підготовленого екстракту дріжджів [135].

Вчені [117, 148] зазначають, що для стимулювання продуктивності раків *Cherax quadricarinatus* застосовують різні кормові добавки, зокрема препарати, що містять незамінні амінокислоти.

За умови низького вмісту сирого протеїну у раціонах раків прирости останніх значно знижуються. Добовий набір кормів для раків *Cherax quadricarinatus* складається як із кормів тваринного, так і рослинного походження [166]. Тваринні корми характеризуються більш повноцінним складом незамінних амінокислот та більшою біодоступністю.

В Україні технологія раків знаходиться на стадії активного розвитку, що створює передумови вивчення і удосконалення її елементів, зокрема оптимальної годівлі для різних вікових груп. Доведено, що прирости *Cherax quadricarinatus* залежать від вмісту сирого протеїну у складі їх раціонів [165, 166].

За даними В. Жарчинської (2022), за згодовування *Cherax quadricarinatus* корму Decapoda із підвищеним вмістом сирого протеїну інтенсивність збільшення їх маси тіла була в 1,4 рази більшою, ніж у особин контрольної групи. На 150-ту добу вирощування в цій дослідній групі маса раків становила $8,1 \pm 0,2$ г, що на $0,8 \pm 0,1$ г більше, ніж у ракоподібних із контрольної групи. За змішаної годівлі (суміш комбікорму Ancistrus та Decapoda) австралійських раків прирости маси тіла були проміжними між контрольною групою та дослідною групою, якій згодовували корм із підвищеним вмістом протеїну. Наприкінці експерименту (150-та доба) маса раків становила 7,7 г, що на 0,4 г більше, ніж у контрольній групі, і на 0,4 г менше, порівняно з особинами, яким згодовували з корм з найвищим вмістом протеїну [165].

Встановлено, що згодовування молодняку *Cherax quadricarinatus* корму Decapoda супроводжується прискоренням метаболізму у їх організмі, оскільки інтенсивність збільшення маси тіла є вищою, ніж за згодовування комбікорму Ancistrus. Це створює передумови вважати, що використання кормів із підвищеним

вмістом сирого протеїну інтенсифікує ріст і прирости австралійських червонопалих раків за інтенсивного їх вирощування [165].

За даними [65], головним показником, який впливає на економічну ефективність за технології м'яса раків в штучних умовах, є їх виживаність.

Найбільша кількість раків була встановлена наприкінці експерименту в групі, де особин годували кормом Decapoda. Збереженість у цій групі становила 74,0 %, що на 20,0 % більше по відношенню з контрольною групою раків і на 8,0 % більше порівняно із дослідною групою, якій згодовували змішаний корм. Дане явище автори [165] пояснюють тим, що раки отримували оптимальну кількість загального білка (37,0 %), який має високий відсоток перетравлення і засвоєння. Це призводило до зменшення проявів канібалізму у молодняка раків.

Наведені експериментальні дані де дослідники проводили дослідження щодо вивчення годівлі раків *Cherax quadricarinatus* на технологічному рівні, з метою пошуку можливостей часткового чи повного заміщення рибного борошна в раціоні іншими білковими добавками, застосування яких значно знизить ціну комбікорму. Перспективним джерелом повноцінного білка для австралійських раків може бути біомаса каліфорнійських черв'яків. У сухій речовині біомаси вермикультури міститься від 52,4 до 74,5 % загального білка та від 2,8 до 10,8 % ліпідів. Білок багатощетинкових належить до протеїну тваринного походження і містить великий відсоток критичних незамінних амінокислот. За деякими незамінними амінокислотами борошно виготовлене із біомаси каліфорнійських черв'яків є біологічно ціннішим м'ясо-кісткового, м'ясного чи рибного борошна. У біомасі вермикультури міститься значна концентрацію жиророзчинних та водорозчинних вітамінів [77, 83].

Невивченим залишається питання ефективності використання у складі раціонів для раків *Cherax quadricarinatus* біомаси вермикультури у високих дозах вирощеної на посліді курчат-бройлерів, який ферментували прискореним методом із застосуванням суміші біодеструкторів та активної аерації.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Місце та матеріали досліджень

Експериментальна робота за темою кваліфікаційної наукової праці тривала з 2019 до 2023 рр.

Дослідження компостування посліду курчат-бройлерів, яких утримували на глибокій підстилці (подрібнена солома злакових) за різних режимів аерації та встановлення доцільності вирощування гібрида червоних каліфорнійських черв'яків на субстраті із ферментованим послідом птиці здійснювали в умовах Навчально-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету (БНАУ).

Науково-господарські досліди виявлення ефективності використання біомаси вермикультури, вирощеної на субстраті із послідом курчат-бройлерів компостованого за активної аерації у складі раціонів раків проводили на базі Навчально-виробничого центру БНАУ. Для експериментів використовували раків *Cherax quadricarinatus* (австралійський червонопалий рак).

Бактеріальні дослідження посліду курчат-бройлерів до і під час ферментації за різних режимів аерації здійснювали за допомоги співробітників кафедри гігієни тварин та основ санітарії БНАУ.

Виробничу перевірку науково-господарських досліджень, впровадження результатів дослідження виконували в умовах ТОВ «Українська креветка Слєпньов» м.Узин.

Дослідження за темою роботи здійснювали згідно із загальною схемою, представленої на рис. 2.1. Робота складалась із трьох етапів. На першому етапі проведено роботу щодо встановлення впливу різних умов аерації на процес компостування посліду курчат-бройлерів з підстилкою (подрібнена солома злакових зернових).

Встановлювали вплив різних режимів аерації на технологічні показники компостування, хімічні, біохімічні та мікробіологічні показники ферментованої біомаси.

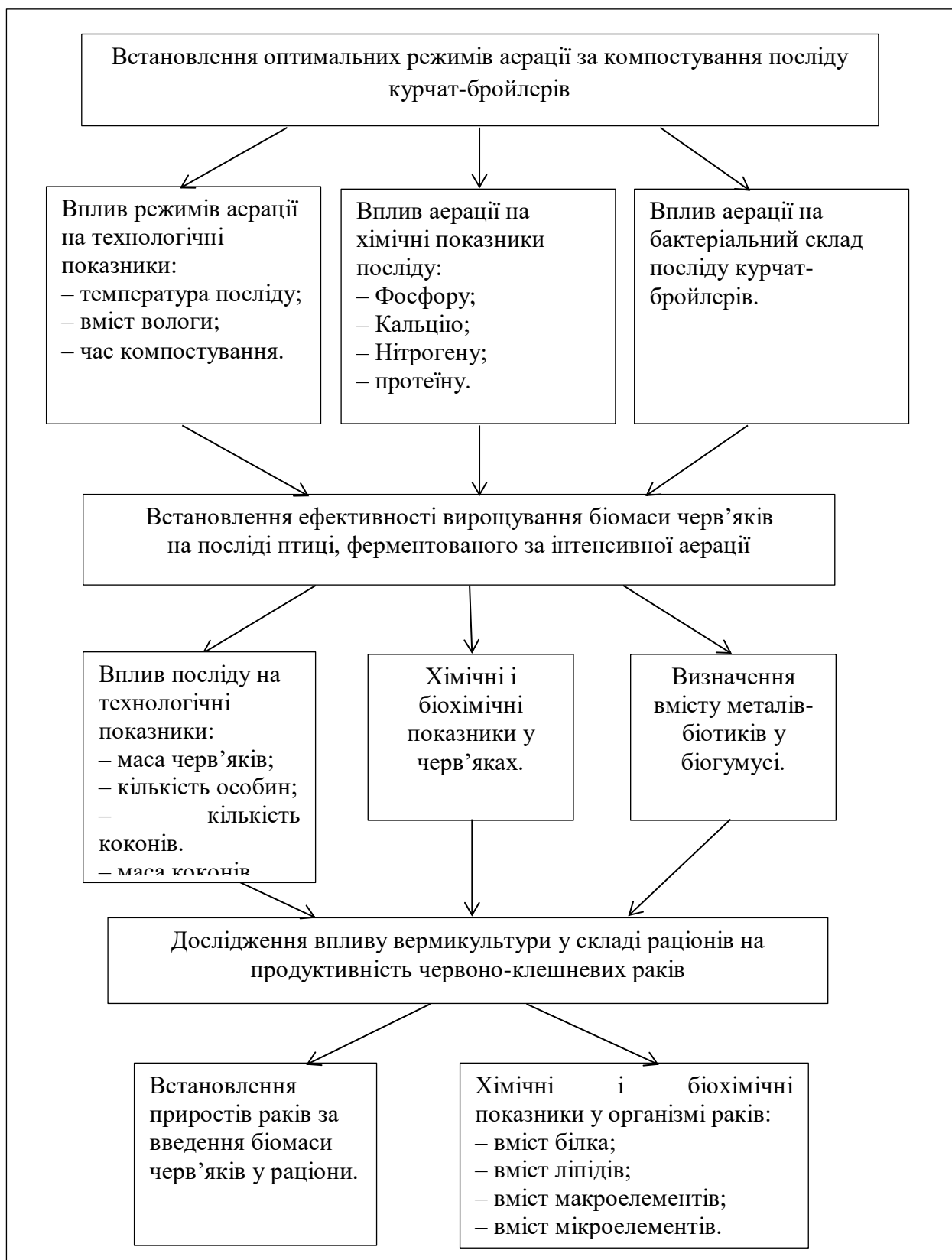


Рис. 2.1. Загальна схема.

Другий етап досліджень включав встановлення ефективності культивування гібрида червоних каліфорнійських черв'яків на субстраті із посліду курчат-бройлерів, компостованого за активної аерації. Встановлювали вплив такого посліду на технологічні показники вермикультивування, хімічні та біохімічні показники у тілі черв'яків. Вивчали вміст металів-біотиків у біогумусі.

Під час третього етапу досліджень встановлювали оптимальну дозу застосування біомаси вермикультури у складі раціонів австралійського червонопалого рака. Досліджували прирости раків, хімічний і біохімічний склад їх м'яса, біологічну цінність м'яса та економічну доцільність.

Перед дослідженням ферментування посліду курчат-бройлерів за різних режимів аерації та використання бактеріальних препаратів проведено вивчення мікробіологічного складу посліду птиці за різного часу його зберігання без аерації і без внесення біопрепаратів.

Для проведення експерименту відбирали проби посліду за різного терміну його зберігання в умовах Навчально-виробничого центру Білоцерківського НАУ у холодну пору року за середньодобової температури повітря $-1,3$ °С. Послід відбирали із буртів на 2-гу добу після вивантаження його із пташників. Крім того, відбирали проби посліду, який зберігали у буртах продовж 4- та 9-ти місяців. Послід птиці містив підстилку, яка складалась із подрібненої соломи злакових. Послід курчат-бройлерів зберігали у буртах (висота – 1,2 м, ширина – 2–3 м, довжина – 10–12 м) під відкритим небом. До посліду птиці не додавали біопрепаратів мікробіологічного походження (табл. 2.1).

Таблиця 2.1.

Схема відбору проб посліду

| Час зберігання | Кількість відібраних проб |
|--|---------------------------|
| Через 2 доби після вивантаження посліду птиці із приміщень | 10,0 |
| 4 місяці зберігання посліду у буртах без аерації | 10,0 |
| 9 місяців зберігання посліду у буртах без аерації | 10,0 |

Науково-господарські дослідження з відпрацювання оптимальних умов аерації посліду птиці під час його компостування виконували згідно зі схемою, представленою в табл. 2.2. З цією метою із пташників через 24 години після видалення курчат-бройлерів було відібрано 5,4 т посліду із підстилкою. Послід ретельно перемішували. За процесу перемішування у послід птиці рівномірно розпиляли розчин суміші біодеструкторів із розрахунку $5,0 \text{ см}^3$ компаназу + 1,7 г Svitaco-MBT ($2,2 \times 10^9$ КУО/г) на тонну біомаси. Із підготовленого посліду із вмістом біодеструкторів формували групи буртів для проведення ферментування – контрольну і дві дослідних. Кожна група складалась із 3-х буртів. Маса посліду птиці у одному бурті становила по $600 \pm 1,5$ кг.

Бурти формували на бетонному майданчику і з накриттям від прямих сонячних променів. У контрольній групі аерацію посліду курчат-бройлерів здійснювали механічним його перемішуванням (перекидання з місця на місце) один раз продовж 10-ти діб компостування. У дослідних групах бурти формували на майданчиках, де було змонтовано каркаси із щільно з'єднаних поліпропіленових труб із численними отворами у них діаметром 2,4–2,5 мм. Каркаси для всіх дослідних груп були виготовлені ідентично за довжиною та кількістю поперечних, повздовжніх труб та загальною кількістю отворів у трубах. Кожний каркас через еластичні армовані труби був приєднаний із компресорами. Повітря нагнітали під тиском 1,1–2,5 bar. У I-й дослідній групі аерацію посліду бройлерів у буртах здійснювали способом нагнітання повітря через труби у каркас компресором продовж 15 хв один раз на добу (перша половина). У II-й дослідній групі нагнітання повітря у послід здійснювали двічі по 15 хв вранці та ввечері.

Таблиця 2.2.

Схема експерименту компостування посліду

| Група | Вага посліду птиці у бурті, кг | Спосіб та кратність аерації біомаси, яку ферментували |
|-------------|--------------------------------|--|
| Контрольна | 600 | Перемішування (механічне) посліду один раз продовж 10 діб |
| I дослідна | 600 | Збагачення посліду повітрям за його нагнітання компресором (15 хв один раз на добу) |
| II дослідна | 600 | Збагачення посліду повітрям за його нагнітання компресором (по 15 хв два рази на добу) |

Вміст вологи у посліді бройлерів під час формування буртів становив $65,5 \pm 0,29$ %.

Експеримент тривав продовж 160-ти діб. Середньодобова температура повітря під накриттям змінювалась від 13,5 до 29,6 °С.

Для контролю якості ферментування проводили біопробы, культивуючи гібрид червоних каліфорнійських черв'яків на посліді курчат-бройлерів різного періоду ферментації. Із кожного бурта на глибині 26–35 см відбирали пробы посліду і з них методом ретельного перемішування й рівномірного відбору формували зразки по 1,45 кг (табл. 2.3.).

Таблиця 2.3.

Умови проведення біопроб із використанням гібрида червоних каліфорнійських черв'яків

| Група | Використано черв'яків на одну пробу компостованої біомаси посліду, шт. | Маса зразка посліду, кг | Час спостережень за біопробою, повних діб |
|-------------|--|-------------------------|---|
| Контрольна | 10 | 1,45 | 7,0 |
| I дослідна | 10 | 1,45 | 7,0 |
| II дослідна | 10 | 1,45 | 7,0 |

Зразки посліду поміщали у поліетиленові ємності із висотою стінок 35 см, щоб запобігти виповзанню черв'яків. Дослідження етології вермикультури здійснювали продовж 168 годин. У перші 24 години спостереження проводили безперервно.

Для виявлення впливу посліду курчат-бройлерів, компостованого із використанням різних режимів аерації на розмноження і ріст черв'яків формували групи по 5 мікролож у кожній. Вологість субстрату у кожному мікроложі перед заселенням черв'яків становила $65,5 \pm 0,5$ %. Послід курчат-бройлерів перед внесенням у мікролож промивали водопровідною водою. Для формування мікролож у контрольній групі використовували послід курчат-бройлерів, який компостували із використанням аерації методом механічного перемішування його один раз на 10 діб. У I-й дослідній групі застосовували послід, компостований за активної аерації способом закачування повітря компресором через поліпропіленові трубки із отворами розміщеними в середині бурта продовж 15 хв один раз на добу.

У II-й дослідній групі для формування мікролож застосовували послід бройлерів, компостований за додаткової аерації (нагнітання повітря компресором два рази продовж доби по 15 хв).

Для заселення мікролож використовували гібрид червоних каліфорнійських черв'яків із середньою масою особин $0,71 \pm 0,02$ г. У кожне мікроложе вносили по 120 черв'яків. Дослідження проводили продовж 120 діб від початку внесення у мікроложа черв'яків.

Температуру повітря в зоні розміщення мікролож продовж дослідження регулювали в межах від 24 до 26 °С. Раз на три доби проводили аерацію субстрату у мікроложах (табл. 2.4.).

Таблиця 2.4.

Схема експерименту із вермикультурою

| Група | Маса внесеного субстрату в одне мікроложе на початку експерименту, кг | Характеристика субстрату |
|-------------|---|--|
| Контрольна | 17,0 | Послід птиці із підстилкою, який ферментували продовж 160-ти діб із використанням біодеструкторів і проведенням аерації методом механічного перемішування один раз на 10 діб |
| I дослідна | 17,0 | Послід птиці із підстилкою, який ферментували продовж 160-ти діб із використанням біодеструкторів і проведенням аерації один раз щодоби продовж 15 хв методом нагнітання повітря у середину компосту за допомогою компресора |
| II дослідна | 17,0 | Послід птиці із підстилкою, який ферментували продовж 160-ти діб із використанням біодеструкторів і проведенням аерації два рази щодоби по 15 хв методом нагнітання повітря у середину компосту за допомогою компресора |

Проводили моніторинг чисельності черв'яків, розділяючи їх на статевозрілих і особин, які не набули статевої зрілості, також обліковували кількість і масу коконів вермикультури.

Для підрахунку кількості особин та маси вермикультури у мікроложах використовували щупи для одержання проб субстрату розміром $10 \times 10 \times 60$ см.

Науково-господарський дослід щодо встановлення ефективності використання біомаси гібрида червоних каліфорнійських черв'яків, отриманої на субстраті із посліду курчат-бройлерів компостованого за активної (додаткової) аерації у складі раціонів для австралійських червонопалих раків (*Cherax quadricarinatus*) було виконано із використанням методу груп-аналогів згідно зі схемою, описаної у табл. 2.5.

Групи формували із підрощеного молодняку раків (австралійський червонопалий).

Для проведення досліджень було сформовано чотири групи – контрольну і три дослідних, по 50 особин раків у кожній. Середня маса раків у групах на початку досліді становила $4,5 \pm 0,11$ г (вік 75 діб).

Таблиця 2.5.

Схема досліді на *Cherax quadricarinatus*

| Група | Кількість раків у групі, особин | Чинник, що досліджується |
|--------------|---------------------------------|--|
| Контрольна | 50 | Стандартний раціон + листя дуба (СР +ЛД) |
| I дослідна | 50 | СР+ЛД із вмістом 10,0 % біомаси гібрида червоних каліфорнійських черв'яків |
| II дослідна | 50 | СР+ЛД із вмістом 15,0 % біомаси гібрида червоних каліфорнійських черв'яків |
| III дослідна | 50 | СР+ЛД із вмістом 20,0 % біомаси гібрида червоних каліфорнійських черв'яків |

Раків розміщували в чотирьох однакових басейнах по $1,08 \text{ м}^2$ (120×90 см) об'ємом 163 дм^3 , оснащених системою перекачування та терморегуляції води, фільтруючим елементом і комірками для переховування (різних діаметрів). Температуру води витримували на рівні $26,5\text{--}27,5$ °С. Гідрохімічні показники щодо вирощування раків відповідали встановленим рекомендаціям (Гриневич та ін., 2022). Тривалість експерименту становила 75 діб.

У контрольній групі ракам згодовували стандартний раціон (додаток А1), також у басейн вносили листя дуба уволю. У I-й дослідній групі 10,0 % за масою раціону заміняли на біомасу вермикультури. У II- та III-й дослідних групах вміст біомаси черв'яків у раціоні раків становив, відповідно, 15,0 та 20,0 %. Годівлю раків проводили двічі на добу: t 9.20–9.30 (вранці) та 21.20–21.30 (ввечері). Під час норми годівлі враховували поїдання кормів, температуру води, масу тіла раків.

Біомасу вермикультури вносили у басейни із раками у подрібненому стані (величина часток до 3–5 мм).

Виробниче випробування щодо вирощування австралійських червонопалих раків із використанням у їх раціонах біомаси вермикультури проведено в умовах ТОВ «Українська креветка». Для цього із підрощеного молодняку раків (маса тіла 4,6–4,7 г) за принципом аналогів формували дослідну та контрольну групи по 500 голів у кожній. Контрольній групі згодовували стандартний раціон (додаток А2). Дослідній групі раків згодовували раціони із вмістом 15,0 % біомаси черв'яків.

2.2. Методи дослідження показників

Масу тіла австралійських червонопалих раків визначали за допомогою індивідуального зважування на техно-хімічних вагах. Масу коконів та черв'яків – використовуючи техно-хімічні та аналітичні ваги.

Температуру посліду бройлерів до і під час компостування у буртах визначали застосовуючи термометри, які відповідають ДСТУ ОІМЛ R 133:2019. За термометрії прилад занурювали у глибину посліду на 27–33 см, витримуючи по 9–11 хвилин. Аналогічними термометрами контролювали температуру води, у якій вирощували раків [10].

Перед тим як проводити визначення хімічних і біохімічних показників у біомасі гібрида червоних каліфорнійських черв'яків виконували підготовчі роботи. Кожну особину індивідуально механічно звільняли від залишків субстрату, мили під проточною водою [5] і споліскували у дистильованій воді. Помитих черв'яків поміщали у ємності, заповнені подрібненим фільтрувальним папером. Папір зволожували до 65,0 % вологості. Вермикультуру на фільтрувальному папері

витримували продовж 36 годин з метою максимального очищення травного каналу черв'яків від вмістимого (хімус, копроліти). Із очищених черв'яків виготовляли гомогенат, додаючи фізіологічний розчин.

Після проведення досліджень для встановлення ряду біохімічних та хімічних показників у організмі раків їх охолоджували. Із кожної групи відбирали по 5 особин, маса тіла яких не відрізнялась від середнього значення більше ніж на 5,0 %.

Уміст сухої речовини у м'ясі раків та біомасі черв'яків визначали за методикою, викладеною у ДСТУ ISO 1442:2005 [7]. У м'язовій тканині раків та у черв'яках вміст загальної золи і вологи досліджували відповідно до ДСТУ ISO 936:2008 та ДСТУ ISO 1442:2005 [7, 9]. Вміст ліпідів та загального білка у м'ясі раків і біомасі черв'яків визначали керуючись методиками, описаними в нормативних документах: ДСТУ 3143:2013; ДСТУ ISO 1443:2005 [8, 4]. Вміст мікроелементів у м'язовій тканині раків, біомасі червоних каліфорнійських черв'яків та біогумусі досліджували методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії згідно з ДСТУ 7965:2015 [6].

Уміст загального білка у гомогенаті із печінки раків досліджували за методикою, описаною О.Н. Lowry (1951) [102].

Біологічну цінність та токсикологічну оцінку м'яса раків проводили за рекомендаціями, підготовленими П.В. Микитюком та ін. (2004) [17]. Активність амінотрансфераз визначали застосовуючи стандартні набори за методикою S. Reitman, S. Francel (1957) [127]. Активність лужної фосфатази визначали за методикою S. King із використанням стандартних наборів. Вміст загальних HS-груп, білкових та вільних сульфогідрильних груп у печінці раків та біомасі каліфорнійських черв'яків визначали за методикою G.L. Ellman (1959) [66].

Нітроген у посліді курчат-бройлерів та його ферментованій біомасі визначали за методикою Bremner (1996) [45]. Вміст сирого протеїну у посліді курчат-бройлерів та його ферментованій біомасі досліджували за допомогою методики К'ельдаля (Zong et al., 2015) [167]. Вміст Фосфору та Кальцію у посліді птиці та його ферментованій біомасі визначали за допомогою методики (Wolf et al., 2003) [159].

У м'ясі *Cherax quadricarinatus* вміст макроелементів (Кальцій, Калій, Натрій) визначали за допомогою капілярного електрофорезу за методикою, описаною у рекомендаціях за реакцією академіка І.Я. Коцюмбаса [15, 16] у ДНДКІ ветеринарних препаратів та кормових добавок.

Мікробіологічні дослідження у посліді курчат-бройлерів до компостування та під час ферментації здійснювали застосовуючи методику А.Г. Wollum (1982) [160]. Масову частку вологи у посліді птиці досліджували методом висушування в сушильних шафах за температури 105 °С до сталої ваги.

Одержані експериментальними методами цифрові дані піддавали статистичній обробці за використання програми Statistika.

Під час проведення досліджень з раками поводитись згідно з вимогами Закону України «Про захист тварини від жорстокого поводження» (2006) та Директиви 2010/63/ЄС [11, 12].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Удосконалення технології ферментування посліду курчат-бройлерів за встановлення оптимальних умов аерації

3.1.1. Вміст деяких бактерій у посліді птиці із підстилкою на різних етапах зберігання без додаткової аерації

Перед дослідженням технології удосконалення компостування посліду курчат-бройлерів прискореним методом за інтенсивного компостування нами було проведено визначення мікробіологічного складу посліду за різного часу його зберігання без внесення біодеструкторів та за проведення аерації.

Доведено, що в посліді бройлерів, який вивантажили із пташників (2-га доба) показник КМАФАнМ був на рівні $3,5 \times 10^8$. Чисельність мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних бактерій за 4 місяці зберігання (компостування) посліду курчат-бройлерів у буртах зросла у 134,3 рази стосовно посліду, який зберігали дві доби після вивантаження із пташників. Продовж 9 місяців зберігання показник КМАФАнМ у посліді птиці знижується у порівнянні із показником, отриманим у посліді після 4-х місяців ферментування, у 58,7 рази (рис. 3.1).

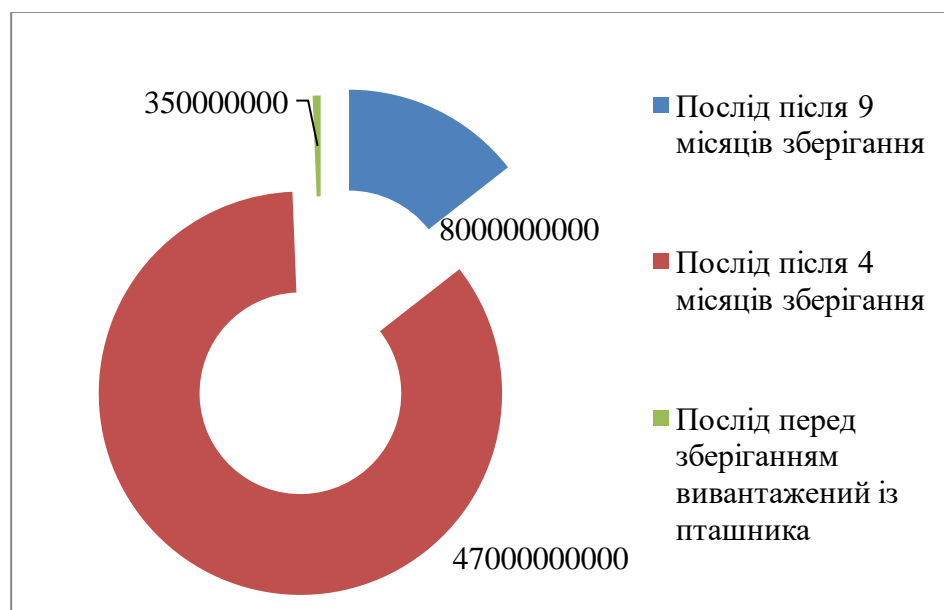


Рис. 3.1. Значення показників КМАФАнМ у посліді птиці

Отримані експериментальні дані показують, що інтенсивність гідролітичних процесів під час компостування після 9-ти місяців значно знижується через зменшення кількості бактерій.

Встановлено, що група бактерій *Bacillus* spp. представлена наступними видами: *Bacillus subtilis*, *Bacillus megatherium*, *Bacillus mesentericus* та *Bacillus mycooides*. *Bacillus subtilis* є домінуючим видом. Колонії посіву із посліду бройлерів, який зберігали 2 доби та продовж 4- та 9-ти місяців ферментації, були сухі із характерним зморщуванням. Колонії були безбарвні та світло-оксамитові. Краї колоній цих бактерій були переважно хвилясті (рис. 3.2–3.4).

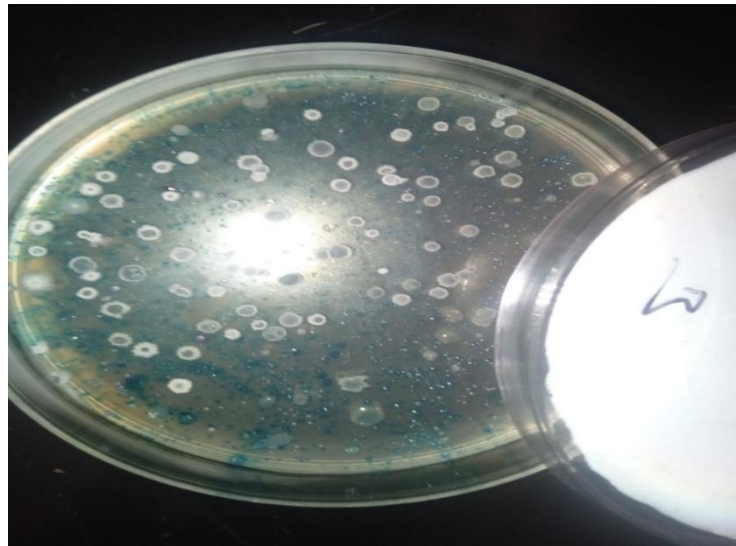


Рис. 3.2. Ріст колоній бактерій, висіяних із посліду курчат-бройлерів вивантаженого із приміщень

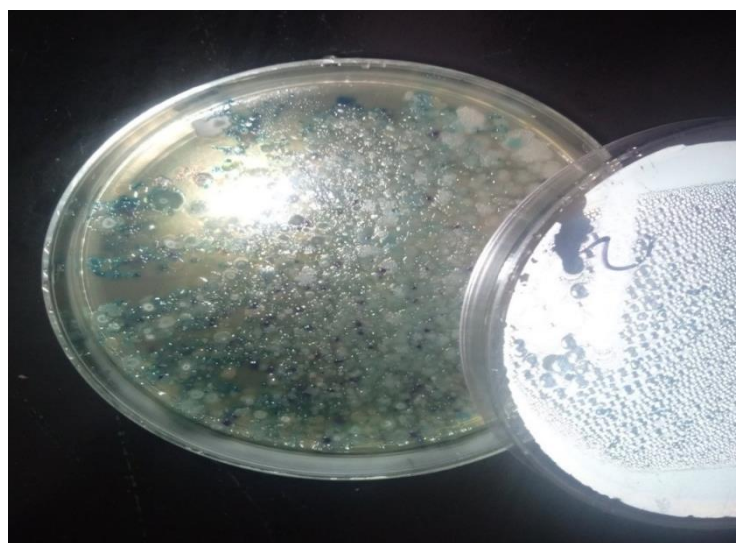


Рис. 3.3. Ріст колоній бактерій висіяних із посліду бройлерів, який зберігали у буртах продовж 4-х місяців

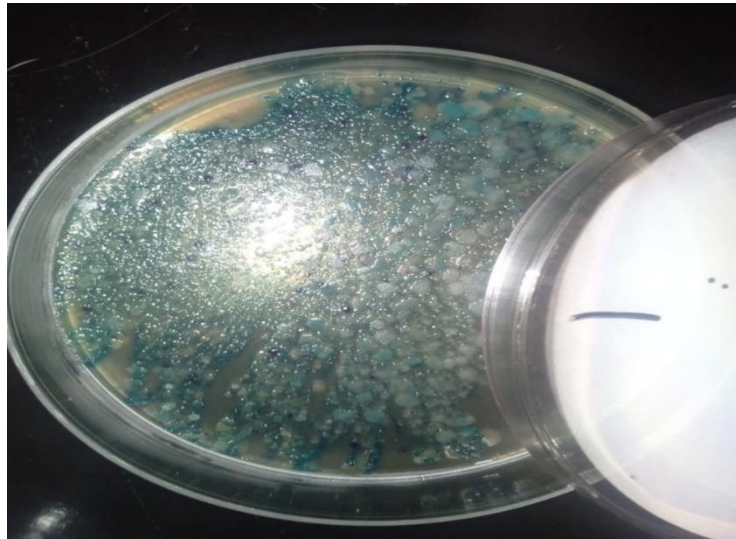


Рис. 3.4. Ріст колоній бактерій висіяних із посліду бройлерів, який зберігали у буртах продовж 9-ти місяців

Найменший показник КУО *Bacillus spp.* був виявлений у посліді курчат-бройлерів, вивантаженого із пташників – на рівні $1,2 \times 10^8$. Продовж 120-добового зберігання посліду курчат-бройлерів у буртах кількість КУО *Bacillus spp.* в останньому зросла у 2000 разів відносно кількості бактерій у посліді, вивантаженого із пташників. У посліді курчат-бройлерів, який зберігали продовж 9-ти місяців у холодний період року гідролітичні процеси були менш інтенсивні у порівнянні із послідом, який зберігали 4 місяці за аналогічних температурних умов. Це супроводжується зниженням кількості бактерій *Bacillus spp.* (мезофільних) в 10 разів (рис. 3.5).

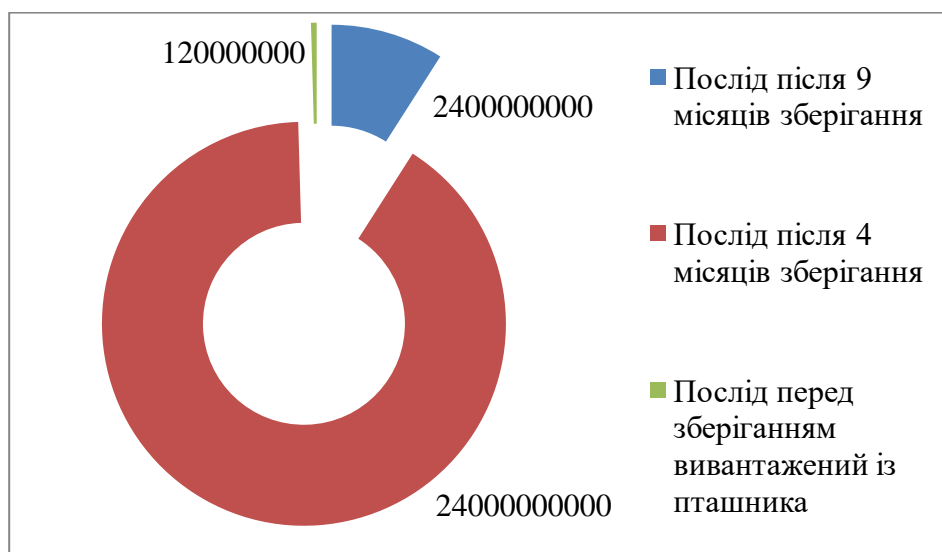


Рис. 3.5. Показники кількості КУО *Bacillus spp.*, у посліді птиці

Доведено, що група бактерій *Staphylococcus spp.* у посліді курчат-бройлерів представлена такими основними видами: *Staphylococcus saprophyticus* та *Staphylococcus aureus*. Форми колоній мікроорганізмів, висіяних із посліду бройлерів вивантаженого із пташників і посліду який зберігали у буртах у різні проміжки часу, були округлі та випуклі. Забарвлення утворених колоній *Staphylococcus spp.* мало біло-золотистий колір.

Бактерії групи *Staphylococcus spp.*, незважаючи на використання антимікробних препаратів для птиці, були висіяні із посліду бройлерів після його вивантаження із пташників. Показник КУО *Staphylococcus spp.* у такому посліді становив $4,6 \times 10^7$. Із зберіганням посліду бройлерів кількість *Staphylococcus spp.* збільшується. Зокрема, у посліді бройлерів, що зберігали у буртах продовж 4-х місяців кількість бактерій зросла у 156,5 рази стосовно свіжого посліду. За тривалого зберігання (продовж 9-ти місяців) кількість бактерій *Staphylococcus spp.* залишалась більшою у 13,4 рази стосовно посліду, який вивантажили із приміщень, проте була меншою у 11,6 рази стосовно посліду бройлерів, який зберігали 4 місяці (рис. 3.6).

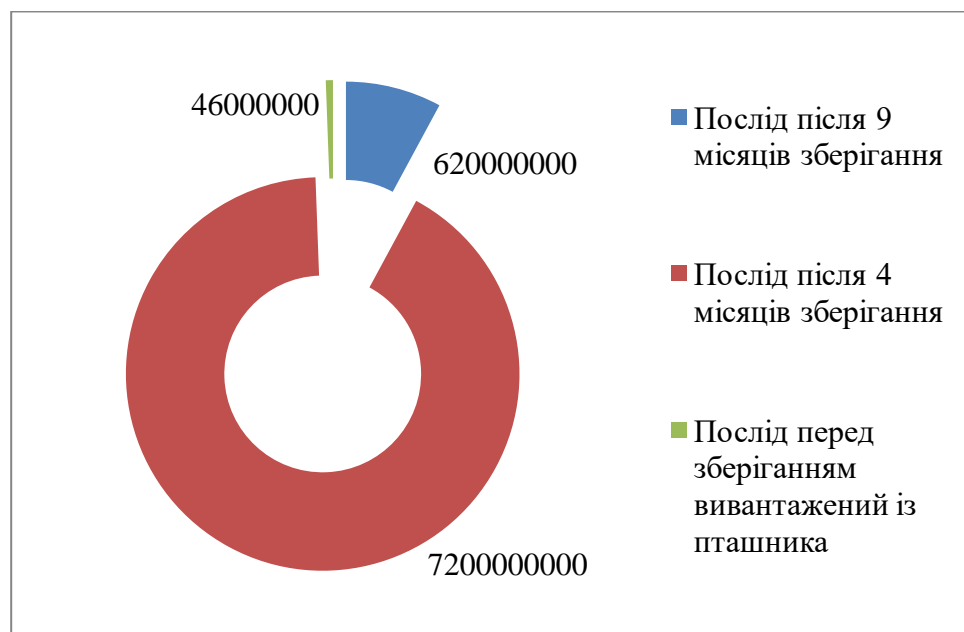


Рис. 3.6. Показники кількості КУО *Staphylococcus spp.* у посліді птиці

Виявлено, що колонії *Streptococcus spp.* із посліду птиці були дрібними із плоскою формою. Колонії бактерій висіяних із посліду бройлерів, які зберігали за різних проміжків часу були рівномірно розміщені у чашках Петрі на поживному середовищі. Забарвлення виявлених колоній було сірим із різними відтінками.

Посіви із свіжого посліду птиці, вивантаженого із пташників мали показник КУО *Streptococcus spp.* на рівні $5,9 \times 10^6$. Залежно від періоду зберігання кількість мікроорганізмів у посліді бройлерів змінювалась. Зокрема, у посліді після 4-х місяців зберігання кількість *Streptococcus spp.* була більшою ніж на початку зберігання у 28,8 рази. Послід бройлерів за 9 місяців зберігання містив меншу кількість *Streptococcus spp.* відносно посліду, який вивантажували із пташників. Порівнюючи до показників, одержаних із посліду після 4-х місяців його зберігання, виявлено зниження кількості КУО *Streptococcus spp.* у 53,1 рази (рис. 3.7).

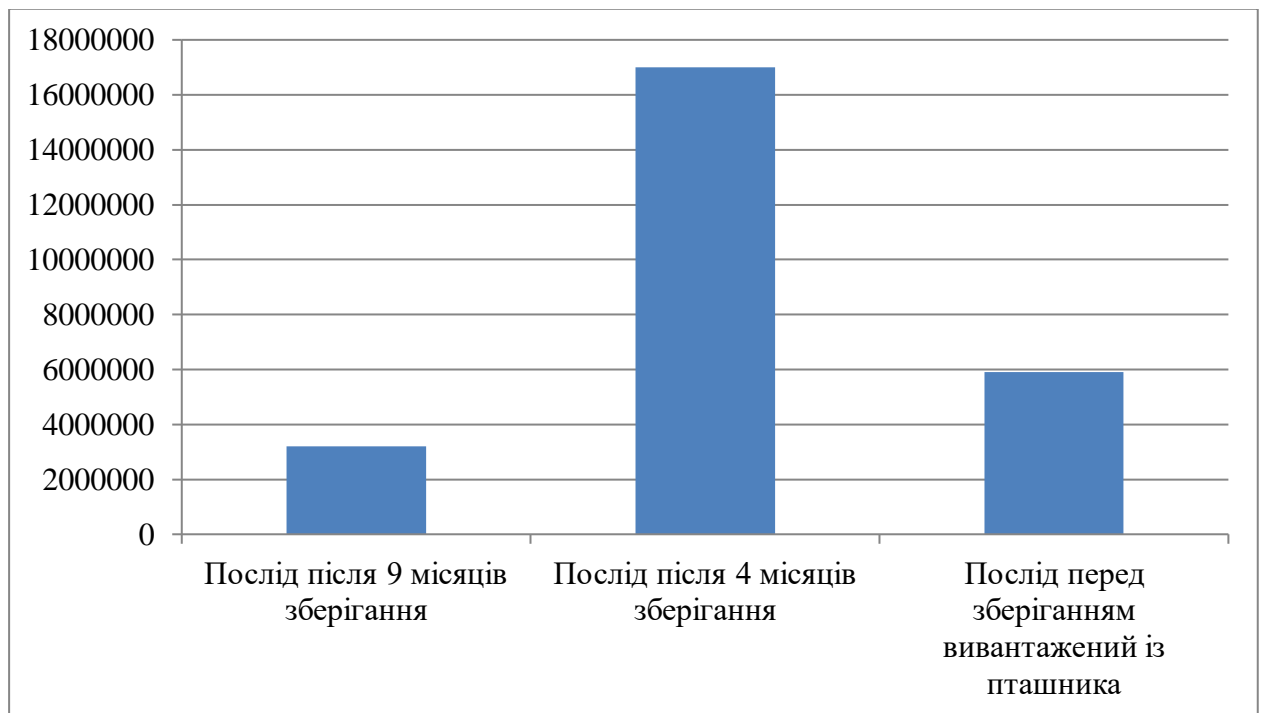


Рис. 3.7. Показники кількості *Streptococcus spp.* у посліді птиці.

Крім того, проводили дослідження на виявлення у посліді курчат-бройлерів бактерій *Escherichia coli*. Однак, незалежно від часу зберігання посліду був

одержаний негативний результат щодо росту їх колоній. КУО *Escherichia coli* не були ідентифіковані.

Результати експериментів цього підрозділу опубліковані в одній науковій праці [93].

3.1.2. Дослідження методів інтенсивності аерації на показники температури та вмісту вологи у посліді бройлерів під час компостування

Під час удосконалення технології компостування посліду курчат-бройлерів за різних методів аерації досліджували зміни температури всередині буртів продовж ферментування.

На початку досліду (перша доба формування буртів) температура посліду бройлерів у дослідних і контрольній групах була аналогічною. Через добу від закладання біомаси в бурти, встановлено що температура останньої в контрольній групі збільшилась до 15,0 °С. У цей самий період за проведення аерації один раз на добу (I-ша дослідна група) температура компостованого посліду зросла на 5,0 °С або 33,3 % у порівнянні із контролем. За двократної аерації за добу (II-га дослідна група) різниця між контролем і I-ю дослідною групою за значенням температури становила, відповідно, 7,0 та 2,0 °С. До 4-ї доби ферментування спостерігалось інтенсивне наростання температури усередині буртів із посліду бройлерів з підстилкою. У I- та II-й дослідних групах підвищення температури становило, відповідно, 3,9 та 4,1 рази стосовно першої доби ферментування посліду і на 72,0 і 80,0 % стосовно контрольної групи. За інтенсивного збагачення повітрям посліду бройлерів у II-й дослідній групі на 6-ту добу температура ферментованої біомаси була найвищою і переважала показники контролю та I-ї дослідної групи, відповідно, на 87,8 та 1,6 %.

Із 4- до 26-ї доби була виявлена закономірність, що стабільна аерація посліду курчат-бройлерів сприяє підвищенню температури усередині буртів. У цей період компостування посліду здійснювалось у термофільній температурній фазі. Компостування посліду бройлерів у контрольній групі за температури більше 40,0 °С продовжувалось лише 12 діб. Пролонгованість цього періоду була меншою

у порівнянні із II-ю дослідною групою у 1,91 рази. У I-й дослідній групі термофільна фаза компостування тривала 23 доби (рис. 3.8).

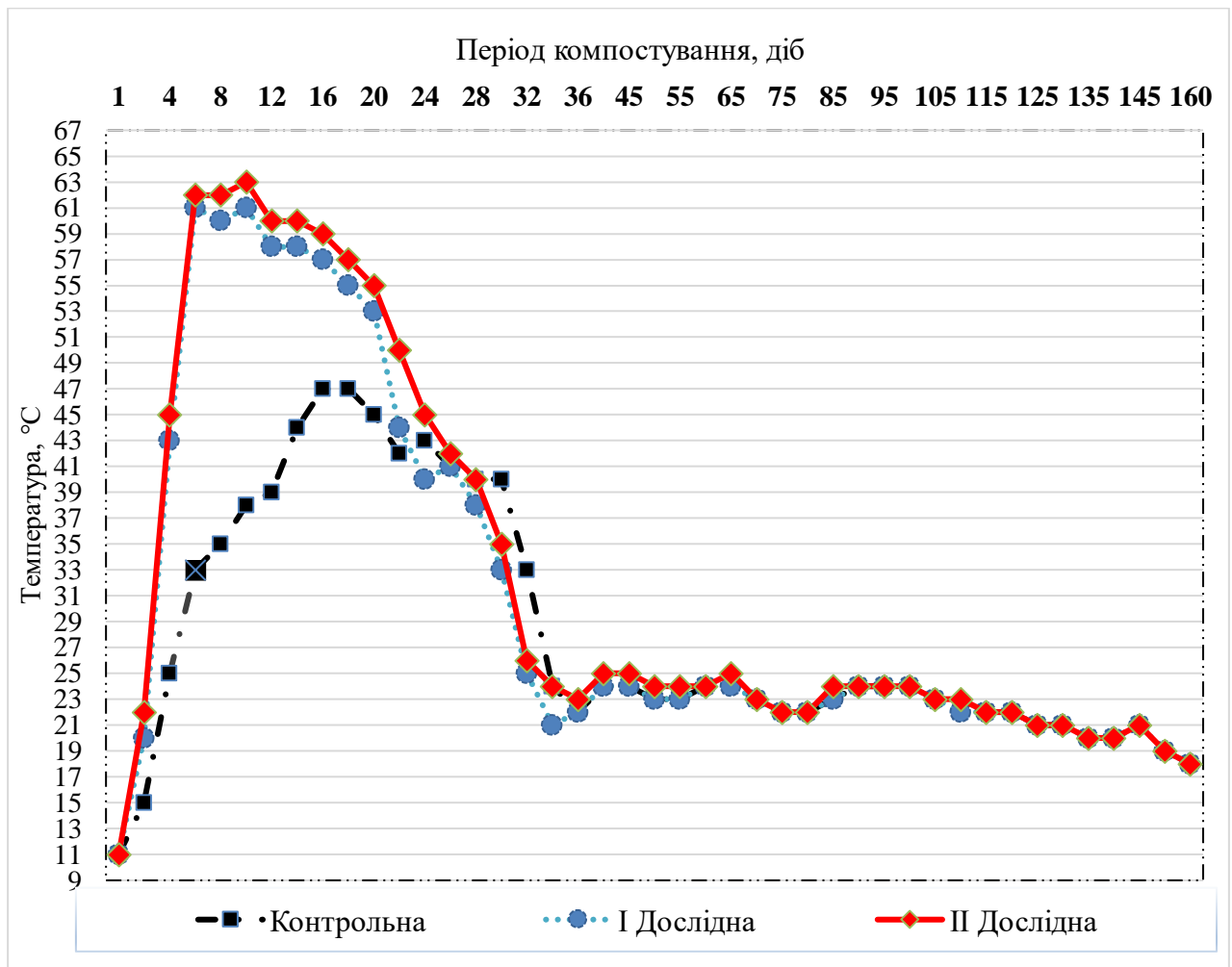


Рис. 3.8. Динаміка температури посліду у середині бортів.

Встановлено найвищу температуру в середині посліду курчат-бройлерів у буртах у II-й дослідній групі на 10-ту добу компостування. Показник був більшим стосовно контрольної групи на 61,5 %. Порівнюючи температуру компостування посліду бройлерів у термофільній фазі між I- і II-ю дослідними групами доведено, що додаткова аерація біомаси призводить до незначного підвищення температури в межах 1,0–2,0 °C.

Слід зазначити, що ферментування біомаси без активної його аерації (контрольна група) характеризується плавнішим зниженням температури посліду птиці усередині бортів із 28- до 32-ї доби. У цей період виявлено підвищення

температури у контрольних буртах стосовно I-ї дослідної групи на 2,0–8,0 °С. Обґрунтуванням такого процесу може бути те, що у контролі до 28-ї доби послід курчат-бройлерів містив ще достатню концентрацію легкодоступних поживних речовин для домінуючого конгломерату бактерій і метаболічні перетворення активно перебігали, обумовлюючи виділення значної кількості тепла.

Із 28-ї доби ферментування посліду у дослідних групах проходило у мезофільному температурному режимі. Після 45-ї доби ферментування вірогідної розбіжності за температурою посліду усередині буртів дослідних і контрольної груп не виявлено. Після двомісячного компостування температура біомаси в буртах залежала від температури повітря. Із 150-ї доби температура компостованого посліду бройлерів знизилась до показників психрофільного режиму.

Отже, експериментально доведено, що додаткова одноразова і дворазова аерація посліду курчат-бройлерів призводить до інтенсивного зростання температури біомаси всередині буртів, відповідно і до інтенсифікації метаболічних (деградаційних) процесів, у порівнянні із варіантом де збагачення Оксигеном посліду способом нагнітання повітря компресором не проводили. Порівнюючи ефективність одноразового і дворазового збагачення посліду повітрям продовж доби на температуру ферментування виявлено, що за двократного аерування статистично значущого зростання температури посліду в середині буртів не фіксували.

Поряд із встановленням температури посліду бройлерів за процесу компостування досліджували масову частку вологи. На період закладання експерименту вологість посліду у буртах була однаковою у контролі та дослідних групах, що підтверджувало гомогенність перемішування біомаси. Продовж першого тижня компостування масова частка вологи у посліді курчат-бройлерів із контрольних буртів знизилась на 0,7 % відносно показника на першу добу компостування (табл. 3.1).

У I-й дослідній групі вологість посліду птиці на 8-му добу компостування була аналогічною як у контролі. Масова частка вологи у II-й дослідній групі в цей

самий період була меншою стосовно контролю на 0,5 %. Продовж 2 тижнів ферментування масова частка вологи у дослідних і контрольній групах зменшилась, відповідно, на 1,4, 1,5 та 1,3 % порівнянні із першою добою. На 15-ту добу масова частка вологи у II-й дослідній групі була меншою на 0,2 %.

Таблиця 3.1.

Вміст вологи у посліді бройлерів продовж усього періоду компостування, %, $M \pm m$, $n=4$

| Час компостування | Група буртів | | |
|-------------------|--------------|------------|-------------|
| | контрольна | I дослідна | II дослідна |
| 1-ша доба | 65,5±0,87 | 65,5±0,88 | 65,5±0,86 |
| 8-ма доба | 64,8±0,54 | 64,8±0,76 | 64,3±0,91 |
| 15-та доба | 64,2±0,61 | 64,1±0,84 | 64,0±0,90 |
| 22-га доба | 63,8±0,77 | 63,5±0,89 | 63,2±0,88 |
| 29-та доба | 63,6±0,87 | 63,2±0,57 | 63,0±0,78 |
| 36-та доба | 63,4±0,91 | 63,0±0,84 | 62,6±0,73 |
| 43-тя доба | 63,2±0,68 | 62,8±0,48 | 62,3±0,76 |
| 50-та доба | 63,0±0,86 | 62,6±0,55 | 62,0±0,67 |
| 57-ма доба | 62,8±0,54 | 62,2±0,77 | 61,8±0,59 |
| 64-та доба | 62,7±0,58 | 62,0±0,65 | 61,7±0,58 |
| 71-ша доба | 62,5±0,37 | 61,8±0,84 | 61,4±0,57 |
| 78-ма доба | 62,3±0,50 | 61,5±0,69 | 61,1±0,73 |
| 85-та доба | 62,1±0,55 | 61,4±0,81 | 60,8±0,43 |
| 92-га доба | 62,0±0,84 | 61,2±0,72 | 60,5±0,35 |
| 99-та доба | 61,8±0,24 | 61,0±0,55 | 60,1±0,64 |
| 106-та доба | 61,7±0,74 | 60,7±0,73 | 60,0±0,77 |
| 113-та доба | 61,5±0,76 | 60,6±0,84 | 59,8±0,54 |
| 120-та доба | 61,2±0,83 | 60,4±0,74 | 59,5±0,63 |
| 128-ма доба | 61,1±0,72 | 60,1±0,83 | 59,2±0,74 |
| 134-та доба | 60,9±0,66 | 60,0±0,56 | 59,0±0,81 |
| 141-ша доба | 60,7±0,65 | 59,8±0,65 | 58,7±0,35 |
| 148-ма доба | 60,5±0,48 | 59,5±0,72 | 58,5±0,64 |
| 155-та доба | 60,3±0,58 | 59,1±0,34 | 58,3±0,44 |

| | | | |
|-------------|-----------|-----------|-----------|
| 160-та доба | 60,1±0,88 | 59,0±0,51 | 58,0±0,63 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|

Аналізуючи масову частку вологи на 22-гу добу ферментування виявлено, що у контролі цей показник знизився на 0,4 % стосовно даних на 15-ту добу. Водночас зменшення масової частки вологи у посліді із I- та II-ї дослідних груп стосовно 15-ї доби компостування становило, відповідно, 0,6 та 0,8 %. Із 22- до 29-ї доби компостування найбільші втрати вологи були виявлені у II-й дослідній групі. Аналогічні результати, отримали у період компостування посліду курчат-бройлерів із 29- до 36-ї доби.

На 64-ту добу ферментації масова частка вологи у контролі була меншою стосовно стартового показника на 2,8 %. У I- та II-й дослідних групах у цей самий період масова частка вологи була меншою ніж у контролі, відповідно, на 0,7 та 1,0 %.

На 71-шу добу компостування найменша концентрація вологи у посліді курчат-бройлерів була у II-й дослідній групі. Різниця із контролем та I-ю дослідною групою становила, відповідно, 1,1 та 0,4 %. Із 71- до 120-ї доби втрати вологи у контрольній, I- та II-й дослідних групах становили, відповідно, 1,3, 1,4 та 1,9 %, це вказує на те, що навіть незначне збільшення температури всередині бургтів сприяє підвищенню втрат вологи в межах тенденцій.

За зниження температури компостованої біомаси у буртах (128–160-та доба ферментації) втрати вологи знизились у порівнянні із періодом термофільної фази.

Наприкінці експериментів найнижча масова частка вологи у посліді курчат-бройлерів була виявлена у II-й дослідній групі у порівнянні із контролем та I-ю дослідною групою, різниця становила, відповідно, 2,1 та 1,0 %. За період дослідження (продовж 160-ти діб) втрати вологи у посліді курчат-бройлерів із контрольної групи становили 5,4 %. За активної аерації і підвищеної температури посліду усередині бургтів втрати у I- та II-й дослідних групах були більшими стосовно контролю і становили, відповідно, 6,5 та 7,5 %.

Встановлено, що у період термофільної фази компостування відносні втрати вологи як у контрольній так і дослідних групах були більшими ніж у період зниження температури компостування (мезофільна та психрофільна фази).

За 160-добового компостування масова частка вологи у ферментованій біомасі як у контролі так і дослідних групах нижче 55,0 % не зменшувалась, що позитивно впливало на деградаційні процеси за дії конгломерату мікроорганізмів.

3.1.3. Встановлення мікробіологічних показників у посліді за різних умов аерації

Дослідження вмісту деяких бактерій у посліді бройлерів проводили на 4-ту добу від початку компостування. Показник КМАФАнМ у посліді із контрольних буртів у цей період ферментування становив $7,5 \times 10^8$. За дії одноразового нагнітання повітря у послід курчат-бройлерів показник КМАФАнМ зростав на 17,3 % стосовно контрольної групи. У II-й дослідній групі значення КМАФАнМ було найбільшим. Різниця із контрольною та I-ю дослідною групами становила, відповідно, 22,7 та 4,5 % (табл. 3.2).

Експериментально виявлено вплив різних методів та режимів збагачення посліду бройлерів у буртах повітрям на кількість бактерій у ньому. Найменший показник КУО/г *Bacillus spp.* був встановлений у контрольній групі. У посліді птиці із I-ї дослідної групи кількість клітин *Bacillus spp.* була більшою на 40,4 % стосовно контрольної групи. За двократного збагачення повітрям ферментованої біомаси продовж доби збільшується показник КУО *Bacillus spp.* Різниця стосовно контролю мала статистичну значущість. Стосовно даних у I-й дослідній групі кількість клітин мікроорганізмів у II-й дослідній групі була більшою на 19,6 %.

Таблиця 3.2.

Вміст деяких бактерій у посліді курчат-бройлерів під час компостування
(4-та доба дослідження), КУО/г

| Показник | Група | | |
|----------|------------|------------|-------------|
| | контрольна | I дослідна | II дослідна |
| | | | |

| | | | |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| КМАФАнМ | $7,5 \times 10^8$ | $8,8 \times 10^8$ | $9,2 \times 10^8$ |
| <i>Bacillus spp.</i> | $4,7 \times 10^7$ | $6,6 \times 10^7$ | $7,9 \times 10^7$ |
| <i>Staphylococcus</i> | $1,6 \times 10^5$ | $1,3 \times 10^5$ | $1,1 \times 10^5$ |
| <i>Clostridium</i> | $6,8 \times 10^8$ | $6,0 \times 10^8$ | $5,2 \times 10^8$ |

Аналізуючи кількість клітин *Staphylococcus* у компостованій біомасі встановлено вплив на їх ріст і розмноження аерації посліду та збільшення кількості у ній клітин сінної палички. Із зростанням у біомасі *Bacillus spp.* кількість бактерій *Staphylococcus* значно зменшується. У I- і II-й дослідних групах чисельність клітин *Staphylococcus* була меншою ніж у контролі, відповідно, на 18,7 та 31,2 %.

Також аналогічно встановлено зменшення кількості клітин *Clostridium* у посліді курчат-бройлерів із дослідних груп. Це явище можливо обґрунтувати принципом антагонізму з боку *Bacillus spp.*

На 30-ту добу компостування значення КМАФАнМ у контролі зросло у 3,33 рази стосовно даних виявлених на 4-ту добу. Встановлено збільшення показника КМАФАнМ у I- та II-й дослідних групах стосовно 4-ї доби ферментування, відповідно, у 3,29 та 3,36 рази. Показник КМАФАнМ у посліді бройлерів, який однократно і двократно насичували повітрям був більшим ніж у контролі, відповідно, на 16,0 та 24,0 % (табл. 3.3.).

Таблиця 3.3.

Вміст деяких бактерій у посліді курчат-бройлерів під час компостування
(30-та доба дослідження), КУО/г

| Показник | Група | | |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | контрольна | I дослідна | II дослідна |
| КМАФАнМ | $2,5 \times 10^9$ | $2,9 \times 10^9$ | $3,1 \times 10^9$ |
| <i>Bacillus spp.</i> | $9,2 \times 10^8$ | $9,6 \times 10^8$ | $9,9 \times 10^8$ |
| <i>Staphylococcus</i> | $2,2 \times 10^5$ | $2,0 \times 10^5$ | $1,7 \times 10^5$ |
| <i>Clostridium</i> | $7,1 \times 10^8$ | $6,8 \times 10^8$ | $6,4 \times 10^8$ |

Виявлена закономірність, чим більше проводили аерацію посліду курчат-бройлерів під час його компостування, тим вищою була кількість бактерій *Bacillus spp.* Різниця із контрольною групою становила, відповідно, 4,3 та 7,6 %. Крім того,

залишалась закономірність, яка полягала в тому, що із збільшенням у ферментованій біомасі *Bacillus spp.* показники КУО *Staphylococcus* та *Clostridium* знижувалися.

Також було досліджено мікробіологічний склад посліду курчат-бройлерів після термофільної фази і зниження температури біомаси до 22–26 °С (табл. 3.4).

Доведено, що показник КМАФАнМ на 60-ту добу компостування у контрольній групі був меншим у 4,6 рази стосовно цього показника на 30-ту добу компостування, що супроводжується зниженням температури та деградаційних процесів у біомасі.

Таблиця 3.4.

**Вміст деяких бактерій у посліді курчат-бройлерів під час компостування
(60-та доба дослідження), КУО/Г**

| Показник | Група | | |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | контрольна | I дослідна | II дослідна |
| КМАФАнМ | $5,4 \times 10^8$ | $6,3 \times 10^8$ | $6,7 \times 10^8$ |
| <i>Bacillus spp.</i> | $8,3 \times 10^7$ | $8,6 \times 10^7$ | $9,1 \times 10^7$ |
| <i>Staphylococcus</i> | $1,9 \times 10^5$ | $1,7 \times 10^5$ | $1,5 \times 10^5$ |
| <i>Clostridium</i> | $5,2 \times 10^7$ | $5,0 \times 10^7$ | $4,8 \times 10^7$ |

Найвищий показник КМАФАнМ було виявлено у посліді курчат-бройлерів, де аерацію проводили двічі на добу по 15 хв (II-га дослідна група). Стосовно контролю та I-ї дослідної групи показник був вищим, відповідно, на 24,0 та 6,3 %. У I-й дослідній групі (аерація один раз на добу продовж 15 хв) показник КМАФАнМ був більшим ніж у контролі на 16,7 %.

У контрольній, I- та II-й дослідних групах кількість клітин *Bacillus spp.* була меншою стосовно показників на 30-ту добу, відповідно, у 11,08; 11,1 та 10,8 рази. Найвищий показник кількості *Bacillus spp.* було встановлено у посліді із II-ї дослідної групи, він був більшим стосовно контролю на 9,6 %. За вмістом клітин *Bacillus spp.* між I- та II-ю дослідними групами різниця становила 5,8 %.

Експериментально встановлено, що на 60-ту добу компостування вміст клітин *Staphylococcus* залежав від вмісту у посліді сінної палички. Водночас, чим

інтенсивніше проводили аерацію посліду курчат-бройлерів, тим більшою була кількість *Bacillus spp.* У I- та II-й дослідних групах у компостованій біомасі кількість *Staphylococcus* була меншою на 10,5 та 21,0 % стосовно контрольної групи.

Найменша кількість *Clostridium* була виявлена у посліді курчат-бройлерів із II-ї дослідної групи. Різниця із контролем становила 7,7 %. Також на 60-ту добу ферментування пролонгувалась антагоністична дія *Bacillus spp.* стосовно *Clostridium*.

3.1.4. Хімічні, органолептичні показники посліду курчат-бройлерів за ферментації та проведення біопроби компосту

Перед компостуванням посліду курчат-бройлерів у ньому визначали вміст Нітрогену, Кальцію Фосфору та сирого протеїну. Вміст Нітрогену у посліді із підстилкою становив 21,5 г/кг, що може пояснюватись високим вмістом сирого протеїну у комбікормах для птиці (табл. 3.5).

Таблиця 3.5.

Деякий хімічний склад свіжого і ферментованого посліду птиці, $M \pm m$, $n=4$

| Група буртів/ зразок посліду | Вміст | | | |
|--|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| | Загального Нітрогену, г/кг | Кальцію, г/кг | Фосфору, г/кг | Сирого протеїну, г/кг |
| Контрольна | 10,8±0,12 ^{2**} | 39,7±1,25 ^{2***} | 7,5±0,37 ^{2**} | 67,4±1,22 ^{2***} |
| I дослідна | 11,2±0,57 ^{2**} | 40,9±2,32 ^{2**} | 8,2±0,43 ^{2*} | 69,8±1,09 ^{2***} |
| II дослідна | 11,9±0,24 ^{1*2**} | 42,8±3,17 ^{2**} | 8,5±0,31 ^{1*2**} | 74,2±1,44 ^{1*2***} |
| Зразок відібраний перед закладанням досліду | 21,5±1,13 | 15,9±0,88 | 12,1±0,54 | 134,1±3,54 |

Примітки:

^{1*} $p < 0,05$ – стосовно показників у контролі;

^{2*} $p < 0,05$; ^{2**} - $p < 0,01$; ^{2***} - $p < 0,001$ – стосовно даних, отриманих у посліді до компостування.

Внаслідок ферментативних процесів під час компостування вміст Нітрогену у посліді бройлерів зменшився. У контролі вміст Нітрогену у ферментованій

біомасі був меншим ніж у посліді до компостування у 1,99 рази. У I- та II-й дослідних групах зниження вмісту Нітрогену за період компостування становило, відповідно, 1,91 та 1,8 рази. Різниця між показником у дослідних групах і показником отриманим у посліді пиці до ферментації була статистично значущою ($p < 0,01$). Встановлено, чим інтенсивніше проводили аерацію посліду курчат-бройлерів тим вміст загального Нітрогену був вищим. У II-й дослідній групі вміст Нітрогену у посліді був вищим, ніж у контролі та I-й дослідній групі, відповідно, на 10,1 ($p < 0,05$) та 6,2 %.

Вміст Кальцію у посліді курчат із підстилкою до компостування становив 15,9 г/кг. Внаслідок процесу мінералізації вміст Кальцію у контрольній групі збільшився у 2,5 рази стосовно показника у посліді до ферментації. Встановлено, що вміст Кальцію у I-й дослідній групі був більшим ніж у контролі на 3,0 %. Найвищий вміст Кальцію було встановлено у II-й дослідній групі, різниця із контролем становила 7,8 %. За використання аерації процес мінералізації біомаси підвищується і зростає вміст Кальцію.

Компостування посліду супроводжується гідролізом полімерних сполук, до складу яких входить Фосфор, внаслідок чого цей елемент елімінується у навколишнє середовище. У I- та II-й дослідних групах вміст Фосфору був меншим стосовно показника отриманого у посліді до компостування, відповідно, на 32,2 та 29,7 %. Виявлено збільшення вмісту Фосфору у посліді після компостування за інтенсивної аерації (II-га дослідна група) у порівнянні із контролем.

За використання активної аерації у посліді із I- та II-й дослідних груп підвищується вміст сирого протеїну стосовно контролю, відповідно, на 3,5 та 10,0 %. Це може бути пов'язано із збільшенням в посліді птиці біомаси мікроорганізмів, які трансформують Нітроген біомаси у протеїн бактерій.

Досліджуючи органолептичні показники посліду курчат-бройлерів за процесу ферментації із використанням аерації враховували зміни кольору, запаху та зовнішнього вигляду біомаси. За 30-добового компостування послід птиці у контролі зберігав виражений натуральний запах, однак з'явився запах прілої соломи. Колір соломи (підстилковий матеріал) набув бруднуватого

відтінку. За стискування компостованого посліду у кулаці утворювалась грудка, яка за дотику руйнувалась (розсипалась). Домішки соломи були міцними на розрив (табл. 3.6).

Таблиця 3.6.

Органолептичні дані посліду бройлерів на 30-ту добу його компостування

| Запах посліду | Колір посліду | Зовнішній вигляд посліду | Група бургтів |
|--|---|--|---------------|
| Чітко виражений натуральний запах посліду птиці із домішками прілої соломи і аміаку | Брунатний із брудно-жовтими включеннями | Розсипчаста, волога маса із волокнистими включеннями соломи. Частки соломи зволожені, еластичні та міцні на розрив | Контрольна |
| Виражений натуральний запах посліду птиці із домішками прілої соломи і аміаку | Брунатний із брудно-жовтими включеннями | Розсипчаста, волога маса із волокнистими включеннями соломи. Частки соломи зволожені, еластичні та міцні на розрив | I дослідна |
| Менш виражений натуральний запах посліду птиці із домішками прілої соломи, кислої органіки та аміаку | Брунатний із брудно-жовтими включеннями | Розсипчаста, волога маса із волокнистими включеннями соломи. Частки соломи зволожені, еластичні та міцні на розрив | II дослідна |

За активної аерації (I-ша дослідна група) зменшується натуральний запах посліду і посилюється запах прілої соломи. За забарвленням послід курчат-бройлерів не відрізнявся від кольору посліду у контрольній групі. Аналогічним також був і зовнішній вигляд компостованої біомаси.

У II-й дослідній групі дворазова аерація посліду птиці у буртах сприяла зниженню свіжого запаху. Крім того, утворився кислий запах органічної маси та знизився запах аміаку у порівнянні із контрольною групою. Змін у кольорі та зовнішньому вигляді у порівнянні із іншими групами не виявлено.

Повторне дослідження органолептичних показників посліду курчат-бройлерів проводили через місяць (60-та доба компостування). Продовж регламентованого часу було виявлено деякі зміни у показниках у порівнянні з попередніми даними і між групами.

У контрольній групі за стискання грудки посліду краї неповністю тримались і за розтискання жмені часточки осипались, що свідчило про зниження вмісту вологи. Солома у посліді набула більш еластичного стану порівнюючи із показниками на 30-ту добу ферментування, однак на розрив залишалась міцною (табл. 3.7).

Таблиця 3.7.

Органолептичні дані посліду бройлерів на 60-ту добу компостування

| Запах посліду | Колір посліду | Зовнішній вигляд посліду | Група буртів |
|--|---|--|--------------|
| Натуральний запах прілого посліду птиці із домішками кислого та аміаку | Брунатний із брудно-жовтими включеннями | Розсипчаста, волога маса із волокнистими включеннями соломи. Частки соломи зволожені, еластичні та міцні на розрив | Контрольна |
| Запах прілого посліду птиці із незначними кисло-аміачними домішками | Брунатний із світло-коричневими включеннями | Розсипчаста, волога маса із волокнистими включеннями соломи. Частки соломи зволожені, еластичні та міцні на розрив | I дослідна |
| Запах прілого посліду птиці із менш вираженими кисло-аміачними домішками | Брунатний із світло-коричневими та поодинокими сірими включеннями | Розсипчаста, волога маса із волокнистими включеннями соломи. Частки соломи зволожені, еластичні та міцні на розрив | II дослідна |

Досліджуючи запах посліду курчат-бройлерів із контрольних буртів виявлено зміни стосовно даних отриманих на 30-ту добу. Зменшились домішки аміаку і з'явився виражений прілий та легкий кислий запах, що було підтвердженням активних деградаційних процесів.

За аерації посліду курчат-бройлерів за допомогою нагнітання повітря компресором один раз на добу біомаса мала більш виражений прілий запах із незначними кислими та аміачними домішками, порівнюючи із контрольною групою. Солома усередині біомаси за такого компостування змінила колір із

брудно-жовтого до світло-брунатного. За показником міцності часток посліду (солома) із I-ї дослідної групи майже не встановлено різниці стосовно контрольної групи.

У пробах із II-ї дослідної групи виявлені зміни запаху та кольору стосовно контролю та I-ї дослідної групи. У посліді курчат-бройлерів за активної дворазової аерації спостерігався найменш виражений кислий та аміачний запах. Крім того, у біомасі брунатного кольору з'явилися поодинокі включення сірого кольору.

За активної аерації (II-га дослідна група) продовж 60-ти діб компостування міцність соломи на розрив не змінилась, порівнюючи із контрольною і I-ю дослідною групами.

Компостування продовж трьох місяців як у контрольних так і дослідних буртах мало вплив на органолептичні показники посліду курчат. Особливо помітні зміни зовнішніх ознак компостованої біомаси були виявлені у варіантах, де застосовували інтенсивну аерацію методом нагнітання повітря за допомогою компресорів. У посліді бройлерів із контрольних буртів з'явився тухло-прілий запах біомаси і значно знизилась домішка аміаку і кислого запаху. Також у контролі виявлено значне потемніння включень часток соломи. За стискання посліду у кулаці грудка формувалась, проте була неміцною і розсипалась за механічного впливу.

Послід із I-ї дослідної групи мав відмінності від контролю за кольором, запахом і зовнішніми ознаками. Досліджуючи колір було виявлено значну кількість сірих включень та відносно слабший, незначний запах аміаку, порівнюючи із контролем. Волокнисті часточки соломи за механічного впливу легко руйнуються (розриваються) (табл. 3.8).

Таблиця 3.8.

Органолептичні дані посліду бройлерів на 90-ту добу компостування

| Запах посліду | Колір посліду | Зовнішній вигляд посліду | Група буртів |
|--|---------------------------------|--|--------------|
| Виражений запах тухло-прілого посліду птиці із | Брунатний із світло-коричневими | Розсипчаста, волога маса із волокнистими включеннями | Контрольна |

| | | | |
|---|---|--|-------------|
| незначними домішками кислого та аміаку | включеннями | соломи. Частки соломи зволожені, еластичні та міцні на розрив | |
| Запах прілого посліду птиці із незначними аміачними домішками | Брунатний із світло-коричневими та сірими включеннями | Розсипчаста, волога маса із волокнистими включеннями соломи. Частки соломи зволожені, еластичні та легко руйнуються за розриву | I дослідна |
| Запах прілого посліду птиці із майже невідчутними аміачними домішками | Брунатний із світло-коричневими та сірими включеннями | Розсипчаста, волога маса із волокнистими включеннями соломи. Частки соломи зволожені, еластичні та легко руйнуються за розриву | II дослідна |

Послід із II-ї дослідної групи мав більшу кількість сірих включень у порівнянні із I-ю дослідною групою. Довговолокнисті включення соломи у посліді курчат-бройлерів за розриву легко руйнуються, однак за дотику не виявлено розсипання. Запах ферментованої біомаси у цій групі був прілий, аміачні та кислі домішки майже не відчуються.

За 160-добового компостування у контрольній групі послід птиці набув запаху прілої органічної маси із ледь відчутним кислим домішком. Порівнюючи із показником на 90-ту добу ферментації запаху аміаку не було відчутно. Крім того, виявлено зміни у кольорі біомаси – з'явилися сірі включення, які рівномірно були розподілені на розрізі. У контролі також зменшилась міцність структури часток ферментованої соломи. За розтягування соломинок відбувалось легке їх руйнування (табл. 3.9).

Доведено, що за одноразової аерації посліду птиці компостована біомаса за сенсорними показниками на 160-ту добу відповідає вимогам субстрату для вирощування гібрида червоних каліфорнійських черв'яків або біодобриву органічного проходження для сільськогосподарських рослин. Компост у цій групі не мав кислого запаху порівняно із контролем.

Таблиця 3.9.

Органолептичні дані посліду бройлерів на 160-ту добу компостування

| Запах посліду | Колір посліду | Зовнішній вигляд посліду | Група бургтів |
|--------------------------------|------------------------------------|--|---------------|
| Прілої органічної маси із ледь | Брунатний із світло-коричневими та | Розсипчаста, волога маса із волокнистими включеннями соломи. | Контрольна |

| | | | |
|--------------------------|---|--|-------------|
| відчутним кислим запахом | сірими включеннями | Частки соломи зволожені, еластичні та легко руйнуються за розриву | |
| Прілої органічної маси | Брунатний із світло-коричневими та сірими включеннями | Розсипчаста, волога маса із волокнистими включеннями соломи. Частки соломи зволожені, еластичні та легко руйнуються за розриву | I дослідна |
| Прілої органічної маси | Брунатний із світло-коричневими та сірими включеннями | Розсипчаста, волога маса із волокнистими включеннями соломи. Частки соломи зволожені, еластичні та легко руйнуються за розриву | II дослідна |

За органолептичними показниками ферментована біомаса із II-ї дослідної групи за кольором, запахом та зовнішнім виглядом нічим не відрізнялась від посліду птиці, який ферментували продовж 160-ти діб із використанням одноразової аерації (I-ша дослідна група).

Отже, доведено, що навіть за одноразової аерації посліду курчат-бройлерів із підстилкою (подрібнена солома злакових) можливо прискорити час компостування до 5-ти місяців.

Користуючись стандартними методами проводили дослідження біопроби із послідом курчат-бройлерів, який компостували різні проміжки часу за використання різних методів та режимів аерації. З цією метою застосовували статевозрілих черв'яків із середньою вагою 0,78 г. У кожний зразок вносили по 10 черв'яків. Гібрид червоних каліфорнійських черв'яків має біологічну особливість – нестійкий до навіть невисоких доз аміаку у субстраті. За умов, якщо черв'яки не можуть покинути субстрат із невисоким вмістом аміаку, який елімінується у навколишнє середовище, то вони гинуть. За виживанням вермикультури можливо судити про готовність субстрату та біодобрива.

Першу біопробу посліду курчат-бройлерів проводили через 30 діб від початку його компостування за різних методів і режимів аерації. Встановлено, що найшвидша загибель вермикультури була у контролі де послід птиці аерували за допомогою механічного перемішування один раз на 10 діб. Черв'яки почали гинути через 6 хв після їх внесення у послід. Вермикультура, незважаючи на сонячне світло, не занурювалась у біомасу. Черв'яки повзали на поверхні посліду і намагались вилізти із ємності. Останній черв'як у посліді прожив 12 хв. Такі

результати досліджень додатково підтверджували високий вміст аміаку у зразках (табл. 3.10).

За культивування вермикультури у зразках посліду курчат-бройлерів із І-ї дослідної групи (щоденна аерація продовж 15 хв за нагнітання повітря компресором) час виживання особин збільшився у 3,5–6,1 рази стосовно контролю. Проте загибель черв'яків становила 100,0 %.

Таблиця 3.10.

Показники біопроби компостованого продовж 30-ти діб посліду бройлерів, n =3

| Показник | Група | | |
|---|------------|------------|-------------|
| | контрольна | І дослідна | ІІ дослідна |
| Кількість внесених черв'яків у пробу посліду, шт. | 10 | 10 | 10 |
| Загибель першої особини у групі (час) | 6 хв | 37 хв | 41 хв |
| Загибель останньої особини у групі (час) | 12 хв | 42 хв | 47 хв |
| % особин, які вижили | – | – | – |

Найдовше жили черв'яки на посліді бройлерів із ІІ-ї дослідної групи. Загибель починалась через 41 хв після їх заселення, що на 35 хв було довше ніж у контрольній групі. Загибель вермикультури теж становила 100,0 %. Отже, за постанови біопроби на посліді, який компостували продовж 30-ти діб було виявлено позитивний вплив інтенсивної аерації на зниження вмісту аміаку у біомасі, а відповідно і пролонгування виживання гібрида червоних каліфорнійських черв'яків у ній.

Проводячи біопробу на посліді курчат-бройлерів, який ферментували 60 діб встановлено подовжений час виживання черв'яків стосовно даних отриманих із послідом, який ферментували 30 діб.

Застосовуючи послід птиці із контрольної групи було встановлено, що черв'яки спочатку занурювали у субстрат, а потім через 2–5 хвилин починали виповзати із нього і гинули. У цьому випадку вермикультура гинула за 80–115 хвилин від початку її заселення у зразки. Порівнюючи із результатами

експериментів де використовували послід, який ферментували продовж 30 діб, різниця становила 74 хвилини (табл. 3.11).

Застосування посліду, який піддавали одноразово щоденній аерації, супроводжувалось збільшенням часу виживання черв'яків на 115 хв або у 2,4 рази стосовно контролю. У порівнянні із використанням посліду птиці, що компостували 30 діб, встановлено, що тривалість виживання вермикультури зростає у 5,2 рази.

Таблиця 3.11.

Показники біопробу компостованого продовж 60-ти діб посліду бройлерів, n =3

| Показник | Група | | |
|---|------------|------------|-------------|
| | контрольна | I дослідна | II дослідна |
| Кількість внесених черв'яків у пробу посліду, шт. | 10 | 10 | 10 |
| Загибель першої особини у групі (час) | 80 хв | 195 хв | 230 хв |
| Загибель останньої особини у групі (час) | 115 хв | 230 хв | 270 хв |
| % особин, які вижили | – | – | – |

Найдовше виживали черв'яки, яких культивували на посліді із II-ї дослідної групи, що є свідченням активної деградації білкових сполук із меншим виділенням аміаку. Час виживання вермикультури зріс стосовно контролю та варіанта де застосовували послід із I-ї дослідної групи, відповідно, у 2,87 та на 17,9 %. Із подовженням часу ферментування посліду курчат-бройлерів вміст аміаку у ньому знижується, що підтверджується пролонгованістю виживання вермикультури у ньому.

Проводячи біопробу посліду після 90-ти діб його компостування встановлено, що час виживання черв'яків як у контролі так і дослідних групах збільшився. Це може бути свідченням інтенсивного гідролізу нітрогеновмісних сполук та значного зниження аміаку у біомасі.

У контрольній групі час виживання вермикультури зріс у 18 разів стосовно показника, отриманого за дослідження посліду курчат-бройлерів після 60-ти діб

компостування. Встановлено, що у контролі загибель вермикультури проходила найшвидше (табл. 3.12).

У I- та II-й дослідних групах час виживання гібрида червоних каліфорнійських черв'яків був більшим ніж у контролі, відповідно, у 3,0 та 3,5 рази. Порівнюючи із показниками біопроби, яку проводили із компостованим послідом продовж 60-ти діб, виявлено збільшення часу виживання вермикультури, відповідно, у 22,1 та 36,5 рази.

Зберігалась тенденція щодо перевірки біопроби посліду бройлерів, який компостували продовж трьох місяців – чим активніше проводили аерацію біомаси у буртах, тим час виживання черв'яків у ній був більший.

Таблиця 3.12.

Показники біопроби компостованого продовж 90-та діб посліду бройлерів, n =3

| Показник | Група | | |
|---|------------|------------|-------------|
| | контрольна | I дослідна | II дослідна |
| Кількість внесених черв'яків у пробу посліду, шт. | 10 | 10 | 10 |
| Загибель першої особини у групі (час) | 1,0 доба | 3,0 доби | 3,5 |
| Загибель останньої особини у групі (час) | 1,5 доби | 4,0 доби | 4,5 |
| % особин, які вижили | – | – | – |

Різниця в часі виживання гібрида червоних каліфорнійських черв'яків між I- та II-ю дослідними групами була статистично незначущою.

Перевіряючи послід курчат, який компостували продовж 120-ти діб встановлено, що на посліді із контрольної групи виживали не всі черв'яки, що свідчило про залишкові концентрації аміаку.

У посліді із I-ї дослідної групи (одноразова, щодобова аерація продовж 15 хв) не було виявлено загибелі вермикультури, що є показником кардинального зниження вмісту токсичних сполук (аміаку) для олігохет. Впродовж перших двох діб заселені черв'яки адаптувались. Занурившись у послід, рухи їх були

сповільнені, реакція на подразники неактивна. На третю добу рухливість вермикультури відновилась, поведінка та реакція на подразники у черв'яків були фізіологічно правильні.

За вивчення посліду курчат-бройлерів, який компостували за дворазової щоденної аерації (II-га дослідна група) встановлено його повну придатність для використання у складі субстрату для вермикультури або як органічного добрива. Етологія внесених черв'яків у послід була аналогічною як і у варіанті з використанням органічної біомаси із буртів I-ї дослідної групи. Проте за дії на черв'яків світловим подразником вони активно реагували на другу добу і швидко занурювались у субстрат (табл. 3.13).

Таблиця 3.13.

Показники біопроби компостованого продовж 120-ти діб посліду бройлерів, n =3

| Показник | Група | | |
|---|------------|------------|-------------|
| | контрольна | I дослідна | II дослідна |
| Кількість внесених черв'яків у пробу посліду, шт. | 10 | 10 | 10 |
| Загибель першої особини у групі (час) | 4,5 доби | – | – |
| Загибель останньої особини у групі (час) | 5,0 діб | – | – |
| % особин, які вижили | 60 | 100 | 100 |

На 120-ту добу дослідження було встановлено, що без активної аерації під час компостування посліду курчат-бройлерів із підстилкою (подрібнена солома злакових), а лише застосовуючи суміш бактеріальних препаратів (біодеструкторів) і перемішуючи один раз на декаду, неможливо отримати біомасу, яка на 100 % придатна для використання як субстрат для вирощування гібрида червоних каліфорнійських черв'яків. За таких умов у посліді птиці залишаються сліди аміаку і амонійні солі, до яких не всі черв'яки стійкі.

Перед проведенням біопроби посліду курчат-бройлерів, який ферментували 160 діб, зразки біомаси промивали водопровідною водою застосовуючи

гідромодуль 1:1 і витримували ще добу на решітчастій основі. Експериментально встановлено, що виживання черв'яків на посліді курчат-бройлерів із контрольної групи становило 100,0 %. У I- та II-й дослідних групах не виявлено жодного летального випадку. Черв'яки, яких заселили у послід із I- та II-ї дослідних груп з перших хвилин були активними, мали фізіологічні рухи і активно реагували на подразники (табл. 3.14).

Таблиця 3.14.

Показники біопроби компостованого продовж 161-ї доби посліду бройлерів, n =3

| Показник | Група | | |
|---|------------|------------|-------------|
| | контрольна | I дослідна | II дослідна |
| Кількість внесених черв'яків у пробу посліду, шт. | 10 | 10 | 10 |
| Загибель першої особини у групі (час) | – | – | – |
| Загибель останньої особини у групі (час) | – | – | – |
| % особин, які вижили | 100 | 100 | 100 |

Отже, доведено, спираючись на результати біопроби послід курчат-бройлерів можливо підготувати для використання у складі субстрату, за активної аерації біомаси на фоні застосування суміші біодеструкторів.

Результати експериментів цього підрозділу опубліковані в одній науковій праці [13].

3.2. Дослідження впливу посліду курчат-бройлерів у складі субстрату на показники технології вермикультивування

3.2.1. Ріст та розмноження каліфорнійських черв'яків на субстраті із посліду птиці, ферментованого за різних умов аерації

Другий етап досліджень передбачав мету встановити ефективність використання посліду бройлерів, який компостували за різних методів та режимів аерації із застосуванням суміші біопрепаратів під час вирощування гібрида червоних каліфорнійських черв'яків.

На 120-ту добу експерименту було встановлено, що у контрольних мікроложах в середньому знаходилось по 153 шт. статевозрілих особин. У перші 30 діб після закладання досліду у цій групі було відкладено черв'яками по 4–6 коконів, що створило умови для нарощення 53-х особин, які досягли статевої зрілості (старше 90–92 діб). За вирощування черв'яків на субстраті, який містив послід курчат-бройлерів, що компостували за щодобового одноразового додаткового нагнітання повітря, встановлено збільшення кількості статевозрілих особин на 15,7 % стосовно контрольної групи ($p < 0,01$). Таке явище додатково підтверджує кращу адаптацію вермикультури у цьому субстраті і швидку реалізацію її репродуктивних функцій. У II-й дослідній групі встановлено збільшення чисельності статевозрілих особин на 14,4 % стосовно контрольних показників. Різниця між групами була статистично значущою (табл. 3.15).

Таблиця 3.15.

Показники кількості та росту статевозрілих каліфорнійських черв'яків, $M \pm m$, $n=5$

| Група мікролож | Показник в одному мікроложі | |
|----------------|-----------------------------|---------------------|
| | кількість, шт. | маса, г |
| Контрольна | 153,0 \pm 3,20 | 110,5 \pm 0,97 |
| I дослідна | 177,0 \pm 3,11** | 136,3 \pm 0,72*** |
| II дослідна | 175,0 \pm 3,70** | 131,7 \pm 0,85*** |

Примітка: ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$ – стосовно контролю.

Виявлено вплив складу субстрату на масу тіла статевозрілих особин. Маса одного черв'яка у контрольній групі була в межах 0,722 г. У мікроложах з I-ї дослідної групи маса однієї особини (статевозрілої) була більшою ніж у контролі на 6,6 %, різниця статистично значуща. Маса одного черв'яка із II-ї дослідної групи на 2,5 % була меншою стосовно I-ї дослідної групи і на 3,8 % більшою порівняно із контролем.

Аналізуючи дані щодо чисельності черв'яків, які не набули статевої зрілості встановлено, що найменша їх кількість була у субстраті із мікролож контрольної групи. За культивування каліфорнійських черв'яків на субстраті із компостованого посліду курчат-бройлерів, який піддавали аерації щодоби продовж 15 хв, їх

чисельність була більшою ніж у контрольній групі на 10,3 % ($p < 0,01$). Експериментально доведено також зростання чисельності популяції черв'яків стосовно контрольної групи у мікроложах, де вермикультуру вирощували на посліді курчат-бройлерів, який збагачували (нагнітанням компресором) повітрям щодоби продовж 15 хвилин. Різниця становила 8,8 % і мала статистичну значущість (табл. 3.16).

Таблиця 3.16.

Показники кількості та росту каліфорнійських черв'яків, які не досягли статевої зрілості, $M \pm m$, $n=5$

| Група мікролож | Показник в одному мікроложі | |
|----------------|-----------------------------|----------------------|
| | кількість, шт. | маса, г |
| Контрольна | 5800,0 \pm 33,20 | 348,9 \pm 12,57 |
| I дослідна | 6400,0 \pm 59,80** | 512,5 \pm 11,32*** |
| II дослідна | 6310,0 \pm 70,71** | 442,3 \pm 13,88*** |

Примітка: ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$ – стосовно контролю.

Маса особин, які не набули статевої зрілості у мікроложах контрольної групи становила 0,06 г. За культивування вермикультури в субстраті із компостованого посліду курчат-бройлерів за інтенсивного збагачення його повітрям (I-ша дослідна група) середня маса одного черв'яка збільшується на 33,3 %. Дещо менша середня маса однієї не статевозрілої особини була встановлена у II-й дослідній групі мікролож. Різниця щодо I-ї дослідної групи становила 12,5 %. Проте стосовно контрольної групи маса одного черв'яка була більшою на 16,7 %.

Порівнюючи одержані дані щодо кількості та маси вермикультури між I- та II-ю дослідними групами доведено, що статистично значущої різниці не встановлено. Виявлено, що за вирощування каліфорнійських черв'яків на субстраті із посліду курчат-бройлерів, компостованого за інтенсивного збагачення його повітрям можливо виростити більшу кількість і масу вермикультури завдяки оптимальному вмісту і доступній формі поживних речовин та біологічно активних сполук.

За кількістю коконів каліфорнійських черв'яків можна оцінювати інтенсивність їх репродуктивних процесів. Встановлено, що найменшу кількість

спаровувань черв'яків спостерігали у контрольній групі, де субстратом слугував ферментований послід курчат-бройлерів без активної аерації (механічне перемішування один раз на 10 діб). Наприкінці експерименту кількість коконів у контролі становила 180 штук. Виявлено, що за використання посліду курчат-бройлерів, компостованого за активного збагачення повітрям як субстрату кількість коконів у мікроложах зростає. У I-й дослідній групі кількість коконів була більшою на 9,4 % стосовно даних отриманих у контрольній групі (рис. 3.9).

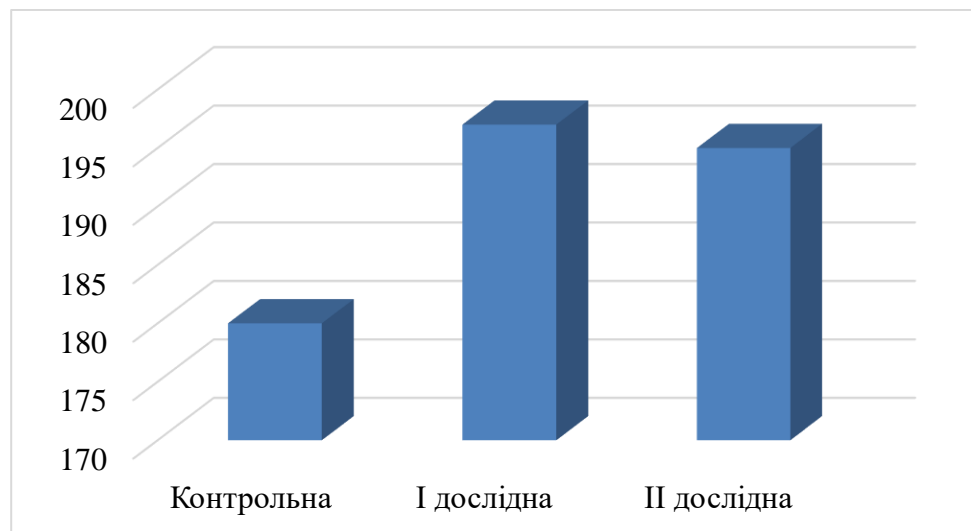


Рис. 3.9. Кількість коконів у одному мікроложі, шт.

За вирощування каліфорнійських черв'яків на ферментованому із дворазовою щодобовою аерацією посліді курчат-бройлерів кількість коконів збільшується на 8,3 % стосовно контрольної групи. Кількість коконів у мікроложі збільшувалась пропорційно кількості статевозрілих особин у групах.

Чисельність малих черв'яків, що розвиваються усередині коконів впливає на масу останніх. Маса коконів у контрольній групі становила 14,7 мг. За культивування черв'яків на ферментованому посліді курчат-бройлерів у I-й дослідній групі маса відкладених ними коконів була більшою стосовно контрольної групи на 10,9 %. Різниця була статистично значущою (рис. 3.10).

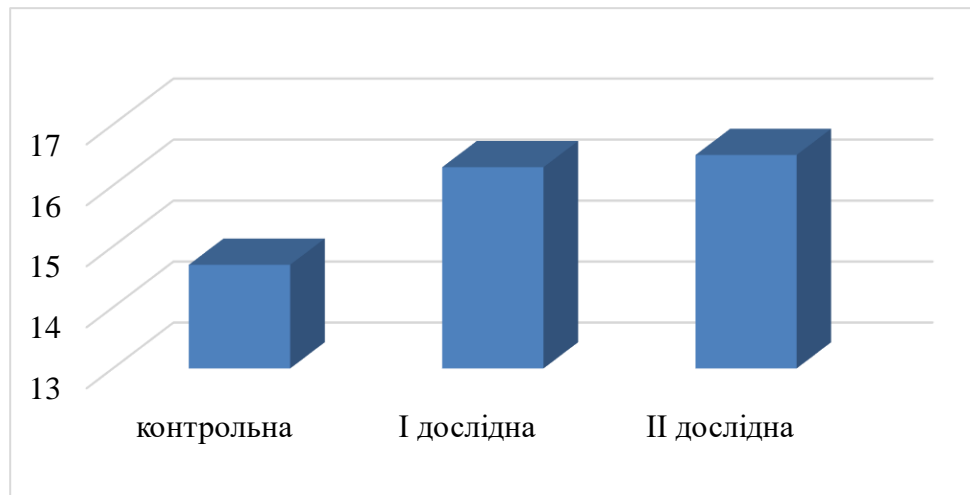


Рис. 3.10. Маса коконів у мікроложі, мг.

У II-й дослідній групі вага коконів була вищою на 12,2 % стосовно контрольної групи ($p < 0,05$). Щодо показника із I-ї дослідної групи не було встановлено статистичної значущості, різниця становила лише 1,2 %.

3.2.2. Дослідження біохімічних показників у організмі каліфорнійських черв'яків

Було проведено дослідження щодо впливу ферментованого посліду птиці за активної аерації на біохімічні показники в організмі каліфорнійських черв'яків. Вивчаючи вміст загального білка встановлено, що у біомасі вермикультури, яку вирощували на субстраті із вмістом посліду курчат, ферментованого із періодичною аерацією методом перемішування (контрольна група) показник становив 654 г/кг (рис. 3.11).

За культивування вермикультури на посліді ферментованого за активної аерації (I-ша дослідна група) вміст загального білка у організмі черв'яків збільшується на 2,4 % стосовно показника у контрольній групі, різниця мала прояв тенденції.

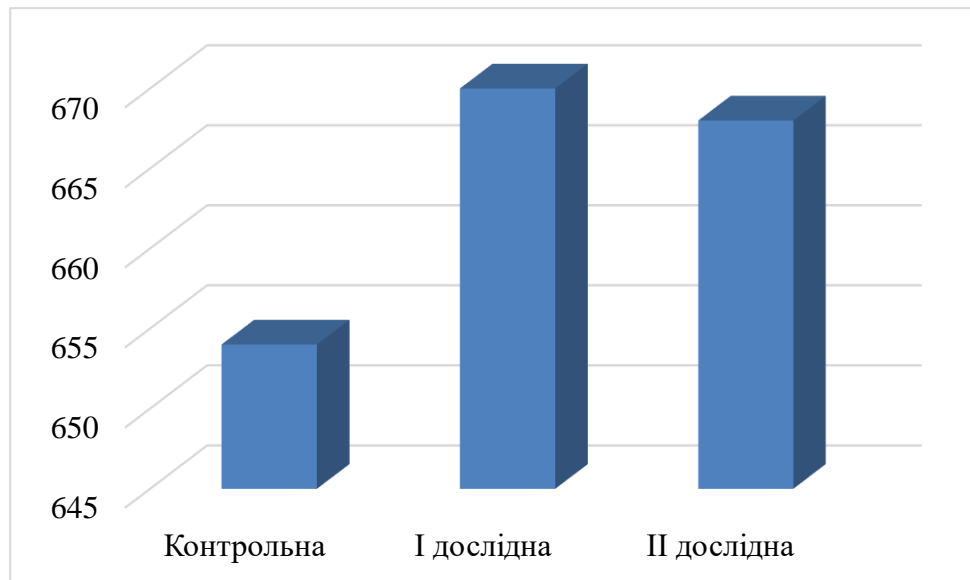


Рис. 3.11. Вміст загального білка у біомасі каліфорнійських черв'яків, г/кг сухої речовини.

У біомасі каліфорнійських черв'яків із II-ї дослідної групи вміст загального білка був вищим ніж у контролі на 2,1 % і меншим ніж у організмі особин із I-ї дослідної групи на 0,29 %. В обох випадках різниця не мала статистичної значущості.

Також проводили дослідження показників білкового обміну у організмі черв'яків за вирощування їх на посліді курчат-бройлерів, який компостували за різних методів та режимів аерації, вивчаючи активність аспаратамінотрансферази та аланінамінотрансферази. За активністю амінотрансфераз можливо оцінювати рівень білкового обміну у біооб'єктах. У контрольній групі активність аспаратамінотрансферази була найменшою (табл. 3.17).

Таблиця 3.17.

Показники активності ензимів у біомасі черв'яків, $M \pm m$, $n=5$

| Група мікролож | Аспаратамінотрансфераза, мкмоль/год/г загального білка | Аланінамінотрансфераза, мкмоль/год/г загального білка | Лужна фосфатаза, мкмоль/с/г загального білка |
|----------------|--|---|--|
| Контрольна | 69,2±2,34 | 25,3±0,98 | 401,5±10,80 |
| I дослідна | 78,6±1,67* | 33,5±1,06** | 430,5±17,35 |
| II дослідна | 75,4±2,89 | 30,6±1,87* | 432,7±19,56 |

Примітка: * - $p < 0,05$, ** - $p < 0,01$.

У біомасі вермикультури вирощеної на субстраті із вмістом посліду, який одноразово щодоби збагачували повітрям активність аспартатамінотрансферази була вищою ніж у контролі на 13,6 %. Різниця була статистично значущою. У біомасі вермикультури із II-ї дослідної групи показник активності аспартатамінотрансферази переважав дані контролю на 8,9 %. Різниця мала прояв тенденції.

Встановлено вплив вирощування каліфорнійських черв'яків на посліді курчат-бройлерів за різних умов аерації на активність аланінамінотрансферази у їх організмі. У біомасі вермикультури із I-ї дослідної групи активність аланінамінотрансферази була вищою у порівнянні із контролем та II-ю дослідною групою, відповідно, на 32,4 та 9,4 %. Щодо показника у біомасі черв'яків із контрольної групи різниця була статистично значущою. Активність ензиму у II-й дослідній групі була вищою ніж у контролі на 20,9 % ($p < 0,05$).

За активністю лужної фосфатази можливо оцінювати деякі показники мінерального обміну. Активність ензиму у біомасі каліфорнійських черв'яків із контрольної групи становила 401,5 мкмоль/с/г загального білка. У біомасі вермикультури із I-ї дослідної групи активність лужної фосфатази була вищою стосовно показника у організмі черв'яків із контролю на 7,2 %. Різниця мала прояв тенденції. У II-й дослідній групі активність ензиму порівняно із контрольною групою була вищою на 7,7 %. Різниця не мала статистичної значущості.

Отже, підвищення активності амінотрансфераз у біомасі каліфорнійських черв'яків із I- та II-ї дослідних груп є підтвердженням зростання анаболічних процесів у їх організмі, зокрема і білкового обміну.

Також проводили дослідження щодо впливу посліду бройлерів, який компостували за активної аерації на показники вмісту ліпідів у біомасі каліфорнійських черв'яків. Культивування вермикультури в субстраті із посліду птиці, який щодня продовж 15 хв збагачували повітрям (I-ша дослідна група мікролож) привело до підвищення вмісту ліпідів у тілі черв'яків на 2,3 % стосовно показника у контрольній групі. Різниця мала прояв тенденції (рис. 3.12).

У II-й дослідній групі черв'яки продовж дослідного періоду мали вищий вміст ліпідів у своєму організмі у порівнянні із особинами із контрольної і I-ї дослідної

груп, відповідно, на 5,8 та 3,4 %. Різниця в обох випадках не мала статистичної значущості.

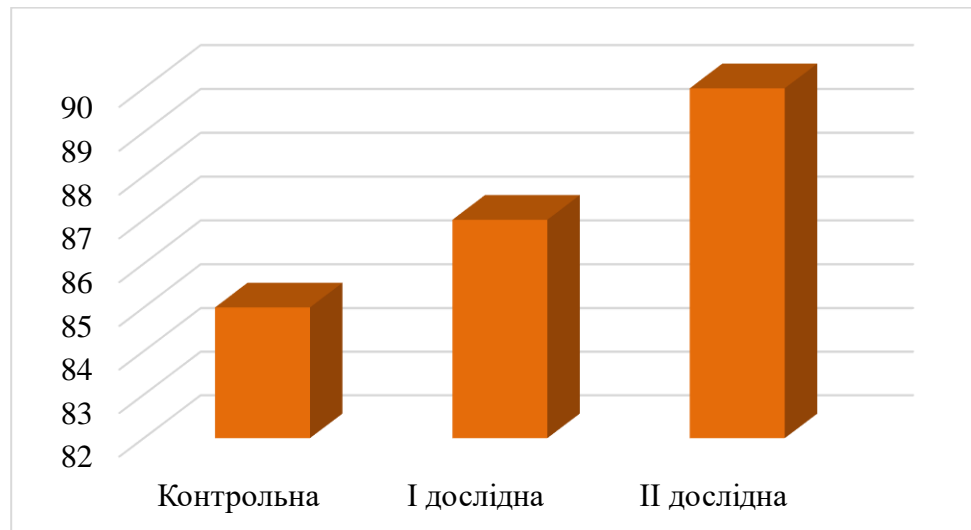


Рис. 3.12. Показники вмісту ліпідів у біомасі каліфорнійських черв'яків, г/кг сухої речовини

Отже, встановлено, що за активної аерації посліду курчат-бройлерів відбувається гідроліз сполук (поживних речовин), за якого у біомасі каліфорнійських черв'яків, яких вирощують на такому посліді підвищується синтез ліпідів.

Водночас було проведено дослідження щодо визначення вмісту сульфогідрильних груп у біомасі вермикультури, яку вирощували на субстраті із вмістом посліду курчат-бройлерів, який ферментували за різних методів та режимів аерації. Вивчаючи вміст білкових HS-груп встановлено, що у біомасі вермикультури із контрольної групи цей показник становив 380,6 мкг/г. За вирощування каліфорнійських черв'яків у субстраті із посліду бройлерів, ферментованого із використанням одноразової щодобової аерації (I-ша дослідна група) виявлено збільшення вмісту білкових сульфогідрильних груп у їх біомасі стосовно контрольної групи на 3,1 %. Різниця була незначною в межах похибки (табл. 3.18).

Встановлено, що у біомасі каліфорнійських черв'яків із II-ї дослідної групи вміст білкових сульфогідрильних груп був більшим ніж у контролі, проте різниця не мала статистичної значущості й становила 2,1 %.

Таблиця 3.18.

Вміст у біомасі каліфорнійських черв'яків сульфогідрильних груп, мкг/г, $M \pm m$, $n=5$

| Група мікролож | Вид HS-груп | | |
|----------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| | білкові | вільні (низькомолекулярні) | загальні |
| Контрольна | 380,6±12,34 | 45,4±1,23 | 426,0±14,87 |
| I дослідна | 392,4±9,54 | 44,8±2,79 | 437,2±20,45 |
| II дослідна | 388,7±14,71 | 43,7±1,22 | 432,4±10,91 |

У контрольній групі вміст низькомолекулярних HS-груп у біомасі вермикультури становив 10,6 % від загальної їх маси. За культивування каліфорнійських черв'яків на посліді курчат-бройлерів, який ферментували за активної аерації (I- та II-га дослідні групи) вміст вільних сульфогідрильних груп у їх біомасі був меншим ніж у вермикультурі із контрольної групи, відповідно, на 1,5 та 3,7 %. Різниця мала прояв тенденції. Отримані результати досліджень є свідченням відсутності у субстраті вирощування вермикультури сполук, які негативно б впливали на них, а також інтенсивних анаболічних процесів у організмі черв'яків.

Досліджуючи вміст загальних сульфогідрильних груп у біомасі вермикультури встановлено, що у дослідних групах цей показник був вищим ніж у контролі, відповідно, на 2,6 та 1,5 %.

3.2.3. Дослідження хімічних показників у організмі каліфорнійських черв'яків та біогумусі

Досліджуючи вміст сирової золи у організмі каліфорнійських черв'яків, яких культивували на субстратах виготовлених із посліду курчат ферментованого за різних способів і режимів аерації було доведено, що чим більше мінералізований субстрат, тим трансформація мінеральних елементів у біомасу вермикультури швидша і більша, що, зокрема, відображається на вмісті золи у біомасі каліфорнійських черв'яків. Біомаса вермикультури із контрольної групи мікролож містила сирової золи 26,5 г/кг сухої маси (рис. 3.13).

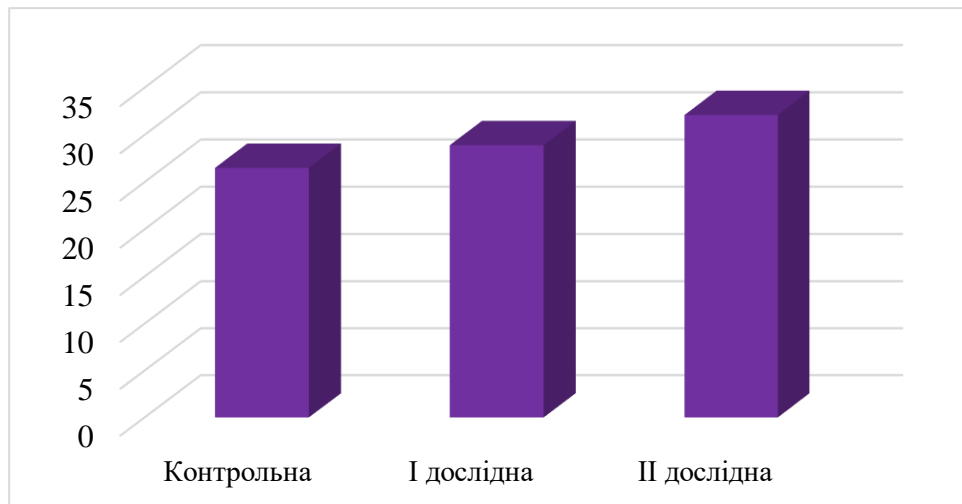


Рис. 3.13. Вміст золи у біомасі гібрида каліфорнійських черв'яків, г/кг сухої речовини.

За культивування каліфорнійських черв'яків у субстраті із посліду, який ферментували за активної аерації (щодоби по 15 хв) вміст сирової золи зріс на 9,0 % стосовно показника у організмі вермикультури із контрольної групи. У біомасі черв'яків із II-ї дослідної групи вміст сирової золи був найвищим і переважав показники контрольної і I-ї дослідної груп, відповідно, на 21,1 та 11,0 %. Різниця із I-ю дослідною групою мала прояв тенденції. Різниця із контрольною групою була статистично значущою.

Отже доведено, що ступінь мінералізації субстрату у I- та II-й дослідних групах був вищим ніж у контрольній групі, що вплинуло на трансформацію мінеральних речовин (макро- і мікроелементів) у біомасу каліфорнійських черв'яків, які становлять основу виявленої сирової золи.

Науковий інтерес вивчення у біомасі каліфорнійських черв'яків, вирощених на посліді курчат-бройлерів ферментованого за різних методів і режимів аерації металів, які мають біологічне значення для біооб'єктів (Ферум, Цинк, Купрум). Вміст металу-біотику Феруму в біомасі гібрида червоних каліфорнійських черв'яків отриманій у контрольних мікроложах становив 60,3 мг/кг сухої речовини (табл. 3.19).

У біомасі вермикультури із I-ї дослідної групи вміст Феруму був вищим ніж у контролі на 4,8 %. Різниця за вмістом металу-біотику між групами мала прояв

тенденції. Найвищий вміст Феруму було виявлено у біомасі каліфорнійських черв'яків, яких вирощували на субстраті із посліду курчат-бройлерів компостованого за щоденної дворазової аерації. Різниця із контролем та I-ю дослідною групою становила, 6,1 та 1,3 %. Збільшення вмісту Феруму у III-й дослідній групі стосовно контролю було статистично значуще ($p < 0,05$), щодо показника у I-й дослідній групі – в межах похибки.

Таблиця 3.19.

Показники вмісту металів у біомасі каліфорнійських черв'яків,
мг/кг (суха речовина), $M \pm m$, $n=5$

| Метал-біотик | Група | | |
|--------------|-------------|-------------|--------------|
| | контрольні | I дослідна | II дослідна |
| Ферум | 670,3±12,54 | 702,5±14,65 | 711,7±16,32* |
| Цинк | 81,7±2,31 | 85,9±4,12 | 88,5±2,16* |
| Купрум | 8,3±0,34 | 9,6±0,16 | 10,5±0,14** |

Примітка: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$.

Аналізуючи вміст Цинку у біомасі каліфорнійських черв'яків доведено, що найменший показник був у особин із контрольної групи. За використання посліду курчат-бройлерів, ферментованого за активної аерації (I-ша дослідна група) вміст Цинку у організмі черв'яків збільшується на 5,1 % стосовно показника у контрольній групі.

Найвищий вміст Цинку було виявлено у біомасі вермикультури із II-ї дослідної групи. Різниця із контролем була статистично значущою і становила 8,3 %. Отже, чим активніше проводили аерацію посліду птиці під час компостування, тим трансформація Цинку із нього у біомасу вермикультури вища.

Досліджуючи вміст Купруму у біомасі каліфорнійських черв'яків була встановлена аналогічна закономірність щодо вмісту Феруму та Цинку. Найменший вміст металу-біотику було встановлено у біомасі вермикультури із контрольної групи. Доведено, що вміст Купруму у організмі черв'яків із I-ї дослідної групи був вищим ніж у контролі на 15,7 %.

Найвищий вміст Купруму було виявлено у біомасі гібрида каліфорнійських черв'яків, яких вирощували на субстраті із посліду курчат, ферментованого за дворазової аерації щодоби. Різниця із показником у контрольній та I-й дослідній групах становила, відповідно, 26,5 та 9,3 % і була статистично значущою.

Вивчаючи вміст Кадмію виявлено, що у контрольній групі концентрація його у біомасі каліфорнійських черв'яків становила 0,135 мг/кг сухої речовини. Застосування субстрату із посліду бройлерів, який пройшов компостування за активної щодобової аерації продовж 15 хв призводило до підвищення вмісту Кадмію у біомасі вермикультури на 2,9 % стосовно контрольної групи. У II-й дослідній групі виявлена тенденція до підвищення вмісту Кадмію у організмі каліфорнійських черв'яків (табл. 3.20).

Виявлена закономірність, що із підвищенням інтенсивності аерації посліду бройлерів останній інтенсивніше мінералізується, що прискорює трансформацію металу-токсиканту у біомасу вермикультури.

Таблиця 3.20.

**Показники вмісту металів-токсикантів у організмі каліфорнійських черв'яків,
мг/кг сухої речовини**

| Група | Елемент | |
|-------------|--------------|--------------|
| | Кадмій | Плюмбум |
| Контрольна | 0,135±0,0091 | 0,038±0,0029 |
| I дослідна | 0,139±0,0076 | 0,042±0,0031 |
| II дослідна | 0,140±0,0083 | 0,044±0,0035 |

Встановлено, що найменший вміст Плюмбуму було виявлено у біомасі вермикультури із контрольної групи, яку вирощували на посліді птиці компостованого за аерації через перемішування один раз впродовж декади, що свідчило про найнижчу мінералізацію органічних сполук. У I- та II-й дослідних групах вміст Плюмбуму був вищим ніж у контролі, проте різниця не мала статистичної значущості.

Досліджуючи вміст мінеральних елементів у біогумусі, який отримали культивуєючи каліфорнійських черв'яків, було встановлено низку закономірностей. Вміст Феруму в біогумусі із контрольної групи становив 5684,3 мг/кг сухої речовини. За вирощування вермикультури в субстраті із посліду птиці, який компостували за активної аерації (I-ша дослідна група) вміст Феруму у біогумусі майже не відрізнявся від показника у контролі. Різниця із контролем становила лише 0,2 % (табл. 3.21).

Таблиця 3.21.

Показники вмісту мінеральних елементів у продуктах життєдіяльності каліфорнійських черв'яків (біогумусі), мг/кг, $M \pm m$, n=5

| Елемент | Група мікролож | | |
|---------|----------------|--------------|----------------|
| | контрольна | I дослідна | II дослідна |
| Ферум | 5684,3±22,34 | 5698,5±12,87 | 6090,5±38,54** |
| Манган | 402,5±10,85 | 400,9±16,98 | 450,1±13,56* |
| Купрум | 18,9±1,77 | 19,1±0,78 | 21,4±1,38 |
| Магній | 6897,5±32,94 | 6930,4±67,54 | 7098,5±45,09* |

Примітка: різниця вірогідна * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

У біогумусі із II-ї дослідної групи вміст Феруму був більшим на 7,1 % стосовно контрольної групи. Різниця між групами була статистично значущою ($p < 0,01$).

Вміст Мангану у біогумусі змінювався залежно від ступеня мінералізації органічної частини посліду птиці та кількості каліфорнійських черв'яків. За одержання найбільшої біомаси вермикультури у I-й дослідній групі мікролож вміст Мангану у біогумусі був майже на рівні контролю, показник був меншим лише на 0,3 %.

За вирощування каліфорнійських черв'яків на посліді курчат-бройлерів, що пройшов ферментування за його щодобової дворазової аерації, вміст Мангану у біогумусі збільшується на статистично значущу величину.

Вирощування вермикультури на посліді, який ферментували за різних способів та режимів, вплинуло на зміни Купруму у біогумусі. У I-й дослідній групі вміст Купруму був вищим ніж у контрольній на 1,0 %, різниця не була статистично значущою.

Найвищий вміст Купруму було виявлено у біогумусі із II-ї дослідної групи. Показник був вищим ніж у біогумусі із контрольної групи мікролож на 13,2 % і мав прояв тенденції.

У біогумусі із контрольної групи вміст Магнію становив 6897,5 мг/кг сухої речовини. У I-й дослідній групі виявлено збільшення елементів у біогумусі. Різниця із контролем становила 0,4 % і не мала статистичної значущості. Підвищення вмісту Магнію у біогумусі із II-ї дослідної групи спостерігалось на фоні збільшення мінералізації. Показник був статистично значущим і більшим ніж у контролі на 2,9 %.

Результати досліджень цього підрозділу викладені у одній науковій праці [94].

3.3. Встановлення ефективності використання біомаси вермикультури у складі раціонів *Cherax quadricarinatus*

3.3.1. Дослідження впливу біомаси каліфорнійських черв'яків у складі раціонів на прирости раків

Для встановлення ефективності впливу біомаси каліфорнійських черв'яків у складі раціонів на продуктивність раків *Cherax quadricarinatus* застосовували молодняк із середньою масою тіла у віці 75 діб 4,5 г. Відхилення маси тіла раків від середнього значення не перевищувало 5,0 %. Наприкінці експерименту, який тривав 75 діб, маса тіла *Cherax quadricarinatus* у контрольній групі становила 8,5 г. Збільшення маси щодо показника на початку експерименту становило 88,9 % (табл. 3.22).

За згодовування ракам раціону із вмістом 10,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків їх маса була більшою на 3,5 % стосовно показника у контрольній групі.

Таблиця 3.22.

Вплив кормової добавки на вагу раків та їх збереженість

| Показник | Група | | | |
|---|------------|------------|-------------|--------------|
| | контрольна | I дослідна | II дослідна | III дослідна |
| Кількість особин на початок дослідю, гол. | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Кількість особин наприкінці дослідю, гол. | 40 | 43 | 44 | 44 |

| | | | | |
|---|----------|----------|-------------|------------|
| Маса тіла <i>Cherax quadricarinatus</i> на початок дослідю, г | 4,5±0,11 | 4,5±0,11 | 4,5±0,11 | 4,5±0,11 |
| Маса тіла <i>Cherax quadricarinatus</i> наприкінці дослідю, г | 8,5±0,12 | 8,8±0,11 | 9,2±0,13*** | 9,1±0,14** |
| Збереженість <i>Cherax quadricarinatus</i> , % | 80,0 | 86,0 | 88,0 | 88,0 |

Примітка: ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$.

Використання у складі раціонів 20,0 % біомаси вермикультури приводило до підвищення маси тіла *Cherax quadricarinatus* стосовно контролю на статистично значущу величину. Найбільша маса раків наприкінці експерименту була встановлена у II-й дослідній групі. Різниця із контролем, I- та III-ю дослідними групами становила, відповідно, 8,2 % ($p < 0,001$), 4,5 та 1,0 %.

Застосування біомаси каліфорнійських черв'яків сприяє підвищенню збереження *Cherax quadricarinatus*. У I-й дослідній групі збереженість поголів'я раків була більшою на 6,0 % щодо показника у контрольній групі. За згодовування ракам 15,0 та 20,0 % біомаси вермикультури показник збереження поголів'я підвищується на 8,0 % стосовно контролю.

Середньодобові прирости раків у контрольній групі становили 0,053 г. У I-й дослідній групі середньодобові прирости *Cherax quadricarinatus* були більшими ніж у раків із контрольної групи на 7,5 %. Різниця мала прояв тенденції (табл. 3.23.).

Таблиця 3.23.

Прирости *Cherax quadricarinatus*, $M \pm m$, $n=50$

| Група | Середньодобовий, г | Абсолютний, г |
|--------------|--------------------|---------------|
| Контрольна | 0,053±0,0012 | 4,0±0,23 |
| I дослідна | 0,057±0,0021 | 4,3±0,32 |
| II дослідна | 0,062±0,0022* | 4,7±0,17* |
| III дослідна | 0,061±0,0024* | 4,6±0,18* |

Примітка: * - $p < 0,05$.

За годівлі раків раціонами із вмістом 15,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків збільшуються їх середньодобові прирости на 16,9 % стосовно контролю. Різниця мала статистичну значущість ($p < 0,05$). На статистично значущу величину також збільшується середньодобовий приріст *Cherax quadricarinatus*, що споживали 20,0 % біомаси вермикультури. Різниця із контролем становила 15,0 %.

Найменший абсолютний приріст раків було встановлено у контрольній групі. За годівлі раків раціонами із вмістом 10,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків абсолютний приріст збільшується на 7,5 %. У III-й дослідній групі абсолютний приріст *Cherax quadricarinatus* був більшим ніж у контрольній і I-й дослідній групах, відповідно, на 15,0 ($p < 0,05$) та 6,9 %. Найбільший абсолютний приріст був у раків із II-ї дослідної групи. Різниця із контролем мала статистичну значущість.

3.3.2. Показники білкового обміну та вмісту HS-груп у печінці раків *Cherax quadricarinatus*

З метою обґрунтування підвищених приростів проводили дослідження білкового обміну у печінці раків. Встановлено, що уміст загального білка у печінці *Cherax quadricarinatus* становив 111,6 г/кг. За згодовування ракам раціонів із вмістом 10,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків вміст загального білка був більшим ніж у печінці раків із контрольної групи на 5,9 %. Різниця мала прояв тенденції (табл. 3.24).

На статистично значущу величину підвищився вміст загального білка у печінці раків із II-ї дослідної групи у порівнянні із контролем. Різниця між групами становила 15,3 %.

Таблиця 3.24.

Деякі показники білкового обміну, $M \pm m$, $n=5$

| Група | Уміст загального білка у печінці раків, г/кг | Активність аспартатамінотрансферази у печінці раків, мкмоль/год/г | Активність аланінамінотрансферази у печінці раків, мкмоль/год/г |
|-------------|--|---|---|
| Контрольна | 111,6 \pm 4,14 | 9,7 \pm 0,23 | 4,5 \pm 0,36 |
| I дослідна | 118,2 \pm 5,89 | 10,5 \pm 0,68 | 5,1 \pm 0,45 |
| II дослідна | 128,7 \pm 3,98* | 10,9 \pm 0,37* | 5,8 \pm 0,31* |

| | | | |
|--------------|------------|-----------|----------|
| III дослідна | 127,6±8,39 | 10,7±0,65 | 5,5±0,47 |
|--------------|------------|-----------|----------|

Примітка: *- $p < 0,05$.

Використання 20,0 % біомаси вермикультури у складі раціонів раків приводить до підвищення вмісту білка у їх печінці стосовно контролю на 14,3 %. Різниця була у межах фізіологічної норми і мала прояв тенденції. Порівнюючи із II-ю дослідною групою вміст білка у печінці *Cherax quadricarinatus* із III-ї дослідної групи був меншим на 0,85 %, різниця в межах похибки.

Встановлено, що найменша активність аспартатамінотрансферази була у печінці раків із контрольної групи. У печінці *Cherax quadricarinatus* із I-ї дослідної групи активність ензиму була вищою щодо показника у контрольній групі на 8,2 %. За використання у складі раціонів 15,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків активність аспартатамінотрансферази у печінці раків була найвищою. Порівнюючи із активністю ензимів раків із контрольної групи, I- та III-ї дослідних груп показник був більшим, відповідно, на 12,3; 3,8 та 1,8 %. Різниця із контролем мала статистичну значущість.

У контрольній групі активність аланінамінотрансферази у печінці раків була на рівні 4,5 мкмоль/год/г. У печінці раків із I-ї дослідної групи різниця у активності ензиму із контролем не мала статистичної значущості. Утримуючи раків на раціонах із найбільшим вмістом біомаси вермикультури виявлено тенденцію щодо підвищення активності аланінамінотрансферази у їх печінці, порівнюючи із показником у печінці особин із контрольної групи. За використання 15,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків на статистично значущу величину зростає активність ензиму у печінці *Cherax quadricarinatus*.

Отже було встановлено, що за використання оптимальної концентрації біомаси каліфорнійських черв'яків у раціонах раків активуються анаболічні процеси щодо білкового обміну у їх печінці.

Для підтвердження відсутності у біомасі каліфорнійських черв'яків токсичних сполук чи речовин та активації анаболічних процесів обміну білка проводили визначення вмісту сульфогідрильних груп у печінці раків *Cherax quadricarinatus*.

За умови згодовування ракам стандартного раціону вміст білкових сульфогідрильних груп у печінці особин із контрольної групи становив 662 мкг/г. У печінці *Cherax quadricarinatus*, які споживали раціони із вмістом 10,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків вміст білкових HS-груп був більшим ніж у контролі на 6,3 % (табл. 3.25).

Таблиця 3.25.

Показники вмісту у печінці *Cherax quadricarinatus* сульфогідрильних груп,
мкг/г $M \pm m$, $n=4$

| Група | Вид HS-груп | | |
|--------------|-------------|----------------------------|----------|
| | білкові | низькомолекулярні (вільні) | загальні |
| Контрольна | 662±9,6 | 83±4,4 | 745±8,9 |
| I дослідна | 704±14,8 | 76±3,7 | 780±18,7 |
| II дослідна | 732±11,8* | 72±3,2 | 804±21,2 |
| III дослідна | 727±12,6* | 73±4,7 | 800±20,6 |

Примітка: *- $p < 0,05$.

Доведено, що включення до складу раціонів раків 15,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків супроводжувалось збільшенням вмісту HS-груп на 10,6 % стосовно показника у контролі. Різниця мала статистичну значущість. У печінці *Cherax quadricarinatus* із III-ї дослідної групи теж встановлено статистично значуще підвищення вмісту білкових сульфогідрильних груп щодо контролю ($p < 0,05$).

Вміст низькомолекулярних HS-груп у печінці раків був найвищим і становив 83,0 мкг/г. За згодовування *Cherax quadricarinatus* біомаси вермикультури у кількості 10,0 % від маси раціону вміст вільних сульфогідрильних груп у їх печінці був меншим ніж у контролі на 8,4 %. Зниження вмісту HS-груп у печінці раків із II- та III-ї дослідних груп не мало статистичної значущості, різниця мала прояв тенденції.

За використання в годівлі *Cherax quadricarinatus* найменшої масової частки біомаси вермикультури вміст загальних сульфогідрильних груп у печінці раків зростає на 4,6 %. Різниця не мала статистичної значущості. У печінці раків із II- та

III-ї дослідних груп вміст загальних NS-груп був більшим ніж у контролі на 7,9 та 7,3 %. Різниця мала прояв тенденції.

Отже, експериментально доведено, що використання 10,0–20,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків у годівлі раків не призводить до зменшення загальних та білкових сульфогідрильних груп у їх печінці.

3.3.3. Встановлення впливу біомаси вермикультури на вміст мінеральних елементів у м'язовій тканині раків

За згодовування ракам стандартного раціону (контрольна група) вміст Калію у їх м'язовій тканині становив 74,5 мг/кг. У м'ясі *Cherax quadricarinatus*, яким згодовували раціони із вмістом 10,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків вміст Калію дещо знизився. Різниця із контрольною групою становила 0,67 % і була в межах незначної похибки (рис. 3.14.).

У II-й дослідній групі де раки споживали 15,0 % біомаси вермикультури вміст макроелементу у їх м'язовій тканині був меншим ніж у контролі на 1,34 %. Різниця була в межах похибки. Також встановлено статистично незначуще зниження вмісту Калію у м'ясі *Cherax quadricarinatus* стосовно цього показника у м'язовій тканині раків із контрольної групи. Зниження вмісту Калію у м'язовій тканині раків у межах похибки можливо обґрунтувати меншим його вмістом в одиниці маси вермикультури із натурально вологою відносно одиниці маси комбікорму, який споживали *Cherax quadricarinatus*.

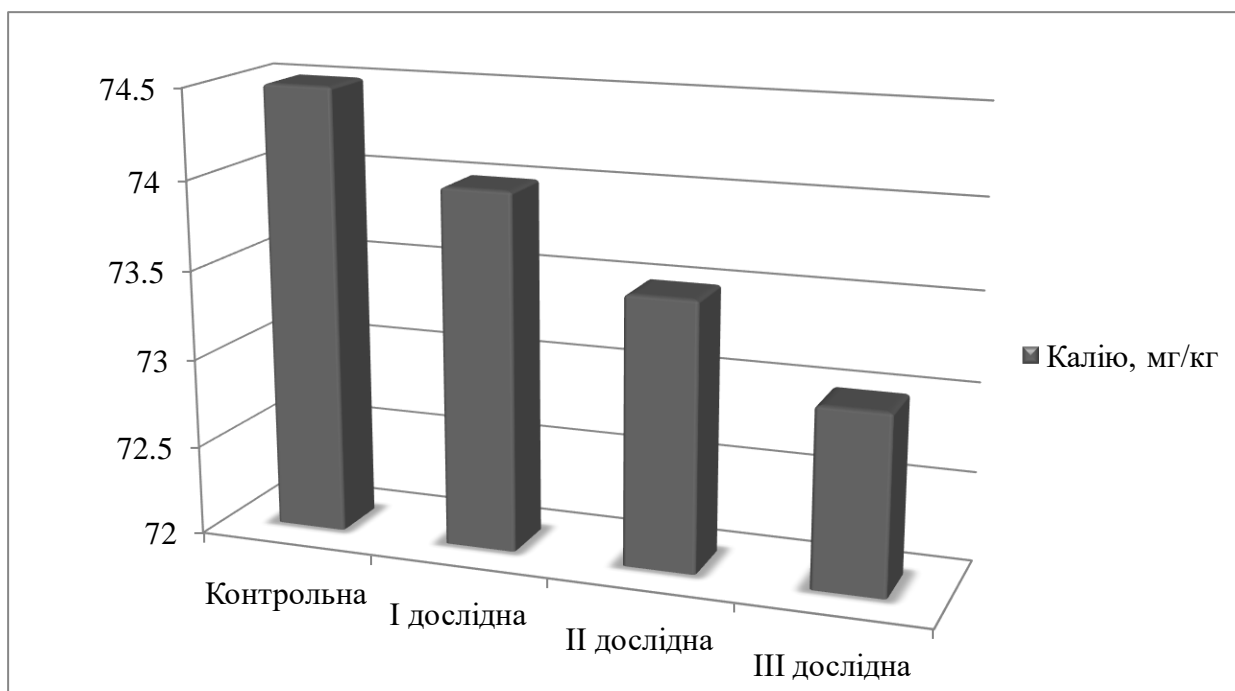


Рис 3.14. Вміст Калію у м'ясі раків

Вивчаючи вміст Натрію у м'язовій тканині раків було встановлено, що найменший цей показник було виявлено у контрольній групі. Введення у раціон *Cherax quadricarinatus* 10,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків супроводжується збільшенням вмісту Натрію у їх м'ясі на 0,5 % щодо показника у контрольній групі (рис. 3.15).

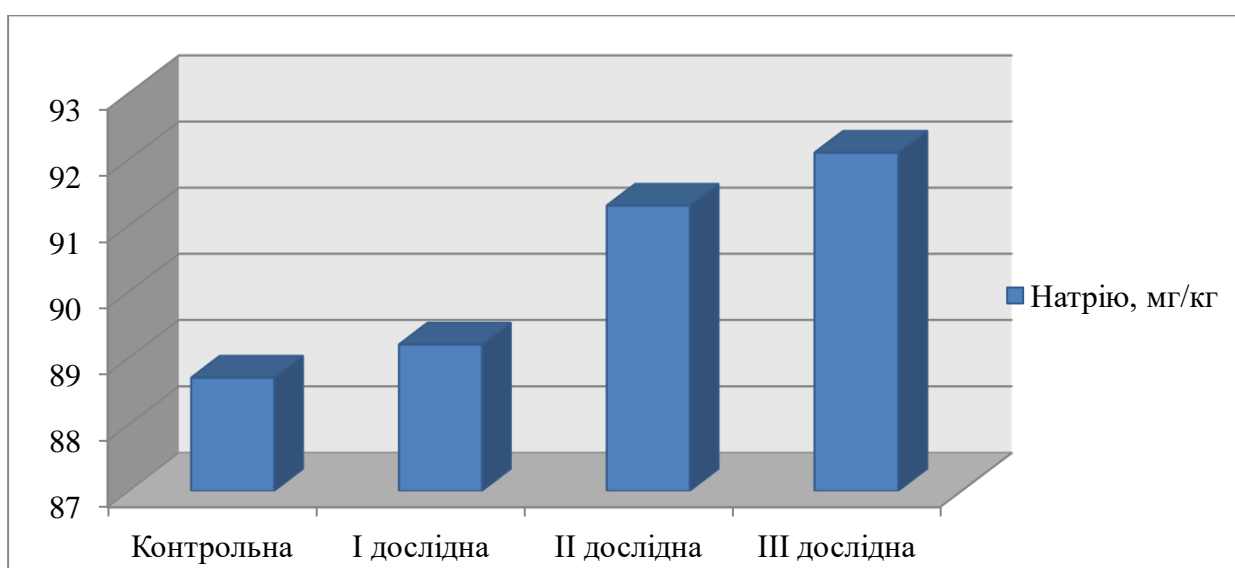


Рис. 3.15. Вміст Натрію у м'язовій тканині *Cherax quadricarinatus*

У м'язовій тканині раків із II-ї дослідної групи вміст Натрію був вищим ніж у м'ясі *Cherax quadricarinatus* із контрольної та I-ї дослідної груп, відповідно, на 2,9 та 2,3 %. Різниця між групами була у межах похибки.

Найвищий вміст Натрію було зафіксовано у м'язовій тканині раків, які споживали раціони із вмістом 20,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків. Проте статистично значущої розбіжності із показниками контролю та інших дослідних груп не зафіксовано. Підвищення вмісту Натрію у м'ясі *Cherax quadricarinatus* у межах тенденції може супроводжуватись значним вмістом цього макроелемента у біомасі вермикультури та підвищеним коефіцієнтом його засвоєння.

Вміст Кальцію у м'язовій тканині раків із контрольної і дослідної груп був вищим ніж Калію та Натрію. Цей показник у м'ясі *Cherax quadricarinatus* становив 125,6 мг/кг (рис. 3.16).

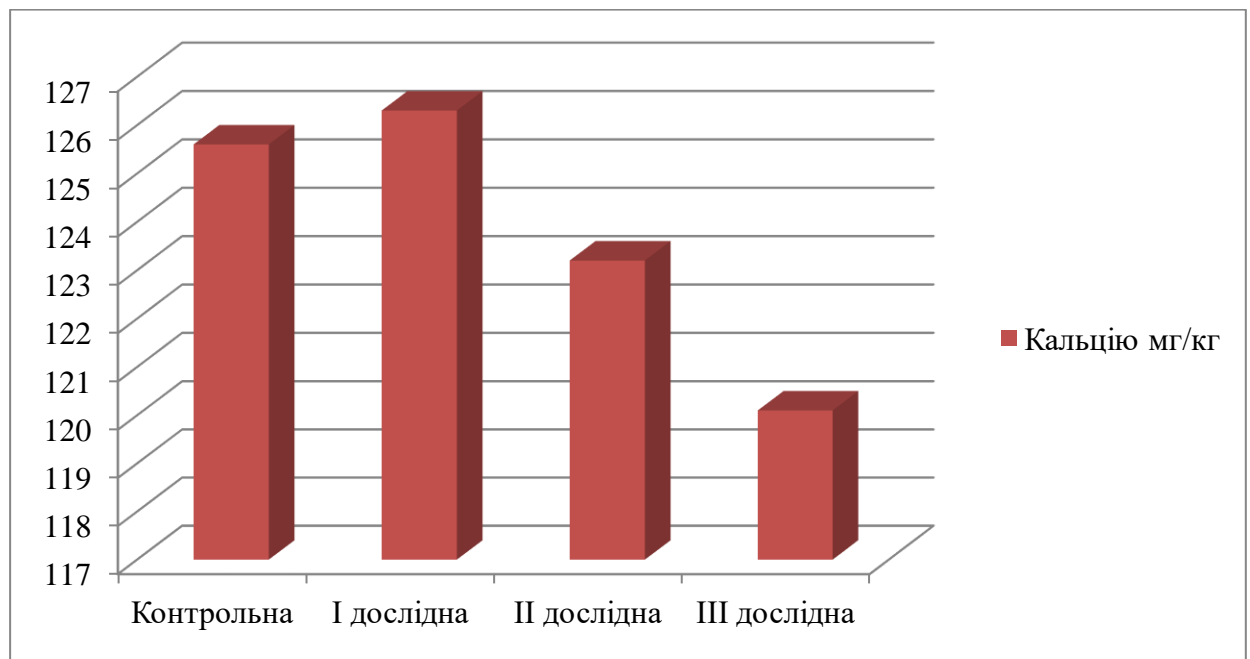


Рис. 3.16. Вміст Кальцію у м'язовій тканині *Cherax quadricarinatus*

Споживання раками раціону із вмістом 10,0 % біомаси черв'яків дозволило збалансувати вміст Кальцію у вермикультурі і його загальним засвоєнням із кормів, що супроводжувалось збільшенням вмісту цього елемента у м'язовій тканині *Cherax quadricarinatus*. Різниця із контролем становила 0,5 %.

За підвищення вмісту біомаси вермикультури у раціонах загальне засвоєння Кальцію зменшується. Вміст елемента у м'язовій тканині раків (II- та III-тя дослідні групи) знижується, відповідно, на 1,9 та 4,3 % щодо показника у контрольній групі. Отже, встановлено, що вміст макроелементів (Натрій, Кальцій та Калій) у м'ясі *Cherax quadricarinatus* залежав не лише від ступеня біоконверсії із основного раціону, а також вмісту цих елементів у біомасі каліфорнійських черв'яків.

Поряд із вивченням вмісту макроелементів у м'язовій тканині раків вивчали вміст мікроелементів. Вміст Цинку у м'ясі *Cherax quadricarinatus* із контрольної групи становив 11,0 мг/кг (рис. 3.17).

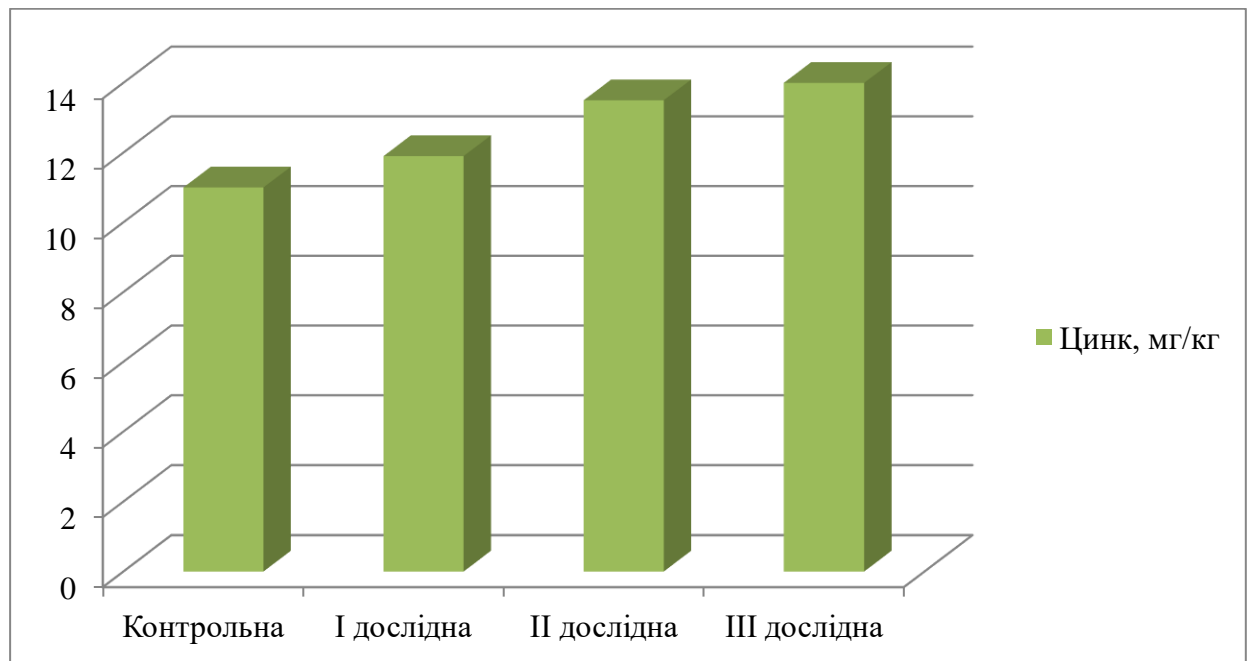


Рис 3.17. Вміст Цинку у м'язовій тканині *Cherax quadricarinatus*

Згодовування ракам раціонів із вмістом 10,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків призводить до підвищення вмісту Цинку в їх м'язовій тканині. Різниця була в межах похибки і становила 8,1 %. У м'язовій тканині *Cherax quadricarinatus* із II-ї дослідної групи вміст металу-біотику збільшився на 22,7 % щодо показника у контрольній групі. Різниця між групами мала прояв тенденції.

За згодовування ракам раціонів із вмістом 20,0 % біомаси вермикультури вміст Цинку у їх м'язовій тканині збільшується на статистично значущу величину. Отже, із збільшенням вмісту біомаси гібрида каліфорнійських черв'яків у раціонах раків зростає вміст Цинку у м'язовій тканині, що можна обґрунтувати високим вмістом металу-біотику Цинку і високою його біодоступністю із біомаси вермикультури.

Досліджуючи вміст Купруму було встановлено, що вміст цього металу-біотику у м'язовій тканині залежав від частки біомаси каліфорнійських черв'яків у раціоні раків. За використання у складі раціонів 10,0 % біомаси вермикультури вміст елемента у м'язовій тканині *Cherax quadricarinatus* збільшився на 3,7 % щодо контролю (рис. 3.18).

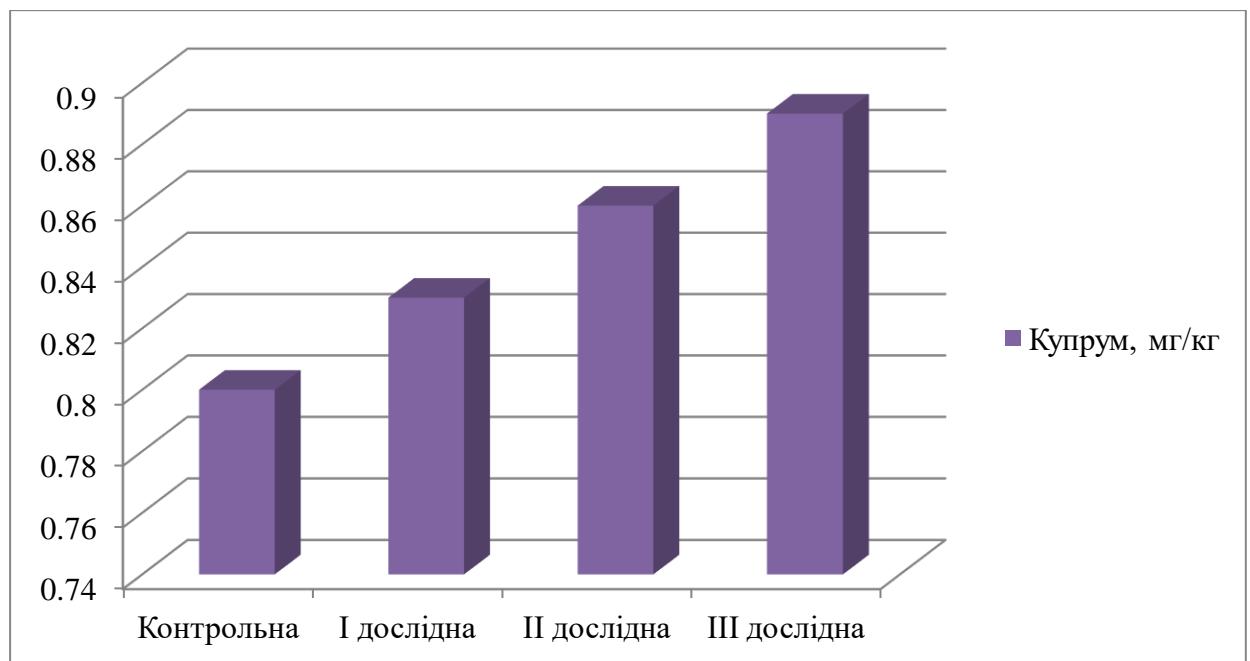


Рис. 3.18. Вміст Купруму у м'язовій тканині *Cherax quadricarinatus*

У м'язовій тканині раків із II-ї дослідної групи вміст Купруму був більшим ніж у контролі на 7,5 %. Різниця мала прояв тенденції. За вирощування раків із використанням раціонів із вмістом 20,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків вміст металу-біотику у м'язовій тканині збільшується на 11,2 %.

Вміст Феруму у м'язовій тканині *Cherax quadricarinatus* із контрольної групи становив 69,5 мг/кг. У I-й дослідній групі у м'ясі раків за споживання ними раціонів із вмістом 10,0 % біомаси вермикультури вміст металу підвищується на 1,0 % стосовно показника у контрольній групі. Різниця не перевищувала показники похибки (рис. 3.19).

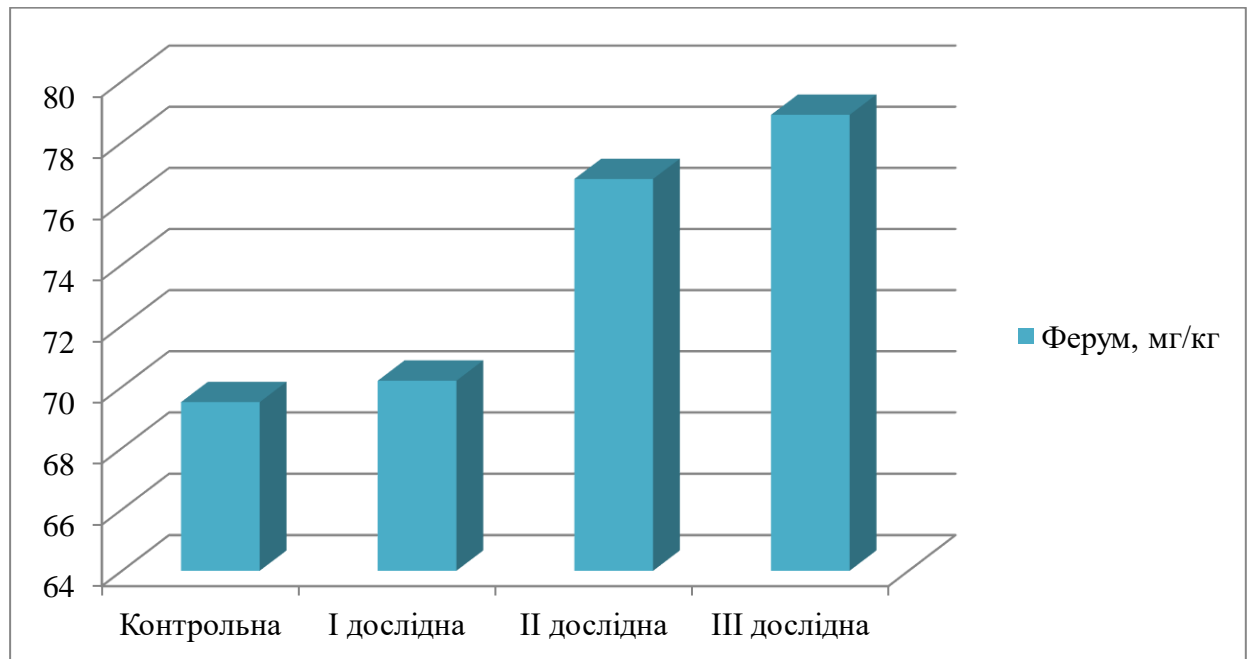


Рис. 3.19. Вміст Феруму у м'язовій тканині *Cherax quadricarinatus*

У м'язовій тканині раків із II-ї дослідної групи встановлено збільшення вмісту Феруму на 10,5 % щодо контролю. Різниця між групами мала прояв тенденції. Також показник був більшим порівнюючи із вмістом Феруму у м'язовій тканині *Cherax quadricarinatus* із I-ї дослідної групи на 9,4 %. На статистично значущу величину, порівняно із контрольною групою, підвищився вміст металу-біотику у м'ясі раків із III-ї дослідної групи. Різниця між контролем, I- і II-ю дослідними групами становила, відповідно, 13,5; 12,3 та 2,7 %.

Отже, збільшення вмісту металу-біотику у м'язовій тканині *Cherax quadricarinatus* обґрунтовується високою біодоступністю та значним вмістом Феруму у біомасі каліфорнійських черв'яків.

Вивчаючи вміст Кобальту у м'ясі раків було встановлено закономірність, чим більше у раціони вводили біомаси вермикультури, тим показник був вищим. У м'язовій тканині раків із I-ї дослідної групи вміст Кобальту був більшим ніж у контрольній на 11,1 %, різниця в межах тенденції (рис. 3.20).

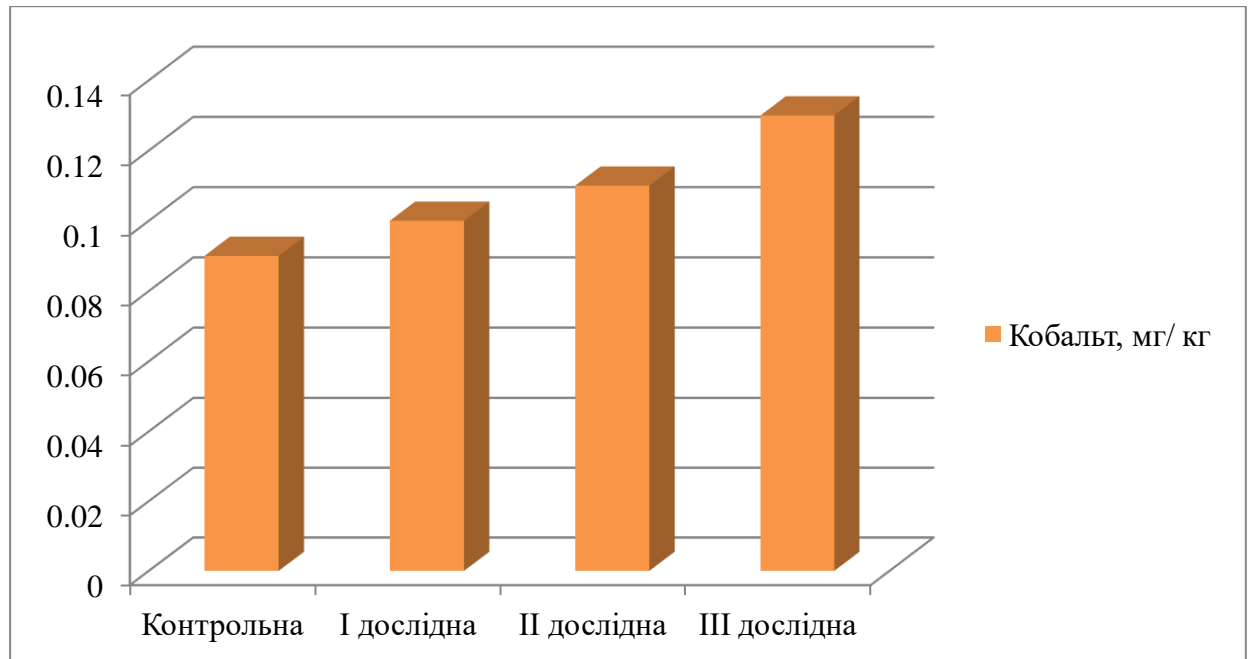


Рис. 3.20. Вміст Кобальту у м'язовій тканині *Cherax quadricarinatus*

За згодування ракам раціонів із вмістом 15,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків вміст у їх м'язовій тканині металу-біотику збільшується на 22,2 та 10,0 % щодо показника у контролі та I-ї дослідної групи. Найбільший вміст Кобальту встановлено у м'язовій тканині *Cherax quadricarinatus* із III-ї дослідної групи. Різниця стосовно контрольної групи була статистично значущою.

3.3.4. Оцінка біологічної цінності м'яса *Cherax quadricarinatus* та його хімічний склад

Для проведення оцінки біологічної цінності м'яса *Cherax quadricarinatus* застосовували біооб'єкт інфузорію *Tetrachimena piriformis*, яка є досить чутливою до наявності токсичних сполук, амінокислотного складу та вмісту біологічно активних речовин у продукті.

Експериментально встановлено, що інфузорії у середовищі із вмістом гомогенату м'язів *Cherax quadricarinatus* (I–III дослідні групи) із хвостів і клешнів на 24 годину культивування не проявляли етологічних відмінностей у порівнянні із культурою *Tetrachimena piriformis*, яка розвивалась у середовищі, із вмістом м'язової тканини раків з контрольної групи. За ретельного спостереження під мікроскопом клітини висіяної культури *Tetrachimena piriformis* із контрольних середовищ характеризувались правильною округлою формою. Рух цих клітин був беззупинним із чітко вираженою прямолінійністю. Неправильних об'ємів та форм інфузорій із манежно-коловими рухами впродовж дослідження не спостерігалось. В полі зору не відмічали мертвих клітин *Tetrachimena piriformis*.

Культура *Tetrachimena piriformis*, яку вирощували на середовищах із вмістом м'язів *Cherax quadricarinatus*, яким згодовували раціони із 10,0; 15,0 та 20,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків мали виражену, природно виповнену форму тіла із чіткими, постійними прямолінійно-поступальними рухами. Форма і рухи клітин інфузорій із дослідних середовищ не мали жодних відмінностей порівнюючи із формами та рухами клітин із контрольного середовища.

Розрахунковим методом клітин *Tetrachimena piriformis*, які вирощували на середовищах із вмістом гомогенатів м'яса хвостів і клешень раків із дослідних груп встановлено значуще збільшення кількості клітин інфузорій. За проведення етологічних спостережень відмічали постійне ділення клітин інфузорій (розділення навпіл) і формування та розвиток нових особин. В середовищах із вмістом м'язів *Cherax quadricarinatus* із I-, II- та III-ї дослідних груп кількість особин інфузорій зросла у 8,5–9,1 рази стосовно культури, яку культивували застосовуючи як поживне середовище 0,56 % розчин стерилізованої морської солі.

Отже, використовуючи *Tetrachimena piriformis* на першому етапі експериментально встановлено, що у м'язовій тканині раків, яким згодовували раціони із вмістом від 10,0 до 20,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків, не утворюються і не накопичуються сполуки та речовини, які мають негативний токсичний вплив на культуру *Tetrachimena piriformis*.

Біологічна цінність м'яса раків ґрунтується на загальних правилах – чим більше у поживному середовищі із вмістом м'язової тканини *Cherax quadricarinatus* за 72 години культивування утворюється клітин *Tetrachimena piriformis*, тим показник біологічної цінності є вищим (виражений у відсотках).

За підрахунку клітин інфузорій доведено, що у середовищі, яке містило м'ясо із хвостів і клешень раків із контрольної групи кількість особин становила, відповідно, $11,3 \times 10^4$ та $11,7 \times 10^4$ штук (табл. 3.26).

Експериментально доведено, що включення у середовище м'язової тканини *Cherax quadricarinatus* із дослідних груп позитивно вплинуло на збільшення чисельності клітин *Tetrachimena piriformis*.

Таблиця 3.26.

Біологічна цінність м'яса *Cherax quadricarinatus* за кількістю клітин інфузорій, $M \pm m$, $n=4$

| Група | Предмет дослідження | Кількість клітин культури в cm^3 поживного середовища, $\times 10^4$, шт. | Показник виражений у % |
|--------------|---------------------|---|------------------------|
| Контрольна | м'язи клешні | $11,3 \pm 0,24$ | 100,0 |
| | м'язи хвоста | $11,7 \pm 0,52$ | 100,0 |
| I дослідна | м'язи клешні | $12,1 \pm 0,61$ | 107,1 |
| | м'язи хвоста | $12,4 \pm 0,44$ | 105,9 |
| II дослідна | м'язи клешні | $12,3 \pm 0,55$ | 108,8 |
| | м'язи хвоста | $12,7 \pm 0,72$ | 108,5 |
| III дослідна | м'язи клешні | $12,4 \pm 0,28$ | 109,7 |
| | м'язи хвоста | $12,6 \pm 0,43$ | 107,6 |

За вирощування інфузорій у середовищі, яке містило гомогенати із м'язової тканини хвостів та клешень раків *Cherax quadricarinatus* із I-ї дослідної групи кількість клітин *Tetrachimena piriformis* була більшою, відповідно, на 7,1 та 5,9 % щодо контрольної групи. Введення у середовище м'яса раків із II-ї дослідної групи приводить до зростання кількості клітин *Tetrachimena piriformis*, відповідно, на 8,8, та 8,5 % стосовно показника у контрольній групі. Кількість отриманих клітин інфузорій на середовищі із вмістом гомогенату із м'язової тканини *Cherax quadricarinatus* із III-ї дослідної групи була вищою ніж у варіанті де тетрахімену

вирощували на середовищі, яке містило м'ясо раків із контрольної групи, відповідно, на 7,6 та 9,7 %.

Отже доведено, що за згодовування ракам раціонів із вмістом 15,0 та 20,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків біологічна цінність їх м'яса підвищується на 7,6–9,7 % стосовно біологічної цінності м'язової тканини раків, яким згодовували традиційний раціон.

Перед дослідженням м'ясо хвостів та клешнів раків із кожної групи змішували. Аналізуючи вміст сухої речовини у м'язовій тканині було встановлено, що за використання у раціонах раків біомаси каліфорнійських черв'яків цей показник змінюється (табл. 3.27).

Таблиця 3.27.

Деякі показники хімічного складу м'яса раків, $M \pm m$, $n=4$

| Показник | Група | | | |
|-------------------------|------------|------------|-------------|--------------|
| | контрольна | I дослідна | II дослідна | III дослідна |
| Уміст сухої речовини, % | 18,7±0,23 | 18,9±0,25 | 19,1±0,18 | 19,0±0,11 |
| Уміст вологи, % | 81,3±1,14 | 81,1±1,76 | 80,9±0,98 | 81,0±1,65 |
| Уміст білка, г/кг | 159,2±2,24 | 164,3±1,78 | 168,2±3,25* | 167,3±2,98* |
| Уміст ліпідів, г/кг | 1,7±0,33 | 2,1±0,29 | 2,3±0,26 | 2,4±0,23* |
| Уміст золи, г/кг | 19,4±0,78 | 19,4±0,69 | 19,1±1,08 | 18,9±0,56 |

Примітка: * – $p \leq 0,05$.

Найменший вміст сухої речовини було встановлено у м'язовій тканині раків із контрольної групи. У м'ясі раків із I-ї дослідної групи вміст сухої речовини був вищим ніж у контролі на 0,2 %. Найвищий вміст сухої речовини було виявлено у м'язовій тканині *Cherax quadricarinatus* із II-ї дослідної групи, різниця із контролем, I- та III-ю дослідними групами становила, відповідно, 2,1; 1,0 та 0,5 % і не мала статистичної значущості. Виявлено збільшення вмісту сухої речовини у м'язовій тканині раків у межах тенденції із III-ї дослідної групи.

Із підвищенням вмісту сухої речовини у м'ясі раків із дослідних груп вміст вологи знижується стосовно контрольної групи. Зниження вмісту вологи у I-, II- та III-й дослідних групах не було статистично значущим.

Доведено, що вміст біомаси каліфорнійських черв'яків вплинув на підвищення концентрації загального білка у м'язовій тканині раків. За згодовування ракам 10,0 % біомаси вермикультури вміст загального білка у м'ясі збільшується на 3,2 %, різниця мала прояв тенденції. За підвищення вмісту біомаси каліфорнійських черв'яків у складі раціонів до 15,0 % концентрація білка у м'ясі *Cherax quadricarinatus* підвищується щодо показника у контролі на статистично значущу величину. Також статистично значуще підвищення вмісту білка було виявлено у III-й дослідній групі.

У контрольній групі вміст ліпідів у м'ясі раків становив 1,7 г/кг, що відповідало фізіологічним нормам цього показника у віці особин 150–200 діб. У I-й дослідній групі м'ясо *Cherax quadricarinatus* містило на 23,5 % більше ліпідів ніж у контрольній групі. У м'ясі раків із II-ї дослідної групи встановлено тенденцію щодо підвищення вмісту ліпідів за згодовування їм біомаси каліфорнійських червоних черв'яків у кількості 15,0 % від маси раціону. Різниця за вмістом ліпідів між III-ю дослідною та контрольною групами мала статистичну значущість.

Встановлено, чим більше у раціон вводили біомаси вермикультури, тим вміст золи у м'язовій тканині раків був меншим. Різниця між показником із II- та III-ї дослідних груп і контролем становила, відповідно, на 1,54 та 2,5 %. Статистичної значущості не було виявлено.

Отже, доведено, що за використання оптимальної дози біомаси каліфорнійських червоних черв'яків у складі раціонів підвищується вміст сухої речовини у м'язовій тканині раків завдяки збільшенню концентрації протеїну та ліпідів.

Результати експериментів цього підрозділу опубліковані в одній науковій праці [14].

3.4. Виробнича перевірка на *Cherax quadricarinatus*

Для встановлення ефективності використання біомаси каліфорнійських черв'яків у складі раціонів для раків *Cherax quadricarinatus* в умовах виробництва було організовано виробничу перевірку на базі ТОВ «Українська креветка Слєпньов». Для проведення виробничої перевірки за принципом груп-аналогів було підібрано дві групи раків (контрольна та дослідна) по 1100 особин у кожній. Для контрольної групи згодовували стандартні раціони затверджені у господарстві. Для раків із дослідної групи використовували раціон із вмістом 15,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків.

За проведення дослідження гідрохімічні умови, об'єм води, фільтрування води для раків були однаковими як для дослідної так і контрольної груп. Експеримент проводили продовж 85 діб. За допомогою оксиметра визначали вміст Оксигену у воді. Показник продовж дослідження не опускався нижче 6,2 мг/дм³. Результати виробничої перевірки згодовування *Cherax quadricarinatus* раціонів із біомасою вермикультури наведені у таблиці 3.28.

Контроль живої маси раків після проведення експерименту в умовах виробничих потужностей проводили на 160-ту добу їх життя. Встановлено, що наприкінці досліду особини *Cherax quadricarinatus* із контрольної групи мали середню масу тіла на рівні 8,7 г. Згодовування ракам раціонів із вмістом 15,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків супроводжувалось збільшенням їх маси тіла на 3,4 % стосовно цього показника у *Cherax quadricarinatus* із контрольної групи. Різниця між групами мала статистичну значущість.

Таблиця 3.28.

Деякі показники технології вирощування *Cherax quadricarinatus* за проведення виробничої перевірки, $M \pm m$, n=1100

| Показник | Група | |
|---|------------|----------|
| | контрольна | дослідна |
| Кількість раків (початок експерименту), особин | 1100 | 1100 |
| Кількість <i>Cherax quadricarinatus</i> наприкінці виробничої перевірки (160-та доба культивування), особин | 979 | 983 |

| | | |
|---|----------|-----------|
| Збереженість раків, % | 89,0 | 89,3 |
| Середня маса тіла однієї особини <i>Cherax quadricarinatus</i> , г | 8,7±0,11 | 9,0±0,09* |
| Отримання валової маси тіла раків, кг | 8,51 | 8,84 |

Примітка: * – $p \leq 0,05$.

Чисельність раків *Cherax quadricarinatus* по завершенню експерименту в умовах виробництва у контрольній групі становила 979 особин. Втрати раків у цій групі були на рівні 11,0 %. У дослідній групі використання біомаси вермикультури у складі раціонів *Cherax quadricarinatus* сприяло збільшенню збереження їх поголів'я на 0,3 % щодо показника у контрольній групі. Збереження раків за оптимального вмісту у їх раціонах біомаси каліфорнійських черв'яків, вирощених на субстраті із посліду птиці, який компостували прискореним методом за активної аерації, зростає.

Оцінюючи виробництво валової маси раків *Cherax quadricarinatus* було встановлено, що застосування раціонів із вмістом біомаси каліфорнійських черв'яків сприяло збільшенню цього показника у порівнянні із контрольною групою на 3,8 %.

Отже, застосування раціонів під час вирощування раків *Cherax quadricarinatus* із вмістом 15,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків приводить до покращення господарсько-технологічних показників вирощування аквакультури.

3.5. Аналіз економічної ефективності застосування біомаси каліфорнійських черв'яків за вирощування раків *Cherax quadricarinatus*

Проведене дослідження в умовах виробництва дозволило встановити позитивний вплив біомаси каліфорнійських черв'яків у складі раціонів на прирости раків. Валова маса приросту тіла *Cherax quadricarinatus* у дослідній групі була більшою на 7,9 % щодо показника у контрольній групі. Завдяки введенню у раціон дослідних раків біомаси вермикультури знижуються витрати комбікорму на 14,96 % стосовно контролю.

Внесення біомаси каліфорнійських черв'яків у раціони приводить до досягнення раками маси тіла 9,0 г і збільшення вартості до 45 грн за особину.

Дані щодо обрахунків економічної ефективності включення біомаси каліфорнійських черв'яків у раціон *Cherax quadricarinatus* представлено в таблиці 3.29.

Сума виручки за реалізації раків із дослідної групи збільшилась на 12,9 % щодо контролю. Встановлено також, що за використання біомаси каліфорнійських черв'яків збільшується прибуток у 3,4 рази стосовно контрольної групи. Водночас встановлено зростання рівня рентабельності вирощування *Cherax quadricarinatus* за введення до складу їх раціонів біомаси вермикультури на 14,56 %.

Таблиця 3.29.

Фінансові данні щодо використання біомаси черв'яків у раціонах для раків

| Показник | Група | |
|---|------------|----------|
| | контрольна | дослідна |
| Одержання приросту маси тіла раків за період виробничої перевірки, кг | 4,01 | 4,33 |
| Витрачено комбікорму за період перевірки, кг | 8,82 | 7,50 |
| Середня вартість тонни повнораціонних комбікормів, грн | 324000 | 324000 |
| Витрачено листя дуба, кг | 0,230 | 0,230 |
| Вартість листя дуба, грн/кг | 50,6 | 50,6 |
| Витрати на комбікорм та листя дуба, грн | 2869 | 2418 |
| Витрати біомаси каліфорнійських черв'яків на 1 кг раціону, г | – | 150,0 |
| Собівартість використаної біомаси каліфорнійських черв'яків, грн | – | 264 |
| Вартість раків із вагою 4,5 г, грн за особину | 30 | 30 |
| Вартість раків із вагою 8 г, грн за особину | 40 | – |
| Вартість раків із вагою 9 г, грн за особину | – | 45 |
| Витрати на закупівлю раків із масою тіла 4,5 г, грн | 33000 | 33000 |
| Загальні витрати під час вирощування раків, грн | 37016 | 36754 |

| | | |
|---|-------|-------|
| Загальна сума виручки за реалізації раків, грн | 39160 | 44235 |
| Прибуток за вирощування <i>Cherax quadricarinatus</i> , грн | 2144 | 7481 |
| Рентабельність, % | 5,79 | 20,35 |

Отже, в умовах виробництва було доведено, що використання у раціонах раків біомаси каліфорнійських черв'яків є прибутковим способом поліпшення технології їх вирощування.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Збільшення виробництва м'яса курчат-бройлерів як в Україні так і світі призводить до накопичення відходів птахівництва, зокрема посліду із підстилкою [18, 21, 136]. За сучасних розробок впроваджують різні біоконверсні технології, які є актуальними, для зменшення забруднення навколишнього середовища відходами птахівництва та виробництва додаткової екологічно чистої, конкурентоспроможної продукції [21, 164].

Важливе місце у біоконверсних комплексах приділяють анаеробному компостуванню відходів птахівництва із використанням біодеструкторів [164]. За технології вермикультивування, як складової біоконверсної системи, утилізуючи органічні відходи можливо отримувати значні обсяги біомаси черв'яків як білково-мінеральної кормової добавки для тварин і птиці [110].

Біомаса вермикультури містить значну концентрацію сирого протеїну, який належить до повноцінного так як має усі незамінні амінокислоти.

Отже, дослідження спрямовані на встановлення ефективності компостування посліду курчат-бройлерів із підстилкою (подрібнена солома злакових) за використання різних конгломератів бактерій та активної аерації і вивчення доцільності застосування цього ферментованого посліду під час вирощування гібрида червоних каліфорнійських черв'яків має науково-практичне значення.

Серед технологій аквакультури інтенсивно розвивається напрям вирощування раків *Cherax quadricarinatus*, які користуються значним попитом у населення [3, 166]. Дослідження ефективності включення біомаси черв'яків, вирощених за удосконаленої технології, до складу раціонів *Cherax quadricarinatus* мають актуальне значення.

Перед проведенням компостування посліду курчат-бройлерів із підстилкою (подрібнена солома злакових) досліджували природний його мікробіологічних склад за різного етапу компостування (зберігання) без внесення біодеструкторів і проведення будь-якої аерації. Доведено, що в посліді курчат-бройлерів, який вивантажили із пташників (2-га доба) показник КМАФАНМ був найменший. Найбільший показник КМАФАНМ виявлено у посліді, який зберігали продовж 4-х місяців. За – місячного зберігання у посліді птиці показник КМАФАНМ знижується у 58,7 рази у порівнянні із показником, отриманим у біомасі, що зберігали 4 місяці.

Встановлено, що група бактерій *Bacillus spp.* представлена наступними видами: *Bacillus subtilis*, *Bacillus megatherium*, *Bacillus mesentericus* та *Bacillus mycoides*. *Bacillus subtilis* є домідуючим видом. Динаміка кількості бактерій *Bacillus spp.* була аналогічною показнику КМАФАНМ. Також встановлено, що показник КУО *Streptococcus spp.* та *Streptococcus spp.* був найвищим у період 4-місячного зберігання і з часом знижується. Зміна чисельності клітин бактерій підтверджується даними інших дослідників [34,69], які стверджують, що у період дозрівання біомаси кількість бактерій зменшується, але зростає їх біологічна різноманітність.

За удосконалення технології ферментування посліду курчат-бройлерів за різних методів та режимів аерації вивчали зміни температури в середині буртів продовж часу компостування. Встановлено, що починаючи із II-ї доби ферментування температура в посліді стрімко зростала. До 4-ї доби компостування спостерігалось інтенсивне наростання температури у середині буртів із посліду птиці. У I- та II-й дослідних групах підвищення температури становило,

відповідно, у 3,9 та 4,1 рази стосовно першої доби ферментування посліду і на 72,0 і 80,0 % стосовно контрольної групи.

Одержані дані щодо підвищення температури у середині буртів під час компостування підтверджуються дослідниками [21].

За інтенсивного збагачення повітрям посліду бройлерів у II-й дослідній групі на 6-ту добу температура ферментованої біомаси була найвищою і переважала показники контролю та I-ї дослідної групи, відповідно, на 87,8 та 1,6 %. Отже, встановлено, що чим активніше проводили аерацію посліду, тим температура посліду була вищою. Збільшення температури за активної аерації підтверджується дослідженнями [64, 86] де стверджується, що для оптимальної діяльності мікроорганізмів вміст Оксигену у біомасі має бути понад 11–12 %. Також вміст Оксигену є найвищим за термофільної фази ферментації.

Отже, збільшення температури посліду курчат-бройлерів за активної аерації може обґрунтовуватись тим, що цей чинник впливає на збільшення кількості бактерій та, одночасно, синтез гідролітичних ферментів, дія яких призводить до утворення надмірної енергії, яка теж стимулює утворення клітин мікроорганізмів. Ці дані підтверджуються у дослідженнях [21].

Доведено, що активна одноразова і дворазова аерація посліду курчат-бройлерів у буртах призводить до активного зростання температури компосту в середині буртів. Порівнюючи ефективність одноразової і дворазової аерації продовж доби на температуру ферментування виявлено, що за двократного аерування статистично значущого збільшення температури посліду не відмічали.

Доведено, що у період термофільної фази компостування посліду птиці відносні втрати вологи як у контрольній так і дослідних групах були вищими ніж у період зменшення температури ферментування (мезофільний та психрофільний періоди).

За період ферментування масова частка вологи у компостованій біомасі як у контролі так і дослідних групах нижче 54–56,0 % не зменшувалась, що позитивно впливало на гідролітичні процеси за дії ензимів мікроорганізмів. Результати

досліджень підтверджуються даними дослідників [132, 157], які стверджують що навіть за 52,0 % вологи у біомасі процес деградації органічної частини є активним.

Доведено, що показник КУО КМАФАНМ, *Bacillus spp.*, *Staphylococcus* і *Clostridium* за різних способів та режимів аерації збільшується із 4-ї до 30-ї доби компостування. Із 60-ї доби цей показник починає знижуватись. Також встановлено, що чим інтенсивніше проводили аерацію посліду, тим кількість бактерій була більшою. Це явище можна обґрунтувати даними [132, 157] де стверджується, що за оптимального вмісту Оксигену у посліді показники метаболічних процесів і температури зростають, та, відповідно, збільшується кількість мезофільних і термофільних бактерій.

Виявлено, що за мезофільного та термофільного режимів компостування кількість бактерій *Staphylococcus* залежала від вмісту у посліді *Bacillus spp.* Водночас доведено, чим інтенсивніше проводили аерацію посліду бройлерів, тим більшою була кількість *Bacillus spp.* У дослідних групах у компостованій біомасі кількість *Staphylococcus* була меншою на 10,5 та 21,0 % стосовно контролю.

Найменша кількість бактерій *Clostridium* була виявлена у посліді курчат-бройлерів який найінтенсивніше збагачували повітрям. Різниця із контролем становила 7,7 %. Поясненням цього явища може бути антагоністична дія домінуючого виду бактерій *Bacillus spp.* (основні мікроорганізми біодеструкторів) до інших видів мікроорганізмів. Дослідження збігаються із даними інших дослідників [21].

Встановлено, що у компостованій за активної аерації біомасі посліду птиці спостерігається підвищений вміст Кальцію, Фосфору та Нітрогену. збільшення кількості Кальцію обґрунтовується інтенсивністю мінералізації органічної частини, а Фосфору та Нітрогену – більшою масою бактеріальних клітин, які трансформували із посліду ці елементи [21].

За проведення активної аерації у посліді із дослідних груп підвищується вміст сирого протеїну стосовно контролю, відповідно, на 3,5 та 10,0 %. Це може обґрунтовуватись збільшенням у ферментованій біомасі мікроорганізмів, які трансформують Нітроген біомаси у протеїн бактерій.

Доведено, що за органолептичними показниками послід курчат-бройлерів за активної аерації уже на 160-ту добу відповідав вимогам органічного біодобрива.

За допомогою біопроби було доведено, що за 120- добового компостування посліду із використанням суміші біодеструкторів та активної аерації компост стає придатним для вермикультивування. Це можливо пояснити пришвидшеним перетворенням шкідливих сполук, зокрема аміаку за активної дії мікроорганізмів.

Під час другого етапу встановлювали ефективність використання посліду бройлерів, який компостували за різних методів та режимів аерації під час вирощування червоних каліфорнійських черв'яків.

На 120-ту добу експерименту було встановлено, що за вирощування вермикультури на субстраті, який містив послід курчат-бройлерів, що компостували за щодобової одноразової аерації, збільшується кількість статевозрілих особин на 15,7 % стосовно контрольної групи. Це підтверджує кращу адаптацію черв'яків у цьому субстраті і швидку реалізацію їх репродуктивних функцій, а також оптимальний вміст у субстраті поживних речовин. Виявлено позитивний вплив посліду птиці, який компостували за активної аерації на масу тіла статевозрілих черв'яків.

Аналізуючи дані щодо кількості особин, які не набули статевої зрілості встановлено, що найменша їх кількість була у субстраті контрольної групи. За культивування черв'яків на субстраті із компостованого посліду курчат-бройлерів, який піддавали аерації щодоби продовж 15 хв, їх чисельність була більшою ніж у контрольній групі на 10,3 %.

Доведено, що за вирощування вермикультури на субстраті із посліду бройлерів, компостованого за інтенсивного збагачення його повітрям можливо отримати більшу кількість і масу вермикультури завдяки оптимальному вмісту і доступній формі поживних речовин та біологічно активних речовин і сполук. Позитивний вплив на ріст і розмноження каліфорнійських черв'яків посліду курчат-бройлерів, який компостували прискореним методом підтверджується дослідниками [19, 110].

Виявлено, що за використання посліду курчат-бройлерів, компостованого за активного збагачення повітрям як субстрату кількість коконів та їх маса у мікроложах зростає. Слід відмітити, що це явище відбувається на фоні оптимального надходження поживних речовин із субстрату у організм статевозрілих черв'яків.

Поряд із технологічними показниками досліджували біохімічні і хімічні показники у біомасі вермикультури, яку вирощували на субстраті із посліду птиці, компостованого за різних режимів аерації.

За культивування черв'яків на посліді ферментованого за активної аерації вміст загального білка у організмі черв'яків збільшується на 2,4 % стосовно показника у контрольній групі, різниця мала прояв тенденції. Також у біомасі цих черв'яків активність аспартатамінотрансферази та аланінамінотрансферази була вищою ніж у контролі на 13,6 та 32,4 %. Різниця була статистично значущою.

Підвищення активності амінотрансфераз у біомасі каліфорнійських черв'яків дослідних груп є обґрунтуванням підвищення анаболічних процесів у їх організмі, зокрема білкового обміну.

Виявлено підвищення вмісту загальних ліпідів у біомасі вермикультури вирощеної на посліді птиці, який ферментували за активної аерації. Поясненням може бути те, що за активної аерації посліду курчат-бройлерів відбувається гідроліз сполук (карбонових кислот), за якого у біомасі каліфорнійських черв'яків, яких вирощують на такому посліді підвищується синтез ліпідів.

За вмістом сульфогідрильних груп у біомасі вермикультури можливо вважати, що у субстраті на якому вирощували черв'яків сполук, які негативно впливали б на них, а також інтенсивність анаболічних процесів у вермикультурі не виявлено.

За вмістом сирієї золи у біомасі черв'яків доведено, що ступінь мінералізації субстрату у дослідних групах був вищим ніж у контрольній, це вплинуло на трансформацію мінеральних речовин (макро- і мікроелементів) у біомасу каліфорнійських черв'яків, які становлять основу золи.

Вивчаючи вміст Феруму, Цинку та Купруму у біомасі вермикультури встановлено закономірність, чим активніше проводили аерацію посліду курчат-

бройлерів, на якому вирощували черв'яків, тим вміст металів-біотиків був вищим. Доведено, що найменший вміст Плюмбуму було виявлено у біомасі черв'яків із контрольної групи, яку вирощували на посліді птиці компостованого за аерації через перемішування один раз впродовж декади, що свідчило про найнижчу мінералізацію органічних сполук. У дослідних групах вміст Плюмбуму був вищим ніж у контролі, проте різниця не мала статистичної значущості. Збільшення вмісту металів-біотиків у біомасі вермикультури обґрунтовується інтенсифікацією мінералізації посліду на якому культивували черв'яків за активної аерації.

На третьому етапі досліджень встановлювали ефективність застосування біомаси вермикультури у складі раціонів раків *Cherax quadricarinatus*. Зокрема, застосування біомаси каліфорнійських черв'яків у кількості 15,0 % від маси раціону сприяє підвищенню маси тіла раків на 8,2 % ($p < 0,001$) відносно контролю. Також виявлено, що за згодовування ракам 15,0 та 20,0 % біомаси вермикультури показник збереження поголів'я підвищується на 8,0 % стосовно контролю.

Поясненням підвищення приростів може бути те, що за додавання біомаси вермикультури до раціонів останні оптимізуються за сирих протеїном, сухою речовиною та іншими есенціальними чинниками живлення, що ефективно впливає на реалізацію генетичного потенціалу раків. Результати досліджень знайшли підтвердження у експериментальних даних [77, 165].

За годівлі *Cherax quadricarinatus* раціонами із вмістом 15,0 % біомаси червоних каліфорнійських черв'яків збільшуються їх середньодобові прирости на 16,9 % стосовно контрольної групи. Виявлена різниця була статистично значущою. На статистично значущу величину також зростає середньодобовий приріст раків, що споживали 20,0 % біомаси черв'яків. Різниця із контролем була в межах 15,0 %.

Встановлено, що на статистично значущу величину зростає вміст загального білка у печінці раків, яким згодовували раціони із вмістом 15,0 % біомаси вермикультури у порівнянні із контролем. Різниця між групами становила 15,3 %.

Підвищення вмісту загального білка обґрунтовувалось зростанням амінотрансфераз у печінці раків II-ї дослідної групи. За включення до складу

раціонів 15,0 % біомаси червоних каліфорнійських черв'яків активність аспаратамінотрансферази та аланінамінотрансферази була найвищою.

Доведено, що за додавання до складу раціонів раків 15,0 % біомаси червоних каліфорнійських черв'яків збільшується вміст HS-груп на 10,6 % відносно показника у контролі. Різниця була статистично значущою. У печінці раків *Cherax quadricarinatus* із III-ї дослідної групи теж виявлено статистично значуще збільшення вмісту білкових сульфогідрильних груп.

Встановлено, що зменшення концентрації HS-груп у печінці раків із дослідних груп, де раціони містили по 15,0 та 20,0 % біомаси вермикультури, не мало статистичної значущості. Отже, нами доведено, що у біомасі черв'яків не міститься токсичних сполук, які б негативно впливали на організм раків. Крім того, відмічається стимулююча дія біомаси вермикультури на білковий обмін у організмі раків. Дані співпадають із іншими отриманими даними [2].

Зниження вмісту HS-груп у печінці раків із II- та III-ї дослідних груп не мало статистичної значущості, різниця мала прояв тенденції.

Досліджуючи вміст Калію, Натрію та Кальцію у м'ясі раків було встановлено, що ці показники залежали від вмісту цих елементів у біомасі вермикультури.

Поряд із дослідженням вмісту макроелементів у м'язовій тканині раків виявляли вміст мікроелементів. Вміст Цинку у м'язовій тканині раків *Cherax quadricarinatus* із контрольної групи становив 11,0 мг/кг. У м'язовій тканині особин, які споживали 15,0 % біомаси вермикультури, вміст металу-біотику збільшився на 22,7 % щодо показника у контрольній групі. Різниця між групами була в межах тенденції.

У м'язовій тканині раків із II-ї дослідної групи вміст металу-біотику Купруму був більшим ніж у контрольній групі на 7,5 %. Також виявлена тенденція щодо підвищення у м'ясі раків металу за згодовування їм 20,0 % біомаси вермикультури.

Вміст Феруму у м'язовій тканині раків із контрольної групи був на рівні 69,5 мг/кг. У м'язовій тканині *Cherax quadricarinatus* із II-ї дослідної групи виявлено збільшення вмісту Феруму на 10,5 % щодо контролю. Різниця між

групами мала прояв тенденції. Також показник був більшим порівнюючи із вмістом металу-біотику у м'язовій тканині раків із I-ї дослідної групи на 9,4 %. На статистично значущу величину, стосовно контролю, підвищився вміст Феруму у м'ясі раків, які споживали 20,0 біомаси черв'яків. Різниця між контролем, I- і II-ю дослідними групами становила, відповідно, 13,5; 12,3 та 2,7 %.

Також було встановлено, що чим більше до раціону раків вносили біомаси вермикультури тим більше Кобальту було виявлено у м'ясі раків. Отже, вміст мікроелементів у м'язовій тканині раків залежав від вмісту біомаси черв'яків у їх раціонах. Це може пояснюватись тим, що вермикультура має здатність акумулювати метали із поживного середовища. Оскільки черв'яки були вирощені на посліді бройлерів, який містив значну концентрацію Цинку, Феруму, Купруму та Кобальту, то це призвело до накопичення цих елементів у значних концентраціях.

Для здійснення оцінки біологічної цінності м'яса раків *Cherax quadricarinatus* використовували загальноприйнятий біооб'єкт інфузорію *Tetrachimena piriformis*, яка є чутливою до вмісту різних токсичних сполук, амінокислотного складу та вмісту біологічно активних речовин у поживному середовищі.

Встановлено, що інфузорії у середовищах, які містили гомогенат м'язів *Cherax quadricarinatus* дослідних груп (хвостів і клешень) на 24-ту годину вирощування не проявляли відмінностей щодо поведінки у порівнянні із культурою *Tetrachimena piriformis*, яку культивували у середовищі із вмістом м'язової тканини контрольних особин. Клітини *Tetrachimena piriformis* із контрольних середовищ характеризувались правильною округлою формою. Рух цих інфузорій був постійним прямолінійним. Неправильних форм інфузорій із манежно-коловими рухами впродовж дослідження не було зафіксовано. В полі зору не ідентифікували мертвих *Tetrachimena piriformis*.

Доведено, що використовуючи *Tetrachimena piriformis* у м'язовій тканині раків, яким згодовували раціони із вмістом від 10,0 до 20,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків, не утворюються і не акумулюються сполуки та речовини, які мають токсичний або летальний вплив на культуру *Tetrachimena*

piriformis. Дані співпадають із результатами досліджень авторів [17], які стверджують, що якщо культура *Tetrachimena piriformis* добре розвивається у гомогенаті м'язової тканини, то у ній відсутні негативні сполуки.

Виявлено, що за згодовування ракам раціонів із вмістом 15,0 та 20,0 % біомаси червоних каліфорнійських черв'яків біологічна цінність їх м'язової тканини підвищується на 7,6–9,7 % стосовно біологічної цінності м'яса раків, яким згодовували звичайний раціон.

Встановлено, чим більше у раціон *Cherax quadricarinatus* вводили біомаси каліфорнійських черв'яків, тим вміст золи у м'язовій тканині раків був меншим. Різниця між показником із II- та III-ї дослідних груп і контролем становила, відповідно, 1,54 та 2,5 %. Статистичної значущості у різниці не відмічали.

Доведено, що за використання оптимальної дози біомаси червоних каліфорнійських черв'яків у складі раціонів збільшується вміст сухої речовини у м'язовій тканині раків завдяки збільшенню концентрації загального білка та ліпідів.

За виробничої перевірки встановлено, що застосування раціонів із вмістом біомаси каліфорнійських черв'яків сприяло збільшенню маси тіла раків у порівнянні із контрольною групою на 3,8 %. Ряд авторів стверджують, що оптимальний вміст протеїну у раціоні стимулює підвищення маси тіла *Cherax quadricarinatus* [166], що є обґрунтуванням результатів наших досліджень.

За використання біомаси каліфорнійських черв'яків (15,0 % від маси раціону) збільшується прибуток у 3,4 рази стосовно контрольної групи. Встановлено збільшення рівня рентабельності вирощування *Cherax quadricarinatus* за введення до складу їх раціонів біомаси вермикультури на 14,5 %.

ВИСНОВКИ

Проведена комплексна науково-практична робота з удосконалення способу компостування посліду курчат-бройлерів із підстилкою (подрібнена солома злакових) за використання щодобової активної аерації, встановлено позитивний вплив такого посліду як поживного середовища на нарощування кількості і маси гібрида червоних каліфорнійських черв'яків, доведено ефективність використання біомаси вермикультури в складі раціонів раків *Cherax quadricarinatus*.

1. За аерації посліду курчат-бройлерів методом нагнітання повітря компресором по 15 хв щодоби пролонгується термофільний режим ферментування на 11 діб та скорочується час компостування біомаси на 40 діб стосовно контролю.

2. Застосування активної аерації приводить до збільшення у посліді курчат-бройлерів під час компостування показника КМАФАНМ та чисельності бактерій *Bacillus spp.*, відповідно, на 24,0 та 7,6 %, а також підвищення вмісту Фосфору, Кальцію і Нітрогену, відповідно, на 13,3; 7,8 і 10,1 % у ферментованій біомасі стосовно контролю.

3. За використання субстрату із ферментованого посліду курчат-бройлерів із підстилкою за активної аерації (по 15 хв щодоби) під час вирощування гібрида червоних каліфорнійських черв'яків їх кількість та маса збільшується, відповідно на 15,6 і 10,3 та 23,3 і 46,8 %, а також зростає кількість відкладених коконів на 9,4 %.

4. Вирощена біомаса гібрида червоних каліфорнійських черв'яків на субстраті із ферментованого посліду курчат-бройлерів із підстилкою за активної аерації мала вищий вміст загального білка, HS-груп, вищу активність аспаратамінотрансферази і аланінамінотрансферази, відповідно на 2,4; 3,1; 13,6 і 32,4 %. Встановлена закономірність – чим інтенсивніше проводили аерацію посліду птиці на якому вирощували вермикультуру, тим більше в ній акумулюється металів.

5. Додавання до складу раціонів *Cherax quadricarinatus* 15,0 % біомаси гібрида червоних каліфорнійських черв'яків сприяє підвищенню їх маси тіла, середньодобових приростів, збереженості поголів'я та конверсії корму, відповідно, на 8,2; 16,9; 6,0 та 14,9 %.

6. За згодовування ракам *Cherax quadricarinatus* у складі раціонів біомаси вермикультури підвищується вміст загального білка, білкових HS-груп, активність аспаратамінотрансферази і аланінамінотрансферази у їх печінці та вміст Цинку, Купруму, Феруму і Кобальту у м'язовій тканині, відповідно, на 15,3; 10,6; 12,3 і 28,8 % та 22,7; 7,5; 10,5 і 22,2 % щодо контролю.

7. За використання біооб'єкта інфузорій *Tetrachimena piriformis* встановлено, що у м'язовій тканині раків, яким згодовували раціони із вмістом від 10,0 до 20,0 % біомаси вермикультури, не утворюються і не накопичуються сполуки та речовини, які мають негативний токсичний вплив на культуру. Біологічна цінність м'язової тканини раків, яким згодовували 15,0 % біомаси черв'яків підвищується на 8,5–8,8 %.

8. За включення до складу раціонів раків біомаси вермикультури, отриманої на поживному середовищі із посліду бройлерів ферментованого за активної аерації, підвищується рентабельність вирощування *Cherax quadricarinatus* на 14,6 % щодо контролю.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для ефективного та швидкого компостування посліду курчат-бройлерів із підстилкою (подрібнена солома злакових) рекомендуємо останній ферментувати із застосуванням його активної аерації методом нагнітання повітря компресором через поліпропіленові труби із отворами, на яких складені органічні відходи у формі буртів, по 15 хвилин щодоби.

2. Для покращення нарощування кількості і маси вермикультури пропонуємо її вирощувати на субстраті із посліду курчат-бройлерів, ферментованого прискореним методом за активної аерації.

3. З метою підвищення маси тіла молодняку раків *Cherax quadricarinatus* рекомендуємо до їх раціонів включати 15,0 % біомаси вермикультури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біотехнологія. За редакцією В.Г. Герасименка. 2005. 557 с.
2. Вовкогон А.Г. Ефективність застосування збагаченої Йодом біомаси вермикультури у складі комбікормів для курчат-бройлерів / А.Г. Вовкогон, С.В. Мерзлов // Науково-виробничий журнал "Сучасне птахівництво". – 2014. – № 7 (140). – С. 8 – 10.
3. Гриневич Н.Є., Жарчинська В.С., Світельський М.М. та ін. Перспективний об'єкт аквакультури ракоподібних *Cherax quadricarinatus* (von martens, 1868): біологія, технологія (огляд) // Водні біоресурси та аквакультура. 2022. - С. 47-62.
4. ДСТУ 3143:2013 М'ясо птиці. Загальні технічні умови. Зі зміною № 1. від 11 червня 2013 р. № 622 з 2014-07-01.
5. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. від 23 жовтня 2014 р. № 1257.
6. ДСТУ 7965:2015 Корми для тварин, сировина для виготовлення повнораціонних сумішей, виділення тварин. Визначання вмісту кадмію, кобальту, молібдену, нікелю та хрому методом атомно-абсорбційної спектроскопії з електротермічною атомізацією. від 22 червня 2015 р. № 61 з 2017-01-01.
7. ДСТУ ISO 1442:2005 М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення вмісту вологи (контрольний метод) (ISO 1442:1997, IDT). З поправкою. від 2 грудня 2005 р. № 345 з 2007-04-01.
8. ДСТУ ISO 1443:2005 М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення загального вмісту жиру (ISO 1443:1973, IDT). від 2 грудня 2005 р. № 345 з 2007-04-01.
9. ДСТУ ISO 936:2008 М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення масової частки загальної золи (ISO 936:1998, IDT) від 11.06.2008 р. № 188 чинність установлена з 2008–09–01.
10. ДСТУ OIML R 133:2019 Термометри рідинні скляні (OIML R 133:2002, IDT) від 21 грудня 2019 р. № 466 з 2021-01-01.

11. Європейська конвенція про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей (Страсбург, 1986) // Збірка договорів Ради Європи. – К.: Парлам. Вид-во, 2000. – 57 с.

12. Закон України “Про захист тварин від жорстокого поводження” // Відомості Верховної Ради України. – 2006. – № 27. – С. 990.

13. Ковтун П. В., Мерзлов С. В. (2023) Температурні та мікробіологічні показники посліду птиці за різних режимів його ферментування. Наукові доповіді НУБіП України, № 5/105, DOI: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi5\(105\).2023.014](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi5(105).2023.014).

14. Ковтун П. В., Мерзлов С. В. (2024) Маса тіла *Cherax Quadricarinatus* та показники вмісту NS-груп у їх печінці за включення у раціони різних доз біомаси вермикультури. Наукові доповіді НУБіП України, № 1/107. DOI: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.1\(107\).2024.016](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.1(107).2024.016).

15. Комбікорми, премікси, БВМД і сировина для їх виробництва. Визначення вмісту калію, натрію, магнію, амонію і кальцію методом капілярного електрофорезу з використанням системи капілярного електрофорезу «Капель-105/105М». Методичні рекомендації. / І. Я. Коцюмбас, Т. Р. Левицький, Г. П. Ривак, Р. О. Ривак. / За ред. І. Я. Коцюмбас. – Львів. – 20 с.

16. Комбікорми, премікси, БВМД і сировина для їх виробництва. Визначення вмісту сульфатів і фосфатів методом капілярного електрофорезу з використанням системи капілярного електрофорезу «Капель-105/105М». Методичні рекомендації. / І. Я. Коцюмбас, Т. Р. Левицький, Г. П. Ривак, Р. О. Ривак. . / За ред. І. Я. Коцюмбас. – Львів. – 26 с.

17. Микитюк П.В. Методичні вказівки щодо використання інфузорій *Тетрахімена піріформіс* (мікрометод) для токсикоз-біологічної оцінки сільськогосподарських продуктів та води/ П.В. Микитюк, Н.В. Букалова, В.І. Джміль, О.А. Хіцька, О.М. Джміль, С.В. Слісаренко, М.В. Утеченко. – Біла Церква, 2004. – 20 с.

18. Осіпенко І. С., Мерзлов С. В. Мікробіологічний склад посліду птиці за його компостування із біодеструктором. Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту. Сучасний розвиток технологій тваринництва. Інноваційні підходи в

харчових технологіях: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. (Білоцерківський НАУ, 21 жовтня 2021 р.). Біла Церква, 2021. - С. 5-6.

19. Осіпенко І. С., Мерзлов С. В. Біохімічний та хімічний склад біомаси вермикультури, вирощеної на посліді птиці, ферментованого прискореним методом. Науково-технічний бюлетень ДНДКІ ветеринарних препаратів та кормових добавок Інституту біології тварин. Львів 2023. Випуск 24. № 1. С. 105-112.

20. Осіпенко І. С., Мерзлов С. В. Ведення у склад комбікормів для курчат-бройлерів біомаси вермикультури вирощеної на субстраті прискореної ферментації. Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки, Львів 2023 р., Т. 25, № 98. С. 34-39.

21. Осіпенко І. С., Мерзлов С. В. Температура, мікробіологічний та хімічний склад посліду курчат-бройлерів із підстилкою за його компостування із різними дозами біодеструктора. Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки, Львів 2023 р., № 25 (99). С. 94-101.

22. Осіпенко І.С., Мерзлов С.В., Поліщук А.А., Мерзлова Г.В., Показники м'яса курчат-бройлерів за згодовування їм комбікорму із вмістом біомаси вермикультури. *Scientific Progress and Innovations*. 2023. № 26 (2) С.79-83.

23. Погорілий Л.В., Ясенецька В.А. Обладнання для механізації процесів вермикультивування: Методи функціонування випробувань. – Дослідницьке, 1995. – 60 с.

24. Скіп О. С., Буцяк В. І. Вміст білка та амінокислотний склад біомаси *Eisenia foetida*, культивованих на субстратах із підвищеним вмістом важких металів на тлі дії цеоліту. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. Львів, 2013. Т.15. № 3(57). Ч.2. С. 283–289.

25. Ackefors H. Freshwater crayfish farming technology in the 1990s: a European and global perspective. *Fish and Fisheries*. 2000. Vol. 1(4). pp. 337–359. Doi: <https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2000.00023.x> .

26. Alavi N., Sarmadi K., Goudarzi G., Babaei A.A., Bakhshoodeh R., Paydary P. 2019. Attenuation of tetracyclines during chicken manure and bagasse co-composting:

Degradation, kinetics, and artificial neural network modeling. *J. environ. manage.* 231. 1203-1210.

27. Amir, S., et al., 2008, Microbial community dynamics during composting of sewage sludge and straw studied through phospholipid and neutral lipid analysis, *J.Hazard. Mater.* 159 (2-3), 593-601.

28. Andersen JK, Boldrin A, Christensen TH, Scheutz C (2011) Mass balances and life cycle inventory of home composting of organic waste. *Waste Manag* 31:1934–1942.

29. Aslam D. N., Horwath W., Vander Gheynst J. S. Comparison of several maturity indicators for estimating phytotoxicity in compost-amended soil. *Waste Management*. 2008. Vol. 28(11). P. 2070–2076. URL: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.08.026> (date of access: 11.10.2022).

30. Awasthi MK, Selvam A, Lai KM, Wong JWC (2017) Critical evaluation of post-consumption food waste composting employing thermophilic bacterial consortium. *Bioresour Technol* 245:665–672.

31. Awasthi MK, Wang Q, Chen H, Awasthi SK, Wang M, Ren X, Zhao J, Zhang Z (2018) Beneficial effect of mixture of additives amendment on enzymatic activities, organic matter degradation and humification during biosolids co-composting. *Bioresour Technol* 247:138–146.

32. Awasthi MK, Wang Q, Huang H, Li R, Shen F, Lahori AH, Wang P, Guo D, Guo Z, Jiang S, Zhang Z (2016a) Effect of biochar amendment on greenhouse gas emission and bio-availability of heavy metals during sewage sludge co-composting. *J Clean Prod* 135:829–835.

33. Azhar M.H., Suciyo S., Budi D.S. et al. Biofloc-based co-culture systems of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) with different carbon–nitrogen ratios. *Aquacult. Int.* 2020. Vol. 28. pp. 1293–1304 Doi: <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00526-> .

34. Bacterial community patterns and thermal analyses of composts of various origins / S. Klammer et al. *Waste Management & Research*. 2008. Vol. 26(2). P. 173-187.

35. Barthod J, Rumpel C, Paradelo R, Dignac M-F (2016) The effects of worms, clay and biochar on CO₂ emissions during production and soil application of co-composts. *Soil* 2:673–683.
36. Bernal M. P., Albuquerque J. A., Moral R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*. 2009. Vol. 100(22). P. 5444–5453. URL.
37. Bernstad A, Schott S, Wenzel H, la Cour JJ (2016) Identification of decisive factors for greenhouse gas emissions in comparative lifecycle assessments of food waste management—an analytical re-view. *J Clean Prod* 119:13–24.
38. Bezusiy O.L., Borbat M.O. To the problem of obtaining planting material of crayfish. *Fisheries science of Ukraine*. 2008. Vol. 2. pp. 72–74.
39. Blaha M., Patoka J., Kozak P. et al. Unrecognised diversity in New Guinean crayfish species (Decapoda, Parastacidae): The evidence from molecular data. *Integrative Zoology*. 2016. Vol. 11. pp. 457–468. Doi: <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12211> .
40. Blakemore R. J. An updated list of valid, invalid and synonymous names of Criodriloidea and Lumbricoidea (Annelida: Oligochaeta: Criodrilidae, Sparganophilidae, Ailoscolecidae, Hormogastridae, Lumbricidae, Lutodrilidae). *A Series of Searchable Texts on Earthworm Biodiversity, Ecology and Systematics from Various Regions of the World- Supplemental. CD publication under ICZN. – 2007: Art. 8.* (date of access: 12.10.2021).
41. Blazy, V., et al., 2014, Process condition influence on pig slaughter house compost quality under forced aeration, *Waste Biomass Valor*. 5, 451-468.
42. Bolan NS, Kunhikrishnan A, Choppala GK, Thangarajan R, Chung JW (2012) Stabilization of carbon in composts and biochars in relation to carbon sequestration and soil fertility. *Sci Tot Environ* 424:264–270.
43. Bouché MB (1977) Strategies lombriciennes. *Ecol Bull*:122–132.
44. Boulter, J.i., Boland G.J., and Trevor J.T., 2000, Compost: a study of the development process and end-product potential for suppression of turfgrass disease. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 16, 115-134.

45. Bremner JM. 1996, Nitrogen – total. In: Sparks DL, editor. Methods of soil analysis. Part 3 – Chemical methods. Madison, WI:SSSA Inc. 1085-121.
46. Brown K. D. Earthworm Recorder's Handbook. Earthworm Society of Britain, 2019. 41 p. (date of access: 16.10.2021).
47. Californian red worm biomass increase and its cobalt accumulation under different concentrations of the metal in nutrient medium / S.V. Merzlov et al. Ukrainian Journal of Ecology. 2017. Vol. 7(4). P. 525–528. URL: doi: 10.15421/2017_155 (date of access: 16.10.2021).
48. Calvo N.S., Stumpf L., Pietrokovsky S. et al. Early and late effects of feed restriction on survival, growth and hepatopancreas structure in juveniles of the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. Aquaculture. 2011. Vol. 319. pp. 355–362. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.06.033>.
49. Calvo N.S., Tropea C., Anger K. et al. Starvation resistance in juvenile freshwater crayfish. Aquatic biology. 2012. Vol. 16. pp. 287–297. Doi: <https://doi.org/10.3354/ab00451>.
50. Ceglie FG, Bustamante MA, Ben Amara M, Tittarelli F (2015) The challenge of peat substitution in organic seedling production: optimization of growing media formulation through mixture design and response surface analysis. PLoS One 10(6):e0128600.
51. Chan Paul L. S., Griffiths D.A. The vermicomposting of pre. – tree – fed pig manure // Biol. Wastes. – 1988. – Vol. 24. № 1, – P. 57–69.
52. Chan YC, Sinha RK, Wang WJ (2011) Emission of greenhouse gases from home aerobic composting, anaerobic digestion and vermicomposting of household wastes in Brisbane (Australia). Waste Manag Res 29:540–548.
53. Chang JI, Chen YJ (2010) Effects of bulking agents on food waste composting. Bioresour Technol 101:5917–5924.
54. Cholilie, I.A., Sari, T.R., and Nurhermawati, R., 2019, Production of compost and worm casting organic fertilizer from *Lumbricus rubellus* and its application on red spinach plant (*Altenanthera amoena* V.), Advan. Food Sci. Agric. Agroind. Eng. 2 (1), 30-38.

55. Comparison of physicochemical parameters during the forced-aeration composting of sewage sludge and maize straw at different initial C/N ratios / Z. Wang et al. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 2013. Vol. 63(10). P. 1130-1136.

56. Dammannagoda L.K., Pavasovic A., Hurwood D.A. and Mather P.B. Effects of soluble dietary cellulose on specific growth rate, survival and digestive enzyme activities in three freshwater crayfish (*Cherax*) species. *Aquaculture Research*. 2015. Vol. 46(3). pp. 626–636. Doi: <https://doi.org/10.1111/are.12209> .

57. Deportes, I., Benoit-Guyod J.L., and Zmirou D., 1995, Hazard to man the environment posed by the use of urban waste compost:a review. *The Science of the Total Environment* 172, 197-222.

58. Diacono M, Montemurro F (2010) Long-term effects of organic amend-ments on soil fertility. A review. *Agron Sustain Develop* 30:401-4022.

59. Diaz L. F., De Bertoldi M., Bidlingmaier W. *Compost science and technology*. 1st Ed., Elsevier. (Eds.). 2007. 380 p. URL: <https://www.sciencedirect.com/bookseries/waste-management-series/vol/8/suppl/C> (date of access: 6.07.2022).

60. Doan TT, Henry-des-Tureaux T, Rumpel C, Janeau JL, Jouquet P (2015) Impact of compost, vermicompost and biochar on soil fertility, maize yield and soil erosion in Northern Vietnam: a three year mesocosm experiment. *Sci Tot Environ* 514:147–154.

61. Domínguez J, Edwards CA (2010) Chapter 3. Biology and ecology of earthworm species used for vermicomposting. In: Edwards CA, Arancon NQ, Sherman R (eds) *Vermiculture technology: earth-worms, organic waste and environmental management*. pp. 25-37.

62. Dynes R. A. *Earthworms Technology information to enable the development of earthworm production*. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. Canberra, 2003. P. 1–39. (date of access: 15.07.2022).

63. Edwards C. A., Arancon N. Q., Sherman R. L. *Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2011. 623 p. URL: <https://doi.org/10.1201/b10453> (date of access: 02.08.2022).

64. Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost / R. Guo et al. *Bioresource Technology*. 2012. Vol. 112. P. 171–178.
65. Effects of different biochars, compost and lime treatments on the chemical properties of sandy soils / A. Holes et al. *Columella Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 2014. Vol. 2(2). P. 49-55.
66. Ellman G.L. Tissue sulfhydryl groups / G.L. Ellman // *Arch. Biochem. Biophys.* – 1959. – Vol. 82, № 1. – P. 70–77.
67. Francou C, Poitrenaud M, Houot S (2005) Stabilization of organic matter during composting: influence of process and feedstocks. *CompostSci Util* 13:72–83.
68. Frederickson J, Butt KR, Morris RM, Daniel C (1997) Combining vermiculture with traditional green waste composting systems. *SoilBiol Biochem* 29:725–730.
69. Fuchs J. G. Interactions between beneficial and harmful microorganisms: from the composting process to compost application. In *Microbes at work*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2010. P. 213–229. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-04043-6_11 (date of access: 6.08.2022).
70. Gabhane J, William SP, Bidyadhar R, Bhilawe P, Anand D, Vaidya AN, Wate SR (2012) Additives aided composting of green waste: effect on organic matter degradation, compost maturity, and quality of the finished compost. *Bioresour Technol* 114:382–38.
71. Gajalakshmi S, Abbasi SA (2002) Effect of the application of water hyacinth compost/vermicompost on the growth and flowering of *Crossandra undulata* folia, and on several vegetables. *Bioresour Technol* 85:197–199.
72. Garg P, Gupta A, Satya S (2006) Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: a comparative study. *Bioresour Technol* 97:391–395.
73. Ghanawi J., Saoud I.P. Molting, reproductive biology, and hatchery management of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868). *Aquaculture*. 2012. Vol. 358-359. pp. 183–195. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.06.019>.
74. Golub G.A., Zavadzka O.A., Kukharets V.V. Development of block diagrams of closed water supply installation for aquaculture production. *Scientific horizons*. 2019. Vol. 5(78). pp. 105–111. Doi: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-78-5-105-111>.

75. Goyal S, Dhull SK, Kapoor KK (2005) Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity. *Bioresour Technol* 96:1584–1591.
76. Hashemimajd K, Kalbasi M, Golchin A, Shariatmadari H (2004) Comparison of vermicompost and composts as potting media for growth of tomatoes. *Journal Plant Nut* 27:1107–1123.
77. Hatti Shankerappa S. (2013). Chemical composition like protein, lipid and glycogen of local three species of earthworms of Gulbarga city, Karnataka- India. *International Journal of Advancements in Research & Technology*, 2(7), 73-97.
78. Haubrock, P.J. , Oficialdegui, F.J. , Zeng, Y. , Patoka, J. , Yeo, D.C.J. , & Kouba, A. (2021). The redclaw crayfish: A prominent aquaculture species with invasive potential in tropical and subtropical biodiversity hotspots. *Reviews in Aquaculture*, 13(3), 1488-1530. doi: [10.1111/raq.12531](https://doi.org/10.1111/raq.12531).
79. Hayawin ZN et al (2014) Study on the effect of adding zeolite and other bio-adsorbance in enhancing the quality of the palm based vermicompost. *App Mechan Mat* 472:926–934.
80. Himanen M, Hänninen K (2009) Effect of commercial mineral-based additives on composting and compost quality. *Waste Manag* 29:2265–2273.
81. Hobson AM, Frederickson J, Dise NB (2005) CH₄ and N₂O from mechanically turned windrow and vermicomposting systems following in-vessel pre-treatment. *Waste Manag* 25:345–352.
82. Hoornweg D., Bhada-Tata P. Environment: Waste production must peak this century. *Nature*. 2013. P. 502-615. URL: <https://www.nature.com/articles/502615a> (date of access: 12.08.2022).
83. Hou, S. , Li, J. , Zhang, Y. , Huang, J. , Wu, X. , & Cheng, Y. (2021). Effects of fish meal replacement with protein mixtures on growth, gonad development and amino acid composition of pre-adult red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Decapoda, Cambaridae). *Crustaceana*, 94(10), 1161-1186. doi: [10.1163/15685403-bja10150](https://doi.org/10.1163/15685403-bja10150).

84. Hrynevych N.E., Khomyak O.A., Prysyazhnyuk N.M. et al. Analysis of the hydraulic component of industrial aqua farms with closed water supply. *Aquatic bioresources and aquaculture*. 2019. Vol. 2. pp. 59–76. Doi: <https://doi.org/10.32851/wba.2019.2.5> .
85. Huang GF, Wong JWC, Wu QT, Nagar BB (2004) Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust. *Waste Manag* 24:805–813.
86. Influence of zeolite and lime as additives on greenhouse gas emissions and maturity evolution during sewage sludge composting / M. K. Awasthi et al. *Bioresource Technology*. 2016. Vol. 216. P. 172-181.
87. Ismayana, A., et al., 2012, Faktor rasio C/N awal dan laju aerasi pada proses co-composting bagasse dan blotong (Factor of initial C/N ratio and aeration rate in co-composting process of bagasse and filter cake), *J. Teknologi Industri Pertanian* 22(3), 173-179.
88. Jurado MM, Suarez-Estrella F, Lopez MJ, Vargas-Garcia MC, Lopez-Gonzalez JA, Moreno J (2015) Enhanced turnover of organic matter fractions by microbial stimulation during lignocellulosic waste composting. *Bioresour Technol* 186:15–24.
89. Karak, T., et al., 2014, Composting of cow dung and crop residues using termite mound as bulking agent, *Bioresour. technol.* 169, 731-741 .
90. Kaushik P, Garg VK (2003) Vermicomposting of mixed solid textile mill sludge and cow dung with the epigeic earthworm *Eisenia foetida*. *Bioresour Technol* 90:311–316.
91. Khan, N., et al., 2014, Maturity indices composting of chicken manure and sawdust with biochar, *Bioresour. Technol.* 168, 245-251.
92. Komakech AJ, Sundberg C, Jönsson H, Vinnerås B (2015) Life cycle assessment of biodegradable waste treatment systems for sub-Saharan African cities. *Resour Conserv Recycl* 99:100–110.
93. Kovtun, P. V., & Merzlov, S. V. (2023). Indicators of the microbiological composition of broiler chicken droppings with litter during different storage times. *Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology*, 24(1), 48-55. <https://doi.org/10.36359/scivp.2023-24-1.07>.

94. Kovtun, P., & Merzlov, S. (2023). Application of the fermented broiler chickens manure under different aeration regimes during vermiculture cultivation. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, 25(99), 108-113. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9918>.
95. Kumar M., Ou Y. L., Lin, J. G. Co-composting of green waste and food waste at low C/N ratio. *Waste Management*. 2010. Vol. 30(4). P. 602–609. URL: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.11.023>. (date of access: 09.04.2022).
96. Kurien J, Ramasamy EV (2006) Vermicomposting of taro (*Colocasia esculenta*) with two epigeic earthworm species. *Bioresour Technol* 97:1324–1328.
97. Lashermes G, Nicolardot B, Parnaudeau V, Thuriès L, Chaussod R, Guillotin ML, Linères M, Mary B, Metzger L, Morvan T, Tricaud A, Villette C, Houot S (2009) Indicator of potential residual carbon in soils after exogenous organic matter application. *Eur J Soil Sci* 60:297–310.
98. Lee K. E. *Earthworms: their ecology and relationships with soil and Land use*. London: Academy Press, 1985. 411 p.
99. Lee K. E. The earthworm fauna of New Zealand. Wellington: N.Z. Dept. Scient. Ind. Res., 1959. Vol. 130. P. 1-486.
100. Li R, Wang JJ, Zhang Z, Shen F, Zhang G, Qin R, Li X, Xiao R (2012) Nutrient transformations during composting of pig manure with bentonite. *Bioresour Technol* 121:362–368.
101. Lim SL, Lee LH, Wu TY (2016) Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. *Journal Cleaner Production* 111:262–278.
102. Lowry O.H. Protein measurement with the Folin phenol reagent / O.H. Lowry, N. I. Rosenbrough, A.L. Farr // *J. Biol. Chem.* – 1951. – Vol. 193. – P. 265–315.
103. Malińska K, Zabochnicka-Świątek M, Cáceres R, Marfà O (2016) The effect of precomposted sewage sludge mixture amended with bio-char on the growth and reproduction of *Eisenia fetida* during laboratory vermicomposting. *Ecol Eng* 90:35–41.

104. Malińska K, Golanska M, Caceres R, Rorat A, Weisser P, Ślęzak E (2017) Biochar amendment for integrated composting and vermicomposting of sewage sludge—the effect of biochar on the activity of *Eisenia fetida* and the obtained vermicompost. *Bioresour Technol* 225:206–214.

105. Marshall RE, Farahbakhsh K (2013) Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. *Waste Manag* 33:988–1003. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.12.023>.

106. Masser M.P. and Rouse B.D. Australian Red Claw Crayfish. 1997. SRAC Publication № 244. The Alabama Cooperative Extension Service, USA.

107. McCrory DF, Hobbs PJ (2001) Additives to reduce ammonia and odour emissions from livestock wastes. *J Environ Qual* 30:345–355.

108. Melnichenko S.G., Babushkina R.O., Markelyuk A.V. Analysis of the current state of aquatic bioresources of Ukraine. *Aquatic bioresources and aquaculture*. 2020. Vol. 2. pp. 42–47. Doi: <https://doi.org/10.32851/wba.2020.2.4>.

109. Meng L, Li W., Zangs S., Wu C., Lv L. 2017. Feasibility of co-composting of sewage sludge, spent mushroom substrate and wheat straw *Bioresour. Technol.* 226. 39-45.

110. Merzlov S, Osipenko I., Merzlova H. Cultivation of worms on a substrate containing poultry droppings fermented with addition of biodestructors. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва = Animal Husbandry Products Production and Processing: збірник наукових праць*. Біла Церква: БНАУ, 2022. № 2(175). С. 51–57.

111. Mezhzherin S.V., Kostyuk V.S., Garbar A.V., Zhalai E.I., Kutishchev P.S. The thick-clawed crayfish, *Astacus pachypus* (Crustacea, Decapoda, Astacidae), in Ukraine: karyotype, allozymes and morphological parameters. *Bulletin of Zoology*. 2015. Vol. 49(1). pp. 41–48. Doi: <https://doi.org/10.1515/vzoo-2015-0004>.

112. Mezhzherin S.V., Kostyuk V.S., Zhalai E.I. Peculiarities of the genetic structure of populations and morphological variability of populations of crayfish *Astacus Fabricius*, 1775 in the south-east of Ukraine. *Scientific Bulletin of Uzhgorod University*. 2012. Vol. 33. pp. 33–136.

113. Mitchell B.D. and Collins R. Development of field-scale intensive culture techniques for the commercial production of the yabbie (*Cherax destructor/ albidus*). Centre for Aquatic Science, Warrnambool Institute of Advanced Education, Warrnambool. 1989. Victoria.

114. Mondini C., Fornasier F., Sinicco T. Enzymatic activity as a parameter for the characterization of the composting process. *Soil Biology and Biochemistry*. 2004. Vol. 36(10). P. 1587–1594.

115. Morales AB, Bustamante MA, Marhuenda-Egea FC, Moral R, Ros M, Pascual JA (2016) Agri-food sludge management using different co-composting strategies: study of the added value of the composts obtained. *J Clean Prod* 121:186–197.

116. Nakasaki, K., et al., 2011, Production of well-matured compost from night-soil sludge by an extremely short period of thermophilic composting, *Waste Manage* 31, 495-501.

117. Nanda, P.K. , Das, A.K. , Dandapat, P. , Dhar, P. , Bandyopadhyay, S., Dib, A.L. , Lorenzo, J.M. , & Gagaoua, M. (2021). Nutritional aspects, flavour profile and health benefits of crab meat based novel food products and valorisation of processing waste to wealth: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 112, 252-267. doi: 10.1016/j. tifs.2021.03.059.

118. Ngo P-T, Rumpel C, Dignac M-F, Billou D, Tran Duc T, Jouquet P (2011). Transformation of buffalo manure by composting or vermicomposting to rehabilitate degraded tropical soils. *EcolEngineer* 37:269–276.

119. Nguyen Huu Yen Nhi. Utilization of earthworms (*Perionyx excavatus*) as a protein source for growing fingerling marble goby (*Oxyeleotris marmoratus*) and tra catfish (*Pangasius hypophthalmus*). Uppsala. 2010. P. 4–22. URL: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-6-323>. (date of access: 15.07.2022).

120. Nigussie A, Bruun S, de Neergaard A, Kuyper TW (2017) Earthworms change the quantity and composition of dissolved organic carbon and reduce greenhouse gas emissions during composting. *WasteManag* 62:43–51.

121. Onwosi CO, Igbokwe VC, Odimba JN, Eke IE, Nwankwoala MO, IrohIN, Ezeogu LI (2017) Composting technology in waste stabilization: on the methods, challenges and future prospects. *J Environ Manag* 190:140–157.
122. Panchishny M.O., Borodin Y.M., Rokytyansky A.B. Productive indicators and resistance of crayfish (*Astacus leptodactylus* esch.) In the conditions of artificial cultivation. *Problems of zooengineering and veterinary medicine*. 2016. Vol. 32(1). pp. 265–268.
123. Peltre C, Christensen BT, Dragon S, Icard C, Kätterer T, Houot S (2012) RothC simulation of carbon accumulation in soil after repeated application of widely different organic amendments. *Soil Biol Biochem* 52:49–60.
124. Poplavskaya O.S., Gerasimchuk V.V. Opportunities for import substitution of aquaculture products in Ukraine. *Fisheries science of Ukraine*. 2020. Vol. 4(54). pp. 22–37. Doi: <https://doi.org/10.15407/fsu2020.04.022> .
125. Raut, M.P., et al., 2008, Microbial dynamics and enzyme activities during rapid composting of municipal solid waste – a compost maturity analysis perspective, *Bioresource Technology* 99 (14), 6512-6519.
126. Reinecke AJ, Viljoen SA, Saayman RJ (1992) The suitability of *Eudriluseugenia*, *Perionyx excavatus* and *Eisenia fetida* (Oligochaeta) for vermicomposting in Southern Africa in terms of their temperature requirements. *Soil Biol Biochem* 24:1295–1307.
127. Reitman S., A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxalacetic and glutamic pyruvic transaminases / Reitman S., Frankel S. // *Amer. J. Clin. Pthol.* – 1957. – Vol. 28. – P. 56.
128. Rigg D.M., Seymour J.E., Courtney R.L. et al. A review of juvenile Redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) aquaculture: global production practices and innovation. *Freshwater Crayfish*. 2020. Vol. 25(1). pp. 13–30. Doi: <https://doi.org/10.5869/fc.2020.v25-1.013> .
129. Rota E., Erseus C. First record of *Dendrobaena attemsi* (Michaelsen) (Oligochaeta, Lumbricidae) in Scandinavia, with a critical review of its morphological variations, taxonomic relationships and geographical range. *Annales Zoologica Fennica*. 1997. Vol. 34. P. 89–104.

130. Sabine J.R. Earthworms as a source of food and drugs. *Earthworm Ecology*. 1983. P. 285–286. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-009-5965-1_24. (date of access: 10.07.2022).

131. Said-Pullicino D., Erriquens F. G., Gigliotti G. Changes in the chemical characteristics of water-extractable organic matter during composting and their influence on compost stability and maturity. *Bioresource Technology*. 2007. Vol. 98(9). P. 1822-1831. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.06.018> (date of access: 14.08.2022).

132. Sánchez Ó. J., Ospina D. A., Montoya S. Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. *Waste Management*. 2017. Vol. 69. P. 136-153. URL: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.012>. (date of access: 12.08.2022).

133. Sánchez-García M, Albuquerque JA, Sánchez-Monedero MA, Roig A, Cayuela ML (2015) Biochar accelerates organic matter degradation and enhances N mineralisation during composting of poultry manure without a relevant impact on gas emissions. *Bioresour Technol* 192:272–279.

134. Saoud I.P., Ghanawi J, Thompson K.R, Webster C.D. A review of the culture and diseases of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868). *Journal of the World Aquaculture Society*. 2013. Vol. 44. pp. 1–29. Doi: <https://doi.org/10.1111/jwas.12011> .

135. Shehata, A.I. , Alhoshy, M. , Wang, T. , Mohsin, M. , Wang, J. , Wang, X. , Han, T. , Wang, Y. , & Zhang, Z. (2022). Dietary supplementations modulate the physiological parameters, fatty acids profile and the growth of red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 107(1), 308-328. doi: 10.1111/jpn.13704.

136. Shen, X. et al., 2015, Compositional characteristics and energy potential of Chinese animal manure by type and as a whole, *Appl. Energy* 160, 108-119.

137. Singh S., Nain L. Microorganisms in the conversion of agricultural wastes to compost. In *Proceedings of the Indian Natn Sci Acad*. 2014. Vol. 80 (2). P. 473-481. (date of access: 15.08.2022).

138. Soobhany N, Mohee R, Garg VK (2017) Inactivation of bacterial patho-genic load in compost against vermicompost of organic solid waste aiming to achieve sanitation goals: a review. *Waste Manag* 64:51–62.
139. Steiner C, Das KC, Melear N, Lakly D (2010) Reducing nitrogen loss during poultry litter composting using biochar. *J Environ Qual* 39:1236–1242.
140. Storm, P.F., 1985, Effect of temperature on bacterial species diversity in thermophilic waste composting, *Applied and Environmental Microbiology* 50, 899-905.
141. Stumpf L., Calvo N.S., Diaz F.C. et al. Effect of intermittent feeding on growth in early juveniles of the crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture*. 2011. Vol. 319. pp. 98–104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.06.029>.
142. Suhartini, S., et al., 2020, Composting of chicken manure for biofertiliser production: a case study in Kidal Village, Malang regency, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 524, 1-8.
143. Sulzberger R. *Kompost und wurmhumus*. – München, 1998. – 127 s.
144. Suthar S (2009) Vermicomposting of vegetable-market solid waste using *Eisenia fetida*: impact of bulking material on earthworm growth and decomposition rate. *Ecol Engin* 35:914–920.
145. Suthar S, Singh S (2008) Vermicomposting of domestic waste by using two epigeic earthworms (*Perionyx excavatus* and *Perionyx sansibaricus*). *Int J Environ Sci Technol* 5:99–106.
146. Thompson K.R., Muzinic L.A., Engler L.S., Morton S-R, Webster C.D. Effects of feeding practical diets containing various protein levels on growth, survival, body composition, and processing traits of Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and on pond water quality. *Aquaculture Research*. 2004. Vol. 35(7). pp. 659–668. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01063.x>.
147. Vandecasteele B., Reubens B., Willekens K. 2014 Composting for increasing the fertilizer value of chicken manure: effects of feedstock on P availability *Waste Biomass Valor.* 5 3. 491-503.

148. Vecchioni, L. , Marrone, F. , Chirco, P. , Arizza, V. , Tricarico, E. , & Arculeo, M. (2022). An update of the known distribution and status of *Cherax spp.* in Italy (*Crustacea, Parastacidae*). *BioInvasions Records*, 11(4), 1045-1055.
149. Vermiculture as a tool for domestic wastewater management/ O. Bajsa et al. *Water Science & Technology*. 2003. Vol. (48), № (11/12). P. 125–132. URL: <https://www.researchgate.net/publication/8893405> (date of access: 10.08.2022).
150. Villasenor J, Rodriguez L, Fernandez FJ (2011) Composting domestic sewage sludge with natural zeolites in a rotary drum reactor. *Bioresour Technol* 102:1447–1454.
151. Volpe M.G., Santagata G., Coccia E., Di Stasio M., Malinconico M. and Paolucci M. Pectin-based pellets for crayfish aquaculture: structural and functional characteristics and effects on Redclaw *Cherax quadricarinatus* performances. *Aquaculture Nutrition*. 2015. Vol. 21(6). pp. 814–823. Doi: <https://doi.org/10.1111/anu.12204> .
152. Vorstern A. Influence of worm density on the growth of *Eudrilus eugeniae* // *Tropicultura*. – 1997. – Vol. 15, № 2. – P. 89–90.
153. Wakase S, Sasaki H, Itoh K, Otawa K, Kitazume O, Nonaka J, Satoh M, Sasaki T, Nakai Y (2008) Investigation of the microbial community in a microbiological additive used in a manure composting process. *Bioresour Technol* 99:2687–2693.
154. Wang J, Hu Z, Xu X, Jiang X, Zheng B, Liu X, Pan X, Kardol P (2014). Emissions of ammonia and greenhouse gases during combined pre-composting and vermicomposting of duck manure. *Waste Manag* 34:1546–1552.
155. Wang Q, Awasthi MK, Zhao J, Ren X, Li R, Wang Z, Wang M, Zhang Z (2017) Improvement of pig manure compost lignocellulose degradation, organic matter humification and compost quality with medicinal stone. *Bioresour Technol* 243:771–777.
156. Wang Q, Li R, Cai H, Awasthi MK, Zhang Z, Wang JJ, Ali A, Amanullah M (2016) Improving pig manure composting efficiency employing Ca-bentonite. *Ecol Eng* 87:157–161.
157. Wichuk K. M., McCartney D. Compost stability and maturity evaluation - a literature review. *Canadian Journal of Civil Engineering*. 2010. Vol. 37(11). P. 1505-1523. URL: <https://doi.org/10.1139/L10-101> (date of access: 12.08.2022).

158. Wilcke D. E. Über die vertikale Verteilung der Lumbriciden im Boden. Zeitsch. f. Morph. u. Ökol. d. Tiere. 1953. Vol. 41. P. 372–385.

159. Wolf, A., Watson, M., and Wolf, N. 2003, Digestion and Dissolution Methods for P, K, Ca, Mg and Trace Elements. In: Peters, J., Ed., Recommended Methods of Manure Analysis, University of Wisconsin-Extension, Madison, 30-38.

160. Wollum A.G. (1982). Cultural methods for soil microorganisms. In: Methods of Soil Analysis. Chemical and Microbiological properties, 2nd edn. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Publisher Madison, Wisconsin, USA, p. 781-813.

161. Wong JWC, Li SWY, Wong MH (1995) Coal fly ash as a composting material for sewage sludge: effects on microbial activities. *Environ Technol* 16:527–537.

162. Zakharchenko I.L., Maksymenko M.L. Structural indicators of the industrial herd of crayfish of the Kakhovka reservoir. *Aquatic Bioresources and Aquaculture*. 2017. Vol. 1. pp. 35–43.

163. Zang B, Li S, Michel FC, Li G, Zhang D, LiY (2017) Control of dimethylsulfide and dimethyl disulfide odors during pig manure composting using nitrogen amendment. *Bioresour Technol* 224:419–427.

164. Zhahg, H. et al., 2016, Influence of aeration on volatile sulfur compounds (VSCs) and NH₃ emissions during aerobic composting of kitchen waste, *Waste Manage* 58, 369-375.

165. Zharchynska V.S. Udoskonalennia tekhnolohii pidroshchennia rakopodibnykh na prykladi chervono-kleshnevoho raka *Cherax quadricarinatus* / V.S. Zharchynska, N.Ie. Hrynevych // Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S.Z. Gzhytskoho. Seriia: Silskohospodarski nauky. – 2022. – t. 24, № 96. – S. 16-23. doi: 10.32718/nvlveta9603

166. Zharchynska, V., & Hrynevych, N. (2023). Aquaculture indicators of young *Cherax Quadricarinatus* under various feeding plans. *Scientific Horizons*, 26(9), 61-69. doi: 10.48077/scihor9.2023.61.

167. Zong L., et al., 2015, Dairy manure protein analysis using UV-vis based on the Bradford method, *Anal. Methods* 7, 2645-2652.

ДОДАТОК А1

РЕЦЕПТ КОМБІКОРМА - КОНЦЕНТРАТА № БМ-1Аз-26753-2-23

Для раків

Вид комбікорму:

| Склад | В рецепті |
|---|----------------|
| ПШЕНИЦЯ | 21,00 % |
| ШРОТ Соняшниковий СП 34%, СК 19% | 18,00 % |
| ШРОТ Соевий 43 | 18,00 % |
| БОРОШНО МЯСОКІСТКОВЕ СП 50%Sonac | 15,00 % |
| КРОХМАЛЬ | 13,00 % |
| БОРОШНО РИБЯЧЕ СП 65%МК | 6,00 % |
| ОЛІЯ СОНЯШНИКОВА | 3,50 % |
| Кров'яні клітини | 3,00 % |
| Вапнякове борошно | 2,00 % |
| ПФ-1 Премікс | 0,50 % |

| Показники якості | | | Додатково введено БАВ у 1кг. комбікорми, не менше | | |
|-------------------------------|-----------|--------------|---|-----------|---------------|
| Найменування | Од. змін. | Розрахунок | Найменування | Од. змін. | Розрахунок |
| ЛПУ (КРОХМАЛЬ + ЦУКОР) | % | 26,46 | Бетаїн | мг | 250,00 |
| ОБМІННА ЕНЕРГІЯ | МДж/Кг | 18,44 | ВІТАМІН А | тыс.МЕ | 8,50 |
| СИРИЙ ПРОТЕЇН (СП) | % | 30,44 | ВІТАМІН D | тыс.МЕ | 1,75 |
| СИРИЙ ЖИР | % | 7,20 | ВІТАМІН Е | мг | 10,00 |
| СИРА КЛІТКОВИНА | % | 5,30 | ВІТАМІН К3 | мг | 2,50 |
| БЕР | % | 39,26 | ВІТАМІН В1 | мг | 7,50 |
| ЛЗИН | % | 1,71 | ВІТАМІН В2 | мг | 15,00 |
| МЕТІОНІН | % | 0,52 | ВІТАМІН В3 (ПАНТО-ТЕНОВА К-ТА) | мг | 25,00 |
| Ca | % | 2,62 | ВІТАМІН В4 | мг | 250,00 |
| P | % | 1,30 | ВІТАМІН В5 (НІКОТИНОВА К-ТА) | мг | 100,00 |
| Na | % | 0,21 | ВІТАМІН В6 | мг | 8,50 |
| NaCl | % | 0,83 | ВІТАМІН В12 | мг | 0,04 |
| | | | ВІТАМІН Вc (ФОЛІЕВА) | мг | 2,50 |
| | | | ВІТАМІН С | мг | 250,00 |
| | | | ВІТАМІН Н (БІОТИН) | мг | 0,75 |
| | | | Fe | мг | 10,00 |
| | | | Cu | мг | 1,25 |
| | | | Zn | мг | 9,00 |
| | | | Mn | мг | 12,50 |
| | | | Co | мг | 0,25 |
| | | | J | мг | 0,50 |
| | | | Se | мг | 0,05 |

ДОДАТОК А2



ПОСВІДЧЕННЯ ПРО ЯКІСТЬ № 12/03/24

від «12» березня 2024 р.

Биданий на продукцію: **КОРМ ДЛЯ КРЕВЕТКИ**

Виробник: ФОП Карташов О.М., код за реєстраційним номером 2732700615

Склад корму: ферментоване кров'яне борошно, ферментоване рибне борошно, пшеничне борошно, борошно личинки мухи, риб'ячий жир, макуха сої, макуха льону, хітин, каротин, білково-вітамінна добавка для креветки, пробіотик, антиоксидант.

Відсутні антибіотики, гормональні та стероїдні стимулятори

Розмір гранул: 2-3 мм

Фасування: мішки по 20 кг

| Найменування | Од. виміру | Вміст |
|--|------------|----------|
| Обмінна енергія | ккал/кг | 3574,426 |
| Вологість | г/кг | 96,285 |
| Сирий протеїн | % | 41,72 |
| Сирий жир | % | 14,56 |
| Сира клітковина | % | 3,57 |
| БЕВ | % | |
| Крохмаль | % | 14,81 |
| Лізін | % | 2,73 |
| Метіонін | % | 1,08 |
| Метіонін+цистин | % | 1,54 |
| Треонін | % | 1,58 |
| Триптофан | % | 0,45 |
| Аргінін | % | 2,19 |
| Fe | Мг/кг | 108,950 |
| Cu | Мг/кг | 28,975 |
| Zn | Мг/кг | 110,400 |
| Mn | Мг/кг | 125,550 |
| Ca | % | 1,81 |
| P | % | 1,18 |
| Na | % | 0,51 |
| Хлор | % | 0,64 |
| Калій | % | 1,25 |
| Лінолева кислота | % | 5,81 |
| Вітамін А | ІО/г | 13,000 |
| Вітамін D ₃ | ІО/г | 4,250 |
| Вітамін Е | Мг/кг | 80,00 |
| Вітамін К | Мг/кг | 6,000 |
| Вітамін В ₁ | Мг/кг | 3,00 |
| Вітамін В ₂ | Мг/кг | 18,00 |
| Вітамін В ₃ (пантотенова кислота) | Мг/кг | 13,00 |
| Вітамін В ₆ | Мг/кг | 4,500 |
| Вітамін В ₅ (ніацин, ніотинова кислота) | Мг/кг | 60,000 |
| Вітамін В ₁₂ | Мкг/кг | 30,000 |
| Вітамін В ₉ (фолієва кислота) | Мг/кг | 1,500 |
| Вітамін В ₇ (біотин) | Мкг/кг | 15,000 |
| J | Мг/кг | 1,273 |
| Se | Мг/кг | 0,400 |
| Антиоксидант | + | + |
| Пробіотики | + | + |

Термін придатності продукту: 12 місяців з дати виробництва, за умов належного зберігання.

Фізична особа підприємець

Карташов О.М.

ДОДАТОК Б

ЗАТВЕРДЖУЮ
директор «ТОВ Українська
креветка Слєпньов»
О.І.Слєпньов
2023 р.



Акт

щодо проведення виробничих
випробувань з вивчення впливу
біомаси вермикультури на масу тіла
раків *Cherax quadricarinatus*

Ми, що нижче підписались головний технолог ТОВ «Українська креветка Слєпньов» Безверхий Р.М., професор кафедри харчових технологій та ТППТ Білоцерківського національного аграрного університету (БНАУ) Мерзлов С.В., аспірант кафедри харчових технологій та ТППТ БНАУ Ковтун П.В. склали цей акт про те, що у ТОВ «Українська креветка Слєпньов» було проведено виробниче випробування щодо використання біомаси вермикультури у складі раціонів раків *Cherax quadricarinatus*.

З цією метою за принципом груп-аналогів було сформовано дві групи раків (контрольна та дослідна) по 1100 особин у кожній. Для контрольної групи згодували стандартні раціони затверджені у господарстві. Для раків із дослідної групи використовували раціон із вмістом 15,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків.

Гідрохімічні умови, об'єм води, фільтрування води для раків були однаковими як для дослідної так і контрольної груп. Експеримент проводили продовж 85 діб.

Результати виробничої перевірки згодовування *Cherax quadricarinatus* раціонів із біомасою вермикультури наведені у таблиці.

Встановлено, що наприкінці досліду особини *Cherax quadricarinatus* із контрольної групи мали середню масу тіла на рівні 8,7 г. Згодовування ракам раціонів із вмістом 15,0 % біомаси каліфорнійських черв'яків супроводжувалось збільшенням їх маси тіла на 3,4 % стосовно цього показника у *Cherax quadricarinatus* із контрольної групи. Різниця між групами мала статистичну значущість.

Продовження додатку Б

Таблиця Деякі показники технології вирощування *Cherax quadricarinatus* за проведення виробничої перевірки, $M \pm m$, $n=1100$

| Показник | Група | |
|---|----------------|------------------|
| | контрольна | дослідна |
| Кількість раків (початок експерименту), особин | 1100 | 1100 |
| Кількість <i>Cherax quadricarinatus</i> наприкінці виробничої перевірки (160-та доба культивування), особин | 979 | 983 |
| Збереженість раків, % | 89,0 | 89,3 |
| Середня маса тіла однієї особини <i>Cherax quadricarinatus</i> , г | $8,7 \pm 0,11$ | $9,0 \pm 0,09^*$ |
| Отримання валової маси тіла раків, кг | 8,51 | 8,84 |

Висновки:

1. Застосування біомаси вермикультури у складі раціонів раків *Cherax quadricarinatus* (15,0 % від маси) сприяє підвищенню їх маси тіла на 3,4 %.
2. Застосування біомаси вермикультури супроводжується підвищенням відсотку збереження молодняку раків на 0,3 %.

Головний технолог ТОВ
«Українська креветка Слєпньов»



Р.М. Безверхий

Професор кафедри ХТТТШТ БНАУ



С.В. Мерзлов

Аспірант кафедри ХТТТШТ БНАУ



П.В. Ковтун

ДОДАТОК В

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. **Ковтун П. В.**, Мерзлов С. В. (2023) Температурні та мікробіологічні показники посліду птиці за різних режимів його ферментування. Наукові доповіді НУБіП України, № 5/105, DOI: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi5\(105\).2023.014](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi5(105).2023.014) (0,28 д.а.; дисертант узагальнив матеріали і брав участь у підготовці статті)

2. **Kovtun, P. V.**, & Merzlov, S. V. (2023). Indicators of the microbiological composition of broiler chicken droppings with litter during different storage times. *Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology*, 24(1), 48-55. <https://doi.org/10.36359/scivp.2023-24-1.07> (0,22 д.а.; дисертант узагальнив матеріали і брав участь у підготовці статті)

3. **Kovtun, P.**, & Merzlov, S. (2023). Application of the fermented broiler chickens manure under different aeration regimes during vermiculture cultivation. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, 25(99), 108-113. (0,16 д.а.; дисертант узагальнив матеріали і брав участь у підготовці статті)

4. **Ковтун П. В.**, Мерзлов С. В. (2024) Маса тіла *Cherax Quadricarinatus* та показники вмісту HS-груп у їх печінці за включення у раціони різних доз біомаси вермикультури. Наукові доповіді НУБіП України, № 1/107. DOI: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.1\(107\).2024.016](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.1(107).2024.016) (0,32 д.а.; дисертант узагальнив матеріали і брав участь у підготовці статті)

Матеріали науково-практичних конференцій:

5. **Ковтун П.В.**, Мерзлов С.В. Біологічна цінність м'язової тканини *Cherax quadricarinatus* за використання у їх раціоні біомаси вермикультури. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Білоцерківський НАУ. Сучасний розвиток технологій тваринництва. Інноваційні підходи у харчових технологіях. 26 жовтня 2023 р. м. Біла Церква. 15-17 с. (0,09 д.а.; дисертант узагальнив матеріали і брав участь у підготовці написання тез)

Рекомендації:

6. **Ковтун П.В.**, Мерзлов С.В. Методичні рекомендації щодо культивування гібрида червоних каліфорнійських черв'яків на субстраті із посліду бройлерів, який компостували за активної аерації та застосування її у складі раціонів раків *Cherax quadricarinatus*. Біла Церква. 2024. 10 с. (0,29 д.а.; дисертант узагальнив матеріали і брав участь у підготовці рекомендацій)