

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**РИВАК РОСТИСЛАВ ОРЕСТОВИЧ**

УДК 363.087.7:5.033

**БІОТЕХНОЛОГІЯ ЗБАГАЧЕННЯ БІОМАСИ ВОДОРОСТІ  
*LEMNA MINOR* ЙОДОМ ТА ВИКОРИСТАННЯ ЇЇ ЗА  
ВИРОЩУВАННЯ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ**

**03.00.20 — біотехнологія**

**Автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата сільськогосподарських наук

**Біла Церква — 2020**

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Білоцерківському національному аграрному університеті  
Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник** – доктор сільськогосподарських наук, професор  
**Мерзлов Сергій Віталійович**,  
Білоцерківський національний аграрний  
університет, декан біолого-технологічного  
факультету

**Офіційні опоненти:** доктор сільськогосподарських наук, професор  
**Постосенко Володимир Олексійович**, директор  
Інституту бджільництва імені П. І. Прокоповича

доктор ветеринарних наук, старший науковий  
співробітник **Кушнір Ігор Михайлович**,  
завідувач лабораторії бактеріологічного  
контролю якості і безпечності ветеринарних  
препаратів Державного науково-дослідного  
контрольного інституту ветеринарних препаратів  
та кормових добавок

Захист відбудеться «06» лютого 2020 р. о 12 годині на засіданні спеціалізованої  
вченої ради Д 27.891.01 в Білоцерківському національному аграрному  
університеті за адресою: 09100, Київська область, м. Біла Церква, площа  
Соборна 8/1, конференц-зала

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Білоцерківського національного  
аграрного університету за адресою: 09100, Київська область, м. Біла Церква,  
площа Соборна 8/1.

Автореферат розісланий « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Вчений секретар**  
спеціалізованої вченої ради

**М. М. Сломчинський**

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Балансування раціонів сільськогосподарських тварин і птиці за вмістом мікроелементів є необхідною умовою для повноцінного функціонування їх організму, активного росту і розвитку, відтворення та продуктивності. Одним з таких мікроелементів є Йод. Роль Йоду пов'язана з синтезом тиреоїдних гормонів, що здійснюють гуморальну регуляцію багатьох фізіологічних функцій, контролюють ріст і диференціювання тканин, впливають на швидкість всіх обмінних процесів в організмі, обмін вітамінів, води і багатьох електролітів (Zimmermann M. B., 2012).

У біогеохімічних зонах з дефіцитом Йоду в ґрунті, воді, кормах, за його нестачі, або в результаті несприятливих умов для його надходження в організм, спостерігається захворювання – ендемічний зоб (Тесарівська У. І., 2015).

Основою профілактики ендемічного зобу є компенсація йодного дефіциту. Для цього на практиці найчастіше застосовують неорганічні солі Йоду, зокрема калію йодид й інші, в складі кухонної солі, полісолей, брикетів, мінеральних сумішей і преміксів. У застосовуваних добавках внесений неорганічний Йод переважно нестабілізований, тому його сполуки руйнуються, вступаючи у взаємодію з іншими біологічно активними речовинами (БАР), або окиснюючись у молекулярний Йод. Приблизно 55–65 % Йоду втрачається вже протягом декількох місяців зберігання у складі преміксів. Крім того, використання йодидів, за виробництва преміксів, недоцільне з причини їх поганої збереженості та агресивності до вітамінів та інших БАР. Стійкішими є йодпротеїнові препарати (Smyth P. A., 2011).

Виходячи із вищевикладеного, постає питання пошуку альтернативних джерел збагачення комбікормів для птиці Йодом. Тому природні органічні добавки, в яких Йод знаходиться у зв'язаній формі, привертають особливу увагу виробників преміксів і комбікормів (Мерзлов С. В., 2013).

Ефективнішим є включення у премікси та комбікорми морських та прісноводних водоростей, які містять органічні сполуки Йоду. Крім того, біомаса водоростей має поживну цінність, містить повноцінний білок, БАР, які сприяють кращому засвоєнню Йоду в організмі (Яремко О. Є., 2010, Shazia Iram, 2015).

Прісноводна водорість *Letna minor* має хорошу здатність акумулювати з води мінеральні речовини. Не вивченим залишається питання біотехнології акумулювання Йоду у біомасі *Letna minor* та встановлення ефективності її використання у складі комбікормів для курчат-бройлерів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота є частиною наукової тематики № ДР 0114U001925 «Розроблення методів контролю якості, безпечності, ефективності кормів і кормових добавок та методів контролю залишків діючих речовин ветеринарних препаратів у продуктах тваринного походження» (2014–2016 рр.) та № ДР 0117U000948 «Розроблення та впровадження системи контролювання безпечності кормів і кормових добавок» (2017–2019 рр.), що виконувалися у Державному науково-дослідному контрольному інституті ветеринарних препаратів та кормових добавок.

**Мета і завдання дослідження.** Метою досліджень було розроблення

біотехнології збагачення біомаси водорості *Lemna minor* Йодом та встановлення ефективності її використання за вирощування курчат-бройлерів.

Для реалізації мети були визначені наступні завдання:

- вивчити показники якості біомаси прісноводної водорості *Lemna minor*, збагаченої Йодом (амінокислотний, макро- та мікроелементний склад);
- визначити оптимальну дозу внесення Йоду в середовище культивування, за яких клітини прісноводної водорості *Lemna minor* природно розмножуються;
- встановити оптимальні умови акумуляції Йоду з середовища культивування біомасою прісноводної водорості *Lemna minor*;
- вивчити стабільність Йоду в середовищі культивування в процесі збагачення біомаси Йодом та стабільність Йоду в сухій біомасі *Lemna minor* за зберігання її при різних температурних режимах;
- дослідити оптимальні технологічні параметри культивування біомаси прісноводної водорості *Lemna minor* з підвищеним вмістом Йоду у середовищі культивування (співвідношення вода:поживне середовище, освітлення, температура, аерація);
- провести токсикологічні дослідження кормової добавки з біомаси прісноводної водорості *Lemna minor*, збагаченої Йодом, на лабораторних тваринах (вивчити гостру токсичність, шкірно-подразнюючу дію, токсичність повторної дози);
- вивчити вплив згодовування різних доз кормової добавки з біомаси прісноводної водорості *Lemna minor*, збагаченої Йодом, на організм курчат-бройлерів та їх продуктивність;
- дослідити морфологічні та біохімічні показники крові і органів білих щурів та курчат-бройлерів, провести патолого-морфологічні дослідження;
- встановити економічну ефективність застосування кормової добавки з біомаси прісноводної водорості *Lemna minor*, збагаченої Йодом, у годівлі курчат-бройлерів.

*Об'єкт дослідження* – біотехнологія збагачення біомаси водорості *Lemna minor* Йодом та використання її у складі комбікормів для курчат-бройлерів.

*Предмет дослідження* – *Lemna minor*, біомаса прісноводної водорості *Lemna minor*, збагачена Йодом, середовище культивування, калій йодистий, білі миші, білі щури, білі кролі, курчата-бройлери, кров і органи лабораторних тварин та птиці.

*Методи досліджень*: біотехнологічні (підбір оптимальних технологічних параметрів вирощування біомаси прісноводної водорості *Lemna minor*, збагаченої Йодом), фізико-хімічні (вміст вологи, протеїну, золи, клітковини, жиру, обмінної енергії), спектрофотометричні (вміст Йоду), електрофоретичні (амінокислотний, макроелементний склад та вміст Йоду), атомно-абсорбційні (мікроелементний склад), токсикологічні (шкірно-подразнююча дія, гостра токсичність та токсичність повторної дози), біохімічні (біохімічні показники сироватки крові), зоотехнічні (продуктивність, конверсія корму), статистично-математичні (обрахунок вірогідності, похибки результатів).

**Наукова новизна одержаних результатів дослідження.** Уперше в Україні розроблено біотехнологію збагачення біомаси прісноводної водорості *Lemna minor* Йодом і біотехнологічну схему отримання кормової добавки водоростевої йодовмісної «ЛМЙОД». Встановлено оптимальні біотехнологічні параметри

культивування біомаси (температура, освітлення) і оптимальну дозу Йоду в середовищі культивування, за якої клітини водорості природно розмножуються і максимально кумулюють Йод. Вперше вивчено стабільність Йоду в середовищі культивування і в кормовій добавці у процесі зберігання за різних температурних режимів, встановлено оптимальні умови та термін зберігання. Вивчено показники поживності та вмісту біологічно активних речовин збагаченої біомаси, токсикологічні параметри кормової добавки на лабораторних тваринах. Уперше встановлено вплив згодовування кормової добавки на продуктивність курчат-бройлерів та біохімічні показники у їх організмі.

Наукова новизна одержаних результатів підтверджена патентом на корисну модель: «Спосіб визначення токсичності кормових добавок» № UA 123345 U.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблено біотехнологію збагачення *Lemna minor* Йодом, основними елементами якої є: 1. Вміст Йоду в культуральній рідині – 500 мг/дм<sup>3</sup>; 2. Температура середовища культивування – 25 ± 2 °C; 3. Час культивування – 30 діб; 4. Освітлення – 3000±30 лк. Запропоновано біотехнологічну схему отримання кормової добавки водоростевої йодовмісної «ЛМЙОД». Встановлено вимоги до показників якості та безпечності кормової добавки, а також методи досліджень цих показників і визначено вимоги до маркування, пакування, транспортування і зберігання та розроблено вказівки щодо застосування (ТУ У 10.9-41701380-059:2018 «Добавка кормова водоростева йодовмісна «ЛМЙОД»).

Включення до складу комбікормів 1,05 г/кг біомаси *Lemna minor*, збагаченої Йодом, сприяє підвищенню продуктивності курчат-бройлерів на 5,9 %.

У процесі досліджень розроблено 3 методичні рекомендації, призначені для спеціалістів лабораторій ветеринарної медицини, зооінженерів тваринницьких та птахівничих підприємств, студентів аграрних вузів та вузів ветеринарної медицини. На основі отриманих результатів токсикологічних досліджень запропоновано спосіб визначення токсичності кормових добавок (патент на корисну модель: «Спосіб визначення токсичності кормових добавок» № UA 123345 U).

**Особистий внесок здобувача.** Дисертант самостійно проводив пошук і аналіз літературних джерел за темою роботи, здійснював підбір методів та методик, проводив експериментальні і лабораторні дослідження, статистичну обробку отриманих результатів. Особистий внесок у наукові праці, що опубліковані у співавторстві, зазначено в списку друкованих праць. Програму наукових досліджень, інтерпретацію і узагальнення отриманих результатів, оформлення висновків і практичних рекомендацій проведено за допомоги наукового керівника.

**Апробація роботи.** Матеріали дисертаційної роботи доповідалися на засіданнях вченої ради біолого-технологічного факультету Білоцерківського національного аграрного університету (2015–2018 рр.), XIII Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених «Молоді вчені у вирішенні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини» (5–6 грудня 2014 р., м. Львів), VI Міжнародній науково-практичній конференції «Ветеринарні препарати: розробка, контроль якості та застосування», присвяченій 40-річчю ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок (30.09–02.10.2015 р., м. Львів), Науково-

практичній конференції молодих учених, аспірантів і докторантів «Новітні технології виробництва та переробки продукції тваринництва» (18 травня 2017 р., м. Біла Церква), Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию Республиканского унитарного предприятия «Института экспериментальной ветеринарии имени С.Н.Вышелесского» «Современные проблемы ветеринарной патологии и биотехнологии в агропромышленном комплексе» (16–17.10.2017 г., г. Минск), VII Міжнародній науково-практичній конференції «Ветеринарні препарати: розробка, контроль якості та застосування» (4–6 жовтня 2017 р., м. Львів), XVI Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих науковців і спеціалістів «Молоді вчені у вирішенні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини» (8–9 грудня 2017 р., м. Львів), Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми сучасної біології, тваринництва та ветеринарної медицини» (4–5 жовтня 2018 р., м. Львів), XVII Всеукраїнській науково-практичній конференції «Молоді вчені у вирішенні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини» (6–7 грудня 2018 р., м. Львів). Окремі аспекти досліджень було представлено у формі стендових доповідей та опубліковано в матеріалах конференцій.

**Публікації результатів досліджень.** Результати досліджень висвітлено у 19 наукових працях, з них 11 – у наукових фахових виданнях (в тому числі 4 – одноосібні), 2 – у інших наукових виданнях, 3 – методичних рекомендаціях, 1 – тезах, отримано патент на корисну модель та затверджено технічні умови України.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, огляду літератури, матеріалів і методів досліджень, результатів власних досліджень, аналізу й узагальнення одержаних результатів, висновків, списку використаних літературних джерел, який нараховує 266 найменувань, з них 116 латиницею. Робота має загальний обсяг 187 сторінок комп'ютерного тексту, містить 35 таблиць, 15 рисунків, 11 додатків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**Огляд літератури.** У трьох підрозділах огляду літератури проаналізовано літературні дані щодо впливу Йоду на організм птиці та проблем йододефіцитних захворювань. Показано ефективність використання для годівлі птиці біотехнологічних кормових добавок, зокрема на основі морських та прісноводних водоростей і мікроорганізмів.

**Матеріали і методи досліджень.** Дисертаційна робота виконана у Білоцерківському національному аграрному університеті. Експериментальні дослідження проведені в лабораторіях Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок. Ефективність згодовування добавки вивчено в ході науково-господарського досліду на курчатах-бройлерах кросу «Росс-308», який проведено відповідно до вимог зоотехнічного експерименту. Дослідження проводили на базі фермерського господарства «Варіо-курчата» с. Сопошин Жовківського району Львівської області.

Експериментальні дослідження проводили за схемою наведеною на рис. 1.

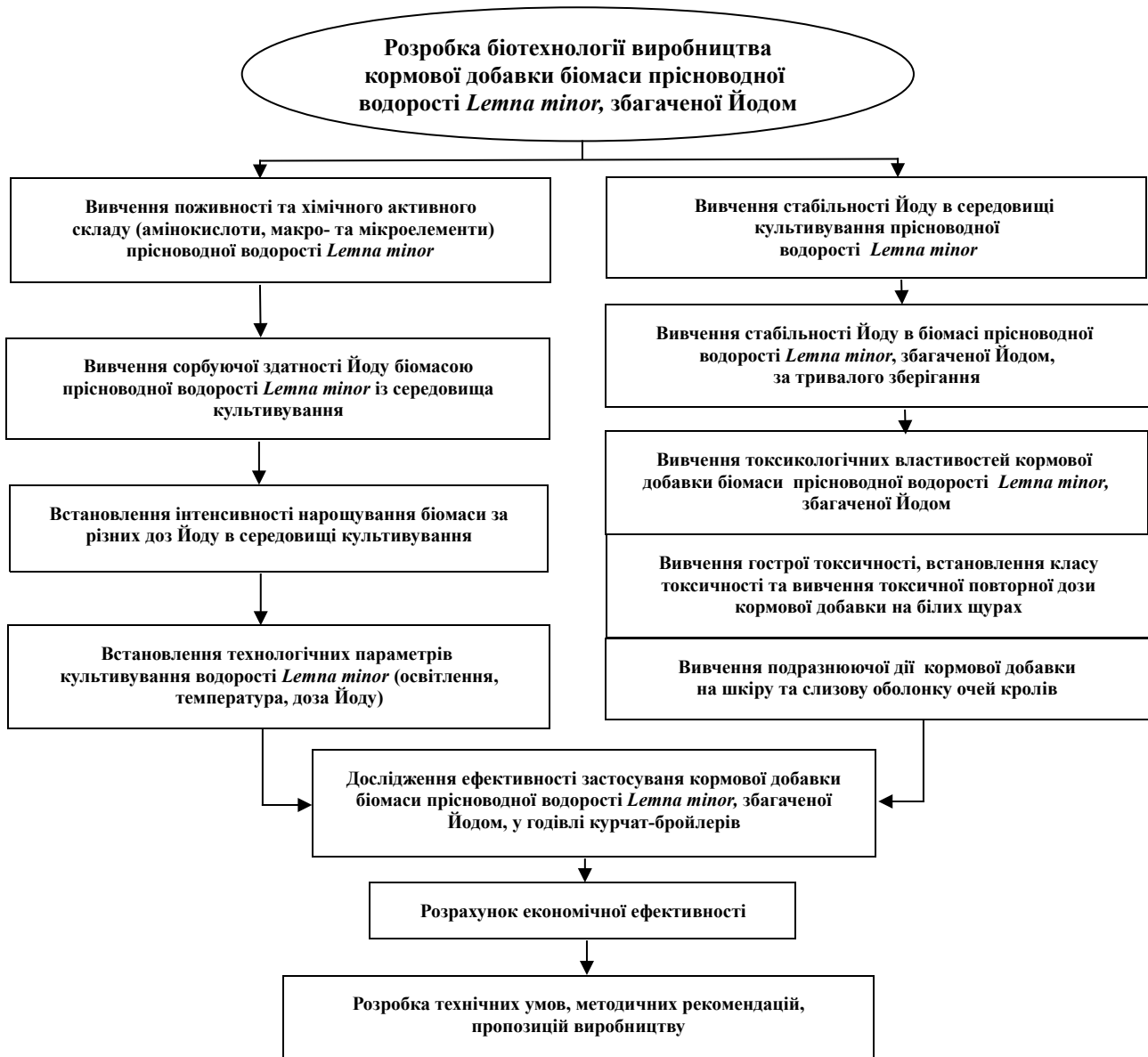


Рис. 1. Загальна схема досліджень

З метою вивчення поживності цінності біомаси *Lemna minor* проведено дослідження хімічного складу за наступними показниками: вміст вологи, сирової золи, сирового протеїну, сирового жиру, сирової клітковини за загальноприйнятими методиками.

Сорбуючу здатність біомаси *Lemna minor* досліджували в середовищах культивування з вмістом Йоду 40, 80, 120, 160, 200, 260, 320, 380, 500, 1000, 2000 мг/дм<sup>3</sup>.

Для проведення досліджень інтенсивності нарощування біомаси водорості було приготовлено середовища культивування з вмістом Йоду 40, 80, 100, 120, 160, 200, 260, 320, 380, 500, 1000, 2000, 4000, 7000, 10000, 15000, 20000, 30000, 45000 мг/дм<sup>3</sup>, в яких упродовж 30 діб вирощували біомасу *Lemna minor*.

Культивування водорості проводили в прямокутних скляних ємностях, розміром 20x50x60 см. Щоденно контролювали температуру води у середовищі культивування. В кожну з ємностей вносили різні концентрації Йоду у формі калію

йодистого з розрахунку на мікроелемент і додавали однакову масу прісноводної водорості *Lemna minor*. У кінці досліду визначено приріст біомаси за відповідних умов зовнішнього середовища (температура, освітлення).

Для вивчення стабільності Йоду в біомасі *Lemna minor* методом прискореного старіння, проведено дослід із збагачення ним біомаси та зберігання її в термостаті за різних температурних режимів. Для дослідження стабільності Йоду в середовищі культивування, за вирощування прісноводної водорості *Lemna minor*, було взято воду природню ставкову, в яку внесено різні концентрації Йоду, а саме 120, 500, 1000 та 2000 мг/дм<sup>3</sup>. У день приготування та через кожні 10 діб зберігання визначали вміст Йоду.

Для встановлення оптимальних параметрів культивування (температура і освітлення) використовували дослідні середовища з вмістом Йоду 500 мг/дм<sup>3</sup>. У I дослідному середовищі температуру підтримували у межах 20±2 °С, у II – 25±2 °С, у III – 30±2 °С. Інтенсивність освітлення забезпечували люмінесцентними лампами. Над I дослідним середовищем освітлення становило 1500±30 лк, над II – 3000±30 лк і III – 5000±30 лк відповідно.

Визначення шкірно-подразнюючої дії кормової добавки «ЛМЙОД» проводили на білих кролях згідно «Доклінічних досліджень ветеринарних лікарських засобів», 2006 р., гострої токсичності – на білих щурах методом: «Acute Oral Toxicity – Up-and-Down-Procedure (UDP)» OECD Test № 423. Дослідження токсичності повторної дози проводили за схемою максимально граничної дози методом «Repeated Dose 28-Day Oral Toxicity Study in Rodents» OECD Guidelines for the testing of chemicals Test № 407. У кінці токсикологічних досліджень проведено морфологічні та біохімічні дослідження сироватки крові і патолого-морфологічні дослідження внутрішніх органів лабораторних тварин, визначено їх масу.

При маніпуляціях з тваринами дотримувалися положення «Європейської Конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та наукових цілей» (Страсбург, 1986) та ухвали Першого національного конгресу з біоетики (Київ, 2001).

Науково-господарські досліді щодо перевірки ефективності використання кормової добавки водоростевої йодовмісної «ЛМЙОД» у складі раціонів було проведено на курчатах-бройлерах кросу «Росс-308». Поголів'я птиці було розділене на 4 групи: контрольну і 3 дослідні по 1000 гол. у кожній.

Контрольній групі курчат згодовували стандартні комбікорми, які містили 2 мг/кг Йоду у вигляді калію йодистого. Дослідні групи курчат отримували комбікорм з внесенням різних доз кормової добавки за такою схемою (табл. 1).

Таблиця 1

**Схема досліду з вивчення ефективності застосування добавки кормової «ЛМЙОД» у складі комбікормів для курчат-бройлерів, n=1000**

Групи	Використаний комбікорм	Доза внесення добавки, г/кг
Контрольна	Основний комбікорм	-
I дослідна	ОК + 50 % КІ + 50 % кормової добавки (КД)	0,52
II дослідна	ОК + 100 % Йоду за рахунок КД	1,05
III дослідна	ОК + 150 % Йоду за рахунок КД	1,58



Курчата першої дослідної групи отримували комбікорм з внесенням 0,52 г/кг кормової добавки, що становить 1 мг Йоду на 1 кг комбікорму, другої дослідної групи – 1,05 г/кг КД (2 мг Йоду на 1 кг комбікорму), третьої дослідної групи – 1,58 г/кг КД (3 мг Йоду на 1 кг комбікорму). Дослід тривав до 42 доби життя курчат-бройлерів.

Дослідження сироватки крові було проведено за показниками: активність аланінамінотрансферази (АлАТ), аспартатамінотрансферази (АсАТ), лужної фосфатази (ЛФ), лактатдегідрогенази (ЛДГ), вміст Кальцію, неорганічного Фосфору, загального холестеролу, триацилгліцеролів та ліпідів. Вищезгадані показники визначали за допомогою напівавтоматичного біохімічного аналізатора HumaLyzer 3000 з використанням стандартних наборів фірми Human. У сироватці крові визначали вміст загального білка за біуретовою реакцією, амінного нітрогену – за методом Г. А. Узбекова, креатиніну – за кольоровою реакцією Яффе, сечовини – за кольоровою реакцією з діацетилмонооксимом, вміст альбумінів та глобулінів визначали методом електрофорезу за допомогою приладу для мікрозонального електрофорезу Scan Power 300, фірми Hospitex Diagnostics.

Амінокислотний склад біомаси *Lemna minor*, крові та м'яса птиці, вміст Йоду в сироватці крові, печінці і м'язах визначали з використанням системи капілярного електрофорезу Капель-105М. Концентрацію тироксину (Т4) та трийодтироніну (Т3), визначали у сироватці крові курчат-бройлерів за допомогою аналізатора імуноферментного фотоелектричного «ВІО-ТЕК Instruments, Inc» (США), tT4 і tT3 Test System, виробництва фірми «Monobind Inc.» (США).

Отримані результати досліджень обробляли статистично з вирахуванням середніх арифметичних величин (М), середньої квадратичної помилки (m) і ступеня вірогідності різниці ( $p < 0,05$ ) між показниками. Статистичну обробку результатів досліджень проводили за методикою, описаною І. А. Ойвіним (1960), з використанням статистичного програмного пакету Statystic 5,0 для Windows XP. Цифрові величини виражали в одиницях СІ.

В кінці досліду було розраховано економічну оцінку ефективності застосування добавки за виходом кінцевого продукту (жива маса вирощених курчат).

## РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

**Вивчення поживної цінності біомаси *Lemna minor*.** Фізико-хімічними дослідженнями біомаси прісноводної водорості *Lemna minor* встановлено: вміст вологи в біомасі становив – 92,8 %, сухої речовини – 7,2 %, у перерахунку на абсолютно суху речовину вміст сирого протеїну становив 21,1 %, жиру – 1,1 %, клітковини – 11,18 %. У процесі збагачення біомаси Йодом зростав вміст сухих речовин і білка, а також вміст деяких амінокислот у межах 10,0 – 30,0 %.

Різні концентрації Йоду в процесі збагачення біомаси прісноводної водорості *Lemna minor* сприяли зростанню вмісту Калію, Кальцію, фосфатів та зниженню вмісту хлоридів. Встановлено збільшення у сухій біомасі прісноводної водорості *Lemna minor* вмісту Мангану і Селену, за збагачення середовищ культивування

різними дозами Йоду, відповідно, на 88,5 % і 30,4 %.

**Вивчення сорбуючої здатності Йоду біомасою *Letna minor*.** Нами встановлено, що в біомасі прісноводної водорості *Letna minor*, взятої з природного середовища, вміст Йоду становив < 0,1 мг/кг. Зростання концентрації Йоду в біомасі *Letna minor*, залежно від його вмісту в середовищі культивування, свідчить про її інтенсивні сорбуючі властивості щодо цього мікроелемента.

Доведено, що на 15-у добу культивування в середовищах з вмістом Йоду 40–500 мг/дм<sup>3</sup>, концентрація елемента у сухій біомасі *Letna minor* збільшується у 2,7–1,8 раза (табл. 2).

Таблиця 2

**Уміст Йоду у вологій і сухій біомасі прісноводної водорості *Letna minor*, за різних доз цього елемента в середовищі культивування (M±m, n=5)**

Концентрація Йоду в середовищі культивування, мг/дм <sup>3</sup>	Через 15 діб досліду		На 30-ту добу досліду	
	у вологій біомасі, мг/кг	у сухій біомасі, мг/кг	у вологій біомасі, мг/кг	у сухій біомасі, мг/кг
40	7,5 ± 0,18	107,3±24,22	20,6 ± 1,06	294,5±44,93
80	20,6 ± 0,63	293,8±33,51	27,9 ± 1,77	399,0±83,03
120	26,9 ± 0,75	383,9±18,12	30,8 ± 2,38	439,7±21,74
160	29,8 ± 1,08	411,4±27,66	35,1 ± 1,38	500,5±34,28
200	34,1 ± 0,12	485,8±40,31	63,4 ± 4,02	905,3±54,72
260	36,4 ± 1,27	519,5±36,97	86,1 ± 3,93	1230,5±142,32
320	48,5 ± 1,21	607,8±21,53	95,5 ± 6,06	1364,4±48,42
380	64,8 ± 3,34	925,5±64,05	129,8 ± 11,22	1854,4±214,78
500	62,3 ± 2,58	889,6±47,38	132,6 ± 10,59	1893,7±36,75
1000	55,5 ± 5,73	792,3±51,22	132,3 ± 8,81	1837,4±71,62
2000	75,5 ± 7,19	1078,6±117,68	180,2 ± 21,07	2574,5±156,60
4000	125,5 ± 10,25	1793,1±215,42	267,4 ± 18,35	3820,6±243,81
7000	197,2 ± 9,61	2814,5±277,85	422,8 ± 25,16	6039,5±335,94
10000	286,3 ± 15,47	4090,8±291,17	585,3 ± 37,24	8361,2±323,77
15000	578,2 ± 29,13	8259,7±306,38	774,9 ± 51,06	11070,8±411,06

Виявлено, що процес накопичення Йоду в біомасі *Letna minor* триває упродовж всього досліду. Уміст Йоду в біомасі, культивованій на середовищах з концентрацією Йоду 40–2000 мг/дм<sup>3</sup>, до кінця досліду збільшувався у 2,0–2,5 рази, порівняно з його вмістом на 15-у добу досліду. До кінця досліду концентрація Йоду в сухій біомасі перевищувала її вміст у середовищах культивування у 3–7 разів.

За концентрацій Йоду в середовищах культивування 4000–15000 мг/дм<sup>3</sup>, сорбційні властивості водорості знижуються і вміст елемента в сухій біомасі у кінці досліду був нижчим на 4,5–26,2 %, порівняно з його вмістом у середовищах культивування.

За концентрацій Йоду в середовищі культивування 4000 мг/дм<sup>3</sup> і вище, спостерігалось сповільнення нарощування біомаси *Letna minor*, пожовтіння водоростей, вкорочення корінців, помутніння середовища культивування.

Процес висушування біомаси дав змогу сконцентрувати у ній вміст Йоду в 14 разів вище, порівняно з вологою її формою. Найбільш оптимальний вміст Йоду в сухій біомасі спостерігали за його концентрації 500 мг/дм<sup>3</sup> у середовищі

культивування, і цей показник становив 1893,7 мг/кг.

Внесення в середовище культивування Йоду в дозах від 40 до 500 мг/дм<sup>3</sup> не мало негативного впливу на культивування біомаси прісноводної водорості *Letna minor*. Поступове збільшення вмісту Йоду в середовищі культивування від 1000 до 15000 мг/дм<sup>3</sup> прямопропорційно знижувало приріст біомаси. Високі концентрації Йоду (20000 мг/дм<sup>3</sup>) здійснювали негативний вплив на культивування біомаси, затримували її ріст, знижували прирости, а до кінця експерименту – спричиняли загибель прісноводної водорості *Letna minor*.

**Вивчення стабільності Йоду в збагаченій біомасі та середовищі культивування.** Температурний режим зберігання за кімнатної температури 18–20 °С впродовж 2 років забезпечувало стабільність Йоду в сухій біомасі *Letna minor* на рівні 95,2 %, а за зберігання при 30 °С – 79,4 %, порівняно з початковим умістом.

Показники стабільності Йоду в середовищі культивування у процесі вирощування прісноводної водорості *Letna minor* наведено в табл. 3.

Таблиця 3

**Вмісту Йоду в середовищі культивування у процесі вирощування прісноводної водорості *Letna minor* (M±m, n=3)**

Період вирощування, дів	Концентрація Йоду в середовищі культивування, мг/дм <sup>3</sup>			
	120	500	1000	2000
День приготування	121,7 ± 8,65	505,6 ± 16,71	1021 ± 39,22	2032 ± 70,31
Через 10 дів	120,2 ± 7,32	501,9 ± 13,52	1011 ± 45,18	2015 ± 62,55
% елімінації до вихідної концентрації	1,23	0,73	1,0	0,84
Через 20 дів	119,6 ± 9,41	498,2 ± 17,08	1007 ± 41,05	1970 ± 57,02
% елімінації до вихідної концентрації	1,89	1,48	1,37	3,05
Через 30 дів	112,1 ± 6,17	472,5 ± 15,83	954,0 ± 27,64	1892 ± 61,45
% елімінації до вихідної концентрації	8,04	6,77	6,56	6,89

З результатів досліджень можемо зробити висновок, що за період досліду в середовищах культивування біомаси кількість Йоду знижувалася, тобто він акумулювався у біомасі і вилучався у атмосферне середовище після руйнування калій йодистої сполуки, а саме: на 30 добу – вміст Йоду в середовищах знижувався на 6,56 – 8,04 % до вихідної концентрації, залежно від дози.

**Вплив температури і освітлення на культивування *Letna minor* у середовищі із підвищеним вмістом Йоду.** Експериментально доведено, що ріст *Letna minor* найменш інтенсивно відбувається за температури середовища культивування 20 ± 2 °С. За такої температури на 10-у добу культивування приріст біомаси був на 11,30 та 5,23 % меншим, порівняно з II і III дослідними середовищами (рис. 2).

У кінці досліду прирости біомаси прісноводної водорості *Letna minor*, за внесення 500 мг/дм<sup>3</sup> Йоду в середовище культивування, були вірогідно вищими у II і III дослідних середовищах, порівняно з приростами біомаси у I дослідному середовищі. За температури дослідного середовища 20 ± 2 °С інтенсивність приросту була на 47,0 та 28,4 % нижчою, порівняно з II і III дослідними

середовищами.

Інтенсивність приростів біомаси водорості у II дослідному середовищі ( $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) була на 14,5 % вищою, порівняно з III дослідним середовищем ( $30 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Отже, у середовищі культивування за внесення Йоду у кількості  $500 \text{ мг/дм}^3$  та за температури  $30 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  дещо сповільнювався приріст біомаси водорості, спостерігалось пожовтіння та побуріння частини рослин (до 15 %), починаючи з 20-ї доби культивування і до кінця досліду.

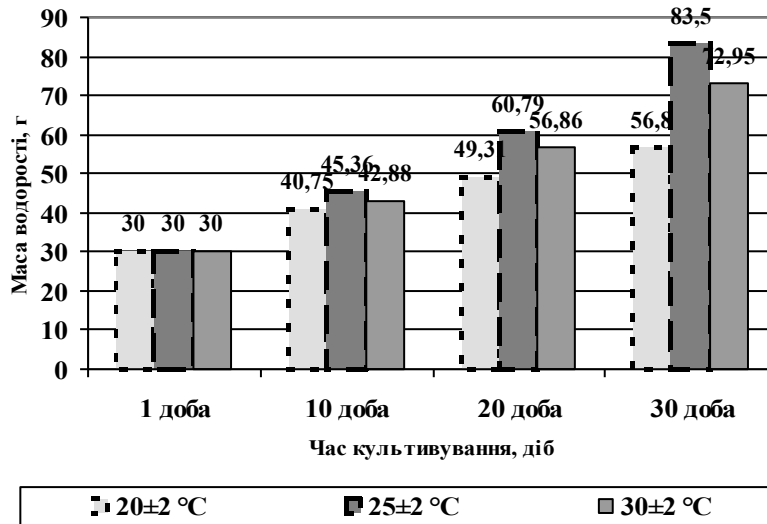


Рис. 2. Культивування біомаси *Lemna minor* за різних температур

Найбільш інтенсивне нарощування біомаси прісноводної водорості *Lemna minor* у середовищі із вмістом Йоду  $500 \text{ мг/дм}^3$  відбувалося за температури останнього  $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Встановлено, що на 20-у добу культивування, прирости біомаси у II та III дослідних середовищах були на 34,6 та 28,6 % вищими, порівняно з приростами біомаси у I дослідному середовищі з інтенсивністю освітлення  $1500 \pm 30 \text{ лк}$ . За освітлення  $3000 \pm 30 \text{ лк}$  на 20-у добу відмічали тенденцію до збільшення приростів біомаси на 4,55 %, у порівнянні з III дослідним середовищем з інтенсивністю освітлення  $5000 \pm 30 \text{ лк}$ .

У кінці досліду прирости біомаси *Lemna minor* були вірогідно вищими у II і III дослідних середовищах, порівняно з приростами біомаси у I дослідному середовищі. Інтенсивність приростів біомаси водорості у II дослідному середовищі за інтенсивності освітлення  $3000 \pm 30 \text{ лк}$  була вищою на 11,4 %, порівняно з III дослідним середовищем.

Враховуючи зазначене вище, можна стверджувати, що найбільш інтенсивний приріст біомаси прісноводної водорості *Lemna minor*, за збагачення середовища культивування Йодом, відбувається за інтенсивності освітлення  $3000 \pm 30 \text{ лк}$ .

**Вивчення токсикологічних властивостей кормової добавки.** Токсикологічними дослідженнями встановлено, що кормова добавка з прісноводної водорості *Lemna minor*, збагачена Йодом, не викликає подразнюючої дії за нанесення на слизову оболонку ока і шкіру кроля. За результатами вивчення гострої

токсичності встановлено, що досліджувана кормова добавка належить до 5 класу токсичності за показником гострої токсичності за перорального введення.

За вивчення токсичності повторної дози кормової добавки встановлено, що згодовування добавки у складі раціону лабораторним щурам у дозі 2000 мг/кг маси тіла впродовж 28 діб, не мало негативного впливу на їх ріст і розвиток. Морфологічні та біохімічні показники крові були в межах фізіологічної норми. При патолого-анатомічному розтині відсутні зміни у внутрішніх органах лабораторних тварин.

**Дослідження ефективності згодовування кормової добавки курчатам-бройлерам.** Експериментально встановлено, що збереженість курчат за період досліду у I дослідній групі становила 99,2 %, II дослідній групі – 99,5 %, III дослідній групі – 99,3 %. У птиці контрольної групи цей показник становив 99,2 %. Динаміку середньої маси тіла птиці подано в табл. 4.

Таблиця 4

**Динаміка середньої маси тіла курчат-бройлерів впродовж досліду, г  
( $M \pm m$ ,  $n=1000$ )**

Вік птиці, діб	Жива маса птиці, г			
	Контрольна	I дослідна	II дослідна	III дослідна
10	286 ± 10,5	279 ± 9,7	281 ± 10,1	283 ± 11,6
20	913 ± 13,3	909 ± 12,1	945 ± 17,5	951 ± 15,2
30	1815 ± 15,4	1897 ± 18,7	1910 ± 20,8	1917 ± 18,1
40	2920 ± 21,8	3005 ± 19,2	3056 ± 19,6*	3072 ± 20,3*

\*  $P \leq 0,05$

Результати досліджень свідчать, що середня маса курчат-бройлерів I дослідної групи в кінці досліду була вищою на 85,0 г, або 2,9 %, порівняно з контролем, II дослідної – на 136,0 г або 4,6 %, III дослідної – на 152,0 г або 5,2 %. Середній приріст маси тіла птиці за період досліду підвищувався, порівняно з контролем: у птиці I дослідної групи на – 92,0 г, що у відсотках складає 3,5, II дослідної групи – на 141 г або 5,3, III дослідної групи – на 155,0 г або 5,9.

Кількість еритроцитів у крові птиці III дослідної групи була вищою на 10,3 %, вміст гемоглобіну до кінця досліду зріс на 16,9 %, порівняно з контролем, що було статистично вірогідним ( $p < 0,05$ ).

Фагоцитарна активність нейтрофілів у крові курчат-бройлерів дослідних груп зростала у межах фізіологічної норми і була вищою на 6,8 %, порівняно з контролем.

За показниками білкового обміну встановлено зростання вмісту загального білка сироватки крові птиці II дослідної групи – на 8,3 % ( $p < 0,05$ ) і альбумінів – на 3,7 %, порівняно з контролем.

Зростання активності ензимів, а саме АсАТ спостерігали у птиці III дослідної групи – на 6,48 %, у порівнянні з контролем. Встановлено підвищення активності ЛДГ в сироватці крові курчат дослідних груп на 33,5 % і зростанням вмісту триацилгліцеролів у сироватці крові птиці II дослідної групи – на 49,5 % ( $p < 0,05$ ) і III дослідної групи – на 72,0 % ( $p < 0,05$ ), у порівнянні з контролем.

У кінці досліду в сироватці крові птиці визначали вміст Йоду (рис. 3).

За згодовування добавки у дозі 0,52 г/кг корму вміст Йоду в крові курчат-бройлерів I дослідної групи суттєво не відрізнявся від його вмісту в контролі. За згодовування добавки у дозі 1,05 г/кг корму вміст Йоду в крові курчат II дослідної групи зріс на 8,8 % порівняно з контролем, а в птиці III дослідної групи, яка споживала добавку в дозі 1,58 г/кг корму – на 11,3 %.

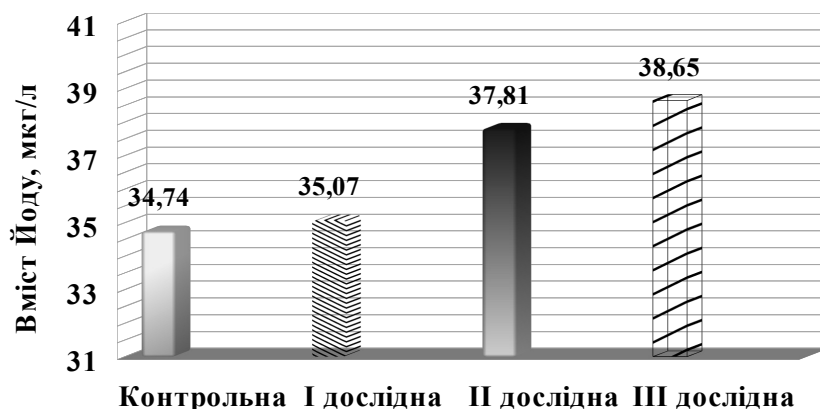


Рис. 3. Уміст Йоду в сироватці крові курчат-бройлерів

Внесення до комбікорму добавки кормової водоростевої йодовмісної «LM-ЙОД», замість йодиду калію, сприяє зростанню вмісту Т3 гормону у сироватці крові курчат-бройлерів II дослідної групи – на 11,9 % ( $p < 0,05$ ), а III дослідної групи – на 14,5 % ( $p < 0,05$ ), відносно контролю. Встановлено тенденцію до зростання вмісту тироксину у сироватці крові курчат-бройлерів II дослідної групи на 4,86 %, відносно контролю. Таке зростання свідчить про активацію синтетичних процесів утворення гормонів щитоподібної залози за рахунок надходження Йоду в органічній формі (табл. 5).

Таблиця 5

**Уміст гормонів у сироватці крові курчат-бройлерів за впливу кормової добавки (M±m, n=5)**

Група	Трийодтиронін (Т3), нг/мл	Тироксин (Т4), мкг/дл
Контрольна	1,17±0,042	4,93±0,281
I дослідна	1,20±0,039	5,02±0,177
II дослідна	1,31±0,031*	5,17±0,134
III дослідна	1,34±0,028*	5,15±0,119

\*  $P \leq 0,05$

Під час забою у кінці досліду було відібрано проби грудних м'язів курчат для досліджень за хімічним та амінокислотним складом. За результатами проведених досліджень, встановлено, що м'ясо птиці I дослідної групи, порівняно до контролю, містило більше білка – на 1,5 % та менше жиру – на 2,7 %, а у птиці II і III дослідних груп – на 4,5 % більше білка та 8,0 % менше жиру.

За визначення амінокислотного складу м'яса птиці із II дослідної групи

встановлено зростання вмісту амінокислот, зокрема: аргініну – на 25,5 % ( $p < 0,05$ ), лізину – на 4,5 %, тирозину – на 16,2 %, гістидину – на 7,0 %, метіоніну – на 16,7 %, валіну – на 17,8 %, проліну – на 37,2 % ( $p < 0,05$ ).

У птиці II дослідної групи, якій згодовували комбікорми зі 100 % заміною йодиду калію на добавку кормову водоростеву йодовмісну «ЛМЙОД», у м'язовій тканині вміст Йоду зростає на 14,2 % ( $p < 0,01$ ), а в печінці – на 7,5 % ( $p < 0,05$ ). Вірогідне підвищення вмісту Йоду у м'язовій тканині спостерігали в курчат III дослідної групи, порівняно з контролем, і становило 20,9 % ( $p < 0,01$ ). Встановлено також вірогідне підвищення вмісту Йоду у печінці курчат III дослідної групи на 9,2 % ( $p < 0,05$ ), порівняно з контролем (табл. 6).

Таблиця 6

**Вміст Йоду в печінці та м'язах курчат-бройлерів за згодовування кормової добавки з біомаси водорості *Letna minor*, збагаченої Йодом ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )**

Групи	Вміст Йоду, мкг/кг	
	печінка	м'язи
Контрольна	73,7 ± 1,65	16,2 ± 0,37
I дослідна	75,6 ± 1,33	17,1 ± 0,83
II дослідна	79,2 ± 1,08*	18,5 ± 0,41**
III дослідна	80,5 ± 1,17*	19,6 ± 0,68**

\*  $P \leq 0,05$ , \*\* $P \leq 0,01$

**Економічна ефективність використання біомаси *Letna minor* у годівлі курчат-бройлерів.** За результатами виробничих випробувань встановлено, що абсолютний приріст живої маси, за період досліду, у птиці II дослідної групи був вищим на 5,3 %, щодо контрольної. За використання біомаси *Letna minor* збагаченої Йодом рентабельність вирощування курчат-бройлерів, порівняно з контролем, зростає на 4,7 %.

## ВИСНОВКИ

Виконано комплекс науково-практичних робіт з конструювання біотехнології збагачення біомаси прісноводної водорості *Letna minor* Йодом, а також проведено перевірку впливу її використання у складі комбікормів курчат-бройлерів на продуктивність та якість продукції птиці.

1. Встановлено, що нативна біомаса прісноводної водорості *Letna minor*, містить в перерахунку на абсолютну суху речовину: білка – 21,1 %; жиру – 1,1 %; клітковини – 11,18 %; лізину – 1,2 %; метіоніну – 0,4 %; триптофану – 0,12 %; цистину – 0,15 %; треоніну – 1,55 %; валіну – 1,6 %; тирозину – 0,84 %; Калію – 1,5 %; Кальцію – 2,25 %; Магнію – 0,33 %; Купруму – 3,9 мг/кг; Цинку – 162,0 мг/кг; Кобальту – 0,73 мг/кг; та Селену – 0,69 мг/кг.

2. Доведено, що оптимальною дозою Йоду в середовищі культивування, за якої біомаса водорості активно розмножується і акумулює елемент із середовища культивування є 500 мг/дм<sup>3</sup>. Кількість біомаси *Letna minor* за 30 діб культивування збільшується у 2,4 рази. Найбільш оптимальний вміст Йоду в сухій біомасі становив



1893,7 мг/кг.

3. Застосування високих доз Йоду в середовищі культивування від 4000 мг/дм<sup>3</sup> і вище негативно впливало на нарощування біомаси *Letna minor*, затримувало ріст, а до кінця експерименту спричиняло її загибель.

4. Доведено, що за зберігання кормової добавки водоростевої йодовмісної «ЛМЙОД» за кімнатної температури (18–20 °С) та 30 °С впродовж 24 місяців втрати Йоду становили, відповідно, 4,8 % та 20,6 % порівняно із початковим його вмістом.

5. Оптимальними технологічними параметрами культивування біомаси прісноводної водорості *Letna minor* на середовищі культивування із вмістом Йоду 500 мг/дм<sup>3</sup> є: температура середовища культивування 25 ± 2 °С та інтенсивність освітлення 3000 ± 30 лк.

6. Токсикологічними дослідженнями встановлено: кормова добавка з прісноводної водорості *Letna minor*, збагачена Йодом, не викликає подразнюючої дії при нанесенні на слизову оболонку ока і шкіру кроля. За результатами вивчення гострої токсичності встановлено, що досліджувана кормова добавка за одноразового введення внутрішньошлунково у дозі із розрахунку 2000 мг/кг маси тіла, належить до 5 класу токсичності за показником гострої токсичності за перорального введення. Встановлено, що згодовування добавки у складі комбікорму у дозі із розрахунку 2000 мг/кг маси тіла лабораторних щурів впродовж 28 днів, не мало негативного впливу на їх ріст і розвиток, морфологічні, біохімічні показники крові та внутрішні органи.

7. Застосування курчатам-бройлерам добавки кормової водоростевої йодовмісної «ЛМЙОД» у дозі 1,05 г/кг сприяло підвищенню середньої маси тіла на 136,0 г або 4,6 %, середньодобових приростів – на 5,3 %.

Підвищення приростів курчат підтверджується зростанням активності аспаратамінотрансферази – на 6,48 %, лактатдегідрогенази – на 33,5 %, фагоцитарної активності нейтрофілів – на 6,8 %, вмісту загального білка – на 8,3 %, альбумінів – на 3,7 %, триацилгліцеролів – на 49,5 %.

8. За згодовування добавки кормової «ЛМЙОД» підвищується вміст Йоду у крові, м'язовій тканині та печінці курчат-бройлерів, відповідно, на 11,3, 14,2 та 7,5 %. Також у крові цієї птиці встановлено зростання трийодтироніну – на 14,5 % і тироксину – на 4,86 %.

9. Економічна ефективність від застосування добавки кормової водоростевої йодовмісної «ЛМЙОД» підтверджується підвищенням маси валової продукції. За використання біомаси *Letna minor*, збагаченої Йодом, у дозі 1,05 г/кг комбікорму, рентабельність вирощування курчат-бройлерів зростає на 4,7 %, порівняно з контролем.

## ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для одержання добавки кормової водоростевої йодовмісної «ЛМЙОД», необхідно дотримуватися наступних технологічних параметрів: доза Йоду в середовищі культивування – 500 мг/дм<sup>3</sup>, температура середовища культивування – 25 ± 2 °С, інтенсивність освітлення 3000 ± 30 лк.



2. Рекомендуємо для підвищення продуктивності курчат-бройлерів, зменшення витрат корму на кг приросту нестачу Йоду у комбікормах балансувати шляхом додавання добавки кормової водоростевої йодовмісної «ЛМЙОД», у кількості 1,05 г/кг комбікорму.

3. У практиці виробництва комбікормів, лабораторній і навчальній роботі керуватися Технічними умовами України 10.9-41701380-059:2018 «Добавка кормова водоростева йодовмісна «ЛМЙОД» та методичними рекомендаціями «Визначення масової частки Йоду в біологічних матеріалах і кормах методом капілярного електрофорезу з використанням системи капілярного електрофорезу «КАПЕЛЬ-105М».

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у наукових фахових виданнях України

1. **Ривак Р. О.** Вивчення хімічного та амінокислотного складу прісноводної водорості *Lemna minor* [Текст] / **Р. О. Ривак**, В. О. Величко // Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин і ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок. – Львів, 2014. Вип. 15, № 4. – С. 67 – 71. *(Дисертант виконав експериментальні дослідження, провів аналіз одержаних результатів та взяв участь у підготуванні статті до друку).*

2. **Ривак Р. О.** Динаміка амінокислотного складу прісноводної водорості *Lemna minor*, за внесення в поживне середовище різних доз Йоду [Текст] / **Р. О. Ривак**, С. В. Мерзлов, В. О. Величко // Науково-технічний бюлетень ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин. – Львів, 2015. – Вип. 16, № 1. – С. 27 – 32. *(Дисертант виконав експериментальні дослідження, провів аналіз одержаних результатів та взяв участь у підготуванні статті до друку).*

3. **Ривак Р. О.** Вивчення динаміки мікроелементного складу біомаси прісноводної водорості *Lemna minor* за внесення в поживне середовище різних доз Йоду [Текст] / **Р. О. Ривак**, С. В. Мерзлов, В. О. Величко, Є. Г. Заріцька // Науково-технічний бюлетень ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин. – Львів, 2015. – Випуск 16, № 2. – С. 62 – 66. *(Дисертант виконав частину експериментальних досліджень, провів аналіз одержаних результатів та взяв участь у підготуванні статті до друку).*

4. **Ривак Р. О.** Вивчення макро- та мікроелементного складу біомаси прісноводної водорості *Lemna minor* [Текст] / **Р. О. Ривак**, С. В. Мерзлов, В. О. Величко, Є. Г. Заріцька // Науково-технічний бюлетень ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин. – Львів, 2016. – Випуск 17, № 1. – С. 32 – 37. *(Дисертант виконав частину експериментальних досліджень, провів аналіз одержаних результатів та взяв участь у підготуванні статті до друку).*

5. **Ривак Р. О.** Визначення стабільності Йоду в поживному середовищі у процесі вирощування прісноводної водорості *Lemna minor* [Текст] / **Р. О. Ривак** // Науково-технічний бюлетень ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин. – Львів, 2016. – Випуск 17, № 2. – С. 117 – 121.

6. **Ривак Р. О.** Вивчення макроелементного складу прісноводної водорості *Lemna minor* і його динаміка за внесення в поживне середовище різних доз Йоду

[Текст] / **Р. О. Ривак**, С. В. Мерзлов // Вісник Білоцерківського національного аграрного університету. – Біла Церква, 2017. – Випуск 1 (133) 2017. – С. 27 – 32.

7. **Ривак Р. О.** Вивчення токсикологічних параметрів і встановлення класу токсичності кормової добавки з прісноводної водорості *Lemna minor*, збагаченої Йодом [Текст] / **Р. О. Ривак**, С. В. Мерзлов // Вісник Білоцерківського національного аграрного університету. Біла Церква, 2017. – Випуск 2 (136) 2017. – С. 75 – 80.

8. **Ривак Р. О.** Вплив різних доз Йоду в поживному середовищі на нарощування біомаси прісноводної водорості *Lemna minor* [Текст] / **Р. О. Ривак** // Науково-технічний бюлетень ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин. – Львів, 2017. – Випуск 18, № 1 – С. 108 – 112.

9. **Ривак Р. О.** Встановлення оптимальних технологічних параметрів культивування біомаси прісноводної водорості *Lemna minor* за внесення Йоду в поживне середовище [Текст] / **Р. О. Ривак** // Науково-технічний бюлетень ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин. – Львів, 2017. – Випуск 18, № 2. – С. 101 – 106.

10. **Ривак Р. О.** Вплив згодовування кормової добавки з прісноводної водорості *Lemna minor*, збагаченої Йодом, на показники крові білих щурів [Текст] / **Р. О. Ривак**, С. В. Мерзлов // The Animal Biology, 2017. – Vol. 19, no. 4. – P. 43 – 49. (Дисертант виконав експериментальні дослідження, провів аналіз одержаних результатів та брав участь у підготованні статті до друку).

11. **Ривак Р. О.** Вивчення ефективності застосування добавки кормової водоростевої йодовмісної на організм курчат-бройлерів [Текст] / **Р. О. Ривак** // Науково-технічний бюлетень ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин. – Львів, 2018. – Випуск 19, № 1. – С. 60 – 66.

#### Стаття у науковому виданні іншої держави

12. **R. O. Ryvak.** The biotechnology of biomass of fresh water algae *Lemna minor* enrichment with iodine and the determination of its content at the different doses in the nutritive environment by the method of capillary electrophoresis / **R. O. Ryvak**, S. V. Merzlov // Pasze Przemyslowe, Instytut Zootechniki – PIB, Rok XXVI NR 3/4/2017. – P. 35 – 39. (Дисертант виконав експериментальні дослідження, провів аналіз одержаних результатів та взяв участь у підготованні статті до друку).

#### Патент на корисну модель:

13. Патент UA 123345 Бюл. № 4, 26.02.2018 Спосіб визначення токсичності кормових добавок [Текст] / І. Я. Коцюмбас, О. М. Брезвин, Т. Р. Левицький, Г. П. Ривак, Г. В. Рудик, **Р. О. Ривак** // заявник та патентовласник Державний науково-дослідний контрольний інститут ветеринарних препаратів та кормових добавок. (Дисертант виконав частину експериментальних досліджень, провів аналіз одержаних результатів та взяв участь в оформленні патенту).

#### Методичні рекомендації:

14. Визначення масової частки бромід- і йодид-іонів у пробах природних, питних і мінеральних вод методом капілярного електрофорезу з використанням

системи капілярного електрофорезу «Капель-105/105М»: Методичні рекомендації, затвердженні ТК 132 «Засоби захисту тварин, корми та кормові добавки» (протокол № 4 від 22.06.2016 р.) / І. Я. Коцюмбас, Т. Р. Левицький, Г. П. Ривак, **Р. О. Ривак** // Державний науково-дослідний контрольний інститут ветеринарних препаратів та кормових добавок. – Львів, 2016. – 24 с. (*Дисертант брав участь у підготовці методичних рекомендацій*).

15. Визначення масової частки Йоду в біологічних матеріалах і кормах методом капілярного електрофорезу з використанням системи капілярного електрофорезу «КАПЕЛЬ-105М»: Методичні рекомендації, затверджені ТК 132 «Засоби захисту тварин, корми та кормові добавки» (протокол № 7 від 17.10.2017 р.) / І. Я. Коцюмбас, Т. Р. Левицький, Г. П. Ривак, **Р. О. Ривак** // Державний науково-дослідний контрольний інститут ветеринарних препаратів та кормових добавок. – Львів, 2016. – 23 с. (*Дисертант брав участь у підготовці методичних рекомендацій*).

16. Вивчення гострої пероральної токсичності та встановлення класу токсичності кормових добавок методом класифікації: Методичні рекомендації, затверджені ТК 132 «Засоби захисту тварин, корми та кормові добавки» (протокол № 7 від 17.10.2017 р.) / І. Я. Коцюмбас, Т. Р. Левицький, Г. П. Ривак, Г. В. Рудик, **Р. О. Ривак** // Державний науково-дослідний контрольний інститут ветеринарних препаратів та кормових добавок. – Львів, 2016. – 19 с. (*Дисертант брав участь у підготовці методичних рекомендацій*).

#### Матеріали апробації дисертаційної роботи

17. **Ривак Р. О.** Изучение токсичности повторной дозы кормовой добавки из пресноводной водоросли *Letna Minor*, обогащенной Йодом [Текст] / **Р. О. Ривак**, С. В. Мерзлов // Международная научно-практическая конференция, посвященная 95-летию Республиканского унитарного предприятия – 2017. // Институт экспериментальной ветеринарии имени С. Н. Вышелесского “Современные проблемы ветеринарной патологии и биотехнологии в агропромышленном комплексе” – Минск, 2017. – С. 236 – 241. (*Дисертант виконав експериментальні дослідження, провів аналіз одержаних результатів та підготував статтю до друку*).

18. **Ривак Р. О.** Вплив згодовування кормової добавки з біомаси водорості *Letna Minor*, збагаченої Йодом, на вміст елемента в тканинах курчат-бройлерів [Тези] / **Р. О. Ривак** // XVII Всеукраїнська науково-практична конференція «Молоді вчені у вирішенні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини», 6 – 7 грудня 2018, Львів.

#### Технічні умови України

19. **Ривак Р. О.**, Мерзлов С.В., Величко В.О. Добавка кормова водоростева водовмісна «ЛМЙОД». Технічні умови України: ТУ У 10.9-41701380-059:2018 – [Чинний від 2018-11-30]. Затв. ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок, ТК 132 «Засоби захисту тварин, корми та кормові добавки» – Львів, 2018. 19 с. (*Дисертант виконав експериментальні дослідження та брав участь у написанні технічних умов*).

## АНОТАЦІЯ

**Ривак Р. О. Біотехнологія збагачення біомаси водорості *Lemna minor* Йодом та використання її за вирощування курчат-бройлерів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.20 – біотехнологія. – Білоцерківський національний аграрний університет, МОН України, 2020.

Дисертаційна робота присвячена розробці біотехнології збагачення біомаси прісноводної водорості *Lemna minor* Йодом і встановленню ефективності її використання під час вирощування курчат-бройлерів. Експериментально встановлено оптимальні біотехнологічні параметри культивування біомаси: температура  $25 \pm 2$  °С, інтенсивність освітлення  $3000 \pm 30$  лк, уміст у середовищі культивування Йоду –  $500$  мг/дм<sup>3</sup>, за яких клітини водорості природно розмножуються і максимально кумулюють Йод. За таких умов у сухій біомасі *Lemna minor* накопичується Йоду  $1893,7$  мг/кг. Збереженість Йоду в сухій біомасі *Lemna minor* за її зберігання при  $18$ – $20$  °С упродовж 2 років становить  $95,2$  %.

Токсикологічними дослідженнями встановлено: кормова добавка з прісноводної водорості *Lemna minor*, збагачена Йодом, не викликає подразнюючої дії, належить до 5 класу токсичності за показником гострої токсичності за перорального введення, а також не має негативного впливу на ріст і розвиток лабораторних щурів, їх морфологічні та біохімічні показники крові, за згодовування добавки у складі раціону впродовж 28 діб.

У ході проведення виробничого дослідження, за згодовування добавки кормової водоростевої йодовмісної «ЛМЙОД» курчатам-бройлерам, встановлено підвищення маси тіла дослідної птиці, порівняно з контролем на  $5,2$  %, зростання вмісту Йоду в крові дослідних курчат – на  $11,3$  %, підвищення вмісту амінокислоти тирозину на  $13,2$  %, а також зростання в межах фізіологічної норми рівня гормонів трийодтироніну на  $14,5$  % та тироксину на  $4,86$  %, порівняно з контролем. Кормова добавка сприяла накопиченню Йоду у м'язовій тканині дослідних курчат на  $14,2$  %, а в печінці – на  $7,5$  %, залежно від дози внесення її в комбікорм. За використання добавки, рентабельність вирощування курчат-бройлерів зросла на  $4,7$  %, порівняно з контролем, та на  $1,9$  %, порівняно з використанням калію йодистого у комбікормі.

**Ключові слова:** курчата-бройлери, *Lemna minor*, Йод, добавка кормова водоростева йодовмісна «ЛМЙОД», прісноводна водорість, тироксин, трийодтиронін, культивування, біомаса, біотехнологія збагачення.

## АННОТАЦИЯ

**Рывак Р. О. Биотехнология обогащения биомассы водоросли *Lemna minor* Йодом и использования ее при выращивании цыплят-бройлеров. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных



наук по специальности 03.00.20 – биотехнология. – Белоцерковский национальный аграрный университет, МОН Украины, 2020.

Диссертационная работа посвящена разработке биотехнологии обогащения биомассы пресноводной водоросли *Lemna minor* Йодом и установлению эффективности ее использования при выращивании цыплят-бройлеров. Экспериментально установлены оптимальные биотехнологические параметры культивирования биомассы: температура  $25 \pm 2$  °С, интенсивность освещения  $3000 \pm 30$  лк, содержание в среде культивирования Йода –  $500 \text{ мг/дм}^3$ , при которых клетки водоросли естественно размножаются и максимально кумулируют Йод. При таких условиях в сухой биомассе *Lemna minor* накапливается Йода  $1893,7 \text{ мг/кг}$ .

Сохранность Йода в сухой биомассе *Lemna minor* при ее хранении при  $18\text{--}20$  °С в течение 2 лет составляет  $95,2 \%$ .

Токсикологическим исследованиям установлено: кормовая добавка с пресноводной водоросли *Lemna minor*, обогащенная Йодом, не вызывает раздражающего действия, относится к 5 классу токсичности по показателю – острой токсичности при пероральному введению, а также не оказывает негативного влияния на рост и развитие лабораторных крыс, их морфологические и биохимические показатели крови, при скармливании добавки в составе рациона в течение 28 суток.

В ходе проведения производственного опыта при скармливании добавки кормовой водорослевой йодсодержащей «ЛМЙОД» цыплятам-бройлерам установлено повышение массы тела опытной птицы по сравнению с контролем на  $5,2 \%$ , содержания Йода в крови опытных цыплят на  $11,3 \%$ , повышение содержания аминокислоты тирозина на  $13,2 \%$ , а также рост в пределах физиологической нормы уровня гормонов трийодтиронина на  $14,5 \%$  и тироксина – на  $4,86 \%$ , по сравнению с контролем. Кормовая добавка способствовала накоплению Йода в мышечной ткани опытных цыплят на  $14,2 \%$ , а в печени – на  $7,5 \%$ .

При использовании биомассы *Lemna minor*, обогащенной Йодом, рентабельность выращивания цыплят-бройлеров возросла на  $4,7 \%$ , по сравнению с контролем, и на  $1,9 \%$ , по сравнению с использованием калия йодистого в комбикорме.

**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, *Lemna minor*, Йод, добавка кормовая водорослевая йодсодержащая «ЛМЙОД», пресноводная водоросль, тироксин, трийодтиронин, культивирование, биомасса, биотехнология обогащения.

## ANNOTATION

**Ryvak R. O. Biotechnology enrichment of *Lemna minor* algae biomass by Iodine and its use for growing broiler chickens. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.**

Dissertation for a Candidate Degree in Agricultural Sciences, specialty 03.00.20 – Biotechnology – Bila Tserkva National Agrarian University, Ministry of Education and Science of Ukraine, 2020.

The dissertation is devoted to development of biotechnology of enrichment of *Lemna minor* freshwater algae biomass by Iodine and establishment of efficiency of its

use during growing of broiler chickens.

As a result of the study of the physico-chemical properties of *Lemna minor* freshwater algae biomass, it has been established: in its nutritional value biomass, as an additional source of valuable protein, with a full range of essential and substitute amino acids, can be used as a feed material; in the process of enriching Iodine, the content of dry matter and protein increases in biomass, as well as the content of some amino acids in the range of 10,0–30,0%. According to various doses of Iodine enrichment process increases the biomass content of Potassium, Calcium, phosphate, and reduced chloride content. Adding different doses of Iodine nutritional environment contributed to an increase in dry biomass of *Lemna minor* freshwater algae content of Manganese, Selenium and Cadmium.

It is established that intensive enrichment of *Lemna minor* freshwater algae biomass by Iodine occurs during cultivation on nutrient media with a concentration of Iodine 40–1000 mg/l. The process of drying the biomass allowed to concentrate content of Iodine in it, and the most optimal Iodine content in dry biomass was observed at its concentrations of 500 mg/l in the nutrient medium, which was 1893,7 mg/kg.

Optimal biotechnological parameters of biomass cultivation were experimentally established: temperature  $25 \pm 2$  °C, light intensity  $3000 \pm 30$  lux, content in the medium of Iodine cultivation – 500 mg/dm<sup>3</sup>, in which algae cells naturally reproduce and maximize cumulation of Iodine. Under these conditions, the dry biomass of *Lemna minor* accumulates Iodine 1893.7 mg/kg.

Storage temperature at room temperature 18–20 °C for 2 years ensures the stability of iodine in the dry biomass *Lemna minor* at 95.2 %, and for storage at 30 °C – 79.4 %, compared to the original content.

Toxicological studies have established: feed additive of *Lemna minor* freshwater algae, enriched with Iodine, does not cause irritating action, belongs to the 5th grade toxicity - acute oral toxicity, as well as has no negative impact on the growth and development of laboratory rats and their morphological, biochemical indices blood, blood for feeding additives consisting of diet for 28 days.

In the course of the production experiment, the feeding of the feed algae Iodine-containing additive «LMIOD» to broiler chickens, an increase of the body weight of the test bird was compared with the control by 5.2 %, an increase of the Iodine content in the blood of the experimental chickens – by 11.3 %, an increase the amino acid content of tyrosine by 13.2 %, and the increase within the physiological norm of the level of hormones triiodothyronine by 14.5 % and thyroxine by 4.86 %, compared with the control. The feed additive contributed to the accumulation of Iodine in the muscle tissue of experimental chickens by 14.2 % and in the liver by 7.5 %, depending on the dose of compound feed.

With the use of Iodine-enriched *Lemna minor* biomass, the profitability of growing broiler chickens increased by 4.7 % compared to control and by 1.9 % compared to the use of potassium iodide in compound feed.

**Key words:** broiler chickens, *Lemna minor*, Iodine, feed algae Iodine-containing additive «LMIOD», freshwater algae, thyroxine, triiodothyronine, cultivation, biomass, enrichment biotechnology.