

(підпис)

(ПІБ)

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет тваринництва та водних біоресурсів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри біології тварин
доктор біологічних наук, професор
Сахацький М.І.
«1» грудня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ВИКОНАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ
СЕМКОВУ ГЛІБУ ГЕОРГІЄВИЧУ**

Спеціальність 204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Удосконалення технології виробництва харчових яєць» затверджена наказом ректора НУБіП України від «31» 10. 2023 р. № 1977 «С». Термін подання завершеної роботи на кафедру 20.05.2024 р.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: спеціальна, періодична література та нормативна документація з питань досліджень.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- 1) Аналіз можливих напрямків удосконалення технології виробництва харчових яєць;
- 2) Вивчення вплив умов утримання на збереженість, масу тіла та продуктивність курей-несучок;
- 3) Дослідження якісних характеристик яєць за утримання курей в звичайних та збагачених клітках багатоярусних кліткових батарей;
- 4) Визначення ефективності виробництва харчових яєць за утримання курей в звичайних та збагачених клітках багатоярусних кліткових батарей.

Дата видачі завдання «1» грудня 2023 р.

Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи

к. с.-г., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Юлія ОСАДЧА
(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Гліб СЕМКОВ
(ПІБ)

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ I ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	11
1.1. 1.1. Перспективи розвитку яєчного птахівництва	12
1.2. Основні напрями підвищення ефективності виробництва харчових яєць	14
1.2.1. Стратегія селекції та генетичного покращення	14
1.2.2. Стратегія збагачення умов утримання птиці	20
1.2.3. Стратегія годівлі для збагачення яєць та підвищення несучості курей	24
РОЗДІЛ II МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	35
РОЗДІЛ III РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	40
3.1. Вплив умов утримання на збереженість, масу тіла та продуктивність курей-несучок	40
3.2. Якісні характеристики яєць за утримання курей в звичайних та збагачених клітках багатоярусних кліткових батарей	42
3.3. Ефективність виробництва харчових яєць за утримання курей в звичайних та збагачених клітках багатоярусних кліткових батарей	43
ВИСНОВКИ	45
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	47

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота: 63 с., 5 табл., 151 джерело.

КУРИ-НЕСУЧКИ, УТРИМАННЯ, КЛІТКОВІ БАТАРЕЇ, ЗБЕРЕЖЕНІСТЬ ПОГОЛІВ'Я, НЕСУЧІСТЬ, ЖИВА МАСА, МАСА ЯЙЦЯ, ВИТРАТИ КОРМУ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА

Об'єкт дослідження: збереженість та несучість курей, жива маса несучок, маса яєць, витрати корму, обсяги одержання яєць та яєчної маси.

Мета роботи – дослідити життєздатність та продуктивність курей, а також ефективність виробництва харчових яєць за використання збагачених кліток багатоярусних кліткових батарей.

Методи досліджень: зоотехнічні (визначення збереженості, несучості курей, живої маси несучок, витрат корму, обсягів одержання яєць та яєчної маси); статистичні (обробка експериментальних даних, визначення середніх величин та їх похибок, вірогідності різниці); аналітичні (огляд літератури, аналіз і узагальнення результатів досліджень).

У роботі висвітлено питання ефективності виробництва харчових яєць за утримання курей-несучок у звичайних (традиційних) та збагачених клітках багатоярусних кліткових батарей. Конструктивними особливостями зазначених збагачених кліткових батарей є наявність затемненої зони під гніздо для відкладання яєць, абразивних килимків для вкорочення кігтів та чистки дзьоба, а також горизонтально розташованих сідал у розрахунку 15 см на 1 курку-несучку. Встановлено, що застосування для утримання курей-несучок промислового стада збагачених кліток, які додатково до звичайних містять затемнену зону під гніздо для відкладання яєць, абразивні килимки для вкорочення кігтів та чистки дзьоба, а також сідала (15 см на 1 курку-несучку), сприяє підвищенню збереженості поголів'я на 2,6 % ($p < 0,001$), несучості на початкову несучку – 4,3 % ($p < 0,001$), а на середню несучку – на 5,0 % ($p < 0,001$), за зниження витрат корму на 9,7 % ($p < 0,001$), порівняно з птицею першої групи, яку утримували у звичайних клітках, за підтримання оптимальної живої маси та маси яєць. Крім того виявлено, що умови утримання курей-несучок, а саме

використання для їх утримання звичайних та збагачених кліток багатоярусних кліткових батарей, не позначається на якісних характеристиках харчових яєць, таких як колір жовтку, товщина та міцність шкаралупи, а також одиниці ХАУ.

Рекомендовано застосовувати для утримання курей-несучок промислового стада збагачених кліток багатоярусних кліткових батарей, що є ефективнішим порівняно із використанням звичайних кліток та забезпечує отримання додатково 853 шт. яєць та 24,2 кг (на 4,0 %) яйцемаси у розрахунку на 1 м² пташника.

ABSTRACT

Bachelor's qualification work: 63 p., 5 tables, 151 sources.

LAYING HENS, KEEPING, BATTERY CAGES, LIVESTOCK PRESERVATION, LAYING, LIVE WEIGHT, EGG WEIGHT, FEED CONSUMPTION, PRODUCTION EFFICIENCY

Object of the study: survival and laying of chickens, live weight of laying hens, egg weight, feed consumption, egg and egg mass production volumes.

The purpose of the work is to investigate the viability and productivity of chickens, as well as the efficiency of edible egg production using enriched cages of multi-tiered battery cages.

Research methods: zootechnical (determination of survival, laying of chickens, live weight of laying hens, feed consumption, egg and egg mass production volumes); statistical (processing of experimental data, determination of average values and their errors, probabilities of difference); analytical (review of literature, analysis and generalization of research results).

The paper highlights the issue of the efficiency of food egg production when keeping laying hens in conventional (traditional) and enriched cages of multi-tiered cage batteries. The design features of the specified enriched cage batteries are the presence of a darkened area under the nest for laying eggs, abrasive mats for shortening claws and cleaning the beak, as well as horizontally located perches at the

rate of 15 cm per 1 laying hen. It was found that the use of enriched cages for keeping laying hens of an industrial flock, which in addition to conventional cages contain a darkened area under the nest for laying eggs, abrasive mats for shortening claws and cleaning the beak, as well as perches (15 cm per 1 laying hen), contributes to an increase in the survival of the population by 2.6% ($p < 0.001$), egg production per initial layer by 4.3% ($p < 0.001$), and per secondary layer by 5.0% ($p < 0.001$), while reducing feed costs by 9.7% ($p < 0.001$), compared to the birds of the first group, which were kept in conventional cages, while maintaining optimal live weight and egg mass. In addition, it was found that the conditions of keeping laying hens, namely the use of conventional and enriched cages of multi-tiered cage batteries for their maintenance, does not affect the quality characteristics of table eggs, such as yolk color, shell thickness and strength, as well as HAU units.

It is recommended to use enriched cages of multi-tiered cage batteries for the maintenance of laying hens of an industrial flock, which is more effective compared to the use of conventional cages and ensures the receipt of an additional 853 eggs and 24.2 kg (by 4.0 %) of egg mass per 1 m² of the poultry house.

ВСТУП

Актуальність теми. Глобальний попит на столові яйця для харчування людини зростає експотенційно через зростання населення планети. Для задоволення цього попиту, необхідні значні досягнення в генетиці, годівлі та технології утримання курей. Розробка економічно ефективних та практично застосовних стратегій для покращення ефективності виробництва та якості яєць необхідна для розвитку яєчної промисловості в усьому світі. Споживачі виявляють бажання отримувати якісні харчові яйця від курей, яким забезпечено оптимальні параметри добробуту. Вони також цікавляться функціональними та збагаченими кормами. Зміни в поживному складі раціонів курей-несучок суттєво впливають на поживний склад та збереження якості яєць. Збагачені яєчні продукти можуть бути корисними для здоров'я людини. Однак виробничники стикаються з серйозною проблемою оптимізації стратегій розведення, утримання та годівлі, для забезпечення здоров'я курей та високу якість продукції. Тому актуальним є розгляд практичних стратегій, які здатні забезпечити збільшення виробництва харчових яєць, покращити їх якість та добробут курей-несучок. Ці практичні стратегії потенційно можуть бути використані на птахокомплексах для сталого виробництва яєць. Однією з цих стратегій є перехід від традиційних до збагачених або безклітинних систем утримання курей, тим самим покращуючи поведінку та добробут птиці. Таким чином, мета роботи полягала в дослідженні впливу використання збагачених кліток багатоярусних кліткових батарей на продуктивність курей та ефективність виробництва харчових яєць.

Мета і завдання досліджень. Мета роботи – дослідити життєздатність та продуктивність курей, а також ефективність виробництва харчових яєць за використання збагачених кліток багатоярусних кліткових батарей.

Для виконання мети були поставлені наступні **завдання**:

– вивчити вплив застосування для утримання курей-несучок збагачених кліток багатоярусних кліткових батарей на їх життєздатність та продуктивність;

– дослідити вплив застосування для утримання курей-несучок збагачених кліток багатоярусних кліткових батарей на якість харчових яєць;

– визначити ефективність застосування для утримання курей-несучок збагачених кліток багатоярусних кліткових батарей.

Об'єкт дослідження: збереженість та несучість курей, жива маса несучок, маса яєць, витрати корму, обсяги одержання яєць та ячної маси.

Предмет дослідження – ефективність виробництва харчових яєць за використання збагачених кліток багатоярусних кліткових батарей.

Методи досліджень: зоотехнічні (визначення збереженості, несучості курей, живої маси несучок, витрат корму, обсягів одержання яєць та ячної маси); статистичні (обробка експериментальних даних, визначення середніх величин та їх похибок, вірогідності різниці); аналітичні (огляд літератури, аналіз і узагальнення результатів досліджень).

Наукова новизна одержаних результатів. Встановлено, що застосування для утримання курей-несучок промислового стада збагачених кліток, які додатково до звичайних містять затемнену зону під гніздо для відкладання яєць, абразивні килимки для вкорочення кігтів та чистки дзьоба, а також сідала (15 см на 1 курку-несучку), сприяє підвищенню збереженості поголів'я на 2,6 % ($p < 0,001$), несучості на початкову несучку – 4,3 % ($p < 0,001$), а на середню несучку – на 5,0 % ($p < 0,001$), за зниження витрат корму на 9,7 % ($p < 0,001$), порівняно з птицею першої групи, яку утримували у звичайних клітках, за підтримання оптимальної живої маси та маси яєць.

Виявлено, що умови утримання курей-несучок, а саме використання для їх утримання звичайних та збагачених кліток багатоярусних кліткових батарей, не позначається на якісних характеристиках харчових яєць, таких як колір жовтку, товщина та міцність шкаралупи, а також одиниці ХАУ.

Практичне значення одержаних результатів. Рекомендовано для утримання курей-несучок промислового стада використовувати збагачені клітки, які додатково до звичайних містять затемнену зону під гніздо для відкладання яєць, абразивні килимки для вкорочення кігтів та чистки дзьоба, а

також сідала (15 см на 1 курку-несучку), порівняно із звичайними клітками. Дане устаткування сприяє підвищенню збереженості поголів'я на 2,6 % ($p < 0,001$), несучості на початкову несучку – 4,3 % ($p < 0,001$), а на середню несучку – на 5,0 % ($p < 0,001$), за зниження витрат корму на 9,7 % ($p < 0,001$), за підтримання оптимальної живої маси та маси яєць, що в кінцевому результаті забезпечує отримання отримання додатково 853 шт. яєць та 24,2 кг (на 4,0 %) яйцемаси у розрахунку на 1 м² пташника.

Особистий внесок здобувача. Здобувач самостійно здійснив аналіз літературних даних за темою роботи, описав отримані результати аналізу літературних джерел, опрацював методики проведення досліджень, провів експериментальні дослідження, здійснив статистичну обробку отриманих первинних даних та за допомоги наукового керівника сформував висновки та пропозиції.

Структура і обсяг роботи. Бакалаврська робота складається зі вступної частини, огляду літератури, експериментальної частини, висновків, пропозицій виробництву та списку літератури. Робота викладена на 62 сторінках та містить 5 таблиць. Список літератури має 151 найменування.

РОЗДІЛ І

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Птахівництво є однією з сільськогосподарських галузей, яка активно розвивається у всьому світі. Воно забезпечує велику кількість високоякісного білка (м'яса та яєць) для споживання людиною. Останнім часом птахівництво зіткнулося з багатьма викликами, включаючи глобальне зростання населення, зміну клімату, дефіцит кормів, економічний спад та появу хвороб. Щоб протистояти цим викликам, існує критична потреба у підвищенні продуктивності та покращенні якості продукції птахівництва. Яєчна промисловість є однією з основних галузей птахівництва, яка приваблює багато інвестицій у всьому світі. У кількох країнах яйця вважаються найдешевшим і найкориснішим джерелом тваринного білка. Яйце – це натуральний продукт (нутрицевтик = поєднання харчування та фармацевтики), який забезпечує необхідні поживні речовини для здоров'я людини. Ціле куряче яйце містить високий рівень води (приблизно 75 %) та складається з органічних та неорганічних компонентів [47, 58]. Яйця багаті на амінокислоти, жирні кислоти, мінерали та вітаміни. Таким чином, вони вважаються повноцінним продуктом харчування та займають особливе місце серед споживачів. Натуральні яйця та продукти з них містять антиоксиданти, протизапальні, імуномодулюючі та протиракові компоненти, які можуть допомогти у підтримці біологічних процесів в організмі людини та захистити такі органи, як серце, від багатьох захворювань [35, 92, 94, 143]. Їх також називають функціональними продуктами харчування [16, 107] завдяки їх корисному впливу на здоров'я людини. Нетрадиційні яєчні продукти, такі як рідкий яєчний білок, заморожені яйця, сублимований яєчний порошок, пастеризовані яйця та гомогенізовані яйця, стали популярними серед споживачів у всьому світі. Незважаючи на високу харчову цінність яєць, деякі дієтологи рекомендують обмежити їх споживання для зниження серцево-судинних захворювань. Однак, численні клінічні та епідеміологічні дослідження не виявили жодних доказів зв'язку між

споживанням холестерину, отриманого з яєць, та підвищенням загального холестерину в крові [110].

1.1. Перспективи розвитку яєчного птахівництва

Кури-несучки мають високий потенціал для перетворення корисних поживних речовин корму, отриманих з раціону, в яйця. Вони також можуть виробляти більше антитіл, ніж інші тварини, що значно зменшує кількість тварин, необхідних для синтезу таких антитіл [103, 106, 116]. Яйця птиці можна збагатити, додавши певні життєво важливі компоненти (активні біологічні речовини), які зазвичай не містяться в продукті, забезпечуючи користь для здоров'я та високу харчову цінність. Вони споживаються як частина звичайного раціону і водночас мають потенціал для підвищення імунітету та зниження ризику захворювань. Відповідно, були розроблені програми розведення та годівлі несучок для виробництва яєчних продуктів з додатковими корисними речовинами, такими як омега-3, та зменшенням вмісту небезпечних речовин, таких як холестерин, а саме ліпопротеїни низької щільності (зміна профілю жирних кислот). Яйця можна отримувати з високим вмістом вітамінів, мінералів, холіну, поліненасичених жирних кислот, таких як омега-3; антитіл, таких як IgY; антиоксидантів, таких як лютеїн. Збагачені продукти харчування – це звичайні продукти, збагачені речовинами, що сприятливо впливають на організм людини. Ці продукти мають вигляд звичайних продуктів і регулярно споживаються як частина раціону. Збагачені яйця характеризуються високою концентрацією корисних для здоров'я компонентів, таких як омега-3 жирні кислоти, вітамін Е, антиоксиданти, каротиноїдні пігменти та мінерали, такі як цинк, а також знижують рівень холестерину в жовтку. Хоча розроблені продукти із збагачених яєць є цікавими та привабливими для споживачів [104, 129], вони повинні пройти юридичні, етичні, соціальні та економічні дослідження, перш ніж будуть широко прийняті.

Швидкість та якість виробництва харчових яєць є основними детермінантами економіки птахокмплексів з розведення курей-несучок і залежать від кількох генетичних та екологічних факторів. Система утримання та

годівлі птиці є важливими екологічними факторами, які можуть покращити добробут тварин та забезпечити виробництво продукції вищої якості [4]. Покращення здоров'я курей-несучок та виробництво високоякісних і безпечних яєць зараз є пріоритетами для всіх ферм з розведення курей. Органічні яйця отримують на фермах вільного вигулу, які дотримуються різних стандартів управління, утримання та виробництва яєць, включаючи джерело компонентів раціону, щільність посадки, температуру, освітлення, вентиляцію, здоров'я стада та систему біобезпеки. Органічне виробництво стосується не лише якості кінцевого продукту, але й усього виробничого процесу, який повинен підлягати суворому контролю якості та безпеки. Найближчим часом етап утримання курей-несучок буде регулярно розширюватися для покращення економіки виробництва та впливу на навколишнє середовище. Деякі птахокомплекси з утримання курей-несучок вже отримують до 500 яєць на курку протягом упродовж виробничого циклу, зменшуючи потребу в заміні курей-несучок та покращуючи економіку та сталий розвиток. Селекціонерам та дослідникам буде складно оптимізувати генетику та системи утримання, щоб підтримувати здоров'я цих курей. З іншого боку, обізнаність селекціонерів та споживачів щодо добробуту птиці зросла за останні роки, і в результаті зросла увага до виробництва яєць вищої якості. Споживачі, особливо в розвинених країнах, гостро усвідомили зв'язок між харчуванням та здоров'ям. Вони більше зацікавлені в компонентах раціону, які споживають птахи, та їх якості. Крім того, вони зацікавлені в продуктах, отриманих з альтернативних та збагачених систем утримання птиці [112, 113], які є натуральними, органічними та безпечнішими для здоров'я людини. Завдяки своїй корисній дії багато з цих яєчних продуктів доступні в Сполучених Штатах, Китаї та деяких європейських країнах і широко прийняті споживачами. Нещодавно розроблені яєчні продукти є очевидним прикладом цих здорових продуктів, які також є економічно цікавими, оскільки дозволяють птахівникам впроваджувати нові продукти у вигідному обміні. Таким чином, споживачі готові платити преміальну ціну за

асортимент збагачених продуктів, які на 15–20 % вищі за середню ціну продукту, як зазначають Siró I. з колегами [125].

Наразі комерційні кури-несучки починають нестися приблизно у 20-тижневому віці та продовжують нестися протягом 52 тижнів. Вчені та виробники яєць розробили практичні стратегії розведення, утримання та годівлі для покращення виробництва яєць, досягнення найвищої якості продукції та продовження виробничого періоду. Таким чином, науковці продемонстрували, що, дотримуючись певних програм розведення та утримання, можна зберегти продуктивність несучок до 100-тижневого віку та підтримувати якість отриманих яєць. Утримання стада несучок протягом триваліших виробничих періодів має вирішальні переваги для добробуту тварин, економіки та підвищує стійкість. Це знижує виробничі витрати за рахунок скорочення простоїв, а витрати на курку/один раз за цикл можна розподілити на набагато довший виробничий період. Тому актуальним є дослідження практичних стратегій та конкретних рекомендацій виробникам щодо удосконалення технології виробництва харчових високої якості.

1.2. Основні напрями підвищення ефективності виробництва харчових яєць

1.2.1. Стратегія селекції та генетичного покращення

Несучість вважається однією з найважливіших економічних ознак у птахівництві, тому дослідників та генетиків у галузі селекції займалися покращенням цієї ознаки як основної мети в програмах розведення курей-несучок. У сучасному птахівництві кількість яєць є найважливішою бажаною ознакою при відборі курей за несучістю [80]. Загальновідомо, що ознаки несучості контролюються кількома складними генами [59]. Методика селекції з використанням молекулярних маркерів може бути ефективним, точним та швидким методом покращення різних ознак несучості. Вона широко використовується в селекції тварин завдяки своїм численным перевагам порівняно з традиційною селекцією [28, 145]. Крім того, результати

молекулярно-генетичних досліджень мають вирішальне значення в системах прогнозування племінної цінності та розробці комерційних кросів та ліній. Асоціативні дослідження ідентифікованих одонуклеотидних поліморфізмів (SNP) у генах, що корелюють з ознаками несучості, призвели до розуміння нормальних відмінностей між особинами, що буде корисним для покращення селекції тварин з потенційними економічними вигодами [23]. Підхід до дослідження конкретного бажаного SNP передбачає новий та тривалий процес ідентифікації молекулярного маркера ДНК для гена основного ефекту. Holsinger K. E. та Weir B. S. [62] наголосили на важливості виявлення різних SNP у геномах багатьох видів, що дозволяє досліджувати загальногеномні сигнатури в селекції шляхом оцінки варіації частот алелів маркерів серед цих популяцій. SNP кількох генів-кандидатів використовувалися для ідентифікації генів, пов'язаних з продуктивними ознаками [146, 149].

Птахівництво високо цінує програми селекції, засновані на генах-кандидатах асоційованих з несучістю курей, таких як репродуктивні гормони [10]. Liu Z. та ін. [80] досліджували генетичну архітектуру несучості та вимірювали кілька ознак, таких як вік знесення першого яйця. Використовуючи лінійну змішану модель, вони провели загальногеномні асоціативні дослідження (GWAS) на 1078 курях породи Род-Айленд Ред. Ґрунтуючись на селекції з використанням маркерів, їх висновки можуть забезпечити перспективні гени та SNP-маркери для підвищення несучості курей. Виходячи з важливості ролі яєчників курей у несучості, було проведено численні дослідження для виявлення потенційних генів-кандидатів на рівні транскриптома та їх просторово-часових профілів експресії за різних фізіологічних станів курей або умов несучості, а також SNP генів, пов'язаних з несучістю [26]. Генотипування молекулярних маркерів є загальною вимогою для картування кількісних локусів ознак (QTL) та підходу GWAS, і воно може бути основою для поєднання цих підходів. Перспективи ширших селекційних індексів на основі молекулярної генетики розширюються, і виробничники вже

використовують ці передові інструменти для вирішення деяких основних проблем яєчної галузі на благо курей, споживача та навколишнього середовища.

З розвитком біотехнологій, біофортificaція харчових продуктів з використанням таких технологій, як рекомбінантна ДНК та процедури ферментації, набула популярності в секторі птахівництва. Нові біотехнології допомагають у розробці генетично модифікованих курей (трансгенних курей), яких можна використовувати для виробництва яєць з лікувальними властивостями, такими як інсулін для лікування діабету та різні антитіла для лікування мікробних токсинів [134]. Трансгенних несучок можна використовувати для генерації антитіл в альбуміні їх яйця [16]. Антитіла до яєчного жовтка (EYA) – це антиген-специфічні антитіла, що утворюються шляхом підшкірного або внутрішньом'язового введення специфічного антигену курям, що призводить до розвитку антитіл IgY [76, 126]. Яйця можна використовувати як джерело імуногенів, що зміцнюють імунну систему людини, особливо дітей, та захищають їх від деяких захворювань [132]. EYA також можна використовувати як антибактеріальні та противірусні засоби у людей та тварин для лікування кишкових інфекцій, спричинених кишковою паличкою, коронавірусами (такими як COVID-19) та ротавірусами [93].

Успішний прогрес у селекції та генетиці птахівничої галузі скоротив розрив між доступністю та попитом на тваринний білок, постачаючи м'ясо та яйця. Сучасні методи селекції, такі як геноміка, повністю автоматизовані вимірювання та інші масштабні інвестиції в розширення наших програм досліджень і розробок у галузі селекції, значною мірою сприяли успіху сектору виробництва харчових яєць. Селекційні зусилля тривають та спрямовані на покращення конверсії корму несучок, щоб отримувати більше яєчної маси на грам споживаного корму. Покращення стійкості несучки має значний вплив на ефективність годівлі курей. Птиця, яка залишається здоровою та продуктивною, має менший ризик розвитку ожиріння та може використовувати поживні речовини зі свого раціону набагато ефективніше, ніж та, яка припиняє несучість або має довший період між циклами несучості. Останнім часом основна

причина виснаження стада часто пов'язана не зі стійкістю несучості, а з якістю шкаралупи, яка погіршується з віком. Яйця низької якості, особливо ті, що мають слабку шкаралупу, можуть збільшити витрати на упаковку яєць та викликати скарги клієнтів [141]. Шкаралупа яєць – це зовнішня кальцифікована оболонка, що складається приблизно з 95 % кристалів карбонату кальцію. Вона захищає яйця від мікробного вторгнення та фізичних пошкоджень і зберігає якість яєць. Майже 10 % яєць, отриманих від промислового стада несучок, розбиваються через розтріскування слабкої шкаралупи, що завдає значних фінансових збитків яєчній галузі. Селекціонери та дослідники постійно розробляють кроси курей з високою несучістю [24], і було досягнуто деяких покращень міцності шкаралупи. Генетична регуляція формування шкаралупи та її біологічні шляхи надзвичайно складні та не до кінця вивчені. Відомо про нові гени та біологічні шляхи, що беруть участь у біомінералізації шкаралупи, проте потрібні додаткові дослідження, щоб краще зрозуміти генетичну структуру шкаралупи та генетичні фактори, що впливають на її якість.

Вчені та виробники яєць останнім часом посилили свою увагу до селекції курей на покращення якості яєць. Успішне збереження продуктивності курей-несучок протягом 100 тижнів більше не є винятком. Кільком виробникам харчових яєць у всьому світі вдається повністю реалізувати генетичний потенціал своїх курей, але раннє виснаження призводить до втрати генетичного потенціалу сучасних курей-несучок [141]. Розведення довговічних курей-несучок може допомогти селекціонерам заощадити виробничі витрати, покращити добробут курей та зменшити вуглецевий слід на навколишнє середовище [24, 141]. Довговічна курка-несучка здатна давати 500 яєць за 100-тижневий цикл несучості. Покращення годівлі курей та ретельний моніторинг її поведінки для забезпечення належного добробуту необхідні для повної реалізації переваг генетичної селекції для покращення стійкості несучості та стабільності якості яєць [24]. Однак несучість є складною метричною ознакою, і багато авторів зацікавлені у вивченні несучості та пов'язаних з нею ознак, таких як вік та маса тіла. Ключем до досягнення генетичного покращення через

ланцюжок створення вартості є збалансоване розведення за всіма продуктивними ознаками. Здоров'я та добробут птиці є ключовими факторами, які слід включати до програм селекції. Щоб встигати за довшими циклами, ці фактори слід забезпечити сучасним промисловим курям-несучкам. Такий збалансований підхід до визначення ознак вимагає глибоких знань та врахування фізіології та харчових потреб птиці на всіх етапах виробництва харчових яєць. Він також залежить від методів управління та репродуктивного статусу курей. Довговічні кури-несучки можуть успішно використовуватись протягом триваліших циклів лише за умови правильного утримання. Вчені-селекціонери застосовують додатковий селекційний тиск на розвиток, стійкість та життєздатність курей-несучок за допомогою нових програм селекції. Стійкість – це широкий термін, який часто стосується здатності курки-несучки справлятися з такими викликами, як хвороби або стресові фактори навколишнього середовища. Вкрай важливо, щоб кури-несучки могли справлятися з хворобами та іншими стресовими факторами. Розробляються нові методи генетичної модифікації птиці, щоб зробити їх стійкими до певних захворювань [141].

Незважаючи на значний прогрес у програмах селекції курей за останні 50 років та використання сучасних біотехнологічних підходів, деякі традиційні методи селекції продовжують займати особливе місце та значення серед дослідників і селекціонерів у розвинених та країнах, що розвиваються. Схрещування є одним із таких інструментів, який досі використовується науково та комерційно в багатьох країнах, таких як Китай, Індія, Туреччина, Пакистан та Єгипет. Йому надають перевагу з різних причин, включаючи його ефективність, здатність служити багатьом цілям, простоту впровадження, відсутність потреби в більш просунутих методах або матеріалах, а також низьку вартість. Схрещування (генетичне схрещування) відіграє значну роль у підвищенні продуктивності курей. Крім того, воно збільшує гетерозиготність неадитивних генів, що призводить до гетерозису, який є критично важливим для стійкості до несприятливих умов навколишнього середовища. Кілька країн

страждають від дефіциту високопродуктивних комерційних ліній курей, які також є адаптивними. База генетичних ресурсів місцевих курей може служити основою для генетичної диверсифікації та вдосконалення, що призведе до появи нових кросів, краще адаптованих до місцевих умов. Місцеві кури мають бажані характеристики, такі як стійкість до хвороб, більша стійкість до стресових факторів, чудова адаптивність до місцевих кліматичних умов, вища життєздатність, ніж у комерційних гібридних кросів, за місцевих виробничих умов, а також чудовий смак і аромат продукції [3, 5, 51, 139]. Однак селекціонери використовують два інструменти для покращення несучості у птиці: перший - це відбір найкращих птахів, які будуть використовуватися як батьки наступного покоління [52], а другий – програми схрещування. Крім того, аналіз відмінностей у продуктивних показниках гібридів допомагає визначити найкращі можливі комбінації енергії гібридів на основі поставлених цілей [98]. Попередні дослідження показали, що схрещування покращує генетично кількісні ознаки, такі як маса тіла птиці та несучість [5, 68, 70, 128]. Схрещування між адаптованими місцевими курми та екзотичними стандартними породами дозволить використовувати стійкість перших та продуктивні показники других для отримання адаптованих та більш продуктивних генетичних типів. Крім того, енергія гібридів (гетерозис) може бути корисним інструментом для створення кросів курей [20, 21]. Синтез нової гібридної лінії є важливим для досягнення високої продуктивності курей-несучок. Ця нова гібридна лінія відображає ступінь, до якої показники гібрида за однією або кількома ознаками кращі, ніж середні показники двох батьків.

Sharma M. K. з колегами [120] дійшли висновку, що лінія курей-несучок значно впливає на продуктивність, показники якості яєць, а також мікробіологію клоаки та шкаралупи. Кури Ну-Line Brown перевершили W-36 за показниками виробництва яєць та якості за умови їх утримання у збагачених клітках. Таким чином, вони повідомили, що лінія курей-несучок повинна враховуватися при виборі технології утримання. Тому селекціонери та дослідники зараз зосереджуються на взаємодії генетики та навколишнього

середовища, щоб досягти повного генетичного потенціалу курей. Вкрай важливо повністю зрозуміти цей взаємозв'язок. Недостатньо лише покращити генетичну структуру курей та нехтувати умовами навколишнього середовища, що їх оточують.

1.2.3. Стратегія збагачення умов утримання птиці

Краще управління та добробут, а також забезпечення відповідного середовища є необхідними передумовами для використання генетичного потенціалу в поєднанні з генетичним покращенням [91]. Останнім часом спостерігається сильне бажання споживачів покращити управління тваринами та добробут на птахофермах, особливо у виробництві харчових яєць. Вчені та селекціонери стикаються зі складним завданням у визначенні ідеальних умов утримання для курей, враховуючи існуючі зміни в навколишньому середовищі [48]. Крім того, слід додатково дослідити сталий розвиток яєчної галузі, щоб покращити системи утримання, які відповідають потребам курей-несучок та мінімізують екологічний слід виробництва яєць. Умови утримання птиці є одним з найважливіших факторів навколишнього середовища, що впливають на вирощування, здоров'я, добробут та виробництво птиці. Система утримання включає кілька критичних факторів, таких як щільність посадки, які можуть значною мірою впливати на продуктивність птиці, якість продукції та добробут, прямо чи опосередковано. Впровадження міркувань та уявлень про добробут тварин призвело до додаткових змін у технології утримання курей-несучок, що вплинуло на виробничу практику у промисловій яєчній галузі. Розробка систем утримання курей-несучок, таких як збагачені клітки або системи вільного виходу, призвела до прогресу, причому проблеми добробуту були рушійною силою цього прогресу [75].

Konkol D. та ін. [73] виявили, що забезпечення додаткових годівниць у обладнаних кліткових системах покращує поведінку та добробут курей-несучок.

Споживачі виявили особливий інтерес до продуктів птахівництва, отриманих з альтернативних систем утримання та вільного виходу, оскільки ці продукти вважаються свіжими, чистими, здоровими та містять менше речовин, які можуть зашкодити здоров'ю людини [44, 112, 113]. Через підвищену обізнаність про добробут тварин та вплив на навколишнє середовище серед виробників та споживачів, багато ферм з виробництва яєць перелаштовуються на збагачені клітки, безкліткове утримання та системи моніторингу. У деяких європейських країнах такі рішення, як зміна системи виробництва яєць на птахофермах, повинні підлягати оцінці сталого розвитку, яка включає добробут тварин, екологічні, соціальні та економічні аспекти. Стратегії контролю навколишнього середовища є альтернативами для зменшення впливу на навколишнє середовище безкліткових та збагачених вольєрних систем утримання. Оцінка наслідків цих стратегій стала важливою процедурою для розробки оптимальних систем утримання курей-несучок з низьким впливом на навколишнє середовище та високою прибутковістю [54].

Традиційні клітки звичайних батареїних систем довгий час вважалися найефективнішими та найефективнішими для птахокомплексів з виробництва харчових яєць, але кліткова система негативно впливає на добробут курей [108]. Концепція добробуту тварин трансформувалася в конкретні рекомендації. Як наслідок, альтернативні системи утримання стають все більш поширеними для кращого виконання аспектів добробуту в країнах, що розвиваються [88]. Вольєри та збагачені кліткові системи – це дві широкі категорії альтернативних систем утримання курей, включаючи збагачення середовища та облаштування кліток. Збагачення середовища або облаштування кліток – це модифікація кліток або вольєрів інструментами для покращення біологічних функцій та поведінкової активності птиці [27, 90]. Клітки зі збагаченим середовищем розроблені з урахуванням специфічних особливостей, які заохочують щоденну активність курей та надають більше можливостей для кращого використання простору [37]. Достатній простір у клітках та вольєрах є кращим для того, щоб кури могли виражати природну поведінку, таку як махання крилами, сидання,

гніздування, купання в пилу, прогулянки та фізичні вправи [44, 79]. Крім того, кури демонструють кращий фізіологічний стан ніг та знижену боязкість внаслідок збагачення середовища. Збільшений доступний простір та більша свобода руху призводять до збільшення фізичної активності, що позитивно впливає на якість продукції [44]. Покращений добробут та поведінка курей-несучок у збагачених клітках та вольєрах підвищує рівень комфорту порівняно зі звичайними клітками [97, 133]. Порівняно зі збагаченими клітками, звичайні клітки можуть призвести до більшого часу вигулу, поведінкових переходів, вищої постави та підвищеного рівня стресу [108]. Збагачені клітки корисні з точки зору стресу, реакцій на страх та агресію [29, 38]. Завдяки їх рівномірному розподілу в клітках, продуктивність та репродуктивні показники курей покращуються в збагачених клітках [37].

Загальновідомо, що курей-несучок для отримання харчових яєць можна утримувати на глибокій підстилці, у клітках та в системах вільного вигулу. Протягом кількох років спостерігається постійне зменшення кількості курей, що утримуються в звичайних кліткових системах, на користь збагачених або некліткових систем (таких як системи вільного вигулу та органічні системи) [41, 127]. Однак, порівняно з традиційними клітками та системою утримання на глибокій підстилці, збагачені клітки, системи вільного вигулу та органічні системи сприяли більшій частці комфортної поведінки, забезпечуючи вищий рівень поведінкового благополуччя курей-несучок [41, 127]. Вольєри, збагачені клітки та системи вільного вигулу повинні допомагати птиці з точки зору житла та природної поведінки, дозволяючи їм підвищити загальну активність курей, зменшити стрес, знизити ризик імуносупресії та покращити стан здоров'я і благополуччя [41, 87].

З іншого боку, альтернативні системи утримання досі не використовуються на промислових птахокомплексах в деяких країнах. За даними Sharma M. K. та ін. [120], утримання курей-несучок має значний вплив на продуктивність, показники якості яєць, а також клоакальний та шкаралупний мікробіом. Несучки, що утримувалися у звичайних клітках та на вільному

вигулі, мали вищу несучість та нижчий коефіцієнт конверсії корму, ніж кури, що утримувалися у збагачених клітках. Однак більшість вимірних параметрів якості яєць для вільного виходу були проміжними між звичайними клітками та збагаченими клітками для курей-несучок. Крім того, у курей вільного виходу спостерігалось вище бактеріальне забруднення шкаралупи яєць, ніж у традиційних клітках та збагачених клітках. Погоджуючись з цим, Leyendecker M. з колегами [78] повідомили, що відсоток брудних яєць був вищим у системах утримання на вільному виходу, ніж у критих кліткових системах. Хоча системи вільного виходу корисні для комфортних характеристик кісток та пір'я, вони також мають недоліки, такі як збільшення споживання корму, брудні яйця, а також збільшення деформацій ніг та інших проблем з ногами [41]. Однак, за даними Dikmen B. Y. та ін. [41], виробничі характеристики (такі як кінцева маса тіла), якість пір'я та інфекції ніг курей-несучок у звичайних та збагачених клітках були однаковими. Навпаки, Appleby M. C. та ін. [22] повідомили про зменшення проблем з ногами та пошкодження пір'я у збагачених клітках, ніж у звичайних клітках, залежно від кількості курей у клітці. Більше того, вольєрні системи спричиняють більше брудного оперення, ран, аномалій кіля та деформацій ніг, ніж збагачені та звичайні клітки.

Загалом, пір'яний покрив та втрата пір'я були спричинені клюванням голови у вольєрній системі та подряпинами об клітки у збагачених та звичайних клітках [32]. Englmaierová M. та ін. [49] виявили, що кури, яких утримували у традиційних клітках мали вищу несучість, нижче добове споживання корму та нижчий коефіцієнт конверсії корму порівняно з утриманням на підстилці та у вольєрах. Крім того, якість шкаралупи та білка яєць була кращою у звичайних клітках, тоді як кури, що утримувалися у збагачених клітках та вольєрах, несли яйця з вищим жовтковим індексом. Система утримання мала суттєвий вплив на загальну кількість бактерій на поверхні яєць, а також на мікробіологічне забруднення ентерококами та кишковою паличкою. Найвищі значення загального бактеріального забруднення були виявлені в яйцях, відкладених на підстилці, тоді як найнижчі значення були виявлені в яйцях зі звичайних та

збагачених кліток. Автори дійшли висновку, що збагачені клітки та вольєри є кращою альтернативою звичайним кліткам, ніж підстилки, з точки зору безпеки яєць. Крім того, відомо, що кури, вирощені в збагачених клітках, демонстрували вищу несучість та якість яєць, ніж ті, що вирощені в звичайних клітках та вольєрних системах, тоді як кури, вирощені в вольєрній системі, мали вищий рівень заплідненості.

Наразі у світі промислове птахівництво використовує кілька систем утримання та вирощування птиці. Ці системи розробляються кожною країною відповідно до її пріоритетів та економіки. Системи утримання птиці, загалом, мають переваги та недоліки, які залежать від використовуваної лінії (кросу), місцевих умов навколишнього середовища та управління фермою. Тим не менш, залишається незмінним та узгодженим правилом, що кури, вирощені на підстилці (підлозі) або у відкритих системах, більш схильні до інфекцій, ніж ті, що вирощені у збагачених клітках або в приміщенні. Крім того, збагачене середовище утримання курей-несучок покращує поведінку, адаптацію, добробут та якість продукції курей.

1.2.3. Стратегія годівлі для збагачення яєць та підвищення несучості курей

Яйце – це найповніший продукт харчування, що міститься в природі, з високоякісними білками та співвідношенням ненасичених жирів до насичених жирів 2:1. Воно є чудовим джерелом заліза, фосфору, інших мінералів та вітамінів, крім вітаміну С [82]. Високоякісні білкові продукти, такі як яйця, зазвичай можуть підтримувати ріст і розвиток немовлят, дітей та підлітків. Велике яйце (середня вага 65 г) містить приблизно 200 мг холестерину. Найбільшу увагу в дослідженнях щодо зниження рівня холестерину в яйцях приділяють корегуванням раціонів. Додавання натуральних речовин, таких як часник, рослинні стероли та n-3 поліненасичені жирні кислоти, до раціону птиці знижує рівень холестерину в жовтку яєць [124]. Крім того, яйця є природним джерелом високої концентрації холіну, приблизно 147 мг на одне

велике яйце [81, 136]. Холін є важливою поживною речовиною, що бере участь у багатьох біологічних процесах, і він регулює ріст і розвиток немовлят та дітей ясельного віку через численні біологічні шляхи. Холін також важливий для цілісності клітинної мембрани, метаболізму метильної групи, холінергічної нейротрансмісії, трансмембранної сигналізації, транспорту та метаболізму ліпідів і холестерину [65, 81, 136, 137]. З іншого боку, яйця мають дефіцит вітаміну С (аскорбінової кислоти). Оскільки тварини не можуть синтезувати аскорбінову кислоту, цей вітамін слід отримувати з кормом, зокрема з овочів та фруктів. Аскорбінова кислота є потужним антиоксидантом, який відіграє важливу роль у метаболізмі організму та імунологічній регуляції [33].

Через свої нездорові звички багато людей страждають від недоїдання та нестачі кількох необхідних поживних речовин у своєму раціоні. Останнім часом споживачі звернули увагу на збагачення поживними речовинами раціонів курей-несучок для здоров'я птиці, продуктивності та навіть якості яєць. Збагачені яйця (також відомі як модифіковані яйця) відрізняються від традиційних яєць за певними компонентами, характеристиками та ефектами. Їх зазвичай називають дзбагаченими яйцями, оскільки вони забезпечують споживачам різні харчові та оздоровчі переваги. Збагачення широко споживаних продуктів було запропоновано як стратегію збільшення споживання омега-3 жирних кислот (n-3 ЖК). Омега-3 жирні кислоти – це поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), також відомі як n-3 жирні кислоти. Через широке споживання яєць та здатність змінювати вміст омега-3 в них через раціон курей, вони вважаються ідеальною мішенню для збагачення [99]. n-3 жирні кислоти, також α -ліноленова кислота, вважаються необхідним поживним елементом, оскільки вона не може вироблятися організмом людини і повинна отримуватися з їжею. Оскільки птахи та тварини не можуть синтезувати ці n-3 жирні кислоти, вони необхідні в раціоні. Риб'ячий жир, льняна олія, ріпакова/канолова олія, соняшникова олія, соєва олія та морські водорості є добрими джерелами омега-3 жирних кислот. На жаль, продукти з високим вмістом цих n-3 жирних кислот, такі як лляний та риб'ячий жири, мають неприємний смак та консистенцію, що

робить їх непривабливими для більшості людей. Тому дуже важливо підвищити рівень цих кислот в яйці, не впливаючи на їх сенсорні властивості, тоді як споживання одного яйця щодня задовольняє потреби людини [55]. Було виявлено, що омега-3 жирні кислоти покращують стан кровоносних судин та серця, знижують ризик атеросклерозу, зменшують запальні процеси та в деяких випадках мають протиракову дію [30, 31, 148]. За даними Ahmad S. та ін. [11], годівля курей-несучок раціонами з високим вмістом ПНЖК та нижчим співвідношенням лінолевої кислоти до α -ліноленової кислоти може призвести до отримання яєць, збагачених ПНЖК, з незначним негативним впливом на виробничі показники та склад яєць. Підвищений вміст ПНЖК у яйцях може зробити їх більш схильними до окислення та зміни смаку [135]. Рішення полягає в одночасному додаванні антиоксидантів – вітаміну Е, селену та каротиноїдів, що підвищує стабільність поліненасичених жирних кислот під час зберігання та приготування яєць, покращує смак, а яйце додатково збагачується антиоксидантами, які мають позитивні фізіологічні переваги для споживачів. Для цієї мети зазвичай використовуються токоферол (вітамін Е), селен та каротиноїди. Вітамін Е та каротиноїди можна додавати в широкому діапазоні, оскільки вони не мають негативного впливу на якість яєць чи здоров'я споживачів [55]. За даними Narahari D. [102], вміст вітаміну Е в збагачених яйцях можна збільшити до чотирьох разів, а у випадку каротиноїдів необхідно враховувати колір яєчного жовтка. Деякі споживачі пов'язують колір яєчного жовтка (від світло-жовтого до помаранчевого) зі здоров'ям курей та якістю яєць [56]. Додавання селену як антиоксиданту має бути ретельно дозованим, оскільки вищі концентрації цього елемента шкодять здоров'ю людини.

Яйця, збагачені каротиноїдами (ліпідорозчинними біоактивними сполуками), є відносно новою особливістю яєчних продуктів. Каротиноїди природним чином присутні в яєчному жовтку в різних кількостях залежно від раціону курей. Загалом, яйця з насиченим жовтим або помаранчевим жовтком кращі за ті, що мають блідий жовток. За даними Sünder A. та ін. [131], додавання борошна з квіток чорнобривців прямостоячих (*Tagetes erectus*) та

шпинату (*Spinacia oleracea*), суміші 25 % квіток чорнобривців та 75 % шпинату (як джерел каротиноїдів), є доцільним для покращення кольору жовтка в органічно отриманих харчових яйцях.

Лютеїн, зеаксантин та капсантин (натуральний червоний барвник ксантофілу) – це каротиноїдні пігменти, багаті на провітамін А. Вони можуть служити антиоксидантами та протираковими засобами, а також забезпечувати привабливий колір жовтка. Збагачення кормів природними джерелами, такими як екстракти чорнобривців та люцерни, є джерелами лютеїну. Лютеїн, як антиоксидант, виконує кілька важливих функцій в організмі, включаючи захист сітківки ока [124]. Інші джерела, такі як кукурудза та червоний перець (перець чилі), містять різні каротиноїди, включаючи зеаксантин та капсантин, які також важливі для здоров'я очей [2]. Крім того, було показано, що лікопен (вуглеводневий каротиноїд) має потужні антиоксидантні властивості, які можуть допомогти знизити ризик раку простати [105, 144]. Збагачення яєць лікопеном можна досягти шляхом збагачення корму томатним порошком (5–10 г/кг раціону) [12]. Ця добавка збільшує несучість та покращує колір жовтка. Крім того, лікопен може потенційно зменшити перекисне окислення ліпідів жовтка [12].

Деякі автори стверджували, що функціональні продукти харчування можуть знизити ризик захворювань та покращити фізіологічний стан здоров'я людини [69, 101, 123, 125]. Збагачення яєць імуномодуляторами вважається новим аспектом виробництва яєчних продуктів. Яйце є життєздатним альтернативним джерелом антитіл. Імуноглобулін Y (скорочено IgY) є найпоширенішим імуноглобуліном у яєчному жовтку. Курячі яйця багаті на антитіла, такі як IgY, який є дешевшим та ефективнішим, ніж імуноглобулін ссавців IgG [100]. Цей IgY може лікувати ротавірусні, стафілококові, стрептококові та сальмонельозні інфекції людини [100]. Годівельні маніпуляції можуть підвищити рівень IgY в яйці. Рівень IgY в яйці можна підвищити за допомогою певних рослинних харчових добавок з високим вмістом омега-3 жирних кислот та антиоксидантів. Листя базиліка та інші трави, такі як

розмарин, куркума, часник, пажитник та спіруліна, можуть покращити рівень IgY в яйці [100, 124].

Крім того, важливість збільшення споживання фолієвої кислоти людьми стає все більш визнаною. Фолат належить до групи водорозчинних молекул, заснованих на структурі фолієвої кислоти, або птероїлмоноглутамату, але варіюється за ступенем окислення та кількістю залишків глутамату [118]. Доведено, що підвищене споживання цього вітаміну жінками в периконцепційний період зменшує виникнення [39] та рецидивів [89] аномалій нервової трубки у дітей, таких як розщеплення хребта. Харчові продукти природно не містять фолієвої кислоти в значних кількостях. Однак саме ця форма використовується у вітамінних добавках, збагачених продуктах харчування та вітамінних преміксах завдяки своїй стабільності та комерційній доступності. Ефективність цих методів підвищення рівня фолату в сироватці крові у загальній популяції ще не повністю досліджена [117]. Однак, для забезпечення достатньої кількості фолату всіма сегментами населення можуть знадобитися додаткові зусилля, такі як використання добавок у певних цільових групах (жінки дітородного віку) та навчання споживачів вживати продукти, багаті на фолат. Природний рівень фолату в яйцях становить близько 22 мкг на велике яйце [138], що еквівалентно 6 % від нещодавно встановленої добової потреби дорослих у фолаті [67]. Збільшення вмісту фолатів у яйцях може сприяти прийняттю споживачами яєць як частини здорової їжі [64].

Флавоноїди – це харчові поліфенольні хімічні речовини, що містяться в рослинах, такі як кверцетин, і вони відіграють важливу роль у покращенні продуктивності птиці та біологічних характеристик, таких як фітоестрогенний, імунний, антимікробний, антиоксидантний та протизапальний ефекти [122, 142, 150]. Було показано, що вітамін Е (також відомий як токоферол або альфа-токоферол) має несучий та позитивний імунорегуляторний вплив. За даними Amezor F. K. та ін. [19], додавання кверцетину та вітаміну Е до раціону збільшило рівень несучості (84,5 %), посилило імунну відповідь (концентрацію IgM та IgA) та покращило вагу жовтка, висоту жовтка та одиницю Хау у

старіючих племінних курей порівняно з тими, яких годували базальним раціоном. Таким чином, вони дійшли висновку, що поєднання кверцетину та вітаміну Е позитивно впливає на несучість, якість яєць та імунітет старіючих курей. Завдяки корисному впливу флавоноїдів, виробники яєць можуть збагачувати курячі яйця в раціонах, щоб забезпечити життєво важливе природне джерело флавоноїдів та сприяти здоров'ю споживачів.

Деякі рослини містять високий рівень омега-3 жирних кислот, каротиноїдів, фолієвої кислоти, флавоноїдів та інших біологічних компонентів. Їх краще використовувати в годівлі курей-несучок для багатьох цілей, включаючи підвищення продуктивності та якості яєць, а також досягнення високого економічного прибутку. Замість антибіотиків, нові природні матеріали з рослинних джерел використовуються як кормові добавки в раціонах птиці. Ці матеріали повинні забезпечувати безпечну та високоякісну їжу [7, 48]. Деякі з них часто використовуються в раціонах птиці як комерційні добавки та альтернативні кормові добавки для підвищення продуктивності та добробуту тварин завдяки їх численним перевагам для росту та здоров'я [14, 15, 40]. Вони також мають потенціал для покращення балансу кишкової мікробіоти, що важливо для регуляції метаболізму, проліферації кишкового епітелію та синтезу вітамінів [8, 13]. Ці природні добавки зараз розробляються як наноречовини для лікування кількох захворювань на птахокомплексах, включаючи дефіцит поживних речовин (недоїдання) та кокцидіоз. Вони також можуть стимулювати експресію різних генів, пов'язаних з ростом, метаболізмом та імунітетом [86].

Сучасні породи птиці відбираються для більшого та ефективнішого виробництва м'яса та яєць. Вони метаболічно активніші, що призводить до утворення клітинних вільних радикалів. Ці вільні радикали порушують клітинні процеси, посилюючи оксидативний стрес, запалення та імуносупресію. Нещодавно дослідники вивчили кілька рослинних продуктів та їх біоактивні сполуки на предмет їх здатності поглинати вільні радикали та відновлювати клітинну активність, необхідну для здоров'я та продуктивності птиці. Рослинні компоненти (такі як лікарське насіння рослин та ефірні олії рослин) поступово

набувають популярності на птахокомплексах завдяки своїй харчовій цінності та терапевтичним властивостям, а також тому, що не залишають залишків у продуктах [4]. Наприклад, ефірні олії рослин регулярно використовуються в раціонах курей для підтримки здоров'я птиці та покращення її продуктивності. Ці ефірні олії містять активні компоненти, які позитивно впливають на фізіологічні функції та лікувальні властивості, такі як протизапальна та антибактеріальна дія [46, 114]. Вони містять фітобіотики, феноли, флавоноїди, таніни та ефірні олії, які відіграють безліч ролей в організмі курей. Крім того, ботанічні або рослинні лікарські продукти вважаються фітогенними кормовими добавками для птиці, покращуючи масу яєць, характеристики ембріонів та знижуючи рівень триметиламіну в жовтку у курей-несучок [50]. Чебрець (*Thymus vulgaris L.*) вважається однією з найпоширеніших лікарських рослин у світі. Ефірна олія в сухому чебреці (активний екстракт) являє собою комбінацію монотерпенів, головним чином тимолу. Чебрець також містить фенольні сполуки, деякі біфеніли та флавоноїди, які, як було показано, мають антиоксидантні властивості та інші корисні властивості для птахів [34, 42, 43, 63]. Екстракти чебрецю рекомендується додавати до раціонів курей-несучок для покращення якості яєць, особливо профілю жирних кислот у жовтку [140]. Ліпідний профіль яєць можна змінити, годуючи курей оліями з рослинного насіння (такими як лляна та ріпакова), щоб зменшити вміст n-6 жирних кислот та збільшити вміст n-3 жирних кислот. Yağcı S. з колегами [147] виявили, що раціон курей-несучок, збагачений сухим листям чебрецю в кількості 2 %, має кілька позитивних впливів на фізіологічні та продуктивні показники курей-несучок та антиоксидантну активність їх організму. Листя чебрецю суттєво впливає на виробництво та якість яєць, а також на їх харчову цінність, знижуючи рівень поганого холестерину в жовтку (ліпопротеїнів низької щільності (ЛПНЩ)) та загальної концентрації насичених жирних кислот, а також збільшуючи концентрацію n-3 жирних кислот. Воно також підвищує рівень α -ліноленової кислоти в яйцях, водночас значно знижуючи вміст пальмітинової кислоти в жовтку. Крім того, вживання чебрецю в кількості 2 %

може знизити рівень малонового діальдегіду в жовтку, шкідливого холестерину в крові та тригліцеридів. Харчові добавки чебрецю можуть підвищити несучість птиці та гуморальний імунітет, не завдаючи шкоди їх організму [53, 83, 84, 140, 147]. Точний механізм дії може бути пов'язаний зі стимуляцією внутрішньом'язового жиру та відкладенням смакових амінокислот. За даними Hashemipour H. та ін. [60], фітогенні сполуки, що містять тимол і карвакрол, підвищують активність травних ферментів, антиоксидантну здатність та уповільнюють окислення ліпідів в організмі птиці. Крім того, чебрець містить флавоноїди, які можуть підвищувати активність вітаміну С, який діє як антиоксидант, і таким чином покращувати імунну функцію [6, 60]. Він також відіграє важливу роль у зменшенні стресу у птиці, особливо у курей-несучок, особливо в спекотну пору року.

Imran M. з колегами [66] повідомили, що екструдований шрот з насіння льону до 20 % можна додавати до раціонів курей-несучок для максимізації відкладення α -ліноленової кислоти та докозагексаєнової кислоти в ячному жовтку. Lee J. Y. та ін. [77] досліджували склад фекальної мікробіоти та характеристики якості яєць курей-несучок, яких годували лляною олією, багатою на альфа-ліноленову кислоту (0,5–1 %) протягом 8 тижнів. Вони дійшли висновку, що раціони з високим вмістом альфа-ліноленової кислоти позитивно впливають на мікробіоту яєць та фекалій у курей-несучок. Працюючи над основним компонентом куркуми (*Curcuma longa* L.) – куркуміном, Sharma R. A. та ін. [121] повідомили, що куркумін був ідентифікований для різних біологічних активностей в організмі тварини. Він може зменшувати кількість вільних радикалів та покращувати антиоксидантні реакції [61, 95]. Таким чином, він стає життєво важливою медичною та антиоксидантною речовиною в раціонах птиці, особливо в тропічних районах, де високі температури протягом року можуть затримувати ріст, знижувати несучість та збільшувати спалахи захворювань та смертність птиці [130]. Він може покращити споживання корму та значно знизити рівень холестерину в продуктах птахівництва, якщо його додавати до раціону птиці в концентрації 1–

5 %. Рівень холестерину в яйцях знизився на 16 та 25 %, коли несучки отримували 1 та 4 % куркуми в раціоні відповідно [74]. Порівняно з контрольною групою, птиця, яку годували високим вмістом вуглеводів з додаванням куркуми протягом місяця до статевої зрілості, несла більше яєць (20 %). Активний екстракт куркуми (куркумін) впливає на обмін ліпідів та пригнічує перекисне окислення [72]. Він стимулює синтез жовчі, яка необхідна для емульгування ліпідів [119].

Насіння пажитника (*Trigonella foenum graecum*) відоме своїми лікувальними властивостями, включаючи антибактеріальну та протизапальну дію [9, 25]. Галактоманнан є основним полісахаридом у насінні пажитника, що становить приблизно 50 % ваги насіння [109]. Samani S. K. та ін. [115] дійшли висновку, що використання 1 % пажитника у раціоні курей-несучок може покращити споживання корму птицею та колір яєчного жовтка, особливо у другому виробничому циклі. Додаток пажитника у кількості 0,4 % до раціонів несучок покращила несучість та якість яєць [17].

Іншим прикладом стратегії годівлі для підвищення несучості є коріння імбиру (*Zingiber officinale*), яке широко використовується як лікарська рослина у всьому світі [36]. Вони містять життєво важливі леткі олії та інші активні речовини, такі як гінгероли та зінгерон, що покращують антиоксидантну активність у птиці. Zhao X. та ін. [151] зазначили, що харчові добавки імбирного порошку (10–15 г/кг) до раціонів несучок підвищили їх несучість та покращили антиоксидантний статус сироватки крові курей. Крім того, пероральне введення 100–150 мкл/кг маси тіла ефірної олії імбиру японським перепілкам-несучкам збільшило вагу яєць та знизило рівень холестерину в яйцях.

Насіння гарбуза (*Cucurbita maxima*) та крес-салату (*Lepidium sativum*) також є поживними та лікарськими рослинами, які нещодавно викликали інтерес багатьох дослідників та селекціонерів у всьому світі. Вони містять незамінні ароматичні олії, що робить їх чудовими джерелами ненасичених жирних кислот, на додаток до високого вмісту насичених жирних кислот. Вони

також можуть забезпечити два типи омега-3: ейкозапентаєнову кислоту та докозагексаєнову кислоту. Вони містять α -ліноленову кислоту, яка може перетворюватися на ейкозапентаєнову кислоту та докозагексаєнову кислоту в організмі курей [111]. Крім того, олії з насіння гарбуза та крес-салату містять високу концентрацію вітаміну Е, цинку та L-триптофану, що може покращити продуктивність, імунітет та фізіологічні функції птиці, включаючи антиоксидантні. Martínez Y. з колегами [85] повідомляли, що додавання 10 % гарбуза до раціону несучок збільшує концентрацію ефірного екстракту та корисних жирних кислот, одночасно знижуючи загальний рівень холестерину та шкідливих жирних кислот у яйцях. З іншого боку, токоферол (як природний антиоксидант), каротиноїд (як природний пігмент), олеїнова кислота (один з основних компонентів смаку яєчного жовтка) та ліноленова кислота містяться в олії крес-салату та пригнічують різноманітні радикали.

Квітки ромашки (*Matricaria sp.*) – це додатковий рослинний продукт, який покращує несучість птиці. El-Galil K. A. та ін. [45] повідомляли, що додавання ромашки в кількості 0,50 г/кг до раціону перепілок може покращити продуктивність, репродуктивні показники та економічну ефективність утримання японських перепілок-несучок. Крім того, включення 2,5–5 г ромашки/кг до раціону японських перепілок зменшує агресивне клювання та покращує добробут птиці. Ромашка містить флавоноїди (такі як апігенін), кумарини, ефірні леткі олії (1–2 %) та хамазулен (10 %), які мають антиоксидантну, протизапальну, антимікробну та знижувальну холестерин дію.

Азолла (*Azolla pinnata*), ще один приклад годівельної стратегії для підвищення несучості птиці, – це невелика водна папороть, яка росте на поверхні води та може витримувати високі температури. Вона використовується як корм у раціонах птиці та худоби завдяки високому вмісту поживних речовин. Її можна використовувати як недорогий корм для тварин та часткову заміну дорогих традиційних білків у раціонах птиці. За даними Mishra D. V. з колегами [96] та Al-Rekabi M. M., та ін. [18], азоллу можна використовувати в раціонах птиці в кількості 25–30 % для курей та вищій – 40–45 % для качок та гусей.

Висока концентрація ферментів у рослині азолла може бути пов'язана з активними компонентами цієї рослини, які можуть пригнічувати активність вільних радикалів в організмі птиці, будучи одним з найважливіших природних антиоксидантів [96]. З іншого боку, харчові добавки з багатими на докозагексаєнову кислоту мікрородостями (0,25–1,0 %) значно збільшили концентрацію ейкозапентаєнової та докозагексаєнової кислот в яйцях, одночасно знижуючи співвідношення n-6:n-3 в яйцях, що зробило яйця більш поживними [99].

Висновок до розділу 1. Таким чином, яєчна промисловість стикається з кількома викликами, найнагальнішим з яких є забезпечення споживачів здоровою та високоякісною продукцією. В останні роки ринковий попит на функціональні продукти харчування зріс. Модифікації та зміни у складі раціону курей-несучок значно впливають на поживний склад яєць. Збагачені яєчні продукти містять вищий рівень бажаних поживних речовин, таких як омега-3 жирні кислоти, і їх споживання може бути корисним для здоров'я людини. З іншого боку, споживачі висловили сильне бажання, щоб добробут тварин враховувався у виробництві птиці, включаючи харчові яйця. Через суспільний тиск кілька ферм з вирощування харчових яєць перейшли від традиційних до збагачених кліток. Вони також перейшли від вирощування птахів у клітках до безклітинних систем виробництва, підтримуючи поведінку та добробут птахів. Ці зміни можуть мати непередбачувані наслідки в майбутньому, такі як ризик розвитку захворювань. Незабаром період несучості курей буде регулярно продовжено, щоб покращити сталий розвиток та прибутковість, а також зменшити вплив виробництва яєць на навколишнє середовище. Підтримка продуктивності курей-несучок протягом 100 тижнів може заощадити виробничі витрати та час на розведення, а також покращити їхнє добробут. Однак вчені та селекціонери стикаються з великим викликом в оптимізації генетики, виробничих систем та харчування, щоб забезпечити здоров'я курей та високу якість продукції. У цьому огляді розглянуто кілька практичних стратегій для збільшення виробництва та добробуту курей-несучок, а також виробництва

безпечних яєць. Ці практичні стратегії потенційно можуть бути використані на фермах з вирощування курей-несучок для підтримки яєчної галузі. Однією з цих стратегій є використання рослинних/рослинних речовин як харчових добавок у раціонах птиці у великих масштабах. Вони рекомендуються на птахофермах як натуральні кормові добавки та альтернативи будь-яким штучним або синтетичним хімічним матеріалам, таким як антибіотики. Ці натуральні речовини можна додавати до раціону курей-несучок окремо або в комбінації для покращення фізіологічних, продуктивних, репродуктивних та імунологічних показників курей-несучок, що має найбільший вплив на добробут птиці, кількісну та якісну продуктивність.

РОЗДІЛ II

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проведено на кафедрі біології тварин Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП України) та в умовах одного із сучасних птахівничих комплексів з виробництва харчових курячих яєць, що функціонує в Київській області. Усі досліді виконано на несучках 4-лінійного фінального гібриду ($\text{♀}ABCD$) яєчного кросу «*Hu-Line W-36*» (США), які відкладають яйця з білою шкаралупою.

Процес виробництва харчових у даному птахокомплексі здійснюється за певною технологічною циклічністю (послідовністю), передбаченою настановою з утримання несучок фінального гібриду «*Hu-Line W-36*» [57]. Сутність цієї циклічності полягає в тому, що перший цикл несучості курей триває 44 тижні, а саме від 18-тижневого і до досягнення ними 62-тижневого віку. За досягнення 62-тижневого віку курей піддають примусовому линянню з метою припинення їх несучості, програма якого наведена у зазначеній вище настанові [57]. За завершення періоду линяння курей стимулюють початок у них другого циклу продуктивності. Усі досліді проведено на несучках упродовж 44 тижнів першого циклу продуктивного періоду, а саме від початку їх несучості у 18-тижневому віці й до досягнення 62-тижневого віку. В деяких дослідіах

ремонтних молодок, згідно з технологічною картою-графіком підприємства, переводили в доросле стадо за досягнення 19-тижневого віку. У такому разі, до досягнення 62-тижневого віку тривалість їх продуктивного періоду становила 43 тижні.

У даному дослідженні визначили ефективність утримання несучок у звичайних та збагачених кліткових батареях. Зокрема, звичайні клітки виробництва ВО ТОВ «ТЕХНА» (Україна), а збагачені – «*Big Dutchman*» (Німеччина). У таблиці 2.1 наведено схему досліду та технічну характеристику зазначеного кліткового устаткування. Дослід проведено в 2-х окремих пташниках тому, що в господарстві кожний пташник містить кліткове устаткування лише одного певного виробника.

Таблиця 2.1

**Схема досліду з визначення продуктивності курей за утримання в
звичайних та збагачених кліткових батареях**

Характеристика	Група несучок	
	1 (контрольна)	2
Клітки кліткової батареї	звичайні	збагачені
Конструктивні особливості збагачення	–	затемнена зона для відкладання яєць
	килимки з наждачного паперу для вкорочення кігтів	абразивні килимки для вкорочення кігтів та чистки дзьоба
	–	сідала (15 см на 1 курку-несучку)
Кількість ярусів у батареї, шт.	6	5
Кількість кліток на одному ярусі, шт.	306	384
Кількість батарей, шт.	10	6
Загальна кількість кліток, тис. шт.	18 360	9 600
Габарити клітки: – довжина, см	74	60

– глибина, см	52	62
– площа, см ²	3848	3720
Посаджено курей у 1 клітку, гол.	10	10
Всього посаджено курей, тис. гол.	183 427	91 956
Щільність посадки, гол./м ²	26,0	26,9
Забезпечення площею, см ² /гол.	385	372
Ніпелів у клітці, шт.	2	1
Фронт годівлі, см	7,3	7,1
Габарити пташнику:		
– довжина, м	140	126
– ширина, м	32	17,5
– площа, м ²	4480	2205

Конструктивними особливостями зазначених збагачених кліткових батарей є наявність затемненої зони під гніздо для відкладання яєць, абразивних килимків для вкорочення кігтів та чистки дзьоба, а також горизонтально розташованих сідал у розрахунку 15 см на 1 курку-несучку. Крім того, досліджуване кліткове устаткування характеризувалось наявністю різних за габаритами та площею кліток. Тому за посадки у клітки обох дослідних батарей

по 10 курей, щільність їх утримання на початку досліду варіювала від 26,0 гол./м² до 26,9 гол./м². Зокрема, курей 1-ї групи у кількості 183 427 тис. голів посадили в клітки 6-ярусних батарей виробництва ТОВ «ТЕХНА», а 2-ї групи (91 956 тис. голів) – у клітки 5-ярусних батарей компанії «*Big Dutchman*».

Тривалість досліду становила 34 тижні, від 18-тижневого віку курей й до досягнення ними 52-тижневого віку. По групам визначали збереженість курей, несучість на початкову та середню несучку, інтенсивність несучості, вік досягнення 50 % інтенсивності несучості, вік досягнення піку несучості, її інтенсивність на піку та його тривалість, живу масу курей, масу яєць та інші передбачені показники. За даними автоматизованого обліку кількості яєць,

отриманих щодня з кожного пташника, складали «криву інтенсивності несучості курей» кожної дослідної групи за 44 тижневий період досліду, яку порівнювали з нормативною кривою, що притаманна несучкам промислового стада кросу «Hy-Line W-36» [57]. Враховували також витрати корму, визначали кількість яєць, отриманих за період досліду у розрахунку на 1 м² площі пташника.

Упродовж досліду курей утримували в пташниках з контрольованим мікрокліматом, параметри якого відповідали встановленим вітчизняним вимогам [1] та рекомендаціям розробника кросу «Hy-Line W-36» [57].

Повнораціонні комбікорми (табл. 2.2), якими забезпечували курей-несучок, відповідали вимогам ДСТУ 4120, а вода – ДСТУ 7525. Використовували автоматичні чашкові годівниці та ніпельні напувалки.

Таблиця 2.2

Склад комбікорму для курей у продуктивний період

Показник	Раціон/ інтенсивність несучості, %			
	перед-кладковий	кладковий 1/95	кладковий 2/88	кладковий 3/85
Енергія, ккал	2700	2725	2725	2725
Сирий протеїн, %	17,5	16,5	15,8	14,8
Сирий жир, %	2,52	2,99	2,778	2,51
Сира клітковина, %	4,03	2,39	2,35	2,44
Кальцій, %	2,2	3,57	3,67	3,75
Фосфор, %	0,4	0,37	0,34	0,32
Натрій, %	0,17	0,16	0,15	0,15
Хлор, %	0,25	0,217	0,2	0,21
Засв. Лізин, %	0,7	0,71	0,67	0,64
Засв. Мет+Цист, %	0,63	0,64	0,6	0,58
Засв. Треонін, %	0,533	0,5	0,48	0,45
Холін, мг/кг	600	600	600	600
Склад				

Кукурудза	50,380	50,540	52,506	55,208
Шрот соєвий СП 45	17,817	23,700	21,822	18,295
Пшениця	15,000	15,000	15,000	15,000
Борошно вапнякове Са 36 %	1,332	5,160	5,338	5,586
Шрот соняшниковий СП35	10,471	–	–	0,911
Премікс соя	5,000	5,000	5,000	5,000
Соєва олія	–	0,600	0,334	–
Сума	100	100	100	100

Щодня визначали несучість курей, тобто кількість яєць, знесених несучками кожної групи та інтенсивність їх несучості. Здійснюватимуть також щодня облік кількості курей, що вибули (через падіж і вибракування) та визначали збереженість поголів'я. Раз на тиждень оцінюватимуть масу яєць та живу масу несучок з певних маркованих кліток за вибіркою, яка становила не менше ніж 100 ($n \geq 100$).

Груповий облік експериментальних даних проводили за загальноприйнятими формами (рух поголів'я у пташнику, валовий збір яєць, кількість спожитого комбікорму та ін.).

У всіх дослідах визначатимуть живу масу курей-несучок на вагах ВАТ1 ($\pm 1,0$ г), а масу яєць та якісні показники яєць – на приладі Digital EGG Tester DET-6000 ($\pm 0,1$ г).

Біометричну обробку даних здійснювали на ПК за застосування програмного забезпечення MS Excel з використанням вбудованих статистичних функцій. Достовірність різниці між групами оцінювали за t-критерієм Ст'юдента.

Визначення економічної ефективності застосування тих чи інших технологічних рішень проводили згідно з методичними рекомендаціями «Планування, облік і калькулювання собівартості продукції (робіт, послуг) сільськогосподарських підприємств», затверджених наказом Міністерства аграрної політики України від 18 травня 2001 року, № 132.

РОЗДІЛ III

РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Вплив умов утримання на збереженість, масу тіла та продуктивність курей-несучок

Результати дослідження продуктивності курей-несучок залежно від умов їх утримання, а саме використання звичайних та збагачених кліткових батарей, наведено в таблиці 3.1. Як видно з таблиці, курей обох груп було посаджено у клітки по 10 голів. Але клітки в батареях різних конструкцій, через певні конструктивні особливості, відрізнялись за площею. Тому щільність посадки, або забезпечення курей площею, по групам була неоднаковою. У 1-й (контрольній) групі щільність посадки становила 26,0 гол./м², у 2-ї групі – 26,9 гол./м², тобто дещо перевищувала нормативний рівень (22–25 гол./м²), передбачений ВНТП–АПК–04.05 [1].

Таблиця 3.1

Продуктивність курей за утримання в звичайних та збагачених клітках багатоярусних кліткових батарей

Характеристика	Група несучок	
	1 (контрольна)	2
Клітки кліткової батареї	звичайні	збагачені
Всього посаджено курей, гол.	183 600	96 000
Вибуло курей, гол.	11 384	3 456
Несучок на кінець досліджу, гол.	172 216	92 544
Збереженість поголів'я, %	93,8±0,09	96,4±0,11*
Несучість на початкову несучку	181,8±0,45	189,7±0,52*
Несучість на середню несучку	195,8±0,47	205,5±0,54*
Маса яєць, г/шт.	63,2±0,06	63,4±0,08
Жива маса курей, г	1564±11,76	1574±14,68
Споживання корму за добу, г/гол.	123,3±1,34	111,3±0,92*

Примітки: * $p < 0,001$ – порівняно з першою (контрольною) групою.

Нами було виявлено, що застосування для утримання несучок збагачених кліток позитивно вплинуло на їх життєздатність. Так, збереженість за 52 тижні життя була вищою у несучок 2-ї групи на 2,6 % ($p < 0,001$) порівняно з птицею контрольної групи. Водночас, слід відмітити, що кури обох груп не досягли рівня, рекомендованого для несучок промислового стада кросу «Hy-Line W-36» розробником кросу [57] за 52 тижні життя, який має становити 97,4 %. Однак, зазначений рівень збереженості розрахований на утримання курей у збагачених клітках за щільністю 13–20 гол./м². У нашому ж досліді, як зазначено вище, несучок утримували за вітчизняного нормативу щільності, передбаченою ВНТП–АПК–04.05 [1].

Що ж стосується основної господарськи корисної ознаки курей-несучок промислового стада, а саме несучості, то, за оптимальних умов утримання (у «збагачених» клітках за щільністю утримання 13–20 гол./м²) вона повинна становити на початкову несучку в 52-тижневому віці 204,1–209,6 шт./гол., а на середню – 206,9–212,5 шт./гол [57]. Однак, у нашому досліді кури обох груп не досягали нормативного рівня за даною ознакою. За цього, спостерігався чітких вплив умов утримання курей на їх несучість. Так, несучки 2-ї групи, яких утримували у збагачених клітках багатоярусної кліткової батареї, не досягали нормативних параметрів на за несучістю на початкову несучку на 14,3 шт. яєць або 7,0 %, а за несучістю на середню несучку – на 1,4 шт. або 0,7 % та, водночас, характеризувалися вищою несучістю на початкову несучку на 7,9 шт. яєць або 4,3 % ($p < 0,001$), а на середню несучку – на 9,7 шт. або 5,0 % ($p < 0,001$), порівняно з птицею контрольної групи. У свою чергу, кури 1-ї групи, яких утримували у звичайних клітках багатоярусної кліткової батареї, не досягали нормативних параметрів на за несучістю на початкову несучку на 22,3 шт. яєць або 10,9 %, а за несучістю на середню несучку – на 11,1 шт. або 5,4 %.

Маса яєць у курей промислового стада кросу «Hy-Line W-36» [57] в 52-тижневому віці повинна становити у середньому 62,9 г. Наші дослідження показали, що маса яєць курей обох груп відповідала нормативу та не різнилася між групами. Таким чином, на нашу думку, маса яєць курей-несучок не

пов'язана з умовами їх утримання, тобто з конструктивними особливостями кліткових батарей.

Жива маса курей-несучок також є важливою господарськи корисною ознакою та потребує постійного контролю. У курей кросу «Hy-Line W-36» у 52-тижневому віці повинна становити 1540–1580 г [57]. Наші дослідження не виявили впливу умов утримання, а саме використання для утримання несучок промислового стада звичайних та збагачених кліток багатоярусних кліткових батарей, на живу саму курей. Так, маса тіла несучок обох груп не різнилася не мала статистичних відмінностей та відповідала нормативному рівню.

Споживання корму у курей обох груп дещо перевищувало нормативний рівень. Водночас, несучки 2-ї групи, яких утримували у збагачених клітках багатоярусної кліткової батареї, характеризувалися нижчим споживанням корму на 12,0 г/гол/добу або 9,7 % ($p < 0,001$), порівняно з птицею першої групи, яку утримували у звичайних клітках.

3.2. Якісні характеристики яєць за утримання курей в звичайних та збагачених клітках багатоярусних кліткових батарей

Якісні характеристики яєць є важливою господарськи корисною ознакою у курей-несучок, оскільки визначають якість товарної продукції – харчових яєць. У таблиці 3.2 наведено результати дослідження яєць курей дослідних груп на предмет визначення товщини й міцності їх шкаралупи та інших ознак. Виявлено, що параметри якості яєць характеризувалися певною мінливістю, однак виявлена мінливість не залежала від конструктивних особливостей кліткового устаткування, а саме застосування для утримання несучок звичайних та збагачених кліток багатоярусних кліткових батарей. Відповідно до нормативних вимог, рекомендованих розробником кросу «Hy-Line W-36» [57], міцність шкаралупи яєць курей фінального гібрида промислового стада має становити 4,065 кГс за досягнення несучками 52-тижневого віку, а одиниці ХАУ – 88,1 од.

Таблиця 3.2

Якісні характеристики яєць за утримання курей в звичайних та збагачених клітках багатоярусних кліткових батарей

Показник	Група несучок	
	1 (контрольна)	2
Клітки кліткової батареї	звичайні	збагачені
Колір жовтку, балів	10,6±0,06	10,7±0,08
Товщина шкаралупи, мм	0,39±0,001	0,39±0,001
Міцність шкаралупи, кГс	3,98±0,084	3,99±0,092
Одиниці ХАУ	88,9±0,76	88,8±0,89

Примітка: * $p < 0,001$ – порівняно з першою (контрольною) групою.

Як видно з даних, представлених у таблиці, умови утримання курей-несучок, а саме використання для їх утримання звичайних та збагачених кліток багатоярусних кліткових батарей, не позначається на якісних характеристиках харчових яєць, таких як колір жовтку, товщина та міцність шкаралупи, а також одиниці ХАУ.

3.3. Ефективність виробництва харчових яєць за утримання курей в звичайних та збагачених клітках багатоярусних кліткових батарей

У таблиці 3.3 наведено результати визначення обсягів та ефективності виробництва яєць за утримання курей упродовж 44 тижнів продуктивного періоду у звичайних та збагачених клітках багатоярусних кліткових батарей.

Наші дослідження показали, що значно більший обсяг (кількість) харчових яєць за 44-тижневий період використання несучок отримано від курей 1-ї групи, яких утримували за використання звичайних кліток багатоярусних кліткових батарей. Однак, такий результат пов'язаний виключно з поголів'ям курей у дослідній групі, а не з рівнем їх несучості та збереженості. Суттєво

більша чисельність курей у 1-й групі зумовлена тим, що дослідний пташник був оснащений 10 комплектами 6-ярусних кліткових батарей, тоді як несучок 2-ї групи утримували в 5-ярусних батареях по 6 комплектів у кожній.

Таблиця 3.3

Ефективність виробництва яєць за утримання курей в звичайних та збагачених клітках багатоярусних кліткових батарей

Показники	Група несучок	
	1 (контрольна)	2
Клітки кліткової батареї	звичайні	збагачені
Початкове поголів'я курей, гол.	183 600	96 000
Несучок у 62-тижневому віці, гол.	165 791	87 456
Падіж та вибракування курей, гол.	17 809	8 544
Отримано за 62 тижні життя:		
– яєць всього, млн. шт.	41,548680	22,329600
– яєць на початкову несучку, шт.	226,3	232,6
– яйцемаси всього, тон	2708,974	1386,668
– яйцемаси на початкову несучку, кг	14,8	14,4
Витрати корму, всього, тон	6343,562	3113,400
– на 1 кг яйцемаси, кг	2,34	2,25
Отримано у розрахунку на 1 м ² площі пташника яєць, тис. шт.	9,274	10,127
– яйцемаси, кг	604,7	628,9

Таким чином, якщо брати за основу розрахунок на 1 м² площі пташника від курей 1-ї групи, яких утримували у звичайних клітках багатоярусних кліткових батарей, отримано 9274 шт. яєць, тобто на 853 шт. менше, ніж від 2-ї групи. Яєчної маси у розрахунку на 1 м² площі пташника від курей 1-ї групи отримано 604,7 кг, що на 24,2 кг (на 4,0 %) менше, ніж від несучок 2-ї групи.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що застосування для утримання курей-несучок промислового стада збагачених кліток, які додатково до звичайних містять затемнену зону під гніздо для відкладання яєць, абразивні килимки для вкорочення кігтів та чистки дзьоба, а також сідала (15 см на 1 курку-несучку), сприяє підвищенню збереженості поголів'я на 2,6 % ($p < 0,001$), несучості на початкову несучку – 4,3 % ($p < 0,001$), а на середню несучку – на 5,0 % ($p < 0,001$), за зниження витрат корму на 9,7 % ($p < 0,001$), порівняно з птицею першої групи, яку утримували у звичайних клітках, за підтримання оптимальної живої маси та маси яєць.

2. Виявлено, що умови утримання курей-несучок, а саме використання для їх утримання звичайних та збагачених кліток багатоярусних кліткових батарей, не позначається на якісних характеристиках харчових яєць, таких як колір жовтку, товщина та міцність шкаралупи, а також одиниці ХАУ.

3. Показано, що застосування для утримання курей-несучок промислового стада збагачених кліток багатоярусних кліткових батарей є ефективнішим порівняно із використанням звичайних кліток та забезпечує отримання додатково 853 шт. яєць та 24,2 кг (на 4,0 %) яйцемаси у розрахунку на 1 м² пташника.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Рекомендовано для утримання курей-несучок промислового стада використовувати збагачені клітки, які додатково до звичайних містять затемнену зону під гніздо для відкладання яєць, абразивні килимки для вкорочення кігтів та чистки дзьоба, а також сідала (15 см на 1 курку-несучку), порівняно із звичайними клітками. Дане устаткування сприяє підвищенню збереженості поголів'я на 2,6 % ($p < 0,001$), несучості на початкову несучку – 4,3 % ($p < 0,001$), а на середню несучку – на 5,0 % ($p < 0,001$), за зниження витрат корму на 9,7 % ($p < 0,001$), за підтримання оптимальної живої маси та маси яєць, що в кінцевому результаті забезпечує отримання додатково 853 шт. яєць та 24,2 кг (на 4,0 %) яйцемаси у розрахунку на 1 м² пташника.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ВНТП-АПК-04.05. Відомчі норми технологічного проектування. Підприємства птахівництва: затв. наказом Мін-вомаграр. політики України від 15.09.2005 р. № 473. [На заміну ВНТП-СГіП-46-4.94; чинні від 2006-01-01]. Київ. 2005. 90 с.
2. Abdel-Aal E. S., Akhtar H., Zaheer K., Ali R. Dietary sources of lutein and zeaxanthin carotenoids and their role in eye health. *Nutrients*. 2013. Vol. 5(4). P. 1169–1185. doi:10.3390/nu5041169
3. Aberra M. Comparative Studies on Performance and Physiological Response of Eyhiopian Indigenous (*Angetemelata*) Chickens and Their F1 Crosses to Long Term Heat Stress. Berlin, Germany: MartinLuther University, Halle-Wittenberg, 2000. 541 p.
4. Abo Ghanima M. M., Elsadek M. F., Taha A. E. Effect of housing system and rosemary and cinnamon essential oils on layers performance, egg quality, haematological traits, blood chemistry, immunity, and antioxidant. *Animals*. 2020. Vol. 10(2). P. 245. doi:10.3390/ani10020245
5. Abou El-Ghar R., Ghanem H., Shalan H., Aly O. M. Heterosis from crossing some local strains with two commercial lines of laying hens. *Egyptian Poultry Science Journal*. 2012. Vol. 32. P. 515–529. doi:10.14202/vetworld.2020.407-412
6. Acamovic T., Brooker J. D. Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2005. Vol. 64(3). P. 403–412. doi:10.1079/pns2005449
7. Acikgoz Z., Yucel B., Altan O. The effects of propolis supplementation on broiler performance and feed digestibility. *Arch fur Geflugelkunde*. 2005. Vol. 69(3). P. 117–122. doi:10.1016/S0003-9098(25)00583-1
8. Adil S. Impact and manipulation of gut microflora in poultry: a review. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2012. Vol. 11(6). P. 873–877. doi:10.3923/javaa.2012.873.877

9. Adil S., Qureshi S., Pattoo R. A. A review on positive effects of fenugreek as feed additive in poultry production. *International Journal of Poultry Science*. 2015. Vol. 14(12). P. 664–669. doi:10.3923/ijps.2015.664.669
10. Aggag S., El-Sabroun K. Polymorphism of the melanocortin receptor gene and its association with egg production traits in Lohmann brown chickens. *Genetika*. 2018. Vol. 50(1). P. 317–323. doi:10.2298/gensr1801317a
11. Ahmad S., Tahir M. N., Yousaf M. Effects of supplementing various linoleic to α -linolenic acid ratios and vitamin A on production performance and egg characteristics of laying hens during summer months. *Journal of Zoological Research*. 2019. Vol. 1. P. 1–9. doi:10.30564/jzr.v1i1.112
12. Akdemir F., Orhan C., Sahin N., Sahin K., Hayirli A. Tomato powder in laying hen diets: effects on concentrations of yolk carotenoids and lipid peroxidation. *British Poultry Science*. 2012. Vol. 53(5). P. 675–680. doi:10.1080/00071668.2012.729142
13. Alagawany M., Elnesr S. S., Farag M. R., El-Naggar K., Madkour M. Nutrigenomics and nutrigenetics in poultry nutrition: an updated review. *World's Poultry Science Journal*. 2022. Vol. 78(2). P. 377–396. doi:10.1080/00439339.2022.2014288
14. Alagawany M., Elnesr S. S., Farag M. R. Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health—a comprehensive review. *Veterinary Quarterly*. 2020. Vol. 41(1). P. 1–29. doi:10.1080/01652176.2020.1857887
15. Alagawany M., Elnesr S. S., Farag M. R. Potential role of important nutraceuticals in poultry performance and health—a comprehensive review. *Research in Veterinary Science*. 2021. Vol. 137. P. 9–29. doi:10.1016/j.rvsc.2021.04.009
16. Alagawany M., Farag M., Dhama K., Patra A. Nutritional significance and health benefits of designer eggs. *World's Poultry Science Journal*. 2018. Vol. 74(2). P. 317–330. doi:10.1017/s0043933918000041
17. Al Aqil A. A. Effects of adding dietary fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) powder on productive performance and egg quality of laying hens.

International Journal of Poultry Science. 2016. Vol. 15(7). P. 259–263. doi:10.3923/ijps.2016.259.263

18. Al-Rekabi M. M., Ali N. A., Abbas F. R. Effect of partial and total substitution for azolla plant (*Azolla pinnata*) powder instead of soybean meal in broiler chickens diets on blood biochemical traits. *Plant Archives*. 2020. Vol. 20(1). P. 1344–1348.

19. Amevor F. K., Cui Z., Ning Z. Synergistic effects of quercetin and vitamin E on egg production, egg quality, and immunity in aging breeder hens. *Poultry Science*. 2021. Vol. 100(12). 541. doi:10.1016/j.psj.2021.101481.101481

20. Amin E. M. Effect of crossing between native and a commercial chicken strain on egg production traits. *Egyptian Poultry Science Journal*. 2008. Vol. 28. P. 327–349. doi:10.14202/vetworld.2020.407-412

21. Amuzu-Aweh E. N., Bovenhuis H., de Koning D.-J., Bijma P. Predicting heterosis for egg production traits in crossbred offspring of individual White Leghorn sires using genome-wide SNP data. *Genetics Selection Evolution*. 2015. Vol. 47(1). P. 27. doi:10.1186/s12711-015-0088-6

22. Appleby M. C., Walker A. W., Nicol C. J. Development of furnished cages for laying hens. *British Poultry Science*. 2002. Vol. 43(4). P. 489–500. doi:10.1080/0007166022000004390

23. Ateya A. I., El-Seady Y. Y., Atwa S. M., Merghani B. H., Sayed N. A. Novel single nucleotide polymorphisms in lactoferrin gene and their association with mastitis susceptibility in Holstein cattle. *Genetika*. 2016. Vol. 48(1). P. 199–210. doi:10.2298/gensr1601199a

24. Bain M. M., Nys Y., Dunn I. C. Increasing persistency in lay and stabilising egg quality in longer laying cycles. What are the challenges? *British Poultry Science*. 2016. Vol. 57(3). P. 330–338. doi:10.1080/00071668.2016.1161727

25. Bash E., Ulbricht C., Kuo G., Szapary Ph., Smith M. Therapeutic applications of fenugreek. *Alternative Medicine Review*. 2003. Vol. 8. P. 20–27.

26. Bello S. F., Adeola A. C., Nie Q. The study of candidate genes in the improvement of egg production in ducks-a review. *Poultry Science*. 2022. Vol. 101. P. 125–132. doi:10.1016/j.psj.2022.101850.101850
27. Belz E. E., Kennell J. S., Czambel R. K., Rubin R. T., Rhodes M. E. Environmental enrichment lowers stress-responsive hormones in singly housed male and female rats. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*. 2003. Vol. 76(3-4). P. 481–486. doi:10.1016/j.pbb.2003.09.005
28. Beuzen N. D., Stear M., Chang K. C. Molecular markers and their use in animal breeding. *The Veterinary Journal*. 2000. Vol. 160(1). P. 42–52. doi:10.1053/tvjl.2000.0468
29. Bizeray D., Estevez I., Leterrier C., Faure J. M. Influence of increased environmental complexity on leg condition, performance, and level of fearfulness in broilers. *Poultry Science*. 2002. Vol. 81(6). P. 767–773. doi:10.1093/ps/81.6.767
30. Bozic A., Perić L., Lepšanović Lj., Dragin S. Modern trends of designing poultry products and suggestion for evaluation of the real benefit. *Lucrări Stiințifice Zootehnie și Biotehnologii*. 2002. Vol. 35. P. 224–229. doi:10.2298/BAH1103511P
31. Božić A., Supić B., Perić L. Manipulacija masnokiselinskim sastavom lipida u pilećem mesu i konzumnim jajima. *Zbornik Sažetaka VII Jugoslovenskog Simpozijuma o Hiperlipoproteinemijama*. 2000. Vol. 34. P. 268–276.
32. Blatchford R. A., Fulton R. M., Mench J. A. The utilization of the welfare quality assessment for determining laying hen condition across three housing systems. *Poultry Science*. 2016. Vol. 95(1). P. 154–163. doi:10.3382/ps/pev227
33. Carr A. C., Maggini S. Vitamin C and immune function. *Nutrients*. 2017. Vol. 9(11). P. 1211. doi:10.3390/nu9111211
34. Chen Y., Chen H., Li W. Polyphenols in Eucalyptus leaves improved the egg and meat qualities and protected against ethanol-induced oxidative damage in

laying hens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2018. Vol. 102(1). P. 214–223. doi:10.1111/jpn.12680

35. Cherian G. Eggs and Health: Nutrient Sources and Supplement Carriers . Cambridge, MA, USA: Academic Press, 2009. 541 p.

36. Chrubasik S., Pittler M., Roufogalis B. D. Zingiber is rhizoma: a comprehensive review on the ginger effect and efficacy profiles. *Phytomedicine*. 2005. Vol. 12(9). P. 684–701. doi:10.1016/j.phymed.2004.07.009

37. Cornetto T., Este'vez I. Behavior of the domestic fowl in the presence of vertical panels. *Poultry Science*. 2001. Vol. 80(10). P. 1455–1462. doi:10.1093/ps/80.10.1455

38. Cornetto T., Este'vez I., Douglass L. W. Using artificial cover to reduce aggression and disturbances in domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science*. 2002. Vol. 75. P. 325–336. doi:10.1016/S0168-1591(01)00195-2

39. Czeizel A. E., Dudas I. Prevention of the first occurrence of neural-tube defects by periconceptional vitamin supplementation. *New England Journal of Medicine*. 1992. Vol. 327(26). P. 1832–1835. doi:10.1056/nejm199212243272602

40. Dhama K., Latheef S. K., Mani S. Multiple beneficial applications and modes of action of herbs in poultry health and production-a review. *International Journal of Pharmacology*. 2015. Vol. 11(3). P. 152–176. doi:10.3923/ijp.2015.152.176

41. Dikmen B. Y., İpek A., Şahan U., Petek M., Sozcu A. Egg production and welfare of laying hens kept in different housing systems (conventional, enriched cage, and free range). *Poultry Science*. 2016. Vol. 95(7). P. 1564–1572. doi:10.3382/ps/pew082

42. Ding X., Yu Y., Su Z., Zhang K. Effects of essential oils on performance, egg quality, nutrient digestibility and yolk fatty acid profile in laying hens. *Animal Nutrition*. 2017. Vol. 3(2). P. 127–131. doi:10.1016/j.aninu.2017.03.005

43. Du E., Wang W., Gan L., Li Z., Guo S., Guo Y. Effects of thymol and carvacrol supplementation on intestinal integrity and immune responses of broiler

chickens challenged with *Clostridium perfringens*. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2016. Vol. 7. P. 19–10. doi:10.1186/s40104-016-0079-7

44. El-Deek A., El-Sabroun K. Behaviour and meat quality of chicken under different housing systems. *World's Poultry Science Journal*. 2019. Vol. 75(1). P. 105–114. doi:10.1017/s0043933918000946

45. El-Galil K. A., Mahmoud H. A., Hassan A. M., Morsy A. A. Effect of chamomile flowers meal as feed additives in laying Japanese quail diets on productive and reproductive performance. *Journal of Animal and Poultry Production*. 2010. Vol. 1(10). P. 517–533. doi:10.21608/jappmu.2010.86265

46. El-Husseiny O. M., Abd-Elsamee M. O., Hassane M. I., Omara I. I. Response of egg production and eggshell quality to dietary vegetable oils. *International Journal of Poultry Science*. 2008. Vol.7(10). P. 1022–1032.

47. El-Sabroun K., Ahmad S., El-Deek A. The in ovo feeding technique as a recent aspect of poultry farming. *Journal of Animal Health and Production*. 2019. Vol. 7(4). P. 126–130. doi:10.17582/journal.jahp/2019/7.4.126.130

48. El-Sabroun K., El-Deek A., Ahmad S., Usman M., Dantas M. R. T., Souza-Junior J. B. F. Lighting, density, and dietary strategies to improve poultry behavior, health, and production. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2022. Vol. 10. P. 1–17. doi:10.31893/jabb.22012

49. Englmaierová M., Tůmová E., Charvátová V., Skřivan M. Effects of laying hens housing system on laying performance, egg quality characteristics, and egg microbial contamination. *Czech Journal of Animal Science*. 2014. Vol. 59(8). P. 345–352. doi:10.17221/7585-cjas

50. Fachini-Queiroz F. C., Kummer R., Estevão-Silva C. F. Effects of thymol and carvacrol, constituents of *Thymus vulgaris* L. essential oil, on the inflammatory response. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2012. Vol. 2012. P. 10. doi:10.1155/2012/657026.657026

51. Fanatico A. C., Cavitt L. C., Pillai P. B., Emmert J. L., Owens C. M. Evaluation of slower-growing broiler genotypes grown with and without outdoor

access: meat quality. *Poultry Science*. 2005. Vol. 84(11). P. 1785–1790. doi:10.1093/ps/84.11.1785

52. Ghanem H. H., El-Tahawy W. S., Attia Y. A., Nawar A. N. Developing a 3-way cross of chickens to improve egg production traits. *Egyptian Poultry Science Journal*. 2012. Vol. 35. P. 547–560.

53. Ghasemi R., Zarei M., Toriki M. Adding medicinal herbs including garlic (*Allium sativum*) and thyme (*Thymus vulgaris*) to diet of laying hens and evaluating productive performance and egg quality characteristics. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*. 2010. Vol. 5(2). P. 151–154. doi:10.3844/ajavsp.2010.151.154

54. Gonzalez-Mora A. F., Rousseau A. N., Larios A. D., Godbout S., Fournel S. Assessing environmental control strategies in cage-free aviary housing systems: egg production analysis and random forest modeling. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022. Vol. 196106854. doi:10.1016/j.compag.2022.106854

55. Grashorn M. A. Enrichment of eggs and poultry meat with biologically active substances by feed modifications and effects on the final quality of the product. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2005. Vol. 14/55(1). P. 15–20. doi:10.2298/BAH1103511P

56. Grashorn M. Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages. Sawston, UK: Woodhead Publishing, 2016. P. 283–302.

57. Guide to the content of the final hybrid Hy-Line W-36, 2019. 32 p. URL: https://www.hyline.com/userdocs/pages/36_COM_RUS.pdf

58. Guerrero-Legarreta I. Handbook of Poultry Science and Technology. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2010. 512 p.

59. Gu X., Feng C., Ma L., et al. Genome-wide association study of body weight in chicken F2 resource population. *PLoS One*. 2011. Vol. 6(7) doi:10.1371/journal.pone.0021872.e21872

60. Hashemipour H., Kermanshahi H., Golian A., Veldkamp T. Metabolism and nutrition: effect of thymol and carvacrol feed supplementation on performance,

antioxidant enzyme activities, fatty acid composition, digestive enzyme activities, and immune response in broiler chickens. *Poultry Science*. 2013. Vol. 92(8). P. 2059–2069. doi:10.3382/ps.2012-02685

61. Hewlings S. J., Kalman D. S. Curcumin: a review of its' effects on human health. *Foods*. 2017. Vol. 6(10). P. 92. doi:10.3390/foods6100092

62. Holsinger K. E., Weir B. S. Genetics in geographically structured populations: defining, estimating and interpreting FST. *Nature Reviews Genetics*. 2009. Vol. 10(9). P. 639–650. doi:10.1038/nrg2611

63. Hosseinzadeh S., Jafarikukhdan A., Hosseini A., Armand R. The application of medicinal plants in traditional and modern medicine: a review of *Thymus vulgaris*. *International Journal of Clinical Medicine*. 2015. Vol. 06(09). P. 635–642. doi:10.4236/ijcm.2015.69084

64. House J. D., Braun K., Ballance D., O'Connor C., Guenter W. The enrichment of eggs with folic acid through supplementation of the laying hen diet. *Poultry Science*. 2002. Vol. 81(9). P. 1332–1337. doi:10.1093/ps/81.9.1332

65. Iannotti L. L., Lutter C. K., Bunn D. A., Stewart C. P. Eggs: the uncracked potential for improving maternal and young child nutrition among the world's poor. *Nutrition Reviews*. 2014. Vol. 72(6). P. 355–368. doi:10.1111/nure.12107

66. Imran M., Anjum F. M., Nadeem M. Production of bio-omega-3 eggs through the supplementation of extruded flaxseed meal in hen diet. *Lipids in Health and Disease*. 2015. Vol. 14(1). P. 126. doi:10.1186/s12944-015-0127-x

67. Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B6, Folate, Vitamin B12, Pantothenic Acid, Biotin, and Choline . Washington, DC, USA: National Academy Press, 1998. 365 p.

68. Iraqi M. M., Afifi E. A., Abdel-Ghany A. M., Afram M. Diallel crossing analysis for liveability data involving two standard and two native Egyptian chicken breeds. *Livestock Research for Rural Development*. 2005. Vol. 17(7). P. 358–371.

69. Jimenez-Colmenero F., Carballo J., Cofrades S. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Science*. 2001. Vol. 59(1). P. 5–13. doi:10.1016/s0309-1740(01)00053-5
70. Khan A. G. Indigenous breeds, crossbreds and synthetic hybrids with modified genetic and economic profiles for rural family and small scale poultry farming in India. *World's Poultry Science Journal*. 2008. Vol. 64(3). P. 405–415. doi:10.1017/s0043933908000135
71. Kidd M. T., Anderson K. E. Laying hens in the U.S. market: an appraisal of trends from the beginning of the 20th century to present. *The Journal of Applied Poultry Research*. 2019. Vol. 28(4). P. 771–784. doi:10.3382/japr/pfz043
72. Kohli K., Ali J., Ansari M. J., Raheman Z. Curcumin: a natural anti-inflammatory agent. *Indian Journal of Pharmacology*. 2005. Vol. 37(3). P. 141. doi:10.4103/0253-7613.16209
73. Konkol D., Popiela E., Korczyński M. The effect of an enriched laying environment on welfare, performance, and egg quality parameters of laying hens kept in a cage system. *Poultry Science*. 2020. Vol. 99(8). P. 3771–3776. doi:10.1016/j.psj.2020.04.017
74. Kosti D., Dahiya D. S., Dalal R. P., Tawatia B. S., Vijayalakshmy K. Role of turmeric supplementation on production, physical and biochemical parameters in laying hens. *World's Poultry Science Journal*. 2020. Vol. 76(3). P. 625–637. doi:10.1080/00439339.2020.1764460
75. Lay D. C., Jr, Fulton R. M., Hester P. Y. Hen welfare in different housing systems. *Poultry Science*. 2011. Vol. 90(1). P. 278–294. doi:10.3382/ps.2010-00962
76. Lee S. B., Mine Y., Stevenson R. M. W. Effects of hen egg yolk immunoglobulin in passive protection of rainbow trout against *Yersinia ruckeri*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000. Vol. 48(1). P. 110–115. doi:10.1021/jf9906073
77. Lee J. Y., Kang S. K., Heo Y. J. Influence of flaxseed oil on fecal microbiota, egg quality and fatty acid composition of egg yolks in laying hens.

Current Microbiology. 2016. Vol. 72(3). P. 259–266. doi:10.1007/s00284-015-0946-z

78. Leyendecker M., Hamann H., Hartung J. Analyse von genotyp-umwelt-interaktionen zwischen legehennenhybriden und haltungssystemen in der legeleistung, eiqualitaät und knochenfestigkeit. 2. Mitteilung: eiqualitaätsmerkmale. *Züchtungskunde*. 2001. Vol. 73. P. 308–323. doi:10.1155/2022/1393392

79. Leyendecker M., Hamann H., Hartung J. Keeping laying hens in furnished cages and an aviary housing system enhances their bone stability. *British Poultry Science*. 2005. Vol. 46(5). P. 536–544. doi:10.1080/00071660500273094

80. Liu Z., Yang N., Yan Y. Genome-wide association analysis of egg production performance in chickens across the whole laying period. *BMC Genetics*. 2019. Vol. 20(1). P. 67. doi:10.1186/s12863-019-0771-7

81. Lutter C. K., Iannotti L. L., Stewart C. P. Cracking the egg potential during pregnancy and lactation. *Sight Life*. 2016. Vol. 30. P. 75–81. doi:10.52439/IQGT9889

82. Manohar G. R. Designer egg production-an overview. *International Journal of Science, Environment and Technology*. 2015. Vol. 4(5). P. 1373–1376

83. Mansoub N. H. Comparison of effects of using thyme and probiotic on performance and serum composition of broiler chickens. *Advances in Environmental Biology*. 2011. Vol. 5. P. 2012–2015.

84. Mansoub N. H. Assessment on effect of thyme on egg quality and blood parameters of laying hens. *Annals of Biological Research*. 2011. Vol. 2. P. 417–422.

85. Martínez Y., Valdivié M., Solano G., Estarrón-Espinosa M., Martínez O., Córdova J. Effect of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed meal on total cholesterol and fatty acids of laying hen eggs. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 2012. Vol. 46(1). P. 73–78.

86. Mathewos Z., Girma M., Ameha N., Zeryehun T. Effects of neem (*Azadirachta indica*) and pumpkin (*Cucurbita maxima*) seeds and their combination as feed additive on growth and carcass characteristics of broilers. *Livestock Research for Rural Development*. 2019. Vol. 31(6). P. 7–12.

87. Matur E., Akyazi İ., Eraslan E. The effects of environmental enrichment and transport stress on the weights of lymphoid organs, cell-mediated immune response, heterophil functions and antibody production in laying hens. *Animal Science Journal*. 2016. Vol. 87(2). P. 284–292. doi:10.1111/asj.12411
88. Matur E., Eraslan E., Akyazi I. The effect of furnished cages on the immune response of laying hens under social stress. *Poultry Science*. 2015. Vol. 94(12). P. 2853–2862. doi:10.3382/ps/pev297
89. Medical Research Council Vitamin Study Research Group. Prevention of neural tube defects: results of the Medical Research Council vitamin study. *Lancet*. 1991. Vol. 338. P. 131–137.
90. Mellen J., Sevenich MacPhee M. Philosophy of environmental enrichment: past, present, and future. *Zoo Biology*. 2001. Vol. 20(3). P. 211–226. doi:10.1002/zoo.1021
91. Menge E. O., Kosgey I. Bio-economic model to support breeding of indigenous chicken in different production systems. *International Journal of Poultry Science*. 2005. Vol. 4(11). P. 827–839. doi:10.3923/ijps.2005.827.839
92. Miguel M., Aleixandre A. Antihypertensive peptides derived from egg proteins. *Journal of Nutrition*. 2006. Vol. 136(6). P. 1457–1460. doi:10.1093/jn/136.6.1457
93. Mine Y., Kovacs-Nolan J. Chicken egg yolk antibodies as therapeutics in enteric infectious disease: a review. *Journal of Medicinal Food*. 2002. Vol. 5(3). P. 159–169. doi:10.1089/10966200260398198
94. Mine Y., Roy M. K. Egg components for heart health: promise and progress for cardiovascular protective functional food ingredient. *Comprehensive Biotechnology*. 2011. Vol. 2. P. 553–565. doi:10.1016/B978-0-444-64046-8.00244-5
95. Mishra B., Jha R. Oxidative stress in the poultry gut: potential challenges and interventions. *Frontiers in Veterinary Science*. 2019. Vol. 6. P. 60. doi:10.3389/fvets.2019.0
96. Mishra D. B., Roy D., Kumar V. Effect of feeding different levels of *Azolla pinnata* on blood biochemicals, hematology and immunocompetence traits of

chabro chicken. *Veterinary World*. 2016. Vol. 9(2). P. 192–198. doi:10.14202/vetworld.2016.192-198.0060

97. Moesta A., Knierim U., Briese A., Hartung J. The effect of litter condition and depth on the suitability of wood shavings for dust-bathing behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*. 2008. Vol. 115(3-4). P. 160–170. doi:10.1016/j.applanim.2008.06.005

98. Mohammed M. D., Abdalsalam Y. I., Kheir A. R. M., Jin-Yu W., Hussein M. H. Growth performance of indigenous x exotic crosses of chicken and evaluation of general and specific combining ability under Sudan condition. *International Journal of Poultry Science*. 2005. Vol. 4(7). P. 468–471. doi:10.3923/ijps.2005.468.471

99. Moran C. A., Morlacchini M., Keegan J. D., Fusconi G. Increasing the Omega-3 content of hen's eggs through dietary supplementation with *Aurantiochytrium limacinum* Microalgae: effect of inclusion rate on the temporal pattern of docosahexaenoic acid enrichment, efficiency of transfer, and egg characteristics. *The Journal of Applied Poultry Research*. 2019. Vol. 28(2). P. 329–338. doi:10.3382/japr/pfy075

100. Muduli S., Champati A., Popalghat H. K. Designer egg: a new approach in modern health care. *The Pharma Innovation Journal*. 2018. Vol. 7(5). P. 320–326.

101. Narahari D. Health-promoting and therapeutic uses of egg. *Poultry International*. 2003. Vol. 42(10). P. 45–47.

102. Narahari D. Nutritionally enriched eggs. *Poultry International*. 2001. Vol. 40(10). P. 22–30.

103. Narat M. Production of antibodies in chickens. *Food Technology and Biotechnology*. 2003. Vol. 41(3). P. 259–267.

104. Nikolova N., Eftimova E., Pacinovski N., Pavlovski Z., Milošević N., Perić L. The effect of genotype, age sex and composition of feed on content of abdominal fat in carcass of broiler chickens. *Contemporary Agriculture*. 2009. Vol. 58(1). P. 92–100. doi:10.1007/s11250-015-0850-3

105. Olson J. B., Ward N. E., Koutsos E. A. Lycopene incorporation into egg yolk and effects on laying hen immune function. *Poultry Science*. 2008. Vol. 87(12). P. 2573–2580. doi:10.3382/ps.2008-00072
106. Pereira E. P. V., van Tilburg M. F., Florean E. O. P. T., Guedes M. I. F. Egg yolk antibodies (IgY) and their applications in human and veterinary health: a review. *International Immunopharmacology*. 2019. Vol. 73. P. 293–303. doi:10.1016/j.intimp.2019.05.015
107. Perić L., Rodić V., Milošević N. Production of poultry meat and eggs as functional food-challenges and opportunities. *Biotehnologija u Stocarstvu*. 2011. Vol. 27(3). P. 511–520. doi:10.2298/bah1103511p
108. Pohle K., Cheng H. W. Furnished cage system and hen well-being: comparative effects of furnished cages and battery cages on behavioral exhibitions in white leghorn chickens. *Poultry Science*. 2009. Vol. 88(8). P. 1559–1564. doi:10.3382/ps.2009-00045
109. Raghuram T. C., Sharma R. D., Sivakumar B., Sahay B. K. Effect of fenugreek seeds on intravenous glucose disposition in non-insulin dependent diabetic patients. *Phytotherapy Research*. 1994. Vol. 8(2). P. 83–86. doi:10.1002/ptr.2650080206
110. Réhault-Godbert S., Guyot N., Nys Y. The golden egg: nutritional value, bioactivities, and emerging benefits for human health. *Nutrients*. 2019. Vol. 11(3). P. 684. doi:10.3390/nu11030684
111. Richardson A. J. Omega-3 fatty acids in ADHD and related neurodevelopmental disorders. *International Review of Psychiatry*. 2006. Vol. 18(2). P. 155–172. doi:10.1080/09540260600583031
112. Rodić V., Perić L., Vukelić N., Milošević N. Consumer's attitudes towards chicken meat produced in extensive systems. *World's Poultry Science Journal, XII European Poultry Conference. Book of Abstracts*. 2006. Vol. 62. P. 186–187.

113. Rodić V., Peric L., Pavlovski Z., Milošević N. Improving the poultry sector in Serbia: major economic constraints and opportunities. *World's Poultry Science Journal*. 2010. Vol. 66. P. 241–250. doi:10.1017/s0043933910000292
114. Saki A. A., Aliarabi H., Hosseini Siyar S. A., Salari J., Hashemi M. Effect of a phytogenic feed additive on performance, ovarian morphology, serum lipid parameters and egg sensory quality in laying hen. *Veterinary Research Forum: An International Quarterly Journal*. 2014. Vol. 5(4). P. 287–293.
115. Samani S. K., Ghorbani M. R., Fayazi J., Salari S. The effect of different levels of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum L.*) powder and extract on performance, egg quality, blood parameters and immune responses of laying hens in second production cycle. *Veterinary Research Forum*. 2020. Vol. 11(1). P. 53–57. doi:10.30466/vrf.2019.80961.2072
116. Schade R., Staak C., Hendriksen C. The production of avian (egg yolk) antibodies: IgY. *Alternatives to Laboratory Animals*. 1996. Vol. 24(6). P. 925–934. doi:10.1177/026119299602400607
117. Selhub J., Jacques P. F., Bostom A. G., Wilson P. W., Rosenberg I. H. Relationship between plasma homocysteine and vitamin status in the Framingham study population. Impact of folic acid fortification. *Public Health Reviews*. 2000. Vol. 28(1–4). P. 117–145.
118. Selhub J., Rosenberg I. H. Present Knowledge in Nutrition. Folic acid. 7th. Washington, DC, USA: ILSI Press, 1996. 254 p.
119. Seo K. I., Choi M. S., Jung U. J. Effect of curcumin supplementation on blood glucose, plasma insulin, and glucose homeostasis related enzyme activities in diabetic db/db mice. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2008. Vol. 52(9). P. 995–1004. doi:10.1002/mnfr.200700184
120. Sharma M. K., McDaniel C. D., Kiess A. S., Loar R. E., Adhikari P. Effect of housing environment and hen strain on egg production and egg quality as well as cloacal and eggshell microbiology in laying hens. *Poultry Science*. 2022. Vol. 101(2). doi:10.1016/j.psj.2021.101595.101595

121. Sharma R. A., Gescher A. J., Steward W. P. Curcumin: the story so far. *European Journal of Cancer*. 2005. Vol. 41(13). P. 1955–1968. doi:10.1016/j.ejca.2005.05.009
122. Shu G., Kong F., Xu D. Bamboo leaf flavone changed the community of cecum microbiota and improved the immune function in broilers. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10(1). doi:10.1038/s41598-020-69010-1.12324
123. Singer P. Was Sind, Wie Wirken Omega-3-Fettsauren? Umschau Zeitschriftenverlag. Frankfurt, Germany, 2000.651 p.
124. Sireesha P., Prasanna S. Designer eggs and poultry meat as functional foods-an overview. *The Pharma Innovation Journal*. 2019. Vol. 8(4). P. 829–831.
125. Siró I., Kápolna E., Kápolna B., Lugasi A. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance-a review. *Appetite*. 2008. Vol. 51(3). P. 456–467. doi:10.1016/j.appet.2008.05.060
126. Smith D. J., King W. F., Godiska R. Passive transfer of immunoglobulin Y antibody to *Streptococcus mutans* glucan binding protein B can confer protection against experimental dental caries. *Infection and Immunity*. 2001. Vol. 69(5). P. 3135–3142. doi:10.1128/iai.69.5.3135-3142.2001
127. Sokołowicz Z., Dykiel M., Topczewska J., Krawczyk J., Augustyńska-Prejsnar A. The effect of the type of non-caged housing system, genotype and age on the behaviour of laying hens. *Animals*. 2020. Vol. 10(12). P. 2450. doi:10.3390/ani10122450
128. Soliman M. A., Khalil M. H., El-Sabrou K., Shebl M. K. Crossing effect for improving egg production traits in chickens involving local and commercial strains. *Veterinary World*. 2020. Vol. 13(3). P. 407–412. doi:10.14202/vetworld.2020.407-412
129. Stanačev V., Božić A., Kovčín S., Milošević N., Perić L. Efekat nivoa bakra i vrste ulja u hrani na sadržaj holesterola u mesu pilića. *Veterinarski Glasnik*. 2005. Vol. 1–2. P. 251–259.

130. Sugiharto S., Yudiarti T., Isroli I., Widiastuti E., Kusumanti E. Dietary supplementation of probiotics in poultry exposed to heat stress-a review. *Annals of Animal Science*. 2017. Vol. 17(3). P. 591–604. doi:10.1515/aoas-2016-0062
131. Sünder A., Wilkens M., Böhm V., Liebert F. Egg yolk colour in organic production as affected by feeding - consequences for farmers and consumers. *Food Chemistry*. 2022. Vol. 382. doi:10.1016/j.foodchem.2021.131854.131854
132. Sun S., Mo W., Ji Y., Liu S. Preparation and mass spectrometric study of egg yolk antibody (IgY) against rabies virus. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 2001. Vol. 15(9). P. 708–712. doi:10.1002/rcm.271
133. Tanaka T., Hurnik J. F. Comparison of behavior and performance of laying hens housed in battery cages and an aviary. *Poultry Science*. 1992. Vol. 71(2). P. 235–243. doi:10.3382/ps.0710235
134. Thalley B. S., Carroll S. B. Rattle snake and scorpion antivenoms from the egg yolks of immunized hens. *Nature Biotechnology*. 1990. Vol. 8(10). P. 934–938. doi:10.1038/nbt1090-934
135. Tserveni-Goussi A. S. Sensory evaluation of eggs produced by laying hens fed diets containing flaxseed and thymus meal. *Archiv für Geflügelkunde*. 2001. Vol. 65. P. 214–218.
136. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service USDA Food Composition Databases Washington, DC, USA: United States Department of Agriculture, 2015.
137. United States Institute of Medicine Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B6, Folate, Vitamin B12, Pantothenic Acid, Biotin, and Choline . Washington, DC, USA: National Academies Press, 1998.
138. USDA. USDA nutrient database for standard reference. Nutrient Data Laboratory Home Page, 2001. Vol. 14.
139. Usman M., Zahoor I., Basheer A., Akram M., Mahmud A. Aseel chicken-a preferable choice for cost effective and sustainable production of meat-type poultry in the tropics. *Science International*. 2014. Vol. 26(3). P. 1301–1306

140. Vakili R., Heravi R. M. Performance and egg quality of laying hens fed diets supplemented with herbal extracts and flaxseed. *Poultry Science*. 2016. Vol. 4. P. 107–116. doi:10.22069/PSJ.2016.9833.1156
141. van de Braak T. Sustainability in breeding programmes: breeding the long-life layer. *International Hatchery Practice*. 2020. Vol. 34(6). P. 23–25.
142. Vazquez Prieto M. A., Bettaieb A., Rodriguez Lanzi C. Catechin and quercetin attenuate adipose inflammation in fructose-fed rats and 3T3-L1 adipocytes. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2015. Vol. 59(4). P. 622–633. doi:10.1002/mnfr.201400631
143. Wang X., Son M., Meram C., Wu J. Mechanism and potential of egg consumption and egg bioactive components on type-2 diabetes. *Nutrients*. 2019. Vol. 11(2). P. 357. doi:10.3390/nu11020357
144. Wertz K., Siler U., Goralczyk R. Lycopene: modes of action to promote prostate health. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2004. Vol. 430(1). P. 127–134. doi:10.1016/j.abb.2004.04.023
145. Williams J. L. La biotecnología y el uso de la selección mediante marcadores en reproducción animal. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*. 2005. Vol. 24(1). P. 379–391. doi:10.20506/rst.24.1.1571
146. Wu Z. L., Chen S. Y., Jia X. B., Lai S. J. Association of a synonymous mutation of the PGAM2 gene and growth traits in rabbits. *Czech Journal of Animal Science*. 2016. Vol. 60(3). P. 139–144. doi:10.17221/8079-cjas
147. Yalçın S., Eser H., Onbasilar I., Yalçın S. Effects of dried thyme (*Thymus vulgaris L.*) leaves on performance, some egg quality traits and immunity in laying hens. *Ankara Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*. 2020. Vol. 67. P. 303–311. doi:10.33988/auvfd.677150
148. Yannakopoulos A., Tserveni-Gousi A., Yannakakis S., Yamoustaris A. Yolk fatty acid composition of ω -3 eggs during the laying period, Egg and egg products quality. Proceedings of the XIth European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products; Kraków, Poland, 2005. P. 249–258.

149. Zhang G. W., Gao L., Chen S. Y. Single nucleotide polymorphisms in the FTO gene and their association with growth and meat quality traits in rabbits. *Gene*. 2013. Vol. 527(2). P. 553–557. doi:10.1016/j.gene.2013.06.024

150. Zhao C., Yang C. F., Liu B. Bioactive compounds from marine macroalgae and their hypoglycemic benefits. *Trends in Food Science & Technology*. 2018. Vol. 72(1–12). doi:10.1016/j.tifs.2017.12.001

151. Zhao X., Yang Z. B., Yang W. R., Wang Y., Jiang S. Z., Zhang G. G. Effects of ginger root (*Zingiber officinale*) on laying performance and antioxidant status of laying hens and on dietary oxidation stability. *Poultry Science*. 2011. Vol. 90(8). P. 1720–1727. doi:10.3382/ps.2010-01280