

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ШКАРБАН ВІТАЛІЙ ВАЛЕРІЙОВИЧ

УДК 636.4+636.52/.58:636.085.55.

**ДИСЕРТАЦІЯ
ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОПРОТЕЇНОВОГО СОНЯШНИКОВОГО
КОНЦЕНТРАТУ В ГОДІВЛІ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ ТА СВИНЕЙ НА
ДОРОЩУВАННІ**

204 «Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва»

Подається на здобуття наукового ступеня
доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

В.В Шкарбан

Науковий керівник:
Сичов Михайло Юрійович
доктор сільськогосподарських наук,
професор

Київ – 2026

АНОТАЦІЯ

Дисертаційна робота присвячена комплексному науковому обґрунтуванню доцільності використання високопротеїнового соняшникового концентрату як альтернативного протеїнового інгредієнта у годівлі курчат-бройлерів та молодняку свиней з метою підвищення продуктивності тварин, поліпшення якості продукції та зниження собівартості виробництва. Актуальність дослідження зумовлена високою вартістю соєвої макухи для комбікормової галузі України, де соняшник є стратегічною культурою з великим потенціалом глибокої переробки для виробництва протеїнових кормових інгредієнтів.

Метою роботи було визначити хімічний склад, енергетичну поживність та коефіцієнти перетравності поживних речовин високопротеїнового соняшникового концентрату, а також встановити його вплив на продуктивність, м'ясні якості, фізіологічний стан та основні біохімічні й гематологічні показники курчат-бройлерів і молодняку свиней. Для досягнення цієї мети виконано комплекс завдань: проведено хімічний аналіз високопротеїнового соняшникового концентрату, досліджено перетравність поживних речовин двома методами (прямим та з використанням інертних речовин), вивчено загальну енергетичну поживність, а також вплив різних рівнів заміни соєвої макухи на ріст, конверсію корму, забійні та м'ясні якості, біохімічні та гематологічні параметри організму дослідних тварин.

Досліди проведено у двох серіях – на курчатах-бройлерах фінального гібриду кросу «Cobb 500» та молодняку свиней великої білої породи. Для птиці сформовано контрольну та три дослідні групи (по 100 голів) з повною заміною соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом, частковою заміною соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на рівні 50 % потреби у сирому протеїні та комбінуванням соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату в рівних частках. Для свиней створено чотири групи поросят-аналогів, у яких рівень заміни соєвої макухи становив 0 (контроль), 8 і 12 %. Упродовж експерименту

проводили регулярне зважування тварин, облік споживання корму, розрахунок абсолютних та середньодобових приростів, показників конверсії корму. Хімічний склад кормів визначали за методиками ВМ та АОАС, перетравність поживних речовин у бройлерів – прямим методом і методом інертних речовин (оксид хрому). Біохімічні показники крові досліджували колориметричними та ензиматичними тестами, гематологічні – уніфікованими морфологічними методами. Статистичну обробку результатів здійснювали за допомогою дисперсійного та кореляційного аналізу ($p < 0,05$).

Встановлено коефіцієнти перетравності поживних речовин високопротеїнового соняшникового концентрату для курчат-бройлерів прямим методом та методом інертних речовин. За результатами досліджень виявлено високий рівень перетравності сирого протеїну, який становив відповідно 94,9 та 95,0 %, сирого жиру – 83,7 та 84,1 %, безазотистих екстрактивних речовин – 71,3 та 71,9 %, органічної речовини – 78,4 та 78,9 %. Загальна енергетична цінність високопротеїнового соняшникового концентрату для курчат-бройлерів становила 12,073–13,129 МДж/кг, що підтверджує можливість його використання як цінного білкового компонента комбикормів.

Доведено, що найефективнішим варіантом використання високопротеїнового соняшникового концентрату в годівлі курчат-бройлерів є його поєднання із соєвою макухою у співвідношенні 50:50. За такого підходу встановлено підвищення абсолютних приростів живої маси на 109,0 г або 3,3 %, середньодобових приростів – на 2,6 г або 3,3 %, а кінцева жива маса птиці перевищувала контроль на 109,1 г або 3,2 %. Водночас повна заміна соєвої макухи або заміна лише 50 % її потреби у сирому протеїні високопротеїновим соняшниковим концентратом не забезпечувала покращення продуктивних показників бройлерів.

Встановлено, що поєднане використання соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату у співвідношенні 50:50 сприяє підвищенню середньодобового споживання корму на 4,3 г або 3,5 % та

загального споживання корму на 180,6 г або 3,5 % за збереження однакової конверсії корму. Інші варіанти заміни характеризувалися нижчою ефективністю та супроводжувалися підвищенням витрат корму на одиницю приросту живої маси.

Виявлено позитивний вплив часткової заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на м'ясну продуктивність курчат-бройлерів. За використання соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату у співвідношенні 50:50 встановлено збільшення передзабійної живої маси на 3,2 %, маси знекровленої тушки – на 4,7 %, непатраної тушки – на 4,1 %, напівпатраної тушки – на 4,0 %, патраної тушки – на 4,4 %, грудних м'язів – на 6,6 %, стегна – на 3,7 %, гомілки – на 4,5 % та крила – на 2,0 %. Одночасно підвищувався вихід основних частин тушки та їстівних м'язових тканин.

Встановлено, що використання високопротеїнового соняшникового концентрату сприяє зниженню вмісту сирого жиру у грудних м'язах і м'язах стегна курчат-бройлерів та зменшенню їх енергетичної цінності. Найбільш виражений ефект спостерігався за поєднання соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату в рівних частках, коли вміст сирого жиру у грудних м'язах був нижчим на 18,8 %, а в м'язах стегна – на 25,0 %, що супроводжувалося зниженням енергетичної цінності відповідно на 7,5 та 10,6 %.

Доведено, що заміна соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом не викликає негативних змін фізіологічного стану курчат-бройлерів. Біохімічні показники крові залишалися у межах референтних значень. Водночас встановлено певні зміни метаболічного профілю, які проявлялися підвищенням концентрації загального протеїну, глюкози, креатиніну та сечової кислоти. За поєданого використання соєвої макухи і високопротеїнового соняшникового концентрату у співвідношенні 50:50 відзначено підвищення концентрації загального протеїну на 8,7 %, глюкози – на 8,6 %, креатиніну – на 21,8 %, сечової кислоти – на 11,4 %, зниження

активності аспаратамінотрансферази на 31,4 % та підвищення активності лужної фосфатази на 70,7 %.

Кореляційним аналізом встановлено наявність дуже сильного прямого зв'язку між вмістом високопротеїнового соняшникового концентрату в раціоні та енергетичною цінністю грудних м'язів і м'язів стегна на рівні 0,91–0,93. Виявлено сильні та помітні зв'язки між рівнем включення концентрату в раціон і показниками росту, м'ясної продуктивності, біохімічного складу крові та якості м'ясної продукції. Дисперсійним аналізом доведено, що сила впливу заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на продуктивні та м'ясні показники бройлерів становила від 52,8 до 86,7 %, а на вміст сирого жиру та енергетичну цінність м'язової тканини – 85,4 та 82,6 % відповідно.

Встановлено, що використання високопротеїнового соняшникового концентрату в годівлі молодняку свиней є безпечним та ефективним. Збереженість поголів'я в усіх групах становила 100 %. Найкращі результати отримано за включення 8 % високопротеїнового соняшникового концентрату до складу комбікорму. За такого рівня заміни жива маса поросят у 75-добовому віці зростала на 3,6 %, абсолютні прирости – на 5,9 % у період 45–75 діб та на 4,2 % за весь період вирощування, а середньодобові прирости перевищували контроль на 5,8 та 4,2 % відповідно.

Доведено, що високопротеїновий соняшниковий концентрат позитивно впливає на біохімічний та гематологічний профіль молодняку свиней. За рівня заміни 8–12 % встановлено підвищення концентрації загального протеїну на 17,8–22,9 %, сечовини – на 77,8–94,4 %, зниження активності аспаратамінотрансферази на 13,4–15,8 %, збільшення вмісту α_1 -глобулінів на 1,3–1,4 %. Одночасно спостерігалось підвищення концентрації гемоглобіну на 8,5–10,6 %, кількості еритроцитів – на 23,2–26,8 %, нейтрофілів – на 7,5–8,5 % та сегментоядерних гранулоцитів – на 8,5–9,0 %, що свідчить про активацію протеїнового обміну, покращення киснево-транспортної функції крові та

стимуляцію адаптивно-імунних механізмів організму без розвитку патологічних змін.

Отримані результати свідчать про високу кормову цінність високопротеїнового соняшникового концентрату та підтверджують доцільність його використання у складі комбікормів для курчат-бройлерів і молодняку свиней як ефективного джерела рослинного протеїну, що забезпечує підвищення продуктивності тварин, покращення окремих показників якості продукції та оптимізацію метаболічних процесів в організмі.

ANNOTATION

The dissertation presents a comprehensive scientific substantiation of using high-protein sunflower concentrate as an alternative protein ingredient in the feeding of broiler chickens and growing pigs. The research is motivated by the high cost of soybean meal and the need to reduce the dependence of Ukraine's feed industry on imported protein sources, while sunflower is a strategic crop with significant potential for deep processing into high-protein feed ingredients.

The aim of the study was to determine the chemical composition, energy value, and nutrient digestibility coefficients of high-protein sunflower concentrate and to assess its influence on productivity, meat quality, physiological status, and key biochemical and hematological parameters of broiler chickens and growing pigs. The objectives included chemical analysis of high-protein sunflower concentrate, evaluation of nutrient digestibility by direct and indicator (chromium oxide) methods, assessment of its energy value, and investigation of the effects of different levels of soybean meal replacement on growth, feed conversion, carcass and meat traits, as well as blood biochemical and hematological indicators.

Experiments were conducted in two parallel trials: on Cobb 500 broilers (four groups of 100 birds each) and on Large White pigs (four groups of litter-matched piglets). Broilers were fed diets in which soybean meals were either completely replaced or partially substituted with high-protein sunflower concentrate at 50 % by weight or 50 % by crude protein. Pigs received diets with 0 (control), 8 %, or 12 %

replacement of soybean meal with high-protein sunflower concentrate. Throughout the trial, animals were weighed weekly, feed intake was recorded, and absolute and average daily gains as well as feed conversion ratios were calculated. Chemical composition of feeds was determined using standard Weende and AOAC methods. Nutrient digestibility in broilers was evaluated by direct and indicator methods. Blood biochemical indices were measured by colorimetric and enzymatic assays, and hematological parameters by standard morphological techniques. Data was processed using analysis of variance and correlation analysis ($p < 0.05$).

The dissertation presents a theoretical substantiation and an experimental solution to the scientific and practical problem of evaluating the nutritional value of high-protein sunflower concentrate and determining the efficiency of its use in feeding broiler chickens and growing pigs as an alternative source of plant protein.

The digestibility coefficients of nutrients in high-protein sunflower concentrate for broiler chickens were determined using both the direct method and the inert marker method. The results demonstrated a high digestibility of crude protein, amounting to 94.9 and 95.0%, crude fat – 83.7 and 84.1%, nitrogen-free extractives – 71.3 and 71.9%, and organic matter – 78.4 and 78.9%, respectively. The metabolizable energy value of high-protein sunflower concentrate for broiler chickens ranged from 12.073 to 13.129 MJ/kg, confirming its suitability as a valuable protein component in compound feeds.

It was established that the most effective strategy for using high-protein sunflower concentrate in broiler nutrition was its combination with soybean meal in a 50:50 ratio. Under these conditions, absolute body weight gain increased by 109.0 g or 3.3%, average daily gain increased by 2.6 g or 3.3%, and final body weight exceeded the control group by 109.1 g or 3.2%. In contrast, complete replacement of soybean meal or replacement of only 50% of its crude protein contribution with high-protein sunflower concentrate did not improve broiler growth performance.

The combined use of soybean meal and high-protein sunflower concentrate in a 50:50 ratio increased average daily feed intake by 4.3 g or 3.5% and total feed consumption by 180.6 g or 3.5% while maintaining the same feed conversion ratio.

Other replacement strategies were less effective and were associated with increased feed expenditure per kilogram of body weight gain.

A positive effect of partial soybean meal replacement with high-protein sunflower concentrate on broiler meat productivity was demonstrated. The 50:50 combination increased pre-slaughter live weight by 3.2%, bled carcass weight by 4.7%, uneviscerated carcass weight by 4.1%, semi-eviscerated carcass weight by 4.0%, eviscerated carcass weight by 4.4%, breast muscle weight by 6.6%, thigh weight by 3.7%, drumstick weight by 4.5%, and wing weight by 2.0%. Simultaneously, carcass yield and the proportion of edible muscle tissues increased.

The inclusion of high-protein sunflower concentrate reduced crude fat content in breast and thigh muscles and decreased their energy value. The most pronounced effect was observed when soybean meal and sunflower concentrate were combined in equal proportions, resulting in reductions of crude fat content in breast and thigh muscles by 18.8 and 25.0%, respectively, accompanied by decreases in energy value of 7.5 and 10.6%.

It was demonstrated that replacing soybean meal with high-protein sunflower concentrate did not adversely affect the physiological status of broiler chickens. Blood biochemical parameters remained within reference ranges. Nevertheless, certain changes in the metabolic profile were observed, including increased concentrations of total protein, glucose, creatinine, and uric acid. In birds fed the 50:50 combination of soybean meal and sunflower concentrate, serum total protein increased by 8.7%, glucose by 8.6%, creatinine by 21.8%, and uric acid by 11.4%, while aspartate aminotransferase activity decreased by 31.4% and alkaline phosphatase activity increased by 70.7%.

Correlation analysis revealed a very strong positive relationship between the dietary inclusion level of high-protein sunflower concentrate and the energy value of breast and thigh muscles, ranging from 0.91 to 0.93. Strong and moderate relationships were also identified between the inclusion level of sunflower concentrate and growth performance, carcass characteristics, blood biochemical traits, and meat quality parameters. Analysis of variance demonstrated that the

contribution of soybean meal replacement with high-protein sunflower concentrate to the variability of broiler productive and carcass traits ranged from 52.8 to 86.7%, while its influence on crude fat content and muscle energy value amounted to 85.4 and 82.6%, respectively.

The use of high-protein sunflower concentrate in diets for growing pigs was shown to be safe and effective. Survival rate remained at 100% in all experimental groups. The best results were obtained when 8% high-protein sunflower concentrate was included in compound feeds. Under these conditions, live weight at 75 days of age increased by 3.6%, absolute body weight gain increased by 5.9% during the 45–75-day period and by 4.2% throughout the entire growing period, while average daily gain exceeded the control by 5.8 and 4.2%, respectively.

High-protein sunflower concentrate exerted a positive effect on the biochemical and hematological profile of growing pigs. At inclusion levels of 8–12%, total protein concentration increased by 17.8–22.9%, urea concentration by 77.8–94.4%, and α_1 -globulin content by 1.3–1.4%, whereas aspartate aminotransferase activity decreased by 13.4–15.8%. Simultaneously, hemoglobin concentration increased by 8.5–10.6%, erythrocyte count by 23.2–26.8%, neutrophil count by 7.5–8.5%, and segmented neutrophils by 8.5–9.0%. These changes indicate enhanced protein metabolism, improved oxygen-carrying capacity of blood, and stimulation of adaptive and immune mechanisms without evidence of pathological alterations.

The obtained results demonstrate the high feeding value of high-protein sunflower concentrate and confirm the feasibility of its use in compound feeds for broiler chickens and growing pigs as an effective source of plant protein, ensuring improved animal productivity, enhanced product quality characteristics, and optimization of metabolic processes in the organism.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових виданнях,

включених до міжнародних наукометричних баз даних:

1. **Shkarban V.**, Sychov M. The effect of complete and partial replacement of soybean meals with highprotein sunflowers concentrate on the diet of broiler chickens on their growth parameters, meat productivity and meat quality. *Agriculture and Forestry*. 2025. Vol. 71, No. 4. P. 79–96. doi:10.17707/AgricultForest.71.4.05. (Здобувачем проаналізовано ефективність заміни соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат та вплив таких комбікормів на м'ясні якості курчат-бройлерів кросу «Кобб-500»).

2. **Shkarban V.**, Sychov M. Inclusion of high-protein sunflower concentrate in diets of growing pigs. *Agriculture and Forestry*. 2026. Vol. 72 (1). P. 247-263. doi:10.17707/AgricultForest.72.1.15. (Здобувачем проаналізовано ефективність заміни соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат у годівлі молодняку свиней).

Статті у наукових фахових виданнях України

3. **Шкарбан В.В.**, Сичов М.Ю. Енергетичний потенціал високопротеїнового соняшникового концентрату. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. Т. 27, № 102. doi:10.32718/nvlvet-a10250. (Здобувачем визначено енергетичний потенціал високопротеїнового соняшникового концентрату).

4. **Шкарбан В.В.**, Сичов М.Ю. Біохімічний гомеостаз і ферментна адаптація бройлерів за часткової заміни соєвого шроту високопротеїновим соняшниковим концентратом. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. Т. 27, № 103. doi:10.32718/nvlvet-a10334. (Здобувачем досліджено та проаналізовано вплив заміни соєвої

макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат на біохімічний гомеостаз та ензимну адаптацію курчат-бройлерів фінального гібриду кросу «Кобб-500»).

5. **Шкарбан В.В.**, Сичов М.Ю. Вплив використання високопротеїнового соняшникового концентрату в годівлі курчат-бройлерів на перетравність та ефективність використання корму. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: збірник наукових праць*. Біла Церква: Білоцерківський національний аграрний університет. 2025. № 2 (198). С. 6–12. doi:10.33245/2310-9289-2025-198-2-6-12. (Здобувачем досліджено та проаналізовано вплив заміни соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат на перетравність та ефективність використання корму курчатами-бройлерами фінального гібриду кросу «Кобб-500»).

Тези наукових доповідей

6. Shkarban V. Market possibilities for high protein sunflower concentrate in poultry and swine farming. *Animal Science: Sustainable Livestock Production and Animal Welfare*. Kyiv: NUBiP of Ukraine. 2023 P. 30 (Здобувачем зроблено аналіз та інтерпретацію даних, підготовлено тези до друку, перевірів оформлення тез та узгодив вимоги з редакцією журналу)

7. Шкарбан В. В. Перспективи використання джерел соняшникового протеїну в годівлі молодняку свиней та курчат-бройлерів. Збірник тез 77-ї науково-практичної конференції «Сучасні технології у тваринництві та рибництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми». Київ: НУБіП України. 2023. С. 128–129. (Здобувачем розроблено програму досліджень, зроблено аналіз та інтерпретацію отриманих даних, організовано та проведено дослідження, підготовлено тези до друку, перевірів оформлення тез та узгодив вимоги з редакцією журналу).

8. **Шкарбан В. В.**, Сичов М. Ю. Потенціал високопротеїнового соняшникового концентрату в годівлі курчат-бройлерів. Збірник тез 79-ї науково-практичної конференції «Сучасні технології у тваринництві та

рибництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми». Київ: НУБіП України. 2025. С. 188–191. (Здобувачем розроблено програму досліджень, зроблено аналіз та інтерпретацію отриманих даних, організовано та проведено дослідження, підготовлено тези до друку. Сичов М. Ю. перевірів оформлення тез та узгодив вимоги з редакцією журналу).

9. **Shkarban V.**, Sychov M. Metabolic adaptation of broilers under modification of the protein base of compound feed. Science and Education as the Basis of Human Progress : Proceedings of the International Scientific Conference. Rotterdam. 2025. P. 166–167. doi:10.64076/iedc251206.23 (Зробувачем зроблено аналіз та інтерпретацію даних, підготовлено тези до друку. Сичов М. Ю. перевірів оформлення тез та узгодив вимоги з редакцією журналу).

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	16
ВСТУП	17
РОЗДІЛ I ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	25
1.1. Соняшник як джерело рослинного протеїну у кормах для тварин	25
1.1.1. Біологічні особливості соняшнику як кормової культури	25
1.1.2. Склад, структура і засвоюваність протеїнів соняшнику	29
1.1.3. Фенольні сполуки і фітинова кислота у взаємодії з протеїнами соняшнику	34
1.2. Сучасні стратегії виробництва соняшникових протеїнів для кормових продуктів	38
1.3. Використання високопротеїнових соняшникових концентратів в годівлі тварин та птиці	45
1.3.1. Використання високопротеїнових соняшникових концентратів в годівлі курей	45
1.3.2. Використання високопротеїнових соняшникових концентратів в годівлі свиней	51
РОЗДІЛ II МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	59
2.1. Умови та схема проведення досліджень	59
2.2. Матеріал і методи проведення досліджень	60
2.2.1. Використання високопротеїнового соняшникового концентрату в годівлі курчат-бройлерів	60
2.2.2. Використання високопротеїнового соняшникового концентрату в годівлі молодняку свиней	63
2.3. Методи досліджень	65
РОЗДІЛ III РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	73

3.1. Використання високопротеїнового соняшникового концентрату в годівлі курчат-бройлерів	73
3.1.1. Характеристика годівлі курчат-бройлерів	73
3.1.2. Хімічний склад, енергетична поживність високопротеїнового соняшникового концентрату та перетравність його поживних речовин в організмі курчат-бройлерів	79
3.1.2.1 Хімічний склад високопротеїнового соняшникового концентрату	79
3.1.2.2. Перетравність поживних речовин високопротеїнового соняшникового концентрату в організмі курчат-бройлерів	81
3.1.2.3. Енергетична поживність високопротеїнового соняшникового концентрату	83
3.1.3. Життєздатність, маса тіла та інтенсивність росту бройлерів	84
3.1.4. Перетравність та ефективність використання корму	89
3.1.5. М'ясна продуктивність курчат-бройлерів	92
3.1.5.1. Забійні якості курчат-бройлерів	92
3.1.5.2. Якість м'яса курчат-бройлерів	95
3.1.5.3. Хімічний склад м'яса курчат-бройлерів	96
3.1.6. Фізіологічний стан організму бройлерів	100
3.1.6.1. Біохімічні показники	100
3.1.6.2. Гематологічні показники	103
3.1.7. Взаємозв'язок між змінами концентрації високопротеїнового соняшникового концентрату у раціоні курчат-бройлерів та параметрами їх продуктивності, забійних якостей та фізіологічного стану організму	105

3.1.8. Сила впливу заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на продуктивність, забійні якості, та хімічний склад м'яса курчат-бройлерів	112
3.2. Використання високопротеїнового соняшnikового концентрату в годівлі молодняку свиней	116
3.2.1. Характеристика годівлі молодняку свиней	116
3.2.2. Життєздатність, маса тіла та інтенсивність росту поросят	119
3.2.3. Ефективність використання корму	122
3.2.4. Фізіологічний стан організму поросят	124
3.2.4.1. Біохімічні показники	124
3.2.4.2. Гематологічні показники	129
РОЗДІЛ IV ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	136
РОЗДІЛ V АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	142
ВИСНОВКИ	147
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	150
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	151
ДОДАТКИ	188

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АЛТ – аланінамінотрансфераза;

АСТ – аспартатамінотрансфераза;

ГГТ – гамма-глутамілтрансфераза;

ЛДГ – лактатдегідрогеназа;

ЛФ – лужна фосфатаза;

ОЕ – обмінна енергія;

ВСК – високопротеїновий соняшниковий концентрат.

ВСТУП

Актуальність роботи. Вартість і доступність повноцінних протеїнових інгредієнтів залишаються визначальними чинниками собівартості продукції птахівництва та свинарства. Тривала орієнтація на соєву макуху робить комбікормову галузь вразливою до цінових коливань і логістичних ризиків, тоді як для України соняшник є стратегічною культурою з високими обсягами переробки. За оцінками USDA, у 2023/24 Україна виробила близько 15,5 млн т насіння соняшнику (близько 25 % світового виробництва у 2024/2025) [260], що створює стабільну сировинну базу для продуктів його глибокої переробки, зокрема високопротеїнового соняшникового концентрату [265]. Наукові й оглядові роботи останніх років підтверджують, що соняшникові протеїнові інгредієнти (соняшникова макуха та концентрат) можуть частково або повністю замінювати соєву макуху за умови коригування вмісту лізину та метіоніну [119, 211]. Балансування амінокислот у раціонах курчат-бройлерів дає змогу замінювати 50–100 % соєвої макухи без втрати продуктивності [119, 211], водночас технологічні процеси, такі як дефібрування, екструзія, помірний нагрів, підвищують ступінь гідролізу й засвоюваність білка у високопротеїнового соняшникового концентрату [182, 220].

У птахівництві сучасні експериментальні роботи показують, що включення соняшникових продуктів не погіршує доступності амінокислот і може підтримувати продуктивність за помірної заміни соєвої макухи [160, 189]. Так, для курей-несучок не виявлено негативного впливу навіть за 30 % включення соняшникового концентрату [189]. У курчат-бройлерів часткова заміна соєвої макухи соняшниковими продуктами зазвичай не знижує прирости до 21 дня і потребує корекції амінокислотного профілю надалі. Додаткові дослідження з альтернативними протеїнами (соняшник + ріпак) підтверджують можливість суттєвого зменшення частки соєвої макухи без втрати продуктивності за грамотної формуляції [90]. Для свинарства низка робіт 2023–2025 рр. показують, що часткова чи повна заміна соєвої макухи сумішами «нетрадиційних» шротів, зокрема соняшниковим, не погіршує

прирости, перетравність і фізіолого-біохімічні показники організму, у ряді випадків фіксують підвищення вмісту загального протеїну в сироватці крові та прийнятні забійні якості [138]. Це відкриває шлях до більш гнучких, локально орієнтованих рецептур у вирощуванні поросят, ремонтного та відгодівельного молодняку свиней. Технологічні інновації у виробництві соняшникового протеїну (екструзія з високою вологістю, кероване нагрівання) демонструють істотне підвищення ступеня гідролізу й функціональних властивостей концентрату без зниження перетравності, що підсилює його конкурентоспроможність порівняно з соєвою макухою [182, 220]. На тлі стабільно високих обсягів переробки насіння соняшнику в Україні високопротеїновий соняшниковий концентрат стає економічно привабливою альтернативою для комбікормової промисловості.

Отже, дослідження використання високопротеїнового соняшникового концентрату у годівлі курчат-бройлерів та молодняку свиней є своєчасним і практично значущим. Воно поєднує зниження собівартості за рахунок вітчизняної сировини, підвищення продовольчої безпеки, а також наукову верифікацію оптимальних рівнів уведення з корекцією незамінних амінокислот та оцінку впливу на продуктивність, біохімію крові й забійні якості.

Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами та темами. Дисертацію виконано відповідно до тематичного плану науково-дослідних робіт Національного університету біоресурсів і природокористування України за науковим проектом: «Науково-практичне забезпечення безпеки протеїнового живлення сільськогосподарських тварин в умовах воєнного стану та повоєнний період» (номер державної реєстрації 0124U000924).

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження – теоретично обґрунтувати та експериментально перевірити ефективність використання високопротеїнового соняшникового концентрату у годівлі курчат-бройлерів і

молодняку свиней, визначити його вплив на продуктивність, якість продукції, фізіологічний стан і економічну доцільність.

Завдання:

- визначити хімічний склад та енергетичну поживність високопротеїнового соняшникового концентрату;
- дослідити перетравність основних поживних речовин високопротеїнового соняшникового концентрату в організмі курчат-бройлерів;
- оцінити дію різних рівнів заміни соєвої макухи на життєздатність, середньодобові прирости, інтенсивність росту та конверсію корму курчат-бройлерів;
- встановити вплив високопротеїнового соняшникового концентрату на забійні якості, хімічний склад та якість м'яса курчат-бройлерів;
- визначити зміни біохімічних і гематологічних показників крові бройлерів за часткової та повної заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом;
- дослідити вплив включення високопротеїнового соняшникового концентрату у раціони поросят на інтенсивність росту, ефективність використання корму, а також на біохімічні й гематологічні показники крові;
- проаналізувати взаємозв'язки між рівнем введення високопротеїнового соняшникового концентрату і показниками продуктивності, забійних якостей та фізіологічного стану тварин;
- здійснити розрахунок економічної ефективності заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом.

Об'єкт дослідження – різні рівні заміни соєвого шроту високопротеїновим соняшниковим концентратом у раціонах курчат-бройлерів та молодняку свиней; предмет – продуктивні, фізіолого-біохімічні, забійні та м'ясні показники за використання у комбікормах високопротеїнового соняшникового концентрату.

Предмет дослідження – вплив згодовування високопротеїнового соняшникового концентрату на продуктивність, забійні якості, хімічний склад м'яса, перетравність поживних речовин та біохімічні й гематологічні показники крові

курчат-бройлерів і молодняку свиней, а також на економічну ефективність їх вирощування.

Методи дослідження. Зоотехнічні (визначення збереженості, живої маси курчат-бройлерів та молодняку свиней, витрат корму); біохімічні (визначення лейкоцитарної формули, біохімічних показників активності ензимів, ліпідного та протеїнового профілів у її сироватці); гематологічні (визначення морфологічних показників крові, лейкоцитарної формули); статистичні (обробка експериментальних даних, визначення середніх величин та їх похибок, вірогідності різниці; проведення кореляційного та дисперсійного аналізів); економічні (рентабельності виробництва м'яса курчат-бройлерів та реалізації ремонтного молодняку свиней); аналітичні (огляд літератури, аналіз і узагальнення результатів досліджень).

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше комплексно визначено коефіцієнти перетравності поживних речовин високопротеїнового соняшникового концентрату у курчат-бройлерів двома методами – прямим і методом інертних речовин: сирий протеїн 94,9–95,0 %, сирий жир 83,7–84,1 %, сира клітковина 11,8–14,0 %, безазотисті екстрактивні речовини 71,3–71,9 %, органічна речовина 78,4–78,9 %, нейтрально-детергентна клітковина 64,4–65,2 % і кислотно-детергентна клітковина 3,9–6,2 %. Отримані результати підтвердили високу засвоюваність білкових і вуглеводних компонентів та засвідчили значну енергетичну цінність високопротеїнового соняшникового концентрату для птиці – 12,07–13,13 МДж/кг, що обґрунтовує його використання як повноцінного протеїнового інгредієнта комбікормів замість соєвої макухи.

Доведено переваги часткової заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом у раціонах бройлерів: поєднане використання соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату у співвідношенні 50:50 забезпечує підвищення абсолютних і середньодобових приростів маси тіла на 3,3 % ($p < 0,05$) та поліпшення м'ясної продуктивності

(зростання маси знекровленої тушки на 4,7 %, грудних м'язів на 6,6 %, $p < 0,01$) за незмінної конверсії корму.

Уперше показано виражене зниження вмісту сирого жиру й енергетичної цінності м'яса бройлерів за спільного використання соєвої макухи і високопротеїнового соняшникового концентрату як протеїнових компонентів комбікорму: у грудних м'язах – до $-18,8$ %, у м'язах стегна – до $-25,0$ % ($p < 0,001$), що свідчить про поліпшення дієтичних властивостей м'ясної продукції.

Виявлено специфічний вплив високопротеїновим соняшниковим концентратом на біохімічний профіль крові бройлерів: підвищення ($p < 0,001$) вмісту загального протеїну до 11 %, глюкози – до (8,6 %), креатиніну – до 21,8 %, сечової кислоти – до 11,4 %, а також зниження активності аспартатамінотрансферази на 31,4 % ($p < 0,001$) при збереженні показників у межах фізіологічної норми.

Уперше обґрунтовано оптимальний рівень включення високопротеїнового соняшникового концентрату до раціонів молодняку свиней – 8 %, який забезпечує достовірне підвищення живої маси на 3,6 %, середньодобових приростів на 5,8 % ($p < 0,05$) та стимулює синтез сироваткових білків: загальний протеїн у крові підвищується на 17,8–22,9 %, сечовина на 77,8–94,4 % ($p < 0,05$), без негативного впливу на гематологічний статус.

Показано позитивний імуномодулюючий ефект: за введення 8–12 % високопротеїнового соняшникового концентрату у поросят зростали концентрації гемоглобіну до 10,6 % ($p < 0,05$) і еритроцитів – до 26,8 % ($p < 0,05$), а також відзначалася активація лейкопоезу (підвищення нейтрофілів до 9,0 %, $p < 0,05$) без ознак патології.

Вперше проведено кореляційний аналіз, який довів сильні прямі й обернені залежності між рівнем високопротеїнового соняшникового концентрату у раціоні та продуктивністю, м'ясними якостями, витратами корму й основними біохімічними показниками крові бройлерів ($r = \pm 0,51-0,93$;

$p < 0,001$), що дозволило кількісно оцінити силу впливу цього інгредієнта на ключові господарсько-цінні ознаки.

Практичне значення одержаних результатів. Науково обґрунтовано норми використання високопротеїнового соняшникового концентрату. Визначені коефіцієнти перетравності поживних речовин та загальна енергетична поживність (12,07–13,13 МДж/кг) високопротеїнового соняшникового концентрату дають можливість точно враховувати його кормову цінність під час складання комбікормів для птиці та свиней.

Для курчат-бройлерів економічно та біологічно виправданим є поєднане використання соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату у співвідношенні 50:50, що забезпечує підвищення середньодобових приростів на близько 3 % і поліпшення м'ясних якостей тушки без зниження конверсії корму. Для молодняку свиней оптимальним є введення 8 % високопротеїнового соняшникового концентрату в комбікорм, що підвищує середньодобові прирости на близько 5–6 % і стимулює білковий обмін без негативного впливу на гематологічні показники.

Комбінування соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату в рівних частках у раціоні сприяє зниженню вмісту сирого жиру в грудних і стегнових м'язах бройлерів на 18–25 %, що підвищує дієтичні властивості м'яса та його комерційну привабливість.

Одержані результати досліджень впроваджено в практику свинокомплексу ТОВ «Тернопільський бекон» (Чортківського району Тернопільської області) з виробництва свинини та ТОВ «Доброкур» (Бориспільського району Київської області) з виробництва м'яса курчат-бройлерів. Рекомендовано для використання навчальними закладами під час підготовки фахівців ОС «Бакалавр» та ОС «Магістр» за спеціальністю Н2 «Тваринництво» (Додатки Б, В та Г).

Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів та вирішенні конкретного наукового завдання. Здобувачем самостійно здійснено пошук і аналіз літературних джерел за темою дисертації, розроблено

схеми проведення експериментів, виконано весь обсяг експериментальних досліджень, а також статистичну обробку одержаних результатів. Інтерпретацію, аналіз і узагальнення результатів досліджень, формулювання висновків та пропозицій для виробництва проведено за методичної допомоги наукового керівника. Особистий внесок у роботах, опублікованих у співавторстві, визначено у списку опублікованих праць.

Апробація основних результатів дослідження. Матеріали дисертації доповідались на: Міжнародній науковій-практичній конференції «Animal science: «Sustainable livestock production and animal welfare» 17-18 січня 2023, Київ – Стокгольм; 77-й Міжнародній науково-практичній конференції вчених, аспірантів і студентів «Сучасні технології у тваринництві та рибництві: Навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми». К.: НУБіП України, 2023; 79-й Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології у тваринництві та рибництві: Навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми» 2025 року. К.: НУБіП України, 2025; Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інноваційні підходи до виробництва у тваринництві, харчовій галузі та ветеринарній практиці», м. Вінниця, 6–7 листопада 2025 року; Міжнародній науковій конференції “Science and Education as the Basis of Human Progress” 6 грудня 2025 р. у м. Роттердам; 80-й Міжнародній науково-практичній конференції вчених, аспірантів і студентів «Сучасні технології у тваринництві та рибництві: навколишнє середовище, виробництво продукції, екологічні проблеми» 2026 року. К.: НУБіП України, 2026.

Публікації результатів досліджень. Основні положення дисертаційної роботи опубліковано в 9 наукових працях, з яких 3 статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань, 2 статті у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus; 4 – тезах доповідей (Додаток А).

Структура та обсяг дисертації. Дисертація викладена на 188 сторінках комп’ютерного тексту, що включає такі розділи: «АНОТАЦІЇ»,

«ВСТУП», «ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ», «МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ», «РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ», «АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ», «ВИСНОВКИ», «ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ», «СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ», «ДОДАТКИ». Робота ілюстрована 58 таблицями, та має 4 додатки. Список літератури налічує 284 джерела, серед них 281 – латиницею.

РОЗДІЛ І ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Соняшник як джерело рослинного протеїну у кормах для тварин

1.1.1. Біологічні особливості соняшнику як кормової культури

Соняшник (*Helianthus annuus L.*) – однорічна рослина родини складноцвітих, яка походить із Північної Америки чи Перу, звідки її завезли до Європи іспанці в XVI ст. Назва «соняшник» (грецькою «*helios*» означає «сонце», а «*anthos*» означає «квітка») походить від геліотропізму молодого листя та голівки квітки, які сліднують за щоденним рухом сонця зі сходу на захід [77]. Наразі зареєстровано 67 видів соняшників. Їх можна розділити на олійні та неолійні види, на які припадає 90 та 10 % світового виробництва соняшнику, відповідно [14, 63, 81].

Загалом, соняшник – це висока рослина – 1,4–1,7 м (з коренем – 2,4–3,7 м), стебло якої нерозгалужене або малорозгалужене. Листки черешкові, з трьома головними жилками, від лінійних до яйцеподібних, цілокраї або пилчасті. Суцвіття соняшнику має форму квіткової голівки шириною близько 30 см. Капітулум зазвичай складається з 700–8000 окремих квіток, розташованих зовні (язичкові квітки, безплідні) або всередині диска (центральні квітки, фертильні) [81]. Забарвлення квіток може варіюватися від блідо-жовтого до темно-червоного. Насіння має овальну або округлу форму, довжину 7–25 мм, ширину 4–13 мм. З ботанічної точки зору насіння соняшнику – це сім'янки, тобто сухі плоди, що не розкриваються, з неприклеєним дерев'янистим навколоплідником (оболонкою), який оточує зародок і сім'ядолю, що містить ядро [14, 81]. Лушпиння олійних і неолійних культур відрізняється. Насіння олійних культур менші з тонким чорним лушпинням, тоді як види, які не використовуються для олійних культур, зазвичай ширші з чорною оболонкою і білими смугами. На лушпиння припадає від 20 до 30 % сухої маси сім'янок для олійних видів і від 40 до 50 % для неолійних видів [270].

Хімічний склад насіння соняшнику залежить від генотипу та умов вирощування. Він також різниться у лушпиння та ядра. Зокрема, оболонка, яка виконує захисну функцію ядра, в основному складається з лігніну та целюлози (біля 50 % сухої речовини), а також геміцелюлози (біля 20 % сухої речовини). Прості вуглеводи містяться в менших кількостях (10 % від сухої речовини), наприклад ксилоза (5,9 % сухої речовини), галактуронова кислота (2,4 % сухої речовини), галактоза (0,4 % сухої речовини) і глюкоза (0,1 % сухої речовини). Білки (3–5 % сухої речовини) і ліпіди (1–5 % сухої речовини) також є другорядними компонентами. Вміст мінеральних речовин коливається в межах 2–4 % сухої речовини [39, 125, 191, 255].

Ядро соняшнику є основним місцем для зберігання таких сполук, як ліпіди та білки, які є резервами для проростання зародка. Запасні ліпіди (до 65 % сухої речовини) є основними джерелами енергії та вуглецю, які використовуються на фазі розвитку. Вони укладені в ліпідні тільця (олеосоми), розташовані в клітинах сім'ядолей. Ліпіди ядра соняшнику складаються в основному з тригліцеридів, що, у свою чергу, складаються з жирних кислот, таких як лінолева (51–73 % сухої речовини), олеїнова (15–37 % сухої речовини), пальмітинова (5–7 % сухої речовини), стеаринова (2–6 % сухої речовини), арахідова (0–0,3 % сухої речовини) і ліноленова кислоти (< 0,3 % сухої речовини). Фосфоліпіди (фосфатидилхолін, фосфатидилетаноламін і фосфатидилінозит) і гліколіпіди становлять менше 4 % сухої речовини [14, 63, 78].

Іншими запасними сполуками є протеїни (20–30 % сухої речовини). Вони становлять понад 85 % усіх білків у насінні соняшнику [78, 125, 283] і укладені головним чином у протеїнових тільцях сім'ядолей. Вони є основним джерелом азоту для проростання. Крім протеїнів ядро соняшнику багате небілковими азотистими сполуками, наприклад, пептидами та амінокислотами, які складають у середньому близько 6 % сухої речовини. До складу вуглеводів (4–10 % сухої речовини) входять полісахариди (0,6–1,9 % сухої речовини, переважно целюлоза) і прості цукри (арабіноза) (1,2–1,7 %

сухої речовини), уронова кислота (0,9–1,2 % сухої речовини), маноза (0,4–0,7 % сухої речовини), галактоза (0,4–0,6 % сухої речовини), ксилоза (0,4–0,5 % сухої речовини) і глюкоза (0,2–1,1 % сухої речовини) [14, 44]. Ядро також містить значну кількість фенольних сполук (1,0–4,5 % сухої речовини) [81, 224]. Серед них найбільш поширеними є хлорогенова (0,5–2,4% сухої речовини) та кавова (0,05–0,29 % сухої речовини) кислоти [14, 167]. Ще одна біомолекула, яка присутня в ядрі соняшнику, це фітинова кислота (інозитолфосфат), яка є формою зберігання фосфору. Останній вивільняється зі структури інозиту після гідролізу фосфатних груп, що каталізується ендогенною фітазою [171]. Що стосується мінеральних речовин (3,0–4,0 % сухої речовини), то вони в основному складаються з калію (0,67–0,75 %), сірки (0,26–0,32 %), магнію (0,35–0,41 %), кальцію (0,08–0,010 %), фосфору (1,3 %) і натрію (0,02 %). Іншими незначними сполуками є токоферол (0,07 % сухої речовини), каротиноїди (0,01–0,02 % сухої речовини) і вітамін В1 (0,002 % сухої речовини) [14, 23, 81, 191].

Щодо використання, то вирощувати соняшник почали на початку ХІХ ст. [81]. Відтоді виробництво соняшнику продовжує розвиватися, що зумовлено великим попитом на соняшникову олію. За останні роки було вироблено понад 20 млн тон сирової соняшnikової олії, що становить 10 % від загального виробництва рослинної олії у світі. Вироблена олія використовується для виробництва продуктів харчування на 80 %, тоді як інші ринки збуту – це фармацевтичний, косметичний та хімічний сектори [65]. Процес промислового відтиску олії поділяється на дві основні стадії: подрібнення насіння та рафінування олії. Подрібнення насіння починається з підготовки насіння перед віджиманням олії. Спочатку насіння відокремлюють від домішок, як правило, за допомогою сита та всмоктувального каналу. Потім насіння сушать за температури вище 100 °С до досягнення менше 5 % вологості речовини. Це полегшує подальше лушення насіння на лушпиння та ядра [81, 270]. Однак повністю видаляти лушпиння не рекомендується, оскільки це призводить до зниження продуктивності пресування. Після очищення від

лушпиння ядра розплющують (для збільшення контактної поверхні) і варять 30–40 хв за температури від 80–90 °С. Термічна обробка дестабілізує клітинні мембрани, інактивує певні ферменти, функціонування яких може бути шкідливим для якості олії (фосфоліпази та ліпази), а також зменшує в'язкість олії для полегшення її вилучення. Зварене розплющене насіння потім пресують [63] за температури 120 °С і 50 кг/м² [270], щоб отримати сиру пресовану олію. Близько 60 % загальної кількості соняшникової олії відновлюється під час цього етапу. Тверда речовина, що утворюється в результаті пресування, називається «пресованою макухою», все ще містить від 15 до 20 % залишкової олії, яка хімічно екстрагується на наступному етапі [149, 217, 270]. У деяких процесах макуха також може бути гранульована перед екстракцією, щоб оптимізувати дренаж і таким чином збільшити вихід олії. Під час хімічної екстракції осад змішують з органічним розчинником, найчастіше н-гексаном, і нагрівають до температури 70–80 °С. Суміш гексан-олія містить 25–30 % олії та 70–75 % розчинника. Для відновлення олії розчинник випарюють у вакуумній вежі за температури 110 °С. Залишкова тверда речовина, яка називається «шрот», має вміст олії 1–1,5 % від сухої речовини [149]. Після екстракції його, як правило, гранулюють і сушать.

Світове виробництво соняшникової макухи оцінюється в 21 млн тон [14]. Її хімічний склад змінюється залежно від рівня луцення та використовуваних методів вилучення олії. Однак основними складовими є протеїни (30–50 % сухої речовини), клітковина (20–25 % сухої речовини) і вуглеводи (20–25 % сухої речовини). Ліпіди становлять лише 0,5–3,0 % сухої речовини. Соняшниковий шрот також містить мінеральні речовини (1–8 % сухої речовини), фенольні сполуки (2,5–5,0 % сухої речовини) та фітинову кислоту (1,5–4,5 %) [20, 188, 222, 248]. В даний час соняшниковий шрот використовується в основному в корм тваринам через високий вміст протеїну і клітковини. Залежно від вмісту залишкової олії вміст валової енергії в макусі становить близько 5300 ккал/кг, а у шроті (знемасленому гексаном) – 4500

ккал/кг. Соняшниковий шрот також є важливим джерелом мінералів і вітамінів, таких як кальцій, фосфор і вітамін В [220].

1.1.2. Склад, структура і засвоюваність протеїнів соняшнику

Протеїни можна класифікувати за різними критеріями, такими як походження, форма, фізіологічна роль і структура. Історично найпоширенішою класифікацією рослинних протеїнів є класифікація, запропонована Osborne T. у 1924 р. [16], згідно з якою протеїни поділяються на чотири основні класи відповідно до їх розчинності в різних типах розчинників: глобуліни (розчинні в розведених сольових розчинах), альбуміни (розчинні у воді), проламіни (розчинні в спиртових розчинах) і глутеліни (розчинні в лужних розчинах). Стосовно протеїнів соняшнику Osborne T. і Campbell G. [179] першими показали, що вони в основному складаються з глобулінів. Подальша робота підтвердила, що глобуліни (46–80 %) і альбуміни (19–35 %) являють собою дві основні фракції протеїнів в насінні соняшнику, тоді як інші типи протеїнів, такі як проламіни (1–4 %) і глутеліни (7–17 %) становлять значно меншу частку [145, 283].

Глобуліни соняшнику (геліантиніни) є запасними протеїнами з високою молекулярною масою (від 300 до 350 кДа). Ізоелектрична точка була визначена між рН 4 і 6 [81, 208]. Основна форма геліантинінів має гексамерну структуру з шістьма мономерами, організованими в тригональну антипризму. Мономер складається з двох субодиниць: кислотного та основного поліпептидів, з'єднаних дисульфідним містком (від 103 до 312 Да) [81, 208, 215]. Кислий поліпептид (ланцюг α) містить приблизно 285 амінокислот від 32 до 44 кДа, тоді як основний поліпептид (ланцюг β) складається з 188 амінокислот з молекулярною масою від 21 до 27 кДа [81]. Залежно від сорту соняшнику кількість і послідовність амінокислот може дещо відрізнятися [14, 195]. Структура гексамера за рН 7 містить приблизно 60 % α -спіралей, 30 % β -спіралей і 10 % випадкових конформацій [80, 85]. Залежно від умов екстракції (рН, іонна сила, температура та концентрація протеїнів) олігомерна структура

геліантиніну може мати форму 11S, 15–18S, 7S або 3S. Одиниця Сведберга (S) відноситься до історичного розділення протеїнів відповідно до різниці в швидкості седиментації під час ультрацентрифугування. Серед них гексамерна конформація 11S, описана вище, найчастіше спостерігається в нейтральних умовах [80, 143, 157].

Альбумін складаються з другої за важливістю фракції запасних протеїнів соняшнику. Вони вважаються основними, оскільки середня ІР становить близько рН 9. Молекулярна маса альбумінів складає 10–18 кДа [14, 143, 283]. На відміну від інших альбумінів інших видів рослин, альбуміни соняшнику присутні у формі мономерів, що складаються з одного поліпептиду, стабілізованого одним або декількома внутрішньомолекулярними дисульфідними містками [60, 70, 102].

Альбуміни соняшнику є поліморфною групою протеїнів. Їх аналіз в одновимірному SDS-PAGE гелі-електрофорезі та за допомогою хроматографічних методів виявив наявність принаймні 8 окремих ізоформ [102, 126]. Згідно з дослідженням Jayasena A. і ін. [102], SESA3, SESA2 і SESA20–2 є найбільш поширеними. SESA3, також званий SFA8, є мономером, що складається з послідовності 103 амінокислот з молекулярною масою 12,133 кДа [5, 127] і теоретичною ІР 5,91 [81]. Вторинна структура SESA3 дуже компактна і складається з 5 спіральних елементів, організованих у правоорієнтовану суперспіраль і стабілізованих 4 дисульфідними містками [183]. SESA3 має високий вміст сірковмісних амінокислот, що складається з 16 залишків метіоніну та 8 цистеїну [102, 127, 183]. Завдяки високій поверхневій гідрофобності цей альбумін має чудові емульгуючі властивості [102]. SESA3-а (також відомий як SFA7) має ідентичний амінокислотний склад, ІР і N-кінцеву послідовність SESA3 [41, 81, 126]. Було показано, що SESA3 і SESA3-а становлять приблизно 10–20 % SFA. Нещодавно були ідентифіковані дві ізоформи SESA3-а: ізоформа I (12,216 кДа) та ізоформа II (12,2307 кДа). Іншими аналогами SESA3 також є SESA3-b (12,234 кДа, ізоформа I та 12,249 кДа, ізоформа II) і SESA3-c (12,164 кДа) [70, 81, 102]. Як

і SESA3, альбуміни SESA2 також мають мономерну структуру. SESA2–1 присутній у двох ізоформах, включаючи ізоформу I, що складається з 116 амінокислот з молекулярною масою 13,616 кДа, і ізоформу II із 117 амінокислот і молекулярною масою 13,7175 кДа. SESA2–2 складається з 128 амінокислот з молекулярною масою 15,3 кДа [102]. Іншим основним альбуміном, виявленим у насінні соняшнику, є SESA20–2. Це мономерний альбумін, який містить 127 амінокислот з молекулярною масою 15,065 кДа. SESA1 (HAG5) – це альбумін з низьким вмістом метіоніну, що складається з одного поліпептидного ланцюга з 134 амінокислот, стабілізованих одним або кількома дисульфідними містками. Молекулярна маса SESA1 становить 15,8 кДа з теоретичною ІР 8,9. Цей альбумін складається приблизно з 30 % α -спіралей і 30 % з β -листіків. Окрім його ролі запасного протеїну, деякі дослідження також підкреслюють його протигрибкові властивості [81]. PawS1 (91 амінокислота і 10,5 кДа) і PawS2 (90 амінокислот і 10,4 кДа) також відносяться до незначних фракцій SFA. Цікаво, що на відміну від інших SFAs, вони складаються з малих і великих поліпептидних ланцюгів [70, 102].

Як правило, соняшникові альбуміни характеризуються високою термостійкістю. Денатурація спостерігається за температури вище 115 °C (T_m 117–121 °C) [17, 35, 41, 275]. Крім того, під дією рН не спостерігається модифікації їх вторинної структури, на відміну від геліантинінів, які денатурують нижче рН 3 [17, 80, 81].

Крім запасних, насіння соняшнику містять інші типи протеїнів, які виконують специфічні функції, наприклад, структурну та метаболічну. Серед них найпоширенішими білками є олеозини та протеїни перенесення ліпідів [14, 147]. Олеозини складаються з групи амфіфільних протеїнів. Разом з фосфоліпідами вони утворюють шар, що оточує тригліцериди. Ця структура називається олеосою або масляними тільцями. Олеозини становлять 1–4 % маси олеосоми та 2–8 % загальних протеїнів насіння [63, 92, 170]. Основні ролі цих протеїнів – стабілізація структури олеосом, захист від осмотичного/фізичного стресу (дегідратація/регідратація) і запобігання

коалесценції ліпідних крапель [19]. Хімічно олеозини є основними протеїнами низької молекулярної маси (від 15 до 26 кДа). Вони містять гідрофобний домен, що складається з 68–74 залишків і дозволяє олеозинам вбудовуватись в ліпідну матрицю. Їх вторинна структура містить близько 30–60 % α -спіралей [17, 63].

Ще одна група протеїнів, які містяться в насінні соняшнику, це протеїни перенесення ліпідів. Це основні протеїни з молекулярною масою від 7 до 10 кДа [263], що складаються з 90–95 амінокислот, включаючи 8 залишків цистеїну [63, 266]. Згідно з дослідженням Kader J.C. [109], вони організовані в чотири α -спіралі, з'єднані чотирма дисульфідними містками. Протеїни перенесення ліпідів характеризуються сильною стійкістю своєї структури до денатурації за різних значень рН (4–10) [35, 144]. Фізіологічна їх роль недостатньо вивчена. Було припущено, що завдяки гідрофобній порожнині, яка утримує ліпіди, вони беруть участь у мобілізації запасних ліпідів під час проростання. Вони також беруть участь у формуванні клітинної стінки, в утворенні воску та кутину рослин. Також ймовірно, що протеїни перенесення ліпідів мають антимікробну функцію [63, 174].

У кормі протеїни є джерелом амінокислот, необхідних для правильного росту та функціонування організму тварин. Найчастіше поживність протеїнів оцінюють за складом амінокислот і їх засвоюваністю [11]. Амінокислотний склад протеїнів соняшнику часто використовують під час характеристики та порівняння кінцевих протеїнових продуктів. Амінокислотний склад протеїнів соняшнику високий, за винятком лізину. Високий дефіцит лізину, який спостерігається для загальних протеїнів (69,6 % від контрольної кількості), ймовірно, пов'язаний з основним внеском геліантинів, які є бідними на лізин (61,4 % від контрольної кількості) [14, 116]. Навпаки, середній вміст лізину в альбумінах насіння соняшнику близький до стандартів FAO/WHO/ООН (93,2 % від контрольної кількості). Проте низький вміст лейцину (95,4 % від контрольної кількості) також було виявлено для альбумінів, тоді як вони виявилися надзвичайно багатими на сірковмісні амінокислоти (метіонін +

цистеїн; 464,1 % від контрольної кількості) [14, 166, 279]. Цікаво, що ці амінокислоти є обмеженнями в інших джерелах рослинного протеїну, наприклад, бобових, сої і волоських горіхах [14]. Протеїни соняшнику також мають високу концентрацію глютамінової кислоти/глютамату, що є характерною особливістю запасних протеїнів рослин.

Крім амінокислотного складу, харчові властивості протеїну оцінюють за його засвоюваністю, яку можна визначити як здатність до протеолітичного розщеплення і всмоктування амінокислот у шлунково-кишковому тракті [34, 237]. Було запропоновано декілька методів визначення засвоюваності протеїнів, включаючи методи *in vitro* та *in vivo*. Метою методів *in vitro* є моделювання шлунково-кишкового травлення шляхом реалізації двох послідовних етапів за участю шлункових (пепсин) і кишкових протеаз (трипсин, хімотрипсин, панкреатин тощо). Наприкінці процесу травлення аналізується стійкість протеїнів до шлунково-кишкового гідролізу шляхом вимірювання інтактних протеїнів та/або моніторингу ступеня гідролізу [218]. Загалом дослідження показали відносно високу засвоюваність протеїнів соняшнику *in vitro* [34]. Згідно Вау Н.М. і ін. [32], перетравність протеїнів соняшникової макухи, знемасленої гексаном, цілого або очищеного насіння досягає 89,7–91,5 % (після 8 годин протеолізу пепсином і 16 годин протеолізу трипсином). Більшість протеїнів соняшнику гідролізувались під час фази шлункового протеолізу пепсином (приблизно від 70 до 80 % через 48 годин). Стійкість протеїнів соняшнику до гідролізу за допомогою пепсину та панкреатину також оцінювали в різних матрицях Alexandrino T. з колегами [18]. Автори виявили, що засвоюваність високопротеїнових ізолятів соняшнику, розрахована як співвідношення між розчинним азотом і початковим азотом у зразку, була набагато вищою (90,66–95,32 %), ніж у вихідної соняшникової макухи (83,13 %). Подібні результати були отримані Salgado P.R. і ін. [214] та показали від 95,4 до 97,4 % засвоюваності *in vitro* соняшникового високопротеїнового концентрату проти 100 % для казеїну. Однак, за даними Mendo S. і ін. [154], після статичного шлунково-кишкового

травлення *in vitro* протеїни соняшнику були високо протеолізовані, а вміст розчинного азоту становив 69–71 % від загального азоту. Тому було припущено, що альбуміни соняшнику набагато гірше засвоюються, ніж геліантиніни. Докази високої стійкості до протеолізу та гастродуоденального травлення деяких ізоформ альбумінів, таких як Hela3, SESA2–1 та SFA-8, нещодавно були задокументовані Achour J. з колегами [5].

Моделі *in vitro* не повністю відтворюють біологічну складність травної системи тварин та птиці. Зокрема, моделі *in vitro* не враховують біодоступність вивільнених амінокислот. З цієї причини засвоюваність протеїну також можна оцінити безпосередньо на моделях *in vivo* з використанням тварин (щурів, мишей, птиці та свиней). Коефіцієнт ефективності протеїну, визначений як співвідношення між збільшенням маси тіла та кількістю спожитого протеїну, розраховується та порівнюється з показником еталонних протеїнів (як правило, казеїну). Згідно з деякими дослідженнями [248], засвоюваність протеїнів соняшнику *in vivo* нижча, ніж у казеїну, однак перебуває на рівні вище 94 %. За цього засвоюваність залежить головним чином від чистоти протеїнового продукту [98, 99]. Тому, окрім справжньої засвоюваності протеїну, було б цікаво розглянути наявність інших сполук, особливо факторів, що негативно впливають на травлення, таких як фітинова кислота.

1.1.3. Фенольні сполуки і фітинова кислота у взаємодії з протеїнами соняшнику

Фенольні сполуки – це біомолекули, що складаються з одного або кількох ароматичних кілець бензольного типу та мають одну або декілька гідроксильних груп. У насінні соняшнику фенольні сполуки є вторинними метаболітами, які знаходяться в основному в алейроновому шарі сім'ядолей ядра [14, 252]. Фенольні сполуки можуть зустрічатися у вільних формах, які в основному локалізовані в цитоплазмі, або можуть бути кон'юговані з рослинними біополімерами, такими як лігнін, геміцелюлоза та протеїни [270]. Їх фізіологічна роль до кінця не вивчена. Однак зазвичай вважається, що їх

здатність затримувати вільні радикали захищає насіння від окисного стресу та УФ-випромінювання [7, 129, 131]. Деякі автори також висловлювали припущення про їх антимікробні функції [13].

Вміст фенольних сполук у соняшниковому шроті може досягати 4–5 % сухої речовини [79, 146, 192, 270]. Основними фенольними сполуками є хлорогенова, кавова, ферулова, ізоферулова, 5-О-ферулоілхінова, кумарова, 5-О-кумароілхінова кислоти, а також корична і синапінова кислоти. Хлорогенова кислота (кафеоілхінова кислота, також звана «CQA») є переважною [147, 249, 270]. Вона становить понад 70 % загальної кількості фенольних сполук соняшнику [86, 113, 270]. Хімічно хлорогенова кислота є складним ефіром кавової та хінної кислот. Естерний зв'язок утворюється між гідроксильною групою хінної кислоти та групою карбонової кислоти кавової кислоти. Положення гідроксильної групи, яка бере участь у складноефірному зв'язку, визначає ізомери хлорогенової кислоти [269]. Таким чином, існує три ізомери хлорогенової кислоти: 5-О-кофеоілхінова кислота (зазвичай називається «хлорогенова кислота» або «5-CQA», яка є основною формою), 3-О-кофеоілхінова кислота («неохлорогенова кислота» або «3-CQA») і 4-О-кофеоілхінінова кислота («криптохлорогенова кислота» або «4-CQA»). Більшість CQA в ядрах соняшнику знаходиться у вільних формах (98 %), тоді як в лушпинні вона переважно зустрічається в асоційованих формах з біополімерами (75 %) [270].

Фенольні сполуки, зокрема CQA, виявляють важливу здатність зв'язуватися з протеїнами соняшнику. Загалом було ідентифіковано два типи взаємодій CQA–протеїн: нековалентні та ковалентні [113, 270]. Залежно від деяких факторів (рН, іонна сила тощо) нековалентні взаємодії між протеїнами та фенольними сполуками можуть бути гідрофобними, іонними або водневими [14]. CQA є амфифільною сполукою з гідрофільною частиною карбоксильної групи та гідрофобним ароматичним кільцем. Гідрофобна частина має високу спорідненість до гідрофобних бічних ланцюгів білків. За рН, близького до нейтрального, карбоксильні групи CQA (рКа від 3 до 3,5)

заряджені негативно. Тому вони можуть взаємодіяти за допомогою сольових містків з амінокислотами позитивно заряджених протеїнів [207, 227].

Ковалентні зв'язки між CQA та протеїнами утворюються через окислену форму хлорогенових кислот під назвою «о-хінони» [114, 147, 270]. Ці о-хінони мають високу реакційну здатність і можуть полімеризуватися та/або комплексуватися шляхом нуклеофільного приєднання до протеїнів, утворюючи похідні бензакридину [37, 114, 270]. Ковалентний зв'язок спостерігався з групами карбонової кислоти на С-кінці білка, N-кінцевих аміних групах або в ϵ -аміногрупі лізину, тіолової групи цистеїну та на азоті індольного кільця гістидину [114, 147]. Утворення комплексу між о-хіноном і більшістю вільних амінокислот, таких як лізин, аргінін, тирозин, гліцин, аланін, гістидин, фенілаланін, глютамін, метіонін, цистеїн та триптофан також спостерігалось [114, 207, 270]. Однак отриманий ковалентний комплекс амінокислота–CQA не завжди зелений і його колір залежить від природи амінокислоти. Цікаво, що ковалентне зв'язування з деякими амінокислотами може давати жовто-коричневий комплекс (пролін, серин і тирозин), червоний комплекс (триптофан) або може бути безбарвним (цистеїн) [37].

Окиснення фенольних сполук може відбуватися неферментативно в лужному середовищі або ферментативно [114, 270]. Другий шлях пов'язаний з наявністю ендогенної поліфенолоксидази, яка може виділятися в цитозоль внаслідок механічного пошкодження насіння, наприклад під час подрібнення. Повідомляється, що оптимальна ферментативна активність ендогенної поліфенолоксидази знаходиться в діапазоні рН від 4 до 8. Її повна інактивація спостерігається після нагрівання за температури 100 °C упродовж 10 хвилин, тоді як за 150 °C інактивація відбувається майже миттєво [37, 201, 250, 270].

Комплексоутворення між CQA та протеїнами соняшнику, особливо шляхом ковалентного зв'язування, є небажаним з кількох причин. Основним з них є утворення пігменту, який призводить до зеленого забарвлення білкових продуктів [114, 270]. Як показали Jia W. З колеми [103], молярне співвідношення CQA до протеїну 1:1 і вище викликало зміну кольору

ковалентно модифікованого зразка. Крім того, комплекси CQA–протеїн дестабілізують вторинні та третинні структури протеїнів [114, 147]. Результуюче збільшення гідрофобності через оголення гідрофобних бічних ланцюгів також може сприяти зниженню розчинності протеїнів. Деякі автори показали, що це комплексоутворення призводить до обмеження їх поживних і органолептичних властивостей [82, 201, 270]. Таким чином, окислення CQA і утворення зеленого комплексу є справжнім вузьким місцем для використання протеїнів соняшнику. Отже, незважаючи на корисні антиоксидантні властивості CQA, багато сучасних стратегій виробництва протеїнових продуктів зосереджені на його видаленні, особливо тому, що концентрація CQA в насінні соняшнику вища, ніж в інших олійних культурах.

В олійних культурах фітинова кислота або міоїнозитолгексафосфорна кислота є основним резервом фосфору. На її частку припадає приблизно 60–90 % загального вмісту фосфору в насінні [132, 171, 222]. У насінні соняшнику фітинова кислота зосереджена в субструктурах протеїнового тіла, які називаються «кристалоїдами» або «глобоїдами» [14]. Соняшниковий шрот зазвичай містить 1,5–4,5 % фітинової кислоти в перерахунку на суху речовину [188, 222]. На її вміст можуть впливати умови навколишнього середовища та методи культивування соняшнику [171].

Хімічно фітинова кислота складається з шести фосфатних груп, приєднаних до одного з атомів вуглецю інозиту. Фітинова кислота має кілька значень рКа в діапазоні від 2 до 10. Тому ця молекула негативно заряджена в широкому діапазоні рН і може легко утворювати комплекси з позитивно зарядженими лігандами, такими як мінерали і протеїни [132, 171, 222].

Комплексоутворення між фітатом і мінералами може відбуватися за допомогою різних механізмів. Катіон може бути пов'язаний з однією або декількома фосфатними групами однієї молекули або може утворювати міжмолекулярні містки між різними молекулами фітинової кислоти. Стабільність і розчинність катіон-фітатних комплексів значною мірою залежать від природи катіону, рН і молекулярного співвідношення фітату до

катиону [122, 128]. Взаємодія між фітиною кислотою та протеїном в основному здійснюється шляхом електростатичних взаємодій. Тому рівень взаємодії змінюється залежно від рН. За рН нижче 2 фітинова кислота повністю протонувана і взаємодії немає. За межами рН 2 фосфатні групи стають негативно зарядженими і починають взаємодіяти з позитивними групами протеїнів. Таким чином утворюються бінарні фітатно-протеїнові комплекси. Через високі хелатні властивості споживання фітинової кислоти пов'язане зі зниженою біодоступністю іонів двовалентних металів у травному тракті [171]. Крім того, взаємодія фітату/протеїну може призвести до зниження засвоюваності протеїну через зниження розчинності та/або доступності місць розщеплення для травних ферментів. Деякі автори підкреслюють, що фітинова кислота може мати прямий вплив на інактивацію травних ферментів [115, 132, 171]. Тому фітинова кислота вважається важливим антихарчовим фактором, який слід видалити з протеїнових продуктів, призначених для годівлі тварин [14, 87].

1.2. Сучасні стратегії виробництва сояшникових протеїнів для кормових продуктів

Рослинні протеїни завжди були присутні в раціоні тварин. Традиційно вони забезпечуються безпосередньо споживанням насиченого протеїном насіння бобових і злаків. Протеїновий склад цілого насіння сояшнику – 33,85 %, ядер – 23,73 %, лущиння – 7,82 % [191, 202]. Інший спосіб полягає в інтеграції рослинних протеїнів у склади продуктів у формі збагачених протеїном матеріалів, які є продуктами фракціонування та трансформації насіння. На основі класифікації соєвих протеїнових продуктів, описаної в Codex Alimentarius, неофіційно прийнятої також для інших джерел протеїну, можна виділити три типи рослинних протеїнових продуктів відповідно до вмісту протеїну (N, % \times 6,25): борошно, концентрат та ізолят [14, 235].

Борошно – це продукт перетворення насіння, що містить від 50 до 65 % протеїнів у перерахунку на суху речовину. Його отримують шляхом видалення

непротеїнових основних сполук, наприклад, води, целюлози, олії або крохмалю [91, 268]. Процес виробництва в основному базується на сухому методі, включаючи лушення, повітряну класифікацію та подрібнення або екстракцію з використанням органічного розчинника, наприклад н-гексану. Більш очищеним протеїновим продуктом, ніж борошно, є протеїновий концентрат, який в основному отримують шляхом селективної екстракції непротеїнових сполук для досягнення вищої чистоти протеїну (від 65 до 90 % сухої речовини) [31, 239, 268]. Метою процесу також є видалення антипоживних сполук для покращення якості продукції та розширення області застосування. Під час виробництва протеїнового концентрату в якості вихідного матеріалу часто використовується шрот. І, нарешті, на вершині класифікації знаходиться протеїновий ізолят, який є найбільш збагаченим протеїновим продуктом. Для його виробництва потрібен мокрий процес, який, по суті, складається з двох основних етапів: твердої/рідкої екстракції, спрямованої на розчинення білків у рідкій фазі, та очищення протеїнів для усунення незначних сполук і, таким чином, досягнення щонайменше 90 % протеїнів у перерахунку на суху речовину [14].

Приготування протеїнових продуктів із насіння соняшнику надзвичайно складне. Основна проблема пов'язана з високим вмістом фенольних сполук, які ковалентно утворюють комплекси з протеїнами, негативно впливаючи на їх органолептичні властивості. Крім того, насіння соняшнику особливо багате фітиновою кислотою, яка має сильні антипоживні властивості. Співвідношення протеїну до фітату принаймні в два рази вище для соняшнику, ніж для інших джерел протеїну, таких як бобові [120, 238].

У більшості ранніх робіт з виробництва протеїну соняшнику використовується промисловий шрот, знемаслений гексаном. Однак було помічено, що надзвичайно жорсткі умови процесу, такі як висока температура або тиск, спричиняють незворотну денатурацію протеїнів, що значно обмежує вихід протеїнової екстракції. З цієї причини останнім часом більше уваги приділяється відповідній підготовці сировини, яка використовується для

виробництва протеїнів, спеціально призначених для кормових продуктів. Щоб підвищити якість шроту, багато сучасних процесів починаються з повного видалення лушпиння [234]. Завдяки високій частці лушпиння в загальній масі насіння соняшнику (близько 25 %) така обробка дозволяє збагачувати протеїном від 15 до 20 %. Крім того, замість екстракції за допомогою гексану соняшникову макуху частіше відновлюють простим механічним пресуванням за нижчих температур, які зазвичай не перевищують 70 °С. Виготовлена таким способом соняшникова макуха містить близько 45–50 % протеїнів у сухій речовині. Також можуть бути застосовані альтернативні методи екстракції, такі як екстракція за допомогою надкритичної рідини. Прикладом концентрату протеїну соняшнику, отриманого цим способом, є «Геліафор» фірми All Organic Treasures GmbH (Німеччина). Його отримують шляхом екстракції CO₂ олії з 100 % очищеного насіння соняшнику з подальшим подрібненням. Залежно від етапів процесу отримують два продукти, що містять відповідно 45 або 55 % білків. Іншим протеїновим продуктом, виготовленим за допомогою альтернативної гексану техніки екстракції, є протеїновий концентрат, запропонований Sunbloom Proteins GmbH (частина Avril Group). Для цього насіння соняшнику повністю очищають від лушпиння, а потім піддають холодному віджиму. На наступному етапі залишки олії видаляють з пресової макухи за допомогою м'якої екстракції харчовим етанолом. Запатентований процес дає соняшковий протеїновий концентрат з чистотою 60 % [14].

У зв'язку з наявністю в насінні соняшнику небажаних сполук численні наукові роботи були зосереджені на розробці процесу отримання протеїнових ізолятів. Мета полягала в тому, щоб максимізувати вміст протеїну з одночасним видаленням незначних сполук, що шкодять його якості [16, 139]. Виробництво ізолятів рослинного протеїну зазвичай складається з мокрого процесу, включаючи етапи екстракції та очищення. Як спостерігалось і для інших рослинних протеїнів, максимальний вихід екстракції відбувається за лужного рН вище 9 для соняшкових протеїнів також [47, 100].

Таким чином було запропоновано багато різних адаптацій процесу, заснованого на зміні рН. Деякі з них включали додаткову стадію видалення фенолу з шроту перед лужною екстракцією. Для цього проводили одну або кілька стадій промивання шроту органічними розчинниками або їх сумішшю з водою. Розчинниками, які найчастіше використовувалися для дефенізації соняшникової макухи, були підкислений бутанол [214, 215], ацетон [246], ізопропанол [79, 224], етанол [79, 215, 246] і метанол [79, 147, 214, 221, 246]. Як показали результати, така обробка була дуже ефективною [79], а подальша лужна екстракція призвела до отримання злегка забарвлених протеїнів соняшника. Однак головним обмеженням цього технологічного рішення були спостережувані структурні модифікації та зниження екстракції протеїну після дефенізації. Крім того, багато застосовуваних розчинників були нехарчовими, що ускладнювало індустріалізацію запропонованих процесів. Альтернативою може бути обробка соняшникової макухи за допомогою мікрохвильової екстракції [168], але це технічне рішення ще не було глибоко досліджено.

Іншим дослідженим методом було інгібування зв'язування фенолу з протеїном під час лужної екстракції. Для цього найбільш поширеним було додавання відновника. Його дія зосереджена на перенесенні електронів до о-хінонів, утворенні безбарвних комплексів і інгібуванні нуклеофільного приєднання поліфенолу до протеїні. Це може бути рішенням, яке могло б підвищити рН екстракції вище 8 і таким чином підвищити вихід протеїнової екстракції. Згодом CQA видаляється з протеїнів під час очищення або за допомогою операцій промивання, таких як діафільтрація. У більшості випадків в якості відновників використовуються сполуки сірки, такі як сульфіти, наприклад Na_2SO_3 , NaHSO_3 і ін. [214, 215]. Проте введення високих концентрацій сульфітів у раціон вимагає маркування алергенів для рівнів > 10 мг/кг еквівалента SO_2 . Альтернативою є такі тіоли, як цистеїн і глутатіон [101, 130], які пригнічують утворення зелених комплексів завдяки нуклеофільному приєднанню тіолових груп цистеїну та глутатіону до о-хінонів. Також було

досліджено використання аскорбінової кислоти, EDTA і β -меркаптоетанолу [14]. Проте цей процес також не знайшов промислового застосування. Деякі автори вказали, що використання цих агентів лише затримує фенол-протеїнові взаємодії. Якщо протеїнові продукти не повністю очищені, залишковий CQA може зрештою утворювати комплекс з протеїнами під час зберігання або застосування в лужних умовах [278]. Крім того, повідомлялося про зміни гідрофобності поверхні протеїнів і зниження розчинності [221].

Більш пізні роботи [71, 134, 280], показали, що CQA також можна розщепити за допомогою хлорогенат-естерази (циннамоїл-естерази). Цей ензим каталізує гідроліз CQA шляхом вивільнення молекули хінної та кавової кислот. Згідно з Zhang W. і ін. [280] ензим можна додавати безпосередньо або виробляти шляхом спрямованої ферментації *Aspergillus sp.* (наприклад, *A. niger*). Оптимальний рН і температура активності ензиму становлять 6,5 і 45 °С відповідно. Крім того, як описано Fritsch C. з колегами [71], інші мікроорганізми, такі як *Bifidobacterium animalis*, *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* і *Lactobacillus gasseri*, також здатні синтезувати ензими, що гідролізують складноефірний зв'язок CQA. Ці штами були здатні розкласти 20–50 % та 50–90 % CQA в ізоляті протеїну борошна соняшнику відповідно. Таким чином, ферментативна деградація CQA є перспективним технологічним рішенням, але необхідні подальші дослідження, щоб краще використовувати цей напрямок досліджень. Рідше і лише в лабораторних масштабах екстракцію протеїну соняшнику можна проводити в потоці інертного газу (азоту, аргону, гелію та фторхлоралканів) [14], щоб уникнути позеленіння.

Через технологічні обмеження або помірні результати запропонованих рішень для лужної екстракції деякі автори зацікавилися екстракцією протеїну соняшнику, близькою до нейтральності, що запобігає окисленню CQA. Як було представлено Pickardt C. і ін. [193], Cabral E.M. з колегами [42], а також Anyiam P.N. і ін. [26], додавання високої концентрації солі дозволяє досягти вищого виходу протеїнової екстракції порівняно з лужною екстракцією

(збільшення від 20 до 60–80 %). Механізм заснований на утворенні протиіонного шару, що оточує молекули протеїну та сприяє його солюбілізації у водній фазі. Крім того, додавання солі зменшує взаємодію фенол/протеїн, додатково пригнічуючи розвиток зеленого забарвлення. Тим не менш, для цього процесу потрібна велика кількість солі (оптимальна концентрація NaCl близько 1,5–2,0 моль/л), що підвищує вартість переробки і потребує використання спеціальних промислових установок.

Йдучи далі, компанії «Avril Group» і «CNRS» покращили процес екстракції протеїнів соняшнику за нейтрального рН. У запатентованому процесі [72] винахідники створили найбільш прийнятні умови для вилучення протеїнів соняшнику в зоні рН від 6 до 8 і концентрації NaCl від 0,3 до 0,5 моль/л. Пізніші роботи Albe Slabi S. та ін. [15] детально показують багатокритеріальну методологію оптимізації твердої/рідкої екстракції загальних протеїнів із соняшникової макухи. Цікаво, що автори використовували альтернативний і неденатуруючий метод ультрафільтрації для очищення протеїну. Таким чином, глобальний процес дав протеїновий ізолят гарної якості та відповідного кольору, в той час як кількість солі, яка використовується для екстракції, також була значно зменшена. Крім того, ультрафільтрація виявилася дуже ефективною для видалення фенольних сполук і фітинової кислоти. Однак цей процес також не був комерціалізований.

Запобігти розвитку зеленого пігменту також можливо шляхом проведення екстракції протеїнів за кислого рН. Однак цей діапазон рН екстракції був знижений у попередніх дослідженнях через низьку здатність до екстракції протеїну (близько 20 %). Цікавим для виробництва є використання кислотної екстракції солі (рН від 3 до 4,5 і концентрація NaCl від 0,2 до 0,6 моль/л) для виробництва альбумінів, вибірково екстрагованих за цих умов [68]. Приклад отримання та характеристики ізоляту альбуміну соняшнику також було включено в дослідження Albe Slabi S. і ін. [15]. Крім того, автори патенту також стверджували, що процес кислої солі дозволяє видалити деяку

частину небажаних сполук із шроту, наприклад фітинової кислоти. Це було використано в подальшому запатентованому процесі, який складався з кислотної промивки соняшникової макухи без солі з подальшими кількома послідовними спиртовими промивками розчинами етанолу [72]. Запропонованим способом отримано соняшниковий високопротеїновий концентрат з вмістом протеїнів до 80 %. Пізніше Jia W. з колегами [103] обговорювали потенційне використання соняшникового високобілкового концентрату, отриманого шляхом промивання водним етанолом.

Інша компанія «Arrago» нещодавно запатентувала процес виробництва протеїнів соняшнику, починаючи з кислої екстракції за допомогою солі за рН 4–6. Цікаво, що процес включає осадження фітинової кислоти за допомогою CaCl_2 . Специфікація прототипу білка «Solistein», запропонована «Arrago», вимагає щонайменше 90 % чистоти [14].

Загалом, нова концепція процесу, що включає кислотну екстракцію, є чудовою альтернативою виробництву ізоляту протеїнів соняшнику за лужного рН. Однак основною проблемою цієї стратегії є висока концентрація фітинової кислоти, яку важко видалити з кінцевих протеїнових продуктів. Цей антихарчовий фактор все ще рідко береться як критерій процесу. Застосування селективно екстрагованих ненасичених жирних кислот викликає ще одне занепокоєння, оскільки ці протеїни мають алергічний потенціал і низьку шлунково-кишкову засвоюваність [5]. Контрольований ферментативний протеоліз може принести рішення для покращення цих характеристик, як представлено Beaubier S. і ін. [33], наприклад, для альбумінів ріпаку. Нарешті, вплив кислотних і спиртових промивок на якість протеїнів з точки зору функціональності та органолептичних властивостей поки що невідомий. Таким чином, запропонована стратегія є багатообіцяючою, але її необхідно повністю вивчити, перш ніж робити будь-які висновки.

1.3. Використання високопротеїнових соняшникових концентратів в годівлі тварин та птиці

1.3.1. Використання високопротеїнових соняшникових концентратів в годівлі курей

Соевий шрот є основним джерелом протеїну в раціонах бройлерів у всьому світі [9, 65, 148]. Він має високий вміст протеїну (сирий протеїн ~48 %, енергії (метаболізована енергія ~2200 Ккал/кг), низький вміст клітковини (сире волокно ~3,6 %) і містить амінокислотний профіль, який добре відповідає вимогам організму птиці [52], за винятком амінокислоти метіоніну, а також характеризується високим коефіцієнтом засвоюваності [163]. Однак вартість соєвого шроту постійно зростає, і його доступність може коливатися не лише через ціну, але й через інші фактори, як-от конфлікти чи пандемії [148]. Крім того, використання в годівлі курей раціонів без соєвого шроту спричиняє менший вплив на навколишнє середовище (CO₂) [68, 158]. У світлі цих факторів зростає інтерес до використання більшої кількості місцевих альтернатив соєвого шроту.

Потенційні альтернативи включають ріпаковий шрот [161, 187, 273], соняшниковий шрот [58, 205], борошно з насіння бавовни, лляне борошно [247], горох [158] і картопляне борошно [242]. Більшість досліджень на сьогоднішній день стосувалася ефекту часткової заміни соєвого шроту. Результати цих досліджень були суперечливими. Зокрема, ранні дослідження показали, що соняшниковий шрот може успішно замінити одну третину соєвого шроту, тоді як заміна двох третин соєвого на соняшниковий шрот дещо пригнічувала швидкість росту курчат-бройлерів [6]. Дослідження Ologhobo A.D. [177] підтвердило негативний вплив заміни соєвого шроту на соняшниковий на рівнях 50, 75 та 100 % у раціонах курчат-бройлерів на ефективність конверсії ними корму. З іншого боку, Rad F.H. та Keshavarz K. [203] виявили, що близько 50 % соєвого протеїну можна замінити соняшниковим без суттєвого впливу на швидкість росту курчат-бройлерів. Це

дорівнює використанню 17,5 % соняшникового шроту у раціоні, який забезпечує 7 % сирого протеїну. Однак, Lee K.H. і ін. [136], а також Valdivie M. з колегами [262] не спостерігали суттєвої різниці в ефективності годівлі курчат-бройлерів до 56-денного віку раціонами, що містили 50, 100, 150 або 200 г/кг соняшникового.

Однак, за сучасними даними достеменно відомо [28, 151, 267, 278], що включення до раціонів бройлерів 21–42-денного віку 15 % повножирного насіння соняшнику призводить до покращення деяких господарськи корисних ознак, наприклад живої маси у фінальному періоді вирощування, середньодобове споживання корму, масу грудних і гомілкових м'язів, а також шлунка [278]. Це явище є дуже цікавим, особливо коли птиці надають раціони з енергетичним і протеїновим балансом, важко отримати різноманітні виробничі ефекти, виражені в основних параметрах, таких як маса тіла або добове споживання корму. Однак корисний жировий склад насіння соняшнику, ймовірно, може стимулювати організм птиці до посиленого росту та розвитку тканин і органів [28].

Як продемонстрували Waititu S.M. та ін. [267] і Attia Y.A. [29], соняшниковий шрот може замінити до 50 % соєвого шроту без зниження показників росту в стартовому та фінішному періодах. Автори припускають, що включення соняшnikової макухи в раціон бройлерів не впливає на продуктивність. Деякі інші результати представили Amerah A.M. з колегами [23], які доповнювали раціони курчат-бройлерів 5–6, 8–10 та 8–12 % соняшnikової макухи. Вони не спостерігали суттєвих відмінностей у середній масі тіла, споживанні корму, ефективності використання корму та масі внутрішніх органів.

Нещодавні дослідження Pirgozliev V.R. і ін. [194] продемонстрували, що заміна 67 % раціону із соєвим шротом сумішшю соняшnikового і ріпакового не вплинула негативно на масу тіла курей, несучість та використання ними корму у віці від 75 до 83 тижнів. Раціон на основі сої має вищу метаболізовану

енергію, однак кури, яких годували раціоном з альтернативними джерелами протеїну, споживали таку саму кількість енергії.

Таким чином, існують суперечливі результати щодо впливу додавання до раціону соняшникових продуктів на продуктивність бройлерів через численні супутні фактори [12, 151, 181, 223]. Так, за даними ряду авторів [4, 244], ефективність використання корму поступово знижувалася пропорційно рівню додавання до раціону курчат-бройлерів соняшникового шроту порівняно з кукурудзяним та соєвим. Крім того, додавання лізину до раціону із соняшниковим шротом покращило конверсію корму, але не повністю відновило її до рівня кукурудзи та сої. Водночас, нещодавні дослідження Gerzilov V. та Petrov P. B. [76] показали, що вищі рівні високопротеїнового соняшникового шроту з відповідним зменшенням соєвого шроту та збалансуванням L-лізину можуть бути успішно використані в годівлі курчат-бройлерів. Рекомендований авторами рівень високопротеїнового соняшникового шроту в раціоні упродовж початкового періоду становить до 10 %, для періоду росту – до 20 % і для фінішного періоду – до 23 %. Упродовж гроверного та фінішного періодів вирощування використання високопротеїнового соняшникового шроту може забезпечити більше половини необхідного сирого протеїну в раціоні курчат-бройлерів.

На думку Tüzün A. зі співавторами [259], соняшниковий шрот, можна додавати до раціону птиці на рівні 10 % із сприятливим впливом на площу поверхні поглинання кишківника. А додавання вищих рівні соняшнику, а саме 15 та 20 %, спричиняло зменшення маси тіла, середньодобових приростів та зниження коефіцієнту конверсії корму. Sosa-Montes E. і ін. [243] підтвердили, що оптимальним рівнем заміни соєвого шроту на соняшниковий у раціоні курчат-бройлерів є саме 10 %. Така часткова заміна не впливає на інтенсивність росту птиці та споживання нею корму, однак зумовлює збільшення відносної маси печінки. Крім того, додавання соняшникового шроту змінило органолептичні характеристики грудного м'яза бройлерів – колір був на 3,5 % темнішим і на 13,8 % менш жовтим. Alagawany M. та ін. [12]

виявили, що продукти, виготовлені з насіння соняшнику, мають тенденцію до темніння через наявність поліфенольних сполук, головним чином хлорогенової кислоти, а фізіологічний вплив яких на колір м'яса можна пояснити їх антиоксидантними властивостями, затриманням окислення міоглобіну та гемоглобіну в м'ясі [282].

Водночас, рядом досліджень пропонується введення соняшникового шроту у раціон курчат бройлерів у значно менших концентраціях. Зокрема, Thiruputen S. і ін. [253], рекомендують додання до раціону курчат-бройлерів соняшникового шроту на рівні лише 4 %, оскільки заміна 6 % соєвого шроту на соняшниковий, на думку авторів, негативно впливає на інтенсивність росту, м'ясні характеристики тушки та хімічний склад грудного м'яза. Подібні результати були отримані і Mohammed A.B. з колегами [156], які показали, що до раціону курчат-бройлерів можна додавати 5 % смаженого соняшникового шроту без шкоди для інтенсивності їх росту, м'ясних якостей тушок, а також зниження вартості корму.

За даними Zajac M. і ін. [278] використання соняшникового шроту знижує засвоюваність жиру та енергетичні параметри у курчат-бройлерів. Зниження ефективності перетравлення жиру олійних культур у кишківнику курей пов'язане з високим вмістом некрохмальних полісахаридів [66, 93, 121]. Як повідомляють Rebol'e A. і ін. [209] і Alzueta C. і ін. [24], високі рівні водорозчинних некрохмальних полісахаридів у раціонах для курей пов'язані зі збільшенням в'язкості травної грудки та зниженням перетравності всіх поживних речовин, особливо жиру [25]. Молоді курчата особливо чутливі до антипоживних речовин, тому високі дози насіння олійних культур не рекомендуються в перший період вирощування [27, 30].

Відомо [270], що включення насіння олійних культур у кормові суміші для курчат-бройлерів знижує вміст жиру в м'язах (грудки та гомілки). Це може бути спричинено зниженою засвоюваністю жиру в раціоні. Менше накопичення жиру в м'язах також спостерігали Rebol'e A. з колегами [209] у м'язах курей, яких годували високими дозами високопротеїнового

концентрату соняшнику в раціоні (10, 15 та 20 %). Вони пояснили це явище підвищенням швидкості окислення ліпідів і зниженням синтезу ендогенних жирних кислот. Як запропонували Sanz M. та ін. [43, 219] метаболічне використання енергії з жиру у курчат-бройлерів визначається насиченням жирними кислотами. Автори припускають, що циркулюючий жир може поглинатися м'язовою тканиною і використовуватися як пряме джерело енергії, а не зберігатися в жировій тканині.

Що ж стосується додавання до раціонів бройлерів 10, 20 та 30 г/кг насіння соняшнику (ядра), то за даними Alkhatib M.M. з колегами [21], вказані рівні збагачення позитивно впливають на організм птиці, що виражається у значному підвищенні ліпопротеїдів високої щільності, фосфоліпідів та зниженні холестеролу і ліпопротеїдів низької щільності сироватці їх крові. Крім того, спостерігається покращення прояву основних господарськи корисних ознак курей, а саме підвищення приростів маси тіла, живої маси, споживання корму та коефіцієнта конверсії корму. Крім того, Agubosi O.C.P. і ін. [6] довели, що включення в раціон ефірної соняшникової олії в кількості 0,4 мл/кг базового раціону для бройлерів здатне підтримувати гарне здоров'я птиці, підвищувати її продуктивність, пригнічувати діяльність патогенних мікроорганізмів і позбавляти від вільних радикалів.

Цікавим є дослідження Marchal L. з колегами [148], які показали, що повна заміна соєвого шроту комбінацією ріпакового, соняшникового та бавовняного шротів, а також картопляного та горохового протеїнів, горохового борошна та кукурудзяної клейковини разом із добавками синтетичної амінокислоти, ксиланази, β -глюканази, протеази та пробіотиків, у раціоні зі зниженим рівнем протеїну, підтримувала коефіцієнт конверсії корму і споживання корму на рівні, подібному до нормального комерційного контрольного комбікорму з соєвим шротом. Крім того, раціон із зазначеною комбінацією інгредієнтів не позначився на приростах маси тіла. Таким чином автори довели, що використання кількох альтернативних джерел рослинного протеїну разом із кількома додатковими кормовими добавками може бути

ефективним підходом для заміни соєвого шроту у комерційних комбікормах бройлерів за умови, що раціони ретельно розроблені для забезпечення нормального та збалансованого забезпечення основних поживних речовин, що узгоджується з рядом сучасних досліджень різних авторів [87, 118, 158, 180, 274].

Що ж стосується 100 %-ї заміни соєвого шроту, то більшість досліджень описаних у літературі проводилися на повільно ростучих породах курей, що не є репрезентативними для сучасних швидкоростучих кросів курчат-бройлерів, або використовували тваринний білок (рибне борошно) у якості заміника соєвого шроту [68, 95, 137, 247]. Водночас інші дослідження демонструють, що заміна 100 % соєвого шроту на соняшниковий [205] і 75–100 % соєвого шроту на ріпаковий [187] спричиняють погіршення продуктивності курчат-бройлерів упродовж 42-денного циклу росту, навіть за умови оптимізації рівнів метаболізованої енергії, сирого протеїну і амінокислот.

Повна заміна соєвого шроту є складною справою, оскільки більшість рослинних альтернатив мають значно вищий вміст клітковини [59, 148], у тому числі вищий вміст асоційованих некрохмальних полісахаридів, що може знизити засвоюваність енергії, органічних речовин і азоту [88, 107] і призводять до нижчої засвоюваності амінокислот [48]. Крім того, вони зазвичай мають менш збалансований профіль амінокислот порівняно із соєвим шротом. У бавовняному борошні та ріпаковому шроті менше лізину, треоніну та триптофану, ніж у соєвому шроті [277], а в соняшковому також менше лізину [78]. Додатковий (синтетичний) лізин може підвищити поживну цінність раціонів, що містять ріпаковий шрот, дозволяючи замінити частку соєвого шроту без шкідливого ефекту [124]. Нарешті, рослинні альтернативи також містять антихарчові фактори, які можуть погіршити засвоюваність амінокислот. До них відносяться глюкозинолати в ріпаковому шроті, які можуть порушити роботу щитоподібної залози та погіршити інтенсивність росту птиці [187, 257], госипол у бавовняному шроті, який може пригнічувати

споживання корму та інтенсивність росту [89, 176, 276] та алкалоїди і дубильні речовини в картоплі і горохові. Технології термічної обробки можуть зменшити вплив антипоживних факторів, але відповідь не однакова для всіх зернових і бобових, і тривале їх використання може зменшити, а не збільшити засвоюваність протеїну [57].

Ще одним альтернативним джерелом протеїну для птиці може бути соняшникова макуха [204]. Соняшникова макуха містить значну кількість сирої клітковини та нерозчинних некрохмальних полісахаридів, які, як вважають, сприятливо впливають на продуктивність курей і здоров'я тонкого кишківника, стимулюючи діяльність шлунка та активність травних ферментів [110, 135]. Відомо, що включення до раціону курей 26 % соняшничкової макухи істотно не впливає на їх продуктивність [111]. Дещо нижчі рівні включення соняшничкової макухи до раціону курчат-бройлерів були досліджені Sangsornjit S. з колегами [216]. Вони виявили, що заміна введення у раціон курей 4, 8 і 12 % соняшничкової макухи не позначилось на збереженості поголів'я, масі тіла, коефіцієнті конверсії корму та Європейському індексі ефективності виробництва.

1.3.2. Використання високопротеїнових соняшникових концентратів в годівлі свиней

Передбачається, що споживання свинини до 2050 року зросте на 105 % [138] через збільшення світового населення [145]. Також триває дискусія щодо суттєвого збільшення потреб людства у протеїні до 2050 року [236]. За цього очікується, що рослинні протеїни сприятимуть задоволенню потреби в білках як у годівлі тварин, так і у харчуванні людей [117, 142, 264]. Основними білковими інгредієнтами в раціонах для свиней на сьогоднішній день є рибне борошно, перероблені тваринні білки, молочні субпродукти, соєвий та ріпаковий шроти [83, 284]. Соєвий шрот використовується в комбікормах для свиней з максимальним вмістом 18 % [138]. За останні роки ціна на сою, у тому числі і генетично модифіковану, значно підвищилась [145, 272]. Тому наукове

співтовариство в даний час активізує свої зусилля з пошуку альтернативних джерел соєвого протеїну у раціонах тварин [186, 197, 242]. Новий високопротеїновий кормовий ресурс в ідеалі повинен характеризуватися високою поживною цінністю та ефективністю перетворення корму, але також бути здатним забезпечувати високоякісну продукцію свинарства, ефективно використовуючи землю та воду [169, 254].

Використання нетрадиційних джерел протеїну в годівлі свиней останніми роками досліджувалося багатьма дослідниками [56, 67, 75, 185, 225, 248] але, на жаль, лише в незначній частці описаних спостережень кормовим об'єктом був соняшник [38, 50, 84, 258], тоді як світове виробництво олійних культур зростає через збільшення попиту на олію для виробництва біодизеля та амінокислот для годівлі тварин, у тому числі і свиней [97]. Соевий шрот є основним джерелом амінокислот [185], але побічні продукти соняшнику можна використовувати як альтернативне джерело протеїну у свинарстві для зниження загальних витрат виробництва через різке збільшення вартості кормів за останнє десятиліття [123, 164, 271].

Основна перевага соняшникового шроту полягає в тому, що він містить менше антипоживних факторів порівняно з соєвим шротом [197]. Однак деякі автори [106] попереджають, що соняшникові продукти гірше засвоюються, ніж соєві. Хоча сьогодні така думка неоднозначна і, на противагу їй, інші автори, навпаки, відзначають вищу перетравність соняшникових концентратів порівняно з альтернативними кормами [99, 198].

Соняшниковий шрот вважається безпечним кормом для свиней та інших сільськогосподарських тварин з обмеженнями щодо вмісту клітковини та дефіциту амінокислот [38, 53]. З цієї причини соняшниковий шрот не потребує нагрівання чи іншої обробки перед згодовуванням свиням [226]. Крім того, соняшниковий шрот має низьку кількість деяких фенольних сполук, таких як хлорогенова кислота та дубильні речовини, що сприятливо впливає на травлення у свиней [40, 105, 162]. Також відомо [10], про сильну негативну

кореляцію між вмістом у високопротеїновому соняшниковому концентраті сирого протеїну та клітковини.

З поживної точки зору для свиней, соняшниковий шрот зазвичай має нижчий рівень перетравного протеїну та лізину та вищий вміст клітковини, ніж соєвий шрот [135]. Однак, дослідження соняшникового концентрату для відгодівлі свиней, проведені вітчизняними вченими [212], показали, що за загальним вмістом амінокислот він еквівалентний соєвому. При цьому вміст метіоніну в ньому був у 1,5 та 2,1 рази вищим порівняно зі смаженим соєвим шротом та повножирним соєвим шротом відповідно. Також у зразку соняшnikової макухи вміст треоніну, гліцину, цистину, триптофану, аспарагінової та глутамінової кислот переважав над часткою цих же амінокислот у соєвих продуктах.

Іншим чи то недоліком, чи скоріше перевагою соняшникового концентрату, є те, що завдяки відносно високому вмісту клітковини він може бути дуже корисним інгредієнтом для організму свиней [150] та, зокрема, для супоросних свиноматок, які потребують саме високого рівня клітковини [241]. Що ж стосується нижчого рівня протеїну, то окрім соєвого шроту, найвищу засвоюваність сирого протеїну має шрот соняшниковий, особливо повністю очищений. Згідно з дослідженням Florou-Paneri P. і ін. [69], середня засвоюваність сирого протеїну соняшникового шроту становить 89,0 % порівняно з 90,6 % соєвого шроту. Він має вищий вміст сірчанних амінокислот, особливо метіоніну, ніж інші джерела протеїну, і є хорошим джерелом кальцію, фосфору та вітаміну В. Крім того, тема, яка постійно повторюється в літературі, полягає в зниженні рівня сирого протеїну для задоволення потреб в амінокислотах синтетичними аналогами. Результати послідовно демонструють, що введення синтетичних амінокислот дає значні переваги у зменшенні впливу на навколишнє середовище, пов'язане з виробництвом, переробкою та транспортуванням сої [45, 153, 175]. Дійсно, Ogino A. з колегами [175] показали, що використання синтетичних амінокислот у раціоні з низьким вмістом сирого протеїну може зменшити викиди парникових газів

на 20 % порівняно зі звичайними раціонами для свиней, які містять на 52 % більше соєвого шроту, і значно зменшити вплив на етапі утилізації гною.

Таким чином, використання синтетичних амінокислот у поєднанні з раціонами із низьким вмістом сирого протеїну та на основі використання місцевих джерел протеїну, яким для України це може бути саме соняшник, може додатково сприяти зниженню впливу системи свинарства на навколишнє середовище [84]. Однак важливо дослідити, чи може ця стратегія годівлі також підтримувати продуктивність і благополуччя свиней. Нещодавні дослідження показали, що свині, яких годують раціоном з низьким вмістом сирого протеїну, можуть проявляти агресивну поведінку [152, 155]. Відкушування хвоста або вух може спричинити стрес у свиней, а також уповільнити їх ріст і загальний стан здоров'я. Це, у свою чергу, може призвести до значних економічних втрат. Крім того, різний склад раціону може вплинути на кишкову мікробіоту та її метаболічну активність, що, у свою чергу, може вплинути на здоров'я та продуктивність свиней [256].

Соняшниковий шрот потенційно можна використовувати як джерело протеїну на рівні 10–20 %, щоб принаймні частково замінити соєвий шрот у раціонах свиней, особливо в періоди росту та відгодівлі [50]. В інших дослідженнях повідомляється, що соняшниковий шрот може замінити приблизно 25–50 % соєвого шроту у раціонах свиней [38, 46]. Тоді як у нещодавніх дослідженнях Graziosi M.V. з колегами [84] показали, що за комбінованої заміни 56 % соєвого шроту на гороховий та соняшниковий шроти можна досягти оптимальних параметрів продуктивності свиней на відгодівлі. Також авторами було показано, що часткова заміна соєвого шроту на соняшниковий та гороховий шрот у поєднанні з обмеженням рівня сирого протеїну в останній період відгодівлі не мала негативного впливу на продуктивність та здоров'я свиней. Заміна соєвого шроту є важливою метою, якої необхідно досягти і в Україні, оскільки добре відомо, що його використання в раціоні свиней може значно сприяти збільшенню впливу на навколишнє середовище, як прямо, так і опосередковано. Насправді,

нешодавнє дослідження [36] підкреслило, що корм є першим фактором, який сприяє впливу свинарства на навколишнє середовище, а завершальна фаза відіграє найважливішу роль.

Література щодо впливу включення соняшникового шроту та макухи до раціону свиней є досить суперечливою. Дійсно, є дослідження, в яких спостерігалось зниження середньодобових приростів та оплати корму приростами у свиней, в раціон яких додавали 22–59 % соняшnikової макухи, порівняно з тими, яких годували соєвим шротом [198, 228]. Навпаки, інші дослідження не виявили різниці в показниках росту у свиней різних вікових періодів, яких годували раціонами, що включали соняшниковий шрот [50, 159, 199, 258]. Крім того, Li D. і ін. [141] показали, що включення в раціон соняшникового шроту в кількості 5, 10 та 15 % в якості заміни соєвого шроту не має суттєвого впливу на показники росту свиней вагою 62 кг, що також було підтверджено He Z. з колегами [90].

За даними Kim J.W. та ін. [123], свині у фазі росту з початковою масою тіла $19,3 \pm 1,8$ кг демонструють підвищену ефективність травлення у разі годівлі їх раціонами на основі високопротеїнового соняшникового шроту. Крім того, відомо [108], що заміна соєвого шроту різними сортами шроту з насіння соняшнику по різному впливає на видимі засвоюваність валової енергії у свиней. Цю розбіжність можна пояснити тим, що різні умови обробки, такі як температура, тиск або експозиція, можуть змінити хімічний склад і, як наслідок, енергетичну цінність соняшникового шроту [94, 184].

Встановлено, що додаткове введення в корм свиням лише 0,5 % загального протеїну сприяє підвищенню збереженості поголів'я на 1,0 % і збільшенню середньодобових приростів у період відгодівлі на 41 г [199]. Водночас недоліками соняшникових концентратів є високий вміст сірки та низький вміст лізину порівняно з соєвим шротом [164, 190]. Шрот насіння соняшнику, екстрагований розчинником, має середню концентрацію сирого протеїну 30,7 % і високий вміст метіоніну [173, 178].

Комплексні дослідження переваг застосування соняшникового концентрату виявили його різнобічну дію на показники перетравності, інтенсивність росту і якісні характеристики туш свиней при забої. Так, за даними зарубіжних дослідників, введення в раціон соняшникового концентрату сприяло підвищенню жирності туш свиней на відгодівлі [61, 96, 261] та прискоренню приросту живої маси поросят у період вирощування порівняно з використанням соєвого концентрату [210]. В окремих роботах ця думка підтверджується тим, що склад ненасичених жирних кислот у соняшниковому шроті зумовлював збільшення кількості жирової тканини у свиней, особливо в останній місяць перед забоєм [22]. Є відомості, що збільшення кількості соняшnikової макухи в раціоні свиней на відгодівлі призвело до збільшення лінійного споживання корму та до підвищення середньодобових приростів [46, 133]. Подібний висновок можна знайти в інших дослідженнях, які показали, що не було відмінностей між свинями, яких годували соняшниковим шротом, і свинями, які отримували соєвий шрот, за винятком вищих значень середньодобових приростів, добового споживання корму та конверсії корму [51, 55, 281].

Однак іншими дослідниками були отримані дещо інші результати. Зокрема, за даними Cortamira O. з колегами [50], свині, яких годували соняшниковим концентратом, показали повільніші темпи росту та нижчий відсоток жирової тканини в тушах, ніж їх аналоги на класичному соєво-кукурудзяному раціоні. Інші дослідники [54], вказують на достовірний ефект регресії частки соняшникової макухи в раціоні на параметри господарськи корисних ознак свиней. Так, добова витрата корму, середньодобовий приріст, вміст м'яса в туші та її маса зменшувалися зі збільшенням частки соняшникової макухи. Найкращі результати за кількістю споживаного корму за добу спостерігалися на раціонах з 20 % соняшникового шроту, а за середньодобовими приростами – на раціонах з 5 % шроту. Таким чином, раціон з додаванням 20 % соняшникової макухи негативно впливав на масу туші свиней. Тоді як Nørgaard J.V. і ін. [172] виявили, що соняшниковий шрот

порівняно з соєвим, ріпаковим і особливо люпиновим шротами характеризується найнижчою стандартизованою засвоюваністю у свиней.

Окрім засвоюваності речовин та росту організму, модифікація раціону може вплинути на поведінку тварин через різну кінетику травлення, яка позначається на відчутті ситості [206]. У нещодавніх дослідженнях Graziosi M.V. з колегами [84] показали, що незважаючи на вищий рівень нерозчинної клітковини через включення соняшnikової макухи, раціон лише незначно вплинув на поведінку свиней. Ефект спостерігався лише на останній фазі відгодівлі. На додаток до модифікації джерел білка, у цьому дослідженні автори на останній фазі відгодівлі (120–180 кг) раціони диференціювали також за рівнем сирого протеїну, але без корегування вмісту лізину. Зокрема, у контрольному раціоні вміст сирого протеїну дорівнював 12,5 % – лізин = 0,7 %, а у контрольному 11,3 % – лізин = 0,68 %. За цього не було виявлено жодного шкідливого впливу на продуктивність свиней. Ці висновки підтверджують дані Gallo L. та ін. [74], де вони запропонували рівень сирого протеїну і лізину на рівні 10,8 % і 4,8 г/кг, відповідно, для тієї самої фази вирощування, підкреслюючи можливість більшого обмеження харчового азоту у фінішерному раціоні, навіть за умови великої заміни соєвого шроту. Крім того, відсутність різниці в концентраціях кортизолу та дегідроепіандростерону, які вважаються чутливими біомаркерами добробуту тварин [196], дозволяє виключити тривалий дистрес, спричинений змінами раціону свиней [84].

Таким чином, у літературі є чимало свідчень того, що заміна соєвого шроту соняшnikовим істотно не впливає на продуктивність свиней та курей, а також очевидну засвоюваність поживних речовин у їх організмі. А це дозволяє говорити про те, що соняшnikовий шрот є перспективним протеїновим компонентом у годівлі моногастричних тварин. Однак, враховуючи не тільки різноманітні, а часто і протилежні висновки вчених щодо переваг і недоліків використання соняшnikового шроту в годівлі свиней

та курей, актуальність більш поглибленого вивчення цього питання не викликає сумнівів.

РОЗДІЛ II

МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Умови та схема проведення досліджень

Експерименти з піддослідними тваринами проводилися відповідно до правил Європейської конвенції про захист хребетних тварин (Офіційний журнал Європейського Союзу L276/33, 2010) та були організовані відповідно до Наказу Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України «Про затвердження Вимог до благополуччя сільськогосподарських тварин під час їх утримання» від 08.02.2021 № 224. Дослідження проводили в умовах Центру досліджень та розробок у птахівництві AVA Group (с. Половинчик, Черкаська обл). У якості об'єкту дослідження використовували курчат-бройлерів фінального гібриду кросу «Кобб-500». Експеримент тривав 42 доби, від посадки добових курчат на вирощування до забою. Упродовж вирощування курчат бройлерів утримували на підлозі згідно з рекомендаціями розробника.

Досліди на молодняку свиней проводили в умовах свинокомплексу ТОВ «Тернопільський бекон» (Тернопільська обл., Чортківський р-н). Поросят утримували в станку по 21 гол. Загальна площа 1 клітки – 10 м², на 1 гол 0,48 м². Вентиляція – комп'ютеризована примусово-протяжного типу. Температура в день відлучення (24 дні) 30 ° С з поступовим зменшенням в середньому на 1 ° С до 23° С при досягненні віку 70 днів. Регуляцію температури та вентиляції забезпечували контролером мікроклімату Eletor 6A.

Кожен станок обладнаний кришкою 2×1,5, лампою інфрачервоною для обігріву, над кришкою – 1 на групу, в перший тиждень після відлучення. Кількість напувалок – 2 на 21 голову, Напувалки чашкові із нержавіючої сталі за швидкості потоку води – 1,5 л/хв. Під час експерименту максимально

зафіксована швидкість руху повітря у свинарнику не перевищувала 1,0 м/с, концентрація аміаку не перевищувала 18,2 мг/м³, а концентрація вуглекислого газу не перевищувала 0,25%.

2.2. Матеріал і методи проведення досліджень

2.2.1. Використання високопротеїнового соняшникового концентрату в годівлі курчат-бройлерів

Перетравність поживних речовин високопротеїнового соняшникового концентрату проводились простим способом, у двох модифікаціях: прямим методом та методом інертних речовин. Як інертну речовину використовували природний компонент кормів рослинного походження – лігнін (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Схема фізіологічного дослідження із визначення перетравності поживних речовин високопротеїнового соняшникового концентрату у курчат-бройлерів

Метод визначення перетравності	Періоди дослідження	Тривалість, діб	Годівля	Вік, діб
Прямий	підготовчий	5	високопротеїновий соняшниковий концентрат з вмістом сирого протеїну 44%	32–37
	обліковий	5	високопротеїновий соняшниковий концентрат з вмістом сирого протеїну 44%	38-42
Інертних речовин	підготовчий	5	високопротеїновий соняшниковий концентрат з вмістом сирого протеїну 44%	32–37
	обліковий	5	високопротеїновий соняшниковий концентрат з вмістом сирого протеїну 44%	38-42

Визначення перетравності у курчат-бройлерів проведено на 12 тваринах віком 32 – 42 доби. Курчат утримували в індивідуальних клітках. Площа на одну голову становила 0,2 м², фронт годівлі – 15 см, напування – 3 см.

Дослід тривав 10 діб. Одночасно перетравність різними способами визначали у групі піддослідних курчат.

Фізіологічний дослід складався з підготовчого і основного періодів. У підготовчий період досліду, тривалістю 5 діб птицю привчали до споживання досліджуваного корму і нових умов утримання, встановлювали рівень споживання корму.

За прямого способу визначення перетравності, у обліковий період вели ретельний облік спожитого кожною твариною корму, його решток, а також виділеного посліду. Послід збирали від кожної тварини окремо у відповідну місткість, зважували та зразки зберігали у скляних банках, консервуючи їх розчином соляної кислоти. Щодня відбирали зразки спожитих кормів і з'їдів у банки, що зберігались у холодильнику. Коефіцієнти перетравності сирих протеїну, жиру, клітковини, БЕР та нейтрально-детергентної і кислотнo-детергентної клітковини розраховували за формулою 1:

$$КП = \frac{ППР}{ПР_{корму}} \times 100 \quad 1$$

де *КП* – коефіцієнт перетравності, %; *ППР* – перетравна поживна речовина корму, г; *ПР* корму – вміст поживної речовини в спожитому кормі, г.

За визначення перетравності високопротеїнового соняшникового концентрату методом інертних речовин, точне зважування спожитого корму і виділеного посліду не проводилося. Застосовуючи індикаторні речовини, можна уникнути необхідності проведення кількісного обліку виділеного калу та спожитих кормів. У наших дослідженнях ми викривали внутрішній

індикатор кормів рослинного походження – лігнін. Коефіцієнт перетравності за одним індикатором визначається за формулою 2:

$$КП = \left(1 - \frac{IP_{\text{корму}} \times ПР_{\text{калу}}}{IP_{\text{калу}} \times ПР_{\text{корму}}}\right) \times 100, \quad 2$$

де $КП$ – коефіцієнт перетравності, %; IP корму – вміст інертної речовини в кормі, %; $ПР$ калу – вміст поживної речовини в калі, %; IP калу – вміст інертної речовини в калі, %; $ПР$ корму – вміст поживних речовин у кормі, %.

Визначення хімічного складу комбікормів, проводили методом Венде. Лабораторні аналізи корму та посліду проводились відповідно до чинних методологій, що відповідали Commission Regulation (EC) No 152/2009 (2009), що встановлює методи відбору проб і лабораторних досліджень для офіційного контролю кормів.

Енергетичну поживність високопротеїнового соняшникового концентрату розраховували у Дж обмінної енергії, за даними вмісту перетравних протеїну, жиру, клітковини та (БЕР), визначеними у досліді. Для цього було використано наступні способи (формули 3–5):

1. Прямий спосіб:

$$ОЕ_{\text{прямий}} = ВЕ_{\text{корму}} - ВЕ_{\text{посліду}}, \quad 3$$

де, $ВЕ_{\text{корму}}$ – валова енергія корму, $ВЕ_{\text{посліду}}$ – валова енергія посліду.

2. Рівняння регресії (класичний):

$$ОЕ_{\text{класичний}} = 17,84 nП + 39,78 nЖ + 17,71 nК + 17,71 nБЕР, \quad 4$$

де $nП$ – перетравний протеїн, г $nЖ$ – перетравний жир, г $nК$ – перетравна клітковина, г $nБЕР$ – перетравні безазотисті екстрактивні речовини, г.

3. За сумою перетравних поживних речовин:

$$ОЕ_{\text{СППР}} = СППР * К * 0,96, \quad 5$$

де *СППР* – сума (г) перетравних поживних речовин (протеїн, жир *2,25, клітковина і БЕР), *K* – коефіцієнт, який дорівнює 18,43 кДж на кожний грам СППР; *0,96* – співвідношення між перетравною і обмінною енергією.

У якості об'єкту дослідження використовували курчат-бройлерів фінального гібриду кросу «Кобб-500». Експеримент тривав 42 доби, від посадки добових курчат на вирощування до забою. Упродовж вирощування курчат-бройлерів утримували на підлозі згідно рекомендацій розробника кросу [49]. У добовому віці курчат-бройлерів було розділено на чотири групи по 100 голів у кожній. Відмінності між групами були зумовлені лише складом використовуваного раціону (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Схема досліду з вивчення використання в годівлі курчат-бройлерів заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом

Групи	Характеристика корму			
	віковий період, діб			
	0–12	13–28	29–35	36–42
1 (контрольна)	Комбікорм в якому єдиним джерелом протеїну є соєва макуха			
Дослідна 2	Комбікорм в якому єдиним джерелом протеїну є високопротеїновий соняшниковий концентрат			
Дослідна 3	Комбікорм в якому 50% потреби бройлерів в сирому протеїні забезпечується високопротеїновим соняшниковим концентратом			
Дослідна 4	Комбікорм в якому вміст сирого протеїну забезпечено соєвою макухою та високопротеїновим соняшниковим концентратом в співвідношенні 50/50 за масою			

Для вивчення ефективності заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом у годівлі курчат-бройлерів було сформовано 4 групи птиці за методом аналогів.

Курчата контрольної групи протягом усього періоду вирощування (0–42 доби) отримували повнораціонні комбікорми, в яких єдиним протеїновим компонентом була соєва макуха.

Бройлерам другої дослідної групи згодовували комбікорми, в яких соєву макуху повністю замінено високопротеїновим соняшниковим концентратом. Таким чином, потреба курчат у рослинному протеїні забезпечувалася виключно за рахунок високопротеїнового соняшникового концентрату.

Курчата третьої дослідної групи отримували комбікорми, у яких 50 % потреби птиці в сирому протеїні забезпечувалося за рахунок високопротеїнового соняшникового концентрату, а решта 50 % – за рахунок соєвої макухи та інших зернових компонентів комбікорму.

Птиці четвертої дослідної групи згодовували комбікорми, до складу яких одночасно входили соєва макуха та високопротеїновий соняшниковий концентрат у співвідношенні 50:50 за масою компонентів.

Комбікорми для всіх груп були збалансовані відповідно до чинних норм годівлі курчат-бройлерів за обмінною енергією, сирим протеїном, незамінними амінокислотами, макро- та мікроелементами. Годівлю птиці здійснювали відповідно до вікових періодів: стартовий (0–12 діб), ростовий (13–28 діб), фінішний I (29–35 діб) та фінішний II (36–42 діб).

Така схема досліду дозволила оцінити можливість повної або часткової заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом у комбікормах для курчат-бройлерів, а також встановити оптимальний рівень його використання без негативного впливу на продуктивність птиці та ефективність використання корму.

2.2.2. Використання високопротеїнового соняшникового концентрату в годівлі молодняку свиней

Всі поросята для проведення дослідження були отримані тільки від свиноматок F1. Ветеринарні заходи проводилися згідно зі стандартною схемою на господарстві. Орієнтовна кількість поросят, яка залишалася під свиноматкою – 13–16 гол, залежно від кількості робочих сосків. Всі надлишкові поросята були переміщені до прийомних свиноматок та не були

враховані в досліді. Поросята, які мали клінічні прояви діареї та не піддавалися лікуванню протягом 3-х днів, або існував ризик смерті – виключалися з досліді. Всім поросята до відлучення для підгодівлі використовувався основний раціон, без заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом. Під час опоросу, всі свиноматки з поросятами, які потенційно були включені в досліді, позначалися карткою «Досліді». В разі необхідності поросята від даної свиноматки переміщалися до інших свиноматок, які не брали участь в досліді. До всіх свиноматок, з позначкою «Досліді» заборонялося підсаджувати поросят від інших свиноматок.

За 1 день до відлучення проводилося індивідуальне зважування поросят. На основі отриманих даних щодо живої маси поросят, кожне гніздо розділялося на 4 групи, а саме від кожного гнізда відбиралося 4, або 8, або 12 рівномірних між собою всередині пари поросят і розділяли їх по 1-й, або по 2 або по 3 голови в кожну групу. Схема досліді представлена у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Схема досліді з вивчення використання в годівлі молодняку свиней заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом

Групи	Характеристика корму	Рівень заміни у раціоні соєвої високопротеїновим соняшниковим концентратом, %
1 (контрольна)	Основний корм (ОК) на основі соєвої макухи	0
Дослідна 2	Основний корм (ОК) із заміною соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом	4
Дослідна 3	Основний корм (ОК) із заміною соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом	8

Дослідна 4	Основний корм (ОК) із заміною соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом	12
------------	---	----

Годівля молодняку свиней проводили вручну за допомогою кормового апарату TR-4 ROTECNA. 1 кормовий апарат на 1 групу. (об'єм бункера – 120 л, призначено для поросят 6–40 кг, тип годівлі – сухий, кількість тварин, що обслуговує 1 бункер – 30 голів, ширина кормового місця 18,7 см молодняку свиней промислового стада віком 24 доби сформували 4 групи поросят-аналогів. У 1-й та 2-й групах було по 25 голів молодняку свиней, а у 3-й та 4-й – по 28 голів. Дослід тривав 51 день – від 24 до 75-добового віку свиней. Кожного ранку з 9:00 до 10:00 — вибирали залишки корму з попередньої доби, зважували та засипали нову кількість. Для зважування корму використовували ваги ACS 300kg-350kg 40×50 Fold Domotec 6V .

2.3. Методи досліджень

Зоотехнічний облік. Упродовж періоду враховували кількість вибулих курчат-бройлерів та молодняку свиней (через падіж та вибракування). Також кожні сім днів визначали живу масу курчат, використовуючи ваги «Total Control» (Італія) та свиней на вагах AXIS BDU300C-0608X (Україна). У 42-добовому віці з кожної групи птиці було відібрано по 6 голів курчат-бройлерів для забою та визначено їх забійні якості.

Груповий облік експериментальних даних здійснювали за загальноприйнятими формами (рух поголів'я у пташнику, живу масу, кількість спожитого комбікорму). **Фізіологічний дослід.** Для визначення перетравності поживних речовин від кожної групи було відібрано по 6 курчат-бройлерів віком 32 доби, живою масою, близькою до середнього показника відповідної групи. Птицю розміщували в індивідуальних клітках, що забезпечувало можливість окремого обліку спожитого корму, його залишків і виділеного посліду. Площа підлоги на одну голову становила 0,2 м², фронт годівлі – 15 см, фронт напування – 3 см.

Фізіологічний дослід тривав 10 діб і складався з 5-добового підготовчого та 5-добового облікового періодів. У підготовчий період птицю адаптували до індивідуального утримання, дослідних комбікормів і режиму годівлі. У цей час визначали фактичне споживання корму та контролювали загальний фізіологічний стан курчат.

Упродовж облікового періоду щоденно проводили індивідуальний облік кількості заданого корму, його залишків і виділеного посліду. Корм зважували перед згодовуванням, а залишки – перед наступною годівлею. Фактичне споживання корму розраховували як різницю між кількістю заданого корму та його залишками. Послід від кожної птиці збирали окремо у відповідні ємності, не допускаючи його змішування.

Зібраний послід щоденно зважували, після чого відбирали середні проби від кожної птиці. Для запобігання втратам азоту проби консервували розчином соляної кислоти та зберігали у скляних банках у холодильнику до проведення лабораторного аналізу. Зразки комбікормів і залишків корму також відбирали щоденно, формували середні проби за період досліду та зберігали у холодильнику.

Після завершення облікового періоду середні проби корму, його залишків і посліду піддавали лабораторному аналізу. У них визначали вміст сирого протеїну, сирого жиру, сирі клітковини та безазотистих екстрактивних речовин за загальноприйнятими методиками зоотехнічного аналізу. На основі отриманих даних розраховували коефіцієнти перетравності поживних речовин як відношення кількості перетравленої речовини до кількості спожитої, виражене у відсотках.

Визначення хімічного складу кормів, посліду, м'яса. Визначення хімічного складу кормів, проводили методом Венде. Лабораторні аналізи корму та посліду проводились відповідно до чинних методологій, що відповідали Регламенту Комісії (ЄС) № 152/2009 (Commission Regulation (EC) No 152/2009 of 27 January 2009), що встановлює методи відбору проб і лабораторних досліджень для офіційного контролю кормів. Суху речовину

визначали висушуванням у сушильній шафі, загальну вологу – за температури 65 ± 2 °С, гігроскопічну вологу – за температури 103 ± 2 °С, використовуючи сушильну шафу Labexpert 3030 (країна-виробник – Україна). У сухій речовині визначали: сиру золу – шляхом спалювання зразка у муфельній печі за температури 550 ± 20 °С. Для спалювання використовували муфельна піч SNOL-8.2/1100 (країна-виробник – Литовська Республіка); азот визначали за методом К'ельдаля. Для озолення корму використовували Gerhardt Turbotherm TT – 625 (країна-виробник – Німеччина), для дистиляції – паровий дистилятор напівавтоматичний VELP Scientifica F30200135 (країна-виробник – Італія). Азот перераховували на сирий протеїн множенням на коефіцієнт 6,25. Азот сечі відділяли від азоту калу за методом Д'якова; сирий жир визначали методом Сокслета, використовуючи Gerhardt Soxtherm SOX 412 (країна-виробник – Німеччина). Як екстрагент використовували діетиловий ефір; сиру клітковину визначали методом Генніберга і Штомана, промиванням зразка у розведеної сірчаній кислоті та гідроксиді калію, використовуючи Gerhardt FibreBag-System FBS6 (країна-виробник – Німеччина); безазотисті екстрактивні речовини визначали розрахунковим шляхом за різницею між вмістом органічної речовини і суми сирого протеїну, сирого жиру та сирої клітковини.

Визначення якості м'яса. Оцінку якості м'яса проводили через 24 годин після забою на зразках грудного м'язу та м'язах стегна, відібраних під час оброблення тушок після забою та зберігання у холодному приміщенні при температурі 4–6 °С. Вологоутримуючу здатність зразків м'яса грудки та стегна курчат-бройлерів визначали за методикою, описаною Barbut S. (2024). Наважку зразка м'яса масою 1 г центрифугували у центрифугі Eppendorf 5804R (Німеччина) при 1000 об/хв упродовж 15 хвилин при 4 °С без NaCl. Потім виміряли вміст виділеної води та розраховували її у відсотках від початкової маси зразка м'яса.

Активну кислотність м'яса визначали за допомогою рН-метра «рН-161» (Румунія) з використанням двох типів електродів – E536BNC та E531BNC.

Втрати при варінні визначали шляхом варіння зразків м'яса (грудки та стегна) при 90°C протягом 30 хвилин на гарячій водяній бані з подальшим охолодженням при кімнатній температурі. Вагу зразка до (W_1) та після (W_2) варіння записували для розрахунку втрат при варінні за такою формулою 6:

$$\text{Cooking loss, \%} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad 6$$

Забійні якості курчат-бройлерів. Після забою птиці вивчали забійні якості, які оцінювали за такими показниками: передзабійна маса – жива маса після 12-годинної голодної витримки; маса непатраної тушки – маса тушки без крові і пір'я; маса напівпатраної тушки – маса тушки без крові, пір'я та кишківнику; маса патраної тушки – маса тушки без крові, пір'я, голови, кінцівок, крил по ліктювий суглоб, кишківнику; маса їстівних частин; маса внутрішнього жиру.

Масу продуктів забою встановлювали зважуванням на вагах ВЛТК-500. На основі показників післязабійних якостей курчат-бройлерів розраховували індекси м'ясних якостей тушок за показниками: м'ясність тушки – відношення маси усіх м'язів до маси тушки, %; м'ясність грудей – відношення маси грудних м'язів до маси тушки, %; м'ясність кінцівок – відношення маси м'язів кінцівок до маси тушки, %; вихід їстівних частин – відношення маси усіх м'язів до маси тушки, %. Обвалювання тушок проводили за загальноприйнятою методикою ДСТУ ЕЖ ООН ECE/TRADE/355:2007 [1].

Відбір проб крові. Від курчат-бройлерів кожної групи у віці 42 доби відбирали по 6 проб крові. З підкрльцевої вени в пробірку K2 EDTA брали 1,0–1,5 мл крові. Відбір крові, а також вибір рендомізованих особин проводили за загальноприйнятими методиками.

Гематологічні методи. Гематологічні параметри курчат-бройлерів визначали в “Центрі Ветеринарної Діагностики” на гематологічному аналізаторі IDEXX ProCyte Dx (IDEXX Europe B.V.) із використанням

специфічних для нього тест-систем. Реагент для розведення «ABX Minidil LMG», лізуючий реагент «ABX Minilyse LMG», реагент для промивання «ABX Cleaner», «ABX Miniclair» депротеїнізатор, контейнер для реагентів «ABX Minipack LMG» і набір контролю 2N, 1H, 1L «Para 12 Extend».

Визначали показники: вміст еритроцитів, лейкоцитів, тромбоцитів – зміна імпедансу (кондуктометричний метод); гемоглобіну – спектрофотометричним методом; гематокрит – цілочисельне інтегрування; середній об'єм еритроцитів, середній вміст гемоглобіну в 1 еритроциті, концентрація гемоглобіну в еритроцитах, ширина розподілу еритроцитів, середній об'єм тромбоцитів – розрахунок за збереженими результатами прямих вимірювань; лейкоцитарна формула (вміст моноцитів, лімфоцитів, еозинофілів, базофілів і гетерофілів) – зміна імпедансу (кондуктометричний метод). Референтні значення гематологічних параметрів визначали за Soualio Kamagate [112].

Біохімічні методи. Біохімічні параметри та активність ензимів сироватки крові курчат-бройлерів та молодняку свиней визначали в “Центрі Ветеринарної Діагностики” на біохімічному аналізаторі Beckman Coulter (США)

Для визначення вмісту в сироватці крові бройлерів глюкози використовували комерційні діагностичні набори (High Technology Inc., США) – НТ-G242 (метод: оксидаза, кінцева точка; довжина хвилі – 500 нм), загального протеїну – НТ-T251 (метод: біурет, кінцева точка; довжина хвилі – 540 нм), альбуміну – НТ-A203 (метод: бромкрезоловий зелений, кінцева точка; довжина хвилі – 630 нм), креатиніну – НТ-C225 (метод: Яффе, кінетика; довжина хвилі – 510 нм), сечовини – НТ-U254 (метод: Trinder / уриказа, кінцева точка; довжина хвилі – 520 нм), холестеролу – НТ-C218 (метод: ферментативний, кінцева точка; довжина хвилі – 500 нм), Фосфору – НТ-P244 (метод: молібдат амонію, кінцева точка; довжина хвилі – 340 нм), Кальцію – НТ-C216 (метод: ОКФ, кінцева точка; довжина хвилі – 570 нм); концентрацію аланінамінотрансферази – НТ-A206 (метод: IFCC, кінетика; довжина хвилі –

340 нм), аспаратамінотрансферази – НТ-А109 (метод: ІFСС, кінетика; довжина хвилі – 340 нм), лужної фосфатази – НТ-А205 (метод: кінетика; довжина хвилі – 405 нм), лактатдегідрогенази – НТ-Л236 (метод: модифікований метод Wacker/Tris, кінетика; довжина хвилі – 340 нм), гамма-глутамілтрансферази – НТІ-G7571-120 (метод: модифікований метод Szasz, кінетика; довжина хвилі – 405 нм). Референтні значення біохімічних параметрів визначали за Nedjoua Arzour [165].

Визначення ліпідограми крові свиней використовували біохімічний аналізатор Beckman Coulter (США). Для визначення вмісту у крові тригліцеридів використовували реактиви Олімпус. Метод визначення базується на ряді сполучених ферментативних реакцій. Зразки гідролізуються сумішшю мікробних ліпаз з утворенням гліцерину та жирних кислот. Гліцерин у свою чергу фосфорелюється гліцеролкіназою (ГК) у присутності АТФ з утворенням гліцерин-3-фосфату. Гліцерин-3-фосфат окислюється молекулярним киснем у присутності гліцеринфосфатоксидази (ГФО), що призводить до утворення перекису водню та дигідроксиацетонфосфату. Перекис водню використовується в реакції окислювального розщеплення п-хлорофенолу і 4-аміноантипірину (4-ААП), що каталізується пероксидазою (ПЗ) і призводить до утворення хромофора, який вимірюється при 660/800 нм. Значення абсорбції при 660/800 нм прямо пропорційно концентрації тригліцеридів у зразку.

Для визначення вмісту холестеролу використовували ферментативний метод. Ефіри холестерину в зразках гідролізували холестеринестеразою. Вільний холестерин, що утворився, окислюється холестеролоксидазою до холестен-3-один з одночасним утворенням перекису водню (H_2O_2), яка, окислюючись, з'єднується з 4-аміноантипірином і фенолом у присутності пероксидази (ПД), в результаті чого утворюється реакційна суміш. Інтенсивність фарбування реакційної суміші, вимірюваної при 540/600 нм, прямо пропорційна концентрації загального холестеролу в пробі.

Антитіла до людського бета-ліпопротеїну, що містяться в реактиві R1, зв'язуються з ліпопротеїнами, відмінними від фракції ЛПВЩ (ЛПНЩ, ЛПДНЩ та хіломікрони). Комплекси антиген-антитіло блокують ферментативну реакцію, що ініціюється додаванням реактиву R2. Холестерол ЛПВЩ визначається кількісно в ферментативно-хромогенної суміші, виміряної при 540/600 нм.

Ліпопротеїни низької щільності. Запобіжний компонент реактиву R1 захищає ЛПНЩ від ферментативної реакції. Ліпопротеїни, що не належать до цієї групи, розщеплюються холестеринестеразою та холестериноксидазою. Перекис водню, що утворюється у результаті цієї реакції, розщеплюється каталазою реактиву R1. Додавання реактиву R2 призводить до звільнення ЛПНЩ від запобіжної сполуки та інактивації каталази азидом натрію. Після цього вміст ЛПНГ кількісно визначається у присутності холестериноксидази та пероксидази, виміряної при 540/600 нм. Ліпопротеїни низької щільності визначали за формулою Фрідевальда: $ЛПНЩ = 3X - ЛПВЩ - ТГ/2,2$

Протеїновий профіль сироватки крові. Фосфатні розчини певної концентрації осаджують різні протеїнові фракції сироватки крові з утворенням дуже дрібної суспензії. За ступенем каламутності розчинів роблять висновок про співвідношення протеїнів у матеріалі, що досліджується, виміряної при 620/700 нм. Альбуміни визначали при реакції бромкрезолового зеленого з альбумін утворюється пофарбований комплекс. Його абсорбція вимірюється в біхроматичній реакції (600/800 нм) та прямо пропорційна концентрації альбуміну у зразку.

Біометричні методи. Біометричну обробку даних здійснювали на ПК за допомогою програмного забезпечення MS Excel з використанням вбудованих статистичних функцій та програмного забезпечення «Statistica 10». Достовірність різниці між групами оцінювали за t-критерієм Ст'юдента, а також з використанням однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) та критерію множинних порівнянь Тьюкі-Крамера в якості інструмента post-hoc тестування. Перевірку розподілу даних вибірки на нормальність проводили за

критерієм Шапіро-Уїлка. У випадку якщо розподіл даних вірогідно відрізнявся від нормального, використовували непараметричний U-критерій Манна-Уїтні. Відмінності між групами вважалися достовірними за $P < 0,05$.

Взаємозв'язок між змінами гематологічних та біохімічних показників організму бройлерів та молодняку свиней за впливу складу раціону встановлювали за допомогою кореляційного аналізу. Силу зв'язку визначали за шкалою Чеддока.

Силу впливу за впливу складу раціону на фізіолого-біохімічні процеси в організмі курчат-бройлерів та свиней визначали за використання однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA).

У цілому, за результатами усіх виконаних досліджень, економічну ефективність удосконалених схем годівлі для курчат-бройлерів та молодняку свиней визначали 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. Використання високопротеїнового соняшникового концентрату в
годівлі курчат-бройлерів**

3.1.1. Характеристика годівлі курчат-бройлерів

Піддослідним курчатам-бройлерам згодовували повнораціонні комбікорми, збалансовані за всіма поживними речовинами згідно з рекомендованими нормами. Склад комбікорму, що використовувався для годівлі курчат-бройлерів, наведено у таблицях 3.1–3.4.

Таблиця 3.1

Склад стартового раціону для курчат-бройлерів, %

Показник	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
Кукурудза	36,972	44,352	43,058	42,311
Концентрат соняшниковий СП44	–	35,648	25,000	18,850
Макуха соєва СП 41	40,599	0,000	11,942	18,839
Пшениця	15,000	15,000	15,000	15,000
Борошно вапнякове Са 35 %	1,598	1,517	1,543	1,558
Кукурудзяне борошно	1,294	0,690	0,869	0,972
Монокальцій фосфат	0,635	0,812	0,756	0,725
Метіонін 99,5 %	0,372	0,228	0,270	0,295
Лізин гідрохлорид	0,309	0,791	0,651	0,570
Сіль	0,286	0,017	0,099	0,146
Треонін 99 %	0,156	0,221	0,202	0,191
Суміш мікроелементів	0,100	0,100	0,100	0,100
ЕхсENTIAL Тохin Plus 20 (абсорбент)	0,100	0,100	0,100	0,100
Нікамакс (кокцидіостатик)	0,055	0,055	0,055	0,055
Бета-Кі (бетаїн)	0,038	0,038	0,038	0,038
Суміш вітамінів для бройлерів	0,030	0,030	0,030	0,030
Ахтра РНУ 10000 ТРТ (150g/MT of CFeed) – фітаза	0,015	0,015	0,015	0,015
Ноксіфід (антиоксидант 125– 250г/т)	0,013	0,013	0,013	0,013
Соєва олія	2,429	0,000	–	–
Натрій сульфат	–	0,374	0,260	0,194
Разом	100,001	100,001	100,001	100,002

Таблиця 3.2

Склад гроверного раціону № 1 для курчат-бройлерів, %

Показник	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
Кукурудза	36,972	44,352	43,058	42,311
Концентрат соняшниковий СП44	–	35,648	25,000	18,850
Макуха соєва СП 41	40,599	0,000	11,942	18,839
Пшениця	15,000	15,000	15,000	15,000
Борошно вапнякове Са 35 %	1,598	1,517	1,543	1,558
Кукурудзяне борошно	1,294	0,690	0,869	0,972
Монокальцій фосфат	0,635	0,812	0,756	0,725
Метіонін 99,5 %	0,372	0,228	0,270	0,295
Лізін гідрохлорид	0,309	0,791	0,651	0,570
Сіль	0,286	0,017	0,099	0,146
Треонін 99 %	0,156	0,221	0,202	0,191
Суміш мікроелементів	0,100	0,100	0,100	0,100
Ехсential Тохin Plus 20 (абсорбент)	0,100	0,100	0,100	0,100
Нікамакс (кокцидіостатик)	0,055	0,055	0,055	0,055
Бета-Кі (бетаїн)	0,038	0,038	0,038	0,038
Суміш вітамінів для бройлерів	0,030	0,030	0,030	0,030
Ахтра РНУ 10000 ТРТ (150g/MT of CFeed) – фітаза	0,015	0,015	0,015	0,015
Ноксіфід (антиоксидант 125– 250г/т)	0,013	0,013	0,013	0,013
Соєва олія	2,429	0,000	–	–
Натрій сульфат	–	0,374	0,260	0,194
Разом	100,000	100,000	100,000	100,000

Таблиця 3.3

Склад гроверного раціону № 2 для курчат-бройлерів, %

Показник	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
Кукурудза	46,380	52,276	51,530	50,687
Концентрат соняшниковий СП44	–	27,724	21,590	14,650
Макуха соєва СП 41	31,606	–	6,880	14,663
Пшениця	15,000	15,000	15,000	15,000
Борошно вапнякове Са 35 %	1,258	1,196	1,211	1,228
Кукурудзяне борошно	2,386	1,911	2,015	2,131
Монокальцій фосфат	0,089	0,226	0,195	0,159

<i>Продовження таблиці 3.3</i>				
1	2	3	4	5
Метіонін 99,5 %	0,278	0,166	0,190	0,218
Лізін гідрохлорид	0,259	0,635	0,554	0,463
Сіль	0,290	0,072	0,120	0,173
Треонін 99 %	0,091	0,142	0,131	0,119
Суміш мікроелементів	0,100	0,100	0,100	0,100
Exsential Toxin Plus 20 (абсорбент)	0,100	0,100	0,100	0,100
Нікамакс (кокцидіостатик)	0,060	0,060	0,060	0,060
Бета-Кі (бетаїн)	0,030	0,030	0,030	0,030
Суміш вітамінів для бройлерів	0,030	0,030	0,030	0,030
Axtra PNU 10000 TPT (150g/MT of CFeed) – фітаза	0,015	0,015	0,015	0,015
Ноксіфід (антиоксидант 125–250 г/т)	0,013	0,013	0,013	0,013
Соєва олія	2,015	–	–	–
Натрій сульфат		0,303	0,237	0,162
Разом	100,000	100,000	100,000	100,000

Таблиця 3.4

Склад фінішного раціону для курчат-бройлерів, %

Показник	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
Кукурудза	49,247	54,687	54,096	53,236
Концентрат соняшниковий СП44	–	25,313	20,450	13,370
Макуха соєва СП 41	28,868	–	5,454	13,394
Пшениця	15,000	15,000	15,000	15,000
Борошно вапнякове Са 35 %	1,234	1,177	1,189	1,207
Кукурудзяне борошно	2,672	2,238	2,320	2,438
Монокальцій фосфат	0,061	0,186	0,161	0,124
Метіонін 99,5 %	0,215	0,113	0,132	0,160
Лізін гідрохлорид	0,202	0,546	0,482	0,388
Сіль	0,291	0,091	0,129	0,183
Треонін 99 %	0,040	0,087	0,078	0,065
Суміш мікроелементів	0,100	0,100	0,100	0,100
Exsential Toxin Plus 20 (абсорбент)	0,100	0,100	0,100	0,100
Бета-Кі (бетаїн)	0,026	0,026	0,026	0,026
Суміш вітамінів для бройлерів	0,030	0,030	0,030	0,030
Axtra PNU 10000 TPT (150g/MT of CFeed) – фітаза	0,015	0,015	0,015	0,015
Ноксіфід (антиоксидант 125–250 г/т)	0,013	0,013	0,013	0,013
Соєва олія	1,885	–	–	–
Натрій сульфат		0,278	0,226	0,150
Разом	100,000	100,000	100,000	100,000

Таким чином, різниця в годівлі птиці контрольної і дослідних груп зумовлювалася тим, що курчата контрольної групи протягом усього періоду вирощування (0–42 доби) отримували повнораціонні комбікорми, в яких єдиним протеїновим компонентом була соєва макуха. Бройлерам другої дослідної групи згодовували комбікорми, в яких соєву макуху повністю замінено високопротеїновим соняшниковим концентратом. Таким чином, потреба курчат у рослинному протеїні забезпечувалася виключно за рахунок високопротеїнового соняшникового концентрату. Курчата третьої дослідної групи отримували комбікорми, у яких 50 % потреби птиці в сирому протеїні забезпечувалося за рахунок високопротеїнового соняшникового концентрату, а решта 50 % – за рахунок соєвої макухи та інших зернових компонентів комбікорму. Птиці четвертої дослідної групи згодовували комбікорми, до складу яких одночасно входили соєва макуха та високопротеїновий соняшниковий концентрат у співвідношенні 50:50 за масою компонентів. У таблиці 3.5 представлено склад вітамінних та мінеральних сумішей, які використовувались в годівлі курчат-бройлерів, залежно від періоду вирощування.

Таблиця 3.5

Склад вітамінних та мінеральних сумішей для курчат-бройлерів, %

Показник	Раціон			
	стартовий	гроверний № 1	гроверний № 2	фінішний
Вітамінний комплекс:				
1	2	3	4	5
A, МО	12000,0	12000,0	12000,0	12000,0
D, МО	5000,0	5000,0	5000,0	5000,0
E, мг	70,0	70,0	70,0	70,0
K, мг	3,0	3,0	3,0	3,0
B1, мг	3,0	3,0	3,0	3,0
B2, мг	8,0	8,0	8,0	8,0
B5 (пантотенова кислота), мг	15,0	15,0	15,0	15,0
B6, мг	4,3	4,3	4,3	4,3

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5
В12, мкг	17,0	17,0	17,0	17,0
В3 (ніацин), мг	60,0	60,0	60,0	60,0
В9 (фолієва кислота), мг	2,0	2,0	2,0	2,0
В7 (біотин), мкг	200,1	200,1	200,1	200,1
Мінеральний комплекс:				
Залізо, мг	45,00	45,00	45,00	45,00
Мідь, мг	20,00	20,00	20,00	20,00
Цинк, мг	100,00	100,00	100,00	100,00
Марганець, мг	120,00	120,00	120,00	120,00
Йод, мг	1,25	1,25	1,25	1,25
Селен, мг	0,32	0,32	0,32	0,32

Хімічний склад комбікормів, які використовували для годівлі курчат-бройлерів контрольної й дослідних груп, був близьким (табл. 3.6–3.9).

Таблиця 3.6

Хімічний склад стартового раціону для курчат-бройлерів

Показник	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
Енергія, ккал	3035	3077	3025	2995
Сирий протеїн, %	22	22	22	22
Сирий жир, %	6,915	2,337	2,999	3,383
Сира клітковина, %	3,81	4,17	4,07	4,02
Кальцій, %	0,96	0,96	0,96	0,96
Доступний Фосфор, %	0,5	0,5	0,5	0,5
Натрій, %	0,18	0,18	0,18	0,18
Хлор, %	0,27	0,28	0,28	0,28
Засвоюваний лізин, %	1,28	1,28	1,28	1,28
Засвоюваний метіонін та цистин, %	0,97	0,97	0,97	0,97
Засвоюваний треонін, %	0,86	0,86	0,86	0,86
Холін, мг/кг	500	500	500	500

Таблиця 3.7

Хімічний склад гроверного раціону № 1 для курчат-бройлерів

Показник	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
Енергія, ккал	3100	3127	3090	3057
Сирий протеїн, %	20	20	20	20
Сирий жир, %	6,533	2,494	2,96	3,38
Сира клітковина, %	3,56	3,87	3,80	3,74
Кальцій, %	0,8	0,8	0,8	0,8
Доступний Фосфор, %	0,4	0,4	0,4	0,4
Натрій, %	0,18	0,18	0,18	0,18
Хлор, %	0,28	0,28	0,28	0,28
Засвоюваний лізин, %	1,16	1,16	1,16	1,16
Засвоюваний метіонін та цистин, %	0,88	0,88	0,88	0,88
Засвоюваний треонін, %	0,78	0,78	0,78	0,78
Холін, мг/кг	400	400	400	400

Таблиця 3.8

Хімічний склад гроверного раціону № 2 для курчат-бройлерів

Показник	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
Енергія, ккал	3120	3146	3116	3082
Сирий протеїн, %	19	19	19	19
Сирий жир, %	6,25	2,567	2,949	3,38
Сира клітковина, %	3,46	3,74	3,68	3,62
Кальцій, %	0,74	0,74	0,74	0,74
Доступний Фосфор, %	0,37	0,37	0,37	0,37
Натрій, %	0,18	0,18	0,18	0,18
Хлор, %	0,27	0,27	0,27	0,27
Засвоюваний лізин, %	1,06	1,06	1,06	1,06
Засвоюваний метіонін та цистин, %	0,82	0,82	0,82	0,82
Засвоюваний треонін, %	0,7	0,7	0,7	0,7
Холін, мг/кг	400	400	400	400

Таблиця 3.9

Хімічний склад фінішного раціону для курчат-бройлерів

Показник	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
Енергія, ккал	3140	3161	3137	3102
Сирий протеїн, %	18	18	18	18
Сирий жир, %	6,043	2,636	2,938	3,379
Сира клітковина, %	3,35	3,61	3,56	3,50
Кальцій, %	0,72	0,72	0,72	0,72
Доступний Фосфор, %	0,36	0,36	0,36	0,36
Натрій, %	0,18	0,18	0,18	0,18
Хлор, %	0,26	0,26	0,26	0,26
Засвоюваний лізин, %	0,96	0,96	0,96	0,96
Засвоюваний метіонін та цистин, %	0,74	0,74	0,74	0,74
Засвоюваний треонін, %	0,62	0,62	0,62	0,62
Холін, мг/кг	350	350	350	350

3.1.2. Хімічний склад, енергетична поживність високопротеїнового соняшникового концентрату та перетравність його поживних речовин в організмі курчат-бройлерів

3.1.2.1. Хімічний склад високопротеїнового соняшникового концентрату

Високопротеїновий соняшниковий концентрат є продуктом глибокої переробки насіння соняшнику, який отримують шляхом поєднання механічних і технологічних процесів, спрямованих на концентрацію білкової фракції та видалення компонентів, що знижують кормову цінність продукту. Основою технології його виробництва є попереднє очищення насіння, деоболонювання (відокремлення лушпиння), пресування, екстрагування олії та подальше механічне видалення залишків клітковини з соняшникового шроту. Зменшення вмісту клітковини досягається насамперед за рахунок додаткового механічного відділення оболонки насіння з шрота соняшникового, яка містить основну кількість лігніну, целюлози та геміцелюлоз, а також шляхом повітряної сепарації, ситового фракціонування та інших технологічних операцій, що забезпечують концентрування білкових частинок і видалення грубоволокнистих фракцій.

Завдяки застосуванню сучасних технологічних підходів виробництва високопротеїновий соняшниковий концентрат характеризується високою однорідністю, доброю сипкістю, низьким вмістом структурної клітковини та високою стабільністю під час зберігання і гранулювання комбікормів. Технологічна схема його отримання забезпечує збереження біологічної цінності рослинного білка, зменшення концентрації антипоживних речовин і підвищення доступності поживних компонентів для тварин та птиці. Завдяки цьому високопротеїновий соняшниковий концентрат розглядається як перспективний високобілковий інгредієнт комбікормів, здатний частково або повністю замінювати традиційні соєві кормові продукти без погіршення технологічних властивостей комбікорму.

Хімічний склад корму є вихідною інформацією для подальшого вивчення перетравності поживних речовин, розрахунку загальної енергетичної цінності та використання у годівлі тварин (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Хімічний склад високопротеїнового соняшnikового концентрату, г/кг

Показник	Вміст	
	на натуральну вологу	на суху речовину
Волога	74,1±0,37	–
Сирий протеїн	439,3±0,68	474,5±0,72
Сирий жир	9,7±0,08	10,5±0,06
Сира клітковина	73,9±0,43	79,8±0,52
Сира зола	68,2±0,27	73,7±0,31
БЕР	334,7±1,23	361,5±1,11
НДК	223,7±0,89	241,6±0,97
КДК	78,6±0,31	84,9±0,26
Лігнін	10,5±0,11	11,3±0,09

Вміст структурних вуглеводів у досліджуваному кормі становив: сирої клітковини – 7,4 %, НДК – 22,4 % та КДК – 7,9 %. Слід зазначити, що цей

показник був значно нижчим середніх значень для соняшникового шроту по Україні.

3.1.2.2. Перетравність поживних речовин високопротеїнового соняшникового концентрату в організмі курчат-бройлерів

Перетравність сирого протеїну була досить високою та становила майже 95 % (табл. 3.11). Причому розбіжність між показниками отриманими за визначення перетравності прямим методом та методом інертних речовин були мінімальними.

Таблиця 3.11

Перетравність поживних речовин високопротеїнового соняшникового концентрату в організмі курчат-бройлерів, %, n=12

Показник	Метод	
	прямий	інертних речовин
Сирий протеїн	94,9±0,24	95,0±0,24
Сирий жир	83,7±0,28	84,1±0,30
Сира клітковина	11,8±0,42	14,0±0,22
БЕР	71,3±1,68	71,9±1,65
Органічна речовина	78,4±0,75	78,9±0,74
НДК	64,4±0,31	65,2±0,29
КДК	3,9±0,88	6,2±1,00

Така сама картина спостерігалася за перетравністю сирого жиру, показник був у межах 84 %. Розбіжність між двома методами була мінімальною – 0,4 %. Перетравність структурних вуглеводів була не високою, що є характерним для птиці, особливо молодняку.

Перетравність сирій клітковини коливалася від 11,8 до 14,0 %, причому відмічалася дещо вища різниця між визначеннями прямим та методом інертних речовин – близько 2 %. Досить високий коефіцієнт перетравності

нейтрально-детергентної клітковини – 64,4–65,2 % та низька перетравність кислотно-детергентної кислоти – 3,9–6,2 %, свідчать, що геміцелюлози високопротеїнового соняшникового концентрату перетравлювалися досить добре. Якщо порівняти різницю між КДК та НДК, то перетравність пентозанів і гексозанів складе – 59,0–60,5 %. Отже, низька перетравність структурних вуглеводів обумовлювалась низьким показником перетравності лігнін-целюлозного комплексу. Слід відмітити, що різниця за перетравністю нейтрально-детергентної клітковини визначеної двома методами була мінімальною – менше 1 %. Різниця за перетравністю сирової клітковини та кислотно-детергентної клітковини визначена різними методами була вищою, відповідно 2,2 та 2,3 %.

В цілому, перетравність органічної речовини була досить типовою для корму рослинного походження – 78,4–78,9 %.

Якщо порівняти перетравність поживних речовин високопротеїнового соняшникового концентрату із показниками отриманими іншими дослідниками, то можна відмітити значну різницю. Так, за даними вітчизняних вчених, коефіцієнти перетравності соняшникового шроту становлять: сирого протеїну – 77 %, сирого жиру – 84, сирової клітковини – 6 та БЕР – 19 %. Перетравність сирого протеїну, отримана у наших дослідженнях була вищою на 18 %, сирого жиру – аналогічною, сирової клітковини – вищою на 6 – 8 % та БЕР – на 53 %. Така значна різниця, очевидно обумовлена особливостями технологічного процесу екстракції жиру із соняшнику та очищенням сировини від лушпиння за отримання високопротеїнового соняшникового концентрату. За низькотемпературної екстракції не проходять процеси глибокої денатурації білку, а очищення сировини знижує рівень структурних вуглеводів, у результаті чого зростає перетравність поживних речовин.

3.1.2.3. Енергетична поживність високопротеїнового соняшникового концентрату

Для розрахунку загальної енергетичної поживності високопротеїнового соняшникового концентрату був використаний хімічний склад та коефіцієнти перетравності визначені у наших дослідженнях. Був розрахований вміст перетравних поживних речовин у дослідженому кормі та за цими показниками, різними методами, розрахована загальна енергетична поживність для курчат-бройлерів (табл. 3.12).

Таблиця 3.12

Енергетична поживність високопротеїнового соняшникового концентрату для курчат-бройлерів, МДж/кг, n=12

Показник	Метод	
	прямий	інертних речовин
ОЕ прямий	13,129±0,1168	13,129±0,1168
ОЕ класичний	12,138±0,1145	12,218±0,1130
ОЕ СППР	12,073±0,1143	12,153±0,1128

Енергетична поживність розрахована за різницею між енергетичною цінністю раціону та посліду (прямий метод) складала 1,313 МДж/100 г. Різниця між розрахунками на основі перетравності отриманої прямим та методом інертних речовин була відсутня.

Енергетична цінність високопротеїнового соняшникового концентрату розрахована за рівнянням регресії (класичний спосіб) складала 1,214–1,229 МДж/100 г. Різниця між різними методами визначення перетравності була не високою – в межах 1 %. Проте, у порівнянні із розрахунком енергетичної поживності прямим методом отримано дещо нижчий показник – на 7,4–8,1 %.

Найменша різниця у енергетичній поживності, за порівняння різних методів визначення перетравності, отримана за розрахунку за сумою перетравних поживних речовин (СППР) – 0,7 %. Показник розрахований цим методом був нижчим від отриманого прямим способом – на 8,0–8,7 %.

Висновок до підрозділу 3.1.2. Встановлено коефіцієнти перетравності поживних речовин високопротеїнового соняшникового концентрату для курчат-бройлерів прямим методом: сирий протеїн – 94,9 %; сирий жир – 83,7 %; сира клітковина – 11,8 %; безазотисті екстрактивні речовини – 71,3 %; органічна речовина – 78,4 %; нейтрально-детергентна клітковина – 64,4 %; кислотнo- детергентна клітковина – 3,9 %.

Досліджено коефіцієнти перетравності поживних речовин високопротеїнового соняшникового концентрату для курчат-бройлерів методом інертних речовин: сирий протеїн – 95,0 %; сирий жир – 84,1 %; сира клітковина – 14,0 %; безазотисті екстрактивні речовини – 71,9 %; органічна речовина – 78,9 %; нейтрально-детергентна клітковина – 65,2 %; кислотнoдетергентна клітковина – 6,2 %. Загальна енергетична цінність високопротеїнового соняшникового концентрату для курчат-бройлерів становить 12,073–13,129 МДж/кг.

3.1.3. Життєздатність, маса тіла та інтенсивність росту бройлерів

Збереженість поголів'я курчат-бройлерів упродовж всього досліджуваного періоду відповідала нормативному рівню, рекомендованому розробником кросу, без видимого впливу складу раціону (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

Збереженість поголів'я курчат-бройлерів, %, n=100/група

Віковий період, діб	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
1–7	100,0	100,0	100,0	99,0
8–14	99,0	99,0	98,0	98,0
15–21	98,0	98,0	98,0	98,0
22–28	98,0	98,0	97,0	98,0
29–35	97,0	97,0	97,0	97,0
36–42	96,0	97,0	96,0	96,0

Що ж стосується маси тіла бройлерів, то виявлено її зміни за впливу часткової заміни у раціоні соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат (табл. 3.14).

Таблиця 3.14

Маса тіла курчат-бройлерів, г, n=100/група

Вік, діб	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
1	42,3±0,30 ^a	42,3±0,38 ^a	42,0±0,34 ^a	42,2±0,34 ^a
7	226,6±1,01 ^a	219,6±1,94 ^b	226,2±1,54 ^a	229,7±1,06 ^c
14	572,6±2,63 ^a	542,6±4,31 ^b	568,3±3,98 ^a	581,3±2,15 ^c
21	1190,9±18,22 ^a	1137,6±20,33 ^a	1190,8±21,82 ^a	1244,7±19,60 ^b
28	1837,3±27,71 ^a	1782,5±29,05 ^a	1845,4±28,93 ^a	1954,8±25,99 ^b
35	2601,6±30,11 ^a	2513,1±34,69 ^a	2579,1±33,77 ^{ab}	2707,8±34,47 ^{bc}
42	3367,3±31,08 ^a	3278,2±35,69 ^a	3342,3±36,74 ^a	3476,4±34,12 ^b

Примітки: значення в межах одного рядка з різними надрядковими літерами статистично достовірно відрізняються (P<0,05, тест Тьюкі–Крамера).

Зокрема, на початку досліджень, а саме у добовому віці, маса курчат-бройлерів була однаковою у всіх групах і відповідала рекомендаціям розробника кросу. Однак, починаючи з другого тижня вирощування бройлери 4-ї групи, у яких було поєднане використання соєвої макухи та високопротеїнового соняшnikового концентрату у співвідношенні 50:50, характеризувались вищою масою тіла.

Зокрема, кінці першого тижня вирощування бройлери 4-ї групи характеризувалися вищою масою тіла на 3,1 або 1,4 % (p<0,05), другого тижня – на 8,7 г або 1,5 % (p<0,05), третього тижня – на 53,8 г або 4,5 % (p<0,05), четвертого тижня – на 117,5 г або 6,4 % (p<0,05), п'ятого тижня – на 106,2 г або 4,1 % (p<0,05), порівняно з птицею контрольної групи. Кінцева жива маса курчат-бройлерів 4-ї груп, у раціоні яких було комбінування соєвої макухи та високопротеїнового соняшnikового концентрату в рівних частках, на 42-добу

вирощування була вищою на 109,1 г або 3,2 % ($p<0,05$), порівняно з птицею контрольної групи, раціон якої містив тільки соєву макуху. Тоді як жива маса курчат-бройлерів 2-ї та 3-ї груп, для годівлі яких використовували з високопротеїнового соняшникового концентрату як єдиного джерела рослинного протеїну та раціони з частковою заміною соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на рівні 50 % потреби у сирому протеїні, в кінці періоду вирощування перебувала на одному рівні з контрольною групою.

Абсолютні прирости маси тіла також змінювались залежно від складу раціону (табл. 3.15). Вже на першому тижні вирощування курчата 4-ї групи, у раціоні яких комбінували соєвої макуху та високопротеїновий соняшниковий концентрату в рівних частках, характеризувалися вищими абсолютними приростами маси тіла на 3,1 г або 1,7 % ($p<0,05$), на другому тижні – на 5,5 г або 1,6 % ($p<0,05$), на третьому – на 45,0 г або 7,3 % ($p<0,05$), на четвертому – на 63,6 г або 9,8 % ($p<0,05$), порівняно з контрольною групою

Таблиця 3.15

Абсолютні прирости маси тіла курчат-бройлерів, г, n=100/група

Віковий період, дів	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
1–7	184,4±1,09 ^a	177,3±1,98 ^b	184,2±1,55 ^a	187,5±1,04 ^c
8–14	346,1±1,90 ^a	323,1±2,00 ^b	342,0±1,39 ^a	351,6±1,13 ^c
15–21	618,4±9,94 ^a	595,0±9,39 ^a	622,4±8,95 ^a	663,4±10,09 ^b
22–28	646,5±10,52 ^a	644,8±7,77 ^a	654,7±9,62 ^a	710,1±9,94 ^b
29–35	764,2±13,81 ^a	730,5±13,60 ^a	733,6±12,37 ^a	753,1±14,36 ^b
36–42	765,7±14,89 ^a	765,2±12,94 ^a	763,2±13,70 ^a	768,5±14,88 ^a
1–42	3325,2±31,78 ^a	3235,9±32,76 ^a	3300,3±28,76 ^a	3434,2±31,56 ^b

Примітки: значення в межах одного рядка з різними надрядковими літерами статистично достовірно відрізняються ($P<0,05$, тест Тьюкі–Крамера).

А починаючи з 29 доби і до кінця вирощування (42 доби) абсолютні прирости маси тіла у бройлерів усіх груп перебували на одному рівні.

Однак, відмінності між абсолютними приростами упродовж перших чотирьох тижнів вирощування зумовили різницю абсолютних приростів за 42-добовий період вирощування загалом. Так, бройлерів 4-ї групи, у раціоні яких було спільне використання соєвої макухи і високопротеїнового соняшникового концентрату як протеїнових компонентів комбікорму, характеризувалися вищими абсолютними приростами живої маси на 109,0 або 3,3 % ($p < 0,05$).

Аналіз середньодобових приростів маси тіла бройлерів показав (табл. 3.16), що вони змінювалися залежно від складу раціону птиці. Так, упродовж перших двох тижнів вирощування курчат середньодобові прирости їх маси тіла перебували на одному рівні.

Таблиця 3.16

Середньодобові прирости маси тіла курчат-бройлерів, г, n=100/група

Віковий період, діб	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
1–7	26,3±0,31 ^a	25,3±0,43 ^a	26,3±0,36 ^a	26,8±0,43 ^a
8–14	49,5±1,68 ^a	46,1±1,01 ^a	48,8±1,53 ^a	50,2±1,30 ^a
15–21	88,3±2,22 ^a	85,1±2,62 ^a	88,9±3,71 ^a	94,8±2,31 ^b
22–28	92,3±2,15 ^a	92,0±1,68 ^a	93,5±1,23 ^a	101,4±1,97 ^b
29–35	109,1±7,97 ^a	104,3±7,51 ^a	104,8±6,91 ^a	107,6±5,05 ^a
36–42	109,4±9,56 ^a	109,3±8,99 ^a	109,0±9,10 ^a	109,8±10,41 ^a
1–42	79,2±0,84 ^a	77,0±0,91 ^a	78,6±1,07 ^a	81,8±0,81 ^b

Примітки: значення в межах одного рядка з різними надрядковими літерами статистично достовірно відрізняються ($P < 0,05$, тест Тьюкі–Крамера).

Однак, починаючи вже з третього тижня вирощування бройлери 4-ї групи, у раціоні яких вкорстоували поєднане використання соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату у співвідношенні 50:50,

характеризувалися вищими середньодобовим приростами живої маси на 6,5 г або 7,4 % ($p<0,05$), а на четвертому тижні – на 9,1 г або 9,9 % ($p<0,05$), що зумовило вищий середньодобовий приріст за увесь період вирощування на 2,6 г або 3,3 % ($p<0,05$) порівняно з контрольною групою.

Аналіз впливу заміни у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на відносні прирости маси не виявив відмінностей інтенсивності їх росту (табл. 3.17).

Таблиця 3.17

Відносні прирости маси тіла курчат-бройлерів, %, n=100/група

Віковий період, діб	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
1–7	137,1±0,62 ^a	135,4±1,06 ^a	137,4±0,76 ^a	137,9±0,58 ^a
8–14	86,6±0,66 ^a	84,7±0,51 ^a	86,1±0,71 ^a	86,7±1,37 ^a
15–21	70,1±1,15 ^a	70,8±1,34 ^a	70,9±1,31 ^a	72,7±1,14 ^a
22–28	42,7±1,62 ^a	44,2±1,54 ^a	43,1±1,56 ^a	44,4±1,43 ^a
29–35	34,4±2,77 ^a	34,0±2,96 ^a	33,2±2,64 ^a	32,3±1,41 ^a
36–42	25,7±2,37 ^a	26,4±2,71 ^a	25,8±2,42 ^a	24,9±1,31 ^a
1–42	197,5±4,56 ^a	197,4±5,11 ^a	197,5±4,87 ^a	197,6±4,94 ^a

Примітки: значення в межах одного рядка з різними надрядковими літерами статистично достовірно відрізняються ($P<0,05$, тест Тьюкі–Крамера).

Відносні прирости маси тіла бройлерів, незалежно від складу раціону, перебували на одному рівні – 197,4–197,6 %.

Висновки до підрозділу 3.1.2. Виявлено, що поєднане використання соєвої макухи та високопротеїнового соняшnikового концентрату у співвідношенні 50:50 сприяє підвищенню абсолютних приростів маси тіла на 109,0 або 3,3 % ($p<0,05$) та середньодобових приростів – на 2,6 г або 3,3 % ($p<0,05$), що зумовлює вищу кінцеву масу тіла на 109,1 г або 3,2 % ($p<0,05$), порівняно з птицею контрольної групи, раціон якої містив тільки соєву макуху.

Повна та часткова заміна соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на рівні 50 % потреби у сирому протеїні соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат у раціоні бройлерів виявилась не ефективною та не сприяла підвищенню їх маси тіла.

3.1.4. Перетравність та ефективність використання корму

Заміна у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом вплинула на перетравність поживних речовин корму в їх організмі (табл. 3.18). Зокрема, поєднане використання соєвої макухи та високопротеїнового соняшnikового концентрату у співвідношенні 50:50 сприяло підвищенню перетравності в організмі курчат-бройлерів сирого протеїну на 3,8 % ($p < 0,05$) та сирого жиру – на 1,4 % ($p < 0,05$) порівняно з контрольною групою, птиця якої отримувала стандартний збалансований раціон. Слід відмітити, що повна та часткова заміна соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на рівні 50 % потреби у сирому протеїні соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат не вплинула на перетравність поживних речовин корму в організмі курчат-бройлерів.

Таблиця 3.18

Перетравність поживних речовин корму, %, n=6/група

Поживні речовини корму	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
Сирий протеїн	83,8±0,51 ^a	83,3±0,45 ^a	84,2±0,49 ^a	87,6±0,54 ^b
Сирий жир	81,2±0,37 ^a	80,4±0,31 ^a	80,7±0,36 ^a	82,6±0,34 ^b
Сира клітковина	16,7±0,18 ^a	16,3±0,21 ^a	16,5±0,22 ^a	17,1±0,19 ^a
БЕР	87,5±0,41 ^a	86,9±0,43 ^a	86,8±0,46 ^a	87,6±0,41 ^a

Примітки: значення в межах одного рядка, позначені різними надрядковими літерами, статистично достовірно відрізняються ($P < 0,05$, тест Тьюкі HSD).

Споживання корму у курчат-бройлерів було різним залежно від застосування часткової заміни соєвої макухи у раціоні на високопротеїновий соняшниковий концентрат (табл. 3.19).

Таблиця 3.19

Споживання корму курчатами-бройлерами, г/гол/добу, n=100/група

Віковий період, діб	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
1–7	26,3	26,7	27,9	29,2
8–14	58,7	57,5	59,3	62,8
15–21	104,3	104,9	106,1	107,7
22–28	147,3	148,2	149,7	152,4
29–35	182,1	182,6	184,3	189,3
36–42	208,3	208,6	210,6	211,4
1–42	121,2	121,4	123,0	125,5
Спожитого корму разом, г	5089,0	5099,5	5165,3	5269,6

Зокрема, бройлери 4-ї групи, у раціоні яких використовувалось поєднане використання соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату у співвідношенні 50:50, характеризувалися вищим споживанням корму упродовж першого тижня вирощування на 2,9 г або 11,0 % ($p<0,05$), другого – на 4,1 г або 7,0 % ($p<0,05$), третього – на 3,4 г або 3,3 % ($p<0,05$), четвертого – на 5,1 г або 3,5 % ($p<0,05$), п'ятого – на 7,2 г або 4,0 % ($p<0,05$), що зумовило вище середньодобове споживання корму за увесь період вирощування на 4,3 г або 3,5 % ($p<0,05$), порівняно з птицею контрольної групи, раціон якої містив тільки соєву макуху. Загалом же комбінування соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату в рівних частках зумовила вище споживання корму курчатами-бройлерами 4-ї групи за увесь період на 180,6 г або 3,5 %, порівняно з птицею контрольної групи.

Витрати корму на 1 кг приростів живої маси у курчат-бройлерів також різнилися залежно від складу раціону (табл. 3.20).

Таблиця 3.20

Витрати корму на 1 кг приросту, кг, n=100/група

Віковий період, дів	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
1–7	1,00	1,05	1,06	1,09
8–14	1,19	1,25	1,21	1,25
15–21	1,18	1,23	1,19	1,14
22–28	1,60	1,61	1,60	1,50
29–35	1,67	1,75	1,76	1,76
36–42	1,90	1,91	1,93	1,93
1–42	1,53	1,58	1,57	1,53

Зокрема, бройлери 2-ї групи у яких забезпечення потреби курчат-бройлерів у рослинному протеїні виключно за рахунок високопротеїнового соняшникового концентрату, характеризувалися вищими витратами корму на 1 кг приростів живої маси упродовж першого тижня вирощування на 0,05 кг або 5,0 %, другого – на 0,06 кг або 5,0 %, третього – на 0,05 кг або 4,2 % та п'ятого – на 0,08 кг або 4,8 %, що зумовило вищі витрати корму за увесь період вирощування на 0,05 кг або 3,3 %, порівняно з контрольною групою. Курчата-бройлери 3-ї групи, для годівлі яких використовувалась часткова заміна соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на рівні 50 % потреби у сирому протеїні, характеризувалися вищими витратами корму на 1 кг приростів живої маси упродовж першого тижня вирощування на 0,06 кг або 6,0 % та п'ятого – на 0,09 кг або 4,7 %, однак загалом за період вирощування конверсія корму у них не відрізнялася від контрольної групи.

Курчата 4-ї групи, у раціоні яких було комбінування соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату в рівних частках,

характеризувалися вищим витратами корму на 1 кг приростів живої маси упродовж першого тижня вирощування на 0,09 кг або 9,0 %, другого – на 0,06 кг або 5,0 % та п'ятого – на 0,09 кг або 5,4 %, порівняно з контрольною групою. Водночас упродовж третього та четвертого тижнів вирощування витратами корму на 1 кг приростів живої маси у них були нижчими на 0,04 кг або 3,4 % та 0,1 кг або 6,3 % відповідно, що забезпечило однакову конверсію корму порівняно з контрольною групою за увесь період вирощування.

Висновок до підрозділу 3.1.4. Встановлено, що поєднане використання соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату у співвідношенні 50:50 під час вирощування курчат-бройлерів зумовлює підвищення середньодобового на 4,3 г або 3,5 % та загального на 180,6 г або 3,5 % споживання ними корму за однакової конверсії корму, порівняно з контрольною групою, птиця якої отримувала стандартний раціон із соєвою макухою. Тоді як інші варіанти заміни соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат виявились не ефективними та супроводжували підвищенням витрат корму на 1 кг приросту курчатами-бройлерами на 3,3 % за повної заміни та відсутність змін конверсії корму за часткової заміна соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на рівні 50 % потреби у сирому протеїні, порівняно з контрольною групою, птиця якої отримувала стандартний раціон із соєвою макухою.

3.1.5. М'ясна продуктивність курчат-бройлерів

3.1.5.1. Забійні якості курчат-бройлерів

Часткова заміна у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат суттєво відобразилась на їх м'ясній продуктивності (табл. 3.21). Зокрема, курчата-бройлери 4-ї групи, у раціоні яких використовували поєднане використання соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату у співвідношенні 50:50, характеризувались більшою передзабійною живою масою на 106,9 або 3,2 % ($p < 0,05$), маси знекровленої тушки – 151,5 г або 4,7 % ($p < 0,05$), непатраної

тушки – на 124,7 г або 4,1 % ($p < 0,05$), напівпатраної тушки – на 116,0 г або 4,0 % ($p < 0,05$) та патраної тушки – на 113,8 г або 4,4 % ($p < 0,05$), порівняно з контрольною групою.

Таблиця 3.21

Забійні якості, г, n=6/група

Показник, г	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
Маса:				
– передзабійна жива	3364,9±31,60 ^a	3272,2±34,83 ^a	3340,6±31,33 ^a	3471,8±33,89 ^b
– знекровленої тушки	3196,7±32,07 ^a	3106,2±34,22 ^a	3206,0±35,47 ^a	3348,2±33,90 ^b
– непатраної тушки	3062,1±33,84 ^a	2989,3±33,44 ^a	3050,5±33,22 ^a	3186,8±32,59 ^b
– напівпатраної тушки	2927,5±34,62 ^a	2854,3±34,88 ^a	2914,8±32,22 ^a	3043,5±35,38 ^b
– патраної тушки	2572,4±36,39 ^a	2483,3±33,08 ^a	2563,3±16,38 ^a	2686,2±34,77 ^b
Маса їстівних частин:				
– м'язи грудні	918,6±18,35 ^a	908,4±17,23 ^a	919,7±19,91 ^a	979,0±19,61 ^b
– стегно	469,4±6,26 ^a	456,5±5,12 ^a	468,4±6,57 ^a	486,7±5,34 ^b
– гомілка	315,6±4,87 ^a	307,9±2,10 ^a	314,7±1,89 ^a	336,0±4,16 ^b
– крило	255,3±1,62 ^a	251,6±1,72 ^a	253,6±1,67 ^a	260,4±1,51 ^b
– серце	14,4±0,12 ^a	13,4±0,09 ^a	14,0±0,14 ^a	14,2±0,08 ^a
– печінка	47,1±0,51 ^a	45,8±0,49 ^a	47,1±0,34 ^a	47,4±0,58 ^a
– м'язовий шлунок	25,9±0,28 ^a	25,2±0,27 ^a	26,1±0,29 ^a	26,2±0,31 ^a

Примітки: значення в межах одного рядка, позначені різними надрядковими літерами, статистично достовірно відрізняються ($P < 0,05$, тест Тьюкі HSD).

Що ж стосується маси їстівних частин тушки курчат-бройлерів, то тут також чітко простежується вплив часткової заміни у їх раціоні соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат. Зокрема, курчата-бройлери 4-ї групи, у раціоні яких використовували комбінування соєвої макухи та високопротеїнового соняшnikового концентрату в рівних частках,

характеризувались більшою масою грудних м'язів на 60,4 г або 6,6 % ($p<0,05$), масою стегна – на 17,3 г або 3,7 % ($p<0,05$), гомілки – на 14,2 г або 4,5 % ($p<0,05$) та крила – на 5,1 г або 2,0 % ($p<0,05$), порівняно з контрольною групою.

Встановлено, що забійний вихід курчат-бройлерів змінювався під впливом часткової заміни у раціоні соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат (табл. 3.22).

Таблиця 3.22

Забійний вихід, %, n=6/група

Показник	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
Вихід тушки:				
– знекровленої	95,1±0,27 ^a	95,0±0,25 ^a	95,8±0,29 ^a	96,4±0,24 ^b
– непатраної	91,2±0,11 ^a	91,4±0,08 ^a	91,3±0,11 ^a	91,8±0,10 ^b
– напівпатраної	87,1±0,12 ^a	87,4±0,11 ^a	87,3±0,09 ^a	87,7±0,08 ^b
– патраної	76,4±0,12 ^a	76,5±0,16 ^a	76,7±0,17 ^a	77,4±0,15 ^b
Вихід їстівних частин:				
– м'язи грудні	27,32±0,176 ^a	27,76±0,189 ^{ab}	27,53±0,134 ^a	28,20±0,122 ^b
– стегно	13,80±0,079 ^a	13,95±0,078 ^a	14,02±0,088 ^a	14,02±0,074 ^b
– гомілка	9,37±0,036 ^a	9,41±0,028 ^a	9,42±0,023 ^a	9,68±0,038 ^b
– крило	7,57±0,061 ^a	7,69±0,078 ^a	7,59±0,072 ^a	7,50±0,051 ^a
– серце	0,40±0,008 ^a	0,41±0,007 ^a	0,42±0,009 ^b	0,41±0,004 ^a
– печінка	1,42±0,052 ^a	1,40±0,045 ^a	1,41±0,037 ^a	1,37±0,041 ^a
– м'язовий шлунок	0,76±0,008 ^a	0,77±0,007 ^a	0,78±0,009 ^a	0,75±0,008 ^a

Примітки: значення в межах одного рядка, позначені різними надрядковими літерами, статистично достовірно відрізняються ($P<0,05$, тест Тьюкі HSD).

Зокрема, курчата-бройлери 4-ї групи, у раціоні яких с пільне використання соєвої макухи і високопротеїнового соняшникового концентрату, як протеїнових компонентів комбікорму, характеризувались

вищим виходом знекровленої тушки на 1,3 % ($p < 0,05$), непатраної тушки – на 0,6 % ($p < 0,05$), напівпатраної тушки – на 0,6 % ($p < 0,05$) та патраної тушки 1,0 % ($p < 0,05$), а також вищим виходом їстівних частин тушки, а саме грудних м'язів – на 0,88 % ($p < 0,05$), стегна – на 0,22 % ($p < 0,05$) та гомілки – на 0,31 % ($p < 0,05$), порівняно з контрольною групою.

Висновки до підрозділу 3.1.5.1. Встановлено, що часткова заміна у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат сприяє покращенню їх м'ясних якостей. Найефективнішим виялось поєднане використання соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату у співвідношенні 50:50, за якої курчата-бройлери характеризувались більшою передзабійною живою масою на 3,2 % ($p < 0,05$), масою знекровленої тушки – на 4,7 % ($p < 0,05$), непатраної тушки – на 4,1 % ($p < 0,05$), напівпатраної тушки – на 4,0 % ($p < 0,05$) та патраної тушки – на 4,4 % ($p < 0,05$), масою грудних м'язів – на 6,6 % ($p < 0,05$), стегна – на 3,7 % ($p < 0,05$), гомілки – на 4,5 % ($p < 0,05$) та крила – на 5,1 г або 2,0 % ($p < 0,05$), а також вищим виходом знекровленої тушки на 1,3 % ($p < 0,05$), непатраної тушки – на 0,6 % ($p < 0,05$), напівпатраної тушки – на 0,6 % ($p < 0,05$) та патраної тушки 1,0 % ($p < 0,05$), вищим виходом їстівних частин тушки, а саме грудних м'язів – на 0,88 % ($p < 0,05$), стегна – на 0,22 % ($p < 0,05$) та гомілки – на 0,31 % ($p < 0,05$), порівняно з контрольною групою, птиця якої отримувала стандартний раціон із соєвою макухою у складі. Тоді як повна та часткова заміна соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на рівні 50 % потреби у сирому протеїні виявилась не ефективною і ніяк не відобразилася на м'ясній продуктивності бройлерів.

3.1.5.2. Якість м'яса курчат-бройлерів

Проведені дослідження впливу часткової заміни у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на якісні показники м'яса (табл. 3.23) не виявили змін технологічних властивостей курятини.

Якість м'яса курчат-бройлерів, %, n=6/група

Показник	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
Грудні м'язи				
Активна кислотність, рН	6,1±0,02 ^a	6,1±0,02 ^a	6,1±0,03 ^a	6,1±0,04 ^a
Вологоутримуюча здатність, %	39,3±0,38 ^a	39,6±0,24 ^a	39,1±0,31 ^a	39,5±0,28 ^a
Втрати м'язової тканини при термічній обробці (варіння), %	29,2±0,28 ^a	28,3±0,33 ^b	28,8±0,35 ^{ab}	29,0±0,43 ^{ab}
М'язи стегна				
Активна кислотність, рН	6,2±0,02 ^a	6,2±0,03 ^a	6,2±0,03 ^a	6,2±0,04 ^a
Вологоутримуюча здатність, %	40,3±0,13 ^a	40,4±0,29 ^a	40,7±0,48 ^a	40,0±0,39 ^a
Втрати м'язової тканини при термічній обробці (варіння), %	22,8±0,49 ^a	21,4±0,31 ^b	22,2±0,42 ^{ab}	22,5±0,26 ^{ab}

Примітки: значення в межах одного рядка з різними надрядковими літерами статистично достовірно відрізняються ($P < 0,05$, тест Тьюкі-Крамера).

Деякі виявлені незначні відмінності якісних параметрів м'яса стосувалися лише повної заміни у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом. Зокрема, спостерігалось зниження втрати м'язової тканини при термічній обробці грудних м'язів на 0,9 % ($p < 0,05$) та м'язів стегна – на 1,4 % ($p < 0,05$).

3.1.5.3. Хімічний склад м'яса курчат-бройлерів

Результати вивчення впливу повної та часткової заміни соєвої макухи у раціоні курчат-бройлерів високопротеїновим соняшниковим концентратом на хімічний склад м'яса наведені в таблицях 3.24 та 3.25. Виявлено, що як за повної, так і за часткової заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом, спостерігалось зниження вмісту сирого жиру у грудних м'язах та м'язах стегна курчат-бройлерів. Зокрема, у курей 2-ї групи,

за забезпечення потреби курчат-бройлерів у рослинному протеїні виключно за рахунок високопротеїнового соняшникового концентрату, спостерігався нижчий вміст сирого жиру у грудних м'язах на 1,07 г/100 г або 17,5 % ($p < 0,05$) та м'язах стегна – на 5,8 г/100 г або 21,8 % ($p < 0,05$) порівняно з контрольною групою.

Таблиця 3.24

Хімічний склад грудних м'язів курчат-бройлерів, г/100 г, n=6/група

Показник	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
Загальна волога	75,95±0,298 ^a	77,19±0,161 ^a	77,19±0,189 ^a	76,06±0,227 ^a
Суха речовина	24,05±0,112 ^a	22,81±0,109 ^a	22,81±0,098 ^a	23,94±0,123 ^a
Сирий жир	6,11±0,143 ^a	5,04±0,128 ^b	5,02±0,171 ^b	4,96±0,158 ^b
Сирий протеїн	82,68±1,014 ^a	83,69±1,765 ^a	83,77±1,561 ^a	83,04±1,547 ^a
Сира зола	8,50±0,145 ^a	9,57±0,151 ^a	9,06±0,303 ^a	9,25±0,176 ^a
БЕР	2,71±0,326 ^a	1,70±0,227 ^a	2,15±0,211 ^a	2,74±0,288 ^a
Енергетична цінність, ккал	102,3±0,356 ^a	94,8±0,362 ^b	94,9±0,412 ^b	94,6±0,374 ^b

Примітки: значення в межах одного рядка, позначені різними надрядковими літерами, статистично достовірно відрізняються ($P < 0,05$, тест Тьюкі HSD).

У бройлерів 3-ї групи, за заміни половини потреби курчат-бройлерів у сирому протеїні високопротеїновим соняшниковим концентратом, спостерігався нижчий вміст сирого жиру у грудних м'язах на 1,09 г/100 г або 17,8 % ($p < 0,05$) та м'язах стегна – на 5,9 г/100 г або 22,0 % ($p < 0,05$) порівняно з контрольною групою. А у бройлерів 4-ї групи, у раціоні яких було поєднане використання соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату у співвідношенні 50:50, спостерігався нижчий вміст сирого жиру у грудних м'язах на 1,15 г/100 г або 18,8 % ($p < 0,001$) та м'язах стегна – на 6,7 г/100 г або 25,0 % ($p < 0,05$) порівняно з контрольною групою.

Таблиця 3.25

Хімічний склад м'язів стегна курчат-бройлерів, г/100 г, n=6/група

Показник	Група курчат-бройлерів			
	1	2	3	4
Загальна волога	72,42±0,567 ^a	70,51±0,381 ^a	70,73±0,286 ^a	73,30±0,468 ^a
Суха речовина	27,58±0,234 ^a	29,49±0,211 ^a	29,27±0,221 ^a	26,70±0,196 ^a
Сирий жир	26,63±0,311 ^a	20,83±0,423 ^b	20,78±0,499 ^b	19,96±0,394 ^b
Сирий протеїн	60,09±1,290 ^a	63,72±1,344 ^a	63,30±1,187 ^a	63,43±1,343 ^a
Сира зола	8,09±0,665 ^a	9,29±0,782 ^a	9,34±0,593 ^a	9,80±0,658 ^a
БЕР	5,19±0,617 ^a	6,16±0,679 ^a	6,58±0,716 ^a	6,81±0,711 ^a
Енергетична цінність, ккал	142,4±0,735 ^a	128,4±0,712 ^b	128,6±0,656 ^b	127,3±0,557 ^b

Примітки: значення в межах одного рядка, позначені різними надрядковими літерами, статистично достовірно відрізняються ($P < 0,05$, тест Тьюкі HSD).

Зниження вмісту жиру в м'язах бройлерів за згодовування їм концентрату з насіння олійних культур науковці пов'язують з високою доступністю довголанцюгових жирних кислот у кормі, а саме вищою ефективністю перетворення довголанцюгових жирних кислот C20:5(n-3) порівняно з C22:6(n-3). Раціони, збагачені різними жирними кислотами, мають сильний вплив на відкладення поліненасичених жирних кислот у тканинних ліпідах. Водночас, механізм модифікації відкладення жирової тканини присутністю поліненасичених жирних кислот у кормі ще повністю не з'ясований.

Крім того, зниження вмісту жиру у м'ясі курчат-бройлерів, за повної або часткової заміни у їх раціоні соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат, зумовило зниження енергетичної цінності курятини. Зокрема, у курей 2-ї групи, у раціоні яких забезпечення потреби курчат-бройлерів у рослинному протеїні виключно за рахунок

високопротеїнового соняшникового концентрату, спостерігалась нижча енергетична цінність грудних м'язів на 7,5 ккал або 7,3 % ($p < 0,05$) та м'язів стегна – на 14,0 ккал або 9,8 % ($p < 0,05$) порівняно з контрольною групою. У бройлерів 3-ї групи, у раціоні яких використання високопротеїнового соняшникового концентрату для забезпечення 50 % потреби птиці у сирому протеїні, спостерігалась нижча енергетична цінність грудних м'язів на 7,4 ккал або 7,2 % ($p < 0,05$) та м'язів стегна – на 13,8 ккал або 9,7 % ($p < 0,05$) порівняно з контрольною групою. А у бройлерів 4-ї групи, у раціоні яких використовували поєднання соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату у співвідношенні 50:50, спостерігалась нижча енергетична цінність грудних м'язів на 7,7 ккал або 7,5 % ($p < 0,05$) та м'язів стегна – на 15,1 або 10,6 % ($p < 0,001$) порівняно з контрольною групою.

Висновок до підрозділу 3.1.5.3. Виявлено, що як за повної, так і за часткової заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом, спостерігалось зниження вмісту сирого жиру у грудних м'язах та м'язах стегна курчат-бройлерів, а також зменшення їх енергетичної цінності. Так, за використання високопротеїнового соняшникового концентрату як єдиного джерела рослинного протеїну, спостерігався нижчий вміст сирого жиру у грудних м'язах на 17,5 % ($p < 0,05$) та м'язах стегна – на 21,8 % ($p < 0,05$) за зниження енергетичної цінності на 7,3 % ($p < 0,05$) та 9,8 % ($p < 0,001$) відповідно. За заміни половини потреби курчат-бройлерів у сирому протеїні високопротеїновим соняшниковим концентратом спостерігався нижчий вміст сирого жиру у грудних м'язах на 17,8 % ($p < 0,05$) та м'язах стегна – на 22,0 % ($p < 0,05$) за зниження енергетичної цінності на 7,2 % ($p < 0,05$) та 9,7 % ($p < 0,05$) відповідно. Тоді як за комбінування соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату в рівних частках спостерігався нижчий вміст сирого жиру у грудних м'язах курчат-бройлерів 18,8 % ($p < 0,05$) та м'язах стегна – на 25,0 % ($p < 0,05$) за зниження енергетичної цінності на 7,5 % ($p < 0,05$) та 10,6 % ($p < 0,05$) відповідно, порівняно з птицею контрольної групи, раціон якої містив соєву макуху.

3.1.6. Фізіологічний стан організму курчат-бройлерів

3.1.6.1. Біохімічні показники

Виявлено, що заміна у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом не вплинула на фізіологічний стан їх організму. Зокрема, під час дослідження біохімічних параметрів сироватки крові курчат-бройлерів, у яких соєва макуха повністю або частково була заміна на високопротеїновий соняшниковий концентрат, встановлено, що біохімічний профіль бройлерів усіх груп перебував у межах референтних інтервалів (табл. 3.26). Однак, в межах фізіологічної норми між групами спостерігалась деяка мінливість таких біохімічних показників, як загальний протеїн, глюкоза, креатинін та сечова кислота.

Так, у бройлерів 2-ї групи, де забезпечення потреби курчат-бройлерів у рослинному протеїні виключно виключно за рахунок високопротеїнового соняшникового концентрату, виявлено вищий вміст в сироватці крові загального протеїну на 2,9 г/л або 11,0 % ($p < 0,05$), глюкози – на 0,7 ммоль/л або 5,5 % ($p < 0,05$), креатиніну – на 3,2 мкмоль/л або 20,0 % ($p < 0,05$), сечової кислоти – на 16,7 ммоль/л або 7,2 % ($p < 0,05$), порівняно з контрольною групою.

У курчат-бройлерів 3-ї групи, за використання високопротеїнового соняшникового концентрату для забезпечення 50 % потреби птиці у сирому протеїні, виявлено вищий вміст в сироватці крові загального протеїну на 2,7 г/л або 10,2 % ($p < 0,05$), глюкози – на 0,4 ммоль/л або 3,1 % ($p < 0,05$), креатиніну – на 3,0 мкмоль/л або 18,8 % ($p < 0,05$), сечової кислоти – на 19,0 ммоль/л або 8,2 % ($p < 0,05$), порівняно з контрольною групою.

Таблиця 3.26

Біохімічні показники сироватки крові, n=6/група

Показники	Група курчат-бройлерів				PI ¹
	1	2	3	4	
Загальний протеїн, г/л	26,4±0,36 ^a	29,3±0,41 ^b	29,1±0,14 ^b	28,7±0,48 ^b	10,5–36,8
Альбумін, г/л	15,5±0,23 ^a	15,5±0,68 ^a	15,0±0,45 ^a	15,5±0,22 ^a	15,0–22,0
Глюкоза, ммоль/л	12,8±0,13 ^a	13,5±0,11 ^d	13,2±0,12 ^d	13,9±0,15 ^c	7,0–14,0
Креатинін, мкмоль/л	16,0±0,13 ^a	19,2±0,22 ^b	19,0±0,15 ^b	19,5±0,21 ^b	9,0–36,0
Білірубін, мкмоль/л	2,0±0,02 ^a	1,5±0,06 ^a	2,1±0,02 ^a	1,5±0,03 ^a	<4,0
Сечова кислота, ммоль/л	231,5±1,44 ^a	248,2±1,73 ^b	250,5±1,14 ^b	258,0±1,36 ^c	230,0–450,0
Холестерол, ммоль/л	3,25±0,11 ^a	3,15±0,43 ^a	3,25±0,16 ^a	3,23±0,07 ^a	3,0–6,0
Кальцій, ммоль/л	2,41±0,078 ^a	2,61±0,089 ^a	2,41±0,077 ^a	2,54±0,023 ^a	2,4–3,1
Фосфор, ммоль/л	2,40±0,069 ^a	2,51±0,087 ^a	2,52±0,072 ^a	2,50±0,097 ^a	1,5–4,0
Магній, ммоль/л	0,98±0,048 ^a	1,05±0,025 ^a	0,97±0,021 ^a	0,96±0,023 ^a	0,9–1,8

Примітки: значення в межах одного рядка з різними нарядковими літерами статистично достовірно відрізняються (P<0,05, тест Тьюкі–Крамера);

¹PI – референтний інтервал за Nedjoua, Arzoug [165].

У бройлерів 4-ї групи, за омбінювання соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату в рівних частках, виявлено вищий вміст в сироватці крові загального протеїну на 2,3 г/л або 8,7 % (p<0,05), глюкози – на 1,1 ммоль/л або 8,6 % (p<0,05), креатиніну – на 3,5 мкмоль/л або 21,8 % (p<0,05), сечової кислоти – на 26,5 ммоль/л або 11,4 % (p<0,05),

порівняно з контрольною групою, птиця якої отримувала стандартний збалансований раціон без заміни соєвої макухи.

З'ясовано, що часткова заміна у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом суттєво впливає на активність деяких ензимів у сироватці їх крові (табл. 3.27).

Таблиця 3.27

Активність ензимів сироватки крові курчат-бройлерів, n=6/група

Ензим, Од/л	Група курчат-бройлерів				PI ¹
	1	2	3	4	
АЛТ	3,00±0,026 ^a	3,05±0,022 ^a	3,02±0,046 ^a	3,04±0,028 ^a	2–8
АСТ	336,2±11,40 ^a	327,1±10,49 ^a	286,5±8,61 ^a	230,8±9,59 ^b	200–350
ГГТ	13,05±1,362 ^a	12,50±1,141 ^a	13,00±0,456 ^a	12,50±1,143 ^a	5–25
ЛФ	1544,1±42,47 ^a	1787,5±54,21 ^b	2070,8±25,74 ^c	2635,5±34,22 ^b	1000–3000

Примітки: значення в межах одного рядка, позначені різними надрядковими літерами, статистично достовірно відрізняються ($P < 0,05$, тест Тьюкі HSD);

¹PI – референтний інтервал за NedjouaArzour [165].

Зокрема виявлено зниження активності аспартатамінотрансферази та підвищення активності лужної фосфатази, в межах фізіологічної норми, за спільного використання соєвої макухи і високопротеїнового соняшникового концентрату як протеїнових компонентів комбікорму. Так, у бройлерів 4-ї групи, спостерігалось зниження активності аспартатамінотрансферази на 105,4 Од/л або 31,4 % ($p < 0,05$) та підвищення активності лужної фосфатази на 1091,4 Од/л або 70,7 % ($p < 0,05$), порівняно з контрольною групою, птиця якої отримувало стандартний збалансований раціон без заміни соєвої макухи.

У бройлерів 2-ї групи, за використання високопротеїнового соняшникового концентрату як єдиного джерела рослинного протеїну, навпаки виявлено підвищення активності лужної фосфатази на 243,4 Од/л або 15,8 % ($p < 0,05$), а у курчат-бройлерів 3-ї групи,

у раціоні яких заміна соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат складала 50 % за сирим протеїном, – на 526,7 Од/л або 34,1 % ($p < 0,05$), порівняно з контрольною групою.

Водночас, не виявлено видимого впливу повної або часткової заміни соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат у раціоні курчат-бройлерів на активність у сироватці їх крові гамма-глутамілтрансфери та аланінамінотрансфери.

3.1.6.2. Гематологічні показники

Виявлено, що повна або часткова заміна соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат у раціоні курчат-бройлерів не позначається на гематологічних параметрах їх організму (табл. 3.28).

Таблиця 3.28

Гематологічні показники крові, $n=6$ /група

Показники	Група курчат-бройлерів				PI ¹
	1	2	3	4	
Гемоглобін, г/л	100,0±1,36 ^a	102,5±2,05 ^a	104,0±2,65 ^a	99,5±2,24 ^a	90–170
Лейкоцити, 10 ⁹ /л	4,4±0,18 ^a	4,4±0,07 ^a	4,3±0,21 ^a	4,5±0,35 ^a	12–30
Еритроцити, 10 ¹² /л	2,7±0,14 ^a	2,5±0,11 ^a	2,6±0,09 ^a	2,4±0,13 ^a	1,2–3,0
ШОЕ, мм/год	1,8±0,68 ^a	1,9±0,22 ^a	1,7±0,21 ^a	1,9±0,23 ^a	1–2

Примітки: значення в межах одного рядка, позначені різними надрядковими літерами, статистично достовірно відрізняються ($P < 0,05$, тест Тьюкі HSD);

¹PI – референтний інтервал за Kamagate Soualio [112].

Зокрема, дослідження гематологічних параметрів периферичної крові не виявило впливу згодовування даного соняшникового продукту на концентрацію у сироватці крові курчат-бройлерів лейкоцитів, гемоглобіну, еритроцитів, а також параметрів ШОЕ.

Слід відзначити, що повна або часткова заміна соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат у раціоні курчат-бройлерів не позначилась на лейкоцитарній формулі їх крові (табл. 3.29).

Таблиця 3.29

Лейкоцитарна формула крові, %, n=6/група

Показники	Група курчат-бройлерів				PI ¹
	1	2	3	4	
Моноцити	5,5±0,13 ^a	5,5±0,12 ^a	5,1±0,16 ^a	6,0±0,21 ^a	5–10
Лімфоцити	49,5±0,21 ^a	54,0±0,32 ^a	64,0±0,82 ^a	61,0±0,73 ^a	45–70
Еозинофіли	4,5±0,20 ^a	5,1±0,31 ^a	4,9±0,45 ^a	5,5±0,24 ^a	1,5–6,0
Гетерофіли	40,5±0,23 ^a	35,4±0,25 ^a	26,0±0,31 ^a	27,5±0,96 ^a	15–50

Примітки: значення в межах одного рядка, позначені різними надрядковими літерами, статистично достовірно відрізняються (P<0,05, тест Тьюкі HSD);

¹PI – референтний інтервал за Kamagate Soualio [112].

Висновки до підрозділу 3.1.5. Виявлено, що заміна у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом не позначається на фізіологічному стані їх організму, а біохімічний профіль птиці перебуває у межах референтних інтервалів. Однак виявлено, що в межах фізіологічної норми спостерігалась деяка мінливість таких біохімічних показників, як загальний протеїн, глюкоза, креатинін та сечова кислота. За повної заміни соєвої макухи виявлено вищий вміст в сироватці крові бройлерів загального протеїну на 11,0 % (p<0,05), глюкози – на 5,5 % (p<0,05), креатиніну – на 20,0 % (p<0,05), сечової кислоти – на 7,2 % (p<0,05) та підвищення активності лужної фосфатази на 15,8 % (p<0,05). Тоді як за часткової заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на рівні 50 % потреби у сирому протеїні виявлено вищий вміст в сироватці крові курчат-бройлерів загального протеїну на 10,2 % (p<0,05), глюкози – на 3,1 % (p<0,05), креатиніну – на 18,8 % (p<0,05), сечової кислоти – на 8,2 % (p<0,05) та підвищення активності лужної фосфатази на 34,1 % (p<0,05), а за поєданого використання соєвої макухи та високопротеїнового соняшnikового концентрату у співвідношенні 50:50 – вищий вміст в сироватці

крові загального протеїну на 8,7 % ($p < 0,05$), глюкози – на 8,6 % ($p < 0,05$), креатиніну – на 21,8 % ($p < 0,05$), сечової кислоти – на 11,4 % ($p < 0,05$), зниження активності аспартатамінотрансферази на 31,4 % ($p < 0,05$) та підвищення активності лужної фосфатази на 70,7 % ($p < 0,05$), порівняно з контрольною групою, птиця якої отримувало стандартний збалансований раціон без заміни соєвої макухи.

Не виявлено впливу повної або часткової заміна соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом у раціоні курчат-бройлерів на концентрацію у сироватці їх крові альбуміну, білірубіну, холестеролу, Кальцію, Фосфору та Магнію, активність гамма-глутамілтрансферази та аланінамінотрансферази, а також гематологічні параметри організму та лейкоцитарну формулу периферичної крові.

3.1.7. Взаємозв'язок між змінами концентрації високопротеїнового соняшникового концентрату у раціоні курчат-бройлерів та параметрами їх продуктивності, забійних якостей та фізіологічного стану організму

За повної та часткової заміни у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат фактично відбувалось зниження рівня введення зазначеного кормового інгредієнту. Так, за повної заміни соєвої макухи рівень введення соняшникового концентрату складав 25,3–36,6 %, за 50 %-ї заміни за сиром протеїном – 20,5–25,0 %, а за 50 %-ї заміни за кількістю – 13,4–18,9 % залежно від періоду росту бройлерів. Тому, було проведено кореляційний аналіз щодо визначення взаємозв'язків між підвищенням вмісту у раціоні курчат-бройлерів високопротеїнового соняшникового концентрату та параметрами їх продуктивності, забійних якостей та фізіологічного стану організму. Результати кореляційного аналізу показали, що між рівнем введення у раціон курчат-бройлерів високопротеїнового соняшникового концентрату і параметрами їх продуктивності існують зв'язки різної сили та спрямованості (табл. 3.30, 3.31).

Таблиця 3.30

Коефіцієнти кореляції між рівнем заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом та продуктивністю курчат-бройлерів, $r \pm m_r$, $n=400$

Показник	Рівень заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом
Збереженість поголів'я	- 0,24±0,079
Жива маса	- 0,71±0,022***
Абсолютний приріст живої маси	- 0,73±0,031***
Середньодобовий приріст живої маси	- 0,61±0,029***
Відносний приріст маси тіла	- 0,52±0,021***
Споживання корму	0,12±0,078
Витрати корму на 1 кг приросту живої маси	0,74±0,032***

Примітки: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Зокрема, виявлено сильний оберненопропорційний зв'язок, на рівні 0,71–0,73 од. ($p < 0,001$), між вмістом у раціоні курчат-бройлерів високопротеїнового соняшникового концентрату та їх живою масою і абсолютними приростами маси тіла. Помітний оберненопропорційний зв'язок, на рівні 0,52–0,61 од. ($p < 0,001$), спостерігався між вмістом у раціоні курчат-бройлерів високопротеїнового соняшникового концентрату та середньодобовими і відносними приростами їх живої маси. Тоді як між вмістом у раціоні курчат-бройлерів високопротеїнового соняшникового концентрату та витратами корму на 1 кг приросту маси тіла простежувався сильний прямопропорційний зв'язок 0,74 од. ($p < 0,001$). Отримані дані підтверджують, що часткова заміна у раціоні курчат-бройлерів соєвої

макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом, за якої його вміст знижується, пов'язана з підвищенням таких господарськи корисних ознак, як жива маса, абсолютні, середньодобові і відносні прирости маси тіла, та, водночас, зниженням витрат корму на 1 кг приросту живої маси.

Крім того, виявлений сильний оберненопропорційний зв'язок, на рівні - 0,72–0,78 од. ($p < 0,001$), між вмістом у раціоні курчат-бройлерів високопротеїнового соняшникового концентрату та передзабійною живою масою, а також масою знекровленої, непатраної, напівпатраної та патраної тушок (3.31).

Таблиця 3.31

Коефіцієнти кореляції між рівнем заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом та забійними якостями курчат-бройлерів, $r \pm m_r$, $n=24$

Показник, г	Рівень заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом
Маса:	
– передзабійна жива	- 0,76±0,022***
– знекровленої тушки	- 0,72±0,039***
– непатраної тушки	- 0,73±0,068***
– напівпатраної тушки	- 0,74±0,021***
– патраної тушки	- 0,78±0,052***
Маса їстівних частин:	
– м'язи грудні	- 0,84±0,031***
– стегно	- 0,79±0,065***
– гомілка	- 0,51±0,133*
– крило	- 0,22±0,021*
– серце	- 0,11±0,088
– печінка	- 0,13±0,196
– м'язовий шлунок	- 0,06±0,011

Примітки: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Що ж стосується їстівних частин тушки, то спостерігався сильний оберненопропорційний зв'язок, на рівні - 0,79–0,84 од. ($p < 0,001$), між вмістом у раціоні курчат-бройлерів високопротеїнового соняшникового концентрату та масою грудних м'язів і м'язів стегна, помітний оберненопропорційний зв'язок, на рівні - 0,51 од. ($p < 0,05$), – з масою гомілки, а також слабкий оберненопропорційний зв'язок, на рівні - 0,22 од. ($p < 0,05$), – з масою крила. Таким чином, поєднане використання соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату у співвідношенні 50:50 у раціоні, пов'язане з покращенням забійних якостей бройлерів, а саме підвищенням передзабійної живої маси, маси знекровленої, непатраної, напівпатраної та патраної тушок, а також маси грудних м'язів, м'язів стегна, гомілки та крила.

Виявлено, що часткова заміна у раціоні соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат впливає на хімічний склад м'яса курчат-бройлерів (табл. 3.32).

Таблиця 3.32

Коефіцієнти кореляції між рівнем заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом та хімічним складом м'яса курчат-бройлерів і його енергетичною цінністю, $r \pm m_r$, $n=24$

Показник	Рівень заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом	
	грудні м'язи	м'язи стегна
Загальна волога	0,11±0,065	0,21±0,127
Суша речовина	0,09±0,065	0,13±0,072
Сирий жир	0,87±0,037***	0,78±0,021***
Сирий протеїн	0,24±0,167	0,17±0,186
Сира зола	0,03±0,087	0,02±0,019
БЕР	0,05±0,046	0,03±0,078
Кальцій	- 0,01±0,046	- 0,01±0,056
Фосфор	-0,06±0,047	-0,02±0,076
Енергетична цінність	0,91±0,054***	0,93±0,078***

Примітки: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Так, кореляційний аналіз засвідчив наявність дуже сильного прямопропорційного зв'язку, на рівні 0,91–0,93 од. ($p < 0,001$), між вмістом у раціоні бройлерів високопротеїнового соняшникового концентрату та енергетичною цінністю їх грудних м'язів і м'язів стегна, а також сильний прямопропорційний зв'язок, на рівні 0,78–0,87 од. ($p < 0,001$) з вмістом сирого жиру у грудних м'язах і м'язах стегна.

Водночас, не виявлено зв'язку між рівнем заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом та якісними характеристиками м'яса курчат-бройлерів (табл. 3.33).

Таблиця 3.33

Коефіцієнти кореляції між рівнем заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом та якісними характеристиками м'яса курчат-бройлерів, $r \pm m_r$, $n=24$

Показник	Рівень заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом	
	грудні м'язи	м'язи стегна
Активна кислотність	- 0,04±0,052	- 0,06±0,049
Вологоутримуюча здатність	0,08±0,045	0,07±0,042
Втрати м'язової тканини при термічній обробці (варіння)	0,02±0,046	0,01±0,048

Результати кореляційного аналізу також засвідчили зв'язок вмісту у раціоні курчат-бройлерів високопротеїнового соняшникового концентрату з біохімічними параметрами їх організму (табл. 3.34). Зокрема, сильний оберненопропорційний зв'язок, на рівні -0,72–0,84 од. ($p < 0,001$), виявлено між концентрацією у раціоні високопротеїнового соняшникового концентрату та вмістом у сироватці крові курчат-бройлерів глюкози і активністю лужної фосфатази, помітний оберненопропорційний зв'язок, на рівні -0,51–0,62 од. ($p < 0,001$), – з вмістом загального протеїну та креатиніну, помірний оберненопропорційний зв'язок, на рівні -0,42 од. ($p < 0,01$), – з вмістом сечової

кислоти, а також сильний прямопропорційний зв'язок, на рівні 0,76 од. ($p < 0,001$), – з активністю аспартатамінотрансферази.

Таблиця 3.34

Коефіцієнти кореляції між рівнем заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом і біохімічним статусом організму курчат-бройлерів, $r \pm m_r$, $n=24$

Показник	Рівень заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом
Загальний протеїн	- 0,62±0,032***
Альбумін	0,16±0,231
Глюкоза	- 0,72±0,021***
Креатинін	- 0,51±0,050***
Білірубін	- 0,09±0,144
Сечова кислота	- 0,42±0,078**
Холестерол	0,21±0,187
Кальцій	- 0,32±0,180
Фосфор	0,12±0,196
Магній	0,09±0,211
Активність ензимів:	
АЛТ	0,14±0,097
АСТ	0,76±0,031***
ГГТ	0,09±0,102
ЛФ	- 0,84±0,056***

Примітки: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Засвідчені зв'язки підтверджують позитивний вплив заміни у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на метаболічні процеси в організмі курчат-бройлерів.

Водночас, проведений кореляційний аналіз не виявив зв'язків між рівнем заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом і гематологічними показниками організму курчат-бройлерів (табл. 3.35).

Таблиця 3.35

Коефіцієнти кореляції між рівнем заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом і гематологічними показниками організму курчат-бройлерів, $r \pm m_r$, $n=24$

Показник	Рівень заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом
Лейкоцити	0,13±0,163
Гемоглобін	0,06±0,035
Еритроцити	0,09±0,029
ШОЕ	0,11±0,098
Лейкоцитарна формула:	
Моноцити	- 0,04±0,032
Лімфоцити	0,27±0,184
Еозинофіли	- 0,36±0,173
Гетерофіли	0,41±0,267

Примітки: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Таким чином, отримані коефіцієнти кореляції свідчать про стабільність процесів гемопоезу в організмі курчат-бройлерів та відсутність негативного впливу додавання до їх раціону високопротеїнового соняшникового концентрату.

Висновок до підрозділу 3.1.6. Виявлений дуже сильний прямопропорційний зв'язку, на рівні 0,91–0,93 од. ($p < 0,001$), між вмістом у

раціоні бройлерів високопротеїнового соняшникового концентрату та енергетичною цінністю їх грудних м'язів і м'язів стегна.

Сильний оберненопропорційний зв'язок, на рівні $-0,71-0,87$ од. ($p < 0,001$), виявлено між вмістом у раціоні курчат-бройлерів високопротеїнового соняшникового концентрату та їх живою масою, абсолютними приростами маси тіла, передзабійною живою масою, масою знекровленої, непатраної, напівпатраної та патраної тушок, масою грудних м'язів і м'язів стегна, а також вмістом у сироватці крові глюкози і активністю лужної фосфатази.

Помітний оберненопропорційний зв'язок, на рівні $-0,51-0,62$ од. ($p < 0,05$; $p < 0,001$), спостерігався між вмістом у раціоні курчат-бройлерів високопротеїнового соняшникового концентрату та середньодобовими і відносними приростами їх живої маси, масою гомілки, концентрацією у сироватці крові загального протеїну та креатиніну.

Сильний прямопропорційний зв'язок, на рівні $0,74-0,87$ од. ($p < 0,001$), виявлено між вмістом у раціоні курчат-бройлерів високопротеїнового соняшникового концентрату та витратами корму на 1 кг приросту маси тіла, активністю у сироватці крові аспартатамінотрансферази, а також вмістом сирого жиру у грудних м'язах і м'язах стегна.

3.1.8. Сила впливу заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на продуктивність, забійні якості, та хімічний склад м'яса курчат-бройлерів

Для визначення сили впливу заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на мінливість параметрів продуктивності курчат-бройлерів був проведений однофакторний дисперсійний аналіз для кожного показнику (табл. 3.36). Результати дисперсійного аналізу засвідчили вплив заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на мінливість основних господарськи корисних ознак курчат-бройлерів. Зокрема, сила впливу заміни

у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на мінливість живої маси курчат-бройлерів складала 86,7 % ($p < 0,01$) за впливу неврахованих факторів лише 13,3 %.

Таблиця 3.36

Сила впливу заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на мінливість продуктивності курчат-бройлерів, $n=400$

Показник	Дисперсія, С			Сила впливу фактору, η^2 , %		Ймовірність	
	C_x	C_z	C_y	η^2_x	η^2_z	F_x	p
Збереженість поголів'я	51,4	432,2	483,6	10,6	89,4	2,11	–
Жива маса	187,5	28,8	216,3	86,7	13,3	22,14	<0,01
Приріст маси тіла:							
– абсолютний	76,1	21,3	97,4	78,1	21,9	17,43	<0,01
– середньодобовий	164,4	28,8	193,2	85,1	14,9	9,18	<0,01
– відносний	212,6	132,7	345,3	61,6	38,4	14,43	<0,01
Споживання корму	24,3	427,3	451,6	5,4	94,6	1,07	–
Витрати корму на 1 кг приросту живої маси	521,4	196,7	718,1	72,6	27,4	6,67	<0,01

Примітка: C_x – факторіальна дисперсія; C_z – залишкова дисперсія; C_y – загальна дисперсія; η^2_x – сила впливу досліджуваного фактору; η^2_z – сила впливу неврахованих факторів; F_x – фактичне значення F-критерію.

Також виявлено, що введення у раціон соняшникового концентрату впливає і на мінливість приростів маси тіла курчат-бройлерів. Так, сила впливу даного кормового інгредієнту на абсолютний приріст складала 78,1 % ($p < 0,01$), середньодобовий – 85,1 % ($p < 0,01$) та відносний приріст – 61,6 % ($p < 0,01$), за впливу неврахованих факторів 14,9–38,4 %. Слід відзначити, що не виявлено впливу заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на мінливість споживання курчатами-бройлерами корму, за

цього спостерігався вплив із силою 72,6 % ($p < 0,01$) на мінливість витрат корму на 1 кг приросту їх живої маси, за впливу неврахованих факторів 27,4 %.

Крім того, виявлено вплив заміни у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на мінливість їх забійних якостей (табл. 3.37).

Таблиця 3.37

Сила впливу заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на мінливість забійних якостей курчат-бройлерів, $n=24$

Показник	Дисперсія, С			Сила впливу фактору, η^2 , %		Ймовірність	
	C_x	C_z	C_y	η^2_x	η^2_z	F_x	p
Маса:							
– передзабійна жива	86,2	22,2	108,4	79,5	20,5	23,83	<0,01
– знекровленої тушки	153,3	46,8	200,1	76,6	23,4	19,65	<0,01
– непатраної тушки	36,5	28,6	65,1	56,1	43,9	8,96	<0,01
– напівпатраної тушки	365,8	146,5	512,3	71,4	28,6	32,62	<0,01
– патраної тушки	116,8	25,8	142,6	81,9	18,1	12,36	<0,01
Маса їстівних частин:							
– м'язи грудні	12,8	6,7	19,5	65,6	34,4	42,65	<0,01
– стегно	322,3	164,6	486,9	66,2	33,8	11,09	<0,01
– гомілка	106,9	95,4	202,3	52,8	47,2	7,42	<0,01
– крило	25,3	229,0	254,3	9,9	90,1	0,96	–
– серце	62,6	303,2	365,8	17,1	82,9	0,21	–
– печінка	4,6	60,5	65,1	7,1	92,9	0,07	–
– м'язовий шлунок	32,5	142,8	175,3	18,5	81,5	1,11	–

Примітка: C_x – факторіальна дисперсія; C_z – залишкова дисперсія; C_y – загальна дисперсія; η^2_x – сила впливу досліджуваного фактору; η^2_z – сила впливу неврахованих факторів; F_x – фактичне значення F-критерію.

Зокрема, введення у раціон соняшникового концентрату замість соєвої макухи чинило вплив на мінливість передзабійної живої маси курчат-бройлерів із силою 79,5 % ($p < 0,01$) за впливу неврахованих факторів 20,5 %. Також спостерігався вплив введення у раціон соняшникового концентрату замість соєвої макухи на мінливість маси знекровленої тушки із силою 76,6 % ($p < 0,01$), маси непатраної тушки – 56,1 % ($p < 0,01$), маси напівпатраної тушки – 71,4 % ($p < 0,01$) та маси патраної тушки – 81,9 % ($p < 0,01$), за впливу неврахованих факторів 18,1–43,9 %. Крім того, виявлено, що заміна у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат також чинить вплив на мінливість маси їстівних частин їх тушки, а саме на масу грудних м'язів – 65,6 % ($p < 0,01$), м'язів стегна – 66,2 % ($p < 0,01$) та масу гомілки – 52,8 % ($p < 0,01$), за впливу неврахованих факторів 33,8–47,2 %.

Дисперсійний аналіз засвідчив вплив заміни у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на мінливість хімічного складу та енергетичної цінності м'яса курчат-бройлерів (табл. 3.38).

Таблиця 3.38

Сила впливу заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на мінливість хімічного складу та енергетичної цінності м'яса курчат-бройлерів, $n=48$

Показник	Дисперсія, С			Сила впливу фактору, η^2 , %		Ймовірність	
	C_x	C_z	C_y	η^2_x	η^2_z	F_x	p
Загальна волога	7,3	78,6	85,9	8,5	91,5	1,17	–
Суша речовина	92,6	548,5	641,1	14,4	85,6	2,03	–
Сирий жир	130,2	22,2	152,4	85,4	14,6	50,83	$<0,01$
Сирий протеїн	23,5	291,8	315,3	7,5	82,5	0,07	–
Сира зола	6,3	205,6	211,9	3,0	97,0	1,11	–
БЕР	2,1	322,2	324,3	0,6	99,4	0,02	–
Кальцій	24,6	507,7	532,3	4,6	95,4	2,06	–
Фосфор	77,3	1268	1345,3	5,7	94,3	1,65	–

Енергетична цінність	486,8	102,5	589,3	82,6	17,4	32,56	<0,01
----------------------	-------	-------	-------	------	------	-------	-------

Примітка: S_x – факторіальна дисперсія; S_z – залишкова дисперсія; S_y – загальна дисперсія; η^2_x – сила впливу досліджуваного фактору; η^2_z – сила впливу неврахованих факторів; F_x – фактичне значення F-критерію.

Виявлено, що введення у раціон соняшникового концентрату замість соєвої макухи впливає на мінливість вмісту у грудних м'язах та м'язах стегна курчат-бройлерів сирого жиру із силою 85,4 % ($p < 0,01$) за впливу неврахованих факторів 14,6 %. Очевидно, що зниження вмісту сирого жиру у м'ясі супроводжується зниженням його енергетичної цінності, що і підтвердили дані дослідження. Виявлено, що заміна у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом впливає на мінливість енергетичної цінності грудних м'язів та м'язів стегна курчат-бройлерів із силою 82,6 % ($p < 0,01$) за впливу неврахованих факторів 17,4 %.

Висновки до підрозділу 3.1.8. Встановлено, що сила впливу заміни у раціоні курчат-бройлерів соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на мінливість живої маси складала 86,7 % ($p < 0,01$), абсолютного приросту живої маси 78,1 % ($p < 0,01$), середньодобового приросту живої маси – 85,1 % ($p < 0,01$), відносного приросту живої маси – 61,6 % ($p < 0,01$), витрат корму на 1 кг приросту їх живої маси – 72,6 % ($p < 0,01$), маси знекровленої тушки – 76,6 % ($p < 0,01$), маси непатраної тушки – 56,1 % ($p < 0,01$), маси напівпатраної тушки – 71,4 % ($p < 0,01$), маси патраної тушки – 81,9 % ($p < 0,01$), маси грудних м'язів – 65,6 % ($p < 0,01$), маси м'язів стегна – 66,2 % ($p < 0,01$), маси гомілки – 52,8 % ($p < 0,01$), а також вмісту у грудних м'язах та м'язах стегна сирого жиру – 85,4 % ($p < 0,01$) і їх енергетичної – 82,6 % ($p < 0,01$), за впливу неврахованих факторів 13,3–47,2 %.

3.2. Використання високопротеїнового соняшникового концентрату в годівлі молодняка свиней

3.2.1. Характеристика годівлі молодняку свиней

Піддослідним поросяткам згодовували повнораціонні комбікорми, збалансовані за всіма поживними речовинами згідно з рекомендованими нормами [52]. Склад комбікорму, що використовувався для годівлі молодняку свиней, наведено у таблицях 3.39–3.41.

Таблиця 3.39

Склад раціонів для поросят, %

Показник	Вік, діб				
	24–44	45–75			
	Група свиней / % заміни соєвої макухи				
	1–4	1	2	3	4
	0	0	4	8	12
Пшениця	36,02	40,00	40,00	40,00	40,00
Ячмінь	25,00	27,42	26,06	24,92	23,67
Концентрат соняшниковий СП44	0,00	0,00	4,00	8,00	12,00
Шрот соєвий 45СП	16,59	22,04	19,18	16,29	13,31
Висівки пшеничні	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Соєва олія	4,00	3,85	4,10	4,30	4,55
Молочна сироватка (суха)	3,84	0,00	0,00	0,00	0,00
Сироваточно-жировий концентрат	3,58	0,00	0,00	0,00	0,00
Джерело функціональної клітковини	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Білки тваринного походження	2,87	0,00	0,00	0,00	0,00
Борошно вапнякове Са 35 %	0,85	1,26	1,24	1,08	1,06
Сіль	0,50	0,66	0,66	0,66	0,66
Монокальцій фосфат	0,76	0,61	0,62	0,63	0,64
DL- Метіонін 99,5 %	0,28	0,18	0,16	0,14	0,10
L- Лізин гідрохлорид	0,49	0,43	0,46	0,49	0,52
L-Треонін 99 %	0,28	0,19	0,19	0,18	0,17
L-Триптофан	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05
L- Валін	0,04	0,04	0,03	0,01	0,00

Премікс (підкислювач, абсорбент, мікроелементи, вітаміни, ферменти)	1,82	1,20	1,25	1,25	1,27
Разом	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Таблиця 3.40

Хімічний склад раціонів для поросят

Показник	Вік, діб				
	24-44	45-75			
	Група свиней / % заміни соєвої макухи				
	1-4	1	2	3	4
	0	0	4	8	12
Чиста енергія, МДж	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
Сирий протеїн, г	165,000	160,527	164,453	168,434	172,000
Сирий жир, г	70,000	52,586	55,248	57,369	59,942
Сира клітковина, г	41,80	34,17	35,53	36,95	38,30
Кальцій, г	5,5	6,5	6,5	6	6
Доступний Фосфор, г	4,0	3,5	3,5	3,5	3,5
Натрій, г	3,0	2,5	2,5	2,5	2,5
SID Лізин, г	11,6	10,1	10,1	10,1	10,1
SID Метіонін+Цистин, г	6,96	6,06	6,06	6,06	6,06
SID Треонін, г	7,540	6,565	6,565	6,565	6,565
SID Триптофан, г	2,55	2,22	2,22	2,22	2,22
SID Валін, г	7,54	6,565	6,565	6,565	6,565

Таблиця 3.41

Вміст у раціоні для поросят вітамінів та мінералів

Показник	Вік, діб				
	24-44	45-75			
	Група свиней / % заміни соєвої макухи				
	1-4	1	2	3	4
	0	0	4	8	12

Вітаміни:	
А, МО	12000
В, МО	2000
Е, мг	100
К, мг	2
Мінерали:	
Залізо, мг	80
Мідь, мг	177
Цинк, мг	120
Марганець, мг	72
Йод, мг	0,8
Селен, мг	0,39

3.2.2. Життєздатність, маса тіла та інтенсивність росту поросят

Уповодж досліджуваного періоду (44–75-та доба) збереженість поголів'я молодняку свиней у всіх дослідних групах становила 100 %, що свідчить про відсутність негативного впливу складу раціонів на життєздатність тварин (табл. 3.42). Показники живої маси змінювалися залежно від рівня заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом. Встановлено, що за 8 %-ї заміни спостерігалось достовірне зростання живої маси поросят у 75-добовому віці на 1,2 кг (3,6 %) порівняно з контрольною групою ($p < 0,05$). Натомість заміна на рівні 4 та 12 % не зумовила статистично значущих відмінностей. Отримані результати свідчать про доцільність використання 8 %-ї заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом як оптимального рівня для підвищення продуктивності молодняку свиней.

Таблиця 3.42

Жива маса поросят, г

Вік, діб	Група свиней / % заміни соєвої макухи			
	1	2	3	4
	0	4	8	12
	n=25	n=25	n=28	n=28
24	6,4±0,15 ^a	6,5±0,15 ^a	6,6±0,14 ^a	6,4±0,16 ^a

44	13,0±0,29 ^a	13,3±0,32 ^a	13,1±0,17 ^a	13,2±0,19 ^a
75	33,1±0,34 ^a	33,0±0,42 ^a	34,3±0,36 ^b	32,1±0,43 ^a

Примітки: значення в межах одного рядка з різними надрядковими літерами статистично достовірно відрізняються ($P < 0,05$, тест Тьюкі–Крамера).

У початковий період дослідження (24–44 доби) абсолютні прирости маси тіла поросят у всіх групах залишалися на однаковому рівні (табл. 3.43). Водночас у період 45–75 діб було зафіксовано відмінності, зумовлені складом раціону. Зокрема, у тварин 3-ї групи, яким згодовували раціон із 8 %-ю заміною соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом, абсолютний приріст маси тіла перевищував показники контрольної групи на 1,17 кг або 5,9 % ($p < 0,05$). У цілому за весь період вирощування у цієї групи молодняку абсолютний приріст був вищим на 1,11 кг або 4,2 % ($p < 0,05$). Натомість застосування раціонів із 4 та 12 %-ю заміною соєвої макухи на аналогічний концентрат не спричинило статистично значущих відмінностей у приростах маси тіла.

Таблиця 3.43

Абсолютні прирости маси тіла поросят, кг

Віковий період, діб	Група свиней / % заміни соєвої макухи			
	1	2	3	4
	0	4	8	12
	n=25	n=25	n=28	n=28
24–44	6,55±0,277 ^a	6,51±0,232 ^a	6,50±0,147 ^a	6,65±0,148 ^a
45–75	20,01±0,385 ^a	19,82±0,460 ^a	21,18±0,250 ^b	18,99±0,375 ^a
24–75	26,56±0,349 ^a	26,33±0,216 ^a	27,67±0,348 ^b	25,63±0,327 ^a

Примітки: значення в межах одного рядка з різними надрядковими літерами статистично достовірно відрізняються ($P < 0,05$, тест Тьюкі–Крамера).

Щодо середньодобових приростів маси тіла поросят, то спостерігалася аналогічна закономірність (табл. 3.44). Упродовж 45–75-ї доби вирощування відзначено статистично значущі відмінності, обумовлені складом раціону.

Зокрема, у тварин 3-ї групи, яким згодовували раціон із 8 %-ю заміною соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом, середньодобові прирости маси тіла перевищували показники контрольної групи на 39,9 г або 5,8 % ($p<0,05$). У підсумку, за весь період вирощування середньодобовий приріст маси тіла у даній групі був вищим на 21,9 г або 4,2 % ($p<0,05$) порівняно з контролем. Водночас використання раціонів із 4 та 12 %-ю заміною соєвої макухи не спричинило достовірних змін.

Таблиця 3.44

Середньодобові прирости маси тіла поросят, г

Віковий період, діб	Група свиней / % заміни соєвої макухи			
	1	2	3	4
	0	4	8	12
	n=25	n=25	n=28	n=28
24–44	311,8±13,19 ^a	310,0±11,07 ^a	309,4±7,01 ^a	316,4±7,09 ^a
45–75	667,0±12,82 ^a	660,7±15,32 ^a	705,9±8,32 ^b	632,8±13,52 ^a
24–75	520,7±5,76 ^a	516,3±6,07 ^a	542,6±6,86 ^b	502,55±8,38 ^a

Примітки: значення в межах одного рядка з різними надрядковими літерами статистично достовірно відрізняються ($P<0,05$, тест Тьюкі–Крамера).

Водночас, відносні прирости маси тіла поросят усіх груп перебували на одному рівні без видимого впливу складу раціону (табл. 3.45).

Таблиця 3.45

Відносні прирости маси тіла, %

Віковий період, діб	Група свиней / % заміни соєвої макухи			
	1	2	3	4
	0	4	8	12
	n=25	n=25	n=28	n=28

24–44	66,8±1,35 ^a	65,4±1,54 ^a	66,0±1,44 ^a	68,0±1,49 ^a
45–75	87,2±1,42 ^a	85,1±1,34 ^a	89,5±1,52 ^a	83,4±1,61 ^a
24–75	134,2±1,25 ^a	132,6±1,14 ^a	135,4±0,90 ^a	132,9±1,07 ^a

Висновок до підрозділу 3.2.2.1. Встановлено, що збереженість поголів'я молодняку свиней упродовж усього періоду (44–75-та доба) становила 100 % незалежно від складу раціонів, що свідчить про відсутність їх негативного впливу на життєздатність тварин. Разом з тим, продуктивні показники змінювалися залежно від рівня заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом. Зокрема, використання 8 %-ї заміни сприяло підвищенню живої маси поросят у 75-добовому віці на 3,6 % ($p<0,05$), абсолютних приростів – на 5,9 % за період 45–75 діб ($p<0,05$) та на 4,2 % за весь період вирощування ($p<0,05$). Середньодобові прирости в цій групі перевищували контрольні значення на 5,8 % ($p<0,05$) у віці 45–75 діб та на 4,2 % ($p<0,05$) у середньому за весь період вирощування. Водночас відносні прирости маси тіла залишалися на одному рівні у всіх групах, що свідчить про відсутність впливу даного фактору на напруженість процесів росту.

Таким чином, оптимальним виявився рівень заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом у кількості 8 %, що забезпечує достовірне підвищення живої маси та інтенсивності росту молодняку свиней.

3.2.3. Ефективність використання корму

Ефективність використання корму у свинарстві визначають за коефіцієнтом конверсії корму – кількістю сухого корму, потрібного для отримання 1 кг приросту живої маси. Низьке значення коефіцієнту конверсії корму свідчить про економічну вигідність, адже тварини швидше набирають вагу при менших витратах. У даному дослідженні було виявлено вплив використання високопротеїнового соняшnikового концентрату на кількість спожитого корму молодняком свиней (табл. 3.46).

Таблиця 3.46

Споживання корму, г/гол/добу

Віковий період, діб	Група свиней / % заміни соєвої макухи			
	1	2	3	4
	0	4	8	12
	n=25	n=25	n=28	n=28
45–75	1120,0	1115,0	1210,0	1090,0
Спожитого корму разом, кг/гол	33,60	33,45	36,30	32,70

Зокрема, застосування раціону із рівнем заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом у кількості 8 % спричинило підвищення споживання корму на 90 г/гол/добу або 8,0 %. Це зумовило вищі загальні витрати корму за період вирощування від 45 до 75 діб на 2,7 кг або 8,0 %.

Відмінності у кількості спожитого корму та приростах маси тіла, описаних у попередньому розділі, зумовили різницю у конверсії корму залежно від рівня заміни соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат (табл. 3.47). Так, найкращою конверсія корму була за використання раціону виключно з соєвою макухою. Тоді як зі збільшенням рівня заміни соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат у молодняку свиней погіршувалась і конверсія корму.

Таблиця 3.47

Витрати корму на 1 кг приросту маси тіла, кг

Віковий період, діб	Група свиней / % заміни соєвої макухи			
	1	2	3	4
	0	4	8	12
	n=25	n=25	n=28	n=28

24–75	1,67	1,70	1,71	1,73
-------	------	------	------	------

Виявлено, що за рівня заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом у кількості 8 % спостерігалось підвищення витрати корму на 1 кг приросту маси тіла на 0,04 кг або 2,4 %. Подальше збільшення рівня заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом до 12 % спричинило підвищення витрати корму на 1 кг приросту маси тіла на 0,06 кг або 3,6 %.

3.2.4. Фізіологічний стан організму поросят

3.2.4.1. Біохімічні показники

Біохімічні показники крові є важливим індикатором фізіологічного стану організму тварин і відображають рівень обмінних процесів, що відбуваються під впливом годівлі. Дослідження змін у біохімічному складі крові свиней дає можливість оцінити не лише їхній загальний стан здоров'я, але й ефективність використання поживних речовин раціону. У цьому контексті особливий інтерес становить вивчення впливу заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом, оскільки така корекція годівлі може позначатися на перебігу протеїнового, ліпідного та вуглеводного обмінів, а отже – і на продуктивності тварин. Тому, на наступному етапі було проаналізовано біохімічні показники сироватки крові поросят залежно від складу раціону (табл. 3.48). Виявлено, що заміна у раціоні молодняку свиней соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом супроводжується підвищенням у сироватці їх крові загального протеїну та сечовини. Зокрема, за рівня заміни 8 % спостерігалось підвищення рівня загального протеїну на 8,6 г/л або 17,8 % ($p < 0,05$). Тоді як заміна соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом у кількості 12 %

супроводжується наростаючим підвищенням у сироватці крові загального протеїну на 11,1 г/л або 22,9 % ($p < 0,05$).

Зазначене підвищення рівня загального протеїну, зумовлене введенням до раціону високопротеїнового соняшникового концентрату можна пояснити тим, що даний концентрат характеризується значним умістом сирого протеїну та амінокислот. Тому за його згодовування поросята отримують більше білкових сполук, що стимулює синтез сироваткових протеїнів (альбумінів і глобулінів). Це зумовлює зростання рівня загального протеїну у сироватці крові.

Таблиця 3.48

Біохімічні показники сироватки крові молодняка свиней, n=8/група

Показник	Група свиней / % заміни соєвої макухи				PI ¹
	1	2	3	4	
	0	4	8	12	
Загальний протеїн, г/л	48,4±1,29 ^a	51,8±2,14 ^a	57,0±3,67 ^b	59,5±3,98 ^b	33–63
Альбумін, г/л	33,3±0,83 ^a	33,3±0,98 ^a	32,5±0,63 ^a	33,3±0,73 ^a	20–39
Глюкоза, ммоль/л	4,7±0,09 ^a	5,1±0,39 ^a	4,8±0,11 ^a	4,7±0,06 ^a	5,1–8,3
Креатинін, мкмоль/л	98,8±2,99 ^a	112,3±9,39 ^a	102,3±1,65 ^a	103,8±2,81 ^a	73–111
Сечовина, ммоль/л	1,8±0,36 ^a	2,3±0,31 ^a	3,2±0,56 ^b	3,5±0,59 ^b	0,5–3,8
Кальцій, ммоль/л:					
– загальний	2,8±0,07 ^a	2,8±0,05 ^a	2,7±0,03 ^a	2,9±0,04 ^a	2,4–3,3
– іонізований	1,3±0,01 ^a	1,3±0,03 ^a	1,3±0,03 ^a	1,4±0,02 ^a	–
Фосфор загальний, ммоль/л	3,6±0,11 ^a	3,5±0,04 ^a	3,9±0,07 ^a	3,8±0,03 ^a	2,6–4,0

Примітки: значення в межах одного рядка, позначені різними нарядковими літерами, статистично достовірно відрізняються (P<0,05, тест Тьюкі HSD);

¹PI – референтні інтервали за Egeli A.K. [62].

Крім того, виявлено підвищення в сироватці крові рівня сечовини. Зокрема, за заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом у кількості 8 % спостерігалось підвищення рівня сечовини на 1,4 ммоль/л або 77,8 % ($p < 0,05$), а за заміни 12 % – на 1,7 ммоль/л або 94,4 % ($p < 0,05$). Це може бути зумовлено підвищенням рівня надходження в організм сирого протеїну, яке призводить до підвищеного утворення амінокислотних катаболітів. Частина азоту, яка не використовується для синтезу тканинного білка, трансформується у сечовину (основний кінцевий продукт азотистого обміну в організмі свиней). Тому в сироватці крові фіксують зростання рівня сечовини. Підвищення сечовини майже до верхньої межі норми може свідчити про надмірне катаболічне навантаження або знижену ефективність використання амінокислот, що частково підтверджується саме у цьому досліді – погіршенням конверсії корму.

Слід зазначити, що підвищення в сироватці крові поросят як загального протеїну, так і сечовини відбувалось в межах фізіологічної норми, що не обов'язково свідчить про негативний ефект. У фізіологічних межах воно відображає активніший проотеїнового обмін та адекватну адаптацію організму до нового складу раціону. Таким чином, підвищення загального протеїну та сечовини у сироватці крові свиней за згодовування соняшникового концентрату зумовлене посиленням надходженням протеїну з корму, активізацією його метаболізму та інтенсивнішим обміном азоту.

Заміна у раціоні поросят соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом вплинула і на активність ензимів сироватки крові, а саме АСТ (табл. 3.49). Так, за рівня заміни у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом у кількості 8 % спостерігалось зниження активності АСТ на 10,1 Од/л або 13,4 % ($p < 0,05$), а за заміни 12 % – на 11,9 Од/л або 15,8 % ($p < 0,05$).

Активність ензимів сироватки крові, n=8/група

Ензим, Од/л	Група свиней / % заміни соєвої макухи				PI ¹
	1	2	3	4	
	0	4	8	12	
АЛТ	53,8±3,18 ^a	55,5±1,71 ^a	54,3±6,85 ^a	55,8±6,91 ^a	15–108
АСТ	75,5±3,28 ^a	72,5±3,25 ^a	65,4±3,79 ^b	63,6±3,94 ^b	8–84

Примітки: значення в межах одного рядка, позначені різними надрядковими літерами, статистично достовірно відрізняються (P<0,05, тест Тьюкі HSD);

¹PI – референтні інтервали за Egeli A.K. [62].

АСТ це ензим, що бере участь у трансамінуванні амінокислот, і його активність у крові часто пов'язують із станом печінки та м'язових тканин. Підвищення рівня АСТ зазвичай сигналізує про пошкодження клітин або надмірне навантаження на протеїновий обмін. Тому зниження його активності може свідчити про більш збалансоване надходження амінокислот та менший стрес для клітин. За згодовування високопротеїнового соняшникового концентрату організм отримує достатню кількість легкодоступних амінокислот. Це забезпечує ефективніший перебіг протеїнового синтезу без необхідності надмірної активації ферментних систем трансамінування, що й призводить до зниження активності АСТ. Крім того, зниження активності АСТ може відображати позитивний адаптивний ефект раціону – стабілізацію обміну азоту та зниження інтенсивності катаболічних процесів у тканинах. Отже, зниження активності АСТ у сироватці крові свиней за використання високопротеїнового соняшникового концентрату пояснюється оптимізацією протеїнового обміну та зниженням метаболічного навантаження на печінку і м'язи, що вказує на сприятливий вплив даного кормового компонента.

Заміна у раціоні поросят соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат позначилась на протеїновому профілі сироватки їх крові (табл. 3.50). Зокрема, простежувалось підвищення рівня α 1-глобуліни пропорційно підвищенню кількості введення до раціону концентрату.

Протеїновий профіль сироватки крові поросят, n=8/група

Показник	Група свиней / % заміни соєвої макухи			
	1	2	3	4
	0	4	8	12
Альбуміни	53,8±0,86 ^a	52,8±1,15 ^a	52,0±0,72 ^a	53,3±0,49 ^a
Глобуліни	46,2±0,87 ^a	47,2±1,16 ^a	48,0±0,71 ^a	46,7±0,50 ^a
α1-глобуліни	2,5±0,29 ^a	2,7±0,32 ^a	3,8±0,42 ^b	3,9±0,49 ^b
α2-глобуліни	4,0±0,38 ^a	4,0±0,27 ^a	5,5±0,43 ^a	4,2±0,42 ^a
β-глобуліни	15,7±0,32 ^a	17,0±0,63 ^a	15,7±0,68 ^a	15,3±0,32 ^a
γ-глобуліни	24,0±0,27 ^a	23,5±0,69 ^a	23,0±0,27 ^a	23,3±0,68 ^a
Альбуміно-глобуліновий коефіцієнт	1,17±0,041 ^a	1,12±0,052 ^a	1,09±0,031 ^a	1,14±0,023 ^a

Примітки: значення в межах одного рядка, позначені різними надрядковими літерами, статистично достовірно відрізняються ($P < 0,05$, тест Тьюкі HSD).

Заміна у раціоні соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом супроводжувалась підвищенням α1-глобулінів на 1,3 % ($p < 0,05$), а за заміни 12 % – на 1,4 % ($p < 0,05$). α1-глобуліни включають цілу групу протеїнів (наприклад, α1-антитрипсин, α1-кислий глікопротеїн), які відносяться до так званих білків гострої фази. Їх концентрація підвищується у відповідь на зміну умов годівлі, що відображає адаптаційні процеси в організмі. Крім того, використання високопротеїнового соняшникового концентрату забезпечує інтенсивніше надходження амінокислот, які активно залучаються до синтезу білків печінкою. Це може призводити до збільшення синтезу саме α1-глобулінів, що беруть участь у транспорті ліпідів, гормонів та підтриманні гомеостазу. Частина α1-глобулінів має протизапальні та захисні властивості. Їх зростання може бути проявом активації неспецифічної резистентності організму свиней у відповідь на зміни у складі раціону. Таким чином, підвищення рівня α1-глобулінів у сироватці крові свиней при згодовуванні високопротеїнового соняшникового концентрату зумовлене

стимуляцією печінкового білкового синтезу та активацією адаптивних і захисних механізмів організму.

Змін ліпідограми сироватки крові поросят залежно від рівня заміни у раціоні соєвої макухи соняшниковим концентратом не спостерігалось (табл. 3.51).

Таблиця 3.51

Ліпідограма сироватки крові поросят, n=8/група

Показник	Група свиней / % заміни соєвої макухи				PI
	1	2	3	4	
	0	4	8	12	
Загальний холестерол	3,03±0,153 ^a	2,97±0,216 ^a	3,08±0,119 ^a	3,05±0,189 ^a	1,6–4,3 ¹
Тригліцериди	0,50±0,019 ^a	0,54±0,069 ^a	0,50±0,044 ^a	0,59±0,036 ^a	0,2–2,25 ¹
Ліпопротеїди високої щільності	1,60±0,055 ^a	1,59±0,096 ^a	1,63±0,058 ^a	1,62±0,024 ^a	0,59–2,10 ²
Ліпопротеїди низької щільності	1,14±0,096 ^a	1,13±0,109 ^a	1,25±0,159 ^a	1,18±0,097 ^a	0,42–3,72 ²
Ліпопротеїди дуже низької щільності	0,22±0,08 ^a	0,25±0,032 ^a	0,24±0,019 ^a	0,27±0,016 ^a	–

Примітки: значення в межах одного рядка, позначені різними надрядковими літерами, статистично достовірно відрізняються (P<0,05, тест Тьюкі HSD);

¹PI – референтні інтервали за Egeli A.K. [62];

²PI – референтні інтервали за Sucheong Y. [245].

3.2.4.2. Гематологічні показники

Гематологічні показники є чутливими індикаторами фізіологічного стану та обмінних процесів в організмі тварин. Вони відображають інтенсивність кровотворення, рівень киснево-транспортної функції крові та стан імунної системи. У зв'язку з цим вивчення впливу заміни соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом на гематологічні параметри поросят має важливе значення для оцінки адаптивних можливостей організму та визначення оптимальної структури раціонів. Дане дослідження показало,

що часткова заміна у раціоні поросят соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом вплинула на концентрацію у їх периферичній крові еритроцитів та гемоглобіну (табл. 3.52). Зокрема, заміна соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом у кількості 8 % супроводжувалась підвищенням концентрації у периферичній крові поросят гемоглобіну на 9,5 г/л або 8,5 % ($p < 0,05$), а 12 % на 11,8 г/л або 10,6 % ($p < 0,05$).

Крім того, виявлено підвищення у периферичній крові поросят концентрації еритроцитів. Так, заміна соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом у кількості 8 % супроводжувалась підвищенням концентрації у периферичній крові поросят еритроцитів на $1,3 \cdot 10^{12}/\text{л}$ або 23,2 % ($p < 0,05$), а 12 % – на $1,5 \cdot 10^{12}/\text{л}$ або 26,8 % ($p < 0,05$).

Описані зміни у еритроцитарній ланці поросят можна пояснити підвищенням надходження до їх організму протеїну та амінокислот (особливо метіоніну, аргініну), що сприяє активнішому синтезу гемоглобіну. Це може призводити до зростання кількості еритроцитів та підвищення концентрації гемоглобіну. Результатом зазначеного процесу є покращення киснево-транспортної функції крові.

Аналіз показників тромбоцитів у молодняку свиней свідчить про наявність адаптаційних змін системи гемостазу у відповідь на часткову заміну соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом у складі комбікорму. Хоча статистично достовірних міжгрупових відмінностей за кількістю тромбоцитів не встановлено, у 3-й групі (8 % заміни) спостерігалася тенденція до зниження їх концентрації до $122,0 \times 10^9/\text{л}$ порівняно з контролем ($205,3 \times 10^9/\text{л}$), що наближалось до нижньої межі референтного інтервалу. Фізіологічний механізм такого зниження може бути пов'язаний із інтенсифікацією метаболічних процесів та підвищенням використанням тромбоцитів у мікроциркуляторному руслі. Відомо, що тромбоцити виконують не лише гемостатичну функцію, а й активно беруть участь у регуляції судинного тонуусу, міжклітинної сигналізації, локальних запальних реакцій та тканинної адаптації до змін нутритивного статусу. За умов

оптимального рівня введення високопротеїнового соняшникового концентрату (8 %) в організмі свиней активізувалися процеси росту, що підтверджується одночасним підвищенням концентрації гемоглобіну та еритроцитів. Це супроводжується посиленням тканинного кровообігу та функціонального навантаження на ендотелій судин, унаслідок чого частина тромбоцитів може перерозподілятися з циркулюючого пулу до пристінкового або депонованого пулу.

Додатково зниження кількості тромбоцитів може бути пов'язане з особливостями амінокислотного та протеїнового складу соняшникового концентрату. Підвищений рівень окремих біологічно активних компонентів рослинного походження здатний модулювати функціональний стан печінки та мегакаріоцитарного ростка кісткового мозку, що впливає на інтенсивність тромбоцитопоезу. Водночас відсутність лейкоцитозу та збереження показників у межах фізіологічної норми свідчать про те, що виявлені зміни не мають патологічного характеру і, ймовірно, відображають фізіологічну адаптацію організму до зміни структури протеїнового живлення.

У 4-й групі (12 % заміни) кількість тромбоцитів частково відновлювалася до $189,0 \times 10^9/\text{л}$, що може свідчити про формування компенсаторних механізмів гемопоезу та стабілізацію системи гемостазу при тривалішій адаптації організму до підвищеного рівня соняшникового протеїну.

Використання у годівлі поросят високопротеїнового соняшникового концентрату вплинуло і на лейкоцитарну формулу їх крові (табл. 3.53).

За використання у годівлі поросят раціонів із заміною соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат у кількості 8 % спостерігалось підвищення, в межах фізіологічної норми, концентрації в їх периферичній крові нейтрофілів на 7,5 % ($p < 0,05$), а 12 % – на 8,5 % ($p < 0,05$). Зазначене підвищенні кількості нейтрофілів відбувалось за рахунок підвищення концентрації фракції сегментоядерних гранулоцитів, а саме: за заміни соєвої

макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом у кількості 8 % на 8,5 % ($p < 0,05$), а 12 % – на 9,0 % ($p < 0,05$).

Таблиця 3.52

Гематологічні показники крові молодняку свиней, n=8/група

Показники	Група свиней / % заміни соєвої макухи				PI ¹
	1	2	3	4	
	0	4	8	12	
Гемоглобін, г/л	111,5±2,51 ^a	113,8±2,46 ^a	121,0±3,17 ^b	123,3±3,86 ^b	91,8–124,7
Лейкоцити, 10 ⁹ /л	11,5±0,71 ^a	10,0±1,14 ^a	11,0±0,17 ^a	12,2±0,26 ^a	10,90–25,83
Еритроцити, 10 ¹² /л	5,6±0,31 ^a	5,7±0,22 ^a	6,9±0,47 ^b	7,1±0,53 ^b	4,98–7,12
Тромбоцити, 10 ⁹ /л	205,3±27,43 ^a	227,3±30,04 ^a	122,0±44,47 ^a	189,0±29,82 ^a	119,0–534,0

Примітки: значення в межах одного рядка, позначені різними нарядковими літерами, статистично достовірно відрізняються (P<0,05, тест Тьюкі HSD);

¹PI – референтні інтервали за Præstegaard K.F. [200].

Таблиця 3.53

Лейкоцитарна формула периферичної крові, n=8/група

Показник	Група свиней / % заміни соєвої макухи				PI ¹
	1	2	3	4	
	0	4	8	12	
Еозинофіли	2,0±0,27 ^a	2,3±0,42 ^a	2,0±0,26 ^a	1,5±0,19 ^a	0,02–3,08
Нейтрофіли	37,8±2,39 ^a	38,8±2,42 ^a	45,3±2,86 ^b	46,3±3,26 ^b	19,50–48,24
у тому числі:					
– сегментоядерні гранулоцити	34,3±2,41 ^a	35,8±2,54 ^a	42,8±2,96 ^b	43,3±2,95 ^b	–
– паличкоядерні гранулоцити	3,5±0,65 ^a	3,0±0,46 ^a	2,5±0,33 ^a	3,0±0,26 ^a	–
Лімфоцити	55,7±1,88 ^a	54,6±1,95 ^a	48,4±2,83 ^b	47,6±2,94 ^b	46,75–76,63
Моноцити	4,5±0,19 ^a	4,3±0,16 ^a	4,3±0,16 ^a	4,6±0,17 ^a	3,67–11,50
Базофіли	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a	0,00–0,15

Примітки: значення в межах одного рядка, позначені різними надрядковими літерами, статистично достовірно відрізняються (P<0,05, тест Тьюкі HSD);

¹PI – референтні інтервали за Præstegaard K.F. [200].

Загалом, підвищення рівня нейтрофілів за часткової заміни соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат відбувалось за рахунок зниження концентрації лімфоцитів. Зокрема, за заміни соєвої макухи зазначеним концентратом у кількості 8 % спостерігалось зниження концентрації лімфоцитів на 7,3 % ($p < 0,05$), а 12 % – на 8,1 % ($p < 0,05$).

Зміни лейкоцитарної формули крові у свиней за використання в раціоні високопротеїнового соняшникового концентрату можуть пояснюватися кількома взаємопов'язаними чинниками. Високий вміст сирого протеїну й збалансований амінокислотний склад концентрату стимулюють синтез протеїну у кістковому мозку та печінці, де утворюються й регулюються клітини імунної системи. Це може активізувати лейкоцитоз і впливати на співвідношення окремих популяцій лейкоцитів (нейтрофілів, лімфоцитів, моноцитів). Ще одним процесом, який пояснює зазначені зміни є адаптивно-імунна відповідь. Перехід на новий склад раціону – навіть без патогенних факторів – є для організму поряст своєрідним стресом та стимулом імунної системи. У відповідь можуть незначно зростати показники нейтрофілів або лімфоцитів, що відображає активацію неспецифічної та клітинної імунної ланки. Крім того, у попередніх результатах було відзначено підвищення рівня α_1 -глобулінів – білків гострої фази. Їх синтез регулюється цитокінами, які водночас впливають на продукцію лейкоцитів. Це узгоджується з помірним перерозподілом лейкоцитарної формули. Однак, виявлені кількісні зміни відбувалися в межах фізіологічної норми, що свідчить про нормальну адаптацію, а не про запальні або інфекційні процеси. Отже, зміни лейкоцитарної формули при згодовуванні високопротеїнового соняшникового концентрату є наслідком активнішого білкового обміну, стимуляції імунної системи та адаптаційних процесів організму до підвищеного надходження протеїну, й за умови збереження показників у фізіологічних межах розцінюються як нормальна захисно-приспосувальна реакція.

Висновок до підрозділу 3.2.4. Встановлено, що часткова заміна у раціоні поряст соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом

спричиняє виразні, але фізіологічно прийнятні зміни біохімічних показників крові. При рівні заміни 8 % зафіксовано зростання загального протеїну на 17,8 % ($p < 0,05$) та сечовини на 77,8 % ($p < 0,05$), а за 12 % – відповідно на 22,9 % ($p < 0,05$) і 94,4 % ($p < 0,05$). Підвищення цих показників пояснюється більшим надходженням в організм поросят сирого протеїну з кормом й активнішим протеїновим обміном. Одночасно відзначено зниження активності АСТ на 13,4–15,8 % ($p < 0,05$), що вказує на зменшення метаболічного навантаження на печінку та м'язи й оптимізацію азотного обміну. Крім того, спостерігалось зростання рівня α_1 -глобулінів на 1,3–1,4 % ($p < 0,05$), що відображає активацію адаптивних і захисних механізмів організму. Ліпідний профіль сироватки істотно не змінювався. Отже, додавання високопротеїнового соняшникового концентрату до 12 % у складі комбікорму підсилює протеїновий обмін, стимулює синтез сироваткових протеїнів та має позитивний, безпечний для фізіологічного стану вплив на організм молодняку свиней.

Часткова заміна соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом у раціонах молодняку свиней зумовила достовірні зміни еритроцитарної ланки та лейкоцитарної формули крові в межах фізіологічної норми, що відображає активізацію протеїнового обміну та імунної відповіді. Зокрема, за рівня заміни 8 % відмічено підвищення концентрації гемоглобіну на 8,5 % ($p < 0,05$) та еритроцитів на 23,2 % ($p < 0,05$), а при 12 % – відповідно на 10,6 % ($p < 0,05$) і 26,8 % ($p < 0,05$), що свідчить про посилення синтезу гемоглобіну та поліпшення киснево-транспортної функції крові. Одночасно зафіксовано зростання кількості нейтрофілів на 7,5 % при 8 % концентрату та 8,5 % при 12 % ($p < 0,05$) за рахунок сегментоядерних гранулоцитів (підвищення на 8,5–9,0 %, $p < 0,05$), що супроводжувалося зниженням частки лімфоцитів на 7,3–8,1 % ($p < 0,05$). Виявлені зміни демонструють активацію лейкопоезу та адаптивно-імунних механізмів у відповідь на підвищене надходження протеїну без ознак патологічних процесів, що підтверджує безпечність і помірний імуномодулюючий ефект високопротеїнового соняшникового концентрату.

РОЗДІЛ ІV

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Аналіз економічної ефективності виробництва м'яса курчат-бройлерів показав, що використання у складі комбікорму співвідношенні 50/50 за масою високопротеїнового соняшникового концентрату (ВСК) та соєвої макухи сприяло покращенню більшості виробничо-економічних показників порівняно з базовим варіантом годівлі (табл. 4.1). При цьому збереженість поголів'я не змінювалася, що свідчить про відсутність негативного впливу нового джерела протеїну на життєздатність птиці.

Встановлено, що використання високопротеїнового соняшникового концентрату забезпечило збільшення кінцевої маси курчат-бройлерів на 85 г, або на 2,6 %, а валового приросту живої маси – на 820 кг або на 2,7 %. Це свідчить про достатньо високу поживну та біологічну цінність соняшникового концентрату і його ефективне використання організмом птиці для формування приростів живої маси. Одночасно спостерігалось збільшення загального споживання корму на 1773 кг або на 3,6 %. Проте витрати корму на 1 кг приросту змінилися незначно та зросли лише на 0,02 кг, що свідчить про практично однаковий рівень конверсії корму в обох варіантах годівлі.

Найбільш суттєві зміни встановлено за економічними показниками виробництва. Зокрема, вартість 1 т комбікорму знизилася на 1 297 грн або на 9,3 %, що забезпечило скорочення загальної вартості кормів на 42 151 грн або на 6,1 %, навіть незважаючи на більший обсяг їх споживання. У результаті цього загальні витрати на вирощування бройлерів зменшилися на 42 151 грн або на 3,5 %.

Підвищення валового приросту живої маси забезпечило збільшення обсягу реалізованої продукції на 820 кг або на 2,7 %, що позитивно вплинуло на фінансові результати виробництва. Виручка від реалізації продукції зросла на 36 190 грн або на 2,6 %. Найбільш виражені зміни спостерігалися за показником прибутку, який збільшився на 78 341 грн або на 48,8 % порівняно з базовим варіантом.

Економічна ефективність виробництва м'яса курчат бройлерів

Показник	Варіант годівлі	
	базовий	удосконалений
	0 % високопротеїнового соняшникового концентрату	співвідношення 50/50 за масою високопротеїнового соняшникового концентрату
Посаджено курчат на вирощування, голів	10 000	10 000
Вирощено поголів'я молодняку	9 640	9 640
Збереженість поголів'я, %	96,4	96,4
Маса курчат-бройлерів на кінець вирощування, г	3 210	3 295
Загальна жива маса до реалізації, кг	30 944	31 764
Витрати корму за період вирощування, кг	49 758	51 531
Витрати корму на 1 кг приросту, кг	1,60	1,62
Вартість 1 т комбікорму, грн без ПДВ	13 923	12 626
Загальна вартість кормів, грн без ПДВ	692 804	650 653
Вартість добового молодняку, грн без ПДВ	31	31
Додаткові витрати, грн без ПДВ	205 052	205 052
Загальні витрати на вирощування бройлерів, грн без ПДВ	1 206 189	1 164 038
Загальна маса живої маси на реалізацію, кг	30 944	31 764
Вартість реалізації живої маси бройлерів 1кг, грн без ПДВ	44,17	44,17
Виручка від реалізації, грн без ПДВ	1 366 711	1 402 901
Прибуток, грн.	160 522	238 863
Рівень рентабельності, %	13,3	20,5

Рівень рентабельності виробництва також зріс на 7,2 %, що свідчить про високу економічну доцільність використання високопротеїнового соняшникового концентрату у складі комбікормів для курчат-бройлерів. Отримані результати підтверджують, що часткова заміна традиційних протеїнових компонентів соняшниковим концентратом дозволяє знизити собівартість продукції, підвищити прибутковість виробництва та ефективність використання кормових ресурсів без погіршення технологічних показників вирощування птиці.

Аналіз економічної ефективності вирощування поросят живою масою 30–35 кг показав, що використання у складі комбікорму 8 % високопротеїнового соняшникового концентрату сприяло покращенню продуктивних та економічних показників порівняно з базовим варіантом годівлі (табл. 4.2). При цьому збереженість поголів'я залишалася незмінною і становила 97 %, що свідчить про відсутність негативного впливу нового протеїнового компонента на життєздатність та адаптаційні властивості молодняку свиней.

Встановлено, що застосування високопротеїнового соняшникового концентрату забезпечило збільшення живої маси поросят на кінець періоду дорощування на 0,8 кг або на 2,4 %. Відповідно абсолютні прирости живої маси за період були вищими на 0,7 кг або на 3,5 %, а середньодобові прирости – на 0,023 кг або на 3,4 %. Отримані результати свідчать про ефективніше використання поживних речовин раціону та вищу інтенсивність росту поросят за включення до комбікорму високопротеїнового соняшникового концентрату.

Поряд із підвищенням інтенсивності росту спостерігалось незначне збільшення споживання корму. Витрати корму за період дорощування зросли на 1,2 кг або на 3,6 %, а середньодобове споживання корму – на 0,04 кг або на 3,6 %. Незважаючи на це, вартість 1 кг корму практично не змінювалася та була нижчою на 0,02 грн у дослідному варіанті, що свідчить про економічну ефективність використання соняшникового концентрату у складі комбікормів.

У результаті дещо вищого споживання кормів витрати корму за період вирощування збільшилися на 19,1 грн або на 3,5 %, а загальні витрати на корми

за період 25–75 днів – на 19,1 грн або на 2,2 %. Інші виробничі витрати в обох варіантах залишалися однаковими.

Таблиця 4.2

Економічна ефективність вирощування поросят до живої маси 30–35 кг

Показник	Варіант годівлі	
	базовий	удосконалений
	0 % високопротеїнового соняшникового концентрату	заміна 8 % за кількістю високопротеїнового соняшникового концентрату
1	2	3
Кількість поросят при відлученні, гол	205	205
Збереженість поголів'я, %	97	97
Кількість поросят на кінець періоду дорощування, гол	199	199
Собівартість поросят на відлученні, грн/гол без ПДВ	1 600	1 600
Середньодобове споживання корму 25дн-45 дн, кг/гол	0,4	0,4
Споживання корму за весь період 25-45 дн, кг/гол	8	8
Вартість корму 25-45 дн, грн/кг без ПДВ	40,8	40,8
Вартість корму 25–45 дн, грн/гол без ПДВ	326,67	326,67
Початок періоду, діб	45	45
Кінець періоду, діб	75	75
Маса на 45 день, кг	13	13,1
Маса на 75 день, кг	33,1	33,9
Абсолютні прирости маси за період, кг	20,1	20,8
Середньодобові прирости за період, кг/добу	0,670	0,693
Витрати корму за період 45-75 день вирощування, кг	33,6	34,8
Середньодобове споживання корму, кг/гол/добу	1,120	1,160
Вартість корму, грн/кг без ПДВ	16,44	16,42

<i>Продовження таблиці 4.2</i>		
1	2	3
Витрати корму за період, грн без ПДВ	552,5	571,6
Всього витрати на корми 25-75 дн, грн без ПДВ	879,1	898,2
Інші витрати в період 25-75 дн, грн без ПДВ	473,4	473,4
Всього витрати на 75 д, грн/гол без ПДВ	2 952,5	2 971,6
Загальні витрати на 75 д, грн без ПДВ	587 106,5	590 905,3
Ціна реалізації молодняку свиней 30-35 кг, грн/кг без ПДВ	137,5	137,5
Виручка від реалізації, грн/гол без ПДВ	4 551,3	4 661,3
Загальна виручка від реалізації, грн без ПДВ	905 016,1	926 889,6
Прибуток, грн/гол	1 598,7	1 689,6
Загальний прибуток, грн без ПДВ	317 909,6	335 984,3
Рентабельність,%	54,1	56,9

Загальні витрати на вирощування одного поросяти до 75-добового віку зросли лише на 19,1 грн або на 0,6 %, а сумарні витрати на все поголів'я – на 3 798,8 грн або на 0,6 %.

Разом із цим підвищення живої маси молодняку забезпечило збільшення виручки від реалізації продукції. Виручка від реалізації одного поросяти була більшою на 110,0 грн або на 2,4 %, а загальна виручка від реалізації зросла на 21 873,5 грн або на 2,4 %. Найбільш виражені зміни встановлено за показниками прибутковості виробництва. Прибуток у розрахунку на одну голову збільшився на 90,9 грн або на 5,7 %, тоді як загальний прибуток зріс на 18 074,7 грн або на 5,7 %.

Рівень рентабельності вирощування поросят при використанні 8 % високопротеїнового соняшникового концентрату підвищився на 2,7 %, що свідчить про економічну доцільність застосування цього кормового компонента у раціонах молодняку свиней у період дорощування. Отримані результати

підтверджують, що використання високопротеїнового соняшникового концентрату сприяє підвищенню інтенсивності росту поросят та забезпечує збільшення прибутковості виробництва за мінімального зростання виробничих витрат. Ефективність впроваджених удосконалених способів годівлі наведена в додатках А та Б.

РОЗДІЛ V

АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

В умовах зростання вартості соєвого шроту уваги набуває пошук місцевих, економічно вигідних і поживно повноцінних альтернативних джерел протеїну. Україна є одним із провідних світових виробників і переробників соняшнику, що забезпечує стабільну сировинну базу для отримання високопротеїнового соняшникового концентрату. Цей кормовий інгредієнт відзначається високою часткою перетравного протеїну, збалансованим амінокислотним складом і низьким рівнем антипоживних факторів, що робить його перспективним для використання у годівлі як сільськогосподарської птиці, так і свиней [12, 69, 76]. Використання для отримання високопротеїнового соняшникового концентрату дозволяє зменшити залежність від соєвого шроту, оптимізувати собівартість комбикормів та сприяти розвитку вітчизняного кормовиробництва, при цьому зберігаючи або навіть покращуючи продуктивність і фізіологічний стан тварин [151, 205, 274].

Повна або часткова заміна соєвого шроту високопротеїновим соняшниковим концентратом позитивно вплинула на продуктивні показники бройлерів. Середня жива маса на фініші вирощування зростала на 4–5 %, а середньодобові прирости підвищувалися на 4–6 % порівняно з контролем. Коефіцієнт конверсії корму знизився на 3–4 %, становлячи 1,65–1,68 проти 1,73 у контролі. Подібні результати наведено у працях Rama Rao S.V. і ін. [205], Gerzilov V. та Petrov P. B. [76], Mbukwane M. і ін. [151], Yaqoob M. та ін. [274] та Waititu S.M. з колегами [267]. Пояснюється це підвищенням засвоюваності протеїну й енергії завдяки зниженню антипоживних факторів (фітат, NSP, білково-фенольні комплекси) та технологічним прийомам – декортикації та деполіфенолізації.

У сироватці крові бройлерів зафіксовано підвищення рівня загального протеїну на 8,7–11 % ($p < 0,05$), глюкози – на 5,5–8,6 % ($p < 0,05$), креатиніну – на 18,8–21,8 % ($p < 0,05$) і сечової кислоти – на 7,2–11,4 % ($p < 0,05$), що залишалось у межах фізіологічної норми. Ці результати збігаються з літературними даними,

де при згодовуванні соняшникових інгредієнтів спостерігали аналогічні діапазони змін: загальний протеїн підвищувався на 5–12 % [69, 119], глюкоза – на 2–8 % [203, 216], креатинін – на 10–25 % [119], сечова кислота – на 5–12 % [119]. Таке підвищення пояснюється вищим надходженням перетравного протеїну та незамінних амінокислот, що стимулюють печінковий синтез альбуміну й глобулінів, поліпшують азотний баланс і знижують катаболізм тканинних протеїнів. Надлишок амінокислот частково використовується для глюконеогенезу, забезпечуючи енергетичні потреби інтенсивного росту м'язової тканини, а зростання рівня креатиніну відображає більшу м'язову масу та активніший енергетичний обмін.

За умов використання високопротеїнового соняшникового концентрату відмічено зниження активності аспартатамінотрансферази на 31,4 % ($p < 0,05$) та підвищення активності лужної фосфатази на 15,8–70,7 % ($p < 0,05$), тоді як рівні аланінамінотрансферази та гамма-глутамілтрансферази залишалися стабільними. Літературні джерела також повідомляють про подібні ефекти: зниження аспартатамінотрансферази у межах 10–30 % та фізіологічне підвищення лужної фосфатази як маркера росту і кісткової ремоделювання [12, 69, 76]. Ці зміни пояснюються високим умістом природних антиоксидантів (токофероли, фосфоліпіди, фенольні сполуки) у соняшниковому концентраті, які зменшують оксидативний стрес, стабілізують клітинні мембрани гепатоцитів та покращують ліпідний профіль раціону, знижуючи ризик жирової дистрофії печінки та зменшуючи вихід аспартатамінотрансферази у кров.

Соняшникові концентрати, особливо після деполіфенолізації та оптимізації рН, характеризуються високою засвоюваністю амінокислот, близькою до «еталонних» протеїнів, що підтверджено дослідженнями *in vivo* та *in vitro* [246]. Використання ензимів (карбогідрази, фітаза) у комбінації з декортикацією підвищує утилізацію енергії та фосфору й знижує варіабельність між партіями сировини, що також узгоджується з поліпшенням середньодобових приростів і коефіцієнта конверсії корму [151].

Високопротеїновий соняшниковий концентрат має високу біологічну цінність та оптимальний амінокислотний профіль, що стимулює печінковий синтез протеїнів плазми та посилює анаболічні процеси. Деполяфієнолізація і фракціонування зменшують утворення протеїново-фенольних комплексів, підвищуючи розчинність і біодоступність амінокислот [246]. Використання ензимних препаратів знижує в'язкість хімусу та вивільняє додаткову енергію й фосфор, підвищуючи ефективність використання поживних речовин [205, 274]. Антиоксидантні сполуки концентрату захищають печінку й м'язи від оксидативного стресу, що пояснює значне зниження активності аспартатамінотрансферази, тоді як більша частка поліненасичених жирних кислот у раціоні покращує ліпідний обмін і сприяє фізіологічному підвищенню лужної фосфатази як маркера активного росту [12, 69].

Використання високопротеїнового соняшnikового концентрату позитивно вплинуло на хімічний склад і харчову цінність м'яса. У грудних і стегнових м'язах бройлерів дослідних груп вміст сирого протеїну був вищим на 3–4 % ($p < 0,05$), тоді як вміст сирого жиру знизився на 5–7 % порівняно з контролем. Спостерігалось також збільшення вмісту вологи на 1–2 %, що покращує соковитість м'яса. Аналогічні результати описані Florou-Paneri P. і ін. [69] та Khattab A. з колегами [119], які відзначають зниження жирових відкладень і підвищення протеїнової частки при використанні високопротеїнових соняшникових концентратів. Такий ефект пояснюється збалансованим амінокислотним складом та високою перетравністю протеїну високопротеїнового соняшникового концентрату, що сприяє інтенсивному росту м'язової тканини та зменшує ліпогенез, а також наявністю природних антиоксидантів (токоферолів), які уповільнюють окислення ліпідів, покращуючи колір та смак готової продукції.

Застосування високопротеїнового соняшникового концентрату у годівлі поросят також показало виразний позитивний ефект. Часткова заміна соєвої макухи на 8 % підвищувала концентрацію гемоглобіну у периферичній крові на 9,5 г/л (8,5 %, $p < 0,05$), а заміна на 12 % – на 11,8 г/л (10,6 %, $p < 0,05$). Кількість

еритроцитів зростала на $1,3 \times 10^{12}/\text{л}$ (23,2 %, $p < 0,05$) та $1,5 \times 10^{12}/\text{л}$ (26,8 %, $p < 0,05$) відповідно. У сироватці крові відзначено підвищення загального протеїну та сечовини (у середньому на 8–12 %, $p < 0,05$), що свідчить про активніший протеїновий обмін та ефективніше засвоєння азоту. У літературі повідомляють про аналогічні тенденції: використання соняшникових протеїнових концентратів у раціонах свиней підвищує вміст гемоглобіну та еритроцитів на 5–15 % і покращує перетравність сирого протеїну [84]. Зростання загального протеїну і сечовини у крові пояснюється високою доступністю амінокислот, що стимулює синтез протеїнів у печінці та підтримує позитивний азотний баланс.

Щодо продуктивності, середньодобові прирости маси тіла поросят залишалися на рівні контролю, але коефіцієнт конверсії корму покращувався на 3–4 % завдяки більш повному використанню азоту та енергії. Ці результати узгоджуються з даними європейських досліджень, де заміна соєвої макухи соняшковими протеїновими продуктами на рівні 8–12 % не погіршувала приростів і сприяла зниженню вартості раціону [158, 169].

Комплексне зіставлення з літературними даними свідчить, що за всіма ключовими показниками – жива маса, середньодобові прирости, коефіцієнт конверсії корму, рівень загального протеїну, глюкози, креатиніну, сечової кислоти, активність аспартатамінотрансферази та лужної фосфатази, а також стабільність аланінамінотрансферази та гамаглутамінотрансферази – результати цього дослідження повністю відповідають або навіть перевищують середні значення, наведені у світових дослідженнях. Це доводить, що високопротеїновий соняшковий концентрат за умови правильного амінокислотного балансування і ензимної підтримки не лише зберігає фізіологічну норму, а й підвищує ефективність вирощування бройлерів, забезпечуючи покращений протеїновий та енергетичний обмін і роблячи виробництво м'яса птиці економічно вигідним та науково обґрунтованим.

Отримані дані свідчать, що високопротеїновий соняшковий концентрат є ефективною та безпечною альтернативою соєвій макусі як у годівлі бройлерів,

так і свиней. У птиці це виражалось у вищих приростах живої маси, кращій конверсії корму та поліпшенні біохімічного профілю крові при зниженні активності аспартатамінотрансферази і підвищенні лужної фосфатази. У свиней високопротеїновий соняшниковий концентрат сприяв підвищенню рівня гемоглобіну, еритроцитів, загального протеїну й сечовини у крові та зниженню витрат корму на одиницю приросту. Усе це підтверджує високу біологічну цінність і економічну доцільність використання високопротеїнового соняшnikового концентрату як місцевого протеїнового інгредієнта, що дозволяє зменшити залежність від дороговартісної соєвої макухи, зберігаючи або покращуючи продуктивність тварин та економічну ефективність виробництва.

ВИСНОВКИ

1. Дослідження науково обґрунтовує доцільність використання високопротеїнового соняшникового концентрату як альтернативного джерела протеїну у комбікормах для курчат-бройлерів і молодняку свиней. Встановлено, що цей інгредієнт має високу поживну та енергетичну цінність, забезпечує добру перетравність протеїнових і вуглеводних фракцій та безпечний для фізіологічного стану тварин. Оптимальні рівні введення високопротеїнового соняшникового концентрату – поєднане використання соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату у співвідношенні 50:50 в раціонах для курчат-бройлерів і 8 % у раціонах для свиней – сприяють підвищенню приростів живої маси, поліпшенню м'ясних якостей і зниженню вмісту жиру в продукції без погіршення конверсії корму та без негативного впливу на біохімічні й гематологічні показники. Отримані результати свідчать про реальну можливість часткової заміни дороговартісної соєвої макухи вітчизняним високопротеїновим соняшниковим концентратом, що підвищує економічну ефективність і кормову незалежність птахівництва та свинарства України.

2. Високопротеїновий соняшниковий концентрат характеризується високою кормовою цінністю для птиці: коефіцієнти перетравності поживних речовин становлять (%): сирий протеїн – 94,9–95,0; сирий жир – 83,7–84,1; органічна речовина – 78,4–78,9; нейтрально-детергентна клітковина – 64,4–65,2; кислотнo-детергентна клітковина – 3,9–6,2. Загальна енергетична поживність – 12,07–13,13 МДж/кг, що забезпечує повноцінне білково-енергетичне живлення при використанні високопротеїнового соняшникового концентрату як альтернативи соєвій макусі.

3. Комбінування соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату в рівних частках підвищує абсолютні та середньодобові прирости живої маси курчат-бройлерів на 3,2–3,3 % ($p < 0,05$), збільшує споживання корму на 3,5 % за незмінної конверсії. Повна або половина заміна потреби курчат-бройлерів у сирому протеїні високопротеїновим соняшниковим концентратом не

забезпечує поліпшення продуктивності й супроводжується зростанням витрат корму.

4. Спільне використання соєвої макухи і високопротеїнового соняшникового концентрату як протеїнових компонентів комбікорму є найефективнішим: передзабійна жива маса збільшується на 3,2 % ($p < 0,05$), маса знекровленої тушки – на 4,7 %, грудних м'язів – на 6,6 % ($p < 0,05$), що підвищує вихід їстівних частин. У всіх варіантах використання високопротеїнового соняшникового концентрату знижується вміст сирого жиру в грудних і стегнових м'язах на 18–25 % ($p < 0,05$) та енергетична цінність м'яса на 7–11 %, що поліпшує його дієтичні властивості.

5. Включення високопротеїнового соняшникового концентрату у раціон не порушує гомеостаз організму. У межах фізіологічної норми зафіксовано зростання в сироватці крові загального протеїну на 8,7–11,0 %, глюкози на 5,5–8,6 %, креатиніну на 18,8–21,8 % та сечової кислоти на 7,2–11,4 % ($p < 0,05$), підвищення активності лужної фосфатази до 70,7 % і зниження активності аспартатамінотрансферази на 31,4 % ($p < 0,05$), що свідчить про активізацію білкового обміну без ознак патології.

6. Встановлено сильні прямі й обернені зв'язки ($r = \pm 0,51-0,93$; $p < 0,001$) між рівнем високопротеїнового соняшникового концентрату у раціоні та продуктивністю курчат-бройлерів витратами корму, вмістом сирого жиру в м'язах, а також окремими біохімічними показниками крові, що підтверджує дозозалежний вплив інгредієнта.

7. Оптимальним є включення 8 % високопротеїнового соняшникового концентрату, що забезпечує збільшення живої маси молодняку свиней у 75-денному віці на 3,6 %, абсолютних приростів за період 45–75 діб – на 5,9 % та середньодобових приростів – на 5,8 % ($p < 0,05$). Вищий рівень включення – до 12 % супроводжується підвищенням витрат корму на 1 кг приросту на 3,6 % ($p < 0,05$) і погіршенням коефіцієнта його конверсії.

8. Додавання 8–12 % високопротеїнового соняшникового концентрату підсилює протеїновий обмін: підвищується вміст загального протеїну на 17,8–

22,9 % і сечовини на 77,8–94,4 % ($p < 0,05$), знижується активність аспаратамінотрансферази на 13,4–15,8 % ($p < 0,05$), зростає рівень α_1 -глобулінів на 1,3–1,4 %. Посилюється еритропоез: підвищується концентрація гемоглобіну на 8,5–10,6 %, еритроцитів – на 23,2–26,8 % ($p < 0,05$) за фізіологічно прийнятних змін лейкоцитарної формули.

9. Поєднане використання соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату у співвідношенні 50:50 підвищує продуктивність і поліпшує якість продукції бройлерів, а також сприяє зростанню інтенсивності росту свиней за збереження нормального фізіологічного стану. Це забезпечує можливість зниження собівартості комбікормів, зменшує залежність від імпорту соєвих продуктів і підвищує економічну ефективність птахівництва та свинарства.

10. Використання високопротеїнового соняшникового концентрату у складі комбікормів є економічно доцільним як у бройлерному птахівництві, так і у свинарстві. За комбінування соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату в рівних частках у раціонах курчат-бройлерів прибуток зріс на 48,8 %, а рівень рентабельності – на 7,2 %. У молодняку свиней використання 8 % високопротеїнового соняшникового концентрату забезпечило збільшення загального прибутку на 5,7 %, та підвищення рівня рентабельності на 2,7 %. Отримані дані підтверджують, що застосування високопротеїнового соняшникового концентрату сприяє підвищенню продуктивності тварин і ефективності виробництва за оптимізації витрат на корми.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Застосовувати поєднане використання соєвої макухи та високопротеїнового соняшникового концентрату у співвідношенні 50:50 у раціонах курчат-бройлерів. При такому рівні введення досягається підвищення середньодобових приростів маси тіла на 3,2–3,3 %, покращуються забійні показники й знижується вміст жиру в м'ясі без погіршення конверсії корму та без негативного впливу на фізіологічний стан птиці.

2. Застосовувати високопротеїновий соняшниковий концентрат у складі комбікормів для молодняку свиней на рівні 8 % від маси раціону як оптимальний варіант, що забезпечує достовірне підвищення середньодобових приростів на 5–5,8 % і стимулює білковий обмін без порушення гематологічних показників. Не перевищувати рівень 12 %, оскільки це погіршує коефіцієнт конверсії корму та економічну ефективність.

3. Використовувати високопротеїновий соняшниковий концентрат, вироблений за технологіями низькотемпературної екстракції та глибокого очищення від лушпиння, що забезпечує збереження біологічної цінності протеїну й високу перетравність поживних речовин. Розширити промислове виробництво високопротеїнового соняшникового концентрату для зменшення залежності комбікормової галузі від соєвої макухи, стабілізувати собівартість продукції та підвищити рентабельність птахівництва й свинарства.

4. Використати результати дослідження для оновлення галузевих рекомендацій і стандартів з формуляції комбікормів, а також у програмах навчання фахівців з годівлі сільськогосподарських тварин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ ЕЭК ООН ECE/TRADE/355:2007 М'ясо курей. Тушки та їх частини. Настанови щодо постачання і контролювання якості (ЕЭК ООН ECE/TRADE/355:2007, IDT). Технічний комітет стандартизації «Продукти з овочів і фруктів та устаткування для їх переробки» (ТК 24). Наказ від 24.12.2007 № 381
2. Шкарбан В.В. Перспективи використання джерел соняшникового протеїну в годівлі молодняку свиней та курчат-бройлерів. *Збірник тез 77-ї науково-практичної конференції «Сучасні технології у тваринництві та рибництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми»*. Київ: НУБіП України, 2023.
3. Шкарбан В.В., Сичов М. Ю. Потенціал високопротеїнового соняшникового концентрату в годівлі курчат-бройлерів. *Збірник тез 79-ї науково-практичної конференції «Сучасні технології у тваринництві та рибництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми»*. Київ: НУБіП України, 2025. С. 188–191.
4. Abbas T.E.E., Yagoub Y.M. Sunflower cake as a substitute for groundnut cake in commercial broiler chicks diets. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2008. Vol. 7(6). P. 782–784. doi:10.3923/ pjn.2008.782.784
5. Achour J., Guinot M., Guillon B., Kapel R., Galet O., Adel-Patient K., Hazebrouck S., Bernard H. Sensitization Potency of Sunflower Seed Protein in a Mouse Model: Identification of 2S-Albumins More Allergenic Than SFA-8. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2021. Vol. 65(18). P. e2100369. doi:10.1002/mnfr.202100369
6. Afifi M.A. Sunflower seed meal as a substitute for soybean meal in broilers ration. *Geflugelkund*. 1972. Vol. 36. P. 129–136.
7. Agati G., Brunetti C., Nascimento L.B., Gori A., Lo P.E., Tattini M. Antioxidants by nature: an ancient feature at the heart of flavonoids' multifunctionality. *New Phytologist*. 2024. Vol. 245. P. 11–26. doi:10.1111/nph.20195

8. Agubosi O.C.P., James A., Alagbe J.O. Influence of Dietary Inclusion of Sunflower (*Helianthus Annus*) Oil on Growth Performance and Oxidative Status of Broiler Chicks. *Central Asian Journal of Medical and Natural Science*. 2022. Vol. 3(1). P. 187–195.
9. Aguirre L., Cámara L., Smith A., Fondevila G., Mateos G.G. Apparent metabolizable energy and ileal amino acid digestibility of commercial soybean meals of different origins in broilers. *Poultry Science*. 2024. Vol. 103(7). P. 103786. doi:10.1016/j.psj.2024.103786
10. Ákos M., Such N., Wágner L., Rawash M.A., Tewelde K., Pál L., Poór J., Dublicz K. Evaluation the nutrient composition of extracted sunflower meal samples, determined with wet chemistry and near infrared spectroscopy. *Journal of Central European Agriculture*. 2023. Vol. 24(3). P. 613–623. doi:10.5513/JCEA01/24.3.3812
11. Alagawany M., Elnesr S.S., Farag M.R., Tiwari R., Yattoo M.I., Karthik K., Michalak I., Dhama K. 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
12. Alagawany M., Farag M.R., Abd El-Hack M.E., Dhama K. The practical application of sunflower meal in poultry nutrition. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2015. Vol. 3(12). P. 634–648. doi:10.14737/journal.aavs/2015/3.12.634.648
13. Alasalvar C., Grigor J.M., Zhang D., Quantick P.C., Shahidi F. Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidant vitamins, and sensory quality of different colored carrot varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2001 Vol. 49(3). P. 1410–1416. doi:10.1021/jf000595h
14. Albe-Slabi S., Kapel R. Chapter 18 - Sunflower as a Developing Plant Protein Source for Food. In: *Sustainable Protein Sources (Second Edition)*. Editor(s): Nadathur S., Wanasundara J.P.D., Scanlin L. Academic Press, 2024. P. 357–380. doi:10.1016/B978-0-323-91652-3.00019-8
15. Albe Slabi S., Mathe C., Basselin M., Framboisier X., Ndiaye M., Galet O., Kapel R. Multi-objective optimization of solid/liquid extraction of total sunflower

proteins from cold press meal. *Food Chemistry*. 2020. Vol. 317. P. 126423. doi:10.1016/j.foodchem.2020.126423

16. Albe Slabi S., Mathé C., Framboisier X., Defaix C., Mesieres O., Galet O., Kapel R. A new SE-HPLC method for simultaneous quantification of proteins and main phenolic compounds from sunflower meal aqueous extracts. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2019. Vol. 411(10). P. 2089–2099. doi:10.1007/s00216-019-01635-2

17. Alexander L., Sessions R., Clarke A., Tatham A., Shewry P., Napier J. Characterization and modelling of the hydrophobic domain of a sunflower oleosin. *Planta*. 2002. Vol. 214. P. 546–551. doi:10.1007/s004250100655

18. Alexandrino T., Ferrari R., Oliveira L., Ormeneze S.C.R., Pacheco M.T. Fractioning of the sunflower flour components: Physical, chemical and nutritional evaluation of the fractions. *LWT - Food Science and Technology*. 2017. Vol. 84. doi:10.1016/j.lwt.2017.05.062

19. Aliyari A., di Bari V., Ratcliffe L.P.D., Borah P.K., Dong Y., Gray D. Characterising the concentration-dependent behaviour of heat-treated sunflower oleosomes at an air-water interface. *Food Hydrocolloids*. 2025. Vol. 162. P. 110896. doi:10.1016/j.foodhyd.2024.110896

20. Ali M., Schmidt C., Walczak M., Förster A., Sayed A., Khalil M., Rizk A., Aly S., Hellwig M. Improvement of protein extraction from sunflower oil cake using ascorbic acid and N-acetylcysteine: Effects on chemical, structural, and functional properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2024. Vol. 18. P. 1–15. doi:10.1007/s11694-024-02730-4

21. Alkhatib M.M., Mohmmad M.F. Effect of adding sunflower seeds in broiler diet on serum lipids profile and some productive performance. *International Journal of Health Sciences*. 2022. Vol. 6(S4). P. 8392–8405. doi:10.53730/ijhs.v6nS4.10575

22. Almeida F.N., Sulabo R.C., Stein H.H. Amino acid digestibility and concentration of digestible and metabolizable energy in a threonine biomass product

fed to weanling pigs. *Journal of Animal Science*. 2014. Vol. 92. P. 4540–4546. doi:10.2527/jas2013-6635

23. Alves A.N., de Souza F.G., Chaves L.H.G., de Vasconcelos A.C.F. Dry Matter Production and Nutritional Status of Sunflower Grown in Nutrient Solution under Macronutrient Omission. *Agricultural Sciences*. 2018. Vol. 9. P. 1479–1486. doi:10.4236/as.2018.91110

24. Alzueta C., Rodríguez M.L., Cutuli M.T., Rebole A., Ortiz L.T., Centeno C., Treviño J. Effect of whole and demucilaged linseed in broiler chicken diets on digesta viscosity, nutrient utilisation and intestinal microflora. *British Poultry Science*. 2003. Vol. 44. P. 67–74. doi:10.1080/0007166031000085337

25. Amerah A.M., Van de Belt K., van Der Klis J.D. Effect of different levels of rapeseed meal and sunflower meal and enzyme combination on the performance, digesta viscosity and carcass traits of broiler chickens fed wheat-based diets. *Animal*. 2015. Vol. 9. P. 1131–1137. doi:10.1017/S1751731115000142

26. Anyiam P.N., Nwuke C.P., Uhwo E.N. Influence of pH and salt conditions on extraction efficiency and functional properties of *Macrotermes nigeriensis* protein concentrate for food applications. *Discover Food*. 2024. Vol. 4. P. 100. doi:10.1007/s44187-024-00181-w

27. Apperson K.D., Cherian G. Effect of whole flax seed and carbohydrase enzymes on gastrointestinal morphology, muscle fatty acids, and production performance in broiler chickens. *Poultry Science*. 2017. Vol. 96. P. 1228–1234. doi:10.3382/ps/pew371

28. Ashraf M., Ahmad F., Sindhu Z.U.D., Asif A.R., Farooq U., Khalid M.F., Muhammad A., Sharif M. Right choice and proportion can make blend of edible oils a good growth promoter and a potential source for designer meat production in chicken. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 56. P. 969–975. doi:10.21162/PAKJAS/19.7565

29. Attia Y.A. Nutritional values of soaked linseed cake and its inclusion in finishing diets for male broiler chicks a source of protein and n-3 fatty acids. *Egyptian Poultry Science Journal*. 2003. Vol. 23. P. 739–759.

30. Aziza A.E., Quezada N., Cherian G. Feeding Camelina sativa meal to meattype chickens: Effect on production performance and tissue fatty acid composition. *Journal of Applied Poultry Research*. 2010. Vol. 19. P. 157–168. doi:10.3382/japr.2009-00100
31. Bárta J., Bártová V., Jarošová M., Švajner J., Smetana P., Kadlec J., Filip V., Kyselka J., Berčíková M., Zdráhal Z., Bjelková M., Kozak M. Oilseed Cake Flour Composition, Functional Properties and Antioxidant Potential as Effects of Sieving and Species Differences. *Foods*. 2021. Vol. 10(11). P. 2766. doi:10.3390/foods10112766
32. Bau H.M., Mohtadi-Nia D.J., Mejean L., Debry G. Preparation of colorless sunflower protein products: Effect of processing on physicochemical and nutritional properties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1983. Vol. 60. P. 1141–1148. doi:10.1007/BF02671343
33. Beaubier S., Albe-Slabi S., Aymes A., Bianeis M., Galet O., Kapel R. A Rational Approach for the Production of Highly Soluble and Functional Sunflower Protein Hydrolysates. *Foods*. 2021. Vol. 10(3). P. 664. doi:10.3390/foods10030664
34. Beaubier S., Albe-Slabi S., Beau L., Galet O., Kapel R. Study of the in vitro digestibility of oilseed protein concentrates compared to isolates for food applications. *Food Chemistry*. 2025. Vol. 464(2). P. 141737. doi:10.1016/j.foodchem.2024.141737
35. Berecz B., Mills E.N., Tamás L., Láng F., Shewry P.R., Mackie A.R. Structural stability and surface activity of sunflower 2S albumins and nonspecific lipid transfer protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010. Vol. 58(10). P. 6490–6497. doi:10.1021/jf100554d
36. Berton M., Sturaro E., Cecchinato A., Schiavon S., Gallo L. Environmental impact of Italian pig herds as affected by farm management factors. *Italian Journal of Animal Science*. 2024. Vol. 23(1). P. 164–178. doi:10.1080/1828051X.2024.2302826
37. Bongartz V., Brandt L., Gehrman M.L., Zimmermann B.F., Schulze-Kaysers N., Schieber A. Evidence for the Formation of Benzacridine Derivatives in

Alkaline-Treated Sunflower Meal and Model Solutions. *Molecules*. 2016. Vol. 21(1). P. 91. doi:10.3390/molecules21010091

38. Bonos E., Christaki E., Florou-Paneri P. The sunflower oil and the sunflower meal in animals nutrition. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*. 2017. Vol. 62(1). P. 58–70.

39. Braadbaart F., Wright P.J., van der Horst J., Boon J.J. A laboratory simulation of the carbonization of sunflower achenes and seeds. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 2007. Vol. 78. P. 316–327. doi:10.1016/j.jaap.2006.07.007

40. Broudiscou L.-P., Laguna O., Lecomte J., Solé-Jamault V., Dauguet S. Methods assessment of self-tanning of rapeseed and sunflower meal fractions enriched in proteins and phenolic compounds using in vitro measurement of protein rumen degradability. *OCL*. 2020. Vol. 27: 1. doi:10.1051/ocl/2019051

41. Burnett G.R., Rigby N.M., Mills E.N., Belton P.S., Fido R.J., Tatham A.S., Shewry P.R. Characterization of the emulsification properties of 2S albumins from sunflower seed. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2002. Vol. 247(1). P. 177–185. doi:10.1006/jcis.2001.8093

42. Cabral E.M., Poojary M.M., Lund M.N., Curtin J., Fenelon M., Tiwari B.K. Effect of solvent composition on the extraction of proteins from hemp oil processing stream. *Journal of The Science of Food and Agriculture*. 2022. Vol.102(14). P. 6293–6298. doi:10.1002/jsfa.11979

43. Calik A., Emami N.K., White M.B., Dalloul R.A. Performance, fatty acid composition, and liver fatty acid metabolism markers of broilers fed genetically modified soybean DP-3Ø5423-1. *Poultry Science*. 2004. Vol. 103(3). P. 103470. doi:10.1016/j.psj.2024.103470

44. Canibe N., Pedrosa M.M., Robredo L.M., Knudsen K.E.B. Chemical composition, digestibility and protein quality of 12 sunflower (*Helianthus annuus L*) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1999. Vol. 79(13). P. 1775–1782. doi:10.1002/(SICI)1097-0010(199910)79:13<1775::AID-JSFA435>3.0.CO;2-1

45. Cappelaere L., Le Cour Grandmaison J., Martin N., Lambert W. Amino Acid Supplementation to Reduce Environmental Impacts of Broiler and Pig

Production: A Review. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. Vol. 8. P. 689259. doi:10.3389/fvets.2021.689259

46. Carellos D.D.C., Lima J.A.D.F., Fialho E.T., Freitas R.T.F.D.F., Silva H.O., Branco P.A.C., Souza Z.A.D., Neto J.V. Evaluation of sunflower meal on growth and carcass traits of finishing pigs. *Ciência e Agrotecnologia*. 2005. Vol. 29(1). P. 208–215. doi:10.1590/S1413-70542005000100026

47. Cater C.M., Gheyasuddin S., Mattil K.F. The Effect of Chlorogenic, Quinic, and Caffeic Acids on the Solubility and Color of Protein Isolates, Especially from Sunflower Seed. *Cereal Chemistry*. 1972. Vol. 49. P. 508–513.

48. Choct M., Dersjant-Li Y., McLeish J., Peisker M. Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: A review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry. *Asian-Australasian journal of animal sciences*. 2010. Vol. 23. P. 1386–1398.

49. Cobb Broiler Management Guide, 2022. <https://www.cobbvantress.com/resource/management-guides>

50. Cortamira O., Gallego A., Kim S.W. Evaluation of twice decorticated sunflower meal as a protein source compared with soybean meal in pig diets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2000. Vol. 13(9). P. 1296–1303. doi:10.5713/ajas.2000.1296

51. Costa M.C.R., Silva C.A., Pinheiro J.W., Fonseca N.A.N., Souza N.E., Visentainer J.V., Belé J.C., Borosky J.C., Mourinho F.L., Agostini P.S. Use of sunflower pie in pig feeding in the growing and finishing stages: effects on performance on carcass characteristics. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2005. Vol. 34(5). P. 1581–1588. doi:10.1590/S1516-35982005000500019

52. CVB, Centraal Veevoederbureau (Netherlands), 2021. CVB Feed Table 2021. Chemical composition and nutritional values of feedstuffs. Accessed Oct. 19, 2024 from: <https://www.cvbdiervoeding.nl/bestand/10741/cvb-feed-table-2021.pdf.ashx>

53. Dadalt J.C., Velayudhan D.E., Trindade Neto M.A., Slominski B.A., Nyachoti C.M. Ileal amino acid digestibility in high protein sunflower meal and pea

protein isolate fed to growing pigs with or without multi-carbohydrase supplementation. *Animal Feed Science and Technology*. 2016. Vol. 221. P. 62–69. doi:10.1016/j.anifeedsci.2016.08.015

54. Da Silva C.A., Pinheiro, J.W., Fonseca, N.A.N., Cabrera, L., Hoshi, E.H., Sarubbi, J., daCosta, M.C.R., daPacheco, G.D., Telles, H., Hideshima, C.S., deSouza, N.E. Sunflower seed to swine on growing and finishing phase: digestibility, performance and carcass quality. *Semina: Ciências Agrárias*. 2003. Vol. 24(1). P. 253–261. doi:10.5433/1679-0359.2003v24n1p93

55. de Araújo, W.A.G., Albino, L.F.T., Rostagno, H.S., Hannas, M.I., Luengas, J.A.P., de Oliveira Silva, F.C., Carvalho, T.A., Maia, R.C. Sunflower meal and supplementation of enzyme complex in diets for growing and finishing pigs. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. 2014. Vol. 51(1). P. 49–59. doi:10.11606/issn.1678-4456.v51i1p49-59

56. de Quelen F., Garcia-Launay F., Wilfart A., Dourmad J.-Y., Labussière E. Eco-friendly diet: nutrient digestibility, nitrogen and energy balances and growth performance of growing pigs. *Journal of Animal Science*. 2024. Vol. 102. P. skae203. doi:10.1093/jas/skae203

57. del Rio A.R., Boom R.M., Janssen A.E.M. Effect of fractionation and processing conditions on the digestibility of plant proteins as food ingredients. *Journal of Food Process Engineering*. 2022. Vol. 11. P. 870. doi:10.3390/foods11060870

58. De Moraes Oliveira V.R., de Arruda A.M.V., Silva L.N.S., de Souza J.B.F., de Queiroz J.P.A.F., da Silva Melo A., Holanda J.S. Sunflower meal as a nutritional and economically viable substitute for soybean meal in diets for free-range laying hens. *Animal Feed Science and Technology*. 2016. Vol. 220. P. 103–108. doi:10.1016/j.anifeedsci.2016.07.015

59. De Vries S., Lannuzel C. Fibres in a context of low-protein diets and alternatives to soybean Meal. *Animal - Science proceedings*. 2021. Vol. 12. P. 265–266.

60. Diekmann S., Drusch S., Brueckner-Guehmann M. Interfacial and emulsion properties of albumin-rich fractions from sunflower seeds. *Journal of the*

American Oil Chemists' Society. 2024. Vol. 101(6). P. 253–259.
doi:10.1002/aocs.12815

61. Đorđević V., Djordjevic J., Baltic M., Laudanović M., Teodorović V., Boskovic C.M., Peurača M., Markovic R. Effect of Sunflower, Linseed and Soybean Meal in Pig Diet on Chemical Composition, Fatty Acid Profile of Meat and Backfat, and Its Oxidative Stability. *Acta Veterinaria*. 2016. Vol. 66. P. 359–372. doi:10.1515/acve-2016-0031.

62. Egeli A.K., Framstad T., Morberg H. Clinical Biochemistry, Haematology and Body Weight in Piglets. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 1998. Vol. 39. P. 381–393. doi:10.1186/BF03547786

63. Enrique M.-F., Dunford N.T., Salas J.J. Sunflower: Chemistry, Production, Processing, and Utilization. 1st edition. Academic Press and AOCS Press, 2015. 728 p.

64. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Agricultural production statistics 2000–2022. FAOSTAT Analytical Briefs. 2023. No. 79. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc9205en> (Accessed December 2024).

65. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2023. Food and Agriculture Data. <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (Accessed December 2023).

66. Fariborz K., Fariba R. A review of plant anti-nutritional factors in animal health and production: The classification, biological properties, and the passivation strategy. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2024. Vol. 18. P. 101290. doi:10.1016/j.jafr.2024.101290

67. Ferri I., Dell'Anno M., Quiese A., Castiglioni B., Cremonesi P., Biscarini F., Canala B., Santoru M., Colombini A., Ruffo G., Baldi A., Rossi L. Microbiota modulation by the inclusion of *Tenebrio molitor* larvae as alternative to fermented soy protein concentrate in growing pigs diet. *Veterinary Research Communications*. 2024. Vol. 49(1). P. 26. doi:10.1007/s11259-024-10588-6

68. Fiorilla E., Gariglio M., Martinez-Miro S., Rosique C., Madrid J., Montalban A., Biasato I., Bongiorno V., Cappone E.E., Soglia D., Schiavone A.

Improving sustainability in autochthonous slow-growing chicken farming: Exploring new frontiers through the use of alternative dietary proteins. *Journal of Cleaner Production*. 2024. Vol. 434. P. 140041. doi:10.1016/j.jclepro.2023.140041

69. Florou-Paneri P., Christaki E., Giannenas I., Bonos E., Skofus I., Tsinas A., Tzora A., Peng J. Alternative protein sources to soybean meal in pig diets. *Journal of Agriculture, Food, Environment and Animal Sciences*. 2014. Vol. 12(2). P. 655–660.

70. Franke B., Colgrave M.L., Mylne J.S., Rosengren K.J. Mature forms of the major seed storage albumins in sunflower: A mass spectrometric approach. *Journal of Proteomics*. 2016. Vol. 147. P. 177–186. doi:10.1016/j.jprot.2016.05.004

71. Fritsch C., Heinrich V., Vogel R.F., Toelstede S. Phenolic acid degradation potential and growth behavior of lactic acid bacteria in sunflower substrates. *Food Microbiology*. 2016. Vol. 57. P. 178–186. doi:10.1016/j.fm.2016.03.003

72. Galet O., Kapel R., Albe Slabi S. A sunflower seed protein isolate and a process for producing the same, 2020. Patent WO2020128051A1-1.

73. Galet O., Ndiaye M., Bianeis M. A sunflower seed protein concentrate and process for the production thereof, 2022. Patent WO2022058566A1.

74. Gallo L., Dalla Montà G., Carraro L., Cecchinato A., Carnier P., Schiavon S. Growth performance of heavy pigs fed restrictively diets with decreasing crude protein and indispensable amino acids content. *Livestock Science*. 2014. Vol. 161. P. 130–138. doi:10.1016/j.livsci.2013.12.027

75. García-Gudiño J., López-Parra M., Hernández-García F.I., Barraso C., Izquierdo M., Lozano M.J., Matías J. Use of *Lupinus albus* as a Local Protein Source in the Production of High-Quality Iberian Pig Products. *Animals*. 2024. Vol. 14. P. 273682408. doi:10.3390/ani14213084

76. Gerzilov V., Petrov P. B. Effects of partial substitution of soybean meal with high protein sunflower meal in broiler diets. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2022. Vol. 28 (1). P. 151–157.

77. Giannini V., Maucieri C., Vameralli T., Zanin G., Schiavon S., Pettenella D., Bona S., Borin M. Sunflower: From Cortuso's Description (1585) to Current Agronomy, Uses and Perspectives. *Agriculture*. 2022. Vol. 12. P. 1978. doi:10.3390/agriculture12121978
78. González-Pérez S. In: Sunflower chemistry, production, processing and utilization. Martínez-Force E., Dunford N.T., Salas J.J., editors. Academic Press and AOCS Press; Urbana, Illinois, 2015. P. 331–393.
79. González-Pérez S., Merck K.B., Vereijken J.M., van Koningsveld G.A., Gruppen H., Voragen A.G. Isolation and characterization of undenatured chlorogenic acid free sunflower (*Helianthus annuus*) proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002. Vol. 50(6). P. 1713–1719. doi:10.1021/jf011245d
80. González-Pérez S., Vereijken J., Merck K., van Koningsveld G., Gruppen H., Voragen A. Conformational States of Sunflower (*Helianthus annuus*) Helianthinin: Effect of Heat and pH. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2004. Vol. 52. P. 6770–6778. doi:10.1021/jf049612j
81. González-Pérez S., Vereijken J.M. Sunflower proteins: Overview of their physicochemical, structural and functional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2007. Vol. 87. P. 2173–2191. doi:10.1002/jsfa.2971
82. González-Pérez S., Vereijken J., van Koningsveld G., Gruppen H., Voragen A. Physicochemical Properties of 2S Albumins and the Corresponding Protein Isolate from Sunflower (*Helianthus annuus*). *Journal of Food Science*. 2005. Vol. 70. P. 98–103. doi:10.1111/j.1365-2621.2005.tb09029.x
83. Grabež V., Egelanddal B., Kjos N.P., Håkenåsen I.M., Mydland L.T., Vik J.O., Hallenstvedt E., Devle H., Øverland M. Replacing soybean meal with rapeseed meal and faba beans in a growing-finishing pig diet: Effect on growth performance, meat quality and metabolite changes. *Meat Science*. 2020. Vol. 166. P. 108134. doi:10.1016/j.meatsci.2020.108134
84. Graziosi M.V., Luise D., Amarie R.E., Correa F., Elmi A., Viridis S., Trevisi P. A growing-finishing diet formulated to reduce the soybean meal does not compromise the growth performance, health, behaviour and gut health of Italian heavy

pigs. *Italian Journal of Animal Science*. 2024. Vol. 23(1). P. 1507–1523. doi:10.1080/1828051X.2024.2409349

85. Gultekin Subasi B., Yıldırım Elikoğlu S., Altın O., Erdoğan F., Mohammadifar M.A., Capanoglu E. Non-thermal Approach for Electromagnetic Field Exposure to Unfold Heat-Resistant Sunflower Protein. *Food and Bioprocess Technology*. 2022. Vol. 16. P. 1–14. doi:10.1007/s11947-022-02929-7

86. Guo S., Ge Y., Na Jom K. A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common sunflower seed and sprouts (*Helianthus annuus L.*). *Chemistry Central Journal*. 2017. Vol. 11(1). P. 95. doi:10.1186/s13065-017-0328-7

87. Hadidi M., Aghababaei F., McClements D.J. Sunflower meal/cake as a sustainable protein source for global food demand: Towards a zero-hunger world. *Food Hydrocolloids*. 2024. Vol. 147. P. 109329. doi:10.1016/j.foodhyd.2023.109329

88. Haldar S., Arora S.S., Dhara A.K., Debnath A. Partial replacement of soybean meal with cottonseed meal in diets of broiler chicken sustains performance by upregulating the expression of nutrient transporter genes in small intestine. *Journal of Applied Poultry Research*. 2025. Vol. 34(1). P. 100503. doi:10.1016/j.japr.2024.100503

89. Henry M.H., Pesti G.M., Bakalli R., Lee J., Toledo R.T., Eitenmiller R.R., Phillips R.D. The performance of broiler chicks fed diets containing extruded cottonseed meal supplemented with lysine. *Poultry Science*. 2001. Vol. 80. P. 762–768. doi:10.1093/ps/80.6.762

90. He Z., Liu S., Wen X., Cao S., Zhan X., Hou L., Li Y., Chen S., Zheng H., Deng D., Gao K., Yang X., Jiang Z., Wang L. Effect of mixed meal replacement of soybean meal on growth performance, nutrient apparent digestibility, and gut microbiota of finishing pigs. *Frontiers in Veterinary Science*. 2024. Vol. 11. P. 1321486. doi:10.3389/fvets.2024.1321486

91. Hoehnel A., Axel C., Be J., Arendt E.K., Zannini E. Comparative analysis of plant-based high-protein ingredients and their impact on quality of high-protein

bread. *Journal of Cereal Science*. 2019. Vol. 89. P. 102816. doi:10.1016/j.jcs.2019.102816

92. Honaker L., Eijffius A., Plankensteiner L., Nikiforidis C.V., Deshpande S. Biosensing with Oleosin-Stabilized Liquid Crystal Droplets. *Small*. 2024. Vol. 20. P. e2309053. doi:10.1002/smll.202309053

93. Hong J., Hansel E., Perez-Palencia J., Levesque C. Growth performance, nutrient digestibility, and carcass traits of turkey toms fed high sunflower meal containing diets with enzyme supplementation. *Journal of Applied Poultry Research*. 2024. Vol. 33. P. 100441. doi:10.1016/j.japr.2024.100441

94. Huang X., Li Y., Cui C., D. Sun-Waterhouse D. Structural, functional properties, and in vitro digestibility of sunflower protein concentrate as affected by extraction method: Isoelectric precipitation vs ultrafiltration. *Food Chemistry*. 2024. Vol. 439. P. 138090. doi:10.1016/j.foodchem.2023.138090

95. Hulan H.W., Proudfoot F.G. Replacement of soybean meal in chicken broiler diets by rapeseed meal and fish meal complementary sources of dietary protein. *Canadian Journal of Animal Science*. 1981. Vol.61. P. 999–1004.

96. Hur S.J., Park G.B., Joo S.T. A comparison of the effects of dietary conjugated linoleic acid contents, cholesterol, lipid oxidation and drip loss in pork loin and chicken breast. *Journal of Muscle Foods*. 2007. Vol. 18(3). P. 264–275. doi:10.1111/j.1745-4573.2007.00082.x

97. Ibagon J.A., Espinosa C.D., Stein H.H. Production region does not influence digestibility of calcium or phosphorus in sunflower co-products fed to growing pigs, but microbial phytase increases digestibility of both calcium and phosphorus. *Animal Feed Science and Technology*. 2025. Vol. 320. P. 116221. doi:10.1016/j.anifeedsci.2025.116221

98. Ibagon J.A., Lee S.A., Stein H.H. Metabolizable energy and apparent total tract digestibility of energy and nutrients differ among samples of sunflower meal and sunflower expellers fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*. 2023. Vol. 101. P. 117. doi:10.1093/jas/skad117

99. Ibagon J.A., Lee S.A., Stein H.H. Sunflower expellers have greater ileal digestibility of amino acids than sunflower meal, but there are only minor variations among different sources of sunflower meal when fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*. 2021. Vol. 99(8). P. 198. doi:10.1093/jas/skab198
100. Iliev A., Dushkova M., Zsivanovits G., Iserliyska D. Sequential implementation of isoelectric precipitation followed by ultrafiltration for production of sunflower protein isolates. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. 2024. Vol. 59. P. 761–767. doi:10.59957/jctm.v59.i4.2024.2
101. Ishii A.K., Toto P.C., Were L. Color and structural modifications of alkaline extracted sunflower protein concentrates and isolates using L-cysteine and glutathione. *Food Research International*. 2021. Vol. 147. P. 110574. doi:10.1016/j.foodres.2021.110574
102. Jayasena A., Franke B., Rosengren J., Mylne J. A tripartite approach identifies the major sunflower seed albumins. *Theoretical and Applied Genetics*. 2016. Vol. 129. P. 613–629. doi:10.1007/s00122-015-2653-3
103. Jia W., Sethi D.S., van der Goot A.J., Keppler J.K. Covalent and non-covalent modification of sunflower protein with chlorogenic acid: Identifying the critical ratios that affect techno-functionality. *Food Hydrocolloids*. 2022. Vol. 131. P. 107800. doi:10.1016/j.foodhyd.2022.107800
104. Jia W., Sutanto I.R., Keppler J., G.A. Jan G.A. Effect of Aqueous Ethanol Washing on Functional Properties of Sunflower Materials for Meat Analogue Application. *Food Structure*. 2022. Vol. 33. P. 1002742022. doi:10.2139/ssrn.4037400
105. Jolazadeh A., Mohammadabadi T. Effect of treated sunflower meal with tannin extracted from pistachio hulls on in vitro gas production and ruminal fermentation. *Veterinary Research Forum*. 2017. Vol. 8(3). P. 203–208.
106. Jørgensen H., Sauer W.C., Thacker P.A. Amino acid availabilities in soybean meal, sunflower meal, fish meal and meat and bone meal fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*. 1984. Vol. 58. P. 926–934. doi:10.2527/jas1984.584926x
107. Jørgensen H., Zhao S.-Q., Bach Knudsen K.E., Eggum B.O. The influence of dietary fiber source and level on the development of the gastrointestinal tract,

- digestibility and energy metabolism in broiler chickens. *British Journal of Nutrition*. 1996. Vol. 75. P. 379–395. doi:10.1079/bjn19960141
108. Jundi Liu X.X.P.F. Evaluation of energy digestibility and prediction of digestible and metabolisable energy in sunflower seed meal fed to growing pigs. *Italian Journal of Animal Science*. 2015. Vol. 1. P. 3533. doi:10.4081/ijas.2015.3533
109. Kader J.C. Lipid-transfer proteins in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 1996. Vol. 47. P. 627–654. doi:10.1146/annurev.arplant.47.1.627
110. Kalmendal R., Elwinger K., Holm L., Tauson R. High-fibre sunflower cake affects small intestinal digestion and health in broiler chickens. *British Poultry Science*. 2011. Vol. 52(1). P. 86–96. doi:10.1080/00071668.2010.547843
111. Kalmendal R., Wall H. Effects of a high oil and fibre diet and supplementary roughage on performance, injurious pecking and foraging activities in two layer hybrids. *British Poultry Science*. 2012. Vol. 53(2). P. 153–161. doi:10.1080/00071668.2012.682146
112. Kamagate S., Yapo P., Baudouin A., Kokoré, Mathieu B. Hematological Profile of Broilers and Local Chickens in Korhogo, Côte d'Ivoire. *International Journal of Agriculture, Environment and BioResearch*. 2021. Vol. 6. P. 2456–2864. doi:10.35410/IJAEB.2021.5618.
113. Karefyllakis D., Altunkaya S., Berton-Carabin C.C., van der Goot A.J., Nikiforidis C.V. Physical bonding between sunflower proteins and phenols: Impact on interfacial properties. *Food Hydrocolloids*. 2017. Vol. 73. P. 326–334. doi:10.1016/j.foodhyd.2017.07.018
114. Karefyllakis D., Octaviana H., van der Goot A.J., Nikiforidis C.V. The emulsifying performance of mildly derived mixtures from sunflower seeds. *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 88. P. 75–85. doi:10.1016/j.foodhyd.2018.09.037
115. Kaspchak E., Mafra L.I., Mafra M.R. Effect of heating and ionic strength on the interaction of bovine serum albumin and the antinutrients tannic and phytic acids, and its influence on in vitro protein digestibility. *Food Chemistry*. 2018. Vol. 252. P. 1–8. doi:10.1016/j.foodchem.2018.01.089

116. Kaur R., Ghoshal G. Sunflower protein isolates-composition, extraction and functional properties. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2022. Vol. 306. P. 102725. doi:10.1016/j.cis.2022.102725
117. Khanashyam A.C., Shanker M.A., Babu K., Thorakkattu P., Krishnan R., Abdullah S., Bekhit A. Clements D., Santivarangkna C., Nirmal N. Critical Reviews in Biotechnology Emerging alternative food protein sources: production process, quality parameters, and safety point of view Emerging alternative food protein sources: production process, quality parameters, and safety point of view. *Critical Reviews in Biotechnology*. 2024. Vol. 45. P. 1. doi:10.1080/07388551.2024.2341902
118. Khan M., Chand N., Khan S., Naz S., Alrefaei A.F., Chandrasekaran A., Khan R.U. Partial replacement of soybean meal with *Musca domestica* larvae meal in broiler diets: implications for growth performance, nutrient utilization, hemato-biochemical profile and organoleptic characteristics. *Archives Animal Breeding*. 2024. Vol. 67. P. 247–257. doi:10.5194/aab-67-247-2024
119. Khattab A., El-Sabrou K., et al. Effect of replacing soybean meal with sunflower protein concentrate on broiler performance. *Poultry Science*. 2024. Vol. 103, No. 1. P. 102489. doi:10.1016/j.psj.2023.102489
120. Kheto A., Manikpuri S., Sarkar A., Das R., Bebartta R., Kumar Y., Bist Y., Vashishth R., Sehrawat R. How Pulse Electric Field Treatment affects Anti-nutritional Factors and Plant Protein Digestibility: A Concise Review. *Food Bioscience*. 2024. Vol. 61. P. 104849. doi:10.1016/j.fbio.2024.104849
121. Khidr R., Elbaz A. Role of Feed Additives in Poultry Feeding under Marginal Environmental Conditions. In book: *Feed Additives - Recent Trends in Animal Nutrition*, 2024. doi:10.5772/intechopen.112130
122. Kim J., Paik H.Y., Joung H., Woodhouse L.R., Li S., King J.C. Effect of dietary phytate on zinc homeostasis in young and elderly Korean women. *Journal of the American College of Nutrition*. 2007. Vol. 26(1). P. 1–9. doi:10.1080/07315724.2007.10719579

123. Kim J.W., Lee J., Nyachoti C.M. Net Energy of high-protein sunflower meal fed to growing pigs and effect of dietary phosphorus on measured values of NE. *Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 98(1). P. skz387. doi:10.1093/jas/skz387
124. Kocher A., Choct M., Porter M.D., Broz J. The effects of enzyme addition to broiler diets containing high concentrations of canola or sunflower meal. *Poultry Science*. 2000. Vol. 79. P. 1767–1774. doi:10.1093/ps/79.12.1767
125. Kotecka-Majchrzak K., Sumara A., Fornal E., Montowska M. Oilseed proteins - Properties and application as a food ingredient. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 106. P. 160-170. doi:10.1016/j.tifs.2020.10.004
126. Kortt A., Caldwell J. Sunflower 11S globulin, susceptibility to proteolytic cleavage of the subunits of native helianthinin during isolation: HPLC fractionation of the subunits. *Phytochemistry*. 1990. Vol. 29. P. 1389–1396. doi:10.1016/0031-9422(90)80087-W
127. Kroll J. Selected functional properties of detoxified rapeseed protein preparates effected by phytic acid. *Nahrung-food - NAHRUNG*. 1991. Vol. 35. P. 619–624. doi:10.1002/food.19910350610
128. Kruger J., Taylor J.R., Du X., De Moura F.F., Lönnerdal B., Oelofse A. Effect of phytate reduction of sorghum, through genetic modification, on iron and zinc availability as assessed by an in vitro dialysability bioaccessibility assay, Caco-2 cell uptake assay, and suckling rat pup absorption model. *Food Chemistry*. 2013. Vol. 141(2). P. 1019–1025. doi:10.1016/j.foodchem.2013.01.105
129. Kruk J., Aboul-Enein B.H., Duchnik E., Marchlewicz M. Antioxidative properties of phenolic compounds and their effect on oxidative stress induced by severe physical exercise. *Journal of Physiological Sciences*. 2022. Vol. 72. P. 19. doi:10.1186/s12576-022-00845-1
130. Kuijpers T.F., Narváez-Cuenca C.E., Vincken J.P., Verloop A.J., van Berkel W.J., Gruppen H. Inhibition of enzymatic browning of chlorogenic acid by sulfur-containing compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012. Vol. 60(13). P. 3507–3514. doi:10.1021/jf205290w

131. Kumar K., Debnath P., Singh S., Kumar N. An Overview of Plant Phenolics and Their Involvement in Abiotic Stress Tolerance. *Stresses*. 2023. Vol. 3(3). P. 570–585. doi:10.3390/stresses3030040
132. Kumar V., Sinha A., Makkar H., Becker K. Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition A review. *Food Chemistry*. 2010. Vol. 120(4). P. 945–959. doi:10.1016/j.foodchem.2009.11.052
133. Kuzmenko L., Shostya A., Usenko S., Polishuk A., Ilchenko M., Shaferivskyi B. The influence of sunflower meal in feed on slaughter and meat quality of pigs. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*. 2024. Vol. 26(101). P. 48–55. doi:10.32718/nvlvet-f10108
134. Laguna O., Odinot E., Bisotto A., Baréa B., Villeneuve P., Sigoillot J.-C., Record E., Faulds C., Fine F., Lesage-Meessen L., Lomascolo A., Lecomte J. Release of phenolic acids from sunflower and rapeseed meals using different carboxylic esters hydrolases from *Aspergillus niger*. *Industrial Crops and Products*. 2019. Vol. 139. doi:10.1016/j.indcrop.2019.111579
135. Lannuzel C., Smith A., Mary A.L., Della Pia E.A., Kabel M.A., de Vries S. Improving fiber utilization from rapeseed and sunflower seed meals to substitute soybean meal in pig and chicken diets: A review. *Animal Feed Science and Technology*. 2022. Vol. 285. P. 115213. doi:10.1016/j.anifeedsci.2022.115213
136. Lee K.H., Lee M.C. Effect of Feeding locally produced sunflower oil as protein supplement on the performance of the broiler chicks. *Journal of Taiwan Livestock Research*. 1982. Vol. 15. P. 9–24.
137. Leeson S., Atteh J.O., Summers J.D. The replacement value of canola meal for soybean meal in poultry diets. *Canadian Journal of Animal Science*. 1987. Vol. 67. P. 151–158.
138. Lestingi A. Alternative and Sustainable Protein Sources in Pig Diet: A Review. *Animals (Basel)*. 2024. Vol. 14(2). P. 310. doi:10.3390/ani14020310
139. Le T., Ropars A., Aymes A., Frippiat J.-P., Kapel R. Multicriteria Optimization of Phenolic Compounds Capture from a Sunflower Protein Isolate Production Process by-Product by Adsorption Column and Assessment of Their

Antioxidant and Anti-Inflammatory Effects. *Foods*. 2021. Vol. 10. P. 760. doi:10.3390/foods10040760.

140. Levasseur-Garcia C., Castellanet P., Henry C., Florin C., Laporte M., Mirleau-Thebaud V., Plut S., Calmon A. Non-Destructive Analysis Using Near-Infrared Spectroscopy to Predict Albumin, Globulin, Glutelin, and Total Protein Content in Sunflower Seeds. *Sustainability*. 2024. Vol. 16. P. 737. doi:10.3390/su16020737

141. Li D., Yi G.F., Qiao S.Y., Zheng C.T., Xu X.X., Piao X.S.. Use of chinese sunflower meal as a nonconventional protein feedstuff for growing-finishing pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2000. Vol. 13. P. 666–672. doi:10.5713/ajas.2000.666

142. Linn H.E., Byron M.-L., Kuiper R.V., Bendik O.D., Rocha S.D.C., Djordjevic B., Øverland M. Fermented sunflower meal in diets for Atlantic salmon under commercial-like farming conditions promotes gut lactic acid bacteria and controls inflammation in the distal intestine. *Aquaculture*. 2025. Vol. 595(1). P. 741517. doi:10.1016/j.aquaculture.2024.741517

143. Lira-Ricárdez J., Bermúdez B., Cabello L. Value Addition of Sunflower Seed Meal to Overcome Protein Needs. In: Kumar M., Punia Bangar S., Panesar P.S. (eds) *Oilseed Meal as a Sustainable Contributor to Plant-Based Protein*. Springer, Cham, 2024. P. 205–220. doi:10.1007/978-3-031-47880-2_10

144. Lockett S., Sessions R., Michaelson L., Naldrett M., Clarke A., Fido R., Tatham A., Shewry P. Amino Acid Sequence and Molecular Modelling of a Lipid Transfer Protein from Sunflower (*Helianthus annuus L.*) Seeds. *Protein and Peptide Letters*. 2001. Vol. 8. P. 241–248. doi:10.2174/0929866013409319

145. Lu S., Taethaisong N., Meethip W., Surakhunthod J., Sinpru B., Sroichak T., Archa P., Thongpea S., Paengkoum S., Aprilia R. Nutritional Composition of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens L.*) and its Potential Uses as Alternative Protein Sources in Animal Diets: A Review. *Insects*. 2022. Vol. 13. P. 831. doi:10.3390/insects13090831

146. Malik M.A., Sharma H.K., Saini C.S. Effect of removal of phenolic compounds on structural and thermal properties of sunflower protein isolate. *Journal of Food Science and Technology*. 2016. Vol. 53(9). P. 3455–3464. doi:10.1007/s13197-016-2320-y
147. Malik M.A., Sharma H.K., Saini C.S. High intensity ultrasound treatment of protein isolate extracted from dephenolized sunflower meal: Effect on physicochemical and functional properties. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2017. Vol. 39. P. 511–519. doi:10.1016/j.ultsonch.2017.05.026
148. Marchal L., Bello A., Archer G., Sobotik E.B., Dersjant-Li Y. Total replacement of soybean meal with alternative plant-based ingredients and a combination of feed additives in broiler diets from 1 day of age during the whole growing period. *Poultry Science*. 2024. Vol. 103(7). P. 103854. doi:10.1016/j.psj.2024.103854
149. Mariana I., Ungureanu N., Biris S.-S., Voicu G., Dincă M. Actual methods for obtaining vegetable oil from oilseeds. *TE-RE-RD*. 2013. P. 167–172.
150. Martínez-Aispuro J., Figueroa J., Sánchez-Torres M.T., Cordero-Mora J., Martínez-Aispuro M. High-fiber diets for fattening pigs. *Agro Productividad*. 2023. Vol. 8. P. 1. 10.32854/agrop.v16i7.2419.
151. Mbukwane M., Nkukwana T., Plumstead P., Snyman N. Sunflower Meal Inclusion Rate and the Effect of Exogenous Enzymes on Growth Performance of Broiler Chickens. *Animals*. 2022. Vol. 12. P. 253. doi:10.3390/ani12030253
152. McAuley M., Buijs S., Muns R., Gordon A., Palmer M., Meek K., O’Connell N. Effect of reduced dietary protein level on finishing pigs’ harmful social behaviour before and after an abrupt dietary change. *Applied Animal Behaviour Science*. 2022. Vol. 256. P. 105762. doi:10.1016/j.applanim.2022.105762
153. McAuliffe G.A., Chapman D.V., Sage C.L. A thematic review of life cycle assessment (LCA) applied to pig production. *Environmental Impact Assessment Review*. 2016. Vol. 56. P. 12–22. doi:10.1016/j.eiar.2015.08.008
154. Mendo S., Costa I., Cattaneo S., Masotti F., Stuknyte M., Noni I., Foschino R. Fermented blend from sunflower seed press-cake and bovine sweet whey:

Protein breakdown during in vitro gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*. 2024. Vol. 23. P. 101745. P. 10.1016/j.fochx.2024.101745

155. Minussi I., Gerrits W.J.J., Jansman A.J.M., Gerritsen R., Lambert W., Zonderland J.J., Bolhuis J.E. Amino acid supplementation counteracts negative effects of low protein diets on tail biting in pigs more than extra environmental enrichment. *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13(1). P. 19268. doi:10.1038/s41598-023-45704-0

156. Mohammed A.B., Doma U.D., Bello K.M., Yusuf S.Z., Alhassan N.M. Performance and Economics of Production of Broiler Chickens Fed Dietary Levels of Toasted Full Fat Sunflower Seed Meal (*Helianthus annuus*). *Nigerian Journal of Animal Science and Technology*. 2020. Vol. 3(2). P. 197–205.

157. Molina I., Petruccelli S., Añón M. Effect of pH and Ionic Strength Modifications on Thermal Denaturation of the 11S Globulin of Sunflower (*Helianthus annuus*). *Journal of agricultural and food chemistry*. 2004. Vol. 52. P. 6023–6029. doi:10.1021/jf0494175

158. Montalbán A., Madrid J., Hernández F., Schiavone A., Ruiz E., Sánchez C.J., Ayala L., Fiorilla E., Martínez-Miró S. The Influence of Alternative Diets and Whole Dry Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) on the Production Performance, Blood Status, and Egg Quality of Laying Hens. *Animals*. 2024. Vol. 14(17). P. 2550. doi:10.3390/ani14172550

159. Mordenti A.L., Martelli G., Brogna N., Nannoni E., Vignola G., Zaghini G., Sardi L. Effects of a soybean-free diet supplied to Italian heavy pigs on fattening performance, and meat and dry-cured ham quality. *Italian Journal of Animal Science*. 2012. Vol. 11(4). P. e80. doi:10.4081/ijas.2012.e80

160. Munawar Z., Amjid S., Ramzan F., Rafique A., Hassan S., Anwar U., Mehmood M., Farooq U., Khalid M.F., Mustafa R., Riaz M., Rahman M.A., Abbas W. Effects of partial soybean meal replacement with sunflower meal and non-starch polysaccharide degrading enzymes supplementation on broiler growth performance, nutrient digestibility, and gut morphology. *Veterinary World*. 2025. Vol. 18(3). P. 695–704. doi:10.14202/vetworld.2025.695-704

161. Mushtaq T., Sarwar M., Ahmad G., Mirza M.A., Nawaz H., Mushtaq M.M., Noreen U. Influence of canola meal-based diets supplemented with exogenous enzyme and digestible lysine on performance, digestibility, carcass, and immunity responses of broiler chickens. *Poultry Science*. 2007. Vol. 86. P. 2144–2151. doi:10.1093/ps/86.10.2144
162. Muttagi G., Joshi N. Physico-chemical composition of selected sunflower seed cultivars. *International Journal of Chemical Studies*. 2020. Vol. 8. P. 2095–2100. doi:10.22271/chemi.2020.v8.i4w.9936
163. Najmadeen S.K., Al-Dalawi R.H. The Effect of Improving the Nutritional Value of Local Sunflower Meal Used in Broiler Diets by Adding a Mixture of Enzymes and Its Effect on Productive and Physiological Performance. *5th International Conference of Modern Technologies in Agricultural Sciences*. 2024. Vol. 1371. P. 092006. doi:10.1088/1755-1315/1371/9/092006
164. Nedelkov K. A new approach for processing and use of sunflower meal. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2023. Vol. 29. P. 384–389.
165. Nedjoudj A., Boudebza A. Biochemical reference intervals in broiler chickens according to age and strain. *Agricultural Science and Technology*. 2021. Vol.13. P. 357–364. doi:10.15547/ast.2021.04.058
166. Nenova N., Drumeva M. Investigation on protein content and amino acid composition in the kernels of some sunflower lines. *Helia*. 2012. Vol. 35(56). P. 41–46. doi:10.2298/HEL1256041N
167. Neves G.N., Alonso E. Optimization of the subcritical water treatment from sunflower by-product for producing protein and sugar extracts. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2022. Vol. 14. doi:10.1007/s13399-022-02380-w
168. Neves G.N., Alonso E. Valorization of sunflower by-product using microwave-assisted extraction to obtain a rich protein flour: Recovery of chlorogenic acid, phenolic content and antioxidant capacity. *Food and Bioproducts Processing*. 2021. Vol. 125. P. 57–67. doi:10.1016/j.fbp.2020.10.008
169. Nguyen T.T., Olumodeji S.G., Chidgey K.L., Wester T.J., Realini C.E., Morel P.C.H. Increasing sustainability in pork production by using high inclusion

levels of co-products distillers dried grains with solubles, wheat middling and canola meal doesn't affect pig growth performance and meat quality but reduces boar taint. *Animal Bioscience*. 2023. Vol. 36(7). P. 1091–1100. doi:10.5713/ab.22.0468

170. Nikiforidis C.V. Structure and functions of oleosomes (oil bodies). *Advances in Colloid and Interface Science*. 2019. Vol. 274. P. 102039. doi:10.1016/j.cis.2019.102039

171. Nissar J., Ahad T., Hussain S., Naik H.R. A review phytic acid: As antinutrient or nutraceutical. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2017. Vol. 6(6). P. 1554–1560.

172. Nørgaard J.V., Fernández J.A., Jørgensen H. Ileal digestibility of sunflower meal, pea, rapeseed cake, and lupine in pigs, *Journal of Animal Science*. 2012. Vol. 90(4). P. 203–205. doi:10.2527/jas.53919

173. NRC. Nutrient Requirements of Swine. 11th rev ed National Academy Press; Washington DC, USA, 2012.

174. Nulevino I., Wani S., Mehraj I., Ullah P., Bhat S., Hamid A. Antimicrobial peptides from plants and microorganisms for plant disease management. *Plant Pathology*. 2024. Vol. 73. P. 13932. doi:10.1111/ppa.13932

175. Ogino A., Osada T., Takada R., Takagi T., Tsujimoto S., Tonoue T., Matsui D., Katsumata M., Yamashita T., Tanaka Y. Life cycle assessment of Japanese pig farming using low-protein diet supplemented with amino acids. *Soil Science and Plant Nutrition*. 2013. Vol. 59(1). P. 107–118. doi:10.1080/00380768.2012.730476

176. Oladapo O., Chrisanthi F., Ram M., Xiuhua L., Yasmina S. Solid-state fermented plant protein sources in the diets of broiler chickens: A review. *Animal Nutrition*. 2019. Vol. 5(4). P. 319–330. doi:10.1016/j.aninu.2019.05.005

177. Ologhobo A.D. Substitution of sunflower seed meal for soybean meal and groundnut meal in practical broiler diets. *Archive of Animal Nutrition*. 1991. Vol. 41(3). P. 513–520.

178. Omer H.A.A., Bakry B.A., El-Karamany M.F. Nutritional Impact of Incorporation Sunflower (*Helianthus annuus*) Seed Meal in Growing Barki Sheep Rations on Their Productive Performance, Water Consumption and Economic

Evaluation. *American-Eurasian Journal of Scientific Research*. 2021. Vol. 16(1). P. 39–52. doi:10.5829/idosi.aejsr.2021.39.52

179. Osborne T., Campbell G. The proteins of sunflower seed. *Journal of the American Chemical Society*. 1987. Vol. 19. doi:10.1021/ja02080a005

180. Özkan S., Bay V., Cömert Acar M., Yalcın S. Partial replacement of soybean with local alternative sources: effects on behavior, cecal microbiota, and intestinal histomorphometry of local chickens. *Frontiers in Veterinary Science*. 2024. Vol. 11. P. 1463301. doi:10.3389/fvets.2024.1463301

181. Ozturk E. Performance of broilers fed with different levels of sunflower meal supplemented with or without enzymes. *Indian Journal of Animal Research*. 2016. Vol. 51. P. 495–500. doi:10.18805/ijar.v0i0f.3799

182. Ozturk Z., Lille M., Rosa-Sibakov N., Sozer N. Impact of heat treatment and high moisture extrusion on the in vitro protein digestibility of sunflower and pea protein ingredients. *LWT*. 2024. Vol. 214. P. 117133. 10.1016/j.lwt.2024.117133.

183. Pantoja-Uceda D., Shewry P., Bruix M., Tatham A., Santoro J., Rico M. Solution Structure of a Methionine-Rich 2S Albumin from Sunflower Seeds: Relationship to Its Allergenic and Emulsifying Properties. *Biochemistry*. 2004. Vol. 43. P. 6976–6986. doi:10.1021/bi0496900

184. Parrado J., Bautista J., Machado A. Production of soluble enzymatic protein hydrolysate from industrially defatted nondehulled sunflower meal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1991. Vol. 3. P. 447–450. doi:10.1021/jf00003a004

185. Parrini S., Aquilani C., Pugliese C., Bozzi R., Sirtori F. Soybean Replacement by Alternative Protein Sources in Pig Nutrition and Its Effect on Meat Quality. *Animals (Basel)*. 2023. Vol. 13(3). P. 494. doi:10.3390/ani13030494

186. Pastrana-Pastrana Á.J., Rodríguez-Herrera R., Solanilla-Duque J.F., Flores-Gallegos A.C. Plant proteins, insects, edible mushrooms and algae: more sustainable alternatives to conventional animal protein. *Journal of Future Foods*. 2025. Vol. 5(3). P. 248–256. doi:10.1016/j.jfutfo.2024.07.004

187. Payvastegan S., Farhoomand P., Daneshyar M., Ghaffari M. Evaluation of different levels of canola meal on performance, organ weights, hepatic deiodinase

gene expression and thyroid morphology in broiler chickens. *Poultry Science*. 2017. Vol. 54. P. 282–291. doi:10.2141/jpsa.0160147

188. Pawar V.D., Patil J.N., Sakhale B., Agarkar B.S. Studies on nitrogen extractability of defatted sunflower meal. *Journal of Food Science and Technology*. 2001. Vol. 38. P. 217–219.

189. Pérez-Bonilla A., Frikha M., Mateos G.G. Ileal digestibility of amino acids in sunflower meal for laying hens. *British Poultry Science*. 2023. Vol. 64, No. 5. P. 689–699. doi:10.1080/00071668.2023.2212345

190. Petik I., Litvinenko O., Kalyna V., Ilinska O., Raiko V., Filenko O., Lutsenko M., Romanova T., Svishchova Y., Ivakin O. Development of extruded animal feed based on fat and oil industry waste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol. 2(11). P. 112–120. doi:10.15587/1729-4061.2023.275509

191. Petraru A., Ursachi F., Amariei S. Nutritional Characteristics Assessment of Sunflower Seeds, Oil and Cake. Perspective of Using Sunflower Oilcakes as a Functional Ingredient. *Plants (Basel)*. 2021. Vol. 10(11). P. 2487. doi:10.3390/plants10112487

192. Pickardt C., Eisner P., Kammerer D.R., Carle R. Pilot plant preparation of light-coloured protein isolates from de-oiled sunflower (*Helianthus annuus L.*) press cake by mild-acidic protein extraction and polyphenol adsorption. *Food Hydrocolloids*. 2015. Vol. 44. P. 208–219. doi:10.1016/j.foodhyd.2014.09.020

193. Pickardt C., Neidhart S., Griesbach C., Dube M., Knauf U., Kammerer D., Carle R. Optimisation of mild-acidic protein extraction from defatted sunflower (*Helianthus annuus L.*) meal. *Food Hydrocolloids*. 2009. Vol. 23. P. 1966–1973. doi:10.1016/j.foodhyd.2009.02.001

194. Pirgozliev V.R., Whiting I.M., Mansbridge S.C., Rose S.P. Sunflower and rapeseed meal as alternative feed materials to soybean meal for sustainable egg production, using aged laying hens. *British Poultry Science*. 2023. Vol. 64(5). P. 634–640. doi:10.1080/00071668.2023.2239176

195. Poirier A., Stocco A., Kapel R., In M., Ramos L., Banc A. Sunflower Proteins at Air–Water and Oil–Water Interfaces. *Langmuir*. 2021. Vol. 37. P. 2714–2727. doi:10.1021/acs.langmuir.0c03441
196. Pollock D.S., Janz D.M., Moya D., Seddon Y.M. Effects of wash protocol and contamination level on concentrations of cortisol and dehydroepiandrosterone (DHEA) in swine hair. *Animals*. 2021. Vol. 11(11). P. 3104. doi:10.3390/ani11113104
197. Pöri P., Lille M., Edelmann M., Aisala H., Santangelo D., Coda R., Sozer N. Technological and sensory properties of plant-based meat analogues containing fermented sunflower protein concentrate. *Future Foods*. 2023. Vol. 8. P. 100244. doi:10.1016/j.fufo.2023.100244
198. Povod M., Mykhalko O., Povochnikov M., Gutyj B., Koberniuk V., Shuplyk V., Ievstafieva Y., Buchkovska V. Efficiency of using high-protein sunflower meal instead of soybean meal in feeding of growing piglets. *Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2022. Vol. 22(4). P. 595–602.
199. Povod M.G., Mikhalko O.G., Shpetny M.B., Opara V.O. Productive qualities of fattening young pigs at different levels of protein in the diet. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*. 2021. Vol. 46. P. 79–84. doi:10.32845/bsnau.lvst.2021.3.10
200. Præstegaard K.F., Winther-Larsen A., Kousholt B.S. Hematological reference intervals for Danish crossbred Landrace Yorkshire Duroc (LYD) pigs used in biomedical research. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2025. Vol. 67. P. 11. doi:10.1186/s13028-025-00798-6
201. Prigent S.V.E., Voragen A., Li F., Visser A., van Koningsveld G., Gruppen H. Covalent interactions between amino acid side chains and oxidation products of caffeoylquinic acid (chlorogenic acid). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2008. Vol. 88. P. 10. doi:10.1002/jsfa.3275
202. Puttha R., Venkatachalam K., Hanpakdeesakul S., Wongsa J., Parametthanuwat T., Srean P., Pakeechai K., Charoenphun N. Exploring the Potential of Sunflowers: Agronomy, Applications, and Opportunities within Bio-Circular-Green Economy. *Horticulturae*. 2023. Vol. 9(10). P. 1079. doi:10.3390/horticulturae9101079

203. Rad F.H., Keshavarz K. Evaluation of the nutritional value of sunflower meal and the possibility of using sunflower meal for soybean meal in poultry diets. *Poultry Science*. 1976. Vol. 55(5). P. 1757–1765. doi:10.3382/ps.0551757
204. Rakita S., Kokić B., Manoni M., Mazzoleni S., Lin P., Luciano A., Ottoboni M., Cheli F., Pinotti L. Cold-Pressed Oilseed Cakes as Alternative and Sustainable Feed Ingredients: A Review. *Foods*. 2023. Vol. 12. P. 432. <https://doi.org/10.3390/foods12030432>
205. Rama Rao S.V., Raju M.V., Panda A.K., Reddy M.R. Sunflower seed meal as a substitute for soybean meal in commercial broiler chicken diets. *British Poultry Science*. 2006. Vol. 47. P. 592–598. doi:10.1080/00071660600963511
206. Ratanpaul V., Williams B.A., Black J.L., Gidley M.J. Review: Effects of fibre, grain starch digestion rate and the ileal brake on voluntary feed intake in pigs. *Animal*. 2019. Vol. 13(11). P. 2745–2754. doi:10.1017/S1751731119001459
207. Rawel H.M., Rohn S. Nature of hydroxycinnamate-protein interactions. *Phytochemistry Reviews*. 2010. Vol. 9. P. 93–109. doi:10.1007/s11101-009-9154-4
208. Raymond J., Inquello V., Azanza J.L. The seed proteins of sunflower: Comparative studies of cultivars. *Phytochemistry*. 1991. Vol. 30. P. 2849–2856. doi:10.1016/S0031-9422(00)98211-6
209. Rebol'e A., Rodriguez M.L., Ortiz L.T., Alzueta C., Centeno C., Trevino J. Mucilage in linseed: Effects on the intestinal viscosity and nutrient digestion in broiler chicks. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2002. Vol. 82. P. 1171–1176. doi:10.1002/jsfa.116
210. Rodriguez D.A., Sulabo R.C., Gonzalez-Vega J.C., Stein H.H. Energy concentration and phosphorus digestibility in canola, cottonseed, and sunflower products fed to growing pigs. *Canadian Journal of Animal Science*. 2013. Vol. 93. P. 493503. doi:10.4141/CJAS2013-020
211. Rodríguez-Sánchez R., Viveros A., González-Alvarado J.M. Sunflower meal as a partial replacement for soybean meal in broiler diets. *Animals*. 2023. Vol. 13, No. 2. P. 389. doi:10.3390/ani13020389

212. Ryvak H.P., Boyko G.I., Ryvak R.O. Comprehensive evaluation of soybean and sunflower processing products. *Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology*. 2021. Vol. 22(1). P. 191–196. doi:10.36359/scivp.2021-22-1.23

213. Saleh A.A., El-Awady A., Amber K., Eid Y.Z., Alzawqari M.H., Selim S., Soliman M.M., Shukry M. Effects of Sunflower Meal Supplementation as a Complementary Protein Source in the Laying Hen's Diet on Productive Performance, Egg Quality, and Nutrient Digestibility. *Sustainability*. 2021. Vol. 13(6). P. 3557. doi:10.3390/su13063557

214. Salgado P.R., Drago S.R., Ortiz S.E.M., Petruccelli S., Andrich O., González R.J., Mauri A.N. Production and characterization of sunflower (*Helianthus annuus L.*) protein-enriched products obtained at pilot plant scale. *LWT-food Science and Technology*. 2012. Vol. 45(1). P. 65–72. doi:10.1016/j.lwt.2011.07.021

215. Salgado P., Ortiz S., Petruccelli S., Mauri A. Sunflower Protein Concentrates and Isolates Prepared from Oil Cakes Have High Water Solubility and Antioxidant Capacity. *Journal of Oil & Fat Industries*. 2011. Vol. 88. P. 351–360. doi:10.1007/s11746-010-1673-z

216. Sangsoponjit S., Suphalucksana W., Srikijkasemwat K. Effect of Feeding Sunflower Meal on the Performance and Carcass Characteristics of Broiler Chickens. *Chemical Engineering Transactions*. 2017. Vol. 58. P. 841–846. doi:10.3303/CET1758141

217. Santori G., Nicola G., Moglie M., Polonara F. A review analyzing the industrial biodiesel production practice starting from vegetable oil refining. *Applied Energy*. 2012. Vol. 92. P. 109–132. doi:10.1016/j.apenergy.2011.10.031

218. Santos-Sánchez G., Miralles B., Brodkorb A., Dupont D., Egger L., Recio I. Current advances for in vitro protein digestibility. *Frontiers in Nutrition*. 2024. Vol. 11. P. 1404538. doi:10.3389/fnut.2024.1404538

219. Sanz M., López-Bote C., Menoyo D., Bautista J.M. Abdominal fat deposition and fatty acid synthesis are lower and β -oxidation is higher in broiler

chickens fed diets containing unsaturated rather than saturated fat. *Journal of Nutrition*. 2000. Vol. 130. P. 3034–3037. doi:10.1093/jn/130.12.3034

220. Sanz-Penella J.M., Haros M., et al. Functional properties of sunflower protein concentrates and their digestibility. *Food Hydrocolloids*. 2023. Vol. 142. P. 108709. doi:10.1016/j.foodhyd.2023.108709

221. Saricaoglu B., Yılmaz H., Subaşı B.G., Capanoglu E. Effect of de-phenolization on protein-phenolic interactions of sunflower protein isolate. *Food Research International*. 2023. Vol. 164. P. 112345. doi:10.1016/j.foodres.2022.112345

222. Schlemmer U., Frølich W., Prieto R.M., Grases F. Phytate in foods and significance for humans: food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2009. Vol. 53(2). P. 330–375. doi:10.1002/mnfr.200900099

223. Senkoylu N., Dale N. Nutritional evaluation of a high-oil sunflower meal in broiler starter diets. *Journal of Applied Poultry Research*. 2006. Vol. 15. P. 40–47. doi:10.1093/japr/15.1.40

224. Sen M., Bhattacharyya D. Nutritional quality of sunflower seed protein fraction extracted with isopropanol. *Plant foods for human nutrition (Dordrecht, Netherlands)*. 2000. Vol. 55. P. 265–278. doi:10.1023/A:1008152201872

225. Serra V., Pastorelli G., Tedesco D.E., Turin L., Guerrini A. Alternative protein sources in aquafeed: Current scenario and future perspectives. *Veterinary and Animal Science*. 2024. Vol. 25. P. 271480874. doi:10.1016/j.vas.2024.100381

226. Shahidi F. Bailey's industrial oil and fat products, six volume set. In: *Sunflower Oil*. edited by F. Shahidi & M.A. Grompone. 6th edn. Canada: Wiley online library, 2005. P. 655–730.

227. Shahidi F., Dissanayaka C. Phenolic-protein interactions: insight from in-silico analyses – a review. *Food Production, Processing and Nutrition*. 2023. Vol. 5. P. 2–21. doi:10.1186/s43014-022-00121-0

228. Shelton J.L., Hemann M.D., Strode R.M., Brashear G.L., Ellis M., McKeith F.K., Bidner T.D., Southern L.L. Effect of different protein sources on growth

and carcass traits in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*. 2001. Vol. 79(9). P. 2428–2435. doi:10.2527/2001.7992428x

229. Shkarban V. Market possibilities for high protein sunflower concentrate in poultry and swine farming. *Animal Science: Sustainable Livestock Production and Animal Welfare*. Kyiv : NUBiP of Ukraine, 2023.

230. Shkarban V. V., Sychoy M. Y. High-protein sunflower concentrate in piglet nutrition: efficiency, metabolic adaptation and optimal inclusion level. *Збірник наукових праць 80-ї Міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів і студентів «Сучасні технології у тваринництві та рибництві: навколишнє середовище, виробництво продукції, екологічні проблеми»*. *Amino acid precision in piglet nutrition: optimal isoleucine balance as a factor of growth and metabolic stability*. 2026. С. 117–118.

231. Shkarban V., Sychoy M. Inclusion of high-protein sunflower concentrate in diets of growing pigs. *Agriculture and Forestry*. 2026. Vol. 72 (1). P. 247-263. doi:10.17707/AgricultForest.72.1.15.

232. Shkarban V., Sychoy M. Metabolic adaptation of broilers under modification of the protein base of compound feed. *Science and Education as the Basis of Human Progress: Proceedings of the International Scientific Conference*. Rotterdam, 2025. doi:10.64076/iedc251206.23.

233. Shkarban V., Sychoy M. The effect of complete and partial replacement of soybean meals with highprotein sunflowers concentrate on the diet of broiler chickens on their growth parameters, meat productivity and meat quality. *Agriculture and Forestry*. 2025. Vol. 71, No. 4. P. 79–96. doi:10.17707/AgricultForest.71.4.05.

234. Shuaib M., Hafeez A., Paneru D., Kim W.K., Tahir M., Pokoo-Aikins A., Ullah O., Sufyan A. Exploring the Potential Effects of Soybean By-Product (Hulls) and Enzyme (Beta-Mannanase) on Laying Hens During Peak Production. *Animals*. 2025. Vol. 15. P. 98. doi:10.3390/ani15010098

235. Siddiqui S., Khalifa I., Yin T., Morsy M., Khoder R., Salauddin M., Farzana W., Sharma S., Khalid N. Valorization of plant proteins for meat analogues

design – a comprehensive review. *European Food Research and Technology*. 2024. Vol. 250. P. 2479–2513. doi:10.1007/s00217-024-04565-1

236. Sijpestijn G.F., Wezel A., Chriki S. Can agroecology help in meeting our 2050 protein requirements? *Livestock Science*. 2022. Vol. 256. P. 104822. doi:10.1016/j.livsci.2022.104822

237. Singh N., Kaur P., Katyal M. Challenges and Strategies for Utilization of Pulse Proteins. Editor(s): Pasquale Ferranti. *Sustainable Food Science - A Comprehensive Approach*. Elsevier, 2023. P. 184–191. doi:10.1016/B978-0-12-823960-5.00015-9

238. Singh P., Pandey V.K., Sultan Z., Singh R., Dar A.H. Classification, benefits, and applications of various anti-nutritional factors present in edible crops. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2023. Vol. 14. P. 100902. doi:10.1016/j.jafr.2023.100902

239. Singh R., Langyan S., Sangwan S., Rohtagi B., Khandelwal A., Shrivastava M. Protein for Human Consumption From Oilseed Cakes: A Review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2022. Vol. 6. P. 1–12. doi:10.3389/fsufs.2022.856401

240. Simović M., Banjanac K., Veljković M., Nikolić V., López-Revenga P., Montilla A., Moreno F.J., Bezbradica D. Sunflower Meal Valorization through Enzyme-Aided Fractionation and the Production of Emerging Prebiotics. *Foods*. 2024. Vol. 13(16). P. 2506. doi:10.3390/foods13162506

241. Skoufos I. Alternative protein sources to soybean meal in pig diets. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 2014. Vol. 12. P. 655–666.

242. Smith E., Etienne J., Montanari F. Alternative protein sources for food and feed. STOA: Panel for the Future of Science and Technology. Brussels, European Union, 2024. 82 p. doi:10.2861/999488

243. Sosa-Montes E., Martínez-Martínez U., Pro-Martínez A., González-Cerón F., GallegosSánchez J., Rodríguez-Ortega L.T. Nutritive value of full-fat dehulled sunflower seeds in diets for broiler chickens. *South African Journal of Animal Science*. 2021. Vol. 51(4). P. 544–549. doi:10.4314/sajas.v51i4.15

244. Sredanovic S., Levic J., Djuragic O. Enzyme enhancement of the nutritional value of sunflower meal. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2005. Vol. 21. P. 197–202.
245. Sucheong Y., Seong-Yong C., Chung-Gyu P., Wang-Jae L. Analysis of reference interval and age-related changes in serum biochemistry and hematology in the specific pathogen free miniature pig. *Laboratory animal research*. 2012. Vol. 28. P. 245-53. doi:10.5625/lar.2012.28.4.2
246. Taha F., Mohamed G., Mohamed S.H., Mohamed S.S., Kamil Mu. Optimization of the Extraction of Total Phenolic Compounds from Sunflower Meal and Evaluation of the Bioactivities of Chosen Extracts. *American Journal of Food Technology*. 2011. Vol. 6. P. 1002–1020. doi:10.3923/ajft.2011.1002.1020
247. Tamasgen N., Urge M., Girma M., Nurfeta A. Effect of dietary replacement of soybean meal with linseed meal on feed intake, growth performance and carcass quality of broilers. *Heliyon*. 2021. Vol. 7. P. e08297. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e08297
248. Tao A., Wang J., Luo B., Liu B., Wang Z., Chen X., Zou T., Chen J., You J. Research progress on cottonseed meal as a protein source in pig nutrition: An updated review. *Animal Nutrition*. 2024. Vol. 18. P. 220–233. doi:10.1016/j.aninu.2024.03.020
249. Tarahi M., Gharagozlou M., Niakousari M., Hedayati S. Protein–Chlorogenic Acid Interactions: Mechanisms, Characteristics, and Potential Food Applications. *Antioxidants*. 2024. Vol. 13(7). P. 777. doi:10.3390/antiox13070777
250. Tazeddinova D., Rahman Md., Hamdan S., Matin M., Bakri M.K., Rahman M. Plant Based Polyphenol Associations with Protein: A Prospective Review. *Bioresources*. 2022. Vol. 17. P. 7110–7134. doi:10.15376/biores.17.4.Tazeddinova2
251. Tessier R., Khodorova N., Calvez J., Kapel R., Quinsac A., Piedcoq J., Tomé D., Gaudichon C. ¹⁵N and ²H Intrinsic Labeling Demonstrate That Real Digestibility in Rats of Proteins and Amino Acids from Sunflower Protein Isolate Is Almost as High as That of Goat Whey. *Journal of Nutrition*. 2020. Vol. 150(3). P. 450–457. doi:10.1093/jn/nxz279

252. Thepthanee C., Li H., Wei H., Prakitchaiwattana C., Siriamornpun S. Effect of Soaking, Germination, and Roasting on Phenolic Composition, Antioxidant Activities, and Fatty Acid Profile of Sunflower (*Helianthus annuus L.*) Seeds. *Horticulturae*. 2024. Vol. 10(4). P. 387. doi:10.3390/horticulturae10040387
253. Thiputen S., Sawnongbua P., Rienglard P., Subepang Sayan. Effect of Feeding Full-fat Sunflower Seed Meal on Productive Performance and Carcass Traits of Broiler. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ*. 2022. Vol. 1. P. 23–29.
254. Thornton P., Gurney-Smith H., Wollenberg E.. Alternative sources of protein for food and feed. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2023. Vol. 62. P. 101277. doi:10.1016/j.cosust.2023.101277
255. Tranchino L., Costantino R., Sodini G. Food grade oilseed protein processing: sunflower and rapeseed. *Qualitas Plantarum Plant Foods for Human Nutrition*. 1983. Vol. 32. P. 305–334. doi:10.1007/BF01091192
256. Trevisi P., Luise D., Correa F., Bosi P. Timely control of gastrointestinal eubiosis: a strategic pillar of pig health. *Microorganisms*. 2021. Vol. 9(2). P. 313. doi:10.3390/microorganisms9020313
257. Tripathi M.K., Mishra A.S. Glucosinolates in animal nutrition: a review. *Animal Feed Science and Technology*. 2007. Vol. 132. P. 1–27.
258. Trombetta M.F., Mattii S. Sunflower expeller vs. soya meal in heavy pig production: performance and digestibility. *Italian Journal of Animal Science*. 2005. Vol. 4(sup2). P. 461–463. doi:10.4081/ijas.2005.2s.461
259. Tüzün A., Olgun O., Yıldız A., Gül E. Effect of Different Dietary Inclusion Levels of Sunflower Meal and Multi-Enzyme Supplementation on Performance, Meat Yield, Ileum Histomorphology, and Pancreatic Enzyme Activities in Growing Quails. *Animals*. 2020. Vol. 10. P. 680. doi:10.3390/ani10040680
260. USDA. Oilseeds: World Markets and Trade. Foreign Agricultural Service, 2024. URL: <https://www.fas.usda.gov/data/oilseeds-world-markets-and-trade> (дата звернення: 18.09.2025).

261. Václavková E., Daněk P., Rozkot M. Effect of sunflower in pig diet on fatty acid content in muscle and fat tissue of fattening pigs. *Research in pig breeding*. 2011. Vol. 5(1). P. 44–47.
262. Valdivie M., Sardinias O., Garcia J.A. The utilization of 20 % sunflower seed meal in broiler diets. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 1982. Vol. 16. P. 167–171.
263. Vangelisti A., Simoni S., Usai G., Mascagni F., Ventimiglia M., Natali L., Cavallini A., Giordani T. In Silico Genome-Wide Characterisation of the Lipid Transfer Protein Multigenic Family in Sunflower (*H. annuus L.*). *Plants (Basel)*. 2022. Vol. 11(5). P. 664. doi:10.3390/plants11050664
264. Vatansever S., Chen B., Hall C. Plant protein flavor chemistry fundamentals and techniques to mitigate undesirable flavors. *Sustainable Food Proteins*. 2024. Vol. 2(1). P. 33–57. doi:10.1002/sfp2.1025
265. Vidosavljević S., Bojanić N., Dragojlović D., Stojkov V., Sedlar T., Banjac V., Fišteš A. Application of Optimized Dry Fractionation Process for Nutritional Enhancement of Different Sunflower Meals. *Processes*. 2025. Vol. 13(1). P. 255. doi:10.3390/pr13010255
266. Vinícius A., Silva C., Vilela L., Rêgo M., Roldan R., Silva R., Lemos A., Oliveira W., Ferreira-Neto J., Crovella S., Iseppon A., Lima M. Lipid Transfer Proteins (LTPs)-Structure, Diversity and Roles beyond Antimicrobial Activity. *Antibiotics*. 2021. Vol. 10. P. 1281. doi:10.3390/antibiotics10111281
267. Waititu S.M., Sanjayan N., Hossain M.M., Leterme P., Nyachoti C.M. Improvement of the nutritional value of high-protein sunflower meal for broiler chickens using multi-enzyme mixtures. *Poultry Science*. 2018. Vol. 97. P 1245–1252. doi:10.3382/ps/pex418
268. Wang Y., Jian C. Sustainable plant-based ingredients as wheat flour substitutes in bread making. *NPJ npj Science of Food - Nature*. 2022. Vol. 6(1). P. 49. doi:10.1038/s41538-022-00163-1
269. Wanqing J., Divjyot S., Goot A.J., Keppler J. Covalent and non-covalent modification of sunflower protein with chlorogenic acid: Identifying the critical ratios

that affect techno-functionality. *Food Hydrocolloids*. 2022. Vol. 131. P. 107800. doi:10.1016/j.foodhyd.2022.107800

270. Wildermuth S.R., Young E.E., Were L.M. Chlorogenic acid oxidation and its reaction with sunflower proteins to form green-colored complexes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2016. Vol. 15. P. 829–843. doi:10.1111/1541-4337.12213

271. Woyengo T.A., Beltranena E., Zijlstra R.T. Nonruminant nutrition symposium: controlling feed cost by including alternative ingredients into pig diets: a review. *Journal of Animal Science*. 2014. Vol. 92. P. 1293–1305. doi:10.2527/jas.2013–7169

272. Xingru C., Haohui L., Qiaoling T., Haiwen Z., Tao L., Youhua W. Trends in the global commercialization of genetically modified crops in 2023. *Journal of Integrative Agriculture*. 2024. Vol. 23(12). P. 3943–3952. doi:10.1016/j.jia.2024.09.012

273. Xu F.Z., Zeng X.G., Ding X.L. Effects of replacing soybean meal with fermented rapeseed meal on performance, serum biochemical variables and intestinal morphology of broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2012. Vol. 25. P. 1734–1741. doi:10.5713/ajas.2012.12249

274. Yaqoob M., Yousaf M., Imran S., Hussan S., Iqbal W., Zahid M., Ahmad N., Wang M. Effect of partially replacing soybean meal with sunflower meal with supplementation of multienzymes on growth performance, carcass characteristics, meat quality, ileal digestibility, digestive enzyme activity and caecal microbiota in broilers. *Animal bioscience*. 2022. Vol. 35(10). P. 1575–1584. doi:10.5713/ab.21.0553

275. Yousefi N., Abbasi S. Food proteins: Solubility & thermal stability improvement techniques. *Food Chemistry Advances*. 2022. Vol. 1. P. 100090. doi:10.1016/j.focha.2022.100090

276. Yu J., Yang H., Wang J., Chen S., Huang Z., Wang J., Wang Z. Effects of gossypol acetate on growth, serum biochemical parameters, and intestinal health of goslings. *Poultry Science*. 2024. Vol. 103. P. 104025. doi:10.1016/j.psj.2024.104025

277. Yun H.M., Lei X.J., Lee S.I., Kim I.H. Rapeseed meal and canola meal can partially replace soybean meal as a protein source in finishing pigs. *Journal of Applied Animal Research*. 2017. Vol. 46. P. 195–199.
278. Zajac M., Kiczorowska B., Samolińska W., Klebaniuk R. Inclusion of Camelina, Flax, and Sunflower Seeds in the Diets for Broiler Chickens: Apparent Digestibility of Nutrients, Growth Performance, Health Status, and Carcass and Meat Quality Traits. *Animals*. 2020. Vol. 10(2). P. 321. doi:10.3390/ani10020321
279. Zhang M., Wang O., Cai S., Zhao L., Zhao L. Composition, functional properties, health benefits and applications of oilseed proteins: A systematic review. *Food Research International*. 2023. Vol. 171. P. 113061. doi:10.1016/j.foodres.2023.113061
280. Zhang W., Liu Y., Hu M., Yang R. Preparation of high-quality sunflower seed protein with a new chlorogenic acid hydrolase from *Aspergillus niger*. *Biotechnology Letters*. 2019. Vol. 41(4–5). P. 565–574. doi:10.1007/s10529-019-02654-w
281. Zhan X., Hou L., He Z., Cao S., Wen X., Liu S., Li Y., Chen S., Zheng H, Deng D, Gao K, Yang X, Jiang Z, Wang L. Effect of Miscellaneous Meals Replacing Soybean Meal in Feed on Growth Performance, Serum Biochemical Parameters, and Microbiota Composition of 25-50 kg Growing Pigs. *Animals (Basel)*. 2024. Vol. 14(9). P. 1354. doi:10.3390/ani14091354
282. Zhao J.S., Deng W., Liu H.W. Effects of chlorogenic acid-enriched extract from *Eucommia ulmoides* leaf on performance, meat quality, oxidative stability, and fatty acid profile of meat in heat-stressed broilers. *Poultry Science*. 2019. Vol. 98. P. 3040–3049. doi:10.3382/ps/pez081
283. Žilić S., Barac M., Pešić M., Crevar M., Stanojevic S., Nisavic A., Saratlić G., Miodrag T. Characterization of sunflower seed and kernel proteins. *Helia*. 2014. Vol. 33. P. 103–115. doi:10.2298/HEL1052103Z
284. Zmudzińska A., Bigorowski B., Banaszak M., Roślewska A., Adamski M., Hejdysz M. The Effect of Diet Based on Legume Seeds and Rapeseed Meal on Pig

Performance and Meat Quality. *Animals*. 2020. Vol. 10. P. 1084.
doi:10.3390/ani10061084

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**Статті у наукових виданнях,
включених до міжнародних наукометричних баз даних:**

1. **Shkarban V.**, Sychov M. The effect of complete and partial replacement of soybean meals with highprotein sunflowers concentrate on the diet of broiler chickens on their growth parameters, meat productivity and meat quality. *Agriculture and Forestry*. 2025. Vol. 71, No. 4. P. 79–96. doi:10.17707/AgricultForest.71.4.05. (Здобувачем проаналізовано ефективність заміни соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат та вплив таких комбікормів на м'ясні якості курчат-бройлерів кросу «Кобб-500».)

2. **Shkarban V.**, Sychov M. Inclusion of high-protein sunflower concentrate in diets of growing pigs. *Agriculture and Forestry*. 2026. Vol. 72 (1). P. 247-263. doi:10.17707/AgricultForest.72.1.15. (Здобувачем проаналізовано ефективність заміни соєвої масукухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат у годівлі молодняку свиней).

Статті у наукових фахових виданнях України

3. **Шкарбан В.В.**, Сичов М.Ю. Енергетичний потенціал високопротеїнового соняшникового концентрату. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. Серія: Сільськогосподарські науки. 2025. Т. 27, № 102. doi:10.32718/nvlvet-a10250. (Здобувачем визначено енергетичний потенціал високопротеїнового соняшникового концентрату).

4. **Шкарбан В.В.**, Сичов М.Ю. Біохімічний гомеостаз і ферментна адаптація бройлерів за часткової заміни соєвого шроту високопротеїновим соняшниковим концентратом. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. Серія: Сільськогосподарські науки. 2025. Т. 27, № 103. doi:10.32718/nvlvet-

a10334. (Здобувачем досліджено та проаналізовано вплив заміни соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат на біохімічний гомеостаз та ензимну адаптацію курчат-бройлерів фінального гібриду кросу «Кобб-500»).

5. **Шкарбан В.В.**, Сичов М.Ю. Вплив використання високопротеїнового соняшникового концентрату в годівлі курчат-бройлерів на перетравність та ефективність використання корму. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: збірник наукових праць*. Біла Церква: Білоцерківський національний аграрний університет. 2025. № 2 (198). С. 6–12. doi:10.33245/2310-9289-2025-198-2-6-12. (Здобувачем досліджено та проаналізовано вплив заміни соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат на перетравність та ефективність використання корму курчатами-бройлерами фінального гібриду кросу «Кобб-500»).

Тези наукових доповідей

6. Shkarban V. Market possibilities for high protein sunflower concentrate in poultry and swine farming. *Animal Science: Sustainable Livestock Production and Animal Welfare*. Kyiv: NUBiP of Ukraine. 2023 P. 30 (Здобувачем зроблено аналіз та інтерпретацію даних, підготовлено тези до друку, перевірів оформлення тез та узгодив вимоги з редакцією журналу)

7. Шкарбан В. В. Перспективи використання джерел соняшникового протеїну в годівлі молодняку свиней та курчат-бройлерів. Збірник тез 77-ї науково-практичної конференції «Сучасні технології у тваринництві та рибництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми». Київ: НУБіП України. 2023. С. 128–129. (Здобувачем розроблено програму досліджень, зроблено аналіз та інтерпретацію отриманих даних, організовано та проведено дослідження, підготовлено тези до друку, перевірів оформлення тез та узгодив вимоги з редакцією журналу).

8. **Шкарбан В. В.**, Сичов М. Ю. Потенціал високопротеїнового соняшникового концентрату в годівлі курчат-бройлерів. Збірник тез 79-ї науково-практичної конференції «Сучасні технології у тваринництві та рибництві: навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні

проблеми». Київ: НУБіП України. 2025. С. 188–191. *(Здобувачем розроблено програму досліджень, зроблено аналіз та інтерпретацію отриманих даних, організовано та проведено дослідження, підготовлено тези до друку. Сичов М. Ю. перевірів оформлення тез та узгодив вимоги з редакцією журналу).*

9. **Shkarban V.**, Sychov M. Metabolic adaptation of broilers under modification of the protein base of compound feed. Science and Education as the Basis of Human Progress : Proceedings of the International Scientific Conference. Rotterdam. 2025. P. 166–167. doi:10.64076/iedc251206.23 *(Зробувачем зроблено аналіз та інтерпретацію даних, підготовлено тези до друку. Сичов М. Ю. перевірів оформлення тез та узгодив вимоги з редакцією журналу).*

ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи
та інноваційної діяльності

Оксана ГОНЧАР

« 16 »

січня

2026 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ТОВ «ДОБРОКУР»

Олександр ПЕТРЕНКО

« 15 »

січня

2026 р.



АКТ

**про впровадження результатів
дисертації на здобуття ступеня доктора філософії у виробництво**

Даним актом стверджується, що результати дисертації **Шкарбана Віталія Валерійовича**

на тему: «**Використання високопротеїнового соняшникового концентрату в годівлі молодняку свиней та курчат бройлерів**», виконаної на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 204 «Технології виробництва і переробки продукції тваринництва», впроваджено у ТОВ «ДОБРОКУР» (вид впроваджуваних результатів – технологія використання високопротеїнового соняшникового концентрату в годівлі курчат бройлерів).

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що науково обґрунтовано для курчат бройлерів доцільність використання високопротеїнового соняшникового концентрату у складі комбікормів та визначено оптимальні параметри його включення до раціонів птиці. Доведено, що часткова заміна соєвої макухи високопротеїновим соняшниковим концентратом у раціонах курчат бройлерів підвищує середньодобові прирости без негативного впливу на конверсію корму та збереженість поголів'я. Встановлено, що за рівня заміни 50% соєвої макухи на високопротеїновий соняшниковий концентрат маса курчат бройлерів в кінці періоду відгодівлі підвищилась на 2,6%, а собівартість тони комбікорму знизилась на 9,3%. Економічна ефективність застосування даної кормової технології проявляється у підвищенні рівня рентабельності до 20,5%, що на 7,2% більше порівняно з використанням базових рецептів комбікормів.

Дисертацію виконано в рамках державної наукової теми Міністерства освіти і науки України 04493706 No 0124U000924.

**Національний університету біоресурсів
і природокористування України**

Начальник науково-дослідної частини
Володимир ОТЧЕНАШКО

« 16 » січня 2026 р.

Декан факультету тваринництва та водних
біоресурсівРуслан КОНОНЕНКО
« 16 » січня 2026 р.Здобувач
Віталій ШКАРБАН

« 15 » січня 2026 р.


ТОВ «ДОБРОКУР»



Олександр ПЕТРЕНКО

« 15 » січня 2026 р.

ПОГОДЖЕНО

Проректор з науково-педагогічної
роботи та цифрової трансформації

 Олена ГЛАЗУНОВА
 « » 2026 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з наукової роботи
та інноваційної діяльності

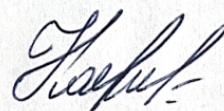
 Оксана ТОНХА
 « » 2026 р.


АКТ

**про використання результатів дисертації на здобуття ступеня доктора філософії
у навчальний процес**

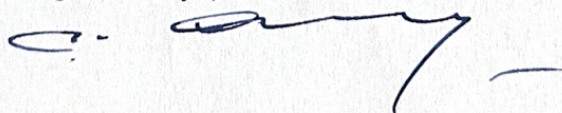
Даним актом стверджується, що результати дисертації **ШКАРБАНА Віталія Валерійовича** на тему: **«Використання високопротеїнового соняшникового концентрату в годівлі молодняку свиней та курчат бройлерів»**, виконаної на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 204 «Технології виробництва і переробки продукції тваринництва», впроваджено у навчальну програму при підготовці ОС «Бакалавр» за спеціальністю Н2 «Тваринництво», а саме при викладанні дисципліни «Годівля тварин та технологія кормів», та при підготовці фахівців ОС «Магістр» за спеціальністю «Живлення тварин та якість кормів» у Національному університеті біоресурсів і природокористування України.

Декан факультету
тваринництва та водних біоресурсів,
кандидат ветеринарних наук,
доцент



Руслан КОНОНЕНКО

Завідувач кафедри
годовлі тварин та технології кормів
ім. П.Д. Пшеничного, доктор
сільськогосподарських наук,
професор



Михайло СИЧОВ