



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.
Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.
Series: Agricultural sciences

ISSN 2519–2698 print
ISSN 2707–5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a10203
<https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture>

UDC 635.5.053:546.23:591.11

The effect of selenium on the level of glutathione in the blood of young farm poultry of meat production direction

O. I. Sobolev¹✉, B. V. Gutyj², S. V. Sobolieva¹, P. I. Kuzmenko¹, I. F. Riznychuk³, O. K. Kyshlaly³

¹Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

²Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

³Odessa State Agrarian University, Odessa, Ukraine

Article info

Received 01.01.2025

Received in revised form

03.02.2025

Accepted 04.02.2025

Bila Tserkva National Agrarian
University, 8/1, Soborna Sq.,
Bila Tserkva, 09117, Ukraine.
Tel.: + 38-096-443-91-50
E-mail: sobolev a i@ukr.net

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.
Tel.: +38-068-136-20-54
E-mail: bvh@ukr.net

Odessa State Agrarian University,
Panteleymonivska, Str., 13,
Odessa, 65012, Ukraine.

Sobolev, O. I., Gutyj, B. V., Sobolieva, S. V., Kuzmenko, P. I., Riznychuk, I. F., & Kyshlaly, O. K. (2025). The effect of selenium on the level of glutathione in the blood of young farm poultry of meat production direction. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 27(102), 19–26. doi: 10.32718/nvlvet-a10203

Selenium is an indispensable biotic trace element that takes an important role in the antioxidant protection of the body's cell components from the destructive effects of various oxidants. Selenium is able to increase the biological activity of both enzymatic and non-enzymatic antioxidant systems of the body. Thiols occupy a special place among antioxidants, the functioning of which is mainly provided by the glutathione system. Glutathione, as the main intracellular thiol, plays an important role in metabolic and physiological processes occurring in living organisms: synthesis and degradation of proteins and DNA, activation and inactivation of enzymes, synthesis of prostaglandins and deoxyribose metabolites, stabilization of cell membranes, transport of amino acids, etc. It can function in the body both as a reducing agent and as a nucleophilic center, which is important for ensuring redox homeostasis in the body. The aim of the research was to study the effect of selenium supplements in compound feed on the level of glutathione in the blood of young meat poultry of various types of farm poultry. The research were conducted on broiler chickens of the Cobb 500 cross, goslings of the Gorky breed and ducklings of the Ukrainian white breed. Four groups were formed from day-old chickens, goslings and ducklings (one control and three experimental). Poultry of the experimental groups were additionally introduced into compound feed with different amounts of selenium (from 0.2 to 0.6 mg/kg) according to the experimental schemes. Sodium selenite was used as a source of selenium. Blood samples from experimental poultry were taken at the end of the growing period (at the age of 42, 75 and 56 days, respectively). The concentration of different forms of glutathione in the blood was determined by the iodometric method. It has been established that feeding broiler chickens, goslings and ducks with Selenium-enriched feed during the growing period promotes the activation of the glutathione link of the non-enzymatic antioxidant defense system of the body, as evidenced by an increase in the concentration of total glutathione in the blood (by 2.5–9.9 %) and its reduced form (by 2.5–11.7 %). The level of glutathione concentration and its forms in the blood of young farm poultry depended on several factors: firstly the type of poultry (the highest in young ducks, the lowest in broiler chickens, goslings occupied an intermediate position); secondly the dose of Selenium introduction into feed (low (0.2 mg/kg) and high (0.6 mg/kg) doses had a smaller positive effect on the level of glutathione); thirdly individual characteristics of the poultry (a significant range of values (lim) of indicators was noted in the groups).

Key words: antioxidants, selenium, glutathione, concentration, young poultry, blood.

Вплив селену на рівень глутатіону в крові молодняка сільськогосподарської птиці м'ясного напрямку продуктивності

O. I. Соболев¹✉, Б. В. Гутий², С. В. Соболева¹, П. І. Кузьменко¹, І. Ф. Різничук³, О. К. Кишлалі³

¹Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, Україна

²Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів,

Україна

³Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна

Селен є незамінним біотичним мікроелементом, який відіграє важливу роль в антиоксидантному захисті компонентів клітин організму від деструктивної дії різних окиснювачів. Селен здатен підвищувати біологічну активність як ферментативних, так і неферментативних систем антиоксидантного організму. Особливе місце серед антиоксидантів посідають тіоли, функціонування яких здебільшого забезпечується системою глутатіону. Глутатіон як головний внутрішньоклітинний тіол відіграє важливу роль у метаболічних і фізіологічних процесах, що відбуваються в живих організмах: синтезі та розпаді білків і ДНК, активації та інактивації ферментів, синтезі простогландинів і дезоксирибозних метаболітів, стабілізації клітинних мембран, транспорті амінокислот тощо. Він може функціонувати в організмі і як відновник, і як нуклеофільний центр, що важливо для забезпечення окисно-відновного гомеостазу в організмі. Метою дослідження було вивчення впливу добавок Селену в комбікорми на рівень глутатіону в крові м'ясного молодняку різних видів сільськогосподарської птиці. Дослідження проводилися на курчатах-бройлерах кросу COBB 500, гусенятах горьковської породи та каченятах української білої породи. Із добових курчат, гусенят і каченят було сформовано по чотири групи (одна контрольна і три дослідні). Птиці дослідних груп у комбікорми додатково вводили різну кількість Селену (від 0,2 до 0,6 мг/кг) згідно зі схемами дослідів. Як джерело селену використовували селеніт натрію. Проби крові у піддослідній птиці відбирали по закінченні періоду вирощування (у віці 42, 75 та 56 днів відповідно). Концентрацію різних форм глутатіону в крові визначали йодометричним методом. Встановлено, що згодовування курчатам-бройлерам, молодняку гусей і качок упродовж періоду вирощування комбікормів, збагачених Селеном, сприяє активації глутатіонової ланки неферментативної антиоксидантної системи захисту організму, про що свідчить підвищення концентрації в крові загального глутатіону (на 2,5–9,9 %) та його відновленої форми (на 2,5–11,7 %). Рівень концентрації глутатіону і його форм у крові молодняку сільськогосподарської птиці залежав від кількох чинників: по-перше, виду птиці (найвищий у молодняку качок, найнижчий у курчат-бройлерів, молодняк гусей займав проміжне положення); по-друге, введення Селену в комбікорми (низькі (0,2 мг/кг) та високі (0,6 мг/кг) дози справили менший позитивний вплив на рівень глутатіону); по-третє, індивідуальних особливостей птиці (у групах виявляли значний розмах значень (lim) показників).

Ключові слова: антиоксиданти, Селен, глутатіон, концентрація, молодняк птиці, кров.

Вступ

Основна роль антиоксидантів у біологічних системах полягає в запобіганні або уповільненні окислення компонентів клітин. Антиоксиданти пригнічують рівень окисного стресу, що виникає внаслідок утворення під час хімічних реакцій в організмі вільних радикалів, які є нестабільними атомами та молекулами з дефіцитом електронів (Halliwell, 2007). Ці вільні радикали також називаються активними (реактивними) формами Оксигену. Поняття "АФО" носить умовний характер оскільки ця група включає різні за своєю хімічною структурою з'єднання: супероксидний радикал ($O_2^{\cdot-}$), гідроксильний радикал ($OH^{\cdot}$), пероксил ($RO_2^{\cdot}$), гідропероксильний радикал ($HO_2^{\cdot}$), алкоксил ($RO^{\cdot}$), пероксильний радикал ($R-COO^{\cdot}$), оксид нітрогену ($NO^{\cdot}$), діоксид нітрогену ($NO_2^{\cdot}$), діоксид ліпідів ($LOO^{\cdot}$) перекис водню (H_2O_2), хлорноватисту кислоту ($HOCl$), озон (O_3), перекис ліпідів ($LOOH$) і синглетний оксиген (Pham-Huy et al., 2008).

У живих системах функціонує складна система антиоксидантного захисту, що включає як ендогенні ферментативні, так і екзогенні неферментативні антиоксиданти з низькою молекулярною масою (Gulcin, 2020). Щоб протистояти шкідливому впливу АФО, організми розробили складну трилінійну систему антиоксидантного захисту.

Найпотужнішою є система антиоксидантного захисту першої лінії, яка включає антиоксидантні ферменти з високою каталітичною активністю, такі як супероксиддисмутаза (SOD), каталаза (CAT), глутатіонредуктаза (GSR), глутатіонпероксидаза (GPx1-4) та ін. Вони швидко нейтралізують будь-яку молекулу з потенціалом розвитку у вільний радикал або будь-який вільний радикал зі здатністю індукувати виробництво інших радикалів (Gutyj et al., 2018; Lavryshyn et al., 2019; Slobodian et al., 2021).

Друга лінія антиоксидантного захисту представлена неферментативними антиоксидантами, такими як вітаміни (А, С, Е і К), ферментні кофактори (Q10), мікроелементи (Se, Zn, Mn та ін.), сіркоорганічні сполуки (аліцин, аджоен), сполуки Нітрогену (сечова кислота), пептиди (глутатіон) і поліфеноли (флавоноїди та фенолокислота). Цю групу антиоксидантів часто називають антиоксидантами-поглиначами. Вони нейтралізують або поглинають вільні радикали, віддаючи або атом водню, або електрон, щоб розірвати ланцюгові реакції окислення і перетворити АФО у стійкі сполуки.

Третя лінія антиоксидантного захисту забезпечує відновлення пошкоджених вільними радикалами біомолекул і клітинних мембран за допомогою різноманітних ферментних систем. Крім того, ця група ферментів також видаляє окислені або пошкоджені білки, ДНК і ліпіди, щоб запобігти їх накопиченню, яке може бути токсичним для тканин організму (Jomova et al., 2024).

Водночас деякі вчені вважають, що до першої лінії антиоксидантного захисту необхідно віднести і глутатіон (GSH), оскільки цей низькомолекулярний антиоксидант є кофактором різних ферментів, таких як пероксидази та трансферази (Ighodaro & Akinloye, 2018).

Глутатіон (γ -L-глутаміл-L-цистеїніл-глїцин) є ендогенним трипептидом, який міститься у порівняно високих концентраціях (2–10 mM) у багатьох тканинах організму (Lavryshyn et al., 2016; Cassier-Chauvat et al., 2023). Він характеризується гамма-пептидним зв'язком між карбоксильною групою бічного ланцюга глутамату та цистеїном. Цей незвичайний амідний зв'язок захищає молекулу від деградації під дією клітинних протеаз. Карбоксильна група залишку цистеїну приєднана до глїцину через нормальний пептидний зв'язок. З хімічної точки зору цей трипептид має одну позитивно заряджену аміногрупу та дві негатив-

но заряджені карбоксильні групи при фізіологічному рН. Ці функціональні групи роблять глутатіон надзвичайно гідрофільною молекулою, здатною взаємодіяти з різними макромолекулами за допомогою електростатичного притягання, а також за допомогою водневих зв'язків. Глутатіон не токсичний. Його біологічна активність насамперед пов'язана з активною тіоловою групою залишку цистеїну, яка дозволяє глутатіону функціонувати і як відновник, і як нуклеофільний центр. Це свідчить про те, що він є ефективним клітинним "окисно-відновним буфером" (Giustarini et al., 2023; Vašková et al., 2023).

В органах, тканинах, біологічних рідинках глутатіон міститься переважно у двох формах: відновленій (GSH) і окисненій (GSSG). За фізіологічних умов близько 90 % загального глутатіону припадає на його відновлену форму. Співвідношення концентрації відновленого глутатіону до окисненого визначає окисно-відновний статус клітин. Здорові клітини в стані спокою мають співвідношення GSH/GSSG > 10. За окисного стресу відбувається зниження рівня GSH/GSSG, що активує кілька сигнальних шляхів, які зменшують проліферацію клітин і індують апоптоз (Pizzorno, 2014).

Глутатіон виконує в живих організмах унікальні багатопланові функції: безпосередньо поглинає різноманітні окиснювачі, такі як супероксидний аніон, синглетний кисень, гідроксильний радикал, оксид нітрогену та радикали вуглецю; є кофактором для багатьох антиоксидантів та пов'язаних з ними ферментів, таких як пероксидази та трансферази; бере участь у метаболізмі естрогенів, лейкотрієнів і простагландинів, відновленні рибонуклеотидів до дезоксирибонуклеотидів і дозріванні залізо-сірчаних кластерів білків; впливає на біосинтез білка та нуклеїнових кислот; бере участь у відновленні вітамінів С і Е; у детоксикації ксенобіотиків ендогенних сполук та іонів перехідних металів, таких як хром; полегшує виведення Меркурію з клітин; допомагає у відновленні пошкодженої ДНК і білків; модулює клітинну проліферацію, апоптоз, імунну функцію та фіброгенез; виступає фізіологічною формою транспорту і резервом цистеїну в клітині (Townsend et al., 2014; Ribeiro, 2023; Grobman, 2024).

Оскільки глутатіон відіграє ключову роль як антиоксидант і бере участь у багатьох регуляторних і метаболічних процесах, підтримка його фізіологічних рівнів в організмі має вирішальне значення для ефективного захисту клітин від шкідливих молекул. Значне зниження його концентрації може викликати важкі патологічні наслідки. Рівні глутатіону точно регулюються активністю кількох ферментів, які беруть участь як у його синтезі, так і в метаболізмі. Дефіцит будь-якого з цих ферментів може призвести до значного зниження рівня глутатіону. Зниження рівня GSH може бути пов'язане з його окисненням, викликаним надлишковим виробництвом активних форм Оксигену і Нітрогену, а також порушенням ферментативного відновлення окисненого глутатіону. Крім того, наслідком зниження виробництва глутатіону в організмі можуть бути неповноцінна годівля, стрес, інфекції, певні патофізіологічні стани, підвищена фізіологічна

активність тощо.

Враховуючи важливість глутатіону для живих організмів, багато вчених шукають шляхи і методи підвищення його внутрішньоклітинного та внутрішньомітохондріального рівнів. Сьогодні існує кілька ефективних стратегій. Загальною стратегією підвищення концентрації глутатіону є пряме введення в організм таких сполук, як етиловий ефір глутатіону, γ -глутамілцистеїн і N-ацетил-L-цистеїн, кожна з яких легко перетворюється на глутатіон або входить до глутатіону *in vivo*. Це можна зробити перорально, місцево, внутрішньовенно, інгаляційно та інтраназально. Рівень глутатіону також можна підвищити за рахунок збільшення експресії ферментів (γ -глутаміл-L-цистеїнової лігази і глутатіонсинтетази), які беруть участь у його біосинтезі. Наступна стратегія полягає в забезпеченні іншими антиоксидантами для зменшення окисного стресу. Нарешті, оптимізувати виробництво глутатіону можна за допомогою поживних і біологічно активних речовин (дієтичний білок, Омега-3 жирні кислоти, вітаміни (С, Е та групи В), Селен, α -ліпоєва кислота, фітонутрієнти) (Ristoff & Larsson, 2007; Lushchak, 2012; Minich & Brown, 2019; Gerush et al., 2023; Giustarini et al., 2023).

В останні роки у науковій літературі широко обговорюється зв'язок Селену з біосинтезом глутатіону. Селен, згідно з сучасною класифікацією, визнаний незамінним біотичним мікроелементом з досить широким спектром біологічної дії. Встановлено, що він володіє антиоксидантними, імуностимулюючими, антивірусними, антитоксичними, адаптогенними, радіопротекторними, антиканцерогенними та іншими властивостями (Sobolev et al., 2018).

Взаємодія між Селеном і глутатіоном відбувається опосередковано через активність класичної глутатіонпероксидази (GPx-1), глутатіонредуктази (GSR) та глутатіонтрансферази (GST), що тісно пов'язані з механізмом антиоксидантного захисту. Активність глутатіонпероксидази, порівняно з іншими ферментами системи глутатіону, більш залежна від вмісту Селену в раціоні. На відміну від інших біогенних мікроелементів (Fe, Cu, Zn, Mn), що взаємодіють з білками у формі кофакторів, Селен котрансляційно включається в поліпептидний ланцюг як частина амінокислоти селеноцистеїну (Sec) (Shen et al., 2000; Zoidis et al., 2018).

Маємо прямі клінічні докази, що введення добавок Селену в раціони людей (Richie et al., 2011; Farhood et al., 2019), тварин (Song et al., 2014) і сільськогосподарської птиці (Mikulková et al., 2019) сприяє підвищенню активності певних селензалежних ферментів і рівня глутатіону в різних тканинах організму. Водночас зазначається, що концентрація глутатіону залежала від дози Селену і форми селеновмісної сполуки.

Незважаючи на значний обсяг проведених наукових досліджень, деякі аспекти впливу Селену на рівень глутатіону в організм молодняку сільськогосподарської птиці, зокрема в крові, залишаються поки що не до кінця з'ясованими.

Мета дослідження

Метою наших досліджень було вивчення впливу добавок Селену в комбікорми на рівень глутатіону в крові м'ясного молодняку різних видів сільськогосподарської птиці.

Матеріал і методи досліджень

З метою вивчення впливу добавок різних доз Селену в комбікорми на рівень глутатіону в крові м'ясного молодняку різних видів сільськогосподарської птиці було проведено три науково-господарські досліді. Дослідження проводилися на курчатах-бройлерах кросу СОВВ 500, гусенятах горковської породи та каченятах української білої породи (лінія УБ-7). Для проведення дослідів формували групи із

добового молодняку за принципом аналогів з урахуванням походження, статі, живої маси та фізіологічного стану (рухливість, стан пуповини та оперення) (Sobolev et al., 2022).

Тривалість дослідів відповідала періодам вирощування молодняку різних видів птиці на м'ясо і становила, днів: на курчатах-бройлерах – 42, на гусенятах – 75, на каченятах – 56.

У всіх науково-господарських дослідіх і виробничих апробаціях годівля птиці здійснювалася сухими повнораціонними комбікормами відповідно до норм (Bratyshko et al., 2005). Птиці контрольних груп упродовж періоду вирощування згодовували комбікорми, збалансовані за основними поживними та біологічно активними речовинами. Птиці дослідних груп у комбікорми додатково вводили різну кількість Селену згідно зі схемами дослідів (табл. 1).

Таблиця 1

Схеми науково-господарських дослідів на молодняку різних видів сільськогосподарської птиці, що вирощується на м'ясо

Група	Кількість птиці, гол	Добавка в комбікорми Селену, мг/кг
I науково-господарський дослід (курчата-бройлери)		
1 контрольна	100	Основний раціон (комбікорм) – ОР
2 дослідна	100	ОР + 0,2
3 дослідна	100	ОР + 0,3
4 дослідна	100	ОР + 0,4
II науково-господарський дослід (гусенята на м'ясо)		
1 контрольна	80	Основний раціон (комбікорм) – ОР
2 дослідна	80	ОР + 0,2
3 дослідна	80	ОР + 0,3
4 дослідна	80	ОР + 0,4
III науково-господарський дослід (каченята на м'ясо)		
1 контрольна	80	Основний раціон (комбікорм) – ОР
2 дослідна	80	ОР + 0,2
3 дослідна	80	ОР + 0,4
4 дослідна	80	ОР + 0,6

У науково-господарських дослідіх як джерело Селену використовували селеніт натрію класифікації “Ч” (ТУ 6-09-17-209-88, зареєстрований в ідентифікації хімічних сполук (CAS) під номером 10102-18-8).

Молодняк усіх видів птиці вирощувався на глибокій підстилці, за вільного доступу до корму і води, з дотриманням технологічних параметрів щільності посадки, мікроклімату та освітлення відповідно до норм (Galibarenko et al., 2005).

По закінченні науково-господарських дослідів були відібрані проби крові у птиці контрольних і дослідних груп (по 5 голів з кожної). Кров у птиці отримували до ранкової годівлі методом пункції з підкрилової вени за допомогою гепаринізованої безканюльної голки, дотримуючись правил асептики та антисептики (Moskalenko et al., 2005). Відібрані проби цільної крові стабілізували антикоагулянтном (1 % розчином гепарину) із розрахунку 2–3 краплі на 10–12 мл крові.

Концентрацію різних форм глутатіону в цільній крові визначали йодометричним методом.

Результати досліджень опрацьовували стандартними методами варіаційної статистики з використанням комп'ютерних програм статистичної обробки Microsoft Excel. Різницю між групами оцінювали за критерієм Ст'юдента і вважали вірогідною при значеннях: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$.

Результати та їх обговорення

Дослідження та аналіз показників крові молодняку різних видів сільськогосподарської птиці наприкінці періоду вирощування показали, що птиця дослідних груп, якій згодовували комбікорми з добавками Селену, вигідно відрізнялася від своїх ровесників з контрольних груп не тільки кращими продуктивними якостями, а й показниками концентрації глутатіону (табл. 2).

Таблиця 2

Концентрація різних форм глутатіону в крові молодняку сільськогосподарської птиці, ($\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$)

Показник	Група			
	1 контрольна	2 дослідна	3 дослідна	4 дослідна
курчата-бройлери				
Глутатіон, мг/100 мл:				
загальний	43,7 ± 1,84	44,8 ± 1,04	46,4 ± 1,05	47,1 ± 2,06
відновлений	36,4 ± 1,82	37,3 ± 0,90	39,4 ± 1,05	39,5 ± 1,17
окиснений	7,2 ± 0,73	7,5 ± 0,26	7,0 ± 0,35	7,6 ± 1,23
Співвідношення GSH/GSSG	5,0 : 1	5,0 : 1	5,6 : 1	5,2 : 1
молодняк гусей				
Глутатіон, мг/100 мл:				
загальний	64,5 ± 0,70	67,8 ± 1,10*	68,9 ± 0,87**	68,7 ± 1,10*
відновлений	53,5 ± 0,88	57,2 ± 1,33*	58,0 ± 1,13*	56,0 ± 0,72
окиснений	11,0 ± 0,31	10,7 ± 0,46	10,9 ± 0,53	12,7 ± 0,48
Співвідношення GSH/GSSG	4,9 : 1	5,3 : 1	5,3 : 1	4,4 : 1
молодняк качок				
Глутатіон, мг/100 мл:				
загальний	86,5 ± 2,18	90,1 ± 2,27	95,1 ± 2,91*	93,7 ± 1,54*
відновлений	73,6 ± 2,75	77,0 ± 2,46	82,2 ± 2,41*	78,6 ± 1,49
окиснений	12,9 ± 1,23	13,1 ± 0,49	12,9 ± 0,69	15,1 ± 0,30
Співвідношення GSH/GSSG	5,7 : 1	5,9 : 1	6,4 : 1	5,2 : 1

Примітка: у цій таблиці та наступних вірогідність різниці між контрольною та дослідними групами: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$

Зокрема, введення Селену в комбікорми для курчат-бройлерів сприяло підвищенню вмісту загального глутатіону в крові молодняку другої дослідної групи, порівняно з контрольною, у середньому на 1,1 мг/100 мл, третьої на 2,7 та четвертої – на 3,4 мг/100 мл, або на 2,5 %, 6,2 та 7,8 % відповідно. Це підвищення відбулося переважно за рахунок відновленої форми глутатіону, рівень якої у курчат-бройлерів дослідних груп становив 37,3 мг/100 мл, 39,4 та 39,5 мг/100 мл відповідно, що на 2,5 %, 8,2 та 8,3 % вище, ніж у контрольній групі. Цей факт є позитивним, оскільки всі свої основні функції глутатіон виконує у відновленій формі. Вміст окисненого глутатіону в крові курчат-бройлерів третьої дослідної групи, порівняно з контрольною групою, визначався зі знаком мінус (7,0 мг/100 мл проти 7,2 мг/100 мл). У курчат другої та четвертої дослідних груп аналогічний показник виявився вищим на 4,2 та 5,6 % відповідно.

Водночас не виявлено закономірної різниці між групами за співвідношенням відновленого глутатіону до окисненого. Цей показник у контрольній та другій дослідній групах був однаковим і становив 5,0 : 1. У курчат-бройлерів третьої та четвертої дослідних груп на одиницю маси окисненого глутатіону припадало відповідно 5,6 та 5,2 відновленого, що на 12,0 та 4,0 % більше порівняно з контрольною групою.

Під впливом добавок Селену в комбікорми вірогідно підвищився і вміст загального та відновленого глутатіону в крові молодняку гусей дослідних груп. Порівняно з контрольною групою різниця у другій дослідній групі становила відповідно 5,1 ($P < 0,05$) та 6,9 % ($P < 0,05$), у третій – 6,8 ($P < 0,01$) та 8,4 % ($P < 0,05$), у четвертій – 6,5 ($P < 0,05$) та 4,7 %. Підвищення концентрації загального глутатіону в другій та третій дослідних групах відбулося за рахунок його відновленої форми, а в четвертій – відновленої та окисненої форм. Свідченням цього є рівень окисненого глутатіону, який в крові молодняку другої та третьої дослі-

дних груп знизився на 2,7 та 0,9 % відповідно, а четвертої дослідної групи, навпаки, зріс на 15,4 % порівняно з контрольною групою, у якій цей показник становив 11,0 мг/100 мл.

Співвідношення відновленого глутатіону до окисненого в крові піддослідного молодняку гусей мало деякі відмінності. Наприклад, у другій та третій дослідних групах цей показник зріс на 8,2 %, порівняно з контрольною групою, і становив 5,3 : 1. У молодняку четвертої дослідної групи він був на 10,2 % нижчим, ніж у їх ровесників із контрольної групи.

Уведення Селену до складу комбікормів для каченят, що вирощувалися на м'ясо, спричинило також зміни у концентрації глутатіону в крові. Зокрема, у крові каченят другої дослідної групи, порівняно з контрольною, підвищився вміст загального глутатіону на 4,2 %, третьої – на 9,9 ($P < 0,05$) та четвертої – на 8,3 %, який становив відповідно 90,1 мг/100 мл, 95,1 та 93,7 мг/100 мл. Підвищення вмісту загального глутатіону в крові каченят дослідних груп відбулося в основному за рахунок його відновленої форми, рівень якої в цих групах зріс відповідно на 4,6 %, 11,7 ($P < 0,05$) та 6,8 %. Суттєвих відмінностей між контрольною, другою та третьою дослідними групами за рівнем окисненої форми глутатіону не виявлено. Середні показники цієї форми у групах коливалися в межах 12,9–13,1 мг/100 мл. Виняток становив молодняк четвертої дослідної групи, в крові якого рівень окисненого глутатіону збільшився на 17,0 % і становив 15,1 мг/100 мл.

Привертає увагу і той факт, що молодняк качок другої та третьої дослідних груп вигідно відрізнявся від своїх ровесників з контрольної та четвертої дослідної груп за співвідношенням відновленого глутатіону до окисненого. Так, це співвідношення у каченят другої дослідної групи становило 5,9 : 1, а третьої – 6,4 : 1, що на 3,5 та 12,3 % відповідно більше, ніж у молодняку контрольної групи. У птиці четвертої дослі-

лідної групи аналогічний показник, навпаки, знизився на 8,8 % порівняно з контрольною групою.

З метою вивчення характеру причинно-наслідкового взаємозв'язку між рівнем споживання

піддослідною птицею Селену та досліджуваними показниками, нами розраховані відповідні коефіцієнти кореляції (табл. 3).

Таблиця 3

Взаємозв'язки між рівнем споживання молодняком сільськогосподарської птиці Селену та концентрацією в крові різних форм глутатіону, ($r \pm m_r$)

Вид птиці	Глутатіон		
	загальний	відновлений	окиснений
Курчата-бройлери	$0,98 \pm 0,148^*$	$0,94 \pm 0,236$	$0,28 \pm 0,679$
Молодняк гусей	$0,98 \pm 0,138^*$	$0,78 \pm 0,438$	$0,47 \pm 0,622$
Молодняк качок	$0,89 \pm 0,322$	$0,73 \pm 0,483$	$0,71 \pm 0,446$

Кореляційний аналіз насамперед показав наявність сильних ($r > 0,75$) прямих переважно статистично вірогідних ($P < 0,05$) зв'язків між рівнем споживання молодняком різних видів птиці Селену і концентрацією в їх крові загального глутатіону.

Крім того, у курчат-бройлерів і молодняку гусей встановлені сильні ($r > 0,75$), а у молодняку качок – середньої сили ($0,75 > r > 0,50$) позитивні кореляційні зв'язки між рівнем споживання птицею Селену і концентрацією в крові відновленого глутатіону.

Водночас у курчат-бройлерів і молодняку гусей існує слабкий, але позитивний зв'язок ($0,25 < r < 0,50$) між рівнем споживання птицею Селену і концентрацією в крові окисленого глутатіону. Вміст у крові молодняка качок окисленого глутатіону має середньої сили ($r = 0,71$) кореляційну залежність від рівня споживання птицею Селену.

Відомо, що свої захисні та відновлювальні властивості глутатіон проявляє в усіх органах і системах, і вони прямо залежать від його концентрації. Рівень глутатіону та ферментів, зв'язаних із його метаболізмом, визначає адаптаційну здатність організму до несприятливих факторів (активації окисних процесів) та його можливість ефективно здійснювати захист клітин від деструктивної дії різних окиснювачів, що надзвичайно важливо для забезпечення їх функціональної активності.

Одержані нами дані вказують на те, що введення різних доз Селену до складу комбікормів для м'ясного молодняка сільськогосподарської птиці позитивно впливає на синтез глутатіону і тим самим регулює рівень окисно-відновних процесів в організмі. Проте ефективність їх виявилася різною.

Одержані результати узгоджуються з висновками інших учених, котрі вважають, що шляхом уведення в раціон мікродобавок Селену можна досягти підвищення рівня глутатіону в органах і тканинах птиці і суперечать загальній тенденції, яка викладена у світовій науковій літературі.

Підвищення концентрації загального глутатіону в крові птиці можна розглядати як один із важливих елементів загальних механізмів біотрансформації та детоксикації ксенобіотиків, що визначає стійкість організму до їх дії. Крім того, глутатіон є додатковим джерелом амінокислот (глутамінової, цистеїну та гліцину), які можуть витрачатися на синтез білків в організмі птиці.

Оскільки відновлена форма глутатіону є основним суфгдрильним “буфером”, за рахунок якого підтримуються у відновленому стані цистеїнові залишки в усіх білках, ферментах і гормонах, то підвищення його концентрації є сприятливою ознакою, що свідчить про розвиток адаптивної відповіді клітин на окиснювальний стрес.

Таким чином, виявлені зміни концентрації в крові загального глутатіону та його відновленої форми підтверджують позитивний вплив Селену на глутатіонову систему антиоксидантного захисту організму птиці.

Висновки

Згодовування курчатам-бройлерам, гусеняткам і каченяткам, що вирощуються на м'ясо, впродовж періоду вирощування комбікормів, збагачених Селеном, сприяє активації глутатінової ланки неферментативної антиоксидантної системи захисту організму, про що свідчить підвищення концентрації в крові загального глутатіону та його відновленої форми. Рівень концентрації глутатіону і його форм у крові молодняка сільськогосподарської птиці залежав від кількох чинників: по-перше, виду птиці (найвищий у молодняку качок, найнижчий у курчат-бройлерів, молодняк гусей займав проміжне положення); по-друге, введення Селену в комбікорми (низькі ($0,2 \text{ мг/кг}$) та високі ($0,6 \text{ мг/кг}$) дози справили менший позитивний вплив на рівень глутатіону); по-третє, індивідуальних особливостей птиці (у групах виявляли значний розмах значень (lim) показників).

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Bratyshko, N. I., Gorobec, A. I., Prytuleno, V. M., Gordijenko, V. M., Klymenko, T. Je., Kotyk, A. M., Katerynych, O. O., Karavashenko V. F., Batjuzhevskyj, Ju. N., Zhuk, R. K., & Vodolazhchenko, S. A. (2005). Rekomendacii' z normuvannja godivli sil's'kogospodars'koi' pticy. Birky : Instytut ptahivnytva UAAN (in Ukrainian).

- Cassier-Chauvat, C., Marceau, F., Farci, S., Ouchane, S., & Chauvat, F. (2023). The Glutathione System: A Journey from Cyanobacteria to Higher Eukaryotes. *Antioxidants*, 12(6), 1199. DOI: 10.3390/antiox12061199.
- Farhood, B., Mortezaee, K., Motevaseli, E., Mirtavoos-Mahyari, H., Shabeeb, D., Elejo Musa, A., Sanikhani, N. S., Najafi, M., & Ahmadi, A. (2019). Selenium as an adjuvant for modification of radiation response. *Journal of Cellular Biochemistry*, 120(11), 18559–18571. DOI: 10.1002/jcb.29171.
- Galibarenko, M., Smirnov, O., Pasichnyj, V., Rjabokon', Ju., Ivko, I., Mel'nyk, B., Pudov, V., Kul'baba, C., Dujunov, B., Sohač'kyj, M., Vashkulat, M., Kyrejeva, I., Bulyga, N., & Demydenko, V. (2005). VNTP-APK-04. 05. Pidpryjemstva ptahivnyctva. Kyi'v : Ministerstvo agrarnoi' polityky (in Ukrainian).
- Gerush, I. V., Grygor'jeva, N. P., & Ferenchuk, Je. O. (2023). Glutathion: synteza, mehanizm dii', antyoksydantna ta detoksykacijna rol'. *Visnyk Vinnyc'kogo nacional'nogo medychnogo universytetu*, 27(4), 669–677. DOI: 10.31393/reports-vnmedical-2023-27(4)-25 (in Ukrainian).
- Giustarini, D., Milzani, A., Dalle-Donne, I., & Rossi, R. (2023). How to Increase Cellular Glutathione. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 12(5), 1094. DOI: 10.3390/antiox12051094.
- Grobman, R. (2024). The Master Antioxidant: Why Glutathione is Essential for You. DOI: 10.13140/RG.2.2.19576.05120.
- Gulcin, İ. (2020). Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. *Archives of Toxicology*, 94, 651–715. DOI: 10.1007/s00204-020-02689-3.
- Gutyj, B. V., Gufriy, D. F., Binkevych, V. Y., Vasiv, R. O., Demus, N. V., Leskiv, K. Y., Binkevych, O. M., & Pavliv, O. V. (2018). Influence of cadmium loading on glutathione system of antioxidant protection of the bullocks' bodies. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 20(92), 34–40. DOI: 10.32718/nvlvet9207.
- Halliwell, B. (2007). Biochemistry of oxidative stress. *Biochemical Society transactions*, 35(5), 1147–1150. DOI: 10.1042/BST0351147.
- Ighodaro, O. M., & Akinloye, O. A. (2018). First line defence antioxidantssuperoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the entire antioxidant defence grid. *Alexandria Journal of Medicine*, 54(4), 287–293. DOI: 10.1016/j.ajme.2017.09.001.
- Jomova, K., Alomar, S. Y., Alwasel, S. H., Nepovimova, E., Kuca, K., & Valko, M. (2024). Several lines of antioxidant defense against oxidative stress: antioxidant enzymes, nanomaterials with multiple enzyme-mimicking activities, and low-molecular-weight antioxidants. *Archives of toxicology*, 98(5), 1323–1367. DOI: 10.1007/s00204-024-03696-4.
- Lavryshyn, Y. Y., Gutyj, B. V., Paziuk, I. S., Levkivska, N. D., Romanovych, M. S., Drach, M. P., & Lisnyak, O. I. (2019). The effect of cadmium loading on the activity of the enzyme link of the glutathione system of bull organism. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences*, 21(95), 107–111. DOI: 10.32718/nvlvet9520.
- Lavryshyn, Y. Y., Varkholiyak, I. S., Martyschuk, T. V., Guta, Z. A., Ivankiv, L. B., Paladischuk, O. R., Murska, S. D., Gutyj, B. V., & Gufriy, D. F. (2016). The biological significance of the antioxidant defense system of animals body. *Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj*, 18(2(66)), 100–111. DOI: 10.15421/nvlvet6622.
- Lushchak, V. I. (2012). Glutathione homeostasis and functions: Potential targets for medical interventions. *Journal of AminoAcids*, 2012, 736–837. DOI: 10.1155/2012/736837.
- Mehta, S. K., & Gowder, S. J. T. (2015). Members of Antioxidant Machinery and Their Functions. In *Basic Principles and Clinical Significance of Oxidative Stress*. InTech. DOI: 10.5772/61884.
- Mikulková, K., Illek, J., Bezděková, Z., & Šimková, I. (2019). Glutathione as an antioxidant marker: determination of glutathione concentration in the breast muscles and liver of broilers supplemented with different selenium sources. *Acta Veterinaria Brno*, 88(2), 157–163. DOI: 10.2754/avb201988020157.
- Minich, D. M., & Brown, B. I. (2019). A Review of Dietary (Phyto)Nutrients for Glutathione Support. *Nutrients*, 11(9), 2073. DOI: 10.3390/nu11092073.
- Moskalenko, V. P., Rozumnjuk A. V., & Mel'nyk, A. Ju. (2005). Metodyka pryzyhttjevoogo vidboru krovi u kurej-nesuchok. *Visnyk Bilocerktiv'skogo derzhavnogo agrarnogo universytetu*, 31, 62–65 (in Ukrainian).
- Pham-Huy, L. A., He, H., & Pham-Huy, C. (2008). Free radicals, antioxidants in disease and health. *International journal of biomedical science : IJBS*, 4(2), 89–96. DOI: 10.59566/IJBS.2008.4089.
- Pizzorno, J. (2014). Glutathione! *International journal of integrative medicine*, 13(1), 8–12. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26770075>.
- Ribeiro, B. (2023). Glutathione: the master antioxidant. *Ozone Therapy Global Journal*, 13(1), 175–197.
- Richie, J. P., Jr, Muscat, J. E., Ellison, I., Calcagnotto, A., Kleinman, W., & El-Bayoumy, K. (2011). Association of selenium status and blood glutathione concentrations in blacks and whites. *Nutrition and cancer*, 63(3), 367–375. DOI: 10.1080/01635581.2011.535967.
- Ristoff, E., & Larsson, A. (2007). Inborn errors in the metabolism of glutathione. *Orphanet journal of rare diseases*, 2, 16. DOI: 10.1186/1750-1172-2-16.
- Shen, H., Yang, C., Liu, J., & Ong, C. N. (2000). Dual role of glutathione in selenite-induced oxidative stress and apoptosis in human hepatoma cells. *Free radical biology & medicine*, 28(7), 1115–1124. DOI: 10.1016/S0891-5849(00)00206-9.
- Slobodian, S., Gutyj, B., Shalovylo, S., Yaroshovych, T., Kurylas, L., Chajkovska, O. I., Stadnytska, O., Garna-zhenko, J., Shnaider, V., & Bezpalyi, I. (2021). Influence of Metisevit Plus feed additive on the activity of the glutathione system of the body of bulls under conditions of man-caused load. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 23(104), 84–89. DOI: 10.32718/nvlvet10414.

- Sobolev, O. I., Nedashkivs'kyj, V. M., Petryshak, R. A., Soboljeva, S. V., Petryshak, O. J., Liskovych, V. A., & Kuz'menko, P. I. (2022). Metodologija ta organizacija naukovykh doslidzhen' u tvarynnystvi: navchal'nyj posibnyk. Bila Cerkva: TOV "Bilocerkivdruk" (in Ukrainian).
- Sobolev, O., Gutyj, B., Petryshak, R., Pivtorak, J., Kovalskyi, Y., Naumyuk, A., Petryshak, O., Semchuk, I., Mateusz, V., Shcherbatyy, A., & Semeniv, B. (2018). Biological role of selenium in the organism of animals and humans. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1), 654–665. DOI: 10.15421/2017_263.
- Song, E., Su, C., Fu, J., Xia, X., Yang, S., Xiao, C., Lu, B., Chen, H., Sun, Z., Wu, S., & Song, Y. (2014). Selenium supplementation shows protective effects against patulin-induced brain damage in mice via increases in GSH-related enzyme activity and expression. *Life sciences*, 109(1), 37–43. DOI: 10.1016/j.lfs.2014.05.022.
- Townsend, D. M., Lushchak, V. I., & Cooper, A. J. L. (2014). Chapter Five – A Comparison of Reversible Versus Irreversible Protein Glutathionylation. Editor(s): Townsend D. M., Tew K. D. *Advances in Cancer Research*, 122, 177–198. DOI: 10.1016/B978-0-12-420117-0.00005-0.
- Vášková, J., Kočan, L., Vaško, L., & Perjési, P. (2023). Glutathione-Related Enzymes and Proteins: A Review. *Molecules*, 28(3), 1447. DOI: 10.3390/molecules28031447.
- Zoidis, E., Seremelis, I., Kontopoulos, N., & Danezis, G. P. (2018). Selenium-Dependent Antioxidant Enzymes: Actions and Properties of Selenoproteins. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 7(5), 66. DOI: 10.3390/antiox7050066.