

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

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

ISSN 2518–7554 print  
ISSN 2518–1327 online

doi: 10.32718/nvlvet12036  
<https://nvlvet.com.ua/index.php/journal>

UDC 636.5.085:612.015:577.161

## Antioxidant status and content of vitamins A and E in broiler chickens under the influence of technological factors

V. O. Holovach, A. R. Shcherbatyi✉

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

### Article info

Received 03.11.2025

Received in revised form

04.12.2025

Accepted 05.12.2025

Stepan Gzhytskyi National  
University of Veterinary Medicine  
and Biotechnologies Lviv,  
Pekarska Str., 50, Lviv,  
79010, Ukraine.  
Tel.: +38-097-758-07-19  
E-mail: ua-andrea@ukr.net

**Holovach, V. O., & Shcherbatyi, A. R. (2025). Antioxidant status and content of vitamins A and E in broiler chickens under the influence of technological factors. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 27(120), 285–291. doi: 10.32718/nvlvet12036**

Intensive industrial breeding of broiler chickens is accompanied by the action of a complex of technological factors, in particular, feed changes, vaccination and growth intensity, which in critical age periods can lead to a violation of the pro-oxidant-antioxidant balance. The aim of the study was to assess the functional state of the antioxidant system and the content of vitamins A and E in broiler chickens under the action of a complex of technological factors in an industrial housing system. The study was conducted on 14-day-old Cobb-500 crossbred broiler chickens. A control and experimental group of 25 heads each were formed. In the chickens of the experimental group, 48 hours after the effect of a complex of technological factors (changing the feed from starter to grower-1 on the 12th day of growing and vaccination against infectious bronchitis on the 13th day using the IB88 vaccine), the content of TBA-active products, the activity of superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase, as well as the concentration of vitamins A and E in the blood were determined. It was established that 48 hours after the effect of the complex of technological factors, early oxidative stress developed in broiler chickens, which was manifested by an increase in the content of TBA-active products by 2.43 times ( $P < 0.05$ ) compared to the control. At the same time, functional stress of the enzymatic link of the antioxidant system was established, which was characterized by a decrease in the activity of superoxide dismutase by 14.5 %, catalase by 28.9 % and glutathione peroxidase by 11.1 %. Analysis of the non-enzymatic link of antioxidant protection showed a decrease in vitamin E concentration by 22.6 % in experimental chickens, while the proportion of birds with  $\alpha$ -tocopherol concentration below the physiological norm (2.5  $\mu\text{g/ml}$ ) increased from 4.0 % in the control to 60.0% in the experimental group. The content of vitamin A was characterized by an increase in chickens of the experimental group by 48.3% compared to the control and significant fluctuations in indicators, which presumably reflects its redistribution and mobilization from the depot in response to metabolic and immune loads. The results obtained confirm that the content of TBA-active products, catalase and superoxide dismutase activity, as well as the concentration of vitamin E are informative sensitive markers for early diagnosis of technological (oxidative) stress in broiler chickens under conditions of intensive industrial cultivation.

**Key words:** broiler chickens, antioxidant status, lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, glutathione peroxidase, vitamins A and E, technological stress.

## Антиоксидантний статус та вміст вітамінів А і Е у курчат-бройлерів за дії технологічних чинників

В. О. Головач, А. Р. Щербатий✉

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

Інтенсивне промислове вирощування курчат-бройлерів супроводжується дією комплексу технологічних чинників, зокрема зміною корму, вакцинацією та інтенсивністю росту, що в критичні вікові періоди може призводити до порушення прооксидантно-

антиоксидантної рівноваги. Метою дослідження було оцінити функціональний стан антиоксидантної системи та вміст вітамінів А і Е у курчат-бройлерів за умов дії комплексу технологічних чинників у промисловій системі утримання. Дослідження проведено на курчатах-бройлерах кросу Cobb-500 14-добового віку. Сформовано контрольну та дослідну групи по 25 голів у кожній. У курчат дослідної групи через 48 год після дії комплексу технологічних чинників (зміна корму зі стартерного на гровер-1 на 12-ту добу вирощування та проведення вакцинації проти інфекційного бронхіту на 13-ту добу із застосуванням вакцини ІВ88) визначали вміст ТБК-активних продуктів, активність супероксиддисмутази, каталази та глутатіонпероксидази, а також концентрацію вітамінів А і Е у крові. Встановлено, що через 48 год після дії комплексу технологічних чинників у курчат-бройлерів розвивався ранній оксидативний стрес, який проявлявся підвищенням вмісту ТБК-активних продуктів у 2,43 раза ( $P < 0,05$ ) порівняно з контролем. Одночасно встановлено функціональне напруження ензимної ланки антиоксидантної системи, що характеризувалося зниженням активності супероксиддисмутази на 14,5 %, каталази – на 28,9 % та глутатіонпероксидази – на 11,1 %. Аналіз неензимної ланки антиоксидантного захисту показав зниження концентрації вітаміну Е на 22,6 % у дослідних курчат, при цьому частка птиці з концентрацією  $\alpha$ -токоферолу нижче фізіологічної норми (2,5 мг/мл) зросла з 4,0 % у контролі до 60,0 % у дослідній групі. Вміст вітаміну А характеризувався збільшенням у курчат дослідної групи на 48,3 % порівняно з контролем та значним коливанням показників, що імовірно відображає його перерозподіл і мобілізацію з депо у відповідь на метаболічне та імунне навантаження. Отримані результати підтверджують, що вміст ТБК-активних продуктів, активність каталази та супероксиддисмутази, а також концентрація вітаміну Е є інформативними чутливими маркерами ранньої діагностики технологічного (оксидативного) стресу у курчат-бройлерів за умов інтенсивного промислового вирощування.

**Ключові слова:** курчата-бройлери, антиоксидантний статус, пероксидне окиснення ліпідів, супероксиддисмутаза, каталаза, глутатіонпероксидаза, вітаміни А і Е, технологічний стрес.

## Вступ

У сучасному птахівництві України ключовим завданням є не лише досягнення високої продуктивності птиці, а й збереження її фізіологічного гомеостазу в умовах інтенсивного росту, високої щільності утримання, зміни кормів, проведення профілактичних вакцинацій та змін параметрів мікроклімату (Shcherbatyy & Slivinska, 2021; Ncho et al., 2023). Сукупність цих чинників, притаманних інтенсивному промислового птахівництву, формує стан технологічного стресу, який розглядають як один із провідних етіологічних факторів порушення обміну речовин і зниження резистентності організму птиці. Технологічний стрес є комплексом несприятливих адаптаційних реакцій, зумовлених відхиленням умов утримання від фізіологічних норм (Voronkova et al., 2016; Shevchuk et al., 2018; Shcherbatyy & Slivinska, 2022; Slivinska et al., 2022; Oke et al., 2024). Навіть короточасні порушення температурного режиму, відносної вологості та газового складу повітря супроводжуються активацією процесів пероксидного окиснення ліпідів і виснаженням антиоксидантної системи організму птахів (Lin et al., 2006; Surai et al., 2019; Ponomarenko & Shcherbatyy, 2025).

Антиоксидантна система відіграє провідну роль у підтриманні окисно-відновного гомеостазу клітин, попередженні ушкодження біомембран та деградації білків, ліпідів і нуклеїнових кислот (Halliwell & Gutteridge, 2015; Romanovych et al., 2019; Albarrak, 2021). Її ефективність у бройлерів визначається активністю ензимних компонентів (супероксиддисмутази, каталази, глутатіонпероксидази) та рівнем неензимних антиоксидантів, серед яких провідну роль відіграють вітаміни А та Е (Ravi et al., 2025). Вітамін Е ( $\alpha$ -токоферол) є головним мембранним антиоксидантом, що запобігає пероксидному руйнуванню ліпідів, тоді як вітамін А (ретинол) бере участь у регуляції експресії генів антиоксидантних ензимів і підтриманні цілісності епітеліальних тканин (Spanier et al., 2009; Shcherbatyy et al., 2019; Albarrak, 2021).

Порушення оптимальних умов утримання, навіть у межах допустимих норм, може спричинити підвищене утворення вільних радикалів та виснаження запасів

жиророзчинних вітамінів, що проявляється зниженням продуктивності, імунної реактивності та погіршенням якості м'яса (Habibian et al., 2015). Саме тому оцінка антиоксидантного статусу та вмісту вітамінів А і Е у крові бройлерів є важливим діагностичним критерієм для раннього виявлення технологічного стресу та розробки профілактичних заходів.

Враховуючи це, дослідження функціонального стану антиоксидантної системи у курчат-бройлерів в умовах промислового вирощування є актуальним напрямом сучасної ветеринарної науки. Результати таких досліджень дають змогу не лише встановити патогенетичні механізми адаптаційних реакцій організму птахів, але й обґрунтувати біохімічні маркери за технологічного стресу та ефективні підходи до профілактики антиоксидантними препаратами і вітамінними комплексами.

## Мета дослідження

Метою роботи було оцінити функціональний стан антиоксидантної системи та вміст вітамінів А і Е у курчат-бройлерів за дії технологічних чинників.

## Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили в умовах промислового птахівничого підприємства Львівської області. Об'єктом дослідження були клінічно здорові курчата-бройлери кросу Cobb-500 14-добового віку на момент формування експериментальних груп, із середньою живою масою  $530,0 \pm 20,0$  г, яких утримували за стандартною інтенсивною технологією з дотриманням чинних зоогігієнічних нормативів щодо щільності посадки, параметрів мікроклімату та годівлі.

Для постановки досліду було сформовано дві групи курчат-бройлерів по 25 голів у кожній. До контрольної групи віднесли птицю до дії комплексу технологічних чинників, який включав зміну корму зі стартерного на гровер-1 на 12-ту добу вирощування та проведення вакцинації проти інфекційного бронхіту на 13-ту добу із застосуванням вакцини ІВ88. Дослідну групу становили курчата, у яких відбір біологічного матеріалу здійснювали через 48 годин після дії

зазначених технологічних чинників, що дало змогу оцінити ранні метаболічні та адаптаційні реакції організму птиці.

Кров для досліджень відбирали з яремної вени – зранку до годівлі з дотриманням принципів біоетики та мінімізації додаткового стресу для птиці.

Функціональний стан антиоксидантної системи оцінювали за комплексом біохімічних показників. Інтенсивність пероксидного окиснення ліпідів визначали за вмістом ТБК-активних продуктів, який оцінювали спектрофотометричним методом за реакцією малонового діальдегіду з тіобарбітуровою кислотою з утворенням забарвленого комплексу. Активність супероксиддисмутази (СОД) визначали за здатністю ензиму інгібувати автоокиснення адреналіну, активність каталази (КАТ) – за швидкістю розкладання пероксиду водню, а активність глутатіонпероксидази (ГПО) – за інтенсивністю окиснення відновленого глутатіону в присутності пероксидів. Вміст вітаміну А (ретинолу) та вітаміну Е ( $\alpha$ -токоферолу) у крові курчат-бройлерів визначали спектрофотометричним методом після екстракції жиророзчинних вітамінів органічними розчинниками. Усі біохімічні показники визначали відповідно до методик, викладених у довіднику (Vlizlo et al., 2012).

Статистичну обробку отриманих результатів проводили з використанням програмного пакета Statistica (StatSoft Inc., USA). Результати досліджень подано у вигляді середнього арифметичного значення та його стандартної похибки ( $M \pm m$ ). Достовірність різниці між показниками контрольної та дослідної груп оцінювали за допомогою *t*-критерію Стьюдента. Різницю вважали статистично вірогідною за  $P < 0,05$ .

### Результати та їх обговорення

Оцінка функціонального стану антиоксидантної системи курчат-бройлерів показала, що через 48 год після дії технологічних чинників в умовах промислового утримання відбуваються суттєві зрушення як у ензимній, так і в неензимній ланках антиоксидантного захисту, що вказує на розвиток оксидативного стресу організму птиці.

Супероксиддисмутаза (СОД) є ключовим ензимом першої ланки антиоксидантного захисту, який забезпечує знешкодження супероксид-аніону, що інтенсивно утворюється в процесі мітохондріального дихання. У курчат-бройлерів контрольної групи активність СОД знаходилась в межах фізіологічних коливань для птиці цього віку. У курчат дослідної групи через 48 год після впливу технологічних чинників активність СОД знижувалася на 14,5 % ( $P < 0,001$ ) порівняно з контролем, що вказує на пригнічення первинної ланки антиоксидантного захисту.

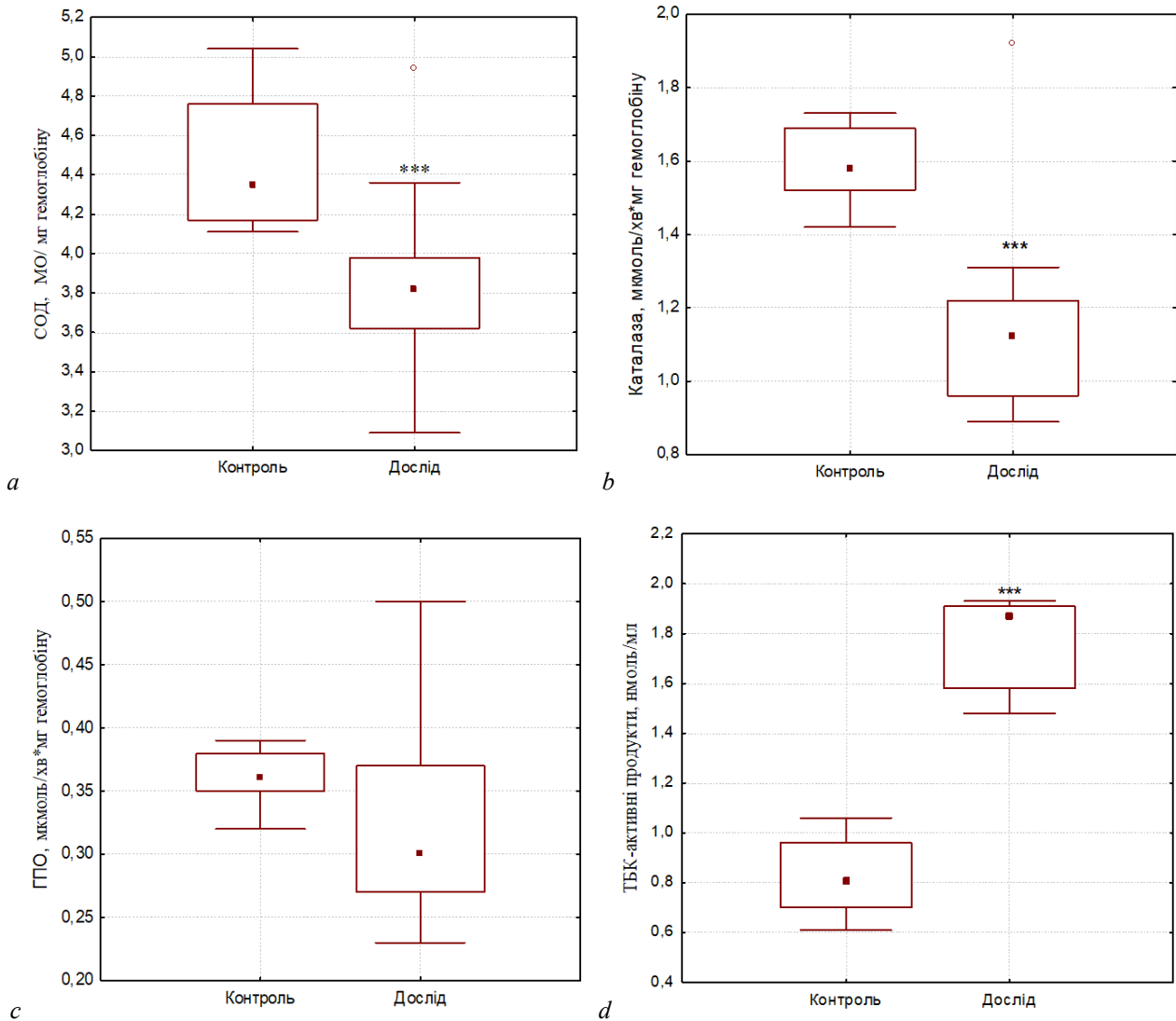
Зниження активності СОД вказує на виснаження ензимного потенціалу в умовах підвищеного утворення активних форм кисню, характерного для технологічного стресу. Подібні зміни описані у бройлерів за дії різних стресорів і розглядаються як ранній маркер оксидативного дисбалансу (Romanovych et al., 2016, 2019).

Каталаза є одним із ключових ензимів антиоксидантної системи, що забезпечує знешкодження пероксиду водню, який утворюється в результаті дисмутації супероксид-аніону під дією супероксиддисмутази (Gutyj et al., 2017). Таким чином, активність каталази відіграє вирішальну роль у запобіганні вторинному прооксидантному впливу пероксиду водню та утворенню високоактивних гідроксильних радикалів. Активність каталази у курчат контрольної групи становила  $1,59 \pm 0,13$  мкмоль/хв·мг гемоглобіну, тоді як у дослідної групи вона знижувалася на 28,9 % ( $P < 0,001$ ) порівняно з контролем. Зменшення активності каталази вказує на обмежену здатність організму ефективно знешкоджувати пероксид водню, який утворюється внаслідок дисмутації супероксидних радикалів.

Глутатіонпероксидаза (ГПО) є одним із ключових ензимів антиоксидантної системи, який забезпечує відновлення пероксиду водню та органічних гідропероксидів за участю відновленого глутатіону, запобігаючи їх накопиченню та подальшому ушкодженню клітинних структур (Gutyj et al., 2017, 2019). На відміну від каталази, глутатіонпероксидаза відіграє особливо важливу роль у детоксикації ліпідних пероксидів безпосередньо в мембранних структурах, що має принципове значення за умов активації пероксидного окиснення ліпідів. Активність глутатіонпероксидази також знижувалася на 11,1 % у курчат за дії чинників. Хоча ці зміни не були різко вираженими, їх узгодженість зі зниженням активності СОД і каталази вказує на загальне напруження ензимної ланки антиоксидантної системи.

Вміст ТБК-активних продуктів є інтегральним показником інтенсивності пероксидного окиснення ліпідів і широко використовується для оцінки ступеня оксидативного ушкодження клітинних мембран (Li et al., 2024). Підвищення концентрації цих сполук вимагає надмірне утворення вільних радикалів та порушення прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в організмі. Вміст ТБК-активних продуктів у крові курчат дослідної групи зростав у 2,43 рази ( $p < 0,001$ ) порівняно з контролем, що вказує на посилення процесів пероксидного окиснення ліпідів. Підвищення концентрації ТБК-активних продуктів є прямим підтвердженням активації вільнорадикальних процесів та ушкодження клітинних мембран у відповідь на дію технологічних чинників (Lance et al., 2013). Накопичення продуктів ПОЛ призводить до зміни проникності мембран, порушення функціонування мембранозв'язаних ензимів і може негативно впливати на метаболічні та імунні реакції організму птиці.

Таким чином, технологічний стрес в умовах промислового вирощування у курчат-бройлерів супроводжується дисбалансом прооксидантно-антиоксидантної рівноваги, що проявляється зростанням інтенсивності пероксидного окиснення ліпідів на фоні зниження активності ключових ензимів антиоксидантної системи. Виявлені зміни вказують на обмежені компенсаторні можливості антиоксидантного захисту в умовах інтенсивного промислового вирощування та можуть розглядатися як ранні біохімічні маркери технологічного стресу в організмі курчат-бройлерів.



**Рис. 1.** Активність ензимів антиоксидантної системи та вміст ТБК-активних продуктів у крові курчат: *a* – СОД (МО/мг гемоглобіну), *b* – каталаза (мкмоль/хв\*мг гемоглобіну), *c* – ГПО (мкмоль/хв\*мг гемоглобіну), *d* – ТБК-активні продукти (нмоль/мл); по осі абсцис групи птиці, по осі ординат одиниці виміру показника; малий квадрат – медіана, верхня та нижня межі прямокутника – 25 % та 75 %, вертикальна лінія – мінімальне та максимальне значення, кола – викиди ; n = 25; P < 0,001\*\*\*

Функціональне значення жиророзчинних вітамінів А і Е у системі антиоксидантного захисту організму птиці зумовлене їх участю як у безпосередньому нейтралізуванні активних форм кисню, так і в регуляції клітинних і молекулярних механізмів адаптації до стресу (Shakeri et al., 2020).

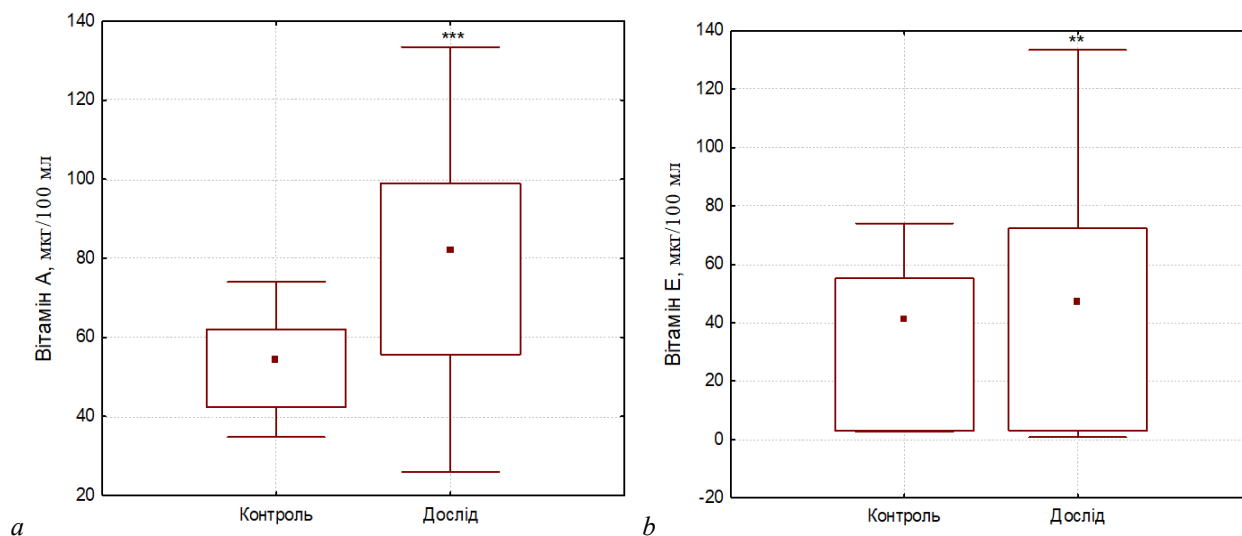
Вітамін А (ретинол) виконує більш комплексну, регуляторну функцію в антиоксидантній системі (El-Ratel et al., 2024). Окрім здатності безпосередньо взаємодіяти з активними формами кисню, ретинол і його активні метаболіти беруть участь у регуляції експресії генів антиоксидантних ензимів, зокрема супероксиддисмутази, каталази та глутатіонпероксидази. Крім того, вітамін А відіграє важливу роль у підтриманні структурної цілісності епітеліальних тканин, імунної відповіді та диференціації клітин, що має принципове значення в період адаптації організму птиці (Ghasemi-Sadabadi, 2021).

Аналіз концентрації жиророзчинних вітамінів у сироватці крові курчат-бройлерів через 48 год після дії комплексу технологічних чинників виявив виражене коливання показників, що є типовим для ранніх стадій адаптаційної відповіді організму. У курчат дослідної групи середній рівень вітаміну А перевищував контрольні значення на 48,3 %, але залишався в межах фізіологічних коливань для курчат бройлерів цього віку.

Виявлені зміни концентрації ретинолу, включаючи підвищені значення в окремих пробах, імовірно відображають перерозподіл вітаміну А з депо та його залучення до регуляції антиоксидантного захисту, імунної відповіді й процесів клітинної адаптації за умов технологічного напруження (Mavrommatis et al., 2021). Такий характер змін не вказує на розвиток гіпервітамінозу, а радше відображає мобілізацію регуляторних резервів організму у відповідь на короточасний стресовий вплив.

Вітамін Е ( $\alpha$ -токоферол) є основним мембранним антиоксидантом, який локалізується у фосфоліпідному шарі клітинних мембран і виконує ключову функцію переривання ланцюгових реакцій пероксидного окиснення ліпідів (Lima et al., 2025). За умов підви-

щеного утворення вільних радикалів  $\alpha$ -токоферол віддає атом водню пероксильним радикалам, стабілізуючи мембранні структури та запобігаючи деструкції поліненасичених жирних кислот (Arun, 2014).



**Рис. 2.** Вміст вітамінів у крові курчат: а – вітамін А (мкг/100мл), б – вітамін Е (мкг/100мл); по осі абсцис групи птиці, по осі ординат одиниці виміру показника; малий квадрат – медіана, верхня та нижня межі прямокутника – 25 % та 75 %, вертикальна лінія – мінімальне та максимальне значення, кола – викиди ; n = 25; P < 0,01 \*\*; P < 0,001\*\*\*

Аналіз концентрації вітаміну Е у крові курчат-бройлерів показав, що через 48 год після дії комплексу технологічних чинників середній його рівень у дослідній групі був на 22,6 % нижчим порівняно з контролем. При цьому частка птиці з концентрацією  $\alpha$ -токоферолу нижче фізіологічної норми (2,5 мкг/мл) зростає з 4,0 % у контролі до 60,0 % у дослідній групі, що вказує на виражене виснаження неензимної ланки антиоксидантної системи. Зниження концентрації вітаміну Е після дії чинників узгоджується з одночасним підвищенням вмісту ТБК-активних продуктів та зменшенням активності ключових ензимів антиоксидантної системи, що вказує на напруження неензимної ланки антиоксидантного захисту (Lima et al., 2025). Саме  $\alpha$ -токоферол відіграє провідну роль у перериванні ланцюгових реакцій ПОЛ, тому його зменшення у крові курчат-бройлерів є патогенетично обґрунтованою реакцією на оксидативний стрес (Kouvedaki et al., 2024).

Таким чином, результати дослідження вказують на те, що за умов технологічного стресу у курчат-бройлерів відбувається перерозподіл та підвищене використання жиророзчинних вітамінів, особливо вітаміну Е, що разом із активацією процесів пероксидного окиснення ліпідів та зниженням активності антиоксидантних ензимів формує характерний біохімічний профіль раннього оксидативного стресу.

Отже, сукупна динаміка вітамінів А і Е підтверджує, що неензимна ланка антиоксидантної системи відіграє провідну роль у ранніх адаптаційних реакціях курчат-бройлерів за умов технологічного стресу. Підвищене використання  $\alpha$ -токоферолу в поєднанні з регуляторною дією ретинолу формує біохімічні передумови для стабілізації клітинних мембран, підтри-

мання імунної відповіді та обмеження оксидативного ушкодження тканин.

На основі досліджень встановлено комплексний біохімічний профіль технологічного стресу у курчат-бройлерів, який формується вже через 48 год та включає зміни показників пероксидного окиснення ліпідів, активності антиоксидантних ензимів і неензимної ланки захисту.

На відміну від більшості досліджень, у яких оцінюють антиоксидантний статус за тривалого або хронічного стресу, у даній роботі показано, що вже через 48 год після дії технологічних чинників формується стабільний біохімічний профіль раннього оксидативного стресу. Це вказує на високу чутливість антиоксидантної системи до короточасних технологічних чинників і відкриває можливість ранньої метаболічної діагностики. Більшість попередніх досліджень оцінювали зміни антиоксидантної системи за тривалого теплового або метаболічного стресу, тоді як у даній роботі показано, що навіть короточасний технологічний вплив викликає виражені зміни антиоксидантного гомеостазу без клінічних проявів.

Отримані дані дозволяють виділити вміст ТБК-активних продуктів, активність каталази та супероксиддисмутази, а також концентрацію вітаміну Е як найбільш чутливі ранні біохімічні маркери технологічного стресу у курчат-бройлерів.

## Висновки

Через 48 год після впливу комплексу технологічних чинників у курчат-бройлерів встановлено розвиток раннього оксидативного стресу, що проявлялося зростанням вмісту ТБК-активних продуктів у 2,43

раза та функціональним напруженням ензимної ланки антиоксидантної системи. Активність супероксиддисмутази знижувалася на 14,5 %, каталази – на 28,9 %, а глутатіонпероксидази – на 11,1 %. Одночасно встановлено зниження концентрації вітаміну Е на 22,6 %. Отримані результати підтверджують, що вміст ТБК-активних продуктів, активність каталази та супероксиддисмутази, а також концентрація вітаміну Е є інформативними чутливими маркерами ранньої діагностики технологічного (оксидативного) стресу у курчат-бройлерів за умов інтенсивного промислового вирощування.

*Перспективи подальших досліджень* полягають у вивченні впливу енергетичних добавок, що містять амінокислоти, мінеральні компоненти, глюкозу та вітаміни, на функціональний клінічний стан, антиоксидантний статус, інтенсивність пероксидного окиснення ліпідів і вітамінний профіль курчат-бройлерів за умов дії технологічних стресів у промислових системах утримання. Планується оцінити їх здатність коригувати активність ензимної та неензимної ланок антиоксидантного захисту, зокрема показники супероксиддисмутази, каталази та глутатіонпероксидази, а також концентрацію вітамінів А і Е у крові птиці.

#### Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

#### References

- Albarrak, S. M. (2021). Antioxidant and immune responses of broiler chickens supplemented with *Rhazya stricta* extract in drinking water. *Veterinary World*, 14(6), 1437–1449. DOI: 10.14202/vetworld.2021.1437-1449.
- Arun, K. (2014). Role of vitamin E in counteracting oxidative stress in poultry. *The Journal of Poultry Science*, 51(2), 109–117. DOI: 10.2141/jpsa.0130134.
- El-Ratel, I.T., Amara, M.M., Beshara, M.M., Basuini, M.F.E., Fouda, S.F., El-Kholy, K.H., Ebeid, T.A., Kamal, M., Othman, S.I., Rudayni, H.A., Allam, A.A., Moustafa, M., Tellez-Isaias, G., Abd El-Hack, M.E., Mekawy, A. (2024). Effects of supplemental vitamin A on reproduction and antioxidative status of aged laying hens, and growth, blood indices and immunity of their offspring. *Poultry Science*, 103(3), 103453. DOI: 10.1016/j.psj.2024.103453.
- Ghasemi-Sadabadi M, Ebrahimnezhad Y, Maheri-Sis N, Ghalehkandi JG, Shaddel-Teli A. (2021). Immune response and antioxidant status of broilers as influenced by oxidized vegetable oil and pomegranate peel. *Journal of Animal Science and Technology*, 63(5), 1034–1063. DOI: 10.5187/jast.2021.e99.
- Gutyj, B. V., Ostapyuk, A. Y., Sobolev, O. I., Vishchur, V. J., Gubash, O. P., Kurtyak, B. M., Kovalskyi, Y. V., Darmohray, L. M., Hunchak, A. V., Tsisaryk, O. Y., Shcherbatyy, A. R., Farionik, T. V., Savchuk, L. B., Palyadichuk, O. R., & Hrymak, K. (2019). Cadmium burden impact on morphological and biochemical blood indicators of poultry. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(1), 236–239. URL: <https://www.ujecology.com/articles/cadmium-burden-impact-on-morphological-and-biochemical-blood-indicators-of-poultry.pdf>.
- Gutyj, B., Stybel, V., Darmohray, L., Lavryshyn, Y., Turko, I., Hachak, Y., Shcherbatyy, A., Bushueva, I., Parchenko, V., Kaplaushenko, A., & Krushelnyska, O. (2017). Prooxidant-antioxidant balance in the organism of bulls (young cattle) after using cadmium load. *Ukrainian journal of Ecology*, 7(4), 589–596. URL: <https://www.ujecology.com/abstract/prooxidantantioxidant-balance-in-the-organism-of-bulls-young-cattle-after-using-cadmium-load-693.html>.
- Habibian, M., Ghazi, S., Moeini, M. M., & Abdolmohammadi, A. R. (2015). Effects of dietary selenium and vitamin E on immune response and antioxidant status in broiler chickens reared under heat stress. *International Journal of Biometeorology*, 59(8), 1019–1030. DOI: 10.1007/s00484-013-0654-y.
- Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. C. (2015). *Free radicals in biology and medicine* (5th ed.). Oxford University Press. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780198717478.001.0001.
- Kouvedaki, I., Pappas, A. C., Surai, P. F., & Zoidis, E. (2024). Nutrigenomics of natural antioxidants in broilers. *Antioxidants (Basel)*, 13(3), 270. DOI: 10.3390/antiox13030270.
- Lance, H., Baumgard, Robert, P., & Rhoads, Jr. (2013). Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. *Annual Review Animal Biosciences*, 1, 311–337. DOI: 10.1146/annurev-animal-031412-103644.
- Li, Y., Wang, K., & Li, C. (2024). Oxidative stress in poultry and the therapeutic role of herbal medicine in intestinal health. *Antioxidants*, 13(11), 1375. DOI: 10.3390/antiox13111375.
- Lima, M. R., Costa, F. G. P., de Melo, L. N., Kaneko, I. N., de Brito, A. N. E. F., de Lima, A. V., de Lima, A. F. D., Jacob, D., Santos, R., Fagundes, N. S., & Cardoso, D. (2025). The use of different selenium sources and vitamin E levels as a strategy to support the performance of broilers raised in a hot climate. *Poultry Science*, 104(9), 105350. DOI: 10.1016/j.psj.2025.105350.
- Lin, H., Decuypere, E., & Buyse, J. (2006). Acute heat stress induces oxidative stress in broiler chickens. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A*, 144(1), 11–17. DOI: 10.1016/j.cbpa.2006.02.042.
- Mavrommatis, A., Giamouri, E., Myrtsi, E. D., Evergetis, E., Filippi, K., Papapostolou, H., Koulocheri, S. D., Zoidis, E., Pappas, A. C., Koutinas, A., Haroutounian, S. A., & Tsiplakou, E. (2021). Antioxidant status of broiler chickens fed diets supplemented with vinification by-products. *Antioxidants*, 10(8), 1250. DOI: 10.3390/antiox10081250.
- Ncho, C. M., Gupta, V., & Choi, Y. H. (2023). Effects of dietary glutamine supplementation on heat-induced oxidative stress in broiler chickens: a systematic review and meta-analysis. *Antioxidants (Basel)*, 12(3), 570. DOI: 10.3390/antiox12030570.
- Oke, O. E., Akosile, O. A., Oni, A. I., Opowoye, I. O., Ishola, C. A., Adebisi, J. O., Odeyemi, A. J., Adjei-Mensah, B., Uyanga, V. A., & Abioja, M. O. (2024). Oxidative stress in poultry production. *Poultry Science*, 103(3), 4005820. DOI: 10.1016/j.psj.2024.104003.

- Ponomarenko, D. O., & Shcherbatyi, A. R. (2025). Clinical and biochemical aspects of uric acid diathesis in laying hens: modern approaches to diagnosis and prevention (review). *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 27(119), 155–161. DOI: 10.32718/nvlvet11922.
- Ravi, S., Biswas, A., Kolluri, G. Pipaliya, G., Deo, Ch., Rokade, J., Goyari, K., & Parte, P. (2025). Effect of dietary supplementation of herbal immuno-modulator on growth performance, immune response and serum biochemical indices of broiler chickens. *Scientific Reports*, 15, 39771. DOI: 10.1038/s41598-025-23484-z.
- Romanovich, M., Kurtyak, B., Broda, O., & Matyukha, I. (2016). Intensity of the floor on the background of vaccination gumboro disease for the actions of yeast *saccharomices cerevisiae*, probiotics bps–44. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 18(3(71)), 79–82. DOI: 10.15421/nvlvet7118.
- Romanovych, L., Kurtyak, B., & Mudrak, D. (2019). The intensity of the processes of oxidative modification of proteins and the activity of enzymes of the antioxidant protection system of broiler chickens under the action of vitamins E and C. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 2(3), 19–22. DOI: 10.32718/ujvas2-3.05.
- Shakeri, M., Oskoueian, E., Le, H. H., Shakeri, M. (2020). Strategies to Combat Heat Stress in Broiler Chickens: Unveiling the Roles of Selenium, Vitamin E and Vitamin C. *Veterinary Science*, 7(2), 71. DOI: 10.3390/vetsci7020071.
- Shcherbatyi, A. R., & Slivinska, L. G. (2022). Prevalence and structure of metabolic diseases of laying hens. Topical issues of the development of veterinary medicine and breeding technologies. *Scientific monograph. Riga, Latvia: “Baltija Publishing”, 294–310. DOI: 10.30525/978-9934-26-258-6-8.*
- Shcherbatyy, A. R., Slivinska, L. G. (2021). Overview: prevalence and structure of metabolic diseases of laying chickens, their influence on egg quality and condition of young chickens. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences*, 23(104), 3–9. DOI: 10.32718/nvlvet10401.
- Shcherbatyy, A. R., Slivinska, L. G., Gutyj, B. V., Fedorovych, V. L., & Lukashchuk, B. O. (2019). Influence of Marmix premix on the state of lipid peroxidation and indices of non-specific resistance of the organism of pregnant mares with microelementosis. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 10(1), 87–91. DOI: 10.15421/021914.
- Shevchuk, M. O., Stoyanovskyy, V. G., & Kolomiets, I. A. (2018). Technological stress in poultry. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 20(88), 63–68. DOI: 10.32718/nvlvet8811.
- Slivinska, L. G., Yaremchuk, V. Y., Shcherbatyy, A. R., Gutyj, B. V., & Zinko, H. O. (2022). Efficacy of hepatoprotectors in prophylaxis of hepatosis of laying hens. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 13(3), 287–293. DOI: 10.15421/022237.
- Spanier, G., Xu, H., Xia, N., Tobias, S., Deng, S., Wojnowski, L., Forstermann, U., & Li, H. (2009). Resveratrol reduces endothelial oxidative stress by modulating the gene expression of superoxide dismutase 1 (SOD1), glutathione peroxidase 1 (GPx1) and NADPH oxidase subunit (Nox4). *Journal of Physiology and Pharmacology*, 60(4), 111–116. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20083859>.
- Surai, P. F., Kochish, I. I., Fisinin, V. I., & Kidd, M. T. (2019). Antioxidant defence systems and oxidative stress in poultry biology: an update. *Antioxidants (Basel)*, 8(7), 235. DOI: 10.3390/antiox8070235.
- Vlizio, V. V. (2012). *Laboratorni metody doslidzhen u biolohiyi, tvarynnystvii ta veterynarniy medytsyni [Laboratory methods of investigation in biology, stock breeding and veterinary]*. Edited by V. V. Vlizio. Lviv: Spolom (in Ukrainian).
- Voronkova, Yu. S., Holoborodko, K. K., Marenkov O. M., & Horban V. A. (2016). Problema doslidzhennia oksydatyvnoho stresu u biolohichnykh doslidzhenniakh. *Pytannia bioindykatsii ta ekolohii*, 21(1), 222–234. URL: <https://europub.co.uk/articles/-A-314155> (in Ukrainian).