

Взаємозв'язок активності ферментативної та неферментативної ланок антиоксидантної системи організму залежно від тонузу автономної регуляції

О.М. Жукорський¹, О.В. Журенко², В.І. Карповський², О.М. Литвиненко³,
В.О. Постоєнко³, Д.І. Криворучко², В.В. Журенко², Е.О. Шнуренко²

¹Інститут розведення і генетики тварин імені М.В. Зубця НААН, с. Чубинське, Київська область;

²Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ;

³ННЦ «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича» НААН, Київ; e-mail: alesyasandra@ukr.net

Питання дослідження тонузу автономної нервової регуляції та визначення взаємозв'язків з активністю антиоксидантної системи організму курей м'ясної продуктивності є актуальним та потребує всебічного вивчення. Мета дослідження – установлення характерувливу автономної нервової регуляції на активність системи антиоксидантного захисту курей-бройлерів. Автономну нервову регуляцію досліджували варіаційною пульсометрією у курей м'ясного напрямку продуктивності кросу «Кобб 500» 35–60-добового віку, після чого було відібрано еталонних представників трьох типів тонузу вегетативної регуляції: симпатико-, нормо- та ваготоніків. Установлено, що середнє значення активності супероксиддисмутази у курей-симпатикотоніків статистично вищева нормотоніків, що свідчить про більш активне споживання кисню. Внаслідок цього збільшується утворення супероксидного радикала, що потребує більшої кількості супероксиддисмутази для прискорення його нейтралізації. У курей-симпатикотоніків 60-добового віку активність супероксиддисмутази зберігалася на нижчому рівні за нормотоніків, а у ваготоніків відмічалася тенденція до зниження. Активність глутатіонпероксидази при переважанні симпатичного відділу автономної регуляції статистично нижча, ніж у ваго- та нормотоніків. Визначено кореляцію між активністю супероксиддисмутази та вмістом ретинолу у курей-нормотоніків 35-добового віку, що свідчить про взаємоузгодженість роботи ферментативної та неферментативної ланки антиоксидантної системи за умов рівноваженості автономної регуляції. Однак з віком парасимпатичний відділ автономної нервової системи посилює вплив на взаємозв'язок активності супероксиддисмутази та вмісту ретинолу у курей-ваготоніків на відміну від нормотоніків. Виявлено, що залежність між вмістом каталази та токоферолу посилюється з віком у курей з ваготонічним типом автономної регуляції. Доведено, що у таких курей 35-добового віку вміст токоферолу та ретинолу більше, ніж у нормотоніків. У курей групи симпатико- та нормотоніків вміст токоферолу в плазмі крові нижчий, ніж у ваготоніків. Вміст ретинолу у плазмі крові курей ваготонічного типу автономної нервової регуляції більший як у нормо- та симпатикотоніків. Це свідчить про найвищий рівень антиоксидантного захисту у курей-ваготоніків, що становить міцний фундамент для кращого імунного статусу та приросту.

Ключові слова: кури; антиоксидантна система; тонуз автономної регуляції; симпатикотоніки; нормотоніки; ваготоніки; токоферол; ретинол; супероксиддисмутаза; каталаза; глутатіонпероксидаза.

ВСТУП

Птахівництво досить ефективно реагує на розвиток інтенсифікації виробництва і

належить до числа галузей, які мають можливість здійснювати розширене відтворення внаслідок впровадження прогресивних технологій, застосування інновацій і випуску

© Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України, 2024

© Видавець ВД “Академперіодика” НАН України, 2024

конкурентоспроможної продукції [1]. Однак в умовах інтенсивної технології промислового вирощування адаптивні й продуктивні можливості організму птиці реалізуються не повною мірою [2].

В основі метаболічних процесів в організмі лежать окисно-відновні реакції. Серед них особливу роль відіграють вільнорадикальні реакції з утворенням перекисних сполук. Їм на противагу існує антиоксидантна система, представлена насамперед системою антиоксидантних ферментів: супероксиддисмутазою, яка зв'язує активні форми кисню з утворенням перекису водню; каталазою, яка деструктує перекиси в ліпідні гідропероксидази; глутатіонпероксидазою, що редукує ліпідні гідропероксидази внаслідок окиснення глутатіону; глутатіонредуктазою, яка відновлює його через окиснення НАДФН цитохромним ланцюгом [2, 3].

Автономна нервова система регулює роботу та функції внутрішніх органів, підтримує гомеостаз та реакцію організму на фактори зовнішнього середовища. Визначення типів автономної нервової регуляції у тварин дає можливість встановити особливості обмінних процесів в організмі, що можна використовувати для створення нових методів підвищення їх продуктивності та утримання.

Дослідження впливу типологічних особливостей автономної нервової регуляції на активність системи антиоксидантного захисту курей є актуальним, оскільки дасть змогу поглибити існуючі знання про вегетативну регуляцію фізіологічних функцій їх організму, розробити нові методи корекції активності системи антиоксидантного захисту з урахуванням тонусу автономної нервової системи курей.

Метою нашої роботи було встановлення характеру впливу автономної нервової регуляції на активність системи антиоксидантного захисту курей-бройлерів.

МЕТОДИКА

Для дослідження тонусу автономної нервової системи було відібрано 200 курей, з яких

було визначено еталонні 24 курки. Обраних курей надалі формували в групи по 8 птахів за тонусом автономної нервової системи. Курей-бройлерів кросу «Кобб 500» утримували в приміщеннях з підлоговим типом на глибокій підстилці (птахоферма Миргородського району, с. Новооріхівка). На момент визначення типологічних особливостей тонусу автономної нервової системи вік дослідних птахів становив 30–35 діб.

У кожної курки було знято електрокардіограму за допомогою електрокардіографа ЕКЗТ-01-“Р-Д”, використовуючи електроди типу “крокодил”. Для запису електрокардіограми обрано мінімально допустиму швидкість руху стрічки, яка становила 50 мм/с, 1 мВ. Реєстрацію електрокардіограми проводили протягом 20–30 с. Отримані електрокардіограми аналізували методом варіаційної пульсометрії підрахунком 100 R-R кардіоінтервалів у стані спокою [4]. При цьому визначали два основних показники: моду (M_o) та амплітуду моди (A_{Mo}). Таким чином, якщо M_o дорівнює 0,14–0,16 с – тварину відносять до симпатотоніків, 0,16–0,17 с – нормотоніків або 0,18–0,21 с – до ваготоніків. Оскільки частота серцевих скорочень у птиці вища ніж у людей (від 120 xv^{-1}), то значення M_o були скориговані п'ятикратним збільшенням, завдяки чому отримані результати можна було легко зіставляти з показниками, які використовують у гуманній медицині: нормотонічний тип – 0,8-0,9 с; симпатикотонічний – 0,5–0,8 с; ваготонічний – 1,0–1,2 с. A_{Mo} використовують як додатковий параметр для уточнення тонусу автономної нервової системи: симпатотонія – $>45\%$, нормотонія – 40–45%, ваготонія – $<40\%$. За отриманими результатами дослідних курей було поділено на три групи відповідно до тонусу АНС: симпато-, ваго- та нормотоніки.

Проби крові відбирали з підкрилової вени у курей 35 і 60-добового віку. Матеріалом для дослідження активності ферментативної ланки антиоксидантної системи була гепаринізована кров. У крові курей-несучок визна-

чали активність супероксиддисмутази (СОД), каталази та глутатіонпероксидази. Методика визначення вмісту ретинолу та токоферолу в плазмі крові базувалася на використанні рідинної хроматографії екстрагованих з біологічних рідин вітамінів [5].

Дослідження були проведені із дотримання вимог Закону України № 3447 – IV від 21.02.06 р. “Про захист тварин від жорстокого поводження”, які узгоджуються з основними принципами “Європейської конвенції з захисту хребетних тварин, що використовуються для експериментальних та наукових цілей” (Страсбург, 1986), декларації “Про гуманне ставлення до тварин” (Гельсінкі, 2000), а також згідно до Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» від 15.12.2009 р. № 1759-VI та «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах» (Київ, 2001) та з погодження з біоетичною комісією Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол № 11 від 18.06.24 р.).

Статистичні підрахунки проводили в програмі Microsoft Excel 2016, зокрема, визначали середньоарифметичну величину (M) та її похибку (m), імовірність різниць середніх значень встановлювали за критерієм t Стьюдента. Зміни показників вважали

достовірними при $P < 0,05$ (у тому числі $P < 0,01$ і $P < 0,001$). Коефіцієнт кореляції (r) розраховували методом Пірсона [6].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати спектрофотометричних досліджень активності ферментативної ланки антиоксидантної системи в крові курей представлено в табл. 1 за типами автономної регуляції. У курей з врівноваженим типом вегетативної регуляції виявлено нижчі значення активності СОД, які компенсуються високою активністю інших досліджуваних ензимів антиоксидантного захисту – каталази та глутатіонпероксидази, що вказує на баланс ферментативної активності у курей з переважанням нормотонічного тону автономної нервової системи.

У курей-ваготоніків встановлено тенденцію до збільшення активності всіх досліджених ензимів антиоксидантної системи порівняно із нормо- та симпатикотоніками. Активність СОД у курей-симпатикотоніків статистично вища за нормотоніків на 8,7% ($P < 0,001$). Це свідчить про активне споживання кисню, внаслідок чого збільшується утворення супероксидного радикала, що потребує більшої активності СОД для прискоро-

Таблиця 1. Показники активності антиоксидантної системи крові залежно від тону автономної нервової системи у курей різного віку ($M \pm m$, $n = 8$)

Тонус автономної нервової системи	Супероксиддисмутаза, од.акт./мг білка	Каталаза, нмоль H_2O_2 /с \times мг білка	Глутатіонпероксидаза, нмоль GSH/хв \times мг білка
35 діб			
Нормотоніки	2,88 \pm 0,067	69,16 \pm 3,431	13,13 \pm 0,427
Ваготоніки	3,16 \pm 0,092	70,19 \pm 3,513	15,34 \pm 0,424
Симпатикотоніки	3,15 \pm 0,147***	68,64 \pm 2,589	12,61 \pm 0,658
60 діб			
Нормотоніки	3,35 \pm 0,08	74,60 \pm 3,32	14,21 \pm 0,65
Ваготоніки	3,27 \pm 0,07*	77,40 \pm 3,10	16,39 \pm 0,83
Симпатикотоніки	3,18 \pm 0,10**	74,50 \pm 5,43	13,27 \pm 0,75*

Тут і в табл. 2 і 3: * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$ порівняно з нормотоніками.

рення його нейтралізації. Однак відмічаються більш низькі значення загальної активності ензимної ланки антиоксидантної системи у птахів 35-добового віку із переважанням тонусу симпатичного відділу автономної регуляції порівняно із птахами інших типів автономної регуляції. Так, дослідження показали тенденцію до зниження активності СОД, каталази та глутатіонпероксидази у птахів із переважанням симпатичного відділу автономної регуляції на 0,4, 2,2 та 21,6% відповідно порівняно з ваготоніками.

У крові курей-ваготоніків 60-добового віку збільшується активність СОД на 3,5% ($P < 0,05$) відносно значень курей 35-добового віку порівняно із нормотоніками (див. табл. 1). У курей-симпатикотоніків 60-добового віку активність СОД зберігається на нижчому рівні, ніж у нормотоніків на 5,4% ($P < 0,01$), і на 2,8% порівняно з ваготоніками. Активність глутатіонпероксидази при переважанні симпатичного відділу автономної регуляції статистично нижча на 23,5 та 7,1% ($P < 0,05$) за ваго- та нормотоніків. Найнижча активність антиоксидантних ензимів при переважанні симпатикотонії пояснює наявність найбільшої кількості продуктів перекисного окиснення ліпідів, що посилюється при інтенсивних процесах окиснення вільних радикалів за наявності активних форм кисню.

Все більше доказів, що більшість стресів у птахівництві на клітинному рівні пов'язані з окисним стресом. Нещодавно було переглянуто концепцію клітинного антиоксидантного захисту, приділяючи особливу увагу підтримці клітинного окисно-відновного статусу та клітинній сигналізації [7]. Система антиоксидантного захисту регулює інтенсивність вільнорадикальних реакцій, починаючи від їх ініціації та закінчуючи утилізацією продуктів пероксидації [8]. Ключовим складовим системи антиоксидантного захисту є фермент – СОД, що знешкоджує супероксидний радикал із утворенням пероксиду водню [2]. Каталаза підсилює дію СОД, утилізуючи утворений пероксид водню [7]. Глутатіонпероксидаза каталізує відновлення перекисів ліпідів у відповідні спирти та відновлює пероксид водню до води, сприяє захисту від паразитів, грибів, бактерій, злоякісних клітин, внутрішньоклітинних найпростіших і вірусів у бройлерів [9]. Вплив на організм окисного стресу, спричиненого різноманітними внутрішніми чи зовнішніми факторами, є негативним, а запалення можна розглядати як його побічний вплив [7].

Дослідження вмісту вітамінів А та Е в крові показали статистично вищі показники у курей з переважанням парасимпатичного відділу автономної нервової системи протягом усього досліджуваного періоду (табл. 2).

Таблиця 2. Вміст (мкмоль/л) токоферолу та ретинолу у крові курей різного віку залежно від тонусу автономної нервової системи ($M \pm m, n = 8$)

Тонус автономної нервової системи	Токоферол	Ретинол
	35 діб	
Нормотоніки	25,72 ± 1,1	0,85 ± 0,04
Ваготоніки	27,92 ± 1,16**	0,93 ± 0,02***
Симпатикотоніки	24,18 ± 0,91**	0,80 ± 0,03*
	60 діб	
Нормотоніки	25,26±0,73	0,86±0,06
Ваготоніки	27,25±0,84***	0,92±0,04*
Симпатикотоніки	24,33±0,94***	0,79±0,06*

Так, у курей-ваготоніків 35-добового віку вміст токоферолу та ретинолу був на 7,9% ($P < 0,01$) та 8,6% ($P < 0,001$) відповідно більшим за нормотоніків. У симпатикотоніків вміст токоферолу в плазмі крові був меншим на 13,4% ($P < 0,01$), ніж у ваготоніків. Це вказує на вплив ваготонічного типу автономної нервової системи на здатність до накопичення вітаміну Е, а отже і на посилення активності антиоксидантного захисту ліпідного шару мембран клітинних органел завдяки його антиоксидантним властивостям. Фосфоліпіди мітохондрій та ендоплазматичний ретикулум мембран мають специфічну спорідненість з α -токоферолом. Активатором і середовищем для ферментних реакцій клітин слугує фосфоліпідний шар мембрани [10]. Тому при втраті фосфоліпідів знижується або повністю нівелюється активність мембранних ензимів. Це пояснює наявність нижчих значень вмісту токоферолу у курей-симпатикотоніків на 6% ($P < 0,01$) порівняно з нормотоніками. Вміст ретинолу у плазмі крові курей ваготонічного типу автономної нервової регуляції був 14,1% ($P \leq 0,05$) більшим, ніж у симпатикотоніків. Ці властивості вітаміну А в сукупності з високим вмістом токоферолу у курей-ваготоніків свідчать про найвищий рівень антиоксидантного захисту, що становить міцний фундамент для вищого імунного статусу та приросту.

У курей 60-добового віку вміст токоферолу та ретинолу мав тенденцію до зниження та може вказувати на зниження утворення вільних радикалів і, як наслідок, зниження реактивності і узгодженості системи антиоксидантного захисту. У курей з активною симпатикотонією незначно зростав вміст токоферолу на 0,6% ($P < 0,001$), порівняно з симпатикотоніками 35-добового віку, що свідчить про постійну напруженість неферментативної ланки антиоксидантного захисту. Однак у плазмі крові курей 60-добового віку з переважанням впливу парасимпатичного відділу встановлено, що вміст токоферолу та ретинолу на 7,3% ($P < 0,001$) та 6,5% ($P < 0,05$) вищий, ніж у курей-нормотоніків.

Прямої кореляційних зв'язків між типологічними особливостями автономної нервової системи та вмістом токоферолу та ретинолу у курей 35-добового віку не виявлено. Однак відмічається посилення взаємозв'язків цих показників та різних складових вегетативної нервової регуляції у курей 60-добового віку.

Виявлення кореляції між активністю СОД та вмістом ретинолу у курей-нормотоніків 35-добового віку ($r = 0,42$, $P < 0,05$) свідчить про взаємоузгодженість роботи ферментативної та неферментативної ланки антиоксидантної системи за умов врівноваженості автономної регуляції (див. табл. 3).

Таблиця 3. Кореляція активності супероксиддисмутази, каталази та глутатіонпероксидази зі вмістом ретинолу у курей при різному тонусі автономної нервової регуляції ($M \pm m$, $n = 8$)

Тонус автономної нервової системи	Супероксиддисмутаза, од. акт./мг білка	Каталаза, нмоль H_2O_2 /хс × мг білка	Глутатіонпероксидаза, нмоль GSH/хв × мг білка
35 діб			
Нормотоніки	0,42*	0,18	-0,54
Ваготоніки	-0,61	0,12	-0,51
Симпатикотоніки	0,16	-0,22	0,86***
60 діб			
Нормотоніки	-0,57	0,11	-0,31
Ваготоніки	0,86***	0,36	-0,33
Симпатикотоніки	-0,17	-0,37	0,50

З віком парасимпатичний відділ автономної нервової системи посилює вплив на взаємозв'язок між активністю СОД та вмістом ретинолу у курей-ваготоніків ($r = 0,86$, $P < 0,001$) на відміну від нормотоніків, де кореляційні зв'язки повністю нівелюються у 60-добовому віці. Це може говорити про прагнення до самоврегульованості ланок антиоксидантної системи захисту, незалежно одна від одної, за умов врівноваженості автономної нервової системи.

Дослідження взаємозв'язків активності каталази з іншими системами антиоксидантного захисту встановили кореляцію між рівнем активності каталази та вмістом токоферолу ($r = 0,50$, $P < 0,05$) та ($r = 0,53$, $P < 0,01$) у курей-ваготоніків та симпатикотоніків 35-добового віку відповідно (табл. 4).

Дослідження взаємозв'язків глутатіонпероксидази з іншими ланками антиоксидантної системи показали, що кури 35-добового віку з переважанням симпатикотонії також мали кореляційні зв'язки активності глутатіонпероксидази з вмістом токоферолу ($r = 0,56$, $P < 0,01$) та ретинолу ($r = 0,86$, $P < 0,001$) на відміну від нормо- та ваготоніків.

Оскільки ретинол бере участь в утворенні амінокислоти L-цистеїну, що є невід'ємною складовою глутатіону, то наявність кореляції

між глутатіонпероксидазою та вітаміном А свідчить про високу реактивність антиоксидантного захисту у симпатикотоніків як способу адаптивної відповіді на нагромадження пероксидних радикалів, яка відбувається внаслідок посилення активізації глутатіонпероксидази та ресурсів вітаміну Е і β -каротину у курей раннього віку [11].

Сильні взаємозв'язки ензимів та вітамінів антиоксидантної системи вказують на найвищий рівень активності та взаємовпливу різних ланок системи антиоксидантного захисту у курей із переважанням симпатичного відділу автономної регуляції. При цьому у курей з нормотонічним типом автономної регуляції кореляційних зв'язків між каталазою, глутатіонпероксидазою та вітаміном Е не виявлено, що може говорити про кількісну рівновагу, незалежність ферментативної та неферментативної ланки антиоксидантної системи.

Взаємозв'язки активності каталази та вмісту токоферолу посилюється з віком у курей ваготонічного типу автономної регуляції ($r = 0,53$, $P < 0,01$), що вказує на повільне, але стабільне підвищення активності антиоксидантної системи. При цьому у курей-нормотоніків 60-добового віку виявлено тенденцію до посилення взаємозв'язку активності каталази

Таблиця 4. Кореляція між активністю супероксиддисмутази, каталази, глутатіонпероксидази з вмістом токоферолу у курей при різному тонусі автономної нервової регуляції ($M \pm m$, $n = 8$)

Тонус автономної нервової системи	Супероксиддисмутаза, од.акт./мг білка	Каталаза, нмоль H_2O_2 /с \times мг білка	Глутатіонпероксидаза, нмоль GSH/ хв \times мг білка
35 діб			
Нормотоніки	-0,12	-0,23	0,08
Ваготоніки	0,16	0,50*	-0,02
Симпатикотоніки	0,27	0,53**	0,56**
60 діб			
Нормотоніки	-0,19	0,15	0,05
Ваготоніки	0,22	0,53***	0,06
Симпатикотоніки	0,37	-0,24	0,34

та вмісту токоферолу. У курей-симпатикотоніків цього віку кореляційні зв'язки між активністю каталази, глутатіонпероксидази та вмістом вітаміну Е зникають, що може свідчити про зниження рівня утворення вільних радикалів, і як наслідок, зменшення реактивності та злагодженості системи антиоксидантного захисту.

Природні антиоксиданти розглядаються як багатообіцяюча стратегія для боротьби зі шкідливими наслідками, спричиненими окисним дисбалансом [12]. Провідна роль у розвитку окисного стресу належить порушенням годівлі, включаючи високий вміст жирних кислот, дефіцит вітаміну Е, селену, цинку або магнію, надмірну кількість заліза, надлишок вітаміну А, наявність різних мікотоксинів та інших токсичних сполук у кормах. До другої групи факторів стресу відносяться умови навколишнього середовища: підвищена температура або вологість, радіація тощо [11]. Всі вищезазначені умови стимулюють утворення вільних радикалів у мітохондріях. Установлено високий рівень чутливості до окисного пошкодження клітинної імунної відповіді [10], отже антиоксиданти, є одними з факторів для стимуляції клітинного імунітету [13]. Включення до раціону бройлерів дієтичного геністеїну підтверджують роль природних антиоксидантів для клітинного імунітету [14]. Встановлено, що у багатьох випадках вітамін Е, селен, каротиноїди, фітохімічні речовини тощо у кормі можуть збільшити експресію СОД, а регуляція його в умовах стресу стає ефективним засобом управління стресом [13]. Уведення до раціону курей наноселену понад базальний вміст покращило продуктивність і захистило птахів від літнього стресу без будь-якого негативного впливу на життєво важливі органи курей [15]. Досліджено синергічний вплив природних антиоксидантів на показники антиоксидантної системи. Так підвищений вміст надходження вітаміну А та Е знижував активність глутатіонпероксидази і СОД [16]. Досліджено стійкість до стресу курей у разі

додавання вітамінів Е і С, які суттєво підвищили активність антиоксидантних ферментів і знизили вміст перекисів ліпідів [17]. Відомо, що автономна нервова система ймовірно діє як посередник реакцій на окисний стрес. У досліджах на щурах встановлено, що взаємозв'язок може бути двонаправленим, оскільки стрес здатний викликати симпатогігубання та симпатозбудження [18]. Встановлено вплив вегетативного статусу тварин на активність ферментативної ланки антиоксидантного захисту, зокрема у свиней-симпатикотоніків сила впливу знаходиться в межах 0,34–0,45 ум.од. (сила ступеня збудливості вегетативної нервової системи за результатами тригеміно-вагального рефлексу), тоді, як у тварин нормо- та ваготоніків тонус автономної нервової системи не впливає на активність ферментативної ланки системи антиоксидантного захисту [16]. Тривале введення вітаміну Е покращує співвідношення симпатичного та парасимпатичного тону серця у пацієнтів з діабетом 2-го типу. Такий ефект може бути опосередкований зниженням окисного стресу [19]. Комбінована дія антиоксидантів α -ліпоєвої кислоти у дозі 200 мг та коензиму Q10 у дозі 100 мг мала безпосередній позитивний вплив на автономну нервову систему, на що вказують покращення артеріального тиску, частоти серцевих скорочень за допомогою нормалізації основних клітинних функцій, включаючи функціональний стан мітохондрій [20–23].

ВИСНОВКИ

За результатами дослідження встановлено вплив тону автономної нервової системи на активність ферментативної ланки антиоксидантної системи курей-бройлерів. Відмічено істотний вплив нормотонії та симпатикотонії на активність СОД у курей 60-добового віку ($P < 0,001$). Виявлено узгодженість роботи ферментативної (СОД) та неферментативної (ретинол) ланки антиоксидантної системи за умов врівноваженості автономної нервової

регуляції ($r = 0,42$, $P < 0,05$), що посилюється з віком у ваготоніків ($r = 0,86$, $P < 0,001$). Встановлено кореляцію між активністю каталази та вмістом токоферолу ($r = 0,50$, $P < 0,05$) та ($r = 0,53$, $P < 0,01$) у курей-ваготоніків та симпатикотоніків 35-добового віку, відповідно. У курей з високим тонусом парасимпатичного відділу автономної нервової системи взаємозв'язки активності каталази та вмісту токоферолу посилюється з віком ($r = 0,53$, $P < 0,01$). Незалежно від віку у крові курей з переважанням парасимпатичного відділу автономної нервової системи вміст токоферолу та ретинолу вищий, ніж нормотоніків.

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of co-authors of the article.

O.M. Zhukorskyi¹, O.V. Zhurenko²,
V.I. Karpovskiy², O.M. Lytvynenko³,
V.O. Postoienko³, D.I. Kryvoruchko²,
V.V. Zhurenko², E.O. Shnurenko²

FEATURES OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE ACTIVITY OF THE ENZYMATIC AND NON-ENZYMATIC LINKS OF THE ANTIOXIDANT SYSTEM OF THE BODY DEPENDING ON THE TONE OF AUTONOMOUS REGULATION

¹M.V. Zubets Institute of Animal Breeding and Genetics, the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine;

¹Pohrebniaka Str; Chubynske village, Boryspil district, Kyiv region;

²University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv;

³National Scientific Centre «Institute of Beekeeping Named After P.I. Prokopovich», the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv; e-mail: alesyasandra@ukr.net

The purpose of the study is to establish the nature of the influence of autonomic nervous regulation on the activity of the antioxidant defense system of broiler chickens. For the study of autonomic nervous regulation, Cobb 500 chickens crossbred were used. Autonomic nervous regulation was studied by variation pulsometry in chickens 30-35 days old, after which reference representatives of three types of tone of autonomic regulation were selected: sympathicotonic, normotonic and vagotonic. It was established that the average value of superoxide

dismutase activity in sympathicotonic chickens is statistically higher than in normotonic chickens, which indicates a more active oxygen consumption in sympathicotonic chickens. As a result, the formation of superoxide radical increases, which requires more superoxide dismutase to accelerate its neutralization. In 60-day-old sympathicotonic chickens, indicators of superoxide dismutase activity remain at a lower level than in normotonic chickens, and in vagotonic chickens, a downward trend is noted. The indicator of glutathione peroxidase with the predominance of the sympathetic department of autonomic regulation is statistically lower than vago- and normotonic. A correlation was determined between superoxide dismutase and retinol level in 35-day-old normotonic chickens, which indicates the mutual coordination of the work of the enzymatic and non-enzymatic link of the antioxidant system under the condition of balanced autonomous regulation. However, with age, the parasympathetic division of the autonomic nervous system increases the influence on the relationship between superoxide dismutase and retinol in vagotonic chickens, in contrast to normotonic ones. It was found that the level of relationships between catalase and tocopherol increases with age in chickens with a vagotonic type of autonomous regulation. It has been proven that the level of tocopherol and retinol in 35-day-old vagotonic chickens is higher than that of normotonic chickens. Hens of the sympathicotonic and normotonic groups had a lower level of tocopherol in the blood plasma than in vagotonic hens. The level of retinol in the blood plasma of chickens with vagotonic type of autonomous nervous regulation is higher than that of normotonic and sympathicotonic chickens. This indicates the highest level of antioxidant protection in vagotonic chickens, which forms a solid foundation for higher immune status and growth in such birds.

Key words: chickens; antioxidant system; tone of autonomous regulation; sympathotonics; normotonics; vagotonics; tocopherol; retinol; superoxide dismutase; catalase; glutathione peroxidase.

REFERENCES

1. Aluwong T, Kawu M, Raji M, Dzenda T, Govwang F, Sinkalu V, Ayo J. Effect of yeast probiotic on growth, antioxidant enzyme activities and malondialdehyde concentration of broiler chickens. *Antioxidants (Basel)*. 2013;2 (4): 326-39.
2. Lee MT, Lin WC, Lee TT. Potential crosstalk of oxidative stress and immune response in poultry through phytochemicals – a review. *Austral J Animal Sci*. 2019;32(3): 309-19.
3. Habashy WS, Milfort MC, Rekaya R, Aggrey SE. Expression of genes that encode cellular oxidant/antioxidant systems are affected by heat stress. *Biol Rep*. 2018;45 (3): 389-94.
4. Reddy BS, Sivajothi S. Avian electrocardiography a simple diagnostic tool. *Int J Avian Wildlife Biol*. 2017;2(5): 166-7.
5. Vlizlo VV, Fedoruk RS, Ratich IB. Laboratory research

- methods in biology, livestock and veterinary medicine: handbook. 2012. Lviv.
6. Petrovska IR, Salyha YT, Vudmaska IV. Statistical methods in biological research: The educational and methodological manual. 2022. Kyiv, Agrar Sci. [Ukrainian].
 7. Shevchuk M, Stoyanovskyy V, Kolomiets I. Technological stress in poultry. Scientific messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Ser: Veterinar Sci. 2018;20(88): 63-8. [Ukrainian].
 8. Kurutas EB. The importance of antioxidants which play the role in cellular response against oxidative/nitrosative stress: current state. 2016; Nutr J. 15(1): 71.
 9. Osman IM, Mohammed AM. Assessing the efficacy of monosodium glutamate as a growth enhancer in broiler chicken production. Asia Pacific J Sustainable Agricult Food Energy. 2021; Vol. 9 (2): 29-37.
 10. Habashy WS, Milfort MC, Rekaya R, Aggrey SE. Cellular antioxidant enzyme activity and biomarkers for oxidative stress are affected by heat stress. J. Biometeorol. 2019;63 (12): 1569-84.
 11. Tang LP, Liu YL, Zhang JX, Ding KN, Lu MH, He YM. Heat stress in broilers of liver injury effects of heat stress on oxidative stress and autophagy in liver of broilers. Science. 2022;101 (10): 102085.
 12. Ogbuagu NE, Aluwong T, Ayo JO, Sumanu VO. Effect of fisetin and probiotic supplementation on erythrocyte osmotic fragility, malondialdehyde concentration and superoxide dismutase activity in broiler chickens exposed to heat stress. Vet Med Sci. 2018; 80(12): 1895-900.
 13. Sahin K, Orhan C, Tuzcu M, Sahin N, Hayirli A, Bilgili S, Kucuk O. Lycopene activates antioxidant enzymes and nuclear transcription factor systems in heat-stressed broilers. Science. 2016;95 (5): 1088-95.
 14. Rasouli E, Jahanian R. Improved performance and immunological responses as the result of dietary genistein supplementation of broiler chicks. Animal. 2015;9(9): 1473-80.
 15. Debata NR, Sethy K, Swain RK, Mishra SK, Panda N, Maity S. Supplementation of nano-selenium (SeNPs) improved growth, immunity, antioxidant enzyme activity, and selenium retention in broiler chicken during summer season. Tropic Animal Health Produc. 2023;55(4): 260.
 16. Skrypka VM, Karpovskiy VI, Danchuk OV, Postoy RV, Kryvoruchko DI, Ukraine M. Activity and balance of enzymatic antioxidant defense system in the body of pigs with different tone of autonomic nervous system. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 18(1), 145-148. [Ukrainian].
 17. Oztürk-Urek R, Bozkaya LA, Tarhan L. The effects of some antioxidant vitamin- and trace element-supplemented diets on activities of SOD, CAT, GSH-Px and LPO levels in chicken tissues. Cell Biochem Funct. 2001;19(2): 125-32.
 18. Kishi T. Regulation of the sympathetic nervous system by nitric oxide and oxidative stress in the rostral ventrolateral medulla: 2012 Academic Conference Award from the Japanese Society of Hypertension. Hypertens Res. 2013; 36(10), 845–51.
 19. Manzella D, Barbieri M, Ragno E, Paolisso G. Chronic administration of pharmacologic doses of vitamin E improves the cardiac autonomic nervous system in patients with type 2 diabetes. Am J Clin Nutr. 2001;73(6): 1052-7.
 20. Acosta CR, DePace NL, DePace NL, Kaczmarek K, Pinales JM, Colombo J. Antioxidants effect changes in systemic parasympathetic and sympathetic nervous system responses and improve outcomes. Cardio Open. 2020; 5(1): 26-36.
 21. Kamboh AA, Khan MA, Kaka U, Awad EA, Memon AM, Saeed M, Kumar C. Effect of dietary supplementation of phytochemicals on immunity and haematology of growing broiler chickens. Ital J Animal Sci. 2018;17(4): 1038-43.

*Матеріал надійшов
до редакції 27.05.2024*