

**ПРООКСИДАНТНО-АНТИОКСИДАНТНА РІВНОВАГА У ТКАНИНАХ
СЕРЦЯ І МОЗКУ ГУСЕЙ ЗА ЕМБРІОНАЛЬНОГО ТА РАНЬОГО
ПОСТНАТАЛЬНОГО ОНТОГЕНЕЗУ**А.С. ФЕДОРКО¹, здобувачО.О. ДАНЧЕНКО², доктор сільськогосподарських наук, професорО.В. ЯКОВІЙЧУК¹, здобувач¹*Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана
Хмельницького*²*Таврійський агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

E-mail: fedorkoanastasiya@gmail.com

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2020.03.001>

Анотація. Переваги гусей породи Легарт зумовлюють достатньо широкий попит та їхнє швидке розповсюдження в господарствах країни. Втім, гуси цієї породи достатньо чутливі до незбалансованих кормів, особливо в перші тижні життя. Розуміння механізмів формування адаптивної відповіді на пошкоджуючий вплив сприятиме вірному вибору стратегії, спрямованої на регуляцію стану redox системи організму птиці та розкриття генетичного потенціалу продуктивності даної породи. Мета досліджень – з'ясування особливостей підтримки прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в тканинах гусей породи Легарт під час ембріонального і раннього постнатального розвитку. Досліджено специфічність підтримки рівноваги між про- і антиоксидантами в тканинах серця та мозку гусей цієї породи. Доведено, що в мозку генетично запрограмована активізація антиоксидантної системи, спрямована на адаптацію організму гусей до гіпероксії початку атмосферного дихання, відбувається шляхом підвищення активності антиоксидантних ензимів і зниження вмісту ненасичених жирних кислот. У міокарді підтримка прооксидантно-антиоксидантної рівноваги здійснюється переважно за рахунок активізації ферментативної складової антиоксидантної системи. Втім, з урахуванням протилежно спрямованих змін коефіцієнта антиоксидантної активності і активності антиоксидантних ензимів з одного боку, а з іншого, стабільно високого вмісту ненасичених жирних кислот, саме в міокарді дуже висока ймовірність реалізації альтернативних механізмів антиоксидантного захисту.

Ключові слова: гуси, Легарт, онтогенез, мозок, міокард, система антиоксидантного захисту

Актуальність. У підтримці гомеостазу на всіх етапах розвитку будь-якого організму важлива роль належить системі антиоксидантного захисту (АОЗ). Вона забезпечує інактивацію вільних радикалів, продуктів пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ), запобігає їхньому

Федорко А.С., Данченко О. О., Яковійчук О. В.

накопиченню в тканинах та сприяє відновленню окиснених сполук [1, 2, 7]. Фізіологічне функціонування організму можливе лише за умови підтримки балансу між продукуванням та знешкодженням вільних радикалів, оскільки неконтрольована продукція вільних радикалів призводить до порушення мембранного транспорту, процесів біосинтезу, інших функцій клітини та активує процеси пероксидного окиснення ліпідів [7].

Інтенсивність метаболізму і, в тому числі, функціонування редок системи залежить від видових і вікових особливостей свійських тварин, а також умов утримання і складу раціону. Птиці сучасних високопродуктивних порід і кросів характеризуються особливою чутливістю до впливу техногенного навантаження на організм, що зростає в умовах інтенсифікації птахівництва. Тому з'ясування механізмів підтримки прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в організмі птиці в ранньому онтогенезі, а також у подальшому розвитку, зумовлює можливість вищого ступеня реалізації генетичного потенціалу нових порід і кросів птиці. Огляд джерел зарубіжної та вітчизняної літератури свідчить про наявність досліджень з даної проблеми для різних видів свійської птиці [2, 17, 25], в тому числі, гусей [6, 7, 8, 10, 16, 18, 19].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В ряді досліджень останніх років з'ясовано особливості метаболізму і, в першу чергу, підтримки прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в найбільш поширених в Україні порід гусей в онтогенезі та за різного антропогенного навантаження, зокрема для порід Велика сіра, Італійська, Горьківська, Велика біла, Харківська [10, 13, 16, 18]. Також є достатньо відповідної інформації про породи гусей, які розводяться в інших країнах [5, 6, 9, 11, 12].

Однією з відносно нових порід гусей в Україні є датський Легарт. Гуси цієї породи мають високу живу масу в ранньому забійному віці, у них відмінні якості м'яса та пухо-перової сировини [24, 26, 29, 31]. Порівняно з іншими породами гусей вони споживають на 20 % менше кормів. Перелічені переваги цієї породи зумовлюють достатньо широкий попит на них та їхнє швидке розповсюдження в господарствах країни. Втім, датські Легарти достатньо чутливі до незбалансованих кормів, особливо в перші тижні життя [28]. Онтогенетичні та екзогенні механізми регуляції прооксидантно-антиоксидантної рівноваги у тканинах гусей цієї породи достатньо не з'ясовано, що зумовлює актуальність та необхідність даного дослідження. Розуміння механізмів формування адаптивної відповіді на пошкоджуючий вплив у гусей породи

Федорко А.С., Данченко О. О., Яковійчук О. В.

Легарт сприятиме вірному вибору стратегії, спрямованої на регуляцію стану redox системи організму птиці та розкриття генетичного потенціалу продуктивності даної породи.

Тому метою досліджень було з'ясування особливостей підтримки прооксидантно-антиоксидантної рівноваги у тканинах мозку і міокарді гусей породи Легарт під час ембріонального і раннього постнатального розвитку. Саме ці тканини гусей характеризуються найвищим рівнем споживання кисню і, відповідно, напруги під час переходу до атмосферного дихання.

Матеріали і методи дослідження. Для інкубації відбирали яйця гусей породи Легарт з середньою масою ($150,52 \pm 7,53$) г. Дослідження системи АОЗ в ембріогенезі проводили у фізіологічно обґрунтовані терміни: 15 діб (15-е) –замикання алантоїсу, наявність сформованої печінки, 22 доби (22-е) – перехід з білкового типу живлення до жовткового, 28 діб (28-е) – перенесення ембріонів на виведення. У постнатальному періоді дослідження обмежувались 14-добовим віком (період постнатальної адаптації) [19]. Після декапітації пташенят під ефірним наркозом,

видаляли тканини серця і мозку. Видалені тканини промивали у фізіологічному розчині та гомогенізували в 50 мМ фосфатному буфері (рН = 7,4). Активність антиоксидантних ензимів визначали за відомими методиками: СОД-активності (КФ 1.15.1.1.) [22], КАТ-активності (КФ 1.11.1.6.) [21], ГПО-активності (КФ 1.11.1.9.) [15].

Інтенсивність ПОЛ у тканинах пташенят оцінювали за вмістом продуктів пероксидації, які реагують із 2-тіобарбітуровою кислотою – ТБК-активних продуктів (ТБКАП) [14]. Визначення цих продуктів проводили в гомогенатах тканин (ТБКАП_{вих}) та за ініціації Fe²⁺ ПОЛ (ТБКАП_{інк}). Для інтегральної оцінки стану системи АОЗ застосовували коефіцієнт антиоксидантної активності (К_{АОА}), який розраховували як відношення ТБКАП_{вих} до ТБКАП_{інк} оскільки в гомогенатах тканин міститься не тільки субстрат пероксидації, а й компоненти АОЗ, здатні гальмувати пероксидацію ліпідів [16].

Результати дослідження та їх обговорення. Аналіз результатів свідчить, що гуси цієї породи характеризуються відносно невисоким і стабільним рівнем ТБКАП_{вих} (Табл.) [10, 18].

1. Вміст продуктів пероксидного окиснення ліпідів та активність антиоксидантних ензимів у тканинах мозку та міокарді гусей ($M \pm m$, $n=6$)

Вік, доба	Вміст ТБКАП _{вих} нМоль/г	Вміст ТБКАП _{інк} нМоль/г	Активність антиоксидантних ензимів		
			СОД, ум. од./ $(\text{хв.} \times \text{г})$	КАТ, нкат/ $(\text{хв.} \times \text{г})$	ГПО, мМоль/ $(\text{хв.} \times \text{г})$
Мозок					
15-е	4,47±0,50	35,32±1,49	4,80±0,44	11,83±0,72	14,06±0,66
22-е	6,09±0,10*	36,54±0,10	14,68±0,83*	29,17±2,87*	12,00±0,68
28-е	16,24±0,50*	42,22±1,99*	11,61±0,67*	27,33±1,43	9,91±0,63*
1	9,34±0,50*	46,28±2,58	11,44±0,57	35,33±2,87*	79,31±6,18*
7	4,87±0,86*	44,66±0,50	15,53±0,80*	26,67±1,43*	83,26±3,08
14	5,28±0,50	41,41±0,10*	15,54±1,50	42,11±2,08*	17,72±0,72*
Міокард					
15-е	17,05±0,86	85,26±0,86	11,34±0,55	12,00±0,00	13,14±0,39
22-е	6,09±0,10*	36,54±0,10*	14,08±0,84*	50,06±3,14*	63,52±2,54*
28-е	6,50±0,99	40,60±2,49*	16,22±0,67	36,67±2,87*	10,34±0,51*
1	2,84±0,50*	6,90±0,50*	8,02±0,69*	31,78±2,66	3,69±0,07*
7	12,18±0,86*	38,16±0,90*	9,14±0,30	45,00±0,10*	25,84±0,78*
14	6,90±0,50*	42,22±0,50*	12,55±1,09*	47,89±2,08	13,42±0,54*

Примітка: Різниця вірогідна відносно попереднього значення: де, * - $\leq 0,05$.

Максимальний вміст кінцевих продуктів ПОЛ у мозку встановлено одразу ж після накльовування шкаралупи 28-добовими ембріонами (збільшення у 2,67 рази порівняно з попереднім значенням). На тлі активізації пероксидного окиснення

синхронно підвищується активність антиоксидантної системи, що підтверджується сталим рівнем ТБКАП_{інк} і, відповідно, збільшенням K_{AOA} в 2,29 рази (рис.), що може бути наслідком підвищення активності антиоксидантних ензимів мозку [16].

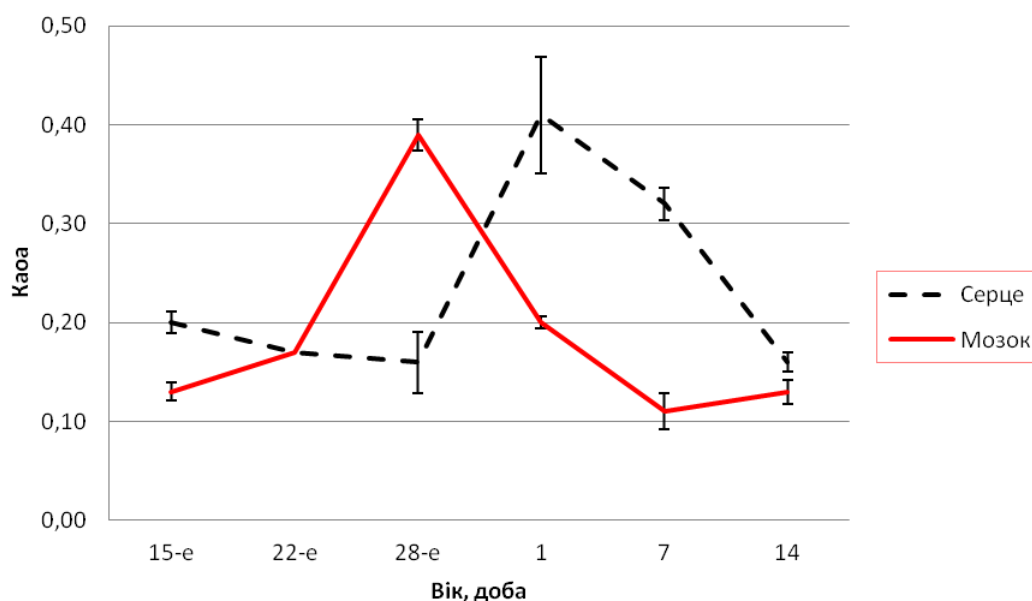


Рис. Динаміка K_{AOA} в досліджених тканинах гусей

Дійсно, впродовж третього тижня ембріонального розвитку (з 15-

ої до 22-ої доби) СОД-активність в мозку ембріонів зростає в 3,06 рази, а

Федорко А.С., Данченко О. О., Яковійчук О. В.

КАТ-активність – у 2,47 рази на тлі стабільного рівня ГПО-активності. Збалансованість функціонування ферментативної складової АОЗ мозку підтверджується результатами кореляційного аналізу: кореляційний зв'язок між СОД- і КАТ-активністю в мозку на рівні достатньо тісного ($r = 0,768$ за $p \leq 0,1$), але прямої залежності K_{AOA} мозку від активності досліджених антиоксидантних ензимів не встановлено.

Окрім того, раніше оприлюднені результати цього ж дослідження [3], що стосуються динаміки жирнокислотного складу (ЖКС) ліпідів мозку, свідчать про суттєві зміни ЖКС мозку в цей період. Саме впродовж останнього тижня ембріогенезу сумарний вміст ненасичених жирних кислот (НЖК) мозку суттєво знизився (на 39,4 %), а серед усіх НЖК спостерігалось найбільше падіння вмісту докозопентаєнової кислоти (у 6,65 рази). Такі зміни субстрату пероксидації НЖК у мозку ембріонів на тлі гіпероксії початку атмосферного дихання є одним з механізмів гальмування ПОЛ. Отже, генетично запрограмований перехід від гіпоксії кінця ембріонального періоду до гіпероксії атмосферного дихання у 28-добових ембріонів передбачає активізацію антиоксидантної системи в цілому і, в першу чергу, ензимів СОД і КАТ ($r=0,767$; $p \leq 0,1$ і $r=0,811$; $p \leq 0,05$ у часі відповідно). Окрім того, зниження

вмісту головного субстрату ліпопероксидації НЖК впродовж четвертого тижня ембріогенезу, що відбувається шляхом вибіркового модулювання синтезу жирних кислот, також зумовлює зменшення здатності тканин мозку до порушення прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в напрямку активізації пероксидного окиснення.

У міокарді впродовж другої половини ембріонального періоду (з 15-ої до 28-ої доби) відбувалось поступове зниження вмісту $TBKA_{\text{вix}}$ і мінімального рівня цей показник досяг вже після вилуплення гусенят. Аналогічним чином змінювався і вміст $TBKA_{\text{инк}}$. Високий рівень узгодженості динаміки цих показників підтверджується коефіцієнтом кореляції на рівні дуже тісного ($r=0,888$; $p \leq 0,05$). Зниження вмісту продуктів ліпопероксидації є ознакою підвищення антиоксидантної активності, яка з певними коливаннями досягає максимального рівня вже на першу добу постнатального онтогенезу, що свідчить про високий адаптаційний потенціал породи Легарт, адже за оприлюдненою інформацією [10] для харківської породи гусей максимального значення антиоксидантна активність міокарду досягає на 14-у добу постнатального онтогенезу, а в гусей Італійської породи – на 28-у добу ембріонального періоду [18]. Така активізація АОЗ на початку постнатального періоду

Федорко А.С., Данченко О. О., Яковійчук О. В.

відбувається за рахунок антиоксидантних ензимів: саме з 22-ої доби ембріогенезу активність усіх досліджених ензимів спадає від максимального до мінімального рівня, а саме: СОД — у 2,1; КАТ — 1,58; ГПО — 17,2 рази. Результати кореляційного аналізу також підтверджують вирішальну роль ключового ензиму АОЗ СОД у підтримці прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в міокарді: коефіцієнт кореляції $K_{АОА}$ і СОД-активності $r=0,881$ ($p \leq 0,05$). Що стосується змін ЖКС ліпідів міокарду під час переходу до постнатального розвитку, то вірогідним є тільки зменшення вмісту арахідонової кислоти в 2,28 рази, сумарний вміст НЖК впродовж дослідів залишався на сталому рівні [27]. Отже, підтримка прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в міокарді реалізується, головним чином, за рахунок ферментативної складової АОЗ міокарду.

За середнім рівнем СОД- і КАТ-активності міокард перевищує мозок на 22,8 % і 53,9 % відповідно, а ГПО-активності — на 39,9 % поступається.

Відсутність відповідних вірогідних кореляційних зв'язків досліджених показників на міжтканинному рівні доводить специфічність механізмів антиоксидантного захисту мозку і міокарду. З усіх можливих кореляційних зв'язків досліджених біохімічних показників тільки для

вмісту ТБКАП_{інк} цих тканин встановлено вірогідний зв'язок ($r = -0,881$; $p \leq 0,05$).

Висновки і перспективи.

Специфічність підтримки прооксидантно-антиоксидантної рівноваги у мозку і міокарді гусей породи Легарт при переході від ембріонального до постнатального розвитку зумовлена функціональним навантаженням тканин у цей період. У мозку генетично запрограмована активізація системи АОЗ, спрямована на адаптацію організму гусей до гіпероксії атмосферного дихання відбувається шляхом активізації антиоксидантних ензимів і зниження вмісту ненасичених жирних кислот. У міокарді підтримка прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в умовах гіпоксичного стану здійснюється переважно за рахунок ферментативної складової системи. Втім, з урахуванням протилежно спрямованих змін коефіцієнта антиоксидантної активності і активності антиоксидантних ензимів з одного боку, а з іншого, стабільно високого вмісту ненасичених жирних кислот, саме в міокарді дуже висока ймовірність реалізації інших механізмів антиоксидантного захисту.

На основі отриманих результатів в подальшому планується провести дослідження прооксидантно-антиоксидантної рівноваги та жирнокислотного складу в тканинах гусей породи Легарт та інших порід,

Федорко А.С., Данченко О. О., Яковійчук О. В.

за екзогенної індукції їхньої redox системи біологічно активними речовинами рослин, які володіють

антиоксидантними властивостями, зокрема, вівса посівного.

Список використаних джерел

1. Antonyak H., Olijnyk Ch., Koval N., Fediakov R., Dosviadchynska M., Panchuk I., Chekh B. Effects of aflatoxin b1 on lipid peroxidation and activities of antioxidant enzymes in rat organs and erythrocytes. *Visnyk of the Lviv University. Series Biology*. 2015. Issue 69. P. 41–48.

2. Essays U.K. Nutritional Modulation of the Antioxidant Capacities in Poultry. 2018. Retrieved from <https://www.ukdiss.com/examples/nutritional-modulation-antioxidant-poultry.php?vref=1>.

3. Fedorko A.S., Danchenko O.O., Nikolaeva Yu.V., Yakoviichuk A.V. Fatty acid composition of tissue lipids goslings and goose embryos. 2015. 17(1). P. 132-139.

4. Li Y., Ma Q., Zhao L., Duan G., Zhang J., Ji C. Wei H. Effects of lipoic acid on immune function, the antioxidant defense system, and inflammation-related genes expression of broiler chickens fed aflatoxin contaminated diets. *Int J Mol Sci*. 2014. 15(4). P. 5649-62. doi: 10.3390/ijms15045649.

5. Liang JR, Dai H, Yang HM, Yang Z, Wang ZY. The effect of dietary vitamin A supplementation in maternal and its offspring on the early growth performance, liver vitamin A content, and antioxidant index of goslings. *Poult Sci*. 2019. 98(12). P. 6849-6856. doi: 10.3382/ps/pez432.

6. Ma WQ, Cheng HZ, Zhao DH, Yang J, Wang SB, Wu HZ, Lu MY, Xu L, Liu GJ. Effects of dietary Enteromorpha powder supplementation on productive performance, egg quality, and antioxidant performance during the late laying period in Zi geese. *Poult Sci*. 2020. 99(2). P. 1062-1068. doi: 10.1016/j.psj.2019.10.003.

7. Surai P.F., Kochish I.I., I. Fisinin V.I., Kidd M.T. Antioxidant Defence Systems and Oxidative Stress in Poultry Biology: An Update. *Antioxidants*. 2019. 8(7). P. 235. doi: <https://doi.org/10.3390/antiox8070235>.

8. Wan X, Ju G, Xu L, Yang H, Wang Z. Selenomethionine Improves Antioxidant Capacity of Breast Muscle in Geese Via

Stimulating Glutathione System and Thiol Pool. *Biol Trace Elem Res*. 2020. doi: 10.1007/s12011-020-02052-8.

9. Wan XL, Ju GY, Xu L, Yang HM, Wang ZY. Dietary selenomethionine increases antioxidant capacity of geese by improving glutathione and thioredoxin systems. *Poult Sci*. 2019. 98(9). P. 3763-3769. doi: 10.3382/ps/pez066.

10. Yakoviichuk O.V., Danchenko, O. O., Kurtyak, B., Nikolaeva, Y., Fedorko, A. S., Halko, T.I. Ontogenetic features of redox reactions in the myocardium of geese. *Biologija*. 2018. 64(4). P. 259-266.

11. Zhang X, Farnell MB, Lu Q, Zhou X, Farnell YZ, Yang H, Wan X, Xu L, Wang Z. Evaluation of the Effects of Pre-Slaughter High-Frequency Electrical Stunning Current Intensities on Lipid Oxidative Stability and Antioxidant Capacity in the Liver of Yangzhou Goose (*Anser cygnoides domesticus*). *Animals (Basel)*. 2020. 10(2). P. 311. doi: 10.3390/ani10020311.

12. Zhao J, He J, Dang Y, Cao J, Sun Y, Pan D. Ultrasound treatment on the structure of goose liver proteins and antioxidant activities of its enzymatic hydrolysate. *J Food Biochem*. 2020. 44(1). P. 13091. doi: 10.1111/jfbc.13091.

13. Васильцева Л.П., Параняк Р.П. Вплив селеніту натрію та аскорбату селену на біохімічні показники плазми крові гусей за навантаження їх організму кадмієм. *Наук.-техн. бюл. Ін-ту біології тварин та Держ. н.-д. контрол. ін-ту ветпрепаратів та корм. добавок*. 2008. 9(4). С. 18-22.

14. Владимиров Ю. А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. Москва: Наука, 1972. 252 с.

15. Гаврилова А.Р., Хмара Н.В. Определение активности глутатионпероксидазы эритроцитов. *Лаб. Дело*. 1986. 12. С.721-724.

16. Данченко О. О. Антиоксидантний статус свійських гусеподібних за різного антропогенного

Федорко А.С., Данченко О. О., Яковійчук О. В.

навантаження. Автореф.дис. ... докт.с.-г. наук. Київ, 2010. 44 с.

17. Дух О. І., Вовк С.О. Активність каталази та супероксиддисмутази і рівень церулоплазміну в печинці курей та їх ембріонів залежно від рівня вітаміну А в раціоні. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. 2010. Т. 12, 2(44). С. 86–91.

18. Здоровцева Л.М., Пащенко Ю.П., Данченко О.О. Проксидантно-антиоксидантна рівновага в тканинах мозку і серця гусей в умовах гіпо- і гіпероксії. Наукові доповіді НУБіП. 2011.4(26). Режим доступу - http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_4/11zlm.pdf

19. Іонов І. А. Фізіологічний статус птиці в ембріогенезі та постнатальному онтогенезі в залежності від її А-, Е- та К-вітамінної забезпеченості: автореф. дис. ... д-ра. с.-г. наук: 03.00.13. Харків, 1997. 32 с.

20. Колісник М. І., Колісник Г.В., Нідзюлка В.В., Влізло В.В. Активні форми кисню та їх роль у метаболізмі клітин. Біологія тварин. 2009. 11 (1–2). С. 58–69.

21. Корольок М.А., Иванова М.И., Майорова И.Т., Токарев В.Е. Метод определения активности каталазы. Лаб. Дело. 1988. 1. С. 16-19.

22. Макаревич О.П., Голиков П.П. Определение активности супероксиддисмутазы. Лаб. Дело. 1983. 6. С.24-28.

23. Олійник А. В., Козак М.Р., Заїченко О.С., Влізло В.В. Гідроперекиси ліпідів і ТБК-активні продукти в органах мишей за дії ад'ювантів - полімера МГ-4 і гідроксиду алюмінію. Біологія тварин. 2012.14(1-2). С. 174-178.

24. Петров Ю. Сільськогосподарська водоплавна птиця в Україні. «Аграрний тиждень. Україна», тез. доп. наук. – практик. конф., 9 лютого 2012. – Режим доступу: <http://agrokraina.com.ua/animals/210-slsgospodarskavodoplavna-pticya-vukrayin.html>.

25. Романович Л.В., Куртяк Б.М., Романович М.С., Мудрак Д.И. Інтенсивність процесів ПОЛ у крові курчат-бройлерів на тлі вакцинації проти

хвороби Ньюкасла та за дії вітамінів Е та С. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. – 2016. – №18. С. 200–203.

26. Терещенко О.В., Катеринич О.О., Рожковський О.В. Сучасні напрями розвитку птахівництва України: Стан та перспективи наукового забезпечення галузі. Ефективне птахівництво. 2011. 11(83). С. 7–12.

27. Федорко А., Яковійчук О., Ніколаєва Ю., Данченко О. Особливості змін жирнокислотного складу ліпідів м'язових тканин гусей в ембріональному і ранньому постнатальному онтогенезі. Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2016. 73. С. 221-225.

28. Федорович Є. І., Заплатинський В. С. Сучасний стан та перспективи розвитку гусівництва України. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького. 2015. Т. 17, 3(63). С. 322–330.

29. Хвостик В. П. Як отримати найкращих: гусівництво. Наше птахівництво. 2013. 4. С. 33–35.

30. Цехмістренко С.І., Поліщук В.М. Вікові особливості функціонування системи антиоксидантного захисту крові страусів. Укр. біохім. журн. 2010. 82(5). С. 92-97.

31. Шеремет Д.О., Мельник В.В. Розведення гусей у присадибному господарстві: вибір породи і формування батьківського стада. Сучасне птахівництво. 2014. 6. С. 14–15.

References

1. Antonyak H., Olijnyk Ch., Koval N., Fediakov R., Dosviadchynska M., Panchuk I., Chekh B. (2015). Effects of aflatoxin b1 on lipid peroxidation and activities of antioxidant enzymes in rat organs and erythrocytes. Visnyk of the Lviv University. Series Biology. Issue 69. P. 41–48.

2. Essays U.K. Nutritional Modulation of the Antioxidant Capacities in Poultry. (2018). URL: <https://www.ukdiss.com/examples/nutritional-modulation-antioxidant-poultry.php?vref=1>.

3. Fedorko A.S., Danchenko O.O., Nikolaeva Yu.V., Yakoviichuk A.V. (2015). Fatty acid composition of tissue lipids goslings and goose embryos. 17(1). 132-139.

Федорко А.С., Данченко О. О., Яковійчук О. В.

4. Li Y., Ma Q., Zhao L., Duan G., Zhang J., Ji C. Wei H. (2014). Effects of lipoic acid on immune function, the antioxidant defense system, and inflammation-related genes expression of broiler chickens fed aflatoxin contaminated diets. *Int J Mol Sci.* 15(4). P. 5649-62. doi: 10.3390/ijms15045649.
5. Liang JR, Dai H, Yang HM, Yang Z, Wang ZY. (2019). The effect of dietary vitamin A supplementation in maternal and its offspring on the early growth performance, liver vitamin A content, and antioxidant index of goslings. *Poult Sci.* 98(12). P. 6849-6856. doi: 10.3382/ps/pez432.
6. Ma WQ, Cheng HZ, Zhao DH, Yang J, Wang SB, Wu HZ, Lu MY, Xu L, Liu GJ. (2020). Effects of dietary Enteromorpha powder supplementation on productive performance, egg quality, and antioxidant performance during the late laying period in Zi geese. *Poult Sci.* 99(2). P. 1062-1068. doi: 10.1016/j.psj.2019.10.003.
7. Surai P.F., Kochish I.I., I. Fisinin V.I., Kidd M.T. (2019). Antioxidant Defence Systems and Oxidative Stress in Poultry Biology: An Update. *Antioxidants.* 8(7). P. 235. doi: <https://doi.org/10.3390/antiox8070235>.
8. Wan X, Ju G, Xu L, Yang H, Wang Z. (2020). Selenomethionine Improves Antioxidant Capacity of Breast Muscle in Geese Via Stimulating Glutathione System and Thiol Pool. *Biol Trace Elem Res.* doi: 10.1007/s12011-020-02052-8.
9. Wan XL, Ju GY, Xu L, Yang HM, Wang ZY. (2019). Dietary selenomethionine increases antioxidant capacity of geese by improving glutathione and thioredoxin systems. *Poult Sci.* 98(9). P. 3763-3769. doi: 10.3382/ps/pez066.
10. Yakoviichuk O.V., Danchenko, O. O., Kurtyak, B., Nikolaeva, Y., Fedorko, A. S., Halko, T.I. (2018). Ontogenetic features of redox reactions in the myocardium of geese. *Biologija.* 64(4). P. 259-266.
11. Zhang X, Farnell MB, Lu Q, Zhou X, Farnell YZ, Yang H, Wan X, Xu L, Wang Z. (2020). Evaluation of the Effects of Pre-Slaughter High-Frequency Electrical Stunning Current Intensities on Lipid Oxidative Stability and Antioxidant Capacity in the Liver of Yangzhou Goose (*Anser cygnoides domesticus*). *Animals (Basel).* 10(2). P. 311. doi: 10.3390/ani10020311.
12. Zhao J, He J, Dang Y, Cao J, Sun Y, Pan D. (2020). Ultrasound treatment on the structure of goose liver proteins and antioxidant activities of its enzymatic hydrolysate. *J Food Biochem.* 44(1). P. 13091. doi: 10.1111/jfbc.13091.
13. Vasylytseva L.P., Paraniak R.P. (2008). Vplyv selenitu natriiu ta askorbatu selenu na biokhimichni pokaznyky plazmy krovi husei za navantazhennia yikh orhanizmu kadmiiem. *Nauk.-tekhn. biul. In-tu biologii tvaryn ta Derzh. n.-d. kontrol. in-tu vetpreparativ ta korm. dobavok.* 9(4). S. 18-22.
14. Vladimirov Yu.A., Archakov A.I. (1972). Lipid peroxidation in biological membranes. Moscow: Science, 252 p.
15. GavriloVA A.R., Hmara N.V. (1986). Determination of erythrocyte glutathione peroxidase activity. *Lab. Work.* 12. P.721-724.
16. Danchenko O.O. Antioxidant status of caterpillars under different anthropogenic load. Author's thesis ... dr. agricultural sciences: 03.00.04. Kyiv, 2010. 44 p.
17. Duch O.I., Vovk S.O. (2010). Catalase and superoxide dismutase activity and the level of ceruloplasmin in the liver of chickens and their embryos depending on the level of vitamin A in the diet. Scientific messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. 12, 2(44). P. 86–91.
18. Zdorovtseva L.M., Pashchenko Y.P., Danchenko O.O. (2011). Prooxidant-antioxidant balance in tissues of the brain and heart of geese in hypo- and hyperoxia conditions. *NUBiP Scientific Reports.* 4(26). Access Mode – http://www.nbuV.gov.ua/e-journals/Nd/2011_4/11zlm.pdf
19. Ionov I.A. (1997). Physiological status of bird in embryogenesis and postnatal ontogeny depending on its A-, E- and K-vitamin supply: author. diss. ... dr. agricultural Sciences: 03.00.13. Kharkiv, 32 p.
20. Kolesnik M.I., Kolesnik G.V., Nidzhulka V.V., Vizlo V.V. (2009). Reactive oxygen species and their role in cell metabolism. *Animal biology.* 11 (1-2). P. 58–69.
21. Korolyuk M.A., Ivanova M.I., Mayorov I.T., Tokarev V.E. (1988). A method

Федорко А.С., Данченко О. О., Яковійчук О. В.

for catalase activity determination. Lab. Work. 1. P. 16-19.

22. Makarevich O.P., Golikov P.P. (1983). Determination of superoxide dismutase activity. Lab. Work. 6. P.24-28.

23. Oliynyk A.V., Kozak M.R., Zaichenko O.S., Vizlo V.V. (2012). Lipid hydroperoxide and TBK-active products in the organs of mice due to the action of adjuvants - MG-4 polymer and aluminum hydroxide. Animal biology. 14(1-2). P. 174-178.

24. Petrov Y. (2012). Farm waterfowl bird. in Ukraine. "Agrarian Week. Ukraine", thesis. ext. of sciences. - practice. conf., February 9, URL: <http://agrokraina.com.ua/animals/210-slskogospodarskavodoplavna-pticya-vukrayin.html>.

25. Romanovich L.V., Kurtyak B.M., Romanovich M.S., Mudrak D.I. (2016). Intensity of processes of LOP in blood of broiler chickens during vaccination against Newcastle disease and under the action of vitamins E and C. Scientific messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. №18. P. 200–203.

26. Tereshchenko O.V., Ekaterinich O.O., Rozhkovsky O.V. (2011). Current trends in poultry development in Ukraine: Status and prospects of scientific support of the industry. Effective poultry farming. 11(83). P. 7–12.

27. Fedorko A., Yakovychuk O., Nikolaeva Y., Danchenko O. (2016). Features of changes in the fatty acid composition of goose muscle tissues in embryonic and early postnatal ontogeny. Bulletin of the University of Lviv. The series is biological. 73. P. 221-225.

28. Fedorovych Ye. I., Zaplatynskiy V. S. (2015). Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku husivnytstva Ukrainy. Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S. Z. Gzhytskoho. T. 17, 3(63). S. 322–330.

29. Khvostik V.P. (2013). How to get the best: geese farming. Our poultry. 4. C. 33–35.

30. Ciehmistrenko S.I., Polishchuk V.M. (2010). Age peculiarities of ostrich blood antioxidant protection system functioning. Ukr. biochem. . 82(5). P. 92-97.

31. Sheremet D.O., Melnik V.V. (2014). Breeding geese in a farm: selection of breed and formation of parent flock. Modern poultry farming. 6. P. 14–15.

ПОДДЕРЖКА ПРООКСИДАНТНО-АНТИОКСИДАНТНОГО РАВНОВЕСИЯ В ТКАНЯХ МИОКАРДА И МОЗГА ГУСЕЙ В ЭМБРИОНАЛЬНОМ И РАННЕМ ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ

А. С. Федорко, Е. А. Данченко, А. В. Яковейчук

Аннотация. Преимущества гусей породы Легарт обуславливают достаточно широкий спрос и их быстрое распространение в хозяйствах страны. Однако гуси этой породы достаточно чувствительны к несбалансированным кормам, особенно в первые недели жизни. Понимание механизмов формирования адаптивного ответа на повреждающее влияние будет способствовать верному выбору стратегии, направленной на регуляцию состояния *redox* системы организма птицы и раскрытие генетического потенциала продуктивности данной породы. Цель исследований - выяснение особенностей поддержки прооксидантно-антиоксидантного равновесия в тканях гусей породы Легарт во время эмбрионального и раннего постнатального развития. Исследована специфика поддержки равновесия между про- и антиоксидантами в тканях сердца и мозга гусей этой породы. Доказано, что в мозге генетически запрограммированная активизация антиоксидантной системы, направленная на адаптацию организма гусей к гипероксии начала атмосферного дыхания, происходит путем повышения активности антиоксидантных ферментов и снижения содержания

Федорко А.С., Данченко О. О., Яковійчук О. В.

ненасыщенных жирных кислот. В миокарде поддержка равновесия происходит преимущественно за счет активизации ферментативной составляющей системы. Впрочем, с учетом противоположно направленных изменений коэффициента антиоксидантной активности и активности антиоксидантных энзимов, с одной стороны, а с другой, стабильно высокого содержания ненасыщенных жирных кислот, именно в миокарде очень высокая вероятность реализации альтернативных механизмов антиоксидантной защиты.

Ключевые слова: гуси, Легарт, онтогенез, мозг, миокард, система антиоксидантной защиты

SUPPORT OF PROOXIDANT-ANTIOXIDANT BALANCE IN GOOSE MYOCARDIUM AND BRAIN TISSUES IN EMBRYONAL AND EARLY POSTNATAL ONTOGENESIS

A. S. Fedorko, O. O. Danchenko, O. V. Yakoviichuk

Abstract. *The advantages of Legart geese cause a fairly wide demand and their rapid distribution in the country's farms, however, geese of this breed are quite sensitive to unbalanced feed, especially in the first weeks of life. Understanding the mechanisms of the formation of adaptive responses to a damaging effect contribute to the right choice of a strategy aimed at regulating the state of the redox system of the bird's body and revealing the genetic potential of this breed's productivity. The purpose of the research is to elucidate the features of supporting the prooxidant-antioxidant balance in the tissues of Legart geese during embryonic and early postnatal development. The specifics of maintaining the balance between pro- and antioxidants in the tissues of the heart and brain of geese of this breed is investigated. It has been proved that activation of the antioxidant system in the brain is genetically programmed, aimed at adapting the geese organism to hyperoxia of the onset of atmospheric respiration by increasing the activity of antioxidant enzymes and reducing the content of unsaturated fatty acids. In the myocardium, maintaining equilibrium occurs mainly due to the activation of the enzymatic component of the system. However, taking into account the opposite changes in the coefficient of antioxidant activity and the activity of antioxidant enzymes, on the one hand, and on the other, a stably high content of unsaturated fatty acids, it is in the myocardium that there is a very high probability of implementing of alternative mechanisms of antioxidant defense.*

Key words: *geese, Legart, ontogenesis, brain, myocardium, antioxidant defense system*