

**КАБІНЕТ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ПАЩЕНКО ЮЛІЯ ПЕТРІВНА

УДК 577.12/.16:[598.25:636.5]

**АНТИОКСИДАНТНА АКТИВНІСТЬ ПЕЧІНКИ І СЕРЦЯ ГУСЕЙ
ЗА РІЗНОЇ Е-ВІТАМІННОЇ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ**

03.00.04 – біохімія

**Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук**

Київ – 2013

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Мелітопольському державному педагогічному університеті імені Богдана Хмельницького Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор
Данченко Олена Олександрівна,
Мелітопольський державний педагогічний університет
імені Богдана Хмельницького,
завідувач кафедри органічної і біологічної хімії

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор
Калачнюк Григорій Іванович,
Національний університет біоресурсів і
природокористування України,
професор кафедри біохімії тварин, якості і безпеки
сільськогосподарської продукції імені акад. М. Ф. Гулого

доктор біологічних наук, професор
Цудзевич Борис Олександрович,
Київський національний університет імені Тараса
Шевченка, професор Навчально-наукового центра
«Інститут біології»

Захист відбудеться «24» січня 2014 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.08 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ-41, вул. Генерала Родімцева, 19, навчальний корпус № 1, кімната 97

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ-41, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розісланий «23» грудня 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Є. А. Деркач

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Оксидативний стрес, що визначається як порушення балансу між оксидантами і антиоксидантами на користь перших, є одним із основних індукторів загибелі клітин. Багаторівнева система антиоксидантного захисту, яка включає ферментні і низькомолекулярні антиоксиданти, допомагає уникненню пошкодження біомолекул. Найбільш ефективним жиророзчинним антиоксидантом традиційно вважається вітамін Е (Іонов І. А., 1997, Янович В. Г., 2004, Cerolini S., 2005). Проте теорія антиоксидантної дії вітаміну Е в організмі не є бездоганною і загальноприйнятною. Так, на думку американського біохіміка (Azzi A., 2000) α -токоферол не є антиоксидантом, а виступає лише як ліганд для поки ще не ідентифікованих специфічних білків і, таким чином, бере участь у передачі сигналу в клітині. Сумніви про необмежену здатність вітаміну Е запобігати оксидативному стресу висловлюють і українські біохіміки (Петрова Г. В., Делеменчук Н. В., Донченко Г. В., 2011). З іншого боку, є інформація про підвищення життєздатності нейронів за умов оксидативного стресу під впливом вітаміну Е навіть у наномолярних концентраціях, що пояснюється опосередкованою модуляцією цим антиоксидантом сигнальних систем, у тому числі модуляцією активності кіназ (Mustacich D. J., Gohil K., Bruno R. S., 2009). Останнім часом з'явилася достатня кількість експериментальних даних, що підтверджують необхідність переведення вітаміну Е з розряду «безпечних» і корисних для людини вітамінів у розряд сполук, що мають високу біологічну активність і здатних, залежно від багаточисельних факторів, проявляти як позитивний, так і негативний вплив на організм людини. Отже, питання про механізми реалізації антиоксидантної дії вітаміном Е залишаються відкритими і потребують подальших досліджень.

Гусей, як модельний вид, обрано завдяки високій інтенсивності росту та метаболізму, великому вмісту ліпідів у тканинах та їхній значній ненасиченості. Все це зумовлює підвищену чутливість організму цієї птиці до порушень прооксидантно-антиоксидантної рівноваги (Данченко О. О., 2009). Крім того, ряд гусеподібних дуже гомогенний, імовірно, внаслідок генетичної спорідненості, підтвердженої роботами з еволюційної біохімії та генетики гусей і качок (Ломов А. А., 1980). Таким чином, запропонований напрям досліджень має наукове і практичне значення як для сільськогосподарського виробництва, так і для розведення диких видів гусеподібних у неволі і тому є актуальним. В умовах ринкової конкуренції вітчизняне птахівництво відчуває потребу у використанні сучасних досягнень біохімічної науки та в кваліфікованому науковому супроводі їхнього впровадження у виробництво.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася згідно з планом науково-дослідних робіт Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького (2002 – 2012 роки) та держбюджетної теми «Обґрунтування механізмів антиоксидантного захисту птиці з метою управління її продуктивністю» (номер державної реєстрації 0112U002621).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи було з'ясування впливу вихідної Е-вітамінної забезпеченості на механізми підтримки прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в тканинах гусей під час ембріонального і раннього постнатального

розвитку. Специфічність формування адаптивної відповіді на умови постнатального існування за різної вихідної Е-вітамінної забезпеченості визначалася у функціонально відмінних тканинах печінки й серця, що характеризуються різним антиоксидантним впливом цього вітаміну.

Для досягнення мети поставлено такі основні задачі:

- з'ясувати специфічність змін умісту ліпідів і їхнього жирнокислотного складу в тканинах печінки і серця гусей в ембріональному і ранньому постнатальному періодах онтогенезу;
- дослідити особливості функціонування ферментативної і неферментативної складових системи антиоксидантного захисту в тканинах печінки і серця гусей;
- провести аналіз динаміки коефіцієнта антиоксидантної активності як інтегрального критерію оцінки стану системи антиоксидантного захисту в досліджених тканинах гусей;
- за допомогою факторного аналізу здійснити кількісну оцінку впливу компонентів системи антиоксидантного захисту, у тому числі вітаміну Е, на антиоксидантну активність тканин печінки і серця гусей під час ембріонального та раннього постнатального розвитку;
- провести порівняльний аналіз механізмів підтримки прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в досліджених тканинах гусей;
- з'ясувати вплив Е-вітамінної забезпеченості ембріонів на перебіг процесів пероксидного окиснення ліпідів і стан системи антиоксидантного захисту в тканинах печінки і серця гусей під час постнатальної адаптації;
- порівняти механізми постнатальної адаптації в гусей з різним вихідним вмістом вітаміну Е.

Об'єкт дослідження – прооксидантно-антиоксидантна рівновага у функціонально різних тканинах (печінки і серця) гусей під час переходу від ембріонального до постнатального розвитку.

Предмет дослідження – зміни вмісту ліпідів, жирнокислотного складу, продуктів ліпопероксидації, активності антиоксидантних ферментів (супероксиддисмутази, каталази, глутатіонпероксидази) та вітамінів (Е, А, β -каротину) в тканинах печінки і серця гусей за різної Е-вітамінної забезпеченості їхніх ембріонів.

Методи дослідження: біохімічні (спектрофотометричні, фотоколориметричні, хроматографічні, гравіметричні) для визначення кількісного вмісту і активності компонентів прооксидантно-антиоксидантної рівноваги, математичної статистики, кореляційного, регресійного та факторного аналізу для оцінки характеру, специфіки та взаємозв'язків показників цієї рівноваги.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше проведено порівняльний аналіз впливу Е-вітамінної забезпеченості ембріонів на антиоксидантну активність тканин печінки і серця гусей у фізіологічно напружений період переходу від ембріонального до постнатального розвитку. Доведено, що для тканин печінки і серця спільними механізмами є активізація антиоксидантних ферментів – супероксиддисмутази і каталази; зниження ненасиченості жирних кислот ліпідів та підвищення узгодженості змін показників прооксидантно-антиоксидантної рівноваги. Встановлено, що механізми підтримки

прооксидантно-антиоксидантної рівноваги, які посилюють антиоксидантний вплив глутатіонпероксидази і вітаміну А, є специфічними для печінки, а механізми, що посилюють вплив α -токоферолу – для тканин серця. Проаналізовано особливості змін субстрату ліпопероксидації ненасичених жирних кислот в досліджених тканинах. Встановлено, що зменшення вдвічі вихідної Е-вітамінної забезпеченості в тканинах печінки, спричиняє достовірне зниження рівня супероксиддисмутази і каталази активності і, як наслідок, антиоксидантної активності тканин печінки в цілому, при цьому антиоксидантний вплив α -токоферолу посилюється. Доведено, що в гусенят із високим рівнем вітаміну Е, підтримка прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в тканинах печінки відбувається з мінімальним впливом дослідженого комплексу показників і, в тому числі, вітаміну Е. З'ясовано, що в тканинах печінки, незважаючи на відсутність прямого зв'язку між вмістом вітаміну Е та їхньою антиоксидантною активністю, існують достатньо потужні механізми регуляції пероксидного окиснення ліпідів, в реалізації яких опосередковано бере участь вітамін Е.

Для тканин серця гусей встановлено наявність прямого зв'язку між вихідною Е-вітамінною забезпеченістю гусячих ембріонів і антиоксидантною активністю тканин серця. Механізми цього впливу в значній мірі визначаються рівнем вітаміну Е. За низького вмісту вітаміну Е в серці більш чутливими є антиоксидантні ферменти, а за високого – низькомолекулярні антиоксиданти. Встановлено стабілізуючу роль підвищеної вихідної Е-вітамінної забезпеченості ембріонів на стан прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в тканинах серця. Це в першу чергу позначається більш сталим характером динаміки коефіцієнта антиоксидантної активності і вмісту вторинних продуктів ліпопероксидації. Показано, що для серця роль вітаміну Е як головного тканинного антиоксиданту зберігається за різної Е-вітамінної забезпеченості ембріонів.

Практичне значення одержаних результатів. На основі аналізу результатів експериментальних досліджень доведено, що незважаючи на різні механізми впливу вітаміну Е на антиоксидантну активність тканин печінки і серця, його дефіцит на ранніх етапах розвитку гусей зумовлює зниження адаптаційного потенціалу цих тканин. Підвищений вміст вітаміну Е позитивно впливає тільки на антиоксидантну активність тканин серця. Результати проведених експериментальних досліджень сприятимуть оптимізації норм уведення вітаміну Е до раціону птиці.

Особистий внесок здобувача. Відповідно до поставленої мети і завдань дисертантом проведено експериментальні дослідження і отримано основні результати. Автор був відповідальним виконавцем та брав безпосередню участь у виконанні всіх дослідів і статистичній обробці результатів. Аналіз та узагальнення результатів дослідження проведено автором спільно з науковим керівником.

Апробація результатів дослідження. Матеріали дисертації доповідалися і обговорювалися на Міжнародній науковій конференції “Інноваційний розвиток сучасного аграрного виробництва” (м. Львів, 2005), Міжнародній конференції “Сучасні проблеми біології, екології та хімії” (м. Запоріжжя, 2007), Міжнародній конференції з проблем птахівництва (м. Алушта, 2011), Всеукраїнській науково-практичній конференції “Фізіолого-біохімічні і технологічні аспекти охорони

навколишнього середовища“ (м. Мелітополь, 2013).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 11 наукових праць, із них 7 статей надруковано у наукових фахових виданнях, 4 – у збірниках наукових праць і матеріалів конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація викладена на 192 сторінках комп'ютерного тексту. Вона складається зі вступу, огляду літератури, матеріалів і методів дослідження, аналізу та узагальнення результатів досліджень, додатків, списку використаних джерел, який налічує 215 найменувань, з яких 108 – латиницею. Робота містить 34 рисунка, 20 таблиць та 7 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводились на базі лабораторії загальної і прикладної біохімії Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького та інкубатора і експериментального майданчика агрофірми “Вікторія” (Приазовський район, Запорізька область). Визначення вмісту жиророзчинних вітамінів та жирнокислотного складу (ЖКС) ліпідів тканин птиці здійснювалось в Інституті біохімії ім. О. В. Палладіна НАН України. Для досягнення поставленої мети проведено дві серії дослідів, у яких використано 248 голів птиці.

В експерименті застосовували гусей італійської породи. Робота проводилась відповідно до «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах» (Україна, 2001), що узгоджується з положеннями «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1985). Параметри процесу інкубації та мікроклімату приміщення, в якому утримувались гусенята після вилуплення, відповідали зоогігієнічним нормам (Сахацький М. І., 2008) і були ідентичними для всіх груп гусей.

У першій серії досліджень вивчали тканинну специфічність онтогенетичних змін пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) і функціонування системи антиоксидантного захисту (АОЗ). Дослідження системи АОЗ в ембріогенезі проводили у фізіологічно обґрунтовані терміни: 15 діб – замикання алантоїсу, наявність сформованої печінки, 22 доби – перехід від білкового типу живлення до жовткового, 28 діб – перенесення ембріонів на виведення. У постнатальному періоді дослідження обмежували 14-добовим віком (період постнатальної адаптації). Об'єктом дослідження були тканини печінки і серця ембріонів гусей та гусенят.

У другій серії досліджень вивчали вплив вихідної Е-вітамінної забезпеченості ембріонів на процеси ліпопероксидації та функціонування системи АОЗ в тканинах печінки і серця гусей. Для інкубації застосовано яйця з нормальним вмістом вітаміну Е (60 мкг/г) – контрольна група гусей; низьким (30 мкг/г) – І дослідна група і високим (240 мкг/г) – II дослідна група.

Вміст загальних ліпідів у тканинах печінки і серця визначали гравіметричним методом після екстракції хлороформом і подальшого випаровування розчинника, ЖКС ліпідів – методом газорідної хроматографії (Bligh E. G., Dyer W. I., 1957; Palmer F. B., 1971), ненасиченість жирних кислот (N) – як сумарну еквівалентну

концентрацію ненасичених жирних кислот (НЖК), розраховану відносно подвійних зв'язків (ммоль/г) (Данченко О. О., 2003). Інтенсивність ПОЛ у тканинах пташенят оцінювали за вмістом продуктів ліпопероксидації, які реагують з 2-тіобарбітуровою кислотою (ТБК-активних продуктів) (Владимиров Ю. А., 1972). Визначення ТБК-активних продуктів проводили у гомогенатах тканин (ТБКАП_{вих}). Окрім того, в гомогенатах тканин визначали вміст ТБКАП унаслідок ініційованого Fe²⁺ ПОЛ (ТБКАП_{инк}).

Супероксиддисмутазну активність (СОД, КФ 1.15.1.1) оцінювали за ступенем інгібування пара-нітротетразолію синього в присутності нікотинамідаденіндинуклеотиду відновленого (NADH) і феназинметасульфату і вимірювали в ум.од./хв·г (Макаревич О. П., 1983). Каталазну активність (КАТ, КФ 1.11.1.6) визначали спектрофотометричним методом за ступенем розкладання каталазою гідроген пероксиду, залишок якого в реакції з молібдатом амонію (NH₄)₂MoO₄ утворює стійкий забарвлений комплекс і виражали у нкат/г тканини (Королюк М. А., 1988). Активність КАТ розраховували із застосуванням коефіцієнта мілімолярної екстинції гідроген пероксиду (22,2×10³ мМ⁻¹см⁻¹). Глутатіонпероксидазну активність (ГПО, КФ 1.11.1.9) оцінювали за окисненням відновленого глутатіону GSH трет-бутилгідропероксидом. Залишок неокисненого GSH визначали за реакцією з нітропрусидом натрію (Na₂[Fe(NO)(CN)₅]) у лужному середовищі (Гаврилова А. Р., 1986). ГПО-активність виражали у мкмоль GSH/(хв·г) тканин.

Визначення вмісту вітаміну Е ґрунтувалося на здатності токоферолів до окиснення; застосовували одну з модифікацій методу Еммері-Енгля з використанням залізодипіридилового реактиву. Визначення вітаміну А здійснювали за реакцією Карр-Прайса зі стибіум хлоридом (III) з утворенням комплексу синього кольору. Вміст β-каротину визначали спектрофотометричним методом за інтенсивністю його власного забарвлення (Антонов Б. І., 1991).

Стан системи АОЗ оцінювали за коефіцієнтом антиоксидантної активності (K_{АОА}), який визначався відношенням ТБКАП_{вих} (без ініціації Fe²⁺) до індукованого Fe²⁺ ТБКАП_{инк}, оскільки в гомогенатах тканин міститься не тільки субстрат пероксидації, а й компоненти АОЗ, здатні гальмувати пероксидацію ліпідів.

Рівень узгодженості (W_к, %) біохімічних показників для К-сукупності (К – кількість показників) визначався кількістю щільних парних кореляційних зв'язків відносно максимально можливого числа таких зв'язків (Данченко О. О., 2009). Математична обробка експериментальних даних здійснювалася відомими методами математичної статистики, кореляційного, факторного та дисперсійного аналізів, з використанням пакетів комп'ютерних програм MS Excel 2000 та SPSS.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХНЄ ОБГОВОРЕННЯ

Антиоксидантна активність тканин печінки і серця в ембріогенезі і ранньому постнатальному періоді. Головним субстратом ліпопероксидації є ненасичені жирні кислоти, оскільки подвійні зв'язки внаслідок гіперкон'югації послаблюють С-Н σ-зв'язки в α-положенні до них, що й зумовлює здатність НЖК до пероксидації. Водночас жирні кислоти (ЖК) беруть участь у багатьох

клітинних процесах, пов'язаних з біоефекторною регуляцією, а окиснені метаболіти ЖК є регуляторами різноманітних клітинних функцій. Особливого значення набувають відомості про обмін ЖК у птахів у зв'язку з відносною ізоляцією метаболізму в період ембріонального розвитку.

Аналіз динаміки змін жирнокислотного складу ліпідів печінки гусей упродовж періоду розвитку, фізіологічна напруга якого пов'язана з переходом від гіпоксії кінця ембріонального періоду до гіпероксії початку атмосферного дихання, свідчить (рис. 1), що зміни ЖКС ліпідів печінки в цей період спрямовані на зниження рівня ненасиченості ЖК: у 28-добових ембріонів рівень ненасиченості ЖК ліпідів печінки на 22,6 % нижчий за відповідний показник 15-добових ембріонів. Такі зміни ЖКС, імовірно, сприяють генетично запрограмованій адаптації пташенят до умов постнатального розвитку, адже на тлі переходу від гіпоксії кінця ембріонального періоду до гіпероксії початку атмосферного дихання, зниження рівня ненасиченості субстрату пероксидації забезпечує

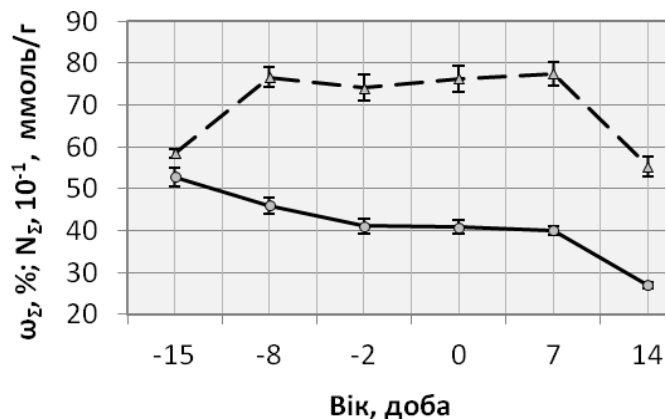


Рис. 1. Сумарний вміст НЖК (ω_{Σ} , — —) та ненасиченість ЖК (N_{Σ} , —) ліпідів тканин печінки

Примітка. Тут і надалі на часовій вісі онтогенезу прийняті позначення «-15», «-8», «-2», «0» відповідають 15-, 22-, 28-добовому віку ембріонів пташенят і моменту їх вилуплення (початок постнатального періоду).

підтримку прооксидантно-антиоксидантної рівноваги. Водночас, сумарний вміст НЖК упродовж третього тижня ембріогенезу збільшився на 31,1 % і на цьому рівні стабілізувався до 7-ї доби постнатального розвитку.

Вміст вторинних продуктів ПОЛ у тканинах печінки впродовж другої половини ембріонального періоду зріс у 1,69 раза і досяг максимального значення після накльовування шкаралупи 28-добовими ембріонами в умовах гіпероксії (рис. 2). Постнатальна адаптація пташенят характеризувалась швидким зниженням вмісту ТБКАП_{вих} (P_1) у тканинах печінки до мінімального рівня. За ініціації пероксидного окиснення ферум (II) сульфатом, вміст ТБКАП_{інк} (P_2) у тканинах печінки 15-добових ембріонів збільшився в 2,98 раза. Втім, вже за тиждень, у 22-добових ембріонів, на тлі достовірного збільшення вмісту ТБКАП_{вих}, вміст ТБКАП_{інк} залишається незмінним, що доводить посилення антиоксидантної активності тканин печінки впродовж третього тижня ембріогенезу. На тлі оксидативного стресу в 28-добових ембріонів встановлено зростання вмісту ТБКАП_{інк} у 1,70 раза. З переходом до постнатального розвитку спостерігається стрімке зниження цього показника, що є свідченням формування адаптивної відповіді організму гусей на оксидативний стрес.

Активність усіх досліджених антиоксидантних (АО) ферментів у другій половині ембріонального періоду достовірно зростала ($r = 0,822 - 0,955$, $\gamma \leq 0,05$) і максимального рівня досягла вже під час постнатального розвитку (рис. 3).

На тлі оксидативного стресу кінця ембріонального періоду активізація АО

ферментів дещо уповільнюється, але не припиняється. Таке функціонування ферментативної складової системи АОЗ під час переходу до постнатального розвитку, ймовірно, є свідченням формування адаптивної відповіді організму птиці на оксидативний стрес.

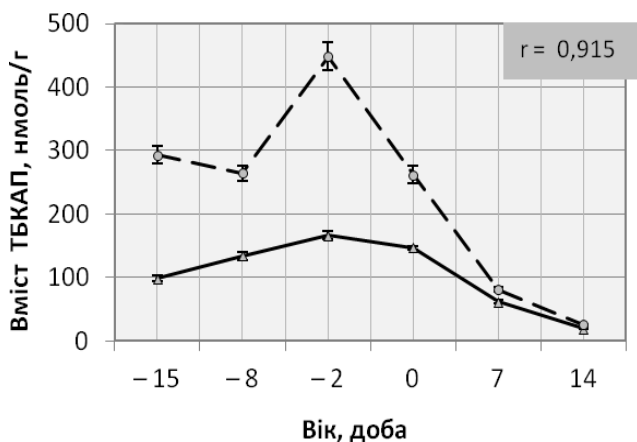


Рис. 2. Вміст ТБК-активних продуктів в тканинах печінки: — - P₁; - - - P₂

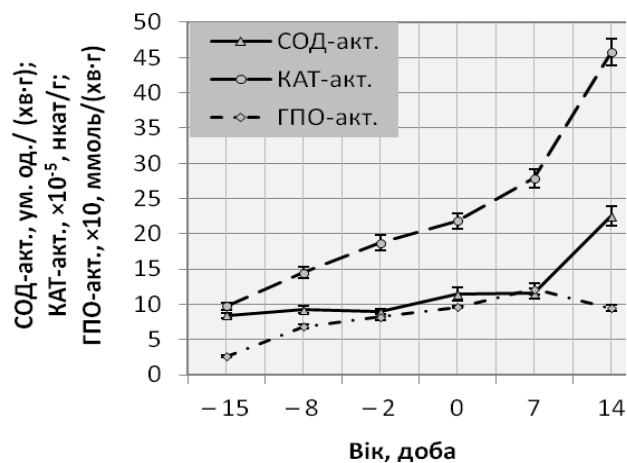


Рис. 3. Активність антиоксидантних ферментів тканин печінки

Вміст вітаміну Е в тканинах печінки ембріонів упродовж другої половини ембріогенезу збільшився в 4,1 раза і досяг максимального значення під кінець ембріонального періоду (рис. 4). У постнатальному періоді за два перші тижні вміст вітаміну Е знизився у 3,4 раза. Вміст вітаміну А в тканинах печінки поступово збільшувався аж до 14-добового віку гусенят. Підвищення умісту вітаміну А у двотижневих гусенят, імовірно, відбувалось і за рахунок розщеплення β -каротину по центральному подвійному зв'язку полієнового ланцюга до двох молекул ретиналя, під впливом β -каротин-15,15'-діоксигенази. Вміст β -каротину в тканинах печінки гусячих ембріонів за своєю динамікою узгоджувався з динамікою вмісту вітаміну А в цих тканинах ($r = 0,980$) і досягав максимального значення в 28-добових ембріонів. Проте, з переходом до постнатального періоду, впродовж перших 14-ти днів життя гусенят, уміст β -каротину зменшився на 25,9 %.

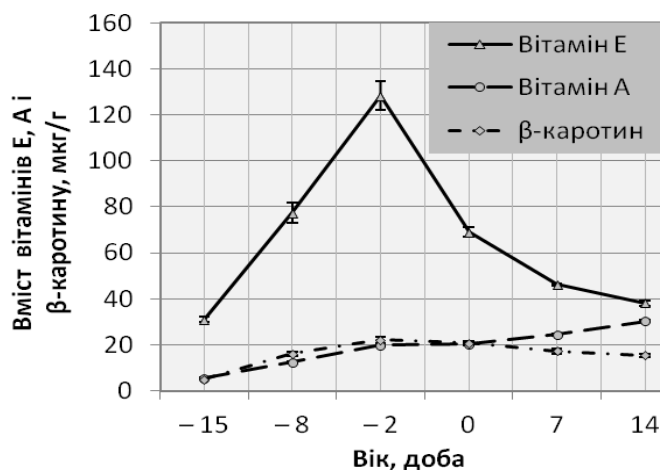


Рис. 4. Вміст вітамінів Е, А і β -каротину в тканинах печінки

Постнатальна адаптація гусенят супроводжується зростанням коефіцієнта антиоксидантної активності K_{AOA} в тканинах печінки до найвищого рівня в 7-добових гусенят (рис. 5). K_{AOA} має сильний кореляційний зв'язок з ненасиченістю ЖК ($r = -0,765$ при $\gamma \leq 0,10$) і достовірно зростає впродовж дослідження ($r = 0,881$ при $\gamma \leq 0,05$).

За допомогою кореляційного аналізу динаміки комплексу досліджених показників печінки встановлено, що ступінь їхньої узгодженості в ембріогенезі за $\gamma \leq 0,10$ становить 21,8 %. Перехід до атмосферного дихання і подальша постнатальна адаптація відбуваються на тлі стабільного рівня кореляційних зв'язків показників прооксидантно-антиоксидантної рівноваги. Отже, узгодженість змін цих показників у тканинах печінки гусей упродовж ембріонального і раннього постнатального періодів розвитку утримується на достовірно сталому рівні.

Результати факторного аналізу комплексу досліджених показників прооксидантно-антиоксидантної рівноваги тканин печінки гусей свідчать (табл. 1), що в ембріональному і ранньому постнатальному періодах вирішальний вплив на антиоксидантний статус тканин печінки мають уміст білка, вітаміну А та активність антиоксидантних ферментів КАТ і ГПО, що узгоджується з найвищим рівнем КАТ-активності саме в печінці (Сурай П. Ф., 2006).

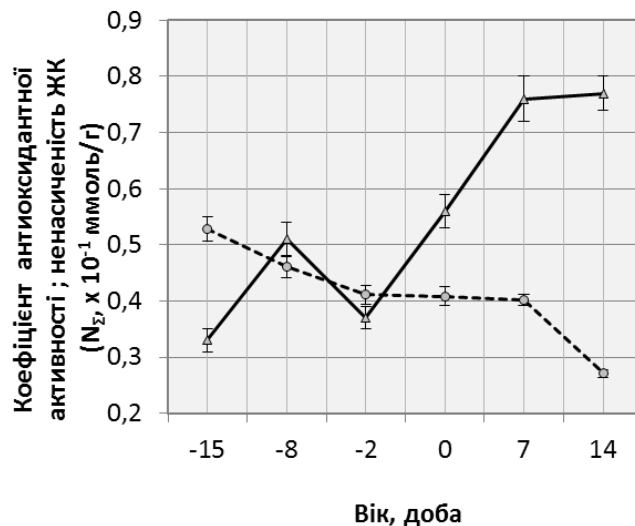


Рис. 5. Динаміка K_{AOA} (—) і ненасиченості жирних кислот N_{Σ} (---) ліпідів печінки гусей

Таблиця 1

Вплив показників рівноваги ПОЛ↔АОА на K_{AOA} тканин печінки гусей

Ознака	Фактори		Характеристики			Ранг впливу факторів	
			r	D	d, %		
K_{AOA}	1	Ліпіди (X)	- 0,319	0,1018	2,10	9	
	2	ТБКАП _{вих.} (P ₁)	- 0,731	0,5344	11,01	7	
	3	Сумарний вміст НЖК (ω_{Σ})	- 0,006	0,0000	0	11	
	4	Ненасиченість ЖК ліпідів (N_{Σ})	- 0,765	0,5852	12,05	5	
	5	Протеїн (B)	0,911	0,8299	17,09	1	
	6	Ензими	СОД (Y ₁)	0,737	0,5432	11,19	6
	7		КАТ (Y ₂)	0,844	0,7123	14,67	2
	8		ГПО (Y ₃)	0,796	0,6336	13,05	4
	9	Вітаміни	Е (V ₁)	- 0,426	0,1815	3,74	8
	10		А (V ₂)	0,816	0,6658	13,71	3
	11		β-каротин (V ₃)	0,259	0,0671	1,38	10
Спільність впливу факторів			—	4,8548	100	—	

Примітка. Тут і в таблиці 2: r – коефіцієнт кореляції, D – коефіцієнт детермінації, d – частка впливу факторів.

Наступну позицію за впливом на K_{AOA} посідає ненасиченість ЖК. Саме вона, а не сумарний вміст НЖК, контролює антиоксидантну активність печінки. Встановлено значний вплив на K_{AOA} вмісту вітаміну А, що, всупереч традиційному уявленню про його слабку антиоксидантну дію, зумовлену швидким окисненням, підтверджує потужний опосередкований антиоксидантний вплив ретинолу. Один з

можливих механізмів такого впливу – інгібування індукбельної NO-синтази. Водночас встановлено, що статус вітаміну Е як головного тканинного антиоксиданта в печінці не підтверджується: за впливом на антиоксидантну активність цих тканин α -токоферол посідає одне з останніх місць (восьме) і, таким чином, спростовують твердження про необмежену здатність вітаміну Е запобігати оксидативному стресу (Петрова Г. В., Донченко Г. В., 2008).

Більш наочно тривалі кореляційні зв'язки, що утримуються впродовж досліджу між показниками прооксидантно-антиоксидантної рівноваги тканин печінки гусей, демонструє кореляційна плеяда (рис. 6; кореляційні зв'язки між жирними кислотами $G_1 - G_{19}$ на рис. не показані). Привертає увагу відсутність прямого кореляційного зв'язку і, відповідно, впливу вітаміну Е на антиоксидантну активність цих тканин.

Отже, підтримка прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в тканинах печінки гусей в умовах гіпо- і гіпероксії під час переходу від ембріонального до постнатального розвитку відбувається шляхом запуску нейрогуморальних механізмів, які активізують синтез антиоксидантів білкової природи, посилюють антиоксидантний вплив вітаміну А і, окрім того, підвищують ефективність функціонування системи АОЗ шляхом зменшення ненасиченості ЖК ліпідів печінки.

У тканинах серця, як і в печінці, зміни ЖКС у другій половині ембріонального періоду спрямовані на зниження ненасиченості ЖК: у 28-добових ембріонів рівень ненасиченості ЖК ліпідів серця на 30,0 % нижчий за відповідний показник 15-добових ембріонів (рис. 7). Водночас сумарний вміст НЖК в ембріональному періоді достовірно зріс. Порівняно з печінкою, серце характеризується на 21,8 % нижчим середнім рівнем ненасиченості ЖК і, відповідно, меншою здатністю до ліпопероксидації.

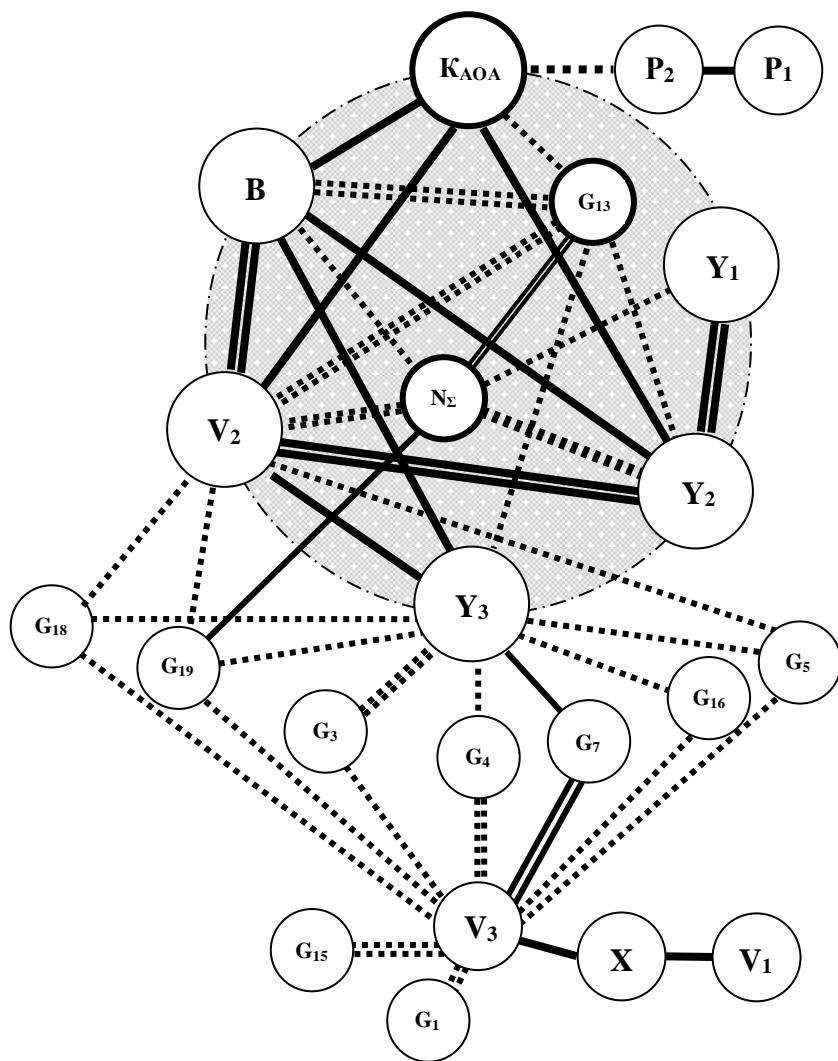


Рис. 6. Кореляційна плеяда показників рівноваги ПОЛ↔АОА в тканинах печінки гусей ($\gamma \leq 0,05$)
Примітка. Тут і на рис. 11: **==** і **—** – позитивні зв'язки за $\gamma \leq 0,01$ та $\gamma \leq 0,05$ відповідно; **.....** і **.....** – негативні зв'язки за $\gamma \leq 0,01$ та $\gamma \leq 0,05$ відповідно.

Отже, наприкінці ембріонального періоду в тканинах серця, як і в печінці, відбувається зниження рівня ненасиченості ЖК ліпідів. Проте, якісні зміни ЖКС у досліджених тканинах є специфічними.

Вихідний вміст ТБКАП_{вих} у тканинах серця, порівняно з печінкою, був у 1,41 раза нижчим. На відміну від тканин печінки, цей показник серця в ембріональному періоді зростає з певними коливаннями (рис. 8). За середнім рівнем ТБКАП_{вих} серце в 1,88 раза поступається печінці, а за коефіцієнтом варіації – на 56,1 % перевищує.

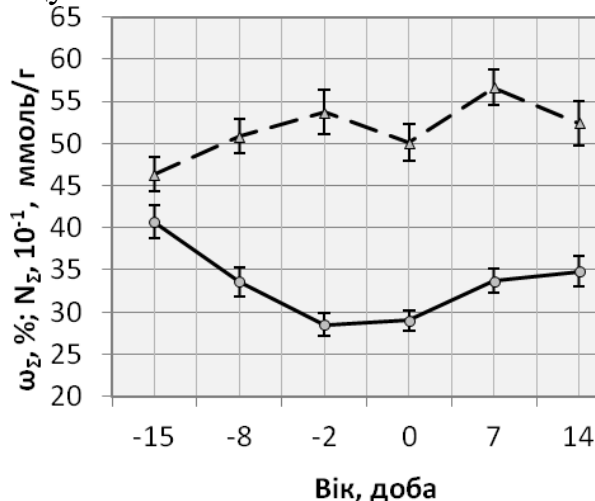


Рис. 7. Сумарний вміст НЖК (ω_{Σ} , — —) та ненасиченість ЖК (N_{Σ} , —) ліпідів тканин серця

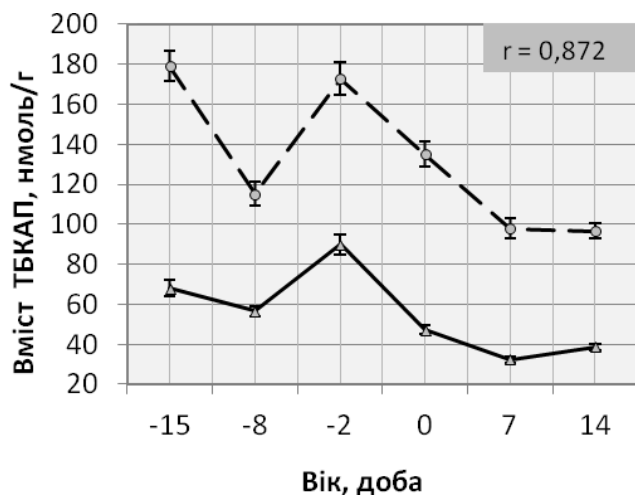


Рис. 8. Вміст ТБК-активних продуктів в тканинах серця: — — - P₁; — — - P₂

K_{AOA} тканин серця порівняно з печінкою характеризується на 33,5 % нижчим середнім значенням і в 1,82 рази меншим коефіцієнтом варіації. За характером змін K_{AOA} впродовж дослідження тканини серця і печінки мають достовірну специфічність ($r = -0,501$ при $\gamma = 0,311$). Вона визначається більш ефективним відновленням антиоксидантної активності тканин печінки гусенят порівняно з серцем під час постнатальної адаптації. Вищий рівень антиоксидантної активності в печінці за наявності в цих тканинах достовірно більшого вмісту субстрату ліпопероксидації, безумовно, передбачає вищу активність ендогенних антиоксидантів у печінці порівняно з серцем.

СОД-активність серця пташенят упродовж дослідження монотонно зростала і досягла максимального значення наприкінці ембріогенезу (рис. 9). Така динаміка активності цього ферменту є генетично запрограмованою підготовкою організму пташки до оксидативного стресу кінця ембріонального періоду. Постнатальний період характеризується на 44,0 % нижчим середнім значенням цього показника в тканинах серця. Якщо СОД-активність печінки впродовж дослідження достовірно зростає ($r = 0,822$ при $\gamma = 0,045$), то в серці має лише слабку тенденцію до зниження ($r = -0,383$ при $\gamma = 0,453$).

За середнім значенням КАТ-активності тканини серця поступалися печінці на 59,8 %, а за коефіцієнтом варіації – в 2,4 рази. КАТ-активність досліджених тканин є специфічною як за рівнем, так і за динамікою.

ГПО-активність тканин серця впродовж ембріонального періоду зростає у 8,07 рази і досягла максимального рівня у 28-добових ембріонів. ГПО-активність

тканин серця має достовірне зростання в часі ($r = 0,872$ при $\gamma = 0,024$). Для тканин серця і печінки встановлено достатньо високий рівень узгодженості змін цього показника ($r = 0,792$ при $\gamma = 0,060$).

Вихідний вміст вітаміну Е в тканинах серця в 1,61 раза менший, ніж у печінці, а за середнім значенням і коефіцієнтом варіації поступається в 2,20 і 1,79 раза відповідно (рис. 10). Упродовж дослідження в тканинах печінки і серця встановлено високий рівень узгодженості змін цього показника ($r = 0,913$ при $\gamma = 0,011$).

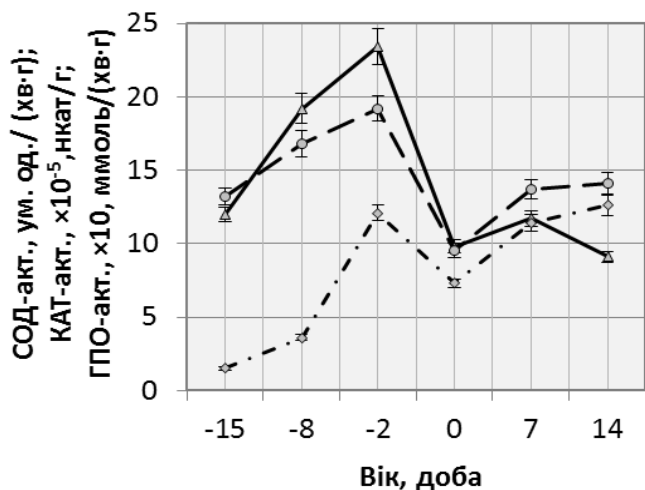


Рис. 9. Активність АО ферментів тканин серця: — — СОД-акт. (Y₁), — — — КАТ-акт. (Y₂), — · — — ГПО-акт. (Y₃)

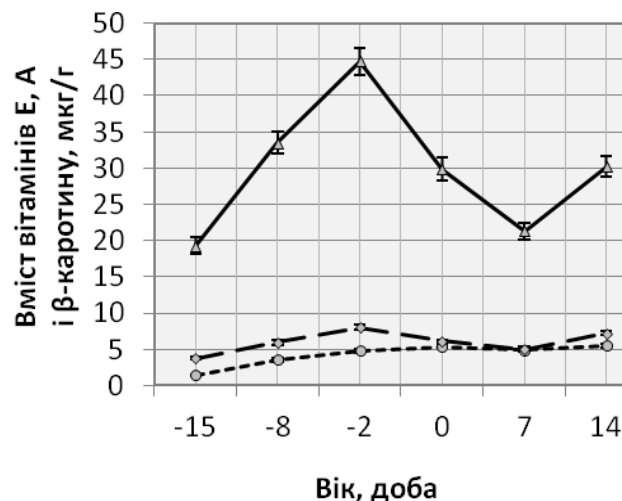


Рис. 10. Вміст вітамінів Е (— — V₁), А (— — — V₂) і β-каротину (····· — V₃) в тканинах серця

Вихідний вміст вітаміну А в 3,85 раза поступається відповідному показнику тканин печінки. Впродовж ембріонального розвитку вміст вітаміну А в серці збільшився в 3,39 раза і надалі в постнатальному періоді стабілізувався на цьому рівні. За середнім значенням вміст вітаміну А в серці в 4,42 раза перевищує відповідний показник тканин печінки, а за мінливістю не відрізняється від нього. Між динамікою вітаміну А в тканинах серця і печінки встановлено високий рівень узгодженості ($r = 0,920$ при $\gamma = 0,009$).

Вміст β-каротину в тканинах серця 15-добових ембріонів на 37,4 % нижчий за відповідний показник печінки. Впродовж ембріонального розвитку вміст β-каротину збільшився в 2,15 раза і наприкінці ембріогенезу досяг максимального значення. Початок постнатального існування характеризувався зниженням рівня цього показника на 37,2 %. За середнім рівнем вміст β-каротину в серці вдвічі поступається відповідному показнику печінки, а за мінливістю – на 46,2 %. Між динамікою β-каротину в тканинах серця і печінки встановлено достатньо високий рівень узгодженості ($r = 0,777$ при $\gamma = 0,069$).

Результати кореляційного та факторного аналізу комплексу показників прооксидантно-антиоксидантної рівноваги серця гусей свідчать (табл. 2), що вирішальний вплив на антиоксидантний статус цих тканин мають активність антиоксидантних ферментів СОД і КАТ та вміст вітаміну Е.

Наступні позиції за впливом на K_{АОА} тканин серця посідають ліпіди і продукти пероксидації (ТБКАП_{вих.}). Порівняно з печінкою, в серці суттєво послаблений

вплив ненасиченості ЖК, проте цей показник і на K_{AOA} тканин серця має достовірно вищий вплив, ніж сумарний вміст НЖК. Окрім того, в тканинах серця слабший, порівняно з печінкою, вплив ГПО і вітаміну А.

Таблиця 2

Результати факторного аналізу впливу на K_{AOA} комплексу показників прооксидантно-антиоксидантної рівноваги тканин серця гусей

Ознака	Фактори		Характеристики			Ранг впливу факторів	
			r	D	d, %		
K_{AOA}	1	Ліпіди (X)	0,748	0,5595	14,67	4	
	2	ТБКАП _{вих.} (P ₁)	0,740	0,5476	14,36	5	
	3	Сумарний вміст НЖК (ω_{Σ})	0,007	0,0000	0	10	
	4	Ненасиченість ЖК ліпідів (N_{Σ})	-0,302	0,0912	2,39	7	
	5	Ензими	СОД (Y ₁)	0,900	0,8100	21,23	1
	6		КАТ (Y ₂)	0,872	0,7604	19,93	2
	7		ГПО (Y ₃)	0,008	0,0001	0,01	9
	8	Вітаміни	Е (V ₁)	0,833	0,6939	18,19	3
	9		А (V ₂)	-0,070	0,0049	0,13	8
	10		β -каротин (V ₃)	0,589	0,3469	9,09	6
Спільність впливу факторів			—	3,8145	100	—	

Кореляційна плеяда, яка представляє найбільш тісні зв'язки між показниками прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в тканинах серця (рис. 11), підтверджує, що на відміну від печінки, в серці існує прямий безпосередній вплив вітаміну Е на коефіцієнт антиоксидантної активності.

Отже, підтримка прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в тканинах серця гусей під час переходу від ембріонального до постнатального розвитку відбувається шляхом запуску механізмів, які активізують антиоксидантні ферменти СОД і КАТ, посилюють вплив низькомолекулярного антиоксиданту вітаміну Е і

збільшують ефективність функціонування системи АОЗ тканин серця шляхом зниження ненасиченості ЖК ліпідів.

Вплив вихідної Е-вітамінної забезпеченості ембріонів на стан

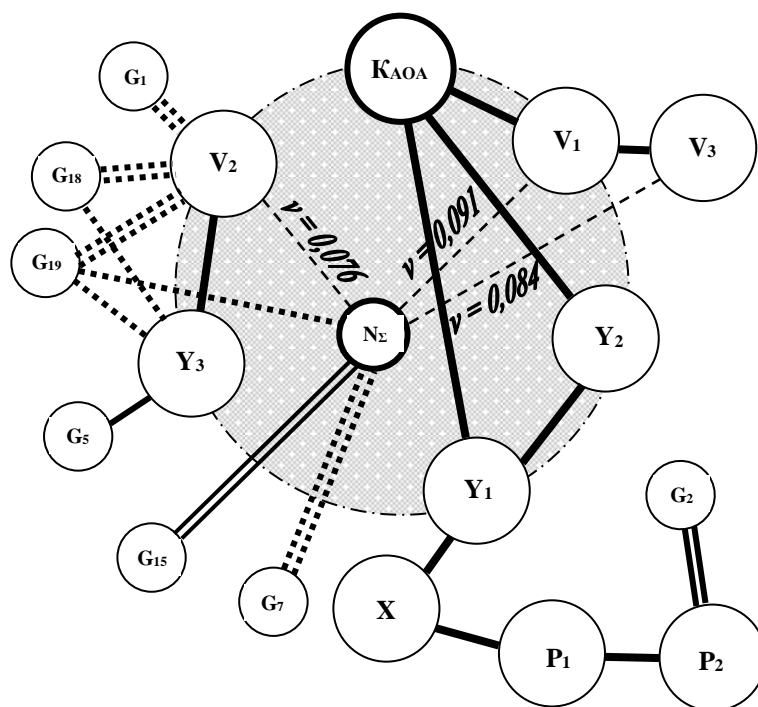


Рис. 11. Кореляційна плеяда показників рівноваги ПОЛ↔АОА в тканинах серця гусей при рівні статистичної значущості $\gamma \leq 0,05$

прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в тканинах печінки і серця гусей. Узагальнені статистичні характеристики результатів досліджень впливу Е-вітамінної забезпеченості на АОС тканин печінки наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Статистичні характеристики показників тканин печінки і серця гусей залежно від вихідної Е-вітамінної забезпеченості ембріонів ($M \pm m, n = 6$)

Групи	Показник	Печінка		Серце	
		Середнє знач.	Коеф. вар., %	Середнє знач.	Коеф. вар., %
Контрольна	X, (мг/г)	96,97 ± 29,65	74,9	31,18 ± 1,75	13,7
	P, (нмоль/г)	106,05 ± 20,87	48,2	56,08 ± 7,90	34,5
	K _{АОА}	0,537 ± 0,056	25,8	0,303 ± 0,026	21,4
	Y ₁ , (ум.од./хв.г)	14,25 ± 1,35	23,2	12,40 ± 2,01	39,7
	Y ₂ ·10 ⁻⁵ , (нкат/г)	30,51 ± 5,94	47,7	9,85 ± 1,61	40,0
	Y ₃ ·10 ₃ ,(ммоль/хв.г)	7,44 ± 1,34	44,1	8,50 ± 2,01	57,9
	V ₁ , (мкг/г)	70,84 ± 15,99	55,3	31,38 ± 3,24	25,2
	V ₂ , (мкг/г)	12,99 ± 1,60	30,2	3,63 ± 0,47	31,6
	V ₃ , (мкг/г)	16,49 ± 2,11	31,3	5,70 ± 0,50	21,3
I дослідна	X, (мг/г)	102,78 ± 38,36	91,4	27,02 ± 1,78	11,8
	P, (нмоль/г)	64,20 ± 17,60	67,2	65,82 ± 14,20	52,8
	K _{АОА}	0,198 ± 0,034	41,1	0,253 ± 0,052	50,2
	Y ₁ , (ум.од./хв.г)	14,35 ± 1,33	22,7	10,52 ± 2,32	54,0
	Y ₂ ·10 ⁻⁵ (нкат/г)	11,37 ± 1,92	41,4	37,18 ± 2,91	19,2
	Y ₃ ·10 ₃ ,(ммоль/хв.г)	7,12 ± 0,88	30,2	4,66 ± 0,60	31,8
	V ₁ , (мкг/г)	29,27 ± 5,99	50,1	23,87 ± 3,46	35,5
	V ₂ , (мкг/г)	12,36 ± 1,81	35,9	3,25 ± 0,35	26,0
	V ₃ , (мкг/г)	15,95 ± 2,93	45,0	4,45 ± 0,51	28,4
II дослідна	X, (мг/г)	104,70 ± 31,60	73,9	32,00 ± 2,49	19,1
	P, (нмоль/г)	63,42 ± 8,31	32,1	55,63 ± 8,22	36,2
	K _{АОА}	0,513 ± 0,088	42,0	0,380 ± 0,027	17,4
	Y ₁ , (ум.од./хв.г)	19,44 ± 1,12	14,1	13,85 ± 2,70	47,9
	Y ₂ ·10 ⁻⁵ , (нкат/г)	37,15 ± 7,43	49,0	49,80 ± 10,72	52,8
	Y ₃ ·10 ₃ ,(ммоль/хв.г)	9,34 ± 1,58	41,4	10,32 ± 2,59	61,4
	V ₁ , (мкг/г)	120,09 ± 17,28	35,2	44,30 ± 4,01	22,1
	V ₂ , (мкг/г)	12,45 ± 1,65	32,5	5,02 ± 0,51	24,9
	V ₃ , (мкг/г)	17,24 ± 2,65	37,6	8,50 ± 0,63	18,2

Аналіз цих даних за середніми значеннями і коефіцієнтами варіації свідчить, що зниження Е-вітамінної забезпеченості в гусей I дослідної групи, в першу чергу, позначається на рівні КАТ-активності, яка у 2,68 раза нижча за відповідний показник пташенят контрольної групи. Підвищення вихідної Е-вітамінної забезпеченості гусячих ембріонів сприяє помірній активізації СОД (на 36,2 %) і ГПО (на 25,5 %). Окрім того, відхилення Е-вітамінної забезпеченості ембріонів від фізіологічної норми супроводжувалось зниженням середнього рівня ТБКАП у печінці гусенят обох дослідних груп. При цьому стабільність умісту вторинних продуктів ПОЛ

пропорційна вихідній Е-вітамінній забезпеченості ембріонів гусей.

Аналіз впливу вихідної Е-вітамінної забезпеченості на K_{AOA} печінки дозволяє більш узагальнено оцінити характер цього впливу. На тлі дефіциту вітаміну Е встановлено достовірне зниження K_{AOA} тканин печінки (у 2,71 раза). Водночас, підвищення вихідної Е-вітамінної забезпеченості в гусенят II дослідної групи не спричинило достовірних змін АОА цих тканин.

Аналіз динаміки кореляційних зв'язків досліджених біохімічних показників печінки свідчить, що в ембріонів контрольної групи найменший рівень узгодженості змін досліджених показників печінки (25,5 % при $\gamma \leq 0,10$), а найвищий – в ембріонів II групи (36,4 % при $\gamma \leq 0,10$). У всіх групах гусенят постнатальна адаптація супроводжувалась зниженням узгодженості досліджених показників печінки, але найбільшим це зниження було в I дослідній групі гусенят (на 43,8 %), а найменшим – у контрольній (на 21,4 %).

Найбільш стабільний рівень узгодженості між показниками прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в тканинах печінки спостерігається у гусенят контрольної групи. Отже, в тканинах печінки гусей вихідний вміст вітаміну Е на рівні фізіологічної норми визначає найвищу узгодженість показників прооксидантно-антиоксидантної рівноваги.

Результати порівняльного факторного аналізу показників рівноваги ПОЛ \leftrightarrow АОА в печінці контрольної і дослідних груп гусенят свідчать, що спільний вплив дослідженого комплексу показників на K_{AOA} печінки вищий саме для контрольної групи (табл. 4).

Відхилення Е-вітамінної забезпеченості гусячих ембріонів від фізіологічного рівня послаблює вплив дослідженого комплексу показників на антиоксидантний статус тканин печінки. У гусенят II дослідної групи цей вплив спадає до мінімального рівня. При цьому антиоксидантний вплив вітаміну Е в гусенят II дослідної групи залишається на рівні відповідного показника контрольної групи, а в I групі достовірно підвищується. Встановлено, що зниження удвічі вихідної Е-вітамінної забезпеченості гусячих ембріонів сприяє достовірному посиленню антиоксидантного впливу α -токоферолу в печінці.

Таким чином, у тканинах печінки, незважаючи на відсутність прямого зв'язку між вмістом вітаміну Е та їхньою антиоксидантною активністю, існують достатньо потужні механізми регуляції ПОЛ, в реалізації яких опосередковано бере участь вітамін Е.

Результатами досліджень доведено, що при зниженні рівня вихідної Е-вітамінної забезпеченості середній вміст ліпідів у тканинах серця (табл. 3) зменшується несуттєво (на 13,3 %), а коефіцієнт варіації цього показника в гусенят I дослідної групи залишається на рівні контрольних. Збільшення Е-вітамінної забезпеченості, навпаки, не вплинуло на середній вміст ліпідів у серці, але сприяло незначній дестабілізації цього показника.

Середній вміст ТБКАП у серці гусенят I дослідної групи на 17,3 % вищий за відповідний показник контрольної групи, а коефіцієнт варіації – на 53,0 %. Збільшення вихідного вмісту вітаміну Е достовірних змін вмісту і характеру динаміки ТБКАП у гусенят II дослідної групи не спричинило. Аналіз впливу Е-вітамінної забезпеченості на активність антиоксидантних ферментів свідчить, що

на тлі дефіциту вітаміну Е в тканинах серця СОД-активність знижується на 15,2 %, КАТ – на 24,5 %, ГПО – на 45,2 %. При цьому мінливість СОД-активності підвищується на 36,0 %, а в КАТ- і ГПО-активності коефіцієнт варіації вдвічі збільшується. Водночас, підвищення Е-вітамінної забезпеченості достовірних змін активності антиоксидантних ферментів не спричинило. Низькомолекулярні антиоксиданти, навпаки, виявились більш чутливими до надлишку вітаміну Е. Так, уміст вітаміну А в серці гусенят II дослідної групи вищий на 38,3 %, а β -каротину – на 49,1 % порівняно з пташенятами контрольної групи. Для тканин серця гусей доведено прямий кореляційний зв'язок між вихідною Е-вітамінною забезпеченістю гусячих ембріонів і антиоксидантною активністю тканин серця. Характер впливу значною мірою визначається рівнем вітаміну Е в цих тканинах. За низького вмісту вітаміну Е більше змінюється активність антиоксидантних ферментів, а за високого – вміст низькомолекулярних антиоксидантів.

Таблиця 4

Факторні навантаження досліджених показників тканин печінки гусей

Група	Ознаки	Фактори								Спільність впливу факторів	
		№	1	2	3	4	5	6	7		8
		Найменуєв.	Ліпиди	ТБКАП _{вих}	Ферменти			Вітаміни			
					СОД	КАТ	ГПО	Е	А		β -каротин
Познач.	X	P ₁	Y ₁	Y ₂	Y ₃	V ₁	V ₂	V ₃	h_i^2		
Контрольна	K _{АОА} (C _{Е-})	r	-0,228	-0,449	0,646	0,850	0,657	-0,383	0,582	0,303	–
		D	0,052	0,202	0,417	0,723	0,432	0,147	0,339	0,092	2,402/ I
		d,%	2,16	8,39	17,37	30,07	17,97	6,11	14,10	3,83	100
Ранг впливу факторів		8	5	3	1	2	6	4	7	–	
I дослідна	K _{АОА} (C _{Е-})	r	0,745	0,554	0,066	0,230	0,516	0,514	0,461	0,671	–
		D	0,555	0,307	0,004	0,0530	0,266	0,264	0,213	0,450	2,112/ II
		d,%	26,27	14,53	0,21	2,50	12,61	12,51	10,06	21,31	100
Ранг впливу факторів		1	3	8	7	4	5	6	2	–	
II дослідна	K _{АОА} (C _{Е+})	r	0,242	-0,413	-0,422	0,216	0,363	-0,226	-0,264	0,026	–
		D	0,059	0,171	0,178	0,047	0,132	0,051	0,070	0,001	0,707/III
		d,%	8,29	24,12	25,18	6,60	18,63	7,23	9,85	0,10	100
Ранг впливу факторів		5	2	1	7	3	6	4	8	–	
Внески факторів	V _j ²	0,666	0,679	0,600	0,822	0,830	0,462	0,621	0,543	5,222	
	d,%	12,74	13,00	11,49	15,74	15,89	8,85	11,89	10,40	100	
Ранг впливу факторів		4	3	6	2	1	8	5	7	–	

Результати факторного аналізу (табл. 5) доводять, що спільність впливу досліджуваних факторів на коефіцієнт антиоксидантної активності тканин серця найбільш суттєво позначилася на I дослідній групі.

Таблиця 5

Факторні навантаження досліджених показників тканин серця гусей

Групи	Ознаки	Фактори								Спільність впливу факторів	
		№	1	2	3	4	5	6	7		8
		Найменуєв.	Ліпіди	ТБКАП _{вих}	Ферменти			Вітаміни			
					СОД	КАТ	ГПО	Е	А		β-каротин
Познач.	X	P ₁	Y ₁	Y ₂	Y ₃	V ₁	V ₂	V ₃	h _i ²		
Контрольна	K _{АОА} (C _{En})	r	-0,017	-0,296	-0,573	-0,168	0,499	0,685	0,609	0,794	–
		D	0,0003	0,087	0,328	0,0282	0,2490	0,4692	0,371	0,630	2,164/ II
		d,%	0,01	4,05	15,17	1,30	11,51	21,68	17,14	29,14	100
	Ранг впливу факторів	8	6	4	7	5	2	3	1	–	
I дослідна	K _{АОА} (C _{E-})	r	0,160	0,914	0,211	-0,180	0,939	0,615	0,106	0,714	–
		D	0,026	0,835	0,044	0,032	0,882	0,378	0,011	0,509	2,719/ I
		d,%	0,94	30,73	1,64	1,19	32,43	13,91	0,41	18,75	100
	Ранг впливу факторів	7	2	5	6	1	4	8	3	–	
II дослідна	K _{АОА} (C _{E+})	r	-0,670	-0,441	0,166	0,363	-0,383	-0,247	-0,147	-0,049	–
		D	0,449	0,194	0,027	0,132	0,147	0,061	0,022	0,002	1,034/ III
		d,%	43,39	18,80	2,67	12,74	14,18	5,90	2,09	0,23	100
	Ранг впливу факторів	1	2	6	4	3	5	7	8	–	
Внески факторів	V _j ²	0,475	1,118	0,400	0,192	1,277	0,908	0,404	1,143	5,917	
	d,%	8,02	18,88	6,77	3,25	21,59	15,35	6,82	19,31	100	
Ранг впливу факторів		5	3	7	8	1	4	6	2	–	

При зростанні рівня вихідної Е-вітамінної забезпеченості (контрольна і II дослідна групи) спільність впливу на K_{АОА} зазначених факторів послаблюється в 2,63 раза. Водночас, найвищий вплив вітаміну Е встановлено в серці гусей контрольної групи. Відхилення вихідної Е-вітамінної забезпеченості від фізіологічного рівня сприяє послабленню впливу вітаміну Е на АОС тканин серця. З іншого боку, результатами факторного аналізу доведено, що на K_{АОА} з восьми досліджених факторів найбільш суттєво впливає група з п'яти показників: для гусенят I дослідної групи це ГПО, ТБКАП_{вих}, β-каротин, вітамін Е і СОД, які на 97,5 % визначають K_{АОА}; для пташенят контрольної групи – β-каротин, вітамін Е, вітамін А, СОД, ГПО, які на 94,6 % визначають K_{АОА}; для гусенят II дослідної групи – ліпіди, ТБКАП_{вих}, ГПО, КАТ, вітамін Е, які на 95,0 % визначають K_{АОА}, а по всім групам разом це ГПО, β-каротин, ТБКАП_{вих}, вітамін Е, ліпіди, які на 83,2 % визначають рівень K_{АОА}.

ВИСНОВКИ

На основі теоретичного узагальнення та аналізу власних експериментальних досліджень встановлено основні закономірності перебігу процесів ліпопероксидації і функціонування системи антиоксидантного захисту тканин печінки і серця гусей під час переходу від ембріонального до постнатального розвитку. З'ясовано специфічність підтримки прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в цих тканинах за різної Е-вітамінної забезпеченості ембріонів гусей.

1. З'ясовано, що зміни жирнокислотного складу ліпідів у тканинах печінки і серця гусей наприкінці ембріонального періоду спрямовані на зниження рівня їхньої ненасиченості і, відповідно, здатності до ліпопероксидації: в печінці – на 22,6 %, в серці – на 30,0 %.

2. Специфічність функціонування ферментативної ланки антиоксидантного захисту тканин печінки з 15-ої доби ембріонального до 14-ої доби постнатального періоду полягає в достовірному зростанні активності антиоксидантних ферментів: супероксиддисмутази – у 2,67 раза, каталази – у 4,71 раза, глутатіонпероксидази – у 3,60 раза. На відміну від печінки, в тканинах серця тільки глутатіонпероксидазна активність зростає в ембріогенезі і ранньому постнатальному періоді (всього у 8,4 раза). Активізація супероксиддисмутази (на 95,0 %) і каталази на (45,5 %) у серці обмежується періодом ембріонального розвитку.

3. Коефіцієнт антиоксидантної активності печінки збільшувався (у 2,33 раза) з 15-ої доби ембріонального до 14-ої доби постнатального періоду, а серця (на 36,8 %) – у другій половині ембріогенезу. При цьому підвищення антиоксидантної активності тканин печінки відбувається переважно (на 64,7 %) за рахунок активізації антиоксидантних ферментів, вітаміну А і зниження ненасиченості жирних кислот ліпідів, а тканин серця – на 59,4 % визначається супероксиддисмутазою і каталазою активністю та антиоксидантним впливом вітаміну Е.

4. Зменшення вдвічі вихідної Е-вітамінної забезпеченості в тканинах печінки спричиняє достовірне зниження рівня супероксиддисмутази і каталази активності і, як наслідок, антиоксидантної активності тканин печінки в цілому, при цьому антиоксидантний вплив α -токоферолу посилюється вдвічі.

5. Встановлено, що в тканинах печінки, незважаючи на відсутність прямого зв'язку між вмістом вітаміну Е та їхньою антиоксидантною активністю, існують достатньо потужні механізми регуляції пероксидного окиснення ліпідів, у реалізації яких опосередковано бере участь вітамін Е.

6. Прямий зв'язок між вихідною Е-вітамінною забезпеченістю ембріонів і антиоксидантною активністю встановлено для тканин серця гусей. Механізми цього впливу в значній мірі визначаються рівнем вітаміну Е. За низького вмісту вітаміну Е в серці більш чутливими є антиоксидантні ферменти, а за високого – низькомолекулярні антиоксиданти. Проте статус вітаміну Е як головного тканинного антиоксиданту для серця зберігається за різної Е-вітамінної забезпеченості.

7. Показано стабілізуючу роль підвищеної вихідної Е-вітамінної забезпеченості ембріонів на стан прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в тканинах серця. Це в першу чергу позначається більш сталим характером динаміки коефіцієнта антиоксидантної активності і вмісту вторинних продуктів ліпопероксидації.

8. Найбільший вплив комплексу досліджених показників на антиоксидантну активність печінки встановлено за нормальної Е-вітамінної забезпеченості ембріонів, а серця – за низької. У гусенят з високим рівнем вітаміну Е спільний вплив досліджених показників на антиоксидантну активність печінки і серця суттєво (в 3,43 і 2,09 раза) послаблюється.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових наукових виданнях:

1. Данченко О. О. Екзогенна корекція ліпопероксидації антиоксидантами у гусенят / О. О. Данченко, **Ю. П. Морохіна**, В. В. Калитка // Вісник аграрної науки. – 2004. – № 8. – С. 36–39. *(Дисертант особисто розробив схему досліджень і брав участь у проведенні і аналізі результатів досліджень)*.
2. Данченко О. О. Тканинна специфічність впливу антиоксидантного препарату дистинол на гусей / О. О. Данченко, Л. М. Здоровцева, **Ю. П. Морохіна**, В. В. Калитка // Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин. – 2004. – вип. 5, № 3. – С. 13–20. *(Дисертант особисто розробив програму і брав участь в проведенні досліджень, обробці та аналізі отриманих даних)*.
3. Данченко О. О. Про жирнокислотний склад та особливості антиоксидантного захисту гусенят / О. О. Данченко, О. М. Петренко, К. І. Проніна-Тарасова, Л. М. Здоровцева, **Ю. П. Морохіна** // Науковий вісник Львівської Національної Академії ветеринарної медицини ім. С. З. Гжицького. – 2005. – Т. 7, № 3 (Ч. 2). – С. 29–35. *(Дисертант особисто розробив програму і брав участь в проведенні досліджень, обробці та аналізі отриманих даних)*.
4. Данченко О. О. Прооксидантно-антиоксидантна рівновага в тканинах мозку і серця гусей в умовах гіпо- і гіпероксії / О. О. Данченко, Л. М. Здоровцева, **Ю. П. Пащенко** // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2011. – № 4 (26) http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_4/11zlm.pdf. *(Дисертант брав участь у розробці програми і методики експериментальних досліджень та їх проведенні)*.
5. Данченко О. О. Тканинна специфічність формування адаптивної відповіді на оксидативний стрес у гусей в умовах гіпо- і гіпероксії / О. О. Данченко, Л. М. Здоровцева, **Ю. П. Пащенко** // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2011. – № 6 (28) http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_6/11zlm.pdf. *(Дисертант особисто розробив схему досліджень і брав участь у проведенні і аналізі результатів досліджень)*.
6. Данченко О. О. Антиоксидантний статус гусей в умовах гіпо- і гіпероксії / О. О. Данченко, Л. М. Здоровцева, **Ю. П. Пащенко** // Вісник Запорізького національного університету. – 2011. – № 2. – С. 75–81. *(Дисертант особисто розробив програму і брав участь в проведенні досліджень, обробці та аналізі отриманих даних)*.
7. Данченко О. О. Механізми підтримки прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в тканинах печінки гусей в умовах гіпо- і гіпероксії / О. О. Данченко, **Ю. П. Пащенко**, Л. М. Здоровцева, Н. М. Данченко // Український біохімічний журнал, – 2012. – № 6. – С. 109–114. *(Дисертант брав участь у розробці програми і методики експериментальних досліджень та їх проведенні і аналізі)*.

Матеріали і тези конференцій:

8. **Морохіна Ю. П.** Про особливості процесів ліпопероксидації і формування ферментативної системи антиоксидантного захисту на тлі різної забезпеченості інкубаційних яєць вітаміном А і β-каротином / Ю. П. Морохіна, Л. М. Здоровцева, О. М. Петренко, О. О. Данченко // Сучасні проблеми екології: всеукр. конф. молод.

вчен., 7–9 жовт. 2004 р.; матеріали конф. – Запоріжжя, 2004. – С. 35–37. *(Дисертант особисто розробив схему досліджень і брав участь у проведенні і аналізі результатів досліджень).*

9. Данченко О. О. Вплив А-вітамінної забезпеченості інкубаційних яєць на антиоксидантний статус гусенят / О. О. Данченко, Л. М. Здоровцева, **Ю. П. Пащенко**// Актуальные проблемы современного птицеводства: укр. конф. по птицеводству с междунар. уч., 19–22 сентяб. 2011 г.; материалы конф. – Алушта, 2011. – С. 122–126. *(Дисертант брав участь у розробці програми і методики експериментальних досліджень та їх проведенні і аналізі).*

10. **Пащенко Ю. П.** Вплив Е-вітамінної забезпеченості на антиоксидантний статус гусей в ембріональному і ранньому постнатальному онтогенезі / Ю. П. Пащенко, Т. М. Дюжикова, О. О. Данченко // Фізіолого-біохімічні і технологічні аспекти охорони навколишнього середовища: всеукр. наук.-практ. конф., 13–14 листоп. 2013 р.; тези доп. – Мелітополь, 2013. – С. 29–31. *(Дисертант особисто розробив схему досліджень і брав участь у проведенні і аналізі результатів досліджень).*

11. Здоровцева Л. М. Специфічність підтримки прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в тканинах гусей в ембріональному і ранньому постнатальному періодах онтогенезу / Л. М. Здоровцева, **Ю. П. Пащенко**, Г. В. Рубан // Фізіолого-біохімічні і технологічні аспекти охорони навколишнього середовища: всеукр. наук.-практ. конф., 13–14 листоп. 2013 р.; тези доп. – Мелітополь, 2013. – С. 34–37. *(Дисертант брав участь у розробці програми і методики експериментальних досліджень та їх проведенні і аналізі).*

АНОТАЦІЯ

Пащенко Ю. П. Антиоксидантна активність печінки і серця гусей за різної Е-вітамінної забезпеченості. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.04 – біохімія. – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2013.

Дисертацію присвячено з'ясуванню основних закономірностей перебігу процесів ліпопероксидації і функціонування системи антиоксидантного захисту тканин печінки і серця гусей під час переходу від ембріонального до постнатального розвитку, за різної Е-вітамінної забезпеченості їх ембріонів. Встановлено, що в тканинах печінки, незважаючи на відсутність прямого зв'язку між умістом вітаміну Е та їхньою антиоксидантною активністю, існують достатньо потужні механізми регуляції пероксидного окиснення ліпідів, у реалізації яких опосередковано бере участь вітамін Е. Найбільший вплив комплексу досліджених показників на антиоксидантну активність тканин печінки встановлено за нормальної Е-вітамінної забезпеченості ембріонів. У гусенят з високим рівнем вітаміну Е спільний вплив досліджених показників на антиоксидантну активність печінки суттєво послаблюється. Прямий зв'язок між вихідною Е-вітамінною забезпеченістю ембріонів і антиоксидантною активністю встановлено для тканин серця гусей. Механізми цього впливу в значній мірі визначаються рівнем вітаміну Е. За низького вмісту вітаміну Е більш чутливими в серці є антиоксидантні ферменти, а за високого – низькомолекулярні

антиоксиданти. Проте статус вітаміну Е, як головного тканинного антиоксиданту, для серця зберігається за різної Е-вітамінної забезпеченості.

Ключові слова: ліпопероксидація, прооксидантно-антиоксидантна рівновага, гіпо- і гіпероксія, постнатальна адаптація, антиоксидантна активність, Е-вітамінна забезпеченість, гуси.

АННОТАЦИЯ

Пашченко Ю. П. Антиоксидантная активность печени и сердца гусей при разной Е-витаминной обеспеченности. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.04 – биохимия. – Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, 2013.

Диссертация посвящена выяснению основных закономерностей протекания процессов липопероксидации и функционирования системы антиоксидантной защиты тканей печени и сердца гусей в период перехода от эмбрионального к постнатальному развитию, при различной Е-витаминной обеспеченности их эмбрионов. Установлено, что в тканях печени, несмотря на отсутствие прямой связи между содержанием витамина Е и их антиоксидантной активностью, существуют достаточно эффективные механизмы поддержки прооксидантно-антиоксидантного равновесия, в реализации которых косвенно участвует витамин Е. Наибольшее влияние комплекса исследованных показателей на антиоксидантную активность тканей печени установлено при нормальной Е-витаминной обеспеченности эмбрионов. У гусят с высоким уровнем витамина Е общее влияние исследованных показателей на антиоксидантную активность печени существенно ослабляется. Прямая связь между исходной Е-витаминной обеспеченностью эмбрионов и антиоксидантной активностью установлена для тканей сердца гусей. Механизмы этого влияния в значительной степени определяются уровнем витамина Е. При низком содержании витамина Е более изменчивы в сердце антиоксидантные ферменты, а при высоком – низкомолекулярные антиоксиданты. Однако статус витамина Е, как главного тканевого антиоксиданта, для сердца сохраняется при различной Е-витаминной обеспеченности.

Ключевые слова: липопероксидация, прооксидантно-антиоксидантное равновесие, гипо- и гипероксия, постнатальная адаптация, антиоксидантная активность, Е-витаминная обеспеченность, гуси.

SUMMARY

Pashchenko Y. Antioxidant activity of the heart and liver of geese at different E -vitamin supply. – Manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of biological sciences, specialty 03.00.04 – biochemistry. – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2013.

Thesis is devoted to the basic laws of processes of lipid peroxidation and functioning of antioxidant system of liver tissues and heart geese during the transition from fetal to postnatal development at different E-vitamin supply their embryos. It was

found that changes in the fatty acid composition of lipids in the liver and heart tissues of geese in the late embryonic period reduced their level of unsaturation: the liver – 22,6%, in the heart – by 30,0 %. Established that the specificity of functioning of antioxidant system of liver tissues is level certain growth during the experiment of the activity of antioxidant enzymes: superoxide dismutase – at 2,67 times, catalase – at 4,71 times, glutathione peroxidase – 3,60 times.

In contrast to the liver, in heart tissues only glutathione peroxidase – activity increases throughout the experiment (8,4 times). Activation of superoxide dismutase and catalase in the heart of the limited with period of embryonic development. Ratio of antioxidant activity increased for the liver throughout the experiment, and for heart – in the second half of embryogenesis. This increase of antioxidant activity in liver tissues is mainly due to the activation of antioxidant enzymes, vitamin A and decreased unsaturation of fatty acids of lipids, but heart tissues – determined by superoxide dismutase and catalase activity and antioxidant effect of vitamin E.

It is established that in liver tissues, despite the absence of a direct link between vitamin E and their antioxidant activity, there are enough powerful mechanisms of regulation of lipid peroxidation, in the implementation of which indirectly involved vitamin E.

The results of the factor analysis demonstrated that the effect of the studied biochemical parameters on antioxidant status of liver tissue of geese comes in a number of "Protein - catalase - Vitamin A - glutathione peroxidase - unsaturation of fatty acids - superoxide dismutase – TBK- active products - Vitamin E - lipids - Content of fatty acids - β -carotene". Moreover, the first five of them to determine the level of 74,5% antioxidant activity. Decisive influence on the antioxidant status with protein and vitamin A and antioxidant enzymes catalase and glutathione peroxidase.

The results of comparative factor analysis of indicators prooxidant - antioxidant balance in the liver of control and experimental groups of geese proved that the joint effect of the complex of investigated parameters on the antioxidant activity of the liver it is higher for the control group of geese. Rejection of E -vitamin supply goose embryos from the physiological level weakens the influence of the tested set of indicators on antioxidant status of liver tissue. Reducing the initial supply of E-vitamin E supply of goose embryos twice contributes to a significant strengthening of the antioxidant α -tocopherol exposure in liver tissue. In geese with a high content of vitamin E, this effect decreases to a minimum level and status of vitamin E remains at the corresponding figure in the control group of geese. In geese high in vitamin E support the prooxidant-antioxidant balance in liver tissue occurs with minimal set of indicators and studied, including vitamin E.

In embryos of the control group of geese the lowest level of consistency changes investigated parameters of the liver and the highest – in the second group of embryos. In all groups goslings postnatal adaptation was accompanied by a decrease in the consistency of the investigated parameters of liver, but this decrease was the largest in the experimental group of geese with low levels of vitamin E (43,8%) and the lowest - in the control group of geese (21,4%). The most stable level of consistency between indexes prooxidant-antioxidant balance in liver tissue observed in geese control group.

The influence of the investigated biochemical parameters on antioxidant status of tissues of heart of geese comes in a number of " superoxide dismutase – catalase – Vitamin E – lipids – TBK-active products – β -carotene – unsaturation of fatty acids – Vitamin A – glutathione peroxidase – content of fatty acids." Moreover, the evaluation of assessments of each factor in the antioxidant activity of these tissues, the first five of them 88,4% determine antioxidant activity, with a decisive impact on antioxidant status with antioxidant enzymes superoxide dismutase, catalase and vitamin E.

In geese with high levels of vitamin E the joint influence of parameters on the antioxidant activity of the liver is significantly weakened. The direct connection between initial concentration of E-vitamin of embryos and antioxidant activity found for tissues of heart geese. The mechanisms of this effect is largely determined by the level of vitamin E. For embryos with the low content of vitamin E are more sensitive antioxidant enzymes of the heart, and with high – antioxidants with low molecular weight. However, the status of vitamin E as the main antioxidant for tissue of the heart is kept at different E-vitamin supply.

The level of coordination studied indicators of heart goslings in the control group yields the corresponding figure of the liver. Reducing the E-vitamin supply of embryos did not result in reduction of consistency studied a set of indicators in the tissues of the heart. However, increasing the E-vitamin supply of embryos of geese contributed to raising the level of consistency of the investigated parameters in 1,8 times. Established stabilizing role of high initial E-vitamin supply of embryos of geese in the state of prooxidant-antioxidant balance in the tissues of the heart. It primarily affects more sustainable dynamic of coefficient antioxidant activity and content of secondary products of lipid peroxidation.

Thus, despite the different mechanisms of action of vitamin E on antioxidant activity of liver tissue and heart, the deficit in the early stages of geese leads to a decrease adaptive capacity of these tissues. However, the high content of vitamin E has a positive effect only on the antioxidant activity of the heart tissue of geese.

Key words: lipid peroxidation, antioxidant-prooxidant balance, hypo- and hyperoxia, postnatal adaptation, antioxidant activity, E-vitamin supply, geese.