

БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ

УДК 636.6.086.7:612.015

ПОНОМАРЕНКО Н.В., ЦЕХМІСТРЕНКО С.І.,
ЦЕХМІСТРЕНКО О.С., ПОЛІЩУК В.М., ПОЛІЩУК С.А.

Білоцерківський національний аграрний університет

ponomarenkon@ukr.net

ВПЛИВ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН АМАРАНТУ НА СКЛАД ЛІПІДІВ В ОРГАНІЗМІ ПЕРЕПЕЛІВ

Досліджували рівень загальних ліпідів та співвідношення їх окремих класів – фосфоліпідів, моно-, ді- та триацилгліцеролів, вільного та естерифікованого холестеролу, неестерифікованих жирних кислот у підшлунковій залозі перепелів 6–8-тижневого віку (період формування яйцекладки) за дії нітратів та згодовування комбікорму із додаванням насіння амаранту. Встановлено, що за тривалого нітратного впливу, порівняно з контрольною групою у тканинах підшлункової залози перепелів знижується вміст загальних ліпідів у 6-тижневого віці на 37,0 % ($p < 0.05$) та 8-тижневого – на 22,7 % ($p < 0.05$). При цьому спостерігаються зміни у співвідношенні окремих класів ліпідів. Зокрема, достовірно знижується вміст неестерифікованих жирних кислот у 6-тижневої птиці на 13,3 % ($p < 0.05$) та 8-тижневої – на 12,4 % ($p < 0.05$) порівняно з контролем. Використання у складі комбікорму насіння амаранту для годівлі перепелів на фоні нітратного навантаження коригує загальний вміст ліпідів до рівня контрольної групи. Відмічається підвищення вмісту загальних ліпідів порівняно з 2-ю групою у 6-тижневого віці в 2,0 рази ($p < 0.05$), у 8-тижневого – в 2,2 рази ($p < 0.001$) та порівняно із контрольною групою у 8-тижневого віці – в 1,5 рази ($p < 0.05$). Поряд із цим знижується вміст моно- і діацилгліцеролів на 15,3–20,9 % ($p < 0.05$), а рівень триацилгліцеролів зростає порівняно із контрольною групою на 45,5 % ($P < 0.05$). Згодовування насіння амаранту перепелам призводить до підвищення вмісту естерифікованого холестеролу у підшлунковій залозі у 8-тижневого віці в 1,3 рази ($p < 0.05$) порівняно з другою групою, порівняно з контролем їх вміст підвищується у 6–8-тижневої птиці на 20,9–36,7 % ($p < 0.05$).

Ключові слова: фосфоліпіди, моноацилгліцероли, діацилгліцероли, триацилгліцероли, вільний холестерол, естери холестеролу, неестерифіковані жирні кислоти, підшлункова залоза, нітрати, перепела, амарант.

doi: 10.33245/2310-9289-2018-145-2-46-53

Постановка проблеми. Використання біологічно активних речовин для годівлі сільськогосподарської птиці є необхідною умовою підвищення продуктивності птахівництва. За кордоном широко використовують насіння амаранту, яке містить комплекс біологічно активних речовин різної природи. У нашій країні цій культурі не приділяють достатньої уваги, тому є актуальним оцінити можливість впливу насіння амаранту на стан метаболічних систем організму за нітратного навантаження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема впливу стрес-факторів на організм людини та тварин здавна привертала увагу вчених, але особливо велике значення стали приділяти їй останнім часом, завдячуючи фундаментальним працям Г. Сельє (1936). Характерною особливістю стреса різної етіології є активізація процесів пероксидного окиснення ліпідів, що призводить до змін ліпідного складу тканин організму. Ліпідам належить важлива роль у формуванні механізмів адаптації організму до умов зовнішнього середовища. Дослідженню обміну ліпідів та їх окремих класів у різних органах і тканинах птиці приділяється значна увага, оскільки вони є головним енергетичним матеріалом та входять до складу клітинних мембран [1, 2, 3]. Важливу роль у механізмах адаптації відіграє система антиоксидантного захисту організму, оскільки інтенсифікація процесів вільнорадикального окиснення призводить до змін у ліпідному та білковому складі тканин [4, 5, 6, 7]. При цьому відбуваються зміни в біологічних мембранах, які пов'язані з різким збільшенням проникності їх для молекул та йонів, зростанням в'язкості ліпідного бішару і появою на поверхні мембран негативно заряджених хімічних груп, що спричинює розлади у функціонуванні багатьох мембранних ферментів [8, 9, 10, 11].

На сучасному етапі розвитку птахівництва залишається актуальною проблема пошуку нових біологічно активних добавок, зокрема нетрадиційних кормових культур, які б запобігали негативній дії стрес-факторів. Перспективною кормовою культурою є амарант, який містить

комплекс біологічно активних речовин різної хімічної природи. Окремі частини амаранту характеризуються високою концентрацією таких біологічно активних сполук, як каротиноїди, вітаміни E та C [12, 13]. Перераховані речовини є визнаними природними антиоксидантами – важливими елементами біологічної антиоксидантної системи організму. Наявність цих фізіологічно активних речовин в амаранті дозволяє з достатнім ступенем вірогідності прогнозувати його антиоксидантні властивості. Насіння амаранту містить рутин та високу концентрацію фенольних сполук, які здатні до зворотнього окиснення, тобто переходу з фенольних форм у хіноні. Завдяки цьому практично всі фенольні сполуки мають виражену антиоксидантну активність. У насінні амаранту виділені такі фенольні сполуки як амарантин та ізоамарантин, завдяки яким амарант використовують у традиційній африканській медицині. Різні частини амаранту характеризуються значним вмістом глутатіону, який є основним клітинним фондом мобільних сульфгідрильних груп, разом з іншими водорозчинними тіоловими сполуками. Дія тіолових сполук подібна до дії глутатіону і завдяки наявності в їх структурі сульфгідрильних груп ($-SH$) виявляє сильні відновлювальні властивості [14]. Біологічно активні речовини насіння амаранту проявляють високу пероксидазну і каталазну активність. Отже, амарант має потужний комплекс речовин-антиоксидантів різної природи. Олія з насіння амаранту містить 8 % сквалену, який регулює ліпідний обмін, здійснює мембрано-стабілізуючу, протизапальну, анальгезуючу дію, стимулює грануляцію та епітелізацію тканин. Сквален сприяє нормалізації процесів тканинного дихання і є джерелом Оксигену, проявляє антиканцерогенну, антимікробну й фунгіцидну дію [15, 16]. Використання культур, які здатні підвищувати активність системи антиоксидантного захисту та впливати на різні ланки обміну речовин, є актуальним завданням.

Мета дослідження. Дослідити вміст загальних ліпідів та співвідношення їх окремих класів у підшлунковій залозі перепелів за нітратного навантаження та корекції насінням амаранту.

Матеріал і методика дослідження. Реакцію організму на нітратне навантаження та згодовування насіння амаранту оцінювали за біохімічними показниками у підшлунковій залозі, яка є однією з найкрупніших залоз організму. Порушення метаболізму в ній під дією стресових факторів призводить до порушення функціонування організму в цілому і як результат – зниження продуктивних можливостей організму.

Для лабораторних дослідів використовували перепелів породи Фараон, яких утримували в умовах віварію Білоцерківського національного аграрного університету. Перепелів було розділено на три групи по 60 голів у кожній, яким згодовували стандартний комбікорм, доступ до корму і води був вільним. Птиця першої групи слугувала контролем, птиці другої групи, з метою моделювання стресового стану, з водою випоювали нітрат натрію у дозі 0,5 г/кг від маси тіла. Птиці третьої групи на фоні нітратного навантаження згодовували комбікорм із насінням амаранту з розрахунку 10 % від маси комбікорму. Декапітацію проводили під ефірним наркозом, та відбирали підшлункову залозу птиці 6-тижневого віку (початок періоду формування яйцекладки). В екстракті підшлункової залози досліджували вміст загальних ліпідів та їх окремих класів, які виражали у відсотковому співвідношенні від загальної кількості ліпідів [17]. Для ідентифікації ліпідів на хроматографічній пластинці використовували стандартні препарати окремих ліпідів фірми «Sigma» (США) [18].

Основні результати дослідження. Одержані результати свідчать (табл. 1, 2), що нітратне навантаження призводить до зниження вмісту загальних ліпідів у тканинах підшлункової залози перепелів. Так, їх кількість у 6-тижневому віці знижується на 37,0 % ($p < 0,05$), а у 8-тижневому – на 22,7 % ($p < 0,05$) порівняно з контрольною групою. Ліпіди виконують структурні та енергетичні функції та їх вміст в органах і тканинах залежить від дії на організм різних стресових факторів, в основі яких є лежить механізм пер оксидного окиснення [19, 20].

За тривалого нітратного навантаження, через неоднакові функціональні можливості антиоксидантних систем організму, порушуються захисні механізми, що призводить до виникнення патологічних процесів [21, 22]. При цьому спостерігаються зміни співвідношення окремих класів ліпідів. Зокрема, достовірно знижується вміст неестерифікованих жирних кислот (НЕЖК) у 6-тижневої птиці на 13,3 % ($p < 0,05$) та 8-тижневої – на 12,4 % ($p < 0,05$) порівняно з контролем.

Рівень НЕЖК у тканинах та сироватці крові пов'язаний з енергозабезпеченістю організму птиці та характеризує активність процесів ліполізу і мобілізації їх із жирових депо. Зниження у тканинах кількості НЕЖК свідчить про їх інтенсивне використання в енергетичних процесах [23, 24].

Таблиця 1 – Вміст загальних ліпідів та співвідношення їх окремих класів у підшлунковій залозі 6-тижневих перепелів (початок формування яйцекладки) за нітратного навантаження (2) та згодовування комбікорму з насінням амаранту (3) ($M \pm m$; $n=5$)

Показники	Група птиці		
	1 (контроль)	2	3
Загальні ліпіди, мг/г; із них:	24,86 \pm 2,09	15,64 \pm 1,59*	31,67 \pm 3,24^
Фосфоліпіди, %	17,61 \pm 0,37	18,23 \pm 0,90	16,23 \pm 0,78
Моно- і діацилгліцероли, %	12,01 \pm 0,38	12,28 \pm 0,52	9,71 \pm 0,33*^
Вільний холестерол, %	16,51 \pm 0,61	16,31 \pm 0,97	15,25 \pm 0,53
НЕЖК, %	23,17 \pm 0,76	20,09 \pm 0,55*	18,44 \pm 0,39**
Триацилгліцероли, %	13,25 \pm 1,08	14,48 \pm 1,44	19,28 \pm 1,45*
Естери холестеролу, %	17,42 \pm 0,67	18,57 \pm 0,88	21,06 \pm 0,89*

Примітка: тут і надалі різниця вірогідна щодо контролю: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; різниця вірогідна у порівнянні з показниками у другій групі: ^ – $p < 0,05$; ^^ – $p < 0,01$; ^^^ – $p < 0,001$.

Таблиця 2 – Вміст загальних ліпідів та співвідношення їх окремих класів у підшлунковій залозі 8-тижневих перепелів (формування яйцекладки) за нітратного навантаження (2) та згодовування комбікорму з насінням амаранту (3) ($M \pm m$; $n=5$)

Показники	Група птиці		
	1 (контроль)	2	3
Загальні ліпіди, мг/г; із них:	47,37 \pm 4,77	32,58 \pm 1,37*	60,52 \pm 1,08*^^^
Фосфоліпіди, %	29,88 \pm 1,46	32,34 \pm 0,85	29,75 \pm 1,16
Моно- і діацилгліцероли, %	14,01 \pm 0,48	14,28 \pm 0,52	10,82 \pm 0,23*^
Вільний холестерол, %	14,63 \pm 1,01	15,81 \pm 0,90	10,61 \pm 0,99^
НЕЖК, %	27,75 \pm 0,82	24,28 \pm 0,65*	26,41 \pm 2,76
Триацилгліцероли, %	12,96 \pm 1,05	12,98 \pm 0,57	14,62 \pm 0,73
Естери холестеролу, %	14,78 \pm 0,70	14,56 \pm 0,62	18,59 \pm 0,94*^

Згодовування комбікорму з насінням амаранту на фоні нітратного навантаження викликає зміни у загальному вмісті ліпідів та співвідношенні окремих їх класів у тканинах підшлункової залози порівняно з контрольною і 2-ю групами. Так, у птиці, якій поряд із нітратним навантаженням згодовували комбікорм із насінням амаранту, спостерігали підвищення вмісту загальних ліпідів порівняно з 2-ю групою у 6-тижневому віці в 2,0 рази ($p < 0,05$), у 8-тижневому – в 2,2 рази ($p < 0,001$) та порівняно з контрольною групою у 8-тижневому віці в 1,5 рази ($p < 0,05$). Разом з тим, знижується вміст моно- і діацилгліцеролів на 15,3–20,9 % ($p < 0,05$), а триацилгліцеролів зростає порівняно з контрольною на 45,5 % ($p < 0,05$). Згодовування насіння амаранту перепелам призводить до підвищення вмісту естерів холестеролу у 8-тижневому віці в 1,3 рази ($p < 0,05$) порівняно з другою групою та порівняно з контролем їх вміст підвищується у підшлунковій залозі 6–8-тижневої птиці на 20,9–36,7 % ($p < 0,05$). Виявлені закономірності свідчать про гальмування процесів ліполізу та накопичення резервних ліпідів у тканинах підшлункової залози. Підвищення кількості естерів холестеролу вказує на активне його використання в організмі птиці в результаті зміни процесів естерифікації і гідролізу холестеролу під впливом біологічно активних речовин насіння амаранту, зокрема сквалену. Можна припустити, що надходячи в організм, сквален насіння амаранту спочатку призводить до підвищення вмісту холестеролу у підшлунковій залозі, оскільки є попередником синтезу холестеролу. Відповідно до підвищення вмісту холестеролу активізується ензим ацил-КоА-холестерол-ацилтрансфераза, при цьому вміст естерів холестеролу починає зростати [25]. Варто зазначити, що стероїдне ядро в естерах холестеролу більш стійке до окиснення і, можливо, за цієї причини клітині краще зберігати холестерол у вигляді естерів [26, 27, 28].

Згодовування птиці насіння амаранту у складі комбікорму на тлі нітратного навантаження запобігає зниженню вмісту загальних ліпідів та сприяє накопиченню резервних ліпідів у підшлунковій залозі, що можна пояснити вмістом у насінні амаранту поліненасичених жирних кислот, які поряд з вітамінами та мікроелементами регулюють ліпідний обмін в організмі птиці [29, 30].

Висновки. Таким чином, нітратне навантаження призводить до зниження загального вмісту ліпідів у тканинах підшлункової залози 6–8-тижневих перепелів та зниження кількості неестерифікованих жирних кислот, що свідчить про інтенсивне використання їх у енергетичних процесах. Згодовування комбікорму з насінням амаранту птиці у період формування яйцекладки на тлі нітратного навантаження сприяє підвищенню загального вмісту ліпідів до рівня контрольної групи. Встановлено зміни співвідношення окремих класів ліпідів, що проявляються зниженням вмісту моно- і діацилгліцеролів та підвищенням вмісту естерів холестеролу. Насіння амаранту завдяки своєму унікальному хімічному складу впливає на метаболізм, підвищуючи захисні можливості організму птиці за експериментального стресового навантаження. Механізм впливу насіння амаранту за дії нітратів зумовлений складним комплексом біохімічних змін, що відбуваються в організмі, зокрема, у підшлунковій залозі перепелів.

Перспективою подальших досліджень є дослідження впливу біологічно активних речовин насіння амаранту на вуглеводний, білковий та енергетичний обміни в органах і тканинах різних видів птиці.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Donaldson J., Madziva M.T., Erlwanger K.H. The effects of high-fat diets composed of different animal and vegetable fat sources on the health status and tissue lipid profiles of male Japanese quail. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 2017. May, 30(5). P. 700–711.
2. Konieczka P., Barszcz M., Choct M., Smulikowska S. The interactive effect of dietary n-6: n-3 fatty acid ratio and vitamin E level on tissue lipid peroxidation, DNA damage in intestinal epithelial cells, and gut morphology in chickens of different ages. *Poult. Sci.* 2018. Jan 1, 97(1). P. 149–158.
3. Цехмістренко С.І., Пономаренко Н.В. Склад ліпідів та їх пероксидне окислення у підшлунковій залозі перепелів за дії нітратів і у разі згодовування насіння амаранту. *Укр. біохім. журн.* 2013. Т. 85. № 2. С. 84–92.
4. Seven P.T., Arslan A.S., Ozelik M. Effects of propolis and royal jelly dietary supplementation on performance, egg characteristics, lipidperoxidation, antioxidant enzyme activity and mineral levels in Japanese Quail. *European Poultry Science.* 2016. V. 80. P. 138–145.
5. Upadhaya S.D., Lee J.S., Jung K.J., Kim I.H. Influence of emulsifier blends having different hydrophilic-lipophilic balance value on growth performance, nutrient digestibility, serum lipid profiles, and meat quality of broilers. *Poult. Sci.* 2018. Jan 1, 97(1). P. 255–261.
6. Gilliard C.N., Lam J.K., Cassel K.S., Park J.W., Schechter A.N., Piknova B. Effect of dietary nitrate levels on nitrate fluxes in rat skeletal muscle and liver. *Nitric Oxide.* 2018. Jan 29, 75. P. 1–7.
7. Полищук В.Н., Цехмистренко С.И., Полищук С.А., Пономаренко Н.В. Инновационные подходы к рациональному использованию биогенных стимуляторов в страусоводстве. *Актуальные научные исследования в современном мире. Сборник научных трудов, Переяслав-Хмельницкий.* 2018. Вып. 2(34). Ч. 3. С. 38–42.
8. Ponomarenko N. Features of protein metabolism in quail's pancreatic glands in postnatal period of ontogenesis and under the influence of nitrate. *Збірник наукових праць. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва.* 2015. № 2 (120). С. 45–48.
9. Jariyahatthakij P., Chomtee B., Poeikhampha T., Loongyai W., Bunchasak C. Effects of adding methionine in low-protein diet and subsequently fed low-energy diet on productive performance, blood chemical profile, and lipid metabolism-related gene expression of broiler chickens. *Poult Sci.* 2018. March 5, 10. P. 34.
10. Lv Z.P., Peng Y.Z., Zhang B.B., Fan H., Liu D., Guo Y.M. Glucose and lipid metabolism disorders in the chickens with dexamethasone-induced oxidative stress. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl).* 2018. Apr, 102(2). P. 706–717.
11. Рубан Г.В., Яковійчук О.В., Галько Т.І., Данченко О.О. Особливості антиоксидантного впливу вітаміну Е на окисні процеси у м'ясі гусей. *Біологія тварин.* 2017. Т. 19. № 3. С. 82–87.
12. Villarreal M., Beatriz I.L. Amaranth: an andean crop with history, its feeding reassessment in America. *Traditional foods: general and consumer aspects: Iseki-Food.* 2016. P. 217–232.
13. Srichuwong S., Curti D., Austin S., King R., Lamothe L., Gloria-Hernandez H. Physicochemical properties and starch digestibility of whole grain sorghums, millet, quinoa and amaranth flours, as affected by starch and non-starch constituents. *Food Chem.* 2017. Oct 15, 233. P. 1–10.
14. Волкова Г.А., Ширшова Т.И., Бешлей И.В., Матистов Н.В., Уфимцев К.Г. Амарант (*Amaranthus L.*): Химический состав и перспективы интродукции на севере. *Известия Коми научного центра УрО РАН.* № 3 (31). Сыктывкар. 2017. С. 15–23.
15. Као Тхи Хуе., Ханг Нгуен Тхи Минь., Тхань Ле Нгуен., Спиридович Е.В., Алексеева Е.И., Хунг Нгуен Ван. Изучение биохимического состава зерна амаранта (на основе сырья Вьетнама). *Вестник АГТУ.* 2015. № 1 (59). С. 12–18.
16. Tang Y., Tsao R. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. *Mol. Nutr. Food. Res.* 2017. Jul, 61(7). P. 73–96.
17. Камышников В.С. Справочник по клинико-биохимической лабораторной диагностике. Мн.: Беларусь, 2002. С. 143.
18. Кейте М. Техника липидологии. Выделение, анализ и идентификация липидов. М.: Мир. 1975. 322 с.
19. Кресюн Н.В., Сон Г.О. Стан перекисного окиснення ліпідів і антирадикального захисту при експериментальному цукровому діабеті та його медикаментозної корекції. *Досягнення біології та медицини.* 2017. № 1. С. 4–9.

20. Романович М.М., Куртяк Б.М., Брода Н.А., Матюха І.О. Інтенсивність процесів ПОЛ у курчат-бройлерів за на тлі вакцинації проти хвороби Гамборо та за дії дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* і пробіотики БПС-44. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. 2016. Т. 18. № 3 (71). С. 79–82.
21. Gutty B.V., Hufriy D.F., Hunchak V.M. The influence of metisevit and metifen on the intensity of lipid peroxidation in the blood of bulls on nitrate load. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. 2016. Т. 18. № 3–1(70). С. 67–70.
22. Edwards T.M., Hamlin H.J., Freymiller H., Green S., Thurman J., Guillette L.J. Nitrate induces a type 1 diabetic profile in alligator hatchlings. *Jr. Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2018. Jan, 147. P. 767–775.
23. Сисолятин С.В., Хижняк С.В. Жирнокислотний склад загальних ліпідів печінки коропа (*Cyprinus carpio* L.) за умов штучного гіпобіозу. Доповіді національної академії наук України. 2017. № 8. С.102–105.
24. Гопаненко О.О., Рівіс Й.Ф. Жирнокислотний склад фосфоліпідів і етерифікованого холестеролу плазми крові кролів за гострого аргінінового панкреатиту. *Укр. біохім. журнал.* 2015. Т. 87. № 2. С. 133–140.
25. Lai W., Huang W., Dong B., Cao A., Zhang W., Li J., Wu H., Zhang L. Effects of dietary supplemental bile acids on performance, carcass characteristics, serum lipid metabolites and intestinal enzyme activities of broiler chickens. *Poult. Sci.* 2018. Jan 1, 97(1). P. 196–202.
26. Onopchenko O.V., Kosiakova G.V., Klimashevsky V.M., Hula N.M. The effect of N-stearoylethanolamine on plasma lipid composition in rats with experimental insulin resistance. *Укр. біохім. журнал.* 2015. Т. 87. № 1. С. 46–54.
27. Горбунов А.А. Інтенсифікація процесів ліпопероксидації як один із провідних патогенетичних механізмів ускладнень у хворих на хронічний панкреатит: залучення до патологічного процесу еритроцитів. Науковий вісник Ужгородського університету. 2016. Вип. 2 (54). С. 56–59.
28. Turk G., Ceribasi A.O., Simsek U.G. Dietary rosemary oil alleviates heat stress-induced structural and functional damage through lipidperoxidation in the testes of growing Japanese Quail. *Animal Reproduction Science.* 2016. V. 164. P. 133–143.
29. Velarde-Salcedo A.J., Regalado-Rentería E., Velarde-Salcedo R., Juárez-Flores B.I., Barrera-Pacheco A., González de Mejía E., Barba de la Rosa A.P. Consumption of Amaranth Induces the Accumulation of the Antioxidant Protein Paraoxonase/Arylesterase 1 and Modulates Dipeptidyl Peptidase IV Activity in Plasma of Streptozotocin-Induced Hyperglycemic Rats. *J. Nutrigenet Nutrigenomics.* 2018. Feb 20, 10 (5–6). P. 181–193.
30. Lado M.B., Burini J., Rinaldi G., Añón M.C., Tironi V.A. Effects of the Dietary Addition of Amaranth (*Amaranthus mantegazzianus*) Protein Isolate on Antioxidant Status, Lipid Profiles and Blood Pressure of Rats. *Plant. Foods Hum. Nutr.* 2015. Dec, 70 (4). P. 371–379.

REFERENCES

1. Donaldson, J., Madziva, M.T., Erlwanger, K.H. The effects of high-fat diets composed of different animal and vegetable fat sources on the health status and tissue lipid profiles of male Japanese quail. *Asian-Australas J. Anim. Sci.*, May. 2017, 30 (5), pp. 700–711.
2. Konieczka, P., Barszcz, M., Choct, M., Smulikowska, S. The interactive effect of dietary n-6: n-3 fatty acid ratio and vitamin E level on tissue lipid peroxidation, DNA damage in intestinal epithelial cells, and gut morphology in chickens of different ages. *Poult. Sci.*, Jan 1. 2018, 97(1), pp. 149–158.
3. Cehmistrenko, S.I., Ponomarenko, N.V. Sklad lipidiv ta i'h peroksidne okislennja u pidshlunkovij zalozi perepeliv za dii' nitrativ i u razi zgodovuvannja nasinnja amarantu [The composition of lipids and lipid peroxidation in the pancreas of quails under nitrate actions and correction by the amaranth's seed]. *Ukr. biohim. zhurn. [The Ukrainian Biochemical Journal]*, 2013, Vol. 85, no. 2, pp. 84–92.
4. Seven, P.T. Arslan, A.S., Ozcelik, M. Effects of propolis and royal jelly dietary supplementation on performance, egg characteristics, lipidperoxidation, antioxidant enzyme activity and mineral levels in Japanese Quail. *European Poultry Science.* 2016, no. 80, pp. 138–145.
5. Upadhaya, S.D., Lee, J.S., Jung, K.J., Kim, I.H. Influence of emulsifier blends having different hydrophilic-lipophilic balance value on growth performance, nutrient digestibility, serum lipid profiles, and meat quality of broilers. *Poult. Sci.* Jan. 2018, 1, 97(1), pp. 255–261.
6. Gilliard, C.N., Lam, J.K., Cassel, K.S., Park, J.W., Schechter, A.N., Piknova, B. Effect of dietary nitrate levels on nitrate fluxes in rat skeletal muscle and liver. *Nitric Oxide.* Jan 29. 2018, no. 75, pp. 1–7.
7. Polishhuk, V.N., Cehmistrenko, S.I., Polishhuk, S.A., Ponomarenko, N.V. (2018). Innovacionnye podhody k racional'nomu ispol'zovaniju biogenykh stimuljatorov v strausovodstve [Innovative approaches to the rational use of biogenic stimulants in the ostrich breeding]. *Aktual'nye nauchnye issledovanija v sovremennom mire, Sbornik nauchnyh trudov [Actual scientific researches are in the modern world, Collection of scientific works]*. Perejaslav-Hmel'nickij, Issue 2 (34), Vol. 3, pp. 38–42.
8. Ponomarenko, N. (2015). Features of protein metabolism in quail's pancreatic glands in postnatal period of ontogenesis and under the influence of nitrate. *Zbirnik naukovih prac'. Tehnologija virobnictva i pererobki produkciï tvarinnictva [Collection of scientific works. Technology of production and processing of products of stock-raising]*. no. 2 (120), pp. 45–48.
9. Jariyahatthakij, P., Chomtee, B., Poeikhampha, T., Loongyai, W., Bunchasak, C. Effects of adding methionine in low-protein diet and subsequently fed low-energy diet on productive performance, blood chemical profile, and lipid metabolism-related gene expression of broiler chickens. *Poult Sci.* March 5. 2018, no.10, 34 p.
10. Lv, Z.P., Peng, Y.Z., Zhang, B.B., Fan, H., Liu, D., Guo, Y.M. Glucose and lipid metabolism disorders in the chickens with dexamethasone-induced oxidative stress. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl).* Apr. 2018, 102(2), pp. 706–717.

11. Ruban, G.V., Jakovijchuk, O.V., Gal'ko, T.I., Danchenko, O.O. (2017). Osoblivosti antioksidantnogo vplivu vitaminu E na oksisni procesi u m'jasi gusej [Features of vitamin e antioxidant effect on oxidative damage of geese meat]. *Biologija tvarin [Biology of animals]*. Vol. 19, no. 3, pp. 82–87.
12. Villarreal, M., Beatriz, I.L. Amaranth: an andean crop with history, its feeding reassessment in America. *Traditional foods: general and consumer aspects: Iseki-Food*, 2016, pp. 217–232.
13. Srichuwong, S., Curti, D., Austin, S., King, R., Lamothe, L., Gloria-Hernandez, H. Physicochemical properties and starch digestibility of whole grain sorghums, millet, quinoa and amaranth flours, as affected by starch and non-starch constituents. *Food Chem. Oct 15. 2017*, 233, pp. 1–10.
14. Volkova, G.A., Shirshova, T.I., Beshlej, I.V., Matistov, N.V., Ufimcev, K.G. (2017). Amarant (*Amaranthus L.*): Himicheskiy sostav i perspektivy introdukcii na severe. [Amaranth (*Amaranthus L.*): Chemical composition and perspectives of introduction in the north]. *Izvestija Komi nauchnogo centra UrO RAN [News of Komi of scientific center UrO RAN]*, Syktyvkar, no. 3 (31), pp. 15–23.
15. Kao, Thi Hue., Nguen Thi, Min' Hang., Le, Nguen Than', Spiridovich, E.V., Alekseeva, E.I., Nguen, Van Hung. (2015). Izuchenie biohimicheskogo sostava zerna amaranta (na osnove syr'ja V'etnama). [Study on biochemical composition of amaranth seeds (by the samples of Vietnam)]. *Vestnik AGTU [Bulletin of Astrakhan state technical university]*. no. 1 (59), pp. 12–18.
16. Tang, Y., Tsao, R. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. *Mol. Nutr. Food. Res. Jul. 2017*, 61(7), pp. 73–96.
17. Kamysnikov, V.S. (2002). *Spravochnik po kliniko-biohimicheskoj laboratornoj diagnostike [Reference book on clinical and biochemical laboratory diagnostics]*, Vol. 2, Minsk, Belarus', 143 p.
18. Kejts, M. (1975). *Tehnika lipidologii [Technique of lipids]*. Vydelenie, analiz i identifikacija lipidov [Selection, analysis and authentication of lipids]. Moscow, World, 322 p.
19. Kresjun, N.V., Son, G.O. (2017). Stan perekisnogo okisnenja lipidiv i antiradikal'nogo zahistu pri eksperimental'nomu cukrovomu diabeti ta jogo medikamentoznoi' korekcii' [The state of lipids peroxidation and antiradical protection in experimental diabetes mellitus and its pharmacological correction]. *Dosjagnennja biologii' ta medicine [Achievements of biology and medicine]*. no 1, pp. 4–9.
20. Romanovich, M.M., Kurtjak, B.M., Broda, N.A., Matjuha, I.O. (2016). Intensivnist' procesiv POL u kurchatobrojeriv za na tli vakcinacii' proti hvorobi Gamboro ta za dii drizhdzhiv *Saccharomices cerevisiae* i probiotika BPS-44. [Intensity of the floor on the background of vaccination Gumboro disease for the actions of yeast *Saccharomices cerevisiae*, probiotics BPS-44]. *Naukovij visnik L'vivsk'ogo nacional'nogo universitetu veterinarnoi' medicini ta biotehnologij imeni SZ Gzhic'kogo [Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies]*, Vol. 18, no. 3 (71), pp. 79–82.
21. Gutyj, B.V., Hufriy, D.F., Hunchak, V.M. (2016). The influence of metisevit and metifen on the intensity of lipid peroxidation in the blood of bulls on nitrate load. *Naukovij visnik L'vivsk'ogo nacional'nogo universitetu veterinarnoi' medicini ta biotehnologij imeni SZ Gzhic'kogo [Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies]*, Vol. 18, no. 3–1(70), pp. 67–70.
22. Edwards, T.M., Hamlin, H.J., Freymiller, H., Green, S., Thurman, J., Guillette, L.J. Nitrate induces a type 1 diabetic profile in alligator hatchlings. *Jr. Ecotoxicol. Environ. Saf. Jan, 147. 2018*, pp. 767–775.
23. Sisoljatin, S.V., Hizhnjak, S.V. (2017). Zhirnokislотноj sklad zagal'nih lipidiv pechinki koropa (*Cyprinus carpio L.*) za umov shuchnogo gipobiozu [Fatty acid composition of total lipids in liver of carp (*Cyprinus carpio L.*) under artificial hibernation]. *Dopovidi Nacional'noi' akademii' nauk Ukrai'ni [Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine]*. no. 8, pp. 102–105.
24. Gopanenko, O.O., Ravis, J.F. (2015). Zhirnokislотноj sklad fosfolipidiv i eterifikovanogo holesterolu plazmi krovi kroliv za gostrogo argininovogo pankreatitu [Fatty acid composition of phospholipids and esterified cholesterol of the blood plasma of rabbit under arginine acute pancreatitis]. *Ukr. biohim. zhurn. [The Ukrainian Biochemical Journal]*. Vol. 87, no. 2, pp. 133–140.
25. Lai, W., Huang, W., Dong, B., Cao, A., Zhang, W., Li, J., Wu, H., Zhang, L. Effects of dietary supplemental bile acids on performance, carcass characteristics, serum lipid metabolites and intestinal enzyme activities of broiler chickens. *Poult. Sci. Jan 1, 97(1). 2018*, pp. 196–202.
26. Onopchenko, O.V., Kosiakova, G.V., Klimashevsky, V.M., Hula, N.M. The effect of N-stearoylethanolamine on plasma lipid composition in rats with experimental insulin resistance. *Ukr. Biochem. J. 2015*, Vol. 87, no. 1, pp. 46–54.
27. Gorbunov, A. A. (2016). Intensifikacija procesiv lipoperoksidacii' jak odin iz providnih patogenetichnih mehanizmv uskladnen' u hvorih na hronichnij pankreatit: zaluchennja do patologichnogo procesu eritrocitiv [Intensification of the process of lipoperoxidation as one of the leading pathogenetic mechanisms complications in patients with chronic pancreatitis: erythrocytes involvement into the pathologic process]. *Naukovij visnik Uzhgorodsk'ogo universitetu [Scientific Bulletin of Uzhhorod University]*. Vol. 2 (54), pp. 56–59.
28. Turk, G., Ceribasi, A.O., Simsek, U.G. Dietary rosemary oil alleviates heat stress-induced structural and functional damage through lipidperoxidation in the testes of growing Japanese Quail. *Animal Reproduction Science. 2016*, Vol. 164, pp. 133–143.
29. Velarde-Salcedo, A.J., Regalado-Rentería, E., Velarde-Salcedo, R., Juárez-Flores, B.I., Barrera-Pacheco, A., González de Mejía, E., Barba de la Rosa, A.P. Consumption of Amaranth Induces the Accumulation of the Antioxidant Protein Paraoxonase/Arylesterase 1 and Modulates Dipeptidyl Peptidase IV Activity in Plasma of Streptozotocin-Induced Hyperglycemic Rats. *J. Nutrigenet Nutrigenomics. Feb 20. 2018*, 10 (5–6), pp. 181–193.
30. Lado, M.B., Burini, J., Rinaldi, G., Añón, M.C., Tironi, V.A. Effects of the Dietary Addition of Amaranth (*Amaranthus mantegazzianus*) Protein Isolate on Antioxidant Status, Lipid Profiles and Blood Pressure of Rats. *Plant. Foods Hum. Nutr. Dec. 2015*, 70 (4), pp. 371–379.

Влияние биологически активных веществ амаранта на состав липидов в организме перепелов**Пономаренко Н.В., Цехмистренко С.И., Цехмистренко О.С., Полищук В.Н., Полищук С.А.**

Исследовали уровень общих липидов и соотношение их отдельных классов – фосфолипидов, моно-, ди- и триацилглицеролов, свободного и эстерифицированного холестерина, неэстерифицированных жирных кислот в поджелудочной железе перепелов 6–8-недельного возраста (период формирования яйцекладки) за действия нитратов и скормливания комбикорма с добавлением семян амаранта. Установлено, что при длительном нитратном влиянии, сравнительно с контрольной группой, в тканях поджелудочной железы перепелов снижается содержание общих липидов в 6-недельном возрасте на 37,0 % ($p<0,05$) и 8-недельном – на 22,7 % ($p<0,05$). При этом наблюдаются изменения в соотношении отдельных классов липидов. В частности, достоверно снижается содержание неэстерифицированных жирных кислот у 6-недельной птицы на 13,3 % ($p<0,05$) и 8-недельной – на 12,4 % ($p<0,05$) сравнительно с контролем. Использование в составе комбикорма семян амаранта для кормления перепелов на фоне нитратной нагрузки корректирует общее содержание липидов до уровня контрольной группы. Отмечается повышение содержания общих липидов сравнительно с 2-й группой в 6-недельном возрасте в 2,0 раза ($p<0,05$), в 8-недельном – в 2,2 раза ($p<0,001$) и в сравнении с контрольной группой в 8-недельном возрасте – в 1,5 раза ($p<0,05$). Рядом с этим снижается содержание моно- и диацилглицеролов на 15,3–20,9 % ($p<0,05$), а уровень триацилглицерола повышается в сравнении с контрольной группой на 45,5 % ($p<0,05$). Скармливание семян амаранта перепелам приводит к повышению уровня эстерифицированного холестерина в поджелудочной железе в 8-недельном возрасте в 1,3 раза ($p<0,05$) сравнительно со второй группой и сравнительно с контролем их содержание повышается у 6–8-недельной птицы на 20,9–36,7 % ($p<0,05$).

Ключевые слова: фосфолипиды, моноацилглицеролы, диацилглицеролы, триацилглицеролы, свободный холестерол, эстеры холестерина, неэстерифицированные жирные кислоты, поджелудочная железа, нитраты, перепела, амарант.

Influence biologically of active substances to amaranth on composition of lipids in organism of quails**Ponomarenko N., Tsekhmistrenko S., Tsekhmistrenko O., Polishchuk V., Polishchuk S.**

There were investigated the level of common lipids and the ratio of their individual classes – phospholipids, monoacylglycerols, diacylglycerols and triacylglycerols, free and esterified cholesterol, unesterified fatty acids in the 6–8 weeks old quails pancreas (the period of laying eggs formation) under condition of nitrates influence and feeding of mixed fodder with the addition of amaranth seeds.

The body's response to nitrate loading and the feeding of amaranth seeds was evaluated according to biochemical parameters in the pancreas, one of the largest glands in the body. For laboratory experiments there were used quails by Pharaoh breed. Quails were divided into three groups of 60 heads in each, fed the standard feed, access to feed and water was free. The birds of the first group served as control, the birds of the second group, in order to model the stress state, water was dispensed with sodium nitrate at a dose of 0.5 g / kg of body weight. Birds of the third group were fed a mixed fodder with seeds of amaranth at the rate of 10 % of the mass of mixed fodder on the background of nitrate loading. Decapitation was performed under etheric anesthesia and the pancreas was taken from a 6-week-old birds (the beginning of the laying eggs period). In the extract of the pancreas, the content of total lipids and their individual classes were studied and expressed as a percentage of the total number of lipids. For identification of lipids on a chromatographic plate, the standard preparations of individual lipids from Sigma (USA) were used.

The obtained results indicate that nitrate loading leads to a decrease in the common lipids content in the quail pancreas tissues. Thus, their number in the 6-week-old age is reduced by 37.0 % ($p<0.05$), and in the 8-week-old period – by 22.7 % ($p<0.05$) compared with the control group. Lipids perform structural and energy functions, as well as determine the important role for the adaptation of the organism to stress factors. Due to the long nitrate influence and due to the unequal functionality of the antioxidant systems of the body, protective mechanisms are violated, which leads to the occurrence of pathological processes. At the same time there are certain changes in the ratio of individual classes of lipids. In particular, the content of unesterified fatty acids (UFA) in 6-week-old poultry decreases by 13.3 % ($p<0.05$) and 8-week – 12.4 % ($p<0.05$) compared to control. The level of UFA in tissues and serum is related to the energy supply of the bird organism and characterizes the activity of lipolysis processes and their mobilization from fat depots. The decrease in the tissues of the number of UFA indicates their intensive use in energy processes.

Feeding of mixed fodder with seeds of amaranth against the background of nitrate influence causes changes in the total content of lipids and the ratio of their individual classes in pancreatic tissue compared with control and 2nd group. Thus the poultry, which was fed with mixed amaranth seeds alongside with nitrate influence, had increasing of total lipids content in comparison with the 2nd group in the 6-week old age in 2,0 times ($p<0,05$), in the 8-week-old – in 2,2 times ($p<0,001$) and in comparison with the control group at 8-year-old in 1,5 times ($p<0,05$). At the same time, the content of mono- and diacylglycerols is reduced by 15.3–20.9 % ($p<0.05$), while triacylglycerols increases by 45.5 % relative to the control ($p<0.05$). Feeding amaranth seeds to quail results in an increase in the content of esters of cholesterol in the 8-week-old age by 1.3 times ($p<0.05$) compared to the second group and, as compared with control, their content increases in the pancreas of 6–8 weeks old birds by 20,9–36.7 % ($p<0.05$). These patterns indicate that inhibition of lipolysis and accumulation of reserve lipids in pancreatic tissue is inhibited. The increase in the number of cholesterol esters indicates their active use in the bird organism as a result of changes in the processes of esterification and hydrolysis of cholesterol under the influence of biologically active substances of the seeds of amaranth, in particular squalene. It can be assumed that when entering the body, amaranth seed squalene initially leads to an increase in the content of cholesterol in the pancreas, since it is a precursor to the synthesis of cholesterol. Accordingly, the increase of cholesterol content activates the enzyme acyl-CoA-cholesterol-acyltransferase, while the content of cholesterol esters begins to increase. It is worth noting that the steroid core in cholesterol esters is more resistant to oxidation and, possibly, for this reason, the cell is better stored cholesterol in the form of esters. Amaranth bird feeding on the background of nitrate loading prevents the decrease

of the total lipids content and contributes to the accumulation of reserve lipids in the pancreas. It can be explained by the content of amaranth polyunsaturated fatty acids, which, along with vitamins and trace elements, regulate lipid metabolism in the bird organism.

Thus, nitrate influence leads to a decrease in the total content of lipids in pancreatic tissue of 6–8 weeks-old quails and a decrease in the amount of unesterified fatty acids, which indicates the intensive their using in energy processes. Feeding of poultry with mixed fodder with amaranth seeds during the period of laying eggs formation perion on the background of nitrate influence contributes to increase of total lipids content to the level of control group. Along with this, changes in the ratio of individual classes of lipids have been established, which are manifested by a decrease in the content of mono- and diacylglycerols and an increase in the content of cholesterol esters.

Key words: phospholipids, monoacylglycerols, diacylglycerols, triacylglycerols, free cholesterol, cholesterol esters, unesterified fatty acids, pancreas, nitrates, quails, amaranth.

Надійшла 14.11.2018 р.