

УДК [577.161.3+637.056]:664.8.037.5

<sup>1,2</sup>ДАНЧЕНКО О.О.<sup>2</sup>РУБАН Г.В.<sup>1</sup>ЗДОРОВЦЕВА Л.М.<sup>1</sup>ДАНЧЕНКО М.М.<sup>2</sup>ГАПОНЕНКО Т.М.<sup>1</sup>КОЛЯДЕНКО В.В.<sup>1</sup>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,<sup>2</sup>Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

## ВІТАМІН Е ЯК ІНГІБІТОР ОКИСНОГО ПСУВАННЯ М'ЯСА ГУСЕЙ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

Досліджено вплив вітаміну Е за різних способів його застосування на вміст продуктів ліпопероксидації та активність ендогенних антиоксидантів у м'ясі гусей під час його зберігання ( $-18^{\circ}\text{C}$ ). Для зберігання використано зразки м'яса від 3-х груп гусей. Контрольні зразки отримано від гусей, відгодованих на стандартному раціоні. М'ясо І дослідного зразка – від гусей, раціон яких з 42- до 63-ї доби відрізнявся від раціону гусей контрольної групи вдвічі більшим (40 мг/кг) умістом вітаміну Е. М'ясо ІІ дослідного зразка отримано від гусей контрольної групи шляхом поверхневої обробки зразка розчином вітаміну Е (в розрахунку 100 мкг/г м'яса) безпосередньо перед закладанням його на зберігання. Термін зберігання м'яса становив 210 діб. Встановлено, що інтенсивне накопичення вторинних продуктів ліпопероксидації (ТБКАП) у м'ясі гусей розпочалося з 90-ї доби. Збільшення вдвічі вмісту вітаміну Е в раціоні гусей сприяло зниженню вмісту ТБКАП у м'ясі І дослідного зразка порівняно з контрольним (на 27,6 %,  $p \leq 0,05$ ) наприкінці досліду. Додавання вітаміну Е до раціону гусей сприяло стабілізації антиоксидантного пулу в їхньому м'ясі, що підтверджується в 1,88 раза нижчим рівнем ТБКАП за ініціації пероксидного окиснення  $\text{Fe}^{2+}$  і на 36,0 % ( $p \leq 0,05$ ) більшим коефіцієнтом антиоксидантної активності на 210-ту добу. Наприкінці досліду вміст вітаміну Е в І дослідному зразку на 41,7 % ( $p \leq 0,01$ ) вищий за контроль,  $\beta$ -каротину – на 15,0 % ( $p \leq 0,05$ ), а вітаміну А – на рівні контрольного зразка. Обробка гусятини розчином вітаміну Е також забезпечує достовірне гальмування процесів пероксидного окиснення впродовж першої половини досліду. Втім наприкінці досліду вміст ТБКАП у ІІ дослідному зразку м'яса досягає рівня, відповідного контрольному показнику. Зі 120-ї доби розпочалося більш інтенсивне втрачання ендогенних антиоксидантів, свідченням чого є зниження коефіцієнта антиоксидантної активності у м'ясі цього дослідного зразка до рівня контрольного на 210-ту добу. М'ясо цього зразка відрізняється від контрольного вірогідно вищим умістом  $\beta$ -каротину (на 13,5 %,  $p \leq 0,05$ ). Отже, для отримання пролонгованого позитивного ефекту під час низькотемпературного зберігання м'яса більш доцільним є додавання вітаміну Е до раціону гусей у передзабійному періоді.

**Ключові слова:** гуси, зберігання м'яса, продукти ліпопероксидації, антиоксидантна активність, вітаміни Е, А,  $\beta$ -каротин.

doi: 10.33245/2310-9289-2019-150-2-137-144

**Постановка проблеми.** Сьогодні однією з найбільш актуальних проблем є забезпечення населення високоякісними харчовими продуктами. Серед продуктів харчування м'ясо птиці посідає особливе місце, воно є джерелом повноцінного білка і високоякісного жиру [1–3]. Низькотемпературне зберігання м'яса є одним з найбільш поширених способів його консервування. За цих умов гальмується мікробіологічне псування м'ясної сировини. Головною причиною погіршення якості та харчової цінності м'яса під час низькотемпературного зберігання є окиснення жирних кислот ліпідів, насамперед ненасичених жирних кислот [4–7].

У функціонуючих м'язах ненасичені жирні кислоти, які найбільш чутливі до пероксидного окиснення, захищені від дії активних форм Оксигену (АФО) системою антиоксидантного захисту. Після зупинення кровообігу відбуваються незворотні зміни, що створюють умови для зміщення балансу прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в напрямку окисних процесів. Це, насамперед, зумовлено накопиченням молочної кислоти, зниженням рН і, як наслідок, зниженням активності антиоксидантних ензимів [3]. Введення до раціону птиці природних і синтетичних антиоксидантів у передзабійному періоді підвищує стійкість м'яса до окисного псування і подовжує терміни його зберігання [8]. Вітамін Е – один із ефективних жиророзчинних антиоксидантів, який має широкий спектр практичного застосування, зокрема у тваринництві [9].

Дослідженню властивостей і ролі вітаміну Е присвячено багато робіт. Деякі вчені пропонують застосовувати вітамін Е для лікування багатьох хвороб – від атеросклерозу до раку і нейроде-

генеративних захворювань [10, 11]. З іншого боку, є інформація про підвищення під впливом вітаміну Е, навіть у наномолярних концентраціях, життєздатності нейронів в умовах оксидативного стресу, що пояснюється опосередкованою модуляцією цим антиоксидантом сигнальних систем [12–14]. Доведено, що підвищення вмісту вітаміну Е в раціоні тварин у передзабійному періоді сприяє подовженню термінів зберігання отриманого м'яса [9, 10, 15, 16].

**Аналіз останніх досліджень.** На сучасному етапі розвитку біохімічної науки теорія антиоксидантної дії вітаміну Е в організмі не є бездоганною і загальноприйнятною. Так, на думку одного з провідних біохіміків Angelo Azzi (США),  $\alpha$ -токоферол не є антиоксидантом, а виступає лише як ліганд для наразі не ідентифікованих специфічних білків і, таким чином, бере участь у передачі сигналу в клітині [12, 13, 17–21]. Існують сумніви щодо необмеженої здатності вітаміну Е запобігати оксидативному стресу [22, 23]. Встановлено, що вітамін Е може бути корисний лише за хронічного запалення низького рівня та імунної відповіді [13]. Механізм дії цього вітаміну досі є предметом дискусій. Розглядається як антиоксидантний механізм дії вітаміну Е, так і його вплив на сигнальну трансдукцію і модуляцію експресії генів [1]. Роботами закордонних і вітчизняних науковців [19, 23, 24] доведено, що надфізіологічні дози токоферолу можуть бути шкідливими, тому збільшення доз вітаміну Е в раціоні свійських тварин у передзабійному періоді має бути науково обґрунтованим.

З іншого боку, окисне псування м'яса тварин, відгодованих на стандартному раціоні, уповільнюється завдяки його обробці перед зберіганням антиоксидантами, серед яких один із найбільш уживаних – вітамін Е [4].

**Метою дослідження** було з'ясування особливостей впливу вітаміну Е на окисне псування м'яса гусей під час низькотемпературного зберігання за різних способів застосування цього вітаміну. М'ясо гусей обране як таке, що має підвищену здатність до ліпопероксидації внаслідок високого вмісту ненасичених жирних кислот (НЖК) [13].

**Матеріал і методи дослідження.** Дослідження проводили на гусах італійської породи. Впродовж усього періоду постнатального розвитку (63 доби) гусей контрольної групи (26 голів) утримували на стандартному раціоні, збалансованому за обмінною енергією, протеїном і вітамінами згідно з рекомендаціями [25, 26]. Раціон гусей дослідної групи (26 голів) із 42- до 63-ї доби відрізнявся від раціону гусей контрольної вдвічі більшим (40 мг/кг) умістом вітаміну Е. Забій птиці проводили у 63-добовому віці. Після забою птиці з тушки виділяли грудні м'язи, які швидко заморожували і зберігали за температури  $-18^{\circ}\text{C}$  та вологості повітря 85 % упродовж 210 діб відповідно до вимог ДСТУ 3143:2013.

Для низькотемпературного зберігання використано зразки м'яса 3-х груп гусей. Контрольні зразки отримано від гусей, відгодованих на стандартному раціоні. М'ясо I дослідного зразка – від гусей, раціон яких з 42- до 63-ї доби відрізнявся від раціону гусей контрольної групи вдвічі більшим (40 мг/кг) умістом вітаміну Е. М'ясо II дослідного зразка отримано від гусей контрольної групи шляхом його поверхневої обробки розчином вітаміну Е (в розрахунку 100 мкг на г м'яса) безпосередньо перед закладанням на низькотемпературне зберігання.

Інтенсивність ПОЛ (продуктів окиснення ліпідів) у м'ясі гусей оцінювали за вмістом продуктів пероксидації, які реагують із 2-тіобарбітуровою кислотою – ТБКАП. Визначення цих продуктів проводили в гомогенатах м'яса (ТБКАП<sub>вих</sub>) та за ініціації ПОЛ  $\text{Fe}^{2+}$  (ТБКАП<sub>інк</sub>) [27]. Для інтегральної оцінки активності ендогенних антиоксидантів у м'ясі застосовано коефіцієнт антиоксидантної активності ( $K_{\text{АОА}}$ ). Його обчислювали як відношення ТБКАП<sub>вих</sub> до ТБКАП<sub>інк</sub>, оскільки в м'ясі міститься не тільки субстрат пероксидації, а й високо- і низькомолекулярні сполуки, здатні гальмувати пероксидне окиснення ліпідів [28]. Вміст вітамінів А, Е, і  $\beta$ -каротину визначали фотоколориметричним методом [27]. Математичну обробку експериментальних даних здійснювали загальноприйнятими методами математичної статистики, включаючи кореляційний аналіз [29] із використанням пакета комп'ютерної програми *SPSS-13,0* і програми *MS Excel 2000*.

**Результати дослідження.** Аналіз динаміки вторинних продуктів ліпопероксидації в гомогенаті м'яса гусей трьох досліджених зразків (ТБКАП<sub>вих</sub>) свідчить (табл. 1), що збільшений вміст вітаміну Е, незалежно від способу його застосування, не впливає на загальні закономірності накопичення вторинних продуктів ліпопероксидації. Це підтверджується коефіцієнтами кореляції динаміки ТБКАП<sub>вих</sub> у досліджених зразках м'яса на рівні тісних ( $r = 0,968 - 0,993$ ,  $p \leq$

0,05). У контрольному зразку м'яса впродовж перших 90 діб, а в дослідних – до 120-ї доби вміст ТБКАП<sub>вих</sub> утримувався на вихідному рівні, навіть з тенденцією до зниження. Динаміка цього показника, ймовірно, зумовлена тим, що процеси ліпопероксидації в анаеробних умовах, які виникають у м'ясі одразу після забою тварин, через нестачу акцепторів гідрогену гальмуються [3]. Подальша активізація ПОЛ, яка розпочалася з 90-ї доби в контрольному зразку м'яса, і зі 120-ї доби в I і II дослідних зразках, пов'язана з накопиченням ендogenousного кисню. Отже, специфічність динаміки ТБКАП<sub>вих</sub> у контрольному і дослідних зразках полягає в тривалості стартового періоду прооксидантно-антиоксидантної рівноваги з низьким рівнем цього показника. У контрольному зразку достовірна активізація процесів ПОЛ спостерігається вже впродовж четвертого місяця: вміст вторинних продуктів ліпопероксидації з 90- до 120-ї доби збільшився на 77,4 % ( $p \leq 0,01$ ).

Таблиця 1 – Вміст продуктів ліпопероксидації у м'ясі гусей контрольного і дослідних зразків (нМоль/г,  $M \pm m$ ,  $n = 6$ )

| Термін зберігання, діб | Контрольний зразок   |                      | I дослідний зразок   |                      | II дослідний зразок  |                      |
|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                        | ТБКАП <sub>вих</sub> | ТБКАП <sub>інк</sub> | ТБКАП <sub>вих</sub> | ТБКАП <sub>інк</sub> | ТБКАП <sub>вих</sub> | ТБКАП <sub>інк</sub> |
| 0                      | 37,23 $\pm$ 2,01     | 75,82 $\pm$ 3,41     | 29,32 $\pm$ 1,15     | 53,31 $\pm$ 0,56**   | 33,9 $\pm$ 1,71      | 67,83 $\pm$ 0,56     |
| 30                     | 26,14 $\pm$ 1,63     | 60,73 $\pm$ 2,83     | 25,14 $\pm$ 1,23     | 51,31 $\pm$ 2,74*    | 23,71 $\pm$ 1,04     | 44,74 $\pm$ 2,15**   |
| 60                     | 27,98 $\pm$ 1,92     | 80,02 $\pm$ 3,87     | 24,58 $\pm$ 0,97     | 52,30 $\pm$ 2,49**   | 27,52 $\pm$ 0,25     | 56,16 $\pm$ 3,04**   |
| 90                     | 30,15 $\pm$ 1,52     | 83,75 $\pm$ 3,62     | 28,74 $\pm$ 1,34     | 62,48 $\pm$ 3,25**   | 30,26 $\pm$ 0,04     | 59,32 $\pm$ 3,79**   |
| 120                    | 53,49 $\pm$ 2,86     | 198,1 $\pm$ 8,73     | 30,42 $\pm$ 1,39**   | 80,05 $\pm$ 3,82**   | 32,59 $\pm$ 1,93**   | 129,1 $\pm$ 5,4**    |
| 150                    | 77,42 $\pm$ 3,53     | 267,0 $\pm$ 12,1     | 47,02 $\pm$ 2,17**   | 114,7 $\pm$ 5,4**    | 67,54 $\pm$ 1,10*    | 198,6 $\pm$ 8,5**    |
| 180                    | 92,62 $\pm$ 0,33     | 370,5 $\pm$ 16,7     | 63,51 $\pm$ 2,97**   | 176,4 $\pm$ 8,2**    | 81,35 $\pm$ 2,91**   | 290,5 $\pm$ 13,0**   |
| 210                    | 108,3 $\pm$ 5,2      | 433,2 $\pm$ 21,7     | 78,45 $\pm$ 3,62**   | 230,7 $\pm$ 10,2**   | 105,8 $\pm$ 4,02     | 406,9 $\pm$ 21,2     |

Примітка: тут і в табл. 2 різниці вірогідні відносно м'яса контрольних зразків: \* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$

У подальшому зміни цього показника в часі наближалися до квадратичної залежності і через 210 діб вміст ТБКАП<sub>вих</sub> у контрольному зразку досягнув значення, яке у 2,91 раза перевищило відповідне вихідне.

Збільшення вмісту вітаміну Е в раціоні гусей сприяло подовженню терміну вихідної стабілізації прооксидантно-антиоксидантної рівноваги для м'яса I дослідного зразка. Тільки з п'ятого місяця активізація процесів пероксидного окиснення зумовила вірогідне накопичення ТБКАП<sub>вих</sub>. За 210 діб зберігання вміст ТБКАП<sub>вих</sub> в м'ясі I дослідного зразка зріс у 2,68 раза.

Обробка м'яса розчином вітаміну Е після забою птиці (II дослідний зразок) також сприяла подовженню періоду рівноваги між про- та антиоксидантами: тільки зі 120-ї доби розпочалась активізація ПОЛ. Упродовж п'ятого місяця вміст ТБКАП<sub>вих</sub> у м'ясі II дослідного зразка збільшився в 2,07 раза і до кінця дослідів досяг рівня відповідного показника контрольного зразка. За середнім рівнем ТБКАП<sub>вих</sub> контрольний зразок перевищив I і II дослідні зразки на 27,8 і 11,2 % ( $p \leq 0,05$ ) відповідно.

Рівень ліпопероксидації, ініційованої  $Fe^{2+}$ , визначається активністю ендogenousних антиоксидантів і, відповідно, характеризує здатність цих сполук гальмувати ПОЛ. Для контрольного зразка м'яса суттєве підвищення вмісту ТБКАП<sub>інк</sub> (у 5,17 раза) і, відповідно, зниження активності ендogenousних антиоксидантів спостерігали з 90- до 210-ї доби.

У I дослідному зразку вміст ТБКАП<sub>інк</sub> упродовж дослідів збільшився в 4,33 раза. Вірогідні зміни цього показника відбувалися зі 120-ї доби. У м'ясі II дослідного зразка достовірна активізація ініційованих  $Fe$  (II) процесів ПОЛ розпочалася, як і в контрольному зразку, з 90-ї доби. До кінця дослідів вміст ТБКАП<sub>інк</sub> у II дослідному зразку зріс у 6,86 раза і досяг рівня відповідного показника контрольного зразка м'яса. Таке підвищення здатності до ліпопероксидації може бути ознакою вичерпання пулу антиоксидантів у цьому зразку наприкінці дослідів.

За даними статистичної обробки, середнє значення  $TБКАП_{інк}$  для контрольного зразка достовірно перевищило цей показник для I і II дослідних зразків м'яса в 1,91 раза, або на 20,2 % ( $p \leq 0,05$ ) відповідно.

Упродовж дослідів  $K_{АОА}$  усіх зразків м'яса поступово, з певними незначними коливаннями, знижувався і наприкінці дослідів досяг мінімального рівня, який в I дослідного зразка на 36,0 % перевищив відповідний контрольний показник, а в II – наблизився до нього (рис.1).

Дані кореляційного аналізу динаміки  $K_{АОА}$  свідчать про збереження достатньо високої узгодженості цього показника в межах досліджених зразків м'яса ( $r = 0,877-0,974$ ,  $p \leq 0,05$ ). Однак порівняно з  $TБКАП_{вих}$  цей зв'язок для дослідних і контрольного зразків м'яса дещо слабший, адже гальмування ПОЛ визначається рівнем ендogenous антиоксидантів, здатних протидіяти АФО і вільним радикалам.

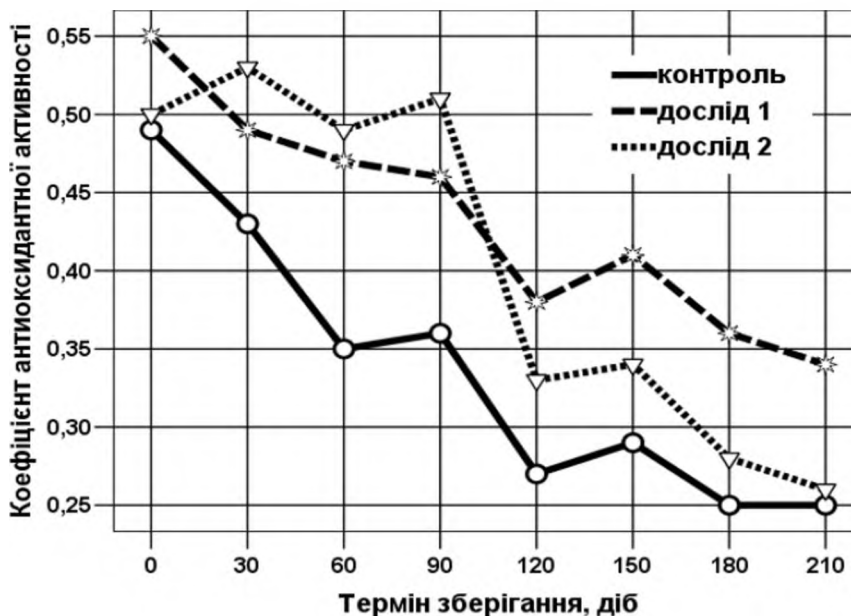


Рис.1. Зміни коефіцієнта антиоксидантної активності досліджених зразків м'яса.

Незважаючи на подібний характер динаміки  $K_{АОА}$ , для контрольного зразка впродовж дослідів встановлено зменшення цього показника у 2,13 раза, I дослідного – 1,67, а II – 1,92 раза. Найменшу мінливість цього показника також відмічено для I дослідного зразка (коефіцієнт варіації 16,7 %), а для контрольного і II дослідного більший коефіцієнт варіації  $K_{АОА}$  (26,3 і 27,9 % відповідно) свідчить про їх вищу мінливість. Отже, введення вітаміну Е до раціону гусей у передзабійному періоді не тільки гальмує окисне псування м'яса I дослідного зразка, а й стабілізує активність ендogenous антиоксидантів у ньому.

Одним із головних критеріїв якості м'ясної сировини є вміст жиророзчинних вітамінів у ньому. Встановлено, що вміст вітаміну Е в м'ясі гусей контрольного зразка до 120-ї доби утримувався на сталому рівні (табл. 2). Однак зі 120-ї доби до кінця дослідів спостерігали зменшення вмісту вітаміну Е на 34,9 % ( $p \leq 0,01$ ). Зниження цього показника, ймовірно, спричинено його антиоксидантною активністю, адже  $\alpha$ -токоферол проявляє антирадикальний ефект за рахунок здатності до утворення мезомерно стабілізованих токоферильних радикалів. Вміст вітаміну А в м'ясі гусей контрольного зразка з 1- до 120-ї доби збільшився на 25,3 % ( $p \leq 0,05$ ) і досяг максимального рівня. Джерелом вітаміну А може бути  $\beta$ -каротин, що за дії  $\beta$ -каротиндіоксигенази трансформується у вітамін А. Дійсно, вже в першій половині дослідів вміст  $\beta$ -каротину зменшився на 14,3 % ( $p \leq 0,05$ ). Упродовж другої частини дослідів вміст вітаміну А зменшився на 27,8 % ( $p \leq 0,05$ ), а  $\beta$ -каротину – на 35,6 % ( $p \leq 0,01$ ). Зниження цих показників свідчить про погіршення якості м'яса.

Збільшення вмісту вітаміну Е в раціоні гусей в передзабійному періоді сприяє накопиченню вітаміну Е в тканинах, тому Е-вітамінна забезпеченість м'яса I дослідного зразка на 32,7 % ( $p \leq 0,01$ ) вища за відповідний показник контролю. До 120-ї доби вміст вітамінів А і Е в м'ясі I дос-

лідного зразка утримувався на вихідному рівні, а  $\beta$ -каротину – зменшився на 13,8 % ( $p \leq 0,05$ ). Упродовж наступних 90 діб на тлі активізації процесів ПОЛ вміст головного тканинного антиоксиданту вітаміну Е знизився на 23,9 % ( $p \leq 0,05$ ), але залишився на 41,7 % ( $p \leq 0,01$ ) вищим за відповідний показник контрольного зразка. Водночас вміст вітаміну А зменшився на 37,4 % ( $p \leq 0,01$ ) і досяг відповідного значення контрольного зразка, а  $\beta$ -каротину – на 27,8 % ( $p \leq 0,01$ ), однак і наприкінці досліду залишився на 15,0 % ( $p \leq 0,05$ ) вищим за контроль.

Таблиця 2 – Вміст жиророзчинних вітамінів у м'ясі гусей (мкг/г,  $M \pm m$ ,  $n=6$ )

| Термін зберігання, діб | Зразок м'яса | Вітамін А       | Вітамін Е          | $\beta$ -каротин |
|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|------------------|
| 1                      | Контрольний  | 3,52 $\pm$ 0,09 | 14,25 $\pm$ 0,11   | 9,23 $\pm$ 0,08  |
| 120                    |              | 4,41 $\pm$ 0,05 | 13,62 $\pm$ 0,34   | 7,91 $\pm$ 0,09  |
| 210                    |              | 2,54 $\pm$ 0,09 | 9,27 $\pm$ 0,49    | 5,94 $\pm$ 0,11  |
| 1                      | І дослідний  | 3,72 $\pm$ 0,08 | 18,91 $\pm$ 0,72** | 9,46 $\pm$ 0,43  |
| 120                    |              | 3,58 $\pm$ 0,05 | 17,26 $\pm$ 0,47** | 8,15 $\pm$ 0,38  |
| 210                    |              | 2,33 $\pm$ 0,04 | 13,14 $\pm$ 0,39** | 6,83 $\pm$ 0,09* |
| 1                      | II дослідний | 3,40 $\pm$ 0,09 | 13,93 $\pm$ 0,52   | 8,98 $\pm$ 0,10  |
| 120                    |              | 3,95 $\pm$ 0,08 | 14,97 $\pm$ 0,39*  | 7,82 $\pm$ 0,12  |
| 210                    |              | 2,29 $\pm$ 0,06 | 8,51 $\pm$ 0,31    | 6,74 $\pm$ 0,15* |

Обробка м'яса розчином вітаміну Е перед закладанням на зберігання сприяє підвищенню Е-вітамінної забезпеченості в першій частині досліду. На 120-ту добу вміст вітаміну Е у м'ясі II дослідного зразка на 12,7 % ( $p \leq 0,05$ ) вищий за контрольний. Подальша інтенсифікація процесів ПОЛ зумовила прискорене витрачання вітаміну Е і зменшення його вмісту в цьому зразку до рівня контрольного. Вміст вітаміну А у м'ясі II зразка зі 120-ї доби зменшився на 32,6 % ( $p \leq 0,01$ ) і наблизився до рівня контрольного, а вміст  $\beta$ -каротину – поступово впродовж усього досліду на 28,3 % ( $p \leq 0,05$ ), але залишився на вірогідно вищому рівні.

**Висновки.** 1. Збільшення вмісту вітаміну Е в раціоні гусей у 2 рази в передзабійному періоді сприяє стабілізації ендогенних антиоксидантів у їхньому м'ясі за його низькотемпературного зберігання впродовж більш тривалого періоду, що підтверджується на 36 % вищим за відповідний контрольний показник рівнем коефіцієнта антиоксидантної активності на 210-ту добу зберігання. М'ясо цього зразка характеризується вірогідно вищим вмістом вітаміну Е і  $\beta$ -каротину (на 41,7 і 19,4 %) наприкінці досліду.

2. За поверхневої обробки м'яса розчином вітаміну Е також відбувається гальмування ПОЛ, втім воно є менш тривалим і характеризується прискореним витрачанням ендогенних антиоксидантів, передусім вітаміну Е. Вміст  $\beta$ -каротину в цьому зразку зменшується повільніше і до кінця досліду залишається вірогідно вищим за контроль.

3. Доцільність застосування розглянутих технологічних режимів зберігання м'яса гусей з використанням вітаміну Е як інгібітора його окисного псування визначається з урахуванням можливостей виробника і вимог до якості харчової сировини.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Цехмістренко С.І., Цехмістренко О.С. Біохімія м'яса та м'ясопродуктів: навч. посібник. Біла Церква, 2014. 192 с.
2. Янчева М., Пешук Л., Дроменко Е. Фізико-хімічні та біохімічні основи технології м'яса і м'ясних продуктів: навч. посібник. Київ: Центр навчальної літератури, 2017. 304 с.
3. Клименко М.М., Віннікова Л.Г., Береза І.Г., Гончаров Г.І. Технологія м'яса та м'ясних продуктів: підручник. Київ: Вища освіта, 2006. 640 с.
4. Estévez M. Oxidative damage to poultry: from farm to fork. Poult Sci. 2015. Vol. 94(6). P. 1368–78. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pev094>.
5. Proteomic approach to characterize biochemistry of meat quality defects/ Schilling M.W., et al. Meat Sci. 2017. Vol. 132. P. 131–138. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.018>.
6. Дмитриева М.А., Розанев Э.Г. Качество мяса и свободные радикалы. Мясная индустрия, 2006. № 12. С. 52–54.
7. Баль-Прилиппко Л.В., Мельничук С.Д., Лоханська В.Й., Слободянюк Н.М. Окисне псування харчових продуктів і методи контролю якісних показників тваринних жирів: навч.-метод. посібник. Київ, 2011. 130 с.
8. Can we improve the nutritional quality of meat? / Scollan N.D., et al. Proc Nutr Soc. 2017. Vol. 76(4). P. 603–618. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0029665117001112>.
9. Гунчак А.В., Ратич І.Б., Андреева Л.В. Роль вітаміну Е в живленні птиці. Біологія тварин. 2007. Т. 9. № 1–2. С. 70–82.

10. Aggarwal B.B., Sundaram C., Prasad S., Kannappan R. Tocotrienols, the vitamin E of the 21-st century: its potential against cancer and other chronic diseases. *Biochem. Pharmacol.* 2010. Vol. 80. № 11. P. 1613–1631. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2010.07.043>.
11. The vitamin E derivative garcinoic acid from *Garcinia kola* nut seeds attenuates the inflammatory response / Wallert M., et al. *Redox Biology*. 2019. Vol. 24. Article 101166. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.redox.2019.101166>.
12. Azzi A., Gysin R., Kempná P., Munteanu A. Vitamin E mediates cell signaling and regulation of gene expression. *Annals of the New York Academy of Sciences. Sci.* 2004. Vol. 1031. P. 86–95.
13. Jean-Marc Zingg. Vitamin E: A Role in Signal Transduction. *Annual Review of Nutrition*. 2015. Vol. 35. P. 135–173. Doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-071714-034347>.
14.  $\alpha$ -Tocopherol disappearance rates from plasma depend on lipid concentrations: studies using deuterium-labeled collard greens in younger and older adults /Traber M.G., et al. *Am J Clin Nutr.* 2015. Vol. 101. P. 752–759.
15. Alirezalu K., Nemati Z., Hajipour M., Besharati M. Quality and shelf-life stability of meat and liver from goose fed diets supplemented with vitamin E. Conference Paper. June 2019. Conference: XVIII european symposium on the quality of eggs and egg products and XXIV european symposium on the quality of poultry meat. At Izmir, Turkey. URL: <https://www.researchgate.net/publication/334204761>.
16. Bartov I., Frigg M. Effect of high concentrations of dietary vitamin E during various age periods on performance, plasma vitamin E and meat stability of broiler chicks at 7 weeks of age. *Br. Poult. Sci.* 1992. Vol. 33. P. 393–402.
17. Azzi A., Stocker A. Vitamin E: non-antioxidant roles. *Prog. lipid Res.* 2000. Vol. 39(3). P. 231–55.
18. Azzi A. Molecular mechanism of  $\alpha$ -tocopherol action. *Free Radic. Biol. Med.* 2007. Vol. 43 № 1. P. 16–21. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2007.03.013>.
19. Azzi A. Many tocopherols, one vitamin E. *Mol. Asp. Med.* 2018. Vol. 61. pp. 92–103. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.mam.2017.06.004>.
20. Azzi A. Tocopherols, tocotrienols and tocomonoenols: Many similar molecules but only one vitamin E. *Redox Biology*. 2019. Vol. 26. Article 101259. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.redox.2019.101259>. Epub 2019 Jun 19.
21. Khadangi F., Azzi A. Vitamin E – the next 100 years. Special Issue on Vitamin E - Regulatory Roles/Guest Editor: Jean-Marc Zingg. *IUBMB*. 2019. Vol. 71. № 4. P. 411–415. URL: <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/iub.1900>
22. High environmental stress yields greater tocotrienol content while changing vitamin E profiles of wild emmer wheat seeds / Watts E.J., et al. *J Med Food*. 2015. Vol. 18. P. 216–223.
23. An excess dietary vitamin E concentration does not influence Nrf2 signaling in the liver of rats fed either soybean oil or salmon oil / Eder K., et al. *Nutrition & metabolism*. 2017. Vol. 14(1). P. 71. Doi: <https://doi.org/10.1186/s12986-017-0225-z>
24. Rearing Romagnola geese in vineyard: pasture and antioxidant intake, performance, carcass and meat quality / Mancinelli A.C., et al. *Italian Journal of Animal Science*. 2019. Vol. 18. № 1. P. 372–380. Doi: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1530960>.
25. Рекомендації з нормування годівлі сільськогосподарської птиці/ під ред. Ю.О. Рябоконя. Бірки: Інститут птахівництва УААН, 2005. 101 с.
26. Шеремет Д.О., Мельник В.В. Розведення гусей у присадибному господарстві: вибір породи і формування батьківського стада. *Сучасне птахівництво*. 2014. № 6. С. 14–15.
27. Критерии и методы контроля метаболизма в организме животных и птиц. Харьков: Институт животноводства НААН. 2011. С. 224–225.
28. Данченко О.О., Пащенко Ю.П., Данченко Н.М., Здоровцева Л.М. Механізми підтримки прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в тканинах печінки гусей в умовах гіпо- і гіпероксії. *Укр. біохім. журн.* 2012. № 6. С. 109–114.
29. Корн Г., Корн Т. *Справочник по математике*. Москва: Наука, 1973. 832 с.

## REFERENCE

1. Tsekhmistrenko, S.I., Tsekhmistrenko, O.S. (2014). *Biokhimiia miasa ta miasoproduktiv: navch. posibnyk* [Biochemistry of Meat and Meat Products: Educ. manual]. Bila Tserkva, 192 p.
2. Yancheva, M., Peshuk, L., Dromenko, E. (2017). *Fizyko-khimichni ta biokhimichni osnovy tekhnolohii miasa i miasnykh produktiv: navch. posibnyk* [Physicochemical and biochemical foundations of the technology of meat and meat products: textbook. manual]. Kyiv: Center for Educational Literature, 304 p.
3. Klymenko M.M., Vinnikova L.H., Bereza I.H., Honcharov H.I. (2006). *Tekhnolohiia miasa ta miasnykh produktiv: pidruchnyk* [Technology of meat and meat products: a textbook]. Kyiv: Higher Education, 640 p.
4. Estévez, M. (2015). Oxidative damage to poultry: from farm to fork. *Poult Sci.* Vol. 94(6), pp. 1368–78. Available et: <https://doi.org/10.3382/ps/pev094>.
5. Schilling, M.W., Suman, S.P., Zhang, X., Nair, M.N., Desai, M.A., Cai, K., Ciaramella, M.A., Allen, P.J. (2017). Proteomic approach to characterize biochemistry of meat quality defects. *Meat Sci.* Vol. 132, pp. 131–138. Available et: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.018>.
6. Dmitrieva, M.A., Rozanov, E.G. (2006). *Kachestvo myasa i svobodnyie radikalyi* [Meat quality and free radicals]. Meat industry, no. 12, pp. 52–54.
7. Bal-Prylypko, L.V., Melnychuk, S.D., Lokhanska, V.I., Slobodianiuk, N.M. (2011). *Okysne psuvannya kharchovykh produktiv i metody kontroliu yakisnykh pokaznykiv tvarynykh zhyriv: navch.-metod. posibnyk* [Oxidative spoilage of food-stuffs and methods of quality control of animal fats: a teaching method. manual]. Kyiv, 130 p.
8. Scollan, N.D., Price, E.M., Morgan, S.A., Huws, S.A., Shingfield, K.J. (2017). Can we improve the nutritional quality of meat? *Proc Nutr Soc.* Vol. 76(4), pp. 603–618. Available et: <https://doi.org/10.1017/S0029665117001112>.
9. Hunchak, A.V., Ratych, I.B., Andreieva, L.V. (2007). *Rol vitaminu E v zhyvlenni ptytsi* [The role of vitamin E in bird nutrition]. *Biolohiia tvaryn* [Animal biology]. Vol. 9, no. 1–2, pp. 70–82.

10. Aggarwal, B.B., Sundaram, C., Prasad, S., Kannappan, R. (2010). Tocotrienols, the vitamin E of the 21-st century: its potential against cancer and other chronic diseases. *Biochem. Pharmacol.* Vol. 80, no. 11, pp. 1613–1631. Available et: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2010.07.043>.
11. Wallert, M., Bauer, J., Kluge, S., Schmolz, L., Chen, Y.C., Ziegler, M., Searle, A.K., Maxones, A., Schubert, M., Thurner, M., Pein, H., Koerberle, A., Werz, O., Birringer, M., Peter, K., Lorkowski, S. (2019). The vitamin E derivative garcinoic acid from *Garcinia kola* nut seeds attenuates the inflammatory response. *Redox Biology.* Vol. 24, Article 101166. Available et: <https://doi.org/10.1016/j.redox.2019.101166>.
12. Azzi, A., Gysin, R., Kempná, P., Munteanu, A. (2004). Vitamin E mediates cell signaling and regulation of gene expression. *Annals of the New York Academy of Sciences. Sci.* Vol. 1031, pp. 86–95.
13. Jean-Marc, Zingg. (2015). Vitamin E: A Role in Signal Transduction. *Annual Review of Nutrition.* Vol. 35, pp. 135–173. Available et: <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-071714-034347>.
14. Traber, M.G. Leonard, S.W., Bobe, G., Fu, X., Saltzman, E., Grusak, M.A., Booth, S.L. (2015).  $\alpha$ -Tocopherol disappearance rates from plasma depend on lipid concentrations: studies using deuterium-labeled collard greens in younger and older adults. *Am J Clin Nutr.* Vol. 101, pp. 752–759.
15. Alirezalu, K., Nemati, Z., Hajipour, M., Besharati, M. (2019). Quality and shelf-life stability of meat and liver from goose fed diets supplemented with vitamin E. Conference Paper. June Conference: XVIII european symposium on the quality of eggs and egg products and XXIV european symposium on the quality of poultry meat. At Izmir, Turkey. Available et: <https://www.researchgate.net/publication/334204761>
16. Bartov, I., Frigg, M. (1992). Effect of high concentrations of dietary vitamin E during various age periods on performance, plasma vitamin E and meat stability of broiler chicks at 7 weeks of age. *Br. Poult. Sci.* Vol. 33, pp. 393–402.
17. Azzi, A., Stocker, A. (2000). Vitamin E: non-antioxidant roles. *Prog. lipid Res.* Vol. 39(3), pp. 231–55.
18. Azzi, A. (2007). Molecular mechanism of  $\alpha$ -tocopherol action. *Free Radic. Biol. Med.* Vol. 43, no. 1, pp. 16–21. Available et: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2007.03.013>.
19. Azzi, A. (2018). Many tocopherols, one vitamin E. *Mol. Asp. Med.* Vol. 61, pp. 92–103. Available et: <https://doi.org/10.1016/j.mam.2017.06.004>.
20. Azzi, A. (2019). Tocopherols, tocotrienols and tocomonoenols: Many similar molecules but only one vitamin E. *Redox Biology.* Vol. 26. Article 101259. Available et: <https://doi.org/10.1016/j.redox.2019.101259>. Epub 2019 Jun 19.
21. Khadangi, F., Azzi, A. (2019). Vitamin E – the next 100 years. Special Issue on Vitamin E - Regulatory Roles/Guest Editor: Jean-Marc Zingg. *IUBMB.* Vol. 71. № 4, pp. 411–415. Available et: <https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/iub.1900>.
22. Watts, E.J., Shen, Y., Lansky, E.P., Nevo, E., Bobe, G., Traber, M.G. (2015). High environmental stress yields greater tocotrienol content while changing vitamin E profiles of wild emmer wheat seeds. *J Med Food.* Vol. 18, pp. 216–223.
23. Eder, K., Siebers, M., Most, E., Scheibe, S., Weissmann, N., Gessner, D.K. (2017). An excess dietary vitamin E concentration does not influence Nrf2 signaling in the liver of rats fed either soybean oil or salmon oil. *Nutrition & metabolism.* Vol. 14(1), 71 p. Available et: <https://doi.org/10.1186/s12986-017-0225-z>.
24. Mancinelli, A.C., Mattioli, S., Dal Bosco, A., Piottoli, L., Ranucci, D., Branciarri, R., Cotozzolo, E., Castellini, C. (2019). Rearing Romagna geese in vineyard: pasture and antioxidant intake, performance, carcass and meat quality Italian Journal of Animal Science. Vol. 18, no. 1, pp. 372–380. Available et: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1530960>.
25. Riabokonia, Yu.O. (2005). Rekomendatsii z normuvannia hodivli silskohospodarskoi ptytsi [Rationing guidelines for farm poultry feeding]. Birky: Instytut ptakhivnytstva UAAN [Tags: Institute of Poultry Breeding, UAAS]. 101 p.
26. Sheremet, D.O., Melnyk, V.V. (2014). Rozvedennia husei u prysadybnomu hospodarstvi: vybir porody i formuvannia batkivskoho stada [Breeding geese in the farm: selection of breed and formation of parent flock]. *Suchasne ptakhivnytstvo [Modern poultry farming]*. no 6, pp. 14–15.
27. Kriterii i metody kontrolya metabolizmu v organizme zhivotnykh i ptits [Criteria and methods for controlling metabolism in animals and birds]. (2011) Kharkov: Institut zhivotnovodstva NAAN [Kharkov: Institute of Livestock NAAS]. pp. 224–225.
28. Danchenko, O.O., Pashchenko, Yu.P., Danchenko, N.M., Zdorovtseva, L.M. (2012). Mekhanizmy pidtrymky prooksydantno-antyoksydantnoi rovnovagi v tkanyakh pechinky husei v umovakh hipo- i hiperoksii [Mechanisms of prooxidant-antioxidant balance in geese liver tissues under hypo- and hyperoxia conditions]. *Ukr. biokhim. Zhurn [Ukrainian Biochemical Journal]*. no. 6, pp 109–114.
29. Korn, G., Korn, T. (1973). *Spravochnik po matematike [Math reference]*. Moscow: Science, 832 p.

#### **Витамин Е как ингибитор окислительной порчи мяса гусей при хранении**

**Данченко Е.А., Рубан А.В., Здоровцева Л.Н., Данченко Н.Н., Гапоненко Т.Н., Коляденко В.В.**

Исследовано влияние витамина Е при различных способах его применения на содержание продуктов липопероксидации и активность эндогенных антиоксидантов в мясе гусей во время его хранения ( $-18^{\circ}\text{C}$ ). Для хранения использовано мясо гусей трех образцов. Мясо контрольного образца получено от гусей, откормленных на стандартном рационе. Мясо I опытного образца получено от гусей, рацион которых с 42- по 63-е сутки отличался от рациона гусей контрольной группы вдвое большим (40 мг/кг) содержанием витамина Е. Мясо II опытного образца получено от гусей контрольной группы путем его обработки раствором витамина Е (в расчете 100 мкг на г мяса) непосредственно перед закладкой на хранение. Срок хранения мяса – 210 суток. Установлено, что интенсивное накопление вторичных продуктов липопероксидации (ТБКАП) в мясе гусей во время его хранения началось с 90-х суток. Увеличение вдвое содержания витамина Е в рационе гусей способствовало достоверному (на 27,6 %,  $p \leq 0,05$ ) снижению содержания ТБКАП в мясе I опытного образца по сравнению с контрольным в конце опыта. Добавление витамина Е в рацион гусей способствовало стабилизации антиоксидантного пула в их мясе, что подтверждается в 1,88 раза низким уровнем ТБКАП при инициации пероксидного окисления  $\text{Fe}^{2+}$  и на 36,0 %, ( $p \leq 0,05$ ) высоким коэффициентом

антиоксидантної активності в цьому образці по сравнению з контрольним на 210-е сутки. В концe опыта содержание витамина Е во II опытном образце на 41,7 % ( $p \leq 0,01$ ) выше, чем в контроле,  $\beta$ -каротина – на 15,0 % ( $p \leq 0,05$ ), а витамина А – на уровне контрольного образца. Обработка мяса гусей раствором витамина Е также обеспечивает достоверное торможение процессов пероксидного окисления в течение первой половины опыта. Однако в концe опыта содержание ТБАП во II опытном образце мяса достигло уровня соответствующего контрольного показателя. Со 120-х суток началось более интенсивное использование эндогенных антиоксидантов, свидетельством чего является снижение коэффициента антиоксидантной активности в мясе этого опытного образца до уровня контрольного на 210-е сутки. Мясо этого образца отличается от контрольного достоверно высшим содержанием  $\beta$ -каротина (на 13,5 %,  $p \leq 0,05$ ). Таким образом, для получения пролонгированного антиоксидантного эффекта при низкотемпературном хранении мяса целесообразнее добавление витамина Е в рацион гусей в предубойном периоде.

**Ключевые слова:** гуси, хранение мяса, продукты липопероксидации, антиоксидантная активность, витамины Е, А,  $\beta$ -каротин.

#### **Vitamin E as an inhibitor of oxidative damage to goose meat storage**

**Danchenko E., Ruban A., Zdorovtseva L., Danchenko N., Gaponenko T., Kolyadenko V.**

The vitamin E effect on the lipid peroxidation product content and the endogenous antioxidant activity (at -18 C during the different types of storage) has been studied in goose meat. The goose meat of three samples has been used for storage. Meat of control sample has been obtained from geese fed by the standard diet.

The 1st meat test sample of geese differs from the control group by two times higher content of vitamin E (40 mg / kg) in their diet from the 42<sup>nd</sup> to the 63<sup>rd</sup> day.

Meat of the 2nd test sample obtained from the control group of geese is processed by a vitamin E solution (calculated at 100 mcg per g of meat) immediately before storage. The shelf life of meat is 210 days. It has been established that the intensive accumulation of the secondary lipid peroxidation products begins from the 90th day in the goose meat during its storage. In the goose diet a double increase of the vitamin E has contributed a significant (by 27.6%,  $p \leq 0.05$ ) TBA-AP decrease in the first meat test sample in comparison with the control group at the end of the experiment.

The addition of vitamin E to the diet of geese has contributed the stabilization of the antioxidant pool in their meat. It has been confirmed by a 1.88-fold lower level of TBA-AP upon initiation of peroxide oxidation of  $Fe^{2+}$  and by the higher coefficient of antioxidant activity (36.0%,  $p \leq 0.05$ ) in this sample in comparison with the control on the 210th day.

At the end of the experiment, the vitamin E content is higher 41.7 % ( $p \leq 0.01$ ) in the first sample than in the control,  $\beta$ -carotene - 15.0 % ( $p \leq 0.05$ ), and vitamin A is at the level of the control sample. Processed goose meat with a solution of vitamin E also provides reliable inhibition of peroxidation processes during the first half of the experiment.

However, at the end of the experiment the content of TBA-AP reaches the level of the corresponding control indices in the 2nd test sample of meat. From the 120th day, there has been the more intensive use of endogenous antioxidants. The antioxidant activity coefficient decreasing to the control level on the 210th day in this meat sample is its conformation. The meat of this sample differs by a higher content of  $\beta$ -carotene from the control sample significantly (by 13.5%,  $p \leq 0.05$ ). Thus, to obtain a prolonged antioxidant effect during low-temperature storage of meat it is more advisable to add vitamin E to the diet of geese in the pre-slaughter period.

**Key words:** geese, meat storage, lipoperoxidation products, antioxidant activity, vitamins E, A,  $\beta$ -carotene.

*Надійшла 10.10.2019 р.*



ДАНЧЕНКО О.О., ID <https://orcid.org/0000-0001-5049-3446>  
ЗДОРОВЦЕВА Л.М., ID <https://orcid.org/0000-0001-8682-9546>  
ДАНЧЕНКО М.М., ID <https://orcid.org/0000-0001-7555-6511>  
ГАПОНЕНКО Т.М., ID <https://orcid.org/0000-0001-6695-8981>  
КОЛЯДЕНКО В.В., ID <https://orcid.org/0000-0002-0949-1374>