

УДК 614.3:[637.434:577.1]

В.В. ГОНЧАР, здобувач наукового ступеня доктора філософії,*
О.М. ЯКУБЧАК, доктор ветеринарних наук, професор
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ
vitaliyhonchar@nubip.edu.ua

Вплив лікопіну та астаксантину на морфологічні показники ХАРЧОВИХ КУРЯЧИХ ЯЄЦЬ ЗА РІЗНИХ РЕЖИМІВ ЗБЕРІГАННЯ

Анотація. Досліджували вплив згодовування лікопіну та астаксантину курям-несучкам на морфологічні показники харчових яєць. Експеримент складався з трьох періодів і тривав 90 діб. Для цього було сформовано 3 групи курей по 15 голів у кожній. Контрольній групі згодовували повнораціонний комбікорм, першій дослідній – лікопін у дозах 20, 40, 60 мг/кг комбікорму, другій дослідній – астаксантин у дозах 10, 20, 30 мг/кг комбікорму з 1- до 30-ї, з 31- до 60-ї, з 61- до 90-ї доби, відповідно. Від кожної групи курей-несучок відбирали яйця і ділили на дві партії. Першу партію зберігали за температури $4\pm 0,5$ °С, а другу – за температури $12\pm 0,5$ °С. Обидві партії яєць зберігали впродовж 30 діб.

Згодовування курям-несучкам лікопіну в дозах 20, 40, 60 мг/кг чи астаксантину в дозах 10, 20 та 30 мг/кг комбікорму не впливає на морфологічні показники яєць за зберігання в умовах $4\pm 0,5$ °С.

Зберігання яєць курей, які отримували добавки лікопіну в дозі 20 мг/кг чи астаксантину в дозі 10 мг/кг комбікорму, за температури $12\pm 0,5$ °С впродовж 30 діб сприяло зниженню маси курячих яєць на 0,66 та на 0,92%, відповідно, що відбулося за рахунок зменшення маси білка на 1,01 та 1,73%, відповідно.

Зберігання яєць впродовж 30 діб за температури $12\pm 0,5$ °С, отриманих від курей, яким згодовували добавки як лікопіну в дозі 40 мг/кг, так і астаксантину в дозі 20 мг/кг комбікорму сприяло зниженню маси яєць на 0,75% та маси білка – на 1,13%, відповідно, і на 0,78% – маси яєць та маси білка – на 1,02%, відповідно.

Зберігання яєць курей, які отримували добавки лікопіну в дозі 60 мг/кг чи астаксантину в дозі 30 мг/кг комбікорму, за температури $12\pm 0,5$ °С призвело до зниження маси яєць на 0,71 і 0,67% та маси білка – на 1,19 і 1,56%, відповідно.

Ключові слова: астаксантин, лікопін, зберігання, яйця харчові, кури-несучки

Яйця курей мають природний баланс необхідних для людини поживних речовин. Крім того, як правило, курячі яйця вважаються важливою складовою харчування людини.

Висока поживна й біологічна цінність та доступність у якості джерела тваринного повноцінного білка робить харчові курячі яйця продуктом, що користується значним попитом у споживачів.

Актуальним і важливим є питання безпечності та якості харчових курячих яєць. Можливість достатньо тривалого зберігання курячих харчових яєць забезпечує їх природна будова та хімічний склад. Необхідно також враховувати такий чинник як температурно-вологісний режим під час зберігання.

Температура та термін зберігання яєць є основними чинниками, що визначають їх придатність до вживання. Встановлено, що зберігання яєць за кімнатної температури призводило до вірогідного погіршення їх якості, порівняно з яйцями, що зберігалися у холодильних камерах (Al-Natour et al., 2011).

Крім того, яйця є важливим природним джерелом каротиноїдів у раціоні людини. Колір жовтка поряд із кольором шкаралупи, смаком та зовнішнім виглядом є однією з найважливіших характеристик яєць, що впливає на поведінку споживача, уподобання та переваги щодо вибору продукту. До таких каротиноїдів відносяться лікопін та астаксантин. Лікопін – неоксигенований ациклический каротиноїд, який надає червоного забарвлення

помідорам та продуктам їх переробки, має сильну антиоксидантну дію (Rissanen et al., 2002)

Астаксантин – оксигенізований похідний каротиноїд, який має різні корисні характеристики, такі як поліпшення антиоксидантної здатності (Zhao et al., 2019) та інгібування перекисного окиснення ліпідів (Naguib, 2000). До того ж астаксантин – один із найсильніших антиоксидантів, що трапляються в природі (Zhang et al., 2017). Однак використання лікопіну та астаксантину як барвників жовтків харчових яєць потребує дослідження впливу режимів зберігання яєць на їх якість та безпечність.

Метою було дослідити морфологічні показники харчових яєць за різних режимів їх зберігання за згодовування курям-несучкам добавок лікопіну і астаксантину.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили на базі віварію факультету ветеринарної медицини НУБіП України. Дослід складався з трьох періодів і тривав 90 діб. Для досліду використали яйця, отримані від курей-несучок кросу "Хай-Лайн" W-36. Для цього було сформовано 3 групи курей по 15 голів у кожній. Курям контрольної групи згодовували повнораціонний комбікорм, першої дослідної групи – добавку масляного екстракту лікопіну в дозах 20, 40, 60 мг/кг комбікорму, другої – масляного екстракту астаксантину в дозах 10, 20, 30 мг/кг комбікорму з 1- до 30-ї, з 31- до 60-ї, з 61- до 90-ї доби. Від кожної групи курей-несучок вранці перед годівлею протягом останніх п'яти діб кожного періоду досліду, а саме: з 25- до 30-ї доби (період I), з 55- до 60-ї доби (період II) та з 85- до 90-ї доби (період III) відбирали всі яйця, зважували, сортували, закладали в картонні горбасті прокладки та ділили на дві партії. Першу партію розміщували на зберігання в холодильнику за температури $4\pm 0,5$ °C та вологості 80-85%, а другу партію зберігали в яйцескладі за температури $12\pm 0,5$ °C і вологості 70-75%. Обидві партії яєць зберігали впродовж 30 діб.

Для визначення морфологічного складу яєць перед закладенням на зберігання та на 30-у добу зберігання відбирали по 10 яєць однакової маси від курей кожної групи, які належали до першої категорії згідно ДСТУ 5028:2008.

Морфологічний склад (маса яєць, білка, жовтка, шкаралупи визначали згідно загальноприйнятих методів (ДСТУ 5028:2008). Статистичну обробку даних проводили в програмі ANOVA з використанням тесту Тьюкі. Різницю між показниками вважали вірогідною при $P\leq 0,05$.

Результати досліджень. За згодовування курям-несучкам комбікорму з вмістом лікопіну 20 мг/кг чи астаксантину в дозі 10 мг/кг комбікорму впродовж 30 діб не було встановлено змін стосовно маси яєць, маси білка, маси жовтка та маси шкаралупи свіжознесених яєць порівняно з контрольною групою (табл. 1).

Зберігання яєць курей, що отримували добавки лікопіну в дозі 20 мг/кг та астаксантину в дозі 10 мг/кг комбікорму, за температури $4\pm 0,5$ °C упродовж 30 діб не впливало на масу яєць, масу білка, жовтка та шкаралупи порівняно з контролем.

За зберігання курячих яєць за температури $12\pm 0,5$ °C, які отримували добавку лікопіну в дозі 20 мг/кг комбікорму чи астаксантину в дозі 10 мг/кг комбікорму встановлено, що їх маса знизилася на 0,66 та 0,92%, відповідно, порівняно з контролем. Це відбувалося за рахунок зниження маси білка яєць курей першої дослідної групи на 1,01% та другої дослідної – на 1,73%, порівняно з контролем (табл. 1).

Встановлено що згодовування курям-несучкам комбікорму з вмістом лікопіну 40 мг/кг чи астаксантину 20 мг/кг комбікорму впродовж 30 діб не впливало на масу свіжознесених яєць, масу білка і жовтка, а також шкаралупи, порівняно з контрольною групою (табл. 2).

Зберігання яєць курей, що отримували добавку лікопіну в дозі 40 мг/кг чи астаксантину в дозі 20 мг/кг ком-



1. Морфологічні показники яєць за різних режимів зберігання за застосування курям-несучкам добавки лікопіну в дозі 20 мг/кг та астаксантину в дозі 10 мг/кг ($M \pm m$, $n=10$)

Показник, г	Група курей		
	контрольна	дослідні	
		1	2
	Свіжознесені яйця		
Маса яєць	58,38±0,30	58,51±0,28	58,49±0,27
Маса білка	35,96±0,56	35,45±0,80	35,52±0,43
Маса жовтка	16,39±0,16	16,90±0,15	16,89±0,20
Маса шкаралупи	6,03±0,31	6,16±0,39	6,08±0,23
	Зберігання за температури 4±0,5 °C та вологості 80-85%		
Маса яєць	57,38±0,81	57,32±0,46	57,28±0,48
Маса білка	35,64±0,70	35,60±0,87	35,50±0,75
Маса жовтка	15,71±0,54	15,65±0,34	15,49±0,37
Маса шкаралупи	6,03±0,31	6,07±0,35	6,40±0,33
	Зберігання за температури 12±0,5 °C та вологості 70-75%		
Маса яєць	57,40±0,59	56,74±0,48*	56,48±0,27*
Маса білка	36,87±0,84	35,86±0,45*	35,14±0,59*
Маса жовтка	14,35±0,37	15,03±0,36	15,22±0,40
Маса шкаралупи	5,74±0,22	5,85±0,13	6,07±0,31

Примітка: * – $P \leq 0,05$ (порівняно з контролем).

бікорму за температури 4±0,5 °C не впливало на їх морфологічні параметри порівняно з контрольною групою.

Зберігання яєць упродовж 30 діб за температури 12±0,5 °C, отриманих від курей, яким згодовували добавку лікопіну в дозі 40 мг/кг комбікорму, знижувало масу яєць на 0,75% і масу білка – на 1,13%, але не впливало масу жовтка та шкаралупи, порівняно з контролем.

Добавка астаксантину в дозі 20 мг/кг комбікорму для курей-несучок впливала на морфологічні показники яєць за зберігання їх за температури 12±0,5 °C, а саме: сприяла зменшенню маси яєць на 0,78% та маси білка – на 1,02%, порівняно з контролем (табл. 2).

За згодовування курям-несучкам лікопіну в дозі 60 мг/кг комбікорму чи астаксантину в дозі 30 мг/кг комбікорму впродовж 30 діб не виявлено змін морфологічного складу курячих яєць, порівняно з контрольною групою.

Зберігання яєць протягом 30 діб за температури 4±0,5 °C за згодовування курям добавки лікопіну в дозі 60 мг/кг чи астаксантину в дозі 30 мг/кг комбікорму не впливало на масу курячих яєць, масу білка, жовтка та шкаралупи (табл. 3).

Зберігання яєць за температури 12±0,5 °C, отриманих від курей, яким згодовували добавки лікопіну в дозі 60 мг/кг комбікорму, зменшувало масу яєць на 0,71% за рахунок зменшення маси білка на 1,19% порівняно з контролем. Згодовування курям-несучкам астаксантину в дозі 30 мг/кг комбікорму впливало на морфологічні показники яєць

за зберігання за температури 12±0,5 °C шляхом зменшення маси яєць на 0,67% за рахунок зниження маси білка на 1,56%, порівняно з контролем (табл. 3).

Таким чином, нашими дослідженнями встановлено, що якість яєць за показниками їх морфологічного складу знижувалася зі збільшенням температури зберігання до 12±0,5 °C порівняно з аналогічними показниками за температури 4±0,5 °C упродовж 30 діб зберігання.

Необхідно зазначити, що міцність яєчної шкаралупи є важливим показником якості яєць. На якість яєчної шкаралупи, в основному, впливає засвоєння кальцію та фосфору з раціону курей (*Küçükyılmaz et al., 2014*). У цьому дослідженні рівень лікопіну та астаксантину в раціоні курей не впливали на масу яєчної шкаралупи.

Швидкість втрати маси яєць під час їх зберігання є важливим показником для оцінки свіжості яєць, яка безпосередньо пов'язана з їх економічною цінністю (*Wardy et al., 2013*). У попередніх дослідженнях було показано, що термін зберігання та температура помітно впливають на втрату маси яєць (*Silversides and Scott, 2001; Hammershoj et al., 2008*). Крім того, зі збільшенням часу зберігання за 12±0,5 °C втрата маси яєць збільшувалася, а маса жовтка та шкаралупи не змінювалися. У проведеному дослідженні втрата маси яєць зростала в процесі зберігання як під впливом лікопіну, так і астаксантину за температури 12±0,5 °C.

Наше дослідження свідчить, що під час зберігання яєць за 4±0,5 і 12±0,5 °C маса жовтка та шкаралупи залишалися

незмінними, а втрата маси яєць збільшувалася за рахунок білка, що було схоже на попередні результати досліджень інших авторів (Wardy et al., 2013., Wang et al., 2015). Більше того, попередні дослідження інших дослідників свідчать, що додавання до корму лікопіну та астаксантину не впливає на якість яєць, за винятком кольору жовтка (Walker et al., 2012). Наші ж результати свідчать, що додавання до раціону курей-несучок лікопіну та астаксантину не впливали на масу жовтка та шкаралупи яєць.

Цікаво, що зберігання яєць за $4\pm 0,5$ °C у разі згодуювання курям-несучкам як лікопіну, так і астаксантину не призводило до змін якості яєць стосовно морфологічних показників. Відомо, що лікопін та астаксантин успішно використовують для поліпшення пігментації яєчних жовтків або м'яса птиці (Takahashi et al., 2004; Walker et al., 2012). Крім того, лікопін та астаксантин можуть поглинати вільні радикали шляхом самоокиснення, що пов'язано з деградацією каротиноїдів через перенесення збуджених електронів синглетного кисню в каротиноїдний ланцюг (Fleischmann et al., 2020; Kumar et al., 2020). Підвищення активності антиоксидантних ферментів, наприклад, глутатіонпероксидази в жовтку та білку може покращити антиоксидантний статус яєць (Pappas et al., 2005). У цьому дослідженні затримка зниження маси жовтка могла бути частково пов'язана зі збільшенням стійкості та зменшенням деформації мембрани вітеллі-

ну, спричиненої, у свою чергу, наявністю кінцевого кільця каротиноїдів, що зв'язується з клітинною мембраною (Goto et al., 2001). Причиною різниці маси яєць за зберігання за температурного режиму $12\pm 0,5$ °C може бути їх внутрішнє окиснення, яке відбувається швидше за більш високих температур, а лікопін та астаксантин не можуть ефективно запобігти цьому процесу.

Під час зберігання яєць маса жовтка залишається незмінною через поглинання води з білка або перекисного окиснення ліпідів поліненасичених жирних кислот (Wang et al., 2015). У цьому дослідженні маса жовтка яєць не збільшувалася впродовж всього терміну зберігання, що узгоджується з результатами дослідження інших авторів (Walker et al., 2012).

Однак ми виявили, що добавки лікопіну та астаксантину не впливають на морфологічні показники яєць під час зберігання за $4\pm 0,5$ °C, що може бути пов'язано з тим, що каротиноїди, в основному, відкладаються в жовтку (Toyes-Vargas et al., 2018).

Ці результати можуть бути пов'язані з антиоксидантною здатністю лікопіну та астаксантину. Однак механізм, що лежить в основі цієї взаємодії між каротиноїдами, терміном зберігання та впливу їх на харчові яйця вимагає подальшого вивчення.

Таким чином, ми продемонстрували, що добавки лікопіну та астаксантину суттєво не впливали на якість свіжо-

2. Морфологічні показники яєць за різних режимів зберігання за застосування курям-несучкам добавки лікопіну в дозі 40 мг/кг та астаксантину в дозі 20 мг/кг ($M \pm m$, $n = 10$)

Показник, г	Група курей		
	контрольна	дослідні	
		1	2
Свіжознесені яйця			
Маса яєць	58,38±0,30	58,47±0,28	58,49±0,28
Маса білка	35,56±1,73	35,43±0,55	35,41±0,53
Маса жовтка	17,27±0,39	17,20±0,44	17,16±0,26
Маса шкаралупи	5,56±0,163	5,84±0,13	5,92±0,27
Зберігання за температури $4\pm 0,5$ °C та вологості 80-85%			
Маса яєць	57,21±0,50	57,60±0,31	57,35±0,36
Маса білка	34,49±0,92	35,41±0,43	35,03±0,56
Маса жовтка	16,72±0,41	16,40±0,27	16,40±0,38
Маса шкаралупи	6,00±0,33	5,79±0,24	5,92±0,29
Зберігання за температури $12\pm 0,5$ °C та вологості 70-75%			
Маса яєць	57,25±0,52	56,50±0,77*	56,47±0,45*
Маса білка	35,30±0,75	34,17±0,72*	34,28±0,68*
Маса жовтка	16,00±0,43	16,13±0,26	16,24±0,40
Маса шкаралупи	5,95±0,26	5,89±0,10	5,95±0,18

Примітка: * – $P \leq 0,05$ (порівняно з контролем).

знесенних яєць стосовно морфологічних показників. Результати свідчать, що лікопін та астаксантин не впливають на морфологічні показники курячих яєць під час зберігання за $4\pm 0,5$ °C упродовж 30 діб, але мають вплив під час зберігання за $12\pm 0,5$ °C. На підставі отриманих результатів дослідження рекомендуємо використовувати добавки лікопіну та астаксантину в раціонах для курей-несучок для забарвлення жовтків харчових яєць, але зберігати такі харчові яйця, збагачені лікопіном чи астаксатином, бажано за температури $4\pm 0,5$ °C упродовж 30 діб.

ВИСНОВКИ

1. Зберігання харчових яєць за згодовування курям-несучкам лікопіну в дозі 20 мг/кг та астаксантину в дозі 10 мг/кг за температурного режиму $4\pm 0,5$ °C і вологості 80-85% суттєво не впливає на морфологічні показники, що характеризують їх якість.
2. Згодовування курям-несучкам добавок лікопіну в дозах 20, 40, 60 мг/кг та астаксантину в дозах 10, 20, 30 мг/кг сприяє зниженню маси яєць, в основному, за рахунок зменшення маси білка упродовж 30 діб їх зберігання за температури $12\pm 0,5$ °C і вологості 70-75%.

Перспективи подальших досліджень полягають у визначенні впливу добавок лікопіну та астаксантину в раціоні курей-несучок на жирнокислотний склад жовтків за різних температурних режимів зберігання яєць. ■



3. Морфологічні показники яєць за різних режимів зберігання за застосування курям-несучкам добавок лікопіну в дозі 60 мг/кг та астаксантину в дозі 30 мг/кг ($M \pm m, n = 10$)

Показник, г	Група курей		
	контрольна	дослідні	
		1	2
Свіжознесені яйця			
Маса яєць	58,41±0,16	58,56±0,20	58,48±0,25
Маса білка	35,46±0,43	35,44±0,26	35,10±0,32
Маса жовтка	17,25±0,15	17,34±0,19	17,42±0,13
Маса шкаралупи	5,70±0,23	5,78±0,11	5,96±0,18
Зберігання за температури $4\pm 0,5$ °C та вологості 80-85%			
Маса яєць	57,16±0,18	57,29±0,29	57,18±0,50
Маса білка	34,85±0,85	34,60±0,41	34,66±0,56
Маса жовтка	16,63±0,59	16,88±0,37	16,55±0,11
Маса шкаралупи	5,68±0,26	5,81±0,12	5,97±0,14
Зберігання за температури $12\pm 0,5$ °C та вологості 70-75%			
Маса яєць	56,87±0,58	56,16±0,44*	56,20±0,35*
Маса білка	34,87±0,68	33,68±0,52*	33,31±0,84*
Маса жовтка	16,37±0,48	16,63±0,34	16,85±0,58
Маса шкаралупи	5,73±0,23	5,85±0,12	6,03±0,17

Примітка: * – $P \leq 0,05$ (порівняно з контролем).

В.В. Гончар, О.Н. Якубчак

Влияние ликопина и астаксантина на морфологические показатели пищевых куриных яиц при различных режимах хранения

Аннотация. Исследовали влияние скармливания ликопина и астаксантина курам-несушкам на морфологические показатели пищевых яиц. Эксперимент состоял из трех периодов и продолжался 90 суток. Для этого было сформировано 3 группы кур по 15 голов в каждой. Контрольной группе скармливали полнорационные комбикорма, Первые его исследовательской – ликопин в дозах 20, 40, 60 мг/кг комбикорма, второй опытной – астаксантин в дозах 10, 20, 30 мг/кг комбикорма с 1- до 30-х, с 31- до 60-х, с 61- до 90-х суток соответственно. От каждой группы кур-несушек отбирали яйца и делили на две партии. Первую партию хранили при температуре $4\pm 0,5^\circ\text{C}$, а вторую – при температуре $12\pm 0,5^\circ\text{C}$. Обе партии яиц хранили в течение 30 дней.

Скармливания курам-несушкам ликопина в дозе 20, 40, 60 мг/кг или астаксантина в дозе 10, 20 и 30 мг/кг комбикорма не влияет на морфологические показатели яиц при хранении в условиях $4\pm 0,5^\circ\text{C}$. Хранение яиц кур, получавших добавки ликопина в дозе 20 мг/кг или астаксантина в дозе 10 мг/кг комбикорма, при температуре $12\pm 0,5^\circ\text{C}$ в течение 30 суток способствовало снижению массы куриных яиц на 0,66% и на 0,92% соответственно, что произошло за счет снижения массы белка на 1,01% и 1,73% соответственно. Хранение яиц в течение 30 суток при температуре $12\pm 0,5^\circ\text{C}$, полученных от кур, которым скармливали добавки как ликопина в дозе 40 мг/кг, так и астаксантина в дозе 20 мг/кг комбикорма способствовало снижению массы яиц на 0,75% и массы белка – на 1,13%, соответственно, и на 0,78% – массы яиц и массы белка – на 1,02%, соответственно. Хранение яиц кур, получавших добавки ликопина в дозе 60 мг/кг или астаксантина в дозе 30 мг/кг комбикорма – при температуре $12\pm 0,5^\circ\text{C}$ привело к снижению массы яиц на 0,71 и 0,67%, соответственно, и массы белка на 1,19 и 1,56%, соответственно.

Ключевые слова: астаксантин, ликопин, хранения, яйца пищевые, куры-несушки

Література

- ДСТУ 5028:2008. Яйця курячі харчові технічні умови Вид. офіц. Чинний від 01.01.2010. 23 с.
- Al-Natour S., Benbasat I., Cenfetelli R. The adoption of online shopping assistants: Perceived similarity as an antecedent to evaluative beliefs. *Journal of the Association for Information Systems*. 2011. Vol. 12. No 5. Article 2. doi: 10.17705/1jais.00267.
- Fleischmann C., Bar-Ilan N., Horowitz M., Bruchim Y., Deuster P., Heled Y. Astaxanthin supplementation impacts the cellular HSP expression profile during passive heating. *Cell Stress and Chaperones*. 2020. Vol. 25 (3). P. 549–558. doi:10.1007/s12192-019-01061-4.
- Goto S., Kogure K., Abe K., Kimata Y., Kitahama K., Yamashita E., Terada H. Efficient radical trapping at the surface and inside the phospholipid membrane is responsible for highly potent antiperoxidative activity of the carotenoid astaxanthin. *Biochimica et Biophysica Acta*. 2001. Vol. 1512, № 2. P. 251–258. doi: 10.1016/s0005-2736(01)00326-1.
- Hammershøj M., Nebel C., Carstens J.H. Enzymatic hydrolysis of ovomucin and effect on foaming properties. *Food Research International*. 2008. Vol. 41. P. 522–531. doi:10.1016/j.foodres.2008.03.004
- Kumar A., Dhaliwal N., Dhaliwal J., Dharavath R.N., Chopra K. Astaxanthin attenuates oxidative stress and inflammatory responses in complete Freund-adjutant-induced arthritis in rats. *Pharmacological reports*. 2020. Vol. 72 (1). P. 104–114. doi:10.1007/s43440-019-00022-z.
- Küçükyılmaz K., Erkek R., Bozkurt M. The effects of boron supplementation of layer diets varying in calcium and phosphorus concentrations on performance, egg quality, bone strength and mineral constituents of serum, bone and faeces. *British Poultry Science*. 2014. Vol. 55 (6). P. 804–816. doi:10.1080/00071668.2014.975782.
- Naguib Y.M. Antioxidant activities of astaxanthin and related carotenoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000. Vol. 48 (4). P. 1150–1154. doi: 10.1021/jf991106k.
- Pappas A.C., Acamovic T., Sparks N.H., Surai P.F., Mcdevitt R.M. Effects of supplementing broiler breeder diets with organic selenium and polyunsaturated fatty acids on egg quality during storage. *Poultry Science*. 2005. Vol. 84 (6). P. 865–874. doi: 10.1093/ps/84.6.865.
- Rissanen T., Voutilainen S., Nyyssönen K., Salonen J. T. Lycopene, Atherosclerosis, and Coronary Heart Disease. *Experimental Biology and Medicine*. 2002. Vol. 227 (10). P. 900–907. doi: 10.1177/153537020222701010
- Silversides F.G., Scott T.A. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poultry science*. 2001. Vol. 80 (8). P. 1240–1245. doi: 10.1093/ps/80.8.1240.
- Toyes-Vargas E., Ortega-Pérez R., Espinoza-Villavicencio J.L., Arellano-Pérez M., Civera R., Palacios E. Effect of marine by-product meals on hen egg production parameters, yolk lipid composition and sensory quality. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2018. Vol. 102 (2). P. 462–473. doi: 10.1111/jpn.12769.
- Takahashi K., Watanabe M., Takimoto T., Akiba Y. Uptake and distribution of astaxanthin in several tissues and plasma lipoproteins in male broiler chickens fed a yeast (*Phaffia rhodozyma*) with a high concentration of astaxanthin. *British Poultry Science*. 2004. Vol. 45(1). P. 133–138. doi:10.1080/00071660410001668950a.
- Walker L.A., Wang T., Xin H., Dolde D. Supplementation of laying-hen feed with palm tocos and algae astaxanthin for egg yolk nutrient enrichment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012. Vol. 60 (8) P. 1989–1999. doi: 10.1021/jf204763f.
- Wardy W., Torrico D., Corredor J.A., No H., Zhang X., Xu Z., Prinyawiwatkul W. Soybean oil-chitosan emulsion affects internal quality and shelf-life of eggs stored at 25 and 4 °C. *International Journal of Food Science and Technology*. (2013). Vol. 48. P. 1148–1156. doi:10.1111/IJFS.12068
- Wang X.C., Zhang H.J., Wu S. G., Yue H.Y., Wang J., Li J., Qi G.H. Dietary Protein Sources Affect Internal Quality of Raw and Cooked Shell Eggs under Refrigerated Conditions. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2015. Vol. 28(11). P. 1641–1648. doi:10.5713/ajas.15.0181.
- Zhao X., Zhang X., Liu H., Zhu H., Zhu Y. Enzyme-assisted extraction of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis* and its stability and antioxidant activity. *Food Science and Biotechnology*. 2019. Vol. 28 (6). P. 1637–1647. doi:10.1007/s10068-019-00608-6.
- Zhang J., Zhang S., Bi J., Gu J., Deng Y., Liu C. Astaxanthin pretreatment attenuates acetaminophen-induced liver injury in mice. *International Immunopharmacology*. 2017. Vol. 45. P. 26–33. doi: 10.1016/j.intimp.2017.01.028.

V. HONCHAR, candidate of the degree of Doctor of Philosophy,
O. IAKUBCHAK, doctor of Veterinary sciences, Professor
 National University of Life and Environmental Science
 Ukraine, Kyiv

The effect of lycopene and astaxanthin on the morphological parameters of edible chicken eggs under different storage regimes

Abstract. The effect of feeding lycopene and astaxanthin to laying hens on the morphological parameters of edible eggs was investigated. The experiment consisted of three periods and lasted 90 days. For this, 3 groups of chickens were formed, 15 heads each. The control group was fed complete feed, the first for its research group - lycopene at doses of 20, 40, 60 mg/kg of compound feed, the second research group - astaxanthin at doses of 10, 20, 30 mg/kg of compound feed from 1 to 30, from 31 to 60, from 61 for 90 days, respectively. Eggs were taken from each group of laying hens and divided into two lots. The first batch was stored at $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$, and the second at $12 \pm 0.5^\circ\text{C}$.

Both batches of eggs were stored for 30 days. Feeding hens-laying hens with lycopene at a dose of 20, 40, 60 mg/kg or astaxanthin at a dose of 10, 20 and 30 mg/kg of compound feed does not affect the morphological parameters of eggs when stored at $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$. The addition of lycopene at a dose of 20 mg/kg or astaxanthin at a dose of 10 mg/kg of compound feed, at a temperature of $12 \pm 0.5^\circ\text{C}$ for 30 days, contributed to a decrease in the weight of chicken eggs by 0.66 and 0.92%, respectively, which happened by reducing the mass of protein by 1.01 and 1.73%, respectively.

Storage of eggs for 30 days at a temperature of $12 \pm 0.5^\circ\text{C}$ obtained from chickens fed with supplements of both lycopene at a dose of 40 mg/kg and astaxanthin at a dose of 20 mg/kg of compound feed contributed to a decrease in egg weight by 0.75% and the mass of protein by 1.13%, respectively, and by 0.78% – the mass of eggs and the mass of protein – by 1.02%, respectively. Storage of eggs from chickens that received supplements of lycopene at a dose of 60 mg/kg or astaxanthin at a dose of 30 mg/kg of compound feed at a temperature of $12 \pm 0.5^\circ\text{C}$ led to a decrease in the weight of eggs by 0.71 and 0.67%, respectively, and the weight of protein by 1.19 and 1.56%, respectively.

Key words: astaxanthin, lycopene, storage, eggs, laying hens

References

- Al-Natour, S., Benbasat, I., & Cenfetelli, R. (2011). The adoption of online shopping assistants: perceived similarity as an antecedent to evaluative beliefs. *Journal of the Association for Information Systems*, 12 (5), 2. doi: 10.17705/1/jais.00267. [in English].
- DSTU 5028: 2008. Yaitsia kuriachi kharchovi tekhnichni umovy. [Chicken eggs food specifications]. Vyd. ofits. Chynnyi vid 01.01.2010. 23. [in Ukrainian].
- Fleischmann, C., Bar-Ilan, N., Horowitz, M., Bruchim, Y., Deuster, P., & Heled, Y. (2020). Astaxanthin supplementation impacts the cellular HSP expression profile during passive heating. *Cell Stress & Chaperones*, 25 (3), 549–558. doi: 10.1007/s12192-019-01061-4. [in English].
- Goto, S., Kogure, K., Abe, K., Kimata, Y., Kitahama, K., Yamashita, E., & Terada, H. (2001). Efficient radical trapping at the surface and inside the phospholipid membrane is responsible for highly potent antiperoxidative activity of the carotenoid astaxanthin. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1512 (2), 251–258. doi: 10.1016/S0005-2736(01)00326-1. [in English].
- Hammershøj, M., Nebel, C., & Carstens, J.H. (2008). Enzymatic hydrolysis of ovomucin and effect on foaming properties. *Food Research International*, 41, 522–531. doi:10.1016/j.FOODRES.2008.03.004. [in English].
- Kumar, A., Dhaliwal, N., Dhaliwal, J., Dharavath, R. N., & Chopra, K. (2020). Astaxanthin attenuates oxidative stress and inflammatory responses in complete Freund-adjutant-induced arthritis in rats. *Pharmacological Reports*: PR, 72 (1), 104–114. doi: 10.1007/s43440-019-00022-z. [in English].
- Küçükyılmaz, K., Erkek, R., & Bozkurt, M. (2014). The effects of boron supplementation of layer diets varying in calcium and phosphorus concentrations on performance, egg quality, bone strength and mineral constituents of serum, bone and faeces. *British Poultry Science*, 55 (6), 804–816. doi: 10.1080/00071668.2014.975782. [in English].
- Naguib, Y. M. (2000). Antioxidant activities of astaxanthin and related carotenoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (4), 1150–1154. doi: 10.1021/jf991106k. [in English].
- Pappas, A. C., Acamovic, T., Sparks, N. H., Surai, P. F., & McDevitt, R. M. (2005). Effects of supplementing broiler breeder diets with organic selenium and polyunsaturated fatty acids on egg quality during storage. *Poultry Science*, 84 (6), 865–874. doi: 10.1093/ps/84.6.865. [in English].
- Rissanen, T., Voutilainen, S., Nyyssönen, K., & Salonen, J. T. (2002). Lycopene, Atherosclerosis, and Coronary Heart Disease. *Experimental Biology and Medicine*, 227 (10), 900–907. doi: 10.1177/153537020222701010. [in English].
- Silversides, F. G., & Scott, T. A. (2001). Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poultry Science*, 80 (8), 1240–1245. doi: 10.1093/ps/80.8.1240. [in English].
- Toyes-Vargas, E., Ortega-Pérez, R., Espinoza-Villavicencio, J. L., Arellano-Pérez, M., Civera, R., & Palacios, E. (2018). Effect of marine by-product meals on hen egg production parameters, yolk lipid composition and sensory quality. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102 (2), 462–473. doi: 10.1111/jpn.12769. [in English].
- Takahashi, K., Watanabe, M., Takimoto, T., & Akiba, Y. (2004). Uptake and distribution of astaxanthin in several tissues and plasma lipoproteins in male broiler chickens fed a yeast (*Phaffia rhodozyma*) with a high concentration of astaxanthin. *British Poultry Science*, 45 (1), 133–138. DOI: 10.1080/00071660410001668950a. [in English].
- Walker, L. A., Wang, T., Xin, H., & Dolde, D. (2012). Supplementation of laying-hen feed with palm tocos and algae astaxanthin for egg yolk nutrient enrichment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60 (8), 1989–1999. doi: 10.1021/jf204763f. [in English].
- Wardy, W., Torrico, D., Corredor, J.A., No, H., Zhang, X., Xu, Z., & Prinyawiwatkul, W. (2013). Soybean oil-chitosan emulsion affects internal quality and shelf-life of eggs stored at 25 and 4°C. *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 1148–1156. doi:10.1111/IJFS.12068. [in English].
- Wang, X. C., Zhang, H. J., Wu, S. G., Yue, H. Y., Wang, J., Li, J., & Qi, G. H. (2015). Dietary Protein Sources Affect Internal Quality of Raw and Cooked Shell Eggs under Refrigerated Conditions. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28 (11), 1641–1648. DOI: 10.5713/ajas.15.0181. [in English].
- Zhao, X., Zhang, X., Liu, H., Zhu, H., & Zhu, Y. (2019). Enzyme-assisted extraction of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis* and its stability and antioxidant activity. *Food Science and Biotechnology*, 28 (6), 1637–1647. DOI: 10.1007/s10068-019-00608-6. [in English].
- Zhang, J., Zhang, S., Bi, J., Gu, J., Deng, Y., & Liu, C. (2017). Astaxanthin pretreatment attenuates acetaminophen-induced liver injury in mice. *International Immunopharmacology*, 45, 26–33. DOI: 10.1016/j.intimp.2017.01.028. [in English].