

УДК 636.5.03.087.7:637.41

**В.А. ДАВИДОВИЧ**, здобувач наукового ступеня доктора філософії,\*  
**Л.В. ШЕВЧЕНКО**, доктор ветеринарних наук, професор,  
**В.М. МИХАЛЬСЬКА**, кандидат ветеринарних наук, доцент  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
E-mail: shevchenko\_laris@ukr.net

# Продуктивність курей-несучок і морфологічні параметри яєць ЗА ВПЛИВУ АСТАКСАНТИНУ ТА ЛІКОПІНУ

**Анотація.** *Забезпечення привабливого товарного вигляду жовтків курячих яєць можна досягти за рахунок введення до складу комбікормів для курей каротиноїдів, що не трансформуються в організмі, у тому числі лікопіну та астаксантину. Виробництво якісних та безпечних харчових яєць передбачає обмеження використання синтетичних барвників жовтків і перехід на барвники природного походження, зокрема продукти переробки помідорів та водоростей. Метою даного дослідження було визначити яєчну продуктивність курей, морфологічний склад яєць, а також споживання кормів і води за добавок олійних екстрактів лікопіну (20, 40 та 60 мг/кг корму) чи астаксантину (10, 20 та 30 мг/кг корму) до кормів основного раціону. Для досліду використано 45 курей кросу "Хай-Лайн W-36" у віці 24 тижні. Кожну добавку згодовували курям-несучкам протягом 30 днів у наростаючій концентрації. Використання добавок лікопіну чи астаксантину в різних дозах курям-несучкам не викликало змін клінічного стану птиці та відхилень поведінкових реакцій, також не відмічали загибелі птиці упродовж усього експерименту. Стан пір'яного покриву та видимих слизових оболонок у курей під час використання експериментальних дієт були характерними для клінічно здорового поголів'я. Встановлено, що добавки лікопіну в дозах 20, 40 і 60 мг/кг та астаксантину в дозах 10, 20 і 30 мг/кг комбікорму протягом 30 днів суттєво не впливали на споживання комбікорму та яєчну продуктивність. Збільшення вмісту астаксантину до 20 і 30 мг/кг комбікорму, а також лікопіну до 60 мг/кг комбікорму спричиняло незначне зменшення споживання води птицею. Згодовування курям-несучкам добавок олійного екстракту астаксантину у дозах 10, 20 і 30 мг/кг чи лікопіну в дозах 20, 40 і 60 мг/кг комбікорму протягом 90 днів суттєво не впливало на масу яєць, білка, жовтка та шкаралупи. Добавки олійних екстрактів лікопіну та астаксантину до раціону курей-несучок можуть бути перспективними для використання з метою корекції забарвлення жовтків яєць.*

**Ключові слова:** астаксантин, лікопін, яйця курячі харчові, несучість, комбікорм, вода

**В**иробництво харчових яєць передбачає використання барвників для жовтків, які б забезпечували їх привабливий товарний вигляд. Пігментація визначає прийнятність продукту споживачами, які надають перевагу жовто-оранжевому яєчному жовтку. Каротиноїди використовуються у птахівництві упродовж багатьох років для пігментації яєць і тушок птиці (Gervasi et al., 2018). Жовтий пігмент забезпечується, головним чином, наявністю ксантофілів (Lee et al., 2010).

Останнім часом більшість виробників харчових яєць надають перевагу природним каротиноїдам, які отримують біотехнологічним шляхом, а також з рослинної сировини. До таких каротиноїдів відносяться ті, котрі не володіють провітамінною активністю в організмі тварин, але здатні накопичуватися у жовтках яєць і таким чином покращувати їх колір. Лікопін, який у значній концентрації міститься у продуктах переробки помідорів, за рахунок відкладання у жовтку яєць здатний поліпшувати інтен-

\*Науковий керівник – доктор ветеринарних наук, професор Л.В. Шевченко

## 1. Схема експерименту

Група	Період досліджу		
	I (1 – 30 доба)	II (31 – 60 доба)	III (61 – 90 доба)
1 – контрольна	Основний раціон <sup>1</sup> + 0,33 г/кг рафінованої соняшникової олії	Основний раціон <sup>2</sup> + 0,66 г/кг рафінованої соняшникової олії	Основний раціон <sup>3</sup> + 1,0 г/кг рафінованої соняшникової олії
2 – дослідна (лікопінова добавка)	Основний раціон <sup>1</sup> + 20 мг/кг лікопіну (LP20)	Основний раціон <sup>2</sup> + 40 мг/кг лікопіну (LP40)	Основний раціон <sup>3</sup> + 60 мг/кг лікопіну (LP60)
3 – дослідна (астаксантинова добавка)	Основний раціон <sup>1</sup> + 10 мг/кг астаксантину (AST10)	Основний раціон <sup>2</sup> + 20 мг/кг астаксантину (AST20)	Основний раціон <sup>3</sup> + 30 мг/кг астаксантину (AST30)

Примітка: основний раціон, однакові верхні індекси 1, 2, 3 показують однаковий вміст рафінованої соняшникової олії в раціоні.

сивність його кольору (Panaite et al., 2019). Астаксантин, порівняно з β-каротином і кантаксантином, ефективніше відкладається у жовтках курячих яєць і теж здатний поліпшувати їх забарвлення (Lee et al., 2010). Він міститься у морських водоростях, а також креветках, крабах та рибі родини лососевих (Ritto et al., 2017). Тому використання джерел лікопіну та астаксантину для забезпечення привабливого вигляду жовтків курячих яєць є актуальним як для науки, так і практики та потребує обґрунтування режимів використання курям-несучкам цих каротиноїдів у вигляді кормових добавок.

**Мета роботи** – визначити вплив різних доз олійних екстрактів лікопіну та астаксантину на яєчну продуктивність, споживання кормів і води курми-несучками та морфологічний склад харчових яєць.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослід проведено на базі факультету ветеринарної медицини Національного університету біоресурсів і природокористування України. Для цього було придбано 45 курей-несучок кросу "Хай-Лайн W-36" віком 14 тижнів у ТОВ "Ясенвіт" (Київська область, Україна). Курей-несучок за принципом груп-аналогів розділили на 3 групи: по 15 голів у кожній і утримували в клітковій батареї по 5 голів у клітці. З 24-тижневого віку було розпочато дослід, який тривав 90 діб, схема наведена в таблиці 1. Курям-несучкам згодовували добавки лікопіну у вигляді 6% масляного екстракту, отриманого з помідорів, виробництва LuscoRed (Ізраїль), а також добавки астаксантину – 10% масляний екстракт, отриманого з біомаси водорості *Haematococcus pluvialis* виробництва ALGAE Technologies

## 2. Споживання корму, води та яєчна продуктивність курей за застосування добавок астаксантину та лікопіну ( $M \pm m$ , $n = 15$ )

Показник	Період досліджу / група курей		
	Період I (1 – 30 доба)		
	1 група	2 група (AST10)	3 група (LP20)
Спожито комбікорму, г/голову за добу	90,7±0,5	91,7±0,3	91,8±0,3
Спожито води, мл/голову за добу	207,9±2,6	209,5±2,0	211,1±3,4
Несучість на несучку, шт.	28,7	29,5	28,1
Валовий збір яєць за місяць, шт.	431	443	422
	Період II (31 – 60 доба)		
	1 група		
	2 група (AST20)	3 група (LP40)	
Спожито комбікорму, г/голову за добу	96,5±0,3	96,5±0,3	96,5±0,2
Спожито води, мл/голову за добу	202,4±1,7	192,9±1,6*,**	206,1±2,9
Несучість на несучку, шт.	28,5	27,8	27,6
Валовий збір яєць за місяць, шт.	427	417	414
	Період III (61 – 90 доба)		
	1 група		
	2 група (AST30)	3 група (LP60)	
Спожито комбікорму, г/голову за добу	97	97	97
Спожито води, мл/голову за добу	218,4±1,6	191,9±1,1*,**	212,6±0,8*
Несучість на несучку, шт.	28,7	28,9	28,5
Валовий збір яєць за місяць, шт.	431	433	427

Примітка: \* –  $P \leq 0,05$  (різниця вірогідна порівняно з контролем), \*\* –  $P \leq 0,05$  (порівняно з групою, якій згодовували добавку лікопіну).

(Ізраїль). Годували курей повнораціонним комбікором, який забезпечував потребу птиці у поживних та біологічно активних речовинах. З 1 до 30-ї доби досліду курям-несучкам згодовували в середньому 91 г, а з 3 до 90-ї доби – 97 г комбікорму на голову за добу. Експериментальні кормосуміші готували з розрахунку на 4 доби, які після змішування зберігали в герметичних контейнерах з харчового пластику. Напування курей здійснювали досхочу з використанням чашкових напувалок. Світловий день становив 16 годин (інтенсивність освітленості на рівні 30 лк), період темряви – 8 годин. Температура повітря в приміщенні підтримувалася на рівні 21-23 °С, відносна вологість – 60-62%.

Облік поголів'я, споживання комбікорму та води, а також яєчну продуктивність курей контролювали щодобово. В останні 5 дів кожного місяця експерименту відбирали всі яйця курей, які зважували і сортували. Для морфологічних досліджень від кожної групи курей відбирали яйця з однаковою масою, яка знаходилась в межах середньої по групі.

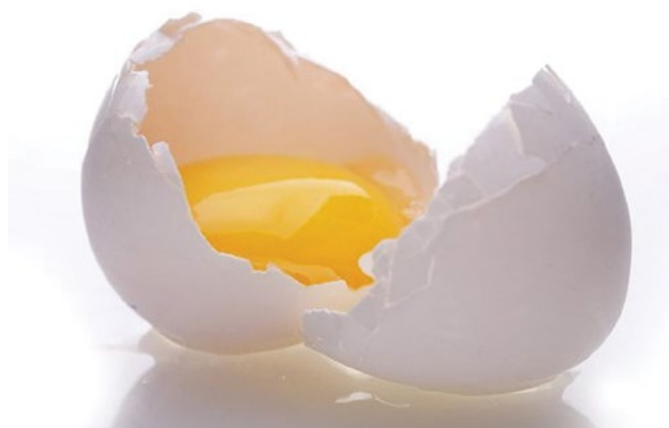
Морфологічні показники яєць: масу яєць, білків, жовтків і шкаралупи проводили на вагах марки ВЛР-200 (Кононенко та ін., 2000).

Отримані дані оброблено статистично за допомогою комп'ютерної програми ANOVA з визначенням середньої арифметичної ( $M$ ) та стандартної похибки середньої арифметичної ( $m$ ) (Скрипник, 2018). Різницю між показниками вважали вірогідною при  $P \leq 0,05$  з використанням тесту Тьюкі.

**Результати досліджень.** Протягом усього експерименту (90 дів) не було відмічено загибелі чи захворювань курей-несучок піддослідних груп. Показники клінічного стану птиці знаходилися в межах фізіологічного діапазону, про що свідчить добрий стан пір'яного покриву, колір видимих слизових оболонок, реакції на технологічні подразники, а також відсутність видимих патологічних відхилень у поведінці курей.

Як видно з отриманих результатів досліджень, згодовування курям-несучкам астаксантину в дозі 10 мг/кг комбікорму, а також лікопіну з розрахунку 20 мг/кг комбікорму упродовж 30 дів не впливало на споживання корму та води. Найбільше яєць отримано від курей, яким згодовували добавки олійного екстракту астаксантину, однак несучість курей суттєво не відрізнялася між групами (табл. 1).

Збільшення вмісту лікопінової добавки в раціоні курей-несучок до 40 мг/кг комбікорму суттєво не впливало на споживання комбікорму та води, яєчну продуктивність птиці, тоді як астаксантинова добавка в кількості 20 мг/кг комбікорму сприяла зменшенню на 5% споживання води птицею порівняно з контролем та на 7% порівняно з птицею, яка отримувала в цей період добавки лікопіну. Однак у дослідженні Akdemir, et al. (2012) встановлено, що зі збільшенням концентрації томатного порошку як джерела лікопіну в раціоні курей-несучок спостерігалось лінійне збільшення споживання корму, несучості, маси яєць, кольору жовтка та лінійне зменшення конверсії корму, тоді як маса та товщина шкаралупи яєць, одиниці Хау залишалися незмінними.



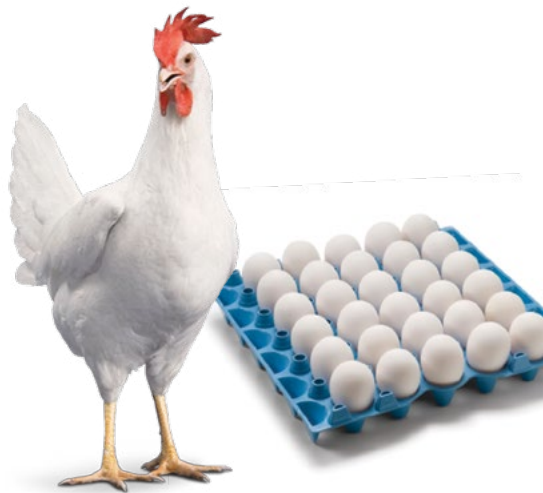
Що стосується продуктивності курей, то добавки лікопіну чи астаксантину в нашому експерименті суттєво не впливали на несучість курей, однак валовий збір яєць за місяць в обох групах був дещо нижчим порівняно з контролем.

Подальше збільшення вмісту лікопіну в комбікормі курей-несучок до 60 мг/кг чи астаксантину до 30 мг/кг не впливало на споживання комбікорму, але спричинило зменшення споживання води, відповідно майже на 3 і 12% порівняно з контролем. У цей період несучість курей також суттєво не відрізнялась між групами, однак найбільшу кількість яєць було отримано від курей, яким згодовували добавки астаксантину.

### 3. Морфологічний склад яєць за застосування добавок астаксантину та лікопіну курям-несучкам ( $M \pm m$ )

Маса, г	Період досліду / група курей		
	Період I (1 – 30 доба)		
	1 група	2 група (AST10)	3 група (LP20)
Яйце	57,00±0,25	56,69±0,39	57,80±0,30
Білок	34,30±0,51	34,16±0,25	34,51±0,18
Жовток	16,78±0,42	16,52±0,57	16,77±0,38
Шкаралупа	5,92±0,13	6,01±0,08	6,52±0,21*
	Період II (31 – 60 доба)		
	1 група	2 група (AST20)	3 група (LP40)
	Яйце	56,97±0,70	57,53±0,63
Білок	34,50±0,43	34,68±0,71	34,04±0,38
Жовток	16,35±0,63	16,59±0,39	15,90±0,57
Шкаралупа	6,09±0,19	6,26±0,14	6,33±0,28
	Період III (61 – 90 доба)		
	1 група	2 група (AST30)	3 група (LP60)
	Яйце	55,61±1,18	55,95±1,09
Білок	33,66±0,44	33,52±0,54	33,73±0,64
Жовток	15,60±0,73	16,02±0,65	16,02±0,61
Шкаралупа	6,35±0,41	6,41±0,24	6,17±0,12

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



Аналіз морфологічних показників яєць свідчить, що астаксантин у дозах 10, 20 та 30 мг/кг і лікопін – 20, 40 та 60 мг/кг комбікорму, що згодували птиці протягом 90 діб, суттєво не впливали на масу яєць, а також масу білка, жовтка та шкаралупи, за винятком лікопіну, який у дозі 20 мг/кг комбікорму викликав незначне збільшення маси шкаралупи яєць порівняно з контролем (табл. 3).

В. А. Давидович, Л. В. Шевченко,  
В. М. Михальська

## Продуктивность кур-несушек и морфологические параметры яиц под влиянием астаксантина и ликопина

**Аннотация.** Обеспечение привлекательного товарного вида желтков куриных яиц можно достичь за счет введения в состав комбикормов для кур каротиноидов, не трансформирующихся в организме, в том числе ликопина и астаксантина. Производство качественных и безопасных пищевых яиц предусматривает ограничение использования синтетических красителей желтков и переход на красители природного происхождения, в том числе продукты переработки помидоров и водорослей. Целью данного исследования было определить яичную продуктивность кур, морфологический состав яиц, а также потребление кормов и воды при добавлении масляных экстрактов ликопина (20, 40 и 60 мг/кг корма) или астаксантина (10, 20 и 30 мг/кг корма) в рацион кур-несушек. Для опыта использовано 45 кур кросса "Хай-Лайн W-36" в возрасте 24 недели. Каждую добавку скармливали курам-несушкам в течение 30 суток в нарастающей концентрации. Использование добавок ликопина или астаксантина в различных дозах курам-несушкам не вызывало изменений клинического состояния птицы и отклонений поведенческих реакций, также не отмечали гибели птицы подопытных групп в течение всего эксперимента. Состояние перьевого

Отримані нами результати досліджень узгоджуються з даними Walker et al. (2012), які також не встановили суттєвого впливу астаксантину на морфологічні та окремі показники хімічного складу курячих яєць. Однак у дослідженні An et al. (2019) виявлено, що згодовування добавок лікопіну, а також томатної пасти курям-несучкам зменшує масу яєць, але збільшує інтенсивність забарвлення жовтка. Вважають, що включення лікопіну в дозі  $\leq 20$  мг/кг корму, можна розглядати як корисну стратегію для поліпшення забарвлення жовтків та окисної стабільності свіжих яєць.

### ВИСНОВКИ

1. Згодовування курям-несучкам добавок лікопіну в дозах 20, 40 і 60 мг/кг чи астаксантину в дозах 10, 20 і 30 мг/кг комбікорму протягом 30 діб у нарастаючій концентрації суттєво не впливало на споживання комбікорму, води та яєчну продуктивність.
2. Лікопін та астаксантин як кормові добавки не проявляють вплив на морфологічні показники та хімічний склад харчових курячих яєць.

**Перспективи подальших досліджень** полягають у визначенні впливу лікопіну та астаксантину на якість і безпечність харчових яєць за різних режимів зберігання. ■

*покрова и видимых слизистых оболочек у кур при использовании экспериментальных диет было характерным для клинически здорового поголовья. Установлено, что добавки ликопина в дозах 20, 40 и 60 мг/кг или астаксантина в дозах 10, 20 и 30 мг/кг комбикорма в течение 30 суток существенно не влияли на потребление комбикорма и яичную продуктивность. Увеличение содержания астаксантина до 20 и 30 мг/кг комбикорма, а также ликопина до 60 мг/кг комбикорма вызывало незначительное уменьшение потребления воды курами-несушками. Скармливания курам-несушкам добавок масляного экстракта астаксантина в дозах 10, 20 и 30 мг/кг или ликопина в дозах 20, 40 и 60 мг/кг комбикорма в течение 90 суток существенно не влияло на массу яиц, белка, желтка и скорлупы. Добавки масляных экстрактов ликопина и астаксантина в рацион кур-несушек могут быть перспективными для использования в целях коррекции окраски желтков яиц.*

**Ключевые слова:** астаксантин, ликопин, яйца куриные пищевые, яйценоскость, комбикорм, вода

**V.A. DAVIDOVYCH**, candidate of the degree of Doctor of Philosophy,  
**L.V. SHEVCHENKO**, Doctor of Veterinary Sciences, Professor,  
**V.M. MYKHALSKA**, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor  
National University of Life and Environmental Science Ukraine, Kyiv  
Email: shevchenko\_laris@ukr.net

## Productivity of laying hens and morphological parameters of eggs under the influence of astaxanthin and lycopene

**Abstract.** *The introduction of feed for poultry carotenoids that are not transformed in the body, including lycopene and astaxanthin, causes an attractive commercial appearance of chicken egg yolks. The production of high-quality and safe table eggs involves limiting the use of synthetic yolk dyes and switching to natural dyes, including tomato and seaweed products. The aim of this study was to determine the egg productivity of poultry, morphological composition of eggs, as well as feed and water intake with the addition of oil extracts of lycopene (20, 40 and 60 mg/kg of feed) or astaxanthin (10, 20 and 30 mg/kg of feed) to the diet of laying hens. The experiment was performed on 45 chickens of the High Line W36 cross at the age of 24 weeks. Each additive was fed to laying hens for 30 days in increasing concentrations. The use of lycopene or astaxanthin in different doses to laying hens did not*

*have a negative impact on the clinical condition of the bird and behavior, did not cause death of birds of the experimental groups throughout the experiment. The condition of feathers and visible mucous membranes in chickens during the use of experimental diets was characteristic of clinically healthy birds. It was found that the addition of lycopene at doses of 20, 40 and 60 mg/kg and astaxanthin at doses of 10, 20 and 30 mg/kg of compound feed for 30 days did not significantly affect feed consumption and egg productivity. Increasing the content of astaxanthin to 20 and 30 mg/kg of compound feed, as well as lycopene to 60 mg/kg of compound feed resulted in a slight decrease in water consumption by laying hens. Feeding laying hens supplements of astaxanthin oil extract at doses of 10, 20 and 30 mg/kg or lycopene at doses of 20, 40 and 60 mg/kg of compound feed for 90 days did not significantly affect the weight of eggs, as well as the weight of protein, yolk and shell. Additions of lycopene and astaxanthin oil extracts to the diet of laying hens may be promising for use in correcting the color of egg yolks.*

**Key words:** *astaxanthin, lycopene, chicken eggs, egg laying, compound feed, water*

### Література

- Кононенко В. К., Ібатуллин І. І., Патров В. С. Практикум з основ наукових досліджень у тваринництві. К., 2000. 96 с.
- Скрипник А. В. Математичні моделі та планування експерименту. Методичні вказівки для аспірантів очної, заочної форми навчання нееконімічних спеціальностей. К.: ЦП "КОМПРИНТ", 2018. 193 с.
- Akdemir F., Orhan C., Sahin N., Sahin Dr. K., Hayirli A. Tomato powder in laying hen diets: effects on concentrations of yolk carotenoids and lipid peroxidation. *British Poultry Science*. 2012. Vol. 53(5). P. 675–680. doi:10.1080/00071668.2012.729142
- An B. K., Choo W. D., Kang C. W., Lee J., Lee K. W. Effects of Dietary lycopene or tomato paste on laying performance and serum lipids in laying hens and on malondialdehyde content in egg yolk upon storage. *The Journal of Poultry Science*. 2019. Vol. 56(1). P. 52–57. doi: 10.2141 / jpsa.0170118
- Gervasi T., Pellizzeri V., Benameur Q., Gervasi C., Santini A., Cicero N., Dugo G. Valorization of raw materials from agricultural industry for astaxanthin and  $\beta$ -carotene production by *Xanthophyllomyces dendrorhous*. *Natural product research*. 2018. Vol. 32(13). P. 1554–1561. doi:10.1080/14786419.2017.1385024
- Lee C. Y., Lee B. D., Na J. C., An G. Carotenoid accumulation and their antioxidant activity in spent laying hens as affected by polarity and feeding period. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2010. Vol. 23(6). P. 799–805. doi:10.5713/ajas.2010.90296
- Panaite T. D., Nour V., Vlaicu P. A., Ropota M., Corbu A. R., Saracila M. Flaxseed and dried tomato waste used together in laying hens diet. *Archives of Animal Nutrition*. 2019. Vol. 73(3). P. 222–238. doi:10.1080/1745039X.2019.1586500
- Ritto D., Tanasawet S., Singkhorn S., Klaypradit W., Hutamekalin P., Tipmanee V., Sukketsiri W. Astaxanthin induces migration in human skin keratinocytes via Rac1 activation and RhoA inhibition. *Nutrition research and practice*. 2017. Vol. 11(4). P. 275–280. doi:10.4162 / nrp.2017.11.4.275
- Walker L. A., Wang T., Xin H., Dolde D. Supplementation of laying-hen feed with palm tocots 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

### References

- Akdemir, F., Orhan, C., Sahin, N., Sahin, Dr.K., & Hayirli, A. (2012). Tomato powder in laying hen diets: effects on concentrations of yolk carotenoids and lipid peroxidation. *British Poultry Science*, 53(5), 675–680. doi:10.1080/00071668.2012.729142. [in English].
- An, B.K., Choo, W.D., Kang, C.W., Lee, J., & Lee, K.W. (2019). Effects of dietary lycopene or tomato paste on laying performance and serum lipids in laying hens and on malondialdehyde content in egg yolk upon storage. *The Journal of Poultry Science*, 56(1), 52–57. doi: 10.2141 / jpsa.0170118. [in English].
- Gervasi, T., Pellizzeri, V., Benameur, Q., Gervasi, C., Santini, A., Cicero, N., & Dugo, G. (2018). Valorization of raw materials from agricultural industry for astaxanthin and  $\beta$ -carotene production by *Xanthophyllomyces dendrorhous*. *Natural product research*, 32(13), 1554–1561. doi:10.1080/14786419.2017.1385024. [in English].
- Kononenko, V.K., Ibatullin, I.I., & Patrov, V.S. (2000). *Praktykum z osnov naukovykh doslidzhen u tvarynnystvi* [Workshop on the basics of scientific research in animal husbandry]. Kyiv. [in Ukrainian].
- Lee, C.Y., Lee, B.D., Na, J.C., & An, G. (2010). Carotenoid accumulation and their antioxidant activity in spent laying hens as affected by polarity and feeding period. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(6), 799–805. doi:10.5713/ajas.2010.90296. [in English].
- Panaite, T.D., Nour, V., Vlaicu, P.A., Ropota, M., Corbu, A.R., & Saracila, M. (2019). Flaxseed and dried tomato waste used together in laying hens diet. *Archives of Animal Nutrition*, 73, 3, 222–238. doi:10.1080/1745039X.2019.1586500. [in English].
- Ritto, D., Tanasawet, S., Singkhorn, S., Klaypradit, W., Hutamekalin, P., Tipmanee, V., & Sukketsiri, W. (2017). Astaxanthin induces migration in human skin keratinocytes via Rac1 activation and RhoA inhibition. *Nutrition research and practice*, 11(4), 275–280. doi:10.4162 / nrp.2017.11.4.275. [in English].
- Skrypnik, A.V. (2018). *Matematychni modeli ta planuvannia eksperymentu. Metodychni vказivky dla aspirantiv ochnoi, zaочноi formy navchannia neekonomichnykh spetsialnosti*. [Mathematical models and experiment planning. Methodical instructions for full-time, part-time postgraduate students of non-economic specialties]. Kyiv: TsP KOMPRYNТ. [in Ukrainian].
- Walker, L.A., Wang, T., Xin, H., & Dolde, D. (2012). Supplementation of laying-hen feed with palm tocots and algae astaxanthin for egg yolk nutrient enrichment. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(8), 1989–1999. doi:10.1021/jf204763f. [in English].