

УДК: 636.5.082.474:637.4

**Н.В. ШОМІНА**, кандидат сільськогосподарських наук,  
**О.М. БАЙДЕВЛЯТОВА**, молодший науковий співробітник відділу селекції,  
технології та інноваційного менеджменту,  
**Т.В. ОЛЬХОВСЬКА**, технік відділу оцінки якості та безпечності кормів і продукції птахівництва,  
Державна дослідна станція птахівництва Національної академії аграрних наук України,  
с. Бірки, Харківська область  
E-mail: shomina\_n@ukr.net

# Дослідження впливу модифікації живлення ЕМБРІОНІВ КУРЕЙ У ПРОЦЕСІ ІНКУБАЦІЇ НА ВИВОДИМІСТЬ ЯЄЦЬ

**Анотація.** Спосіб живлення "в яйце" (*in ovo*) застосовують з метою впливу на здатність дорослої птиці засвоювати мінерали та енергію з кормів, на її стійкість до імунологічних, екологічних та окислювальних стресів. Ступінь відповіді на живлення *in ovo* з одного боку залежить від генетики, віку птиці, розміру яйця та умов інкубації (тобто епігенотипу), з іншого – від складу застосованого розчину, місця та періоду його введення. Мета роботи полягала у дослідженні впливу різних сумішей, введених *in ovo* в амніотичну рідину на ембріогенез і результати інкубації яєць курей яєчного напрямку продуктивності. Дослідження проведено на інкубаційних яйцях курей породи бірківська барвіста, з яких було сформовано 4 дослідних та 1 контрольну групи. В яйця дослідних груп у період 420 годин інкубації вводили суміші вітамінів, вітамінів з амінокислотами, вуглеводи та пробіотики. Речовини вводили в амніотичну рідину. Надалі, при заковтуванні амніотичної рідини ембріонами, введені речовини потрапляли до травного тракту. Усі маніпуляції з введення поживних розчинів у яйце проводили у стерильному, спеціально підготовленому боксі з використанням разових 2 мл шприців. Було встановлено виражений позитивний вплив введення вуглеводів і пробіотиків на результати інкубації: отримані показники виводимості яєць були на 15,0 та 12,5% відповідно вищими за контроль. Оцінка живої маси добових курчат контрольної та дослідних груп свідчить, що курчата із групи, де застосовували ін'єкцію глюкози мали на 3,1% більшу живу масу порівняно до контролю. Отримані результати будуть використані у подальшій роботі з вивчення впливу живлення ембріонів *in ovo* на показники постнатального розвитку курчат яєчного напрямку продуктивності.

**Ключові слова:** інкубація, ембріони курей, модифікація живлення, годівля *in ovo*, виводимість яєць

Сучасне сільське господарство постійно прагне до максимізації біологічної ефективності виробництва продуктів харчування, намагаючись оптимізувати економічні показники, потенційний прибуток, підвищити стабільність. Комерційне птахівництво є одним з найбільш ефективних і прогресивно успішних виробництв, стабільність якого залежить від здатності птахівничої компанії досягати конкурентоспроможних показників. Корми є найбільш змінною складовою економічної ефективності та прибутковості, оскільки вони становлять від 70 до 80% витрат на живе виробництво. Використовуючи годівлю "в яйце", а також годівлю птиці відразу після виводу, можна впливати на конверсію корму, здатність дорослої птиці засвоювати мінерали та енергію з кормів, на її стійкість до імунологічних, екологічних та окислю-

вальних стресів. Отже, введення поживних речовин до зародка, що розвивається, є новим способом доставки критично важливих харчових компонентів, який дає так званий "стрибок-старт" у розвитку, покращуючи харчовий статус пташенят. Проведення досліджень у даному напрямі є актуальним, адже сприяють підвищенню ефективності виробництва, якості та безпечності отримуваної продукції птахівництва згідно вимогам часу.

Перинатальний період розвитку охоплює три доби ембріонального розвитку до вилуплення та кілька днів після виведення. Саме цей період є дуже важливим для розвитку шлунково-кишкового тракту та імунної системи птиці. Недостатня кількість поживних речовин в яйці (яка трапляється за різних чинників) може обмежувати ріст і розвиток ембріонів. Доступність основних пожив-

## 1. Склад сумішей, що були використані для живлення ембріонів *in ovo* (активна речовина в 1 мл суміші)

Група	Склад суміші
Контрольна	–
Дослідна 1	Вітамін А (2000 МЕ), вітамін D <sub>3</sub> (1000 МЕ), вітамін Е (6,0) мкг, вітамін К <sub>3</sub> (2,0) мкг, вітамін В <sub>1</sub> (1,25 мкг), вітамін В <sub>2</sub> (2,5 мкг), вітамін В <sub>6</sub> (1,75 мкг), вітамін В <sub>9</sub> (400 мкг), вітамін В <sub>12</sub> (7,5 мкг)
Дослідна 2	Вітамін А (1500 МЕ), вітамін Е (2,0 мкг), вітамін D <sub>3</sub> (500 МЕ), вітамін К <sub>3</sub> (1,25 мкг), вітамін В <sub>1</sub> (1,5 мкг), вітамін В <sub>2</sub> (2,0 мкг), вітамін В <sub>6</sub> (1,5 мкг), вітамін В <sub>12</sub> (5,0 мкг), метіонін (5,0 мг), лізин (2,5 мг), гістидин (90 мг), аргінін (49 мг), аспарагінова кислота (1,5 мг), треонін (500 мкг), серин (680 мкг), глютамінова кислота (1,0 мг), пролін (510 мкг), гліцин (575 мкг), аланін (975 мкг), цистин (150 мкг), валін (1,0 мг), лейцин (1,5 мг), ізолейцин (1,25 мкг), тирозин (340 мкг), фенілаланін (810 мкг), триптофан (75 мкг)
Дослідна 3	Декстроза (100 мг)
Дослідна 4	<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Lactobacillus casei</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> 2x10 <sup>9</sup> КУО

них речовин може бути покращена, а існуючі проблеми можна певною мірою подолати, забезпечивши живлення "в яйце" для ембріонів або ранній доступ до корму молодняку. Окрім того, застосування харчових стимулів викликає своєрідне "програмування" птиці на досягнення бажаних фенотипових ознак через модифікацію живлення протягом перинатального періоду (Ferket, 2019). Ступінь відповіді на годівлю *in ovo* може залежати від генетики, віку птиці, розміру яйця та умов інкубації (тобто епігенотипу). Окрім збільшення маси тіла, яке зазвичай спостерігається при виведенні, до позитивних ефектів годівлі "в яйце" можна віднести підвищення виводимості яєць та покращення морфометричного розвитку кишкового тракту курчат. Перші кілька днів після вилуплення – це друга частина перинатального періоду, впливаючи на яку можна змінювати продуктивні показники птиці. Спрямований вплив у цей період може "запрограмувати" пташенят на підвищення їх стійкості до імунологічного, екологічного або окислювального стресу (Jha et al., 2019). Харчове програмування протягом перинатального періоду також може впливати на споживання енергії і мінеральних речовин, а також колонізацію кишечника. Наприклад, Yan et al. (2005) повідомляють, що, коли бройлери отримували дієту з низьким вмістом кальцію та фосфору протягом 90 годин після вилуплення, у них покращилося всмоктування кальцію й фосфору в кишечнику у віці 32 днів і збільшилася експресія гена для білка-переносника мінералів. Ashwell and Angel (2010) продемонстрували, що бройлери, які отримували корм з помірним дефіцитом фосфору протягом

перших 90 годин після вилуплення, були більш толерантними до раціону з дефіцитом фосфору в дорослому віці, а також мали більшу живу масу, кращу конверсію корму. Такі роботи демонструють, що епігенетичний імпринтинг і харчова адаптація до раціону з низьким вмістом кальцію та фосфору дійсно можливі та ймовірні також і для інших мінералів.

У літературі існує велика кількість інформації про застосування *in ovo* різних речовин, включаючи вакцини, лікувальні препарати, гормони, пробіотики та пребіотики, поживні речовини (Peebles et al., 2018; Saeed et al., 2019). Провівши аналіз наукових публікацій, представлених у відкритому доступі, ми прийшли до наступних висновків:

1. Випробувано ефекти застосування *in ovo* різних поживних речовин, включаючи білки, пептиди, амінокислоти, нуклеотиди, вуглеводи, електроліти, мікроелементи, вітаміни, L-карнітин, креатин і рослинні екстракти та для деяких з них встановлено позитивний вплив на ембріональний та постембріональний розвиток.
2. Перспективи застосування таких препаратів як кофеїн і теофілін для стимулювання ембріонального метаболізму, засвоєння поживних речовин і процесу виведення не є багатообіцяючими, але заслуговують на подальше дослідження.
3. З різних випробовуваних гормонів тиреотропін-релізінг гормон може бути ефективним у зміні рівня та термінів вилуплення, тоді як тироксин і гормон росту можуть позитивно впливати на подальший розвиток.

## 2. Результати інкубації яєць

Група	Кількість яєць	Кількість яєць із ембріонами, що загинули		Виводимість яєць, %
	шт.	шт.	%	
Контрольна	40	10	25,0±6,8	75,0±6,8
Дослідна 1	40	6	15,0±5,6	85,0±5,6
Дослідна 2	40	8	20,0±6,3	80,0±6,3
Дослідна 3	40	4	10,0±4,7	90,0±4,7
Дослідна 4	40	5	12,5±5,2	87,5±5,2



4. З метою зниження застосування антимікробних препаратів при вирощуванні птиці було вивчено ефект від введення пробіотиків і пребіотиків *in ovo*. Деякі бактерії, включаючи *L. acidophilus*, *B. animalis* та *E. faecium*, виявилися ефективними при введенні *in ovo* в інкубаційні яйця бройлерів (Jha, 2020).
5. Незалежно від типу речовини та способу її введення (ручне або автоматичне), доставка в амніон вважається найбільш ефективною.
6. Період інкубації, коли найкраще проводити дану маніпуляцію, залежить від породи та напряму продуктивності птиці, системи інкубації та застосованого режиму.

Таким чином, постійний розвиток та вдосконалення технологій годівлі *in ovo* створили новий простір для досліджень з перинатального живлення, поставили нові завдання та відкрили нові можливості для оптимізації виробництва продукції птахівництва. Техніка годівлі "в яйце" має ряд переваг, включаючи покращення загальної ємності травного тракту; збільшення живої маси, швидкості росту, зменшення смертності та захворюваності молодняку; поліпшення імунної системи та реакції на ентерогенні антигени. Однак, дане питання вивчено ще недостатньо. Так, відсутня інформація щодо впливу годівлі "в яйце" на показники розвитку, фізіологічний стан та продуктивність курей-несучок. Тому, **метою нашої роботи** було дослідити вплив способів модифікації живлення зародків у процесі інкубації на ембріогенез курей яєчного напряму продуктивності.

**Матеріали і методи досліджень.** Для досліджень було використано інкубаційні яйця курей породи бірквіська барвіста із терміном зберігання 4-5 діб у кількості

300 шт., які було проінкубовано 420 годин за стандартним режимом. На 11-у добу інкубації яйця були переглянуті на овоскопі з метою видалення незапліднених яєць та яєць із загиблими ембріонами. Для подальшої інкубації залишилося 224 шт. яєць. Перед формуванням груп яйця із зародками були ще раз проглянуті на овоскопі, 24 яєць із завмерлими ембріонами були видалені. Яйця з живими ембріонами, які залишилися, було зважено з метою рівномірного розподілу за масою у групах. Після цього з яєць було сформовано 5 груп по 40 шт. у кожній (1 контрольна та 4 дослідні). Надалі в яйця дослідних груп було введено по 1 мл досліджуваних розчинів: дослідна група 1 – суміш вітамінів; дослідна група 2 – суміш вітамінів та амінокислот; дослідна група 3 – декстроза; дослідна група 4 – пробіотики (табл. 1).

Роботи по введенню речовин в яйця дослідних груп проводили у стерильному, спеціально підготовленому боксі. Спочатку поверхню яєць дослідних груп продезінфікували 70% етанолом, потім за допомогою спеціальної голки у тупому кінці яйця робили отвір у шкаралупі діаметром 2 мм. Використовуючи разові 2 мл шприци з голками в навколоплідний міхур на глибину близько 15 мм вводили 1 мл спеціально підготовленого розчину. Після цього, ділянку ін'єкційного отвору дезінфікували 70% етанолом і герметизували за допомогою гарячого парафіну. Під час маніпуляцій з яйцями дослідних груп, яйця контрольної групи знаходилися в інкубаційній залі. Інкубацію усіх груп яєць було продовжено. По завершенню інкубації було проведено облік результатів і патологоанатомічний розтин яєць із загиблими зародками. Отриманий молодняк було зважено із використанням терезів ВЛКТ-500. По завершенню досліджень було проведено статистичну обробку даних.

**Результати досліджень.** У результаті проведених досліджень встановлено, що виводимість яєць у дослідних групах була вищою за контроль. Найвищі показники отримано у досліді 3 (введення глюкози) –  $90,0 \pm 4,7\%$ , а також досліді 4 (пробіотик) –  $87,5 \pm 5,2\%$  порівняно до контролю –  $75,0 \pm 6,8\%$ . Стосовно результатів інкубації інших дослідних груп, в яких проводили *in ovo* ін'єкції вітамінів (дослід 1) та вітамінів з амінокислотами (дослід 2), підвищення показників виводимості яєць порівняно до контролю вважаємо не значущим. Це співпадає з результатами досліджень Zhang et al. (2018), в яких введення аскорбінової кислоти до яєць бройлерів не призводило до підвищення їх виводимості, але позитивно впливало

### 3. Маса яєць із зародками та маса добових курчат

Група	Маса яєць до інкубації, г		Маса добових курчат	
			г	%
Контрольна	$53,0 \pm 1,3$	$35,7 \pm 0,8$	$67,4 \pm 2,1$	$75,0 \pm 6,8$
Дослідна 1	$53,5 \pm 1,4$	$36,3 \pm 0,7$	$67,9 \pm 1,9$	$85,0 \pm 5,6$
Дослідна 2	$53,2 \pm 1,2$	$36,0 \pm 0,7$	$67,7 \pm 1,9$	$80,0 \pm 6,3$
Дослідна 3	$52,3 \pm 1,3$	$36,9 \pm 0,8$	$70,5 \pm 1,9$	$90,0 \pm 4,7$
Дослідна 4	$52,6 \pm 1,4$	$35,5 \pm 0,8$	$67,5 \pm 2,3$	$87,5 \pm 5,2$

на швидкість росту та антиоксидантний стан птиці у постнатальний період.

Проведений патологоанатомічний розтин яєць із загиблими зародками виявив такий розподіл за причинами загибелі: разом загиблих ембріонів – 33 шт., з них із неправильним розташуванням зародка в яйці – 12 шт., із дистрофічними ембріонами, що відстали у розвитку – 5 шт., із ураженням умовно-патогенною мікрофлорою – 8 шт., із не встановленими причинами загибелі – 8 шт. У дослідних групах ембріонів із відхиленнями у розвитку, які могли б свідчити про загибель через проведені маніпуляції, виявлено не було.

Підвищення життєздатності ембріонів у 3-й дослідній групі можна пояснити тим, що введена глюкоза, виступаючи додатковим джерелом енергії, сприяла підтримці розвитку ембріонів на пізніх стадіях (табл. 2). Підтвердженням цьому є і збільшення живої маси добових курчат з даної групи на 3,1% порівняно з контрольною (табл. 3). Отримані нами дані частково співпадають із тими, про які повідомляли *Uni et al.* (2005): при введенні суміші вуглеводів (мальтоза, сахароза, декстрин) до амніотичної рідини яєць на 17,5 добу інкубації вони хоча і не спостерігали підвищення виводимості, але вказували на підвищення живої маси добового молодняку на 5-6% порівняно до контролю.

В інших дослідних групах підвищення живої маси добового молодняку порівняно з контрольною не відбулося.

## ВИСНОВКИ

1. Найбільший вплив на виводимість яєць при застосуванні годівлі *in ovo* спостерігали у дослідній групі 3 (введення глюкози) та 4 (введення пробіотичного препарату): отримані показники були на 15,0 та 12,5% відповідно вище за контроль.
2. Оцінка живої маси добових курчат контрольної та дослідних груп свідчить, що курчата із групи, де застосовували ін'єкцію глюкози мали на 3,1% більшу живу масу порівняно до контролю.

**Перспективи подальших досліджень.** Заплановано продовжити вивчення впливу живлення *in ovo* зі застосуванням зазначених вище сумішей на показники постнатального розвитку курчат яєчного напрямку продуктивності. ■

**Н.В. Шомина, А.Н. Байдевятова,  
Т.В. Ольховская**

## Исследование влияния модификации питания эмбрионов кур в процессе инкубации на выводимость яиц

**Аннотация.** Способ кормления "в яйцо" (*in ovo*) применяют с целью влияния на способность взрослой птицы усваивать минералы и энергию из кормов, на ее устойчивость к иммунологическим, экологическим и окислительным стрессам. Степень ответа на кормление *in ovo* зависит, с одной стороны,

от генетики, возраста птицы, размера яйца и условий инкубации (т.е. эпигенотипа), с другой – от состава применяемого раствора, места и периода его введения. Цель работы заключалась в изучении влияния различных смесей, введенных *in ovo* в амниотическую жидкость на эмбриогенез и результаты инкубации яиц кур яичного направления продуктивности. Исследование проведено на инкубационных яйцах кур породы борковская барвистая, из которых было сформировано 4 опытных и 1 контрольная группы. В яйца опытных групп в период 420 часов инкубации вводили смеси витаминов, витаминов с аминокислотами, углеводы и пробиотики. Вещества вводили в амниотическую жидкость. В дальнейшем, при заглывании амниотической жидкости эмбрионами, введенные вещества попадали в пищеварительный тракт. Все манипуляции по введению питательных растворов в яйцо проводили в стерильном, специально подготовленном боксе с использованием разовых 2 мл шприцов. Было установлено выраженное положительное влияние введения углеводов и пробиотиков на результаты инкубации: полученные показатели выводимости яиц были на 15,0 и 12,5% соответственно выше контрольных. Оценка живой массы суточных цыплят контрольной и опытных групп показала, что цыплята из группы, где применяли инъекцию глюкозы, имели на 3,1% больше живую массу по сравнению с контролем. Полученные результаты будут использованы в дальнейшей работе по изучению влияния кормления эмбрионов *in ovo* на показатели постнатального развития цыплят яичного направления продуктивности.

**Ключевые слова:** инкубация, эмбрионы кур, модификация питания, кормление *in ovo*, выводимость яиц

**N.V. SHOMINA**, Candidate of Agricultural Sciences, **O.M. BAYDEVLYATOVA**, Junior Research Fellow, Department of Selection, Technology and Innovation Management, **T.V. OLKHOVSKA**, technician of the Department of quality and safety assessment of fodder and poultry products  
State Poultry Research Station of National Academy of Agrarian sciences of Ukraine, Birky  
E-mail: shomina\_n@ukr.net

## Study of the influence of modification of nutrition of chicken embryos in the incubation process on egg hatchability

**Abstract.** *The technique of feeding in ovo is used to affect the ability of adult birds to absorb minerals and energy from feed, its resistance to immunological, environmental and oxidative stresses. The degree of response to in ovo feeding depends on the one hand on genetics, age of the bird, egg size and incubation conditions (i.e. epigenotype), on the other hand - on the composition of the applied solution, place and period of its introduction. The aim of the study was to investigate the effect of various mixtures introduced in ovo into the amniotic fluid on embryogenesis and the results of incubation of eggs of hens of the egg direction of productivity. The study was conducted on hatching eggs of Birkivska barvista breed, of which 4 experimental and 1 control group were formed. Mixtures of vitamins, vitamins with amino acids, carbohydrates and probiotics were added to the eggs of the experimental groups during the period of 420 hours of incubation. The substances were injected into the amniotic fluid. Later, when the amniotic fluid*

*was swallowed by embryos, the injected substances entered the digestive tract. All manipulations for the introduction of nutrient solutions into the egg were carried out in a sterile, specially prepared box using disposable 2 ml syringes. There was a pronounced positive effect of the introduction of carbohydrates and probiotics on the results of incubation: the obtained hatchability of eggs was 15.0 and 12.5%, respectively, higher than the control. Estimation of live weight of day-old chickens of the control and experimental groups showed that chickens from the group where glucose injection was used had 3.1% higher live weight compared to the control. The results obtained will be used in further work on studying the effect of in ovo embryo feeding on the indicators of postnatal development of chicks of the egg production.*

**Key words:** *incubation, chicken embryos, feeding modification, in ovo feeding, egg hatchability*

## Література

- Ashwell C., Angel C. Nutritional genomics: A practical approach by early life conditioning with dietary phosphorus. *Revista Brasileira De Zootecnia-brazilian Journal of Animal Science*. 2010. Vol.39. doi:10.1590/S1516-35982010001300030.
- Ferret P. The potential of in ovo feeding and perinatal nutrition. *Poultry Industry*. 2014. URL:https://en.engormix.com/poultry-industry/articles/the-potential-ovo-feeding-t36198.htm (дата звернення: 10.08.2020).
- Jha R., Singh A.K., Yadav S., Berrococo J.F.D., Mishra B. Early nutrition programming (in ovo and post-hatch feeding) as a strategy to modulate gut health of poultry. *Frontiers in Veterinary Science*. 2019. Vol. 6. URL:https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fvets.2019.00082 (дата звернення: 10.08.2020).
- Jha R., Das R., Oak S., Mishra P. Probiotics (direct-fed microbials) in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, growth and laying performance, and gut health: a systematic review. *Animals*. 2020. Vol. 10. P.1863. doi:10.3390/ani10101863.
- Peebles E.D. In ovo applications in poultry: A review. *Poultry Science*. 2018.Vol. 97(7). P.2322-2338. doi: 10.3382/ps/pey081.
- Saeed M., Babazadeh D., Naveed M., Alagawany M., Abd El-Hack M.E., Arain M.A., Tiwari R., Sachan S., Karthik K., Dhama K., Elnesr S.S., Chao S. In ovo delivery of various biological supplements, vaccines and drugs in poultry: current knowledge. *Journal of Science in Food Agriculture*. 2019.Vol.99(8). P.3727-3739. doi: 10.1002/jsfa.9593.
- Uni Z., Ferret P., Tako E., Kedar O. In ovo feeding improves energy status of late-term chicken embryos. *Poultry Science*. 2005. Vol. 84. P.764-770. doi: 10.1093/ps/84.5.764.
- Yan F., Angel C., Ashwell C., Mitchell A., Christman M. Evaluation of the broiler's ability to adapt to an early moderate deficiency of phosphorus and calcium. *Poultry science*. 2005. Vol.84. P.1232-1241. doi:10.1093/ps/84.8.1232.
- Zhang H., Elliott K., Durojaye O., Fatemi S., Schilling M., Peebles E. Effects of in ovo injection of L-ascorbic acid on growth performance, carcass composition, plasma antioxidant capacity, and meat quality in broiler chickens. *Poultry Science*. 2019. Vol. 98. Is. 9. P. 3617-3625. doi: 10.3382/ps/pez173.

## References

- Ashwell, C., & Angel, C. (2010). Nutritional genomics: A practical approach by early life conditioning with dietary phosphorus. *Revista Brasileira De Zootecnia-brazilian Journal of Animal Science*, 39. doi:10.1590/S1516-35982010001300030. [in English].
- Ferret, P. (2014). The potential of in ovo feeding and perinatal nutrition. *Poultry Industry*. Retrieved from https://en.engormix.com/poultry-industry/articles/the-potential-ovo-feeding-t36198.htm. [in English].
- Jha, R., Singh, A., Yadav, S., Berrococo, J., & Mishra, B. (2019). Early nutrition programming (in ovo and post-hatch feeding) as a strategy to modulate gut health of poultry. *Frontiers in Veterinary Science*, 6. Retrieved from https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fvets.2019.00082. [in English].
- Jha, R., Das, R., Oak, S., & Mishra, P. (2020). Probiotics (direct-fed microbials) in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, growth and laying performance, and gut health: a systematic review. *Animals*, 10, 1863. doi:10.3390/ani10101863. [in English].
- Peebles, E. (2018). In ovo applications in poultry: A review. *Poultry Science*, 97(7), 2322-2338. doi: 10.3382/ps/pey081. [in English].
- Saeed, M., Babazadeh, D., Naveed, M., Alagawany, M., El-Hack, M., Arain... & Chao, S. (2019). In ovo delivery of various biological supplements, vaccines and drugs in poultry: current knowledge. *Journal of Science in Food Agriculture*, 99(8), 3727-3739. doi: 10.1002/jsfa.9593. [in English].
- Uni, Z., Ferret, P., Tako, E., & Kedar, O. (2005). In ovo feeding improves energy status of late-term chicken embryos. *Poultry Science*, 84, 764-770. doi: 10.1093/ps/84.5.764. [in English].
- Yan, F., Angel, C., Ashwell, C., Mitchell, A., & Christman, M. (2005). Evaluation of the broiler's ability to adapt to an early moderate deficiency of phosphorus and calcium. *Poultry Science*, 84, 1232-1241. doi:10.1093/ps/84.8.1232. [in English].
- Zhang, H., Elliott, K., Durojaye, O., Fatemi, S., Schilling, M., & Peebles, E. (2019). Effects of in ovo injection of L-ascorbic acid on growth performance, carcass composition, plasma antioxidant capacity, and meat quality in broiler chickens. *Poultry Science*, 2019, 98 (9), 3617-3625. doi.org/10.3382/ps/pez173. [in English].