

Original researches

Growth intensity and mineral metabolism rate of broiler chickens while using marine hydrobionts derived feed additives

Received: 23 December 2019
Revised: 13 February 2020
Accepted: 26 February 2020

Odessa State Agrarian University,
st., 13, Odessa,
65012, Ukraine

Tel.: +38-066-898-78-31
E-mail: dankevych82@gmail.com

Cite this article: Dankevych, N. I. (2020).
Growth intensity and mineral metabolism
rate of broiler chickens while using marine
hydrobionts derived feed additives. *Theoretical
and Applied Veterinary Medicine*, 8(1), 56–61.
doi: 10.32819/2020.81009

N. I. Dankevych
Odessa State Agrarian University, Odessa, Ukraine

Abstract. There was determined an effect of feeding two feed additives made from primary processing wastes of marine hydrobionts on the mineral metabolism state of broiler chickens. Mineral feed additives were derived from mussels' shells and seawater, protein-mineral feed additives were made from the shells of large mussels and bodies of small ones, *Phyllophora nervosa* algae, and seawater. Birds of the control group got only the basic diet. Chickens from experimental groups of 20 to 42 days old were fed with feed additives in addition to the basic diet. Chickens of groups I and II obtained mineral feed additive, groups III and IV – protein-mineral feed additive. Compared to the control group, chickens of the groups I and III received 93% of the basic diet and 7% of the mineral feed additive and protein-mineral feed additive, respectively; groups II and IV received in addition to the 100% of the basic diet, 7% of the mineral feed additive and protein-mineral feed additive. The growth rate was determined by the individual weighing of the bird at the age of 20 and 42 days old. Total calcium and inorganic phosphorus blood serum content was determined using a GBG ChemWell 2910 automatic biochemical analyzer and Global Scientific test systems. It was found that feeding broiler chickens with protein-mineral feed additive contributed to the bodyweight increase of broiler chickens. The use of mineral feed additives did not affect the chickens' growth rate. When using feed additives, the calcium content did not significantly differ from the control group birds except for the group I, where it was 9.0% higher ($p \leq 0.01$). The content of phosphorus in the blood serum of broiler chickens from experimental groups was significantly higher: in chickens of the groups I, II, III and IV, respectively, by 34.4; 26.2; 38.5 and 23.0% compared to the control. With the higher phosphorus content, the calcium to phosphorus ratio in the blood serum of the experimental chickens was significantly lower: group I – 23.0%, group II – 13.0%, group III – 24.0%, and group IV – 20.0%. Due to the increased phosphorus levels and almost unchanged calcium level, alkaline phosphatase activity was less. Compared to the control group, in broilers of groups I, II, III, and IV, the level of this enzyme was significantly lower by 53.5; 28.2; 44.6 and 57.8%. The blood glucose level of all experimental groups' chickens was slightly lower than normal, did not significantly differ from the control. The dependences of calcium, phosphorus, alkaline phosphatase activity in the chickens' blood serum on the method of feeding or the type of feed additive have not been established.

Keywords: sea mussels; body weight; red algae; broilers; biochemical parameters.

Інтенсивність росту і показники мінерального обміну курчат-бройлерів за використання кормових добавок з морських гідробіонтів

Н. І. Данкевич
Одеський державний аграрний університет, Одеса, Україна

Анотація. Встановлено вплив згодовування двох кормових добавок, виготовлених із відходів первинної переробки морських гідробіонтів на інтенсивність росту і рівень мінерального обміну курчат-бройлерів. Мінеральна кормова добавка виготовлена зі стулок мідій і морської води, білково-мінеральна кормова добавка – зі стулок великих і тіл дрібних мідій, морської водорості Філофора ребриста (*Phyllophora nervosa*) і морської води. Птиці контрольної групи згодовували лише основний раціон. Курчатам дослідних груп із 20-ої до 42-ої доби вирощування додатково до основного раціону задавали кормові добавки. Курчата I і II групи отримували мінеральну кормову добавку, III і IV груп – білково-мінеральну кормову добавку. Порівняно з контролем, курчата I і III груп отримували 93% основного раціону і 7% мінеральної кормової добавки і білково-мінеральної кормової добавки відповідно, II і IV групи – додатково до основного раціону (100%) отримували 7% маси мінеральної кормової добавки і білково-мінеральної кормової добавки. Інтенсивність росту встановлювали шляхом індивідуального зважування птиці у 20- і 42-добовому віці. Вміст загального Кальцію і неорганічного Фосфору в крові 42-добових курчат-бройлерів визначали за допомоги автоматичного біохімічного аналізатора GBG ChemWell 2910 і тест-систем фірми Global Scientific. Встановлено, що згодовування курчатам-бройлерам білково-мінеральної кормової добавки сприяло збільшенню маси тіла курчат-бройлерів. Застосування мінеральної кормової добавки на інтенсивність росту курчат не вплинуло. За використання кормових добавок уміст Кальцію достовірно не відрізнявся від контролю за винятком курчат II групи, де був більшим

на 9,0% ($p \leq 0,01$). Уміст Фосфору в сироватці крові курчат-бройлерів дослідних груп був достовірно вищим: у курчат I, II, III і IV груп відповідно на 34,4; 26,2; 38,5 і 23,0%, порівняно з контролем. За більшого вмісту Фосфору кальцій-фосфорне відношення в сироватці крові курчат дослідних груп було достовірно менше: I групи – на 23,0%, II групи – на 13,0%, III групи – на 24,0% і IV групи – на 20,0%. На тлі збільшеного рівня Фосфору і майже не зміненого вмісту Кальцію активність лужної фосфатази була меншою. Порівняно з контролем, у бройлерів I, II, III і IV груп уміст цього ферменту був достовірно меншим на 53,5; 28,2; 44,6 і 57,8%. Уміст глюкози в сироватці крові курчат усіх дослідних груп був дещо нижчим норми, від контролю достовірно не відрізнявся. Залежності вмісту Кальцію, Фосфору, активності лужної фосфатази в сироватці крові курчат від способу згодовування або виду кормової добавки не встановлено.

Ключові слова: морські мідії; маса тіла; червоні водорості; курчата-бройлери; біохімічні показники.

Вступ

Дефіцит білка, мінеральних речовин, фізіологічно активних речовин раціону ставить під загрозу як здоров'я, так і продуктивність сільськогосподарської птиці. Особливо значні збитки птахівництву приносить часткова мінеральна недостатність, коли явні симптоми захворювання відсутні, але спостерігається зниження продуктивності птиці, недостатнє використання корму, низька резистентність до захворювань (Ventura & da Silva, 2019). Слабкість у ногах, кульгавість, інші аномалії кісток, пов'язані з порушеннями обміну речовин постають проблемами швидкого росту курчат-бройлерів, що приводить до значних втрат продукції і негативно впливає на добробут птиці (Julian, 2005; Waldenstedt, 2006; Dibner et al., 2007; Świątkiewicz & Arczewska-Wlosek, 2012).

Рибне борошно – це цінний продукт живлення і його часто використовують у годівлі м'ясної птиці. Однак значні витрати на вилов риби обмежують її використання в тваринництві. Альтернативою більш цінним гідробіонтам можуть бути інші морські види, такі як мідії, а також червоні водорості. М'ясо мідій – джерело повноцінного білка, а їх стулки містять велику кількість неорганічних речовин, у першу чергу Кальцію і Фосфору (Jonsson & Elwinger, 2009) і може бути цінним кормовим інгредієнтом відповідно до органічних стандартів (Jonsson, et al., 2011; Morris et al., 2019).

Червоні морські водорості являються багатим джерелом полісахаридів, ліпідів, білків, фізіологічно активних речовин і вторинних метаболітів, таких як поліфеноли, що чинять позитивний вплив на стан неспецифічного імунітету як тварин, так і людини (Bansemir et al., 2004; Lins et al., 2009; Gómez-Ordóñez et al., 2012; Iji et al., 2017). Карагенани морських водоростей мають антивірусну, протипухлинну та імуномодулюючу дію на організм (Campo et al., 2009; De Jesus Raposo et al., 2015; Liu et al., 2013), а такі їх речовини, як похідні фуранонів володіють антимікробними властивостями (Kulshreshtha et al., 2014).

Крім того, значна кількість відходів на підприємствах первинної переробки морських мідій і водоростей становить екологічну загрозу та потребує значних фінансових і матеріальних витрат для її вирішення. Цю проблему можна вирішити шляхом їх використання в годівлі сільськогосподарської птиці (McLaughlan et al., 2014).

Мета дослідження – визначення показників мінерального обміну курчат-бройлерів за впливу мінеральної і білково-мінеральної кормових добавок, виготовлених із продуктів первинної переробки морських гідробіонтів.

Матеріал і методи досліджень

Дослід виконано на курчатах-бройлерах кросу «Ross 308». Птицю утримували в різних клітках одного пташника за однакових показників мікроклімату згідно гігієнічних вимог.

Для досліду сформовано 5 груп ($n = 80$) курчат 14-добового віку. Курчатам дослідних груп згодовували стандартний комбікорм згідно ДСТУ 4120-2002, напування здійснювали з ніпельних поїлок. Птиці контрольної групи згодовували лише

основний раціон (ОР). Курчата дослідних груп з 20 до 42 доби вирощування додатково до ОР отримували кормові добавки, виготовлені з морських гідробіонтів. Курчата I і II дослідних груп отримували мінеральну кормову добавку (МКД), III і IV – білково-мінеральну кормову добавку (БМКД). Порівняно з контролем, курчата I і III групи отримували 93% маси ОР і 7% маси МКД і БМКД відповідно, II і IV групи – додатково до ОР (100%) отримували 7% маси відповідно МКД і БМКД. Для біохімічних досліджень у кінці досліду під час забою птиці відбирали проби крові з підкрильцевої вени (*v. cutanea ulnaris*) ($n = 5$). Утримання курчат і маніпуляції з ними проводили відповідно до положень документу «Загальні етичні принципи експериментів на тваринах», ухваленого Першим Національним конгресом з біоетики (Київ, 2001 р.). З метою встановлення інтенсивності росту птиці за впливу кормових добавок у віці 20 і 42 доби шляхом індивідуального зважування визначали масу тіла курчат з кожної групи ($n = 30$).

Мінеральна кормова добавка містить дрібно змелені стулки мідії чорноморської (*Mytilus galloprovincialis*) і морську воду. Білково-мінеральна кормова добавка це розмелені стулки великих мідій і тіла дрібних, відходи первинної переробки морської водорості Філофора ребриста (*Phyllophora nervosa*) і морська вода.

Вплив кормових добавок на стан мінерального обміну організму курчат-бройлерів з'ясували за показниками вмісту загального Кальцію і неорганічного Фосфору, а активності лужної фосфатази (ЛФ), на вуглеводний обмін – за вмістом глюкози у сироватці крові курчат 42-добового віку.

Біохімічні показники визначали в лабораторії біохімії науково-дослідного департаменту ТОВ «Центр ветеринарної діагностики» (м. Київ) з використанням автоматичного біохімічного аналізатора GBG ChemWell 2910 (США) і використання тест-систем фірми Global Scientific (США).

Одержані дані досліджень обробляли математично з визначенням середнього арифметичного, її похибки, а також критерію достовірності *td* і таблиць Стьюдента.

Результати

Показники живої маси курчат відповідали породним і видовим нормативам. Згодовування БМКД сприяло більш інтенсивному росту птиці. Порівняно з контролем, у курчат III і IV групи жива маса була достовірно більшою відповідно на 2,7 і 4,5% (табл. 1). За використання МКД спостерігали тенденцію до збільшення маси тіла курчат. Середньодобовий приріст курчат дослідних груп також був більшим і становив у бройлерів I групи 85,0 г, II групи – 87,2 г, III групи – 88,0 г і IV групи – 90,2 г, що порівняно з контролем було більше на 0,5; 3,1; 4,0 і 6,6% відповідно (рисунок). Крім того, використання добавок, виготовлених із морських гідробіонтів сприяло більш високій збереженості курчат: I і II групи на 2,5%, III – на 7,5%, IV групи – на 3,7%.

Результати встановлення показників сироватки крові курчат дослідних груп представлено у табл. 2.

Уміст загального Кальцію в сироватці крові курчат кон-

Таблиця 1. Продуктивні показники курчат-бройлерів за використання кормових добавок ($M \pm m$, $n = 30$)

Показник	Група				
	контрольна	I	II	III	IV
Жива маса у віці 20 днів, г			862,0 ± 4,03		
Жива маса у віці 42 доби, г	2722,7 ± 19,52	2732,3 ± 25,52	2779,7 ± 20,45	2796,8 ± 18,53*	2846,2 ± 24,51***
Збереженість, %	91,3	93,8	93,8	98,8	95,0

Примітка: * – $P \leq 0,05$; *** – $P \leq 0,001$ відносно контролю.

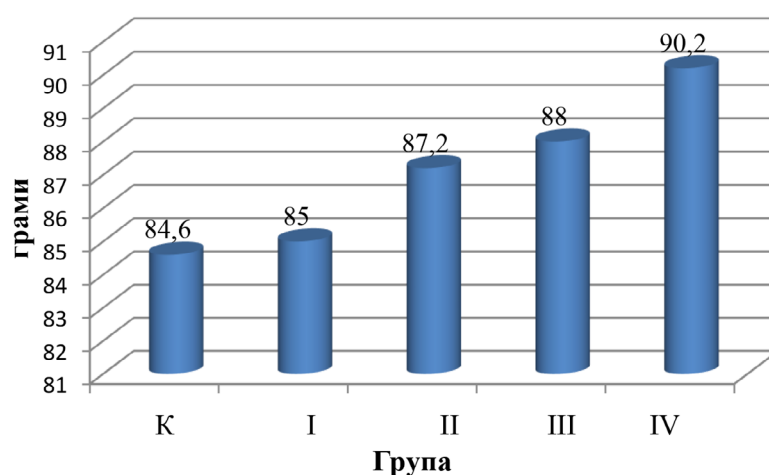


Рисунок. Середньодобові прирости маси тіла курчат-бройлерів за використання кормових добавок.

трольної групи був на нижній межі фізіологічної норми, неорганічного Фосфору – відповідав їй і становив відповідно $2,44 \pm 0,02$ і $2,45 \pm 0,04$ ммоль/л. За використання кормових добавок уміст загального Кальцію достовірно не відрізнявся від контролю за винятком курчат II групи, в якій він був більшим на 9,0% ($P \leq 0,01$). Натомість уміст неорганічного Фосфору в бройлерів дослідних груп був достовірно більшим: у курчат I, II, III і IV групи відповідно на 34,4 ($P \leq 0,01$); 26,2 ($P \leq 0,001$); 38,5 ($P \leq 0,001$) і 23,0% ($P \leq 0,01$). За більшого вмісту Кальцію кальцій-фосфорне відношення в сироватці крові курчат дослідних груп було достовірно меншим: I групи – на 23,0%, II групи – на 13,0%, III групи – на 24,0% і IV групи – на 20,0%.

На тлі збільшення вмісту неорганічного Фосфору і майже не змінного вмісту загального Кальцію активність лужної фосфатази була достовірно меншою. Порівняно з контролем, у бройлерів I, II, III і IV групи активність цього ферменту була

меншою на 53,5; 28,2; 44,6 і 57,8% (в усіх випадках $P \leq 0,001$).

Уміст глюкози в сироватці крові курчат дослідних груп був дещо вищим норми, від контролю достовірно не відрізнявся і становив $8,5 \pm 0,30$ – $9,1 \pm 0,16$ ммоль/л.

Обговорення

Одержані дані стосовно збільшення збереженості і приростів живої маси курчат-бройлерів за використання БМКД узгоджуються з інформацією Sohail & Roland (2002), Nemme et al. (2005), Xing et al. (2020) про збільшення маси тіла, а також збереженості курей за використання кормових добавок, виготовлених із морських моллюсків, Aletor & Onibi (1990), Oso et al., (2011) про збільшення маси тіла курчат-бройлерів за використання раковин устриць, Creswell & Kompiang (1981) про більшу живу масу курчат за використання в годівлі афри-

Таблиця 2. Біохімічні показники сироватки крові курчат-бройлерів за застосування кормових добавок ($M \pm m$, $n = 5$)

Показник	Група				
	контрольна	I	II	III	IV
Кальцій загальний, ммоль/л	2,43 ± 0,02	2,52 ± 0,17	2,66 ± 0,05**	2,56 ± 0,09	2,40 ± 0,08
Фосфор неорганічний, ммоль/л	2,45 ± 0,04	3,28 ± 0,21**	3,08 ± 0,12***	3,38 ± 0,16***	3,00 ± 0,15**
Ca / P	1,00 ± 0,01	0,77 ± 0,04***	0,87 ± 0,05*	0,76 ± 0,03***	0,80 ± 0,02***
Лужна фосфатаза, U/L	9671,4 ± 95,19	4493,4 ± 450,31***	6943,2 ± 241,4***	5354,4 ± 368,5***	4047,2 ± 506,9***
Глюкоза, ммоль/л	8,8 ± 0,13	9,1 ± 0,16	9,0 ± 0,34	8,9 ± 0,17	8,5 ± 0,30

Примітка: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$ відносно контролю.

канського гігантського равлика. Відсутність стимулюючого ефекту від застосування МКД узгоджується з інформацією про відсутність збільшення маси тіла курей-несучок за використання борошна з мідій (Jönsson et al., 2011), маси тіла японських перепелів за використання стулок середземноморських мідій (Bugdayci et al., 2019).

На думку Shafey (1993), депресія росту курчат, яким згодують раціони з високим вмістом Кальцію, може бути частково пояснена зменшенням доступності інших мінералів, необхідних для росту. Толерантність до Кальцію у курчат може бути підвищена за рахунок того, що в раціоні міститься більше, ніж зазвичай, інших необхідних мінералів.

Через виразну участь у метаболізмі, високий вміст у кістковій тканині та яєчній шкаралупі Кальцій і Фосфор вважають основними мінералами в годівлі сільськогосподарської птиці і на виробництві звертають особливу увагу (Dacke, 2000). Механізми метаболізму Кальцію і Фосфору в організмі птахів значно відрізняються від таких у ссавців (Proszkowiec-Weglarz & Ange, 2013).

Сироватковий Кальцій необхідний для гомеостазу кісток, провідності м'язів і нервів, згортанню крові та контролю синтезу гормонів, зокрема вітаміну D3 та паратиреоїдного гормону. Під час яйцекладки вміст Кальцію в крові курей буває надзвичайно високим, сягаючи рівня 30 мг/дл (Johnson, 2015). Участь Кальцію у формуванні яєчної шкаралупи призводить до посилення його кишкової та кісткової мобілізації, що необхідно для його постійного рівня в крові (Johnson & Elwinger, 2009). Крім того, Кальцій необхідний для швидкого темпу росту молодняку птахів (Hurwitz, 1989).

Неорганічний Фосфор – головний компонент кісткової тканини та життєво важливий клітинний компонент, що відіграє важливу роль у зберіганні, вивільненні та передачі енергії та в кислотно-лужному обміні. Фосфор впливає на більшу кількість біологічних систем, ніж будь-який інший елемент. Це важливий елемент багатьох функцій організму, зокрема утворення кісткової тканини, кислотно-лужної рівноваги, метаболізму жиру, вуглеводів, білків і ліпідів, а також у формування яєць (Wideman, 1987; Pastore et al., 2012). Кальцій і Фосфор впливає на стан імунітету за вакцинації птиці та розвиток інфекційних хвороб. Існує низка повідомлень про зміну вмісту сироваткового Кальцію та Фосфору у птахів, хворих на вірусні інфекції (Talebi, 2006). Додаткове збагачення раціону курей-несучок Фосфором рослинного походження сприяє більш високій яєчній продуктивності і прямо корелює з його вмістом у сироватці крові (Miles et al., 1983).

Між вмістом Фосфору в сироватці крові і яйценосністю існує значуща ($r = 0,74$, $P < 0,01$) позитивна кореляція, у той час, як зв'язок між вмістом Кальцію і яйценосністю незначний ($r = 0,26$, $P > 0,05$) (Igwe et al., 2018).

Дані огляду інформаційних джерел про метаболізм Кальцію і Фосфору у свійської птиці свідчать про його суттєві особливості порівняно з ссавцями. Очевидно, що дисбаланс цих важливих мінеральних елементів зумовлює каскад життєво важливих змін метаболізму в організмі птиці (Proszkowiec-Weglarz & Angel, 2013).

За результатами наших досліджень встановлено, що вміст неорганічного Фосфору в сироватці крові курчат контрольної і дослідних груп був у межах фізіологічної норми, вміст загального Кальцію в курчат контрольної групи був на нижній межі норми, дослідних – в межах норми. Використання кормових добавок сприяло достовірному збільшенню вмісту неорганічного Фосфору в сироватці крові курчат усіх дослідних груп. Причому за умови заміни 7% маси корму на мінеральну і білково-мінеральну добавку його вміст збільшився у більшій мірі – на 34,4 і 38,5%, а за збагачення раціону добавками (шляхом додаткового згодуювання у кількості 7% понад масу основного

раціону) його вміст збільшився у меншій мірі – на 26,2 і 23,0%. Вміст загального Кальцію у сироватці крові курчат дослідних груп не мав достовірної різниці з контролем, за винятком II групи, яким згодювали корм, збагачений мінеральною кормовою добавкою. Отримані дані повністю узгоджуються з інформацією (Preda et al., 2014), згідно якої зі збільшенням дози вапняку курям-несучкам вміст Фосфору в сироватці крові збільшується в більшій мірі, ніж Кальцію, що викликає відповідний дисбаланс кальцій-фосфорного відношення.

Фермент, що бере активну участь у метаболізмі Фосфору і тісно пов'язаний з мінеральним обміном і станом кісткової тканини – це лужна фосфатаза. Сироватка крові містить кілька ізоферментів лужної фосфатази, в основному печінкового і кісткового походження і які виконують свої функції не в складі крові.

Зменшення активності лужної фосфатази спостерігали за використання курям-несучкам пробіотика, пребіотика і синбіотика (Tang et al., 2017), збільшення – за дії теплового стресу у курчат (Hosseini-Vashan et al., 2016; Bueno et al., 2017). Активність лужної фосфатази – чутливий маркер міри ураження за кокцидіозу курчат. Її активність зворотно пропорційна дозі ооцист і більшому ступеню ураження кишечника (Kogut & Powell, 1993).

Згідно одержаним даним, вміст лужної фосфатази у курчат контрольної групи був на верхній межі норми. За використання бройлерам МКД і БМКД активність сироваткової лужної фосфатази була достовірно ($P \leq 0,001$) на 28,2–57,8% меншою і знаходилась у межах фізіологічної норми. Слід зазначити, що залежності активності лужної фосфатази від способу згодювання або виду кормової добавки не встановлено.

Отримані дані стосовно високого вмісту Кальцію і Фосфору в раціоні і суттєвого зменшення активності лужної фосфатази в сироватці крові курчат-бройлерів за використання кормових добавок узгоджується з даними інших дослідників. Так, за високого вмісту Кальцію в раціоні курей-несучок у сироватці крові встановлено збільшення концентрації Кальцію і пригнічення активності лужної фосфатази (Jiang et al., 2013). За використання в годівлі гусенят природного джерела неорганічних речовин – вермикуліту в сироватці крові були більшими вміст загального Кальцію і неорганічного Фосфору, меншою – активність лужної фосфатази (Nogovitsyina, 2018). Незалежно від типу кормової добавки, збільшення вмісту Фосфору в раціоні курчат викликає збільшення вмісту Фосфору і зменшення активності лужної фосфатази у сироватці крові (Lima et al., 1997).

Вміст глюкози в сироватці крові являється основним показником стану вуглеводного обміну, балансу надходження енергії і витратами її на метаболічні процеси (Krestel-Rickert et al., 1986). У курчат дослідних груп цей показник не мав достовірної відмінності від контролю та був дещо меншим від видової і вікової норми.

Перспективним є визначення вмісту неорганічних речовин і біомеханічних показників кісткової тканини курчат за впливу кормових добавок, виготовлених із морських гідробіонтів.

Висновки

Використання курчатам-бройлерам білково-мінеральної кормової добавки, виготовленої зі стулок і тіл морських мідій, а також червоних водоростей сприяло збільшенню маси тіла курчат-бройлерів. Застосування мінеральної кормової добавки, до складу якої входили стулки морських мідій на інтенсивність росту курчат не вплинуло. За згодювання мінеральної і білково-мінеральної добавок у сироватці крові курчат відбулось достовірне збільшення вмісту неорганічного Фосфору, зменшення кальцій-фосфорного відношення і активності лужної фосфатази.

References

- Aletor, V. A., & Onibi, O. E. (1990). Use of oyster shell as calcium supplement. Part I. Effect on the utilization of gossypol-containing cotton seed cake by the chicken. *Nahrung*, 34(4), 311–318.
- Bansemir, A., Just, N., Michalik, M., Lindequist, U., & Lalk, M. (2004). Extracts and sesquiterpene derivatives from the red alga *Laurencia chondrioides* with antibacterial activity against fish and human pathogenic bacteria. *Chemistry & Biodiversity*, 1, 463–467.
- Bueno, J. P. R., Nascimento, M. R. B. M., Martins, J. M. S., Marchini, C. F. P., Gotardo, L. R. M., Sousa, G. M. R., Mundim, A. V., Guimarães, E. C., & Rinaldi, F. P. (2017). Effect of age and cyclical heat stress on the serum biochemical profile of broiler chickens. *Influência da idade e do estresse cíclico de calor no perfil bioquímico sérico em frangos de corte*. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 38, 3, 1383–1392.
- Buğdaycı, K. E., Gümüş, H., Oğuz, M. N., Karakaş Oğuz, F., & Güllü, İ. (2019). Effects of Mediterranean Mussel Shell (*Mytilus galloprovincialis*) on performance and egg quality in laying quails. *Acta Vet Eurasia*. 2019, 45, 22–29.
- Campo, V. L., Kawano, D. F., Da Silva, D. B., & Carvalho, I. (2009). Carrageenans: biological properties, chemical modifications and structural analysis – a review. *Carbohydrate Polymers*, 77, 167–180.
- Creswell, D. C., & Kompang, I. P. (1981). Studies on Snail Meal as a protein source for chickens: 1. Chemical composition, metabolizable energy, and feeding value for broilers. *Poultry Science*, 60, 1854–1860.
- Dacke, G. C. (2000). The parathyroids, calcitonin, and vitamin D. *Sturkie's Avian Physiology*, 473–488.
- De Jesus Raposo, M., de Moraes, A., & de Moraes, R. (2015). Marine polysaccharides from Algae with potential biomedical applications. *Marine Drugs*, 13(5), 2967–3028.
- Dibner, J. J., Richards, J. D., Kitchell, M. L., & Quiroz, M. A. (2007). Metabolic challenges and early bone development. *Journal of Applied Poultry Research*, 16(1), 126–137.
- Gómez-Ordóñez, E., Jiménez-Escrig, A., & Rupérez, P. (2012). Effect of the red seaweed *Mastocarpus stellatus* intake on lipid metabolism and antioxidant status in healthy Wistar rats. *Food Chemistry*, 135(2), 806–811.
- Hemme A., Spark M., Wolf P., Paschertz H., & Kamphues J. (2005). Effects of different phosphorus sources in the diet on bone composition and stability (breaking strength) in broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 89(3–6), 129–133.
- Hosseini-Vashan, S. J., Golian, A., & Yaghobfar, A. (2016). Growth, immune, antioxidant, and bone responses of heat stress-exposed broilers fed diets supplemented with tomato pomace. *International Journal of Biometeorology*, 60(8), 1183–1192.
- Hurwitz, S. (1989). Calcium homeostasis in birds. *Vitamins & Hormones*, 45, 173–221.
- Igwe, A. O., Ihedioha, J. I. & Okoye, J. O. A. (2018) Changes in serum calcium and phosphorus levels and their relationship to egg production in laying hens infected with velogenic Newcastle disease virus. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 523–528.
- Iji, P. A., Toghyani, M., Ahiwe, E. U., & Omede, A. A. (2017). Alternative sources of protein for poultry nutrition. *Burleigh Dodds Series in Agricultural Science*, 237–269.
- Jiang, S., Cui, L., Shi, C., Ke, X., Luo, J., & Hou, J. (2013). Effects of dietary energy and calcium levels on performance, egg shell quality and bone metabolism in hens. *The Veterinary Journal*, 198(1), 252–258.
- Johnson, A. L. (2015). Reproduction in the female. *Sturkie's Avian Physiology*, 635–665.
- Jönsson, L., & Elwinger, K. (2009). Mussel meal as a replacement for fish meal in feeds for organic poultry – a pilot short-term study. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*, 59(1), 22–27.
- Jönsson, L., Wall, H., & Tauson, R. (2011). Production and egg quality in layers fed organic diets with mussel meal. *Animal*, 5(3), 387–393.
- Julian, R. J. (2005). Production and growth related disorders and other metabolic diseases of poultry – A review. *The Veterinary Journal*, 169(3), 350–369.
- Kogut, M. H., & Powell, K. C. (1993). Preliminary findings of alterations in serum alkaline phosphatase activity in chickens during coccidian infections. *Journal of Comparative Pathology*, 108(2), 113–119.
- Krestel-Rickert, D. H., Baile, C. A., & Buonomo, F. C. (1986). Changes in insulin, glucose and GH concentrations in fed chickens. *Physiology & Behavior*, 37(2), 361–363.
- Kulshreshtha, G., Rathgeber, B., Stratton, G., Thomas, N., Evans, F., Critchley, A., Hafting, J., & Prithiviraj, B. (2014). Feed supplementation with red seaweeds, *Chondrus crispus* and *Sarcoditheca gaudichaudii*, affects performance, egg quality, and gut microbiota of layer hens. *Poultry Science*, 93, 2991–3001.
- Lima, F., Mendonca Junior, C., Alvarez, J., Garzillo, J., Ghion, E., & Leal, P. (1997). Biological evaluations of commercial dicalcium phosphates as sources of available phosphorus for broiler chicks. *Poultry Science*, 76(12), 1707–1713.
- Lins, K. O. A. L., Bezerra, D. P., Alves, A. P. N. N., Alencar, N. M. N., Lima, M. W., Torres, V. M., Farias, W. R. L., Pessoa, C., de Moraes, M. O., & Costa-Lotuf, L. (2009). Antitumor properties of a sulfated polysaccharide from the red seaweed *Champia feldmannii* (Diaz-Pifferer). *Journal of Applied Toxicology*, 29, 20–26.
- Liu, J., Hafting, J., Critchley, A. T., Banskota, A. H., & Prithiviraj, B. (2013). Components of the cultivated red seaweed *Chondrus crispus* enhance the immune response of *Caenorhabditis elegans* to *Pseudomonas aeruginosa* through the pmk-1, daf-2/daf-16, and skn-1 pathways. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(23), 7343–7350.
- McLaughlan, C., Rose, P., & Aldridge, D. C. (2014). Making the best of a pest: the potential for using invasive zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) biomass as a supplement to commercial chicken feed. *Environmental Management*, 54, 1102–1109.
- Miles, R. D., Costa, P. T., & Harms, R. H. (1983). The influence of dietary phosphorus level on laying hen performance, egg shell quality, and various blood parameters. *Poultry Science*, 62(6), 1033–1037.
- Morris, J. P., Backeljau, T., & Chapelle, G. (2019). Shells from aquaculture: a valuable biomaterial, not a nuisance waste product. *Reviews in Aquaculture*, 11, 42–57.
- Nogovitsyina, E. A. (2018). Vliyanie kormovoy dobavki vermikulit na makro- i mikromorfologicheskie pokazateli kishechnika i krov gusey. *Agrarnaya nauka*, 6, 38–40. (in Russian).
- Oso A. O., Idowu A. A., & Niameh O. T. (2011). Growth response, nutrient and mineral retention, bone mineralisation and walking ability of broiler chickens fed with dietary inclusion of various unconventional mineral sources. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 95(4), 461–467.
- Pastore, S. M., Gomes, P. C., Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Calderano, A. A., Vellasco, C. R., da Silva, V. G., & de Almeida, R. L. (2012). Calcium levels and calcium: available phosphorus ratios in diets for white egg layers from 42 to 58 weeks of age. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 2424–2432.
- Preda, C., Budica, C., & Dojana, N. (2014). Effect of various levels of dietary calcium on blood calcium concentration and hormonal status in white Cornish and White leghorn hens. *Bulletin UASVM Veterinary Medicine*, 71(1), 182–186.

- Proszkowiec-Weglarz, M., & Angel, R. (2013). Calcium and phosphorus metabolism in broilers: Effect of homeostatic mechanism on calcium and phosphorus digestibility. *Journal of Applied Poultry Research*, 22, 609–627.
- Shafey, T.M. (1993). Calcium tolerance of growing chickens: effect of ratio of dietary calcium to available phosphorus. *World's Poultry Science Journal*, 49(1), 5–18.
- Sohail S. S., & Roland D. A. Sr. (2002). Influence of dietary phosphorus on performance of Hy-line W36 hens. *Poultry Sciences*, 81(1), 75–83.
- Świątkiewicz, S., & Arczewska-Wlosek, A. (2012). Bone quality characteristics and performance in broiler chickens fed diets supplemented with organic acids. *Czech Journal of Animal Science*, 57(4), 193–205.
- Talebi, A. (2006). Biochemical parameters in broiler chickens vaccinated against ND, IB and IBD. *International Journal of Poultry Science*, 5, 1151–1155.
- Tang, S. G. H., Sieo, C. C., Ramasamy, K., Saad, W. Z., Wong, H. K., & Ho, Y. W. (2017). Performance, biochemical and hematological responses, and relative organ weights of laying hens fed diets supplemented with prebiotic, probiotic and symbiotic. *BMC Veterinary Research*, 13, 248.
- Ventura, M. V. A., & da Silva, R. M. (2019). Bone problems caused by the deficiency of calcium and phosphorus in the feeding of broilers. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 16(4), 12223–12226.
- Waldenstedt, L. (2006). Nutritional factors of importance for optimal leg health in broilers: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 126(3-4), 291–307.
- Wideman, R. F. (1987). Renal regulation of avian calcium and phosphorus metabolism. *The Journal of Nutrition*, 117, 808–815.
- Xing, R., Yang, H., Wang, X., Yu, H., Liu, S., & Li, P. (2020). Effects of calcium source and calcium level on growth performance, immune organ indexes, serum components, intestinal microbiota, and intestinal morphology of broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 29(1), 106–120.