Научная статья

УДК 636.5:636.085:633.34

# Продуктивный эффект различных источников кальция в кормлении цыплят-бройлеров: качественные характеристики мяса

**Кристина Владимировна Рязанцева[1,2], Татьяна Николаевна Холодилина[1,2], Даниил Евгеньевич Шошин[1,2], Ксения Сергеевна Нечитайло[1,2], Елена Владимировна Яушева[1], Елена Анатольевна Сизова[1,2]**

[1]ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (ФНЦ БСТ РАН);
[2]Оренбургский государственный университет

***Аннотация:*** *Кальций (Ca) является важнейшим макроэлементом, и удовлетворение потребности в нем сельскохозяйственной птицы необходимо для формирования, роста и быстрой регенерации костей, особенно на ранних стадиях развития. В настоящем исследовании изучалось влияние различных источников Ca на выход и качественные характеристики мяса цыплят-бройлеров. Методом пар-аналогов было сформировано 4 группы (n=35, 7-42 дни жизни) бройлеров кросса «Arbor Acres». В опытных группах 20% Ca рациона заменяли на его альтернативные формы: в I группе – на хлорид, во II группе – на цитрат и в III группе – на карбонат. Установлено, что внесение в рацион птиц различных форм Ca положительно сказывается на живой массе и выходе мышц. Самый высокий выход мышечной ткани наблюдался во II группе (60% от массы потрошеной тушки), при разнице с контролем 15,8% (P≤0,05). При оценке химического состава мышц установлено, что уровень белка в образцах I и II опытных групп был достоверно выше контроля на 0,30 и 0,20% (P≤0,05) соответственно. Анализ жирнокислотного профиля мышц выявил достоверное повышение содержания пальмитиновой кислоты в I и II группе на 0,49 и 0,10% соответственно (P≤0,05), а также повышение содержания линоленовой кислоты на 0,22% (P≤0,05) при вводе карбонатной формы Ca (III группа). Сделан вывод, что частичная замена кальция в рационе цыплят-бройлеров на альтернативные формы оказала положительное влияние на показатели качества мяса птицы, выраженное изменениями его химического и жирнокислотного состава.*

***Ключевые слова:*** *минеральное питание, кальций, цыплята-бройлеры, мясная продуктивность, химический состав мышц, жирнокислотный профиль мышц.*

***Для цитирования:*** *Рязанцева, К.В. Продуктивный эффект различных источников кальция в кормлении цыплят-бройлеров: качественные характеристики мяса / К.В. Рязанцева, Т.Н. Холодилина, Д.Е. Шошин, К.С. Нечитайло, Е.В. Яушева, Е.А. Сизова // Птицеводство. – 2025. – №9. – С. 33-39.*
**doi: 10.33845/0033-3239-2025-74-9-33-39**

**Введение.** Исследования по оценке минерального питания птицы, в основном, сосредоточены на дефиците различных минералов в рационе и экономической целесообразности использования различных их источников [1]. Кальций (Ca) является важнейшим макроэлементом, и удовлетворение потребности в нем сельскохозяйственной птицы необходимо для формирования, роста и быстрой регенерации костей, особенно на ранних стадиях развития. Известняк, раковины устриц, монокальцийфосфат, дикальцийфосфат и монодикальцийфосфат – основные источники Ca в кормлении сельскохозяйственной птицы [2].

Дефицит Ca не только нарушает нормальный метаболизм организма и гомеостаз, но и может необратимо нарушить развитие скелетной системы, опосредуя развитие заболеваний опорно-двигательного аппарата [2]. Преобладающей формой этого элемента, которым нормируется потребность в нем, является известняковая мука, в связи с низкой стоимостью и постоянством присутствия на рынке. Это определило популярность известняковой муки при производстве кормов и риск перенасыщения ею рационов. При этом доступность Ca из известняка достаточно низкая, несмотря на высокое содержание Ca (до 40%). В свою очередь, избыточное содержание известняковой муки в рационе оказывает негативное влияние на доступность других биологически важных минералов, включая железо, магний, марганец и цинк, усвояемость жира и бел-

ка [3]. Возможной причиной этого является повышение pH в желудочно-кишечном тракте на фоне высоких концентраций Ca, а также образование нерастворимых солей (мыл) Ca с жирными кислотами, что, в конечном итоге, приводит к снижению показателей роста и эффективности кормления [4].

Коммерческий сектор птицеводства существенно преобразовался за последние несколько десятилетий в силу быстрого роста генетического потенциала продуктивности современных кроссов птицы мясного направления. В дополнение к этим изменениям, растущее желание оптимизировать использование кормовых ресурсов подтверждает необходимость постоянного анализа и пересмотра потребностей цыплят-бройлеров в питательных веществах [5].

Согласно рекомендуемым нормам ВНИТИП (2019) [6], при формировании сбалансированного рациона для цыплят-бройлеров необходимо придерживаться уровня Ca 0,9-1,0%. Для удовлетворения потребности в кальции могут быть использованы вещества с большим его содержанием и значимыми показателями биодоступности, что обеспечивает их минимальный ввод в рацион, с целью повышения эффективности и снижения затрат на производство мяса птицы.

Таким образом, целью наших исследований стала оценка влияния различных источников Ca в рационе на мясную продуктивность и химический состав мышечной ткани цыплят-бройлеров.

**Материал и методика исследований.** Экспериментальные исследования проведены в условиях ФНЦ БСТ РАН на цыплятах-бройлерах кросса «Arbor Acres». Эксперименты выполнены в соответствии с принципами надлежащей лабораторной практики (ГОСТ Р 53434-2009) и руководством по работе с лабораторными животными (http://fncbst.ru/?page_id=3553). Протокол настоящего исследования одобрен Комитетом по биоэтике ФНЦ БСТ РАН (Протокол № 1 от 05.06.2024). Исследования проводились с соблюдением ряда мер для сведения к минимуму страдания животных и уменьшения количества исследованных опытных образцов.

Методом пар-аналогов было сформировано 4 группы (n=35), контрольная и три опытные, возраст птицы на начало эксперимента составил 7 суток, на конец эксперимента – 42 суток. Рационы для контрольной и опытных групп составлены согласно нормам ВНИТИП (2019) [6].

В рационах опытных групп 20% Ca рациона контроля заменяли на его альтернативные формы: в I группе – на хлорид, во II группе – на цитрат и в III группе – на карбонат.

Условия содержания (температура, режимы освещения, параметры микроклимата, плотность посадки и т.д.) и режимы кормления соответствовали зоотехническим нормам и рекомендациям по выращиванию бройлеров данного кросса.

Лабораторные исследования были проведены на базе ЦКП БСТ РАН (http://цкп-бст.рф). В конце экспериментального периода (в 42-суточном возрасте) после 12-часовой голодной выдержки проводили убой 6 голов бройлеров от каждой группы. Анатомическую разделку тушек проводили согласно ранее описанным методикам [6,7].

Химический состав мышечной ткани определяли согласно стандартным методикам измерения. Общую влагу определяли путем высушивания навески мышечной ткани в сушильном шкафу при температуре 80°C до постоянной массы [8].

Питательную ценность мышечной ткани определяли расчетным путем по химическому составу и стандартным калорическим коэффициентам (1 г жира – 9 ккал, 1 г белка – 4,1 ккал, 1 г углеводов – 3,75 ккал). Энергетическую ценность (кДж) определяли расчетным путем (1 ккал = 4,186 кДж).

Определение качества мяса птицы проводили расчетным путем согласно ранее описанным методам [9]. Определяли мышечно-костный индекс (МКИ) – отношение мышечной ткани (без кожи) к кости; индекс качества мяса (ИКМ) – отношение содержания жира к содержанию общего белка.

Количество белка определяли методом спектроскопии в ближней инфракрасной области с использованием анализатора «ИнфраЛЮМ ФТ-12» (М 04-89-2019); массовую долю жира – по методу Сокслета (ГОСТ 23042-2015 Мясо и мясные продукты. Методы определения жира). Жирнокислотный состав мышечной ткани исследован газохроматографическим методом, с использованием системы «ХроматэкКристалл 5000». Идентификацию жирных кислот после разделения осуществляли путем сравнивания со смесью жирных кислот фирмы Supelco™ Component FAME Mix.

Полученные результаты были обработаны при помощи программного приложения «Microsoft Office» с применением «Excel 2019» и «Statistica 10.0» («StatSoftInc.», США). Для оценки статистической

**Таблица 1. Результаты анатомической разделки цыплят-бройлеров**

| Показатель | Контроль | Опытные группы | | |
|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III |
| Предубойная живая масса, г | 1887,2±27,74 | 2168,3±33,15 | 2187,8±18,09* | 1979,1±48,61 |
| Полупотрошеная тушка, г | 1664,5±39,32 | 1859,9±31,27 | 1898,8±39,33 | 1808,8±44,95 |
| Потрошеная тушка, г | 1318,3±30,38 | 1539,6±16,70 | 1632,3±27,85 | 1480,7±52,86 |
| Мышечная ткань, г | 854,5±9,29 | 966,1±14,22 | 990,1±17,82* | 951,8±26,96 |
| Костная ткань, г | 364,3±2,728 | 329,1±3,055 | 402,3±2,124 | 373,4±3,862 |
| Убойный выход, % | 69,42 | 72,28 | 74,16 | 71,01 |
| МКИ | 2,34 | 2,93 | 2,46 | 2,55 |

***Примечание:*** * – здесь и далее разница опытных групп с контрольной достоверна (P≤0,05).

значимости использовали параметрический t-критерий Стьюдента, достоверными считали значения при p≤0,05.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Питание птицы оказывает значительное влияние на качество и безопасность мяса как пищевого продукта. Реакция птицы на откорм тесно связана с изменениями в росте скелета и мышц и накоплении жира.

При вводе в рационы бройлеров альтернативных источников Са наблюдалось повышение показателей мясной продуктивности (табл. 1). Так, на конец экспериментального периода лидерство по предубойной живой массе отмечено в группе, получавшей Са в форме цитрата (II опытная), при этом разница с контролем составила 15,9% (P≤0,05). Высокие показатели роста также отмечены при вводе хлорида Са, разница с контролем составила 14,9%.

Для оценки мясных качеств проводили анатомическую разделку тушек. В целом, нами установлено, что использование описываемого подхода положительно сказалось на общем выходе мышечной ткани в тушках бройлеров всех опытных групп, разница с контролем была в диапазоне 11,4-15,8%. Самый высокий выход мышечной ткани наблюдался во II группе (60% от массы потрошеной тушки), при разнице с контролем 15,8% (P≤0,05).

Аналогичная закономерность прослеживается в отношении МКИ: в опытных группах этот индекс превышал значение контроля на 5-25%.

Потребление Са может влиять на массу тела и жировые отложения, но этот вопрос остается спорным, учитывая отрицательные результаты, полученные в ранее проведенных исследованиях [10].

Пищевая ценность является важной характеристикой качества мяса. В связи с этим, нами была проведена оценка химического состава мышечной ткани бройлеров (табл. 2). Содержание сухого вещества в мышечной ткани бройлеров I, II и III опытных групп было выше, чем в контроле, на 0,5-1,1%. Содержание золы в мышцах не имело существенных различий между группами.

Содержание жира в образцах мышечной ткани II и III групп превосходило контрольное значение на 0,6 и 0,8%, соответственно. При этом уровень жира в I группе снизился относительно контроля на 0,6%.

Высокое содержание белка и низкое содержание жира указывают на диетическую ценность мяса. Так, уровень белка в образцах I и II опытных групп оказался достоверно выше контроля на 0,3 и 0,2% соответственно (P≤0,05), тогда как в III группе данный показатель находился на уровне контроля.

Наибольшую энергетическую ценность мышечной ткани имела III опытная группа, получавшая Са в виде карбоната. Так, в тушках цыплят II и III группы содержалось на 0,70 и 0,98% соответственно больше энергии относительно контроля.

В результате энергетическая ценность мышц цыплят II и III групп была схожей, разница с контролем составила 3-4%. При этом между опытными группами преимущество при оценке качества мяса (ИКМ) имели бройлеры I группы, которые превосходили сверстников из II и III группы на 0,6%, из контроля – на 0,3%.

Ранее проведенные исследования показали, что потребление Са снижает липогенез и увеличивает липолиз в жировой ткани, что приводит к снижению отложения жира в организме [11].

Изменение состава жирных кислот влияет на технологические, пищевые и органолептические свойства мяса [12]. Анализ жирнокислотного профиля выявил, что в образцах мышечной ткани I и II групп наблюдалось повышение содержания пальмитиновой кислоты на 0,49% (P≤0,05) и 0,1% (P≤0,05) относительно контроля (табл. 3). Однако это не повлияло на общее содержание насыщенных

**Таблица 2. Химический состав и энергетическая ценность мышечной ткани цыплят-бройлеров (M±m)**

| Показатель | Контроль | Опытные группы | | |
|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III |
| Влага, % | 75,58±1,35 | 74,51±2,76 | 74,45±1,44 | 75,03±2,52 |
| Сухое вещество, % | 24,42±1,12 | 25,49±1,77 | 25,55±1,32 | 24,97±1,45 |
| Жир, % | 6,51±0,41 | 5,91±0,66 | 7,41±0,61 | 7,28±1,14 |
| Зола, % | 0,93±0,003 | 0,94±0,006 | 0,93±0,006 | 0,93±0,012 |
| Белок, % | 17,83±0,26 | 18,12±0,18* | 18,03±0,17* | 17,77±0,48 |
| Питательная ценность 100 г мышечной ткани, ккал | 131,71 | 127,44 | 137,60 | 138,39 |
| Энергетическая питательность 100 г мышечной ткани, кДж | 550,53 | 532,69 | 575,17 | 578,48 |
| ИКМ | 2,74 | 3,07 | 2,43 | 2,44 |

**Таблица 3. Состав жирных кислот мышечной ткани цыплят-бройлеров (% к сумме жирных кислот, M±m)**

| Наименование жирной кислоты | Группа | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Контрольная | I опытная | II опытная | III опытная |
| Насыщенные жирные кислоты (НЖК) | | | | |
| Пальмитиновая ($C_{16:0}$) | 18,13±0,378 | 18,62±0,081* | 18,23±0,094* | 18,30±1,935 |
| Стеариновая ($C_{18:0}$) | 6,41±0,326 | 6,02±0,274 | 6,53±0,177 | 5,74±0,898 |
| Миристиновая ($C_{14:0}$) | 0,40±0,058 | 0,40±0,115 | 0,40±0,167 | 0,41±0,116 |
| ΣНЖК | 25,84 | 25,04 | 25,36 | 24,45 |
| Мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК) | | | | |
| Пальмитолеиновая ($C_{16:1}$) | 3,90±0,029 | 4,50±0,115 | 3,70±0,055 | 4,83±0,491 |
| Олеиновая ($C_{18:1}$) | 38,37±1,011 | 37,53±0,433 | 39,03±1,416 | 37,34±0,981 |
| ΣМНЖК | 42,27 | 42,03 | 42,73 | 42,17 |
| ΣМНЖК / ΣНЖК | 1,64 | 1,68 | 1,68 | 1,72 |
| Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) | | | | |
| Линолевая ($C_{18:2}$) | 30,47±0,291 | 30,17±1,241 | 30,97±1,386 | 30,45±1,475 |
| Линоленовая ($C_{18:3}$) | 1,18±0,012 | 1,20±0,058 | 1,21±0,052 | 1,30±0,029* |
| Арахидоновая ($C_{20:4}$) | 1,29±0,215 | 1,61±0,061 | 1,59±0,107 | 1,60±0,346 |
| ΣПНЖК | 32,94 | 32,98 | 33,76 | 33,37 |
| ΣПНЖК / ΣНЖК | 1,27 | 1,32 | 1,33 | 1,36 |

жирных кислот (НЖК), максимальное значение которого отмечены в контрольной группе и составило 25,84%, что превышало показатели опытных групп на 0,4-0,8%.

Содержание мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК) в опытных группах находилось на уровне контрольных значений. При этом соотношение сумм МНЖК / НЖК было минимальным в контроле (1,64), а в опытных группах оно повышалось до 1,68 (группы I и II) и 1,72 (группа III).

Мясо птицы относительно богато полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК), что значительно увеличивает потенциал окисления жирных кислот, сокращая срок годности продукта [13]. В наших исследованиях не было выявлено статистически значимого влияния источников Са на содержание ПНЖК. Так, содержание линолевой кислоты варьировало в диапазоне от 30,17 до 30,97%, а линоленовой – 1,18-1,30%. Однако, статистически подтверждено влияние карбоната кальция (III группа) на содержание линоленовой кислоты, а именно его повышение на 0,22% (P≤0,05) относительно контроля. Повышение уровня линоленовой кислоты в опытных группах было более выражено, поскольку эта кислота легко усваивается и откладывается в жировых депо [14]. Также следует отметить, что уровень арахидоновой кислоты в опытных группах повышался на 0,3% по сравнению с контролем. Соотношение сумм ПНЖК / НЖК по всем группам варьировало в пределах 1,27-1,36, с минимумом в контроле и максимумом в опытной группе III.

Жир и жирные кислоты в мышечной ткани являются одними из основных факторов, влияющих на качество мяса, особенно на пищевую ценность и вкусовые качества; в связи с этим, мясо птицы считается полезным из-за низкого содержания жира. Как правило, липиды мышечных волокон содержат долю фосфолипидов, триглицеридов и холестерина. Жирные

кислоты триглицеридов состоят в основном из НЖК и МНЖК. Напротив, фракция фосфолипидов имеет более высокую долю ПНЖК, которая строго контролируется как компонент клеточных мембран [15]. Сообщается, что «красные» мышцы содержат более высокую долю фосфолипидов, чем «белые», и, следовательно, относительно большее количество ПНЖК. Однако более высокий уровень ПНЖК в мембранах мышечных клеток связан с повышенной восприимчивостью мяса и мясных продуктов к окислению липидов. ПНЖК подвергаются быстрым окислительным изменениям, которые ухудшают органолептические характеристики и сокращают срок хранения мяса [12].

В ранее проведенных исследованиях выявлено, что дополнительный ввод Са в рационы бройлеров способствует снижению переваривания и усвоения жира, за счет образования кальциевых солей жирных кислот, так называемых мыл [16]. Более того, НЖК, особенно стеариновая кислота, подвержены этому эффекту в большей степени, чем ненасыщенные. В связи с этим, низкий уровень усвояемости жирных кислот отрицательно сказывается на липидном составе тканей тела птицы.

**Заключение.** По итогам исследований установлено, что внесение в рацион бройлеров Са в различных формах положительно сказывается на выходе мышечной ткани. Так, наиболее высокий выход мышечной ткани отмечался при введении Са в форме цитрата, разница с контролем составила 15,8%. При оценке химического состава установлено, что уровень белка, пальмитиновой кислоты превышал контроль при введении хлорида и цитрата Са, а содержание линоленовой кислоты возрастало при вводе карбонатной формы.

Таким образом, частичная замена Са в рационах бройлеров на альтернативные формы оказала положительное влияние на показатели продуктивности и качество мяса птицы, что выразилось изменениями его химического состава.

***Исследования выполнены за счет гранта Российского научного фонда, проект № 23-16-00165.***



**Литература / References**

1. Рязанцева, К.В. Нормирование минерального питания цыплят-бройлеров (обзор) / К.В. Рязанцева, К.С. Нечитайло, Е.А. Сизова // Животноводство и кормопроизводство. - 2021. - Т. 104. - №1. - С. 119-137. [Ryazantseva KV, Nechitaylo KS, Sizova EA (2021). doi: 10.33284/2658-3135-104-1-119 (in Russ.)]
2. Казаев, К.А. Кальций: физиологическая роль, источники и нормирование в промышленном птицеводстве (обзор) / К.А. Казаев, Т.Н. Холодилина, Е.А. Сизова [и др.] // С.-х. биология. - 2024. - Т. 59. - №2. - С. 237-257. [Kazaev KA, Kholodilina TN, Sizova EA, Lebedev SV, Salnikova EV (2024). doi: 10.15389/agrobiology.2024.2.237rus (in Russ.)]
3. David, L.S. Calcium nutrition of broilers: current perspectives and challenges / L.S. David, M.N. Anwar, M.R. Abdollahi. M.R. Bedford, V. Ravindran //Animals. - 2023. - V. 13. - No 10. - P. 1590. doi: 10.3390/ani13101590
4. Рязанцева, К.В. Кальций и фосфор в организме цыплят-бройлеров на фоне высокоэнергетических рационов / К.В. Рязанцева, Е.А. Сизова // Пермский аграрный вестник. - 2022. - №2. - С. 153-159. [Ryazantseva KV, Sizova EA (2022). doi: 10.47737/2307-2873_2022_38_153 (in Russ.)]
5. Fallah, H. The effects of calcium source and concentration on performance, bone mineralization and serum traits in male broiler chickens from 1 to 21 days of age / H. Fallah, A. Karimi, G.H. Sadeghi, N. Behroozi-Khazaei // Anim. Prod. Sci. - 2018. - V. 59. - No 6. - P. 1090-1097. doi: 10.1071/AN18166
6. Егоров, И.А. Руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы / И.А. Егоров, В.А. Манукян, Т.М. Околелова [и др.]. - Под общ. ред. В.И. Фисинина и И.А. Егорова. - М.: ЛИКА, 2018. - 226 с. [Egorov IA, Manukyan VA, Okolelova TM [et al.] (2018) Manual on Poultry Nutrition; Fisinin VI, Egorov IA (Eds.). Moscow, Lika Publ., 226 pp. (in Russ.)]
7. Лукашенко, В.С. Методические рекомендации по проведению анатомической разделки тушек и органолептической оценки качества мяса и яиц сельскохозяйственной птицы и морфологии яиц / В.С. Лукашенко, М.А. Лысенко, Т.А. Столляр [и др.]. - Под ред. В. С. Лукашенко. - Сергиев Посад: ВНИТИП, 2001. - 24 с. [Lukashenko VS, Lysenko MA, Stollyar TA [et al.] (2001) Methodical Guide on the Anatomic Dissection of Poultry Carcasses, Organoleptic Evaluation of Meat Quality, Determination of Egg Morphology; Lukashenko VS (Ed.). Sergiev Posad, VNITIP, 24 pp. (in Russ.)]

8. Межгосударственный стандарт ГОСТ 9793-2016 «Мясо и мясные продукты. Методы определения влаги». - М.: Стандартинформ, 2016. [Inter-State Standard GOST 9793-2016 “Meat and Meat Products. Determination of Moisture Content”. Moscow, Standartinform, 2016 (in Russ.)]
9. Махонина, В.Н. Патент RU 2508540. Способ определения качества и потребительской стоимости мяса птицы / В.Н. Махонина, В.В. Гущин. - Заявка № 2012131422/15; заявл. 24.07.2012; опубл. 27.02.2014. [Makhonina VN, Gushchin VV (2014) Patent RU 2508540. «Method of determination of quality and consumer cost of poultry meat”. Priority 24.07.2012 (in Russ.)]
10. Alomaim, H. Dietary calcium affects body composition and lipid metabolism in rats / H. Alomaim, P. Griffin, E. Swist, L.J. Plouffe, M. Vandeloo, I. Demonty, J. Bertinato // PloS One. - 2019. - V. 14. - No 1. - P. e0210760. doi: 10.1371/journal.pone.0210760
11. Zemel, M.B. Regulation of adiposity by dietary calcium / M.B. Zemel, H. Shi, B. Greer, D. Dirienzo, P.C. Zemel // FASEB J. - 2000. - V. 14. - No 9. - P. 1132-1138. doi: 10.1096/fasebj.14.9.1132
12. Wood, J.D. Effects of fatty acids on meat quality: a review / J.D. Wood, R.I. Richardson, G.R. Nute, A.V. Fisher, M.M. Campo, E. Kasapidou, M. Enser // Meat Sci. - 2004. - V. 66. - No 1. - P. 21-32. doi: 10.1016/S0309-1740(03)00022-6
13. De Marchi, M. At-line prediction of fatty acid profile in chicken breast using near infrared reflectance spectroscopy / M. De Marchi, R. Riovanto, M. Penasa, M. Cassandro // Meat Sci. - 2012. - V. 90. - No 3. - P. 653-657. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.10.009
14. Zaki, E.F. Fatty acids profile and quality characteristics of broiler chicken meat fed different dietary oil sources with some additives / E.F. Zaki, A.I. El Faham, N.G. Mohmed // Intl. J. Health Anim. Sci. Food Saf. - 2018. - V. 5. - No 1. - P. 9581. doi: 10.13130/2283-3927/9581
15. De Smet, S. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review / S. De Smet, K. Raes, D. Demeyer // Anim. Res. - 2004. - V. 53. - No 2. - P. 81-98. doi: 10.1051/animres:2004003
16. Ajakaiye, A. Biological availability of calcium in broiler chicks from different calcium sources found in Nigeria / A. Ajakaiye, J.O. Atteh, S. Leeson // Anim. Feed Sci. Technol. - 2023. - V. 104. - No 1-4. - P. 209-214. doi: 10.1016/S0377-8401(02)00332-2

**Сведения об авторах:**

**Рязанцева К.В.:** кандидат биологических наук, научный сотрудник; reger94@bk.ru. **Холодилина Т.Н.:** кандидат сельскохозяйственных наук; xolodilina@rambler.ru. **Шошин Д.Е.:** аспирант, младший научный сотрудник; daniilshoshin@mail.ru. **Нечитайло К.С.:** кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; k.nechit@mail.ru. **Яушева Е.В.:** кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; vasilena56@mail.ru. **Сизова Е.А.:** доктор биологических наук, главный научный сотрудник; Sizova.L78@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 27.05.2025; одобрена после рецензирования 03.07.2025; принята к публикации 24.08.2025.

**Research article**

## *Effect of Different Calcium Sources in Diets for Broilers on the Yield and Quality of Meat*

Kristina V. Ryazantseva[1,2], Tatiana N. Kholodilina[1,2], Daniil E. Shoshin[1,2], Ksenia S. Nechitaylo[1,2], Elena V. Yausheva[1], Elena A. Sizova[1,2]

[1]Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of Russian Academy of Sciences;
[2]Orenburg State University

***Abstract.*** *Calcium (Ca) is an essential macronutrient necessary for the formation, growth and rapid regeneration of bones in poultry, especially in the early stages of development. The effects of different Ca sources on the qualitative and quantitative characteristics of meat were experimentally studied on 4 treatments of Arbor Acres broilers (n=35, 7-42 days of age). Control treatment was fed the conventional Ca source (limestone); in diets for the other*

*treatments 20% of dietary Ca was fed as its alternative forms: Ca chloride (treatment I), citrate (treatment II), or carbonate (treatment III). It was found that the partial replacement of limestone by the alternative Ca sources beneficially affected growth performance and muscle yield in broilers. The total muscle yield was the highest in treatment II (60.0% in relation to the eviscerated carcass weight), significantly higher by 15.8% (p<0.05) in compare to control. The analysis of chemical composition of muscles evidenced that protein content in muscles in treatments I and II was significantly (p<0.05) higher in compare to control by 0.30 and 0.20%, respectively; concentration of palmitic acid in these treatments was significantly higher by 0.49 and 0.10%, while in treatment III the significant increase in the concentration of linolenic acid (by 0.22%, p<0.05) in compare to control was found. The conclusion was made that the partial replacement of limestone in the diet of broilers with alternative Ca forms beneficially affected the quality of poultry meat, as evidenced by certain changes in its chemical composition and fatty acid profile.*

***Keywords:*** *mineral nutrition, calcium, broiler chicks, meat productivity, chemical composition of muscles, fatty acid profile of muscles.*

***For Citation:*** *Ryazantseva K.V., Kholodilina T.N., Shoshin D.E., Nechitaylo K.S., Yausheva E.V., Sizova E.A. (2025) Effect of different calcium sources in diets for broilers on the yield and quality of meat. Ptitsevodstvo,* ***74****(9): 33-39. (in Russ.)*
**doi: 10.33845/0033-3239-2025-74-9-33-39**

*(For references see above)*

**Authors:**
**Ryazantseva K.V.:** Cand. of Biol. Sci., Research Officer; reger94@bk.ru. **Kholodilina T.N.:** Cand. of Agric. Sci.; xolodilina@rambler.ru. **Shoshin D.E.:** Aspirant, Junior Research Officer; daniilshoshin@mail.ru. **Nechitaylo K.S.:** Cand. of Biol. Sci., Senior Research Officer; k.nechit@mail.ru. **Yausheva E.V.:** Cand. of Biol. Sci., Senior Research Officer; vasilena56@mail.ru. **Sizova E.A.:** Dr. of Biol. Sci., Chief Research Officer; Sizova.L78@yandex.ru.
Submitted 27.05.2025; revised 03.07.2025; accepted 24.08.2025.

**© Рязанцева К.В., Холодилина Т.Н., Шошин Д.Е., Нечитайло К.С., Яушева Е.В., Сизова Е.А., 2025**