

УДК 636.5:577.17

DOI 10.37670/2073-0853-2020-86-6-331-336

## Мясная продуктивность и качество мяса цыплят-бройлеров при использовании диоксида кремния в составе комбикорма

**В.Н. Никулин<sup>1</sup>**, д-р с.-х. наук, профессор; **А.С. Мустафина<sup>1,2</sup>**, аспирантка;  
**Р.З. Мустафин<sup>1</sup>**, канд. биол. наук  
ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ  
ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН

Изучено влияние диоксида кремния в ультрадисперсной форме на мясную продуктивность цыплят-бройлеров и качество мяса. Опыт проведён на цыплятах-бройлерах кросса Арбор-Айкрес недельного возраста ( $n = 30$ ). В ходе эксперимента цыплята контрольной группы получали основной рацион, а птице опытных групп дополнительно вводили  $\text{SiO}_2$  в различной дозировке. Было установлено, что использование диоксида кремния при выращивании цыплят-бройлеров позволило увеличить мясную продуктивность за счёт увеличения массы потрошёной тушки на 1,6–3,3 %, массы мышечной ткани – на 1,0–3,6 %, массы съедобных частей – на 3,0–5,0 %. При этом содержание белка в грудных и бедренных мышцах цыплят опытных групп было выше контроля на 0,3–1,3 % и 0,4–1,9 % соответственно, а содержание жира в мышцах бедра и голени цыплят всех экспериментальных групп превосходило контрольные значения на 1,5–3,1 % и 0,6–2,3 % соответственно. Отмечено улучшение и аминокислотного состава мяса и печени цыплят-бройлеров.

**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, выращивание, диоксид кремния, мясная продуктивность, качество мяса, аминокислотный состав.

Самой динамически развивающейся и востребованной отраслью сельского хозяйства является птицеводство. Эта отрасль не только обеспечивает население ценными продуктами питания

(мясо, субпродукты, яйцо), но и поставляет для промышленности сырьё для переработки (пух, перо, помёт и др.) Решение приоритетных задач аграрного комплекса основывается на внедрении

в производство новейших достижений науки в области содержания и кормления животных и птицы.

Полноценное питание – главенствующий фактор, который определяет здоровье населения планеты. Основное направление государственной политики заключается в разработке высококачественных и безопасных пищевых продуктов. Сбалансированная питательная ценность мяса птицы – это возможность удовлетворять все потребности человеческого организма в процессе его жизнедеятельности. Биологическая ценность мяса характеризуется содержанием в нём питательных веществ (незаменимые аминокислоты, ненасыщенные жирные кислоты, биологические активные и минеральные вещества), их соотношением и степенью усвоения организмом человека. Мясо птицы представляет собой высокоценный продукт, имеющий значительный удельный вес в питании [1]. Кроме того, из-за низкой энергетической ценности, пониженного содержания жира, а также из-за более высокой доли полиненасыщенных жирных кислот куриное мясо считается здоровой пищей и используется в здоровом питании чаще по сравнению с другими видами мяса [2].

Считается, что генетический прогресс усилил нагрузку на организм растущей птицы и привёл к биохимическим изменениям мышечной ткани, тем самым ослабив некоторые качества мяса.

**Целью исследования** являлось изучение влияния диоксида кремния в ультрадисперсной форме на мясную продуктивность и качество мяса цыплят-бройлеров.

**Материал и методы исследования.** Объектом исследования являлись цыплята-бройлеры кросса Арбор-Айкрес. Содержание птицы и экспериментальные исследования были проведены в соответствии с инструкциями Russian Regulations, 1987 (Order No. 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) and «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1966)».

Для проведения исследования в ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» было отобрано 150 гол. здоровых цыплят-бройлеров и по принципу аналогов методом случайной выборки сформированы пять групп по 30 цыплят в каждой. Во время эксперимента птиц содержали в клетках КУН-05 площадью 4050 см<sup>2</sup> (90×45×45 см) и маркировали пластиковыми ножными бирками. Температурный и световой режимы, влажность воздуха, плотность посадки, фронт кормления и поения соответствовали рекомендациям ВНИТИП [3].

Кормление птиц осуществлялось 2 раза в сутки сухими сбалансированными комбикормами с параметрами питательности, соответ-

ствующими рекомендуемым нормам ВНИТИП [4]. В учётный период, который составлял 28 сут., опытной птице вводили ультрадисперсные частицы диоксида кремния после диспергирования (45 мин.) в физиологическом растворе с помощью УЗДН-2Т (35 кГц, 300 Вт, 10 мкА, 45 мин.). Цыплятам опытных групп дополнительно к основному рациону скармливали УДЧ SiO<sub>2</sub>: I опытной гр. – 100 мг/кг, II опытной – 200 мг/кг, III опытной – 300 мг/кг, IV опытной – 400 мг/кг.

В ходе контрольного убоя была произведена анатомическая разделка тушек. Из каждой группы отбирали по 3 гол. со средними по группе показателями живой массы и упитанности. Отклонение от средней живой массы по группе допускалось в пределах 3 %. До убоя птиц не кормили в течение 12–16 час., не поили 4–6 час., затем взвешивали, убивали, обескровливали, снимали перо, удаляли голову (по 2-й шейный позвонок), крылья (до локтевого сустава), ноги (по скакательный сустав). При потрошении удаляли кишечник, железистый желудок, поджелудочную железу, желчный пузырь, кутикулу мышечного желудка, сгустки крови из сердца, селезёнку, семенники, яйцевод, яичник, гортань, трахею, зоб и пищевод. При анатомической разделке с тушки снимали кожу с подкожным жиром, отделяли мышцы (по группам) от костей. При проведении анатомической разделки были получены следующие данные: масса непотрошёной тушки; масса полупотрошёной тушки; масса потрошёной тушки; масса съедобных и несъедобных частей тушки.

В ходе анатомической разделки тушек цыплят-бройлеров были сформированы средние пробы мякоти, костной ткани, кожи, съедобных внутренних органов (сердце, мышечный желудок, лёгкие, почки, печень), желудочно-кишечного тракта, которые были использованы для определения химического и элементного состава тканей тела птиц. Образцы мышечной ткани, кожи и печени изучали на предмет химического состава по общепринятым методикам. Аминокислотный состав тканей животных определяли методом капиллярного электрофореза с использованием системы «Капель-105» (ГОСТ 55569–2013).

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программного пакета Statistica 10.0 и программного пакета MS Excel 2016. Данные представлены в виде: среднее ( $\bar{X}$ ) ± стандартная ошибка среднего ( $x$ ). Достоверными считали различия при  $P < 0,05$ ;  $P < 0,01$ ;  $P < 0,001$ .

**Результаты исследования.** Мясная продуктивность цыплят-бройлеров зависит во многом не только от живой массы, но и от целого ряда качественных характеристик мяса и субпродуктов [5]. Живая масса цыплят-бройлеров в опытных группах после недельной дачи диоксида кремния

была выше контрольных значений на 2,6–5,8 % соответственно. Максимальная разница в живой массе – 6,7 и 5,8 % отмечалась на 28-е сутки в III и IV опытных гр. Затем наблюдалось снижение прироста живой массы, составив к 42-м сут. 1,6–3,5 % у цыплят опытных групп [6]. Задачей исследования было изучить мясную продуктивность цыплят-бройлеров при использовании диоксида кремния в кормлении (табл. 1).

Установлено, что масса потрошёной тушки увеличилась в I опытной гр. на 1,6 %, во II опытной гр. – 2,2 %, в III опытной гр. – на 3,3 %, в IV опытной гр. – на 2,8 % по сравнению с аналогичными значениями в контрольной группе. Масса мышечной ткани в тушках цыплят-бройлеров I, II, III и IV опытных групп увеличилась на 1,0; 2,7; 5,3 и 3,7 %, а масса съедобных частей – на 3,0; 3,4; 4,7 и 5,0 % соответственно. Убойный выход во всех группах находился в пределах 68–69 %.

Результаты контрольного убоя и анатомическая разделка тушек цыплят-бройлеров свидетельствуют о незначительных изменениях в пользу цыплят-бройлеров, получавших диоксид кремния.

Анализ результатов химического состава мышечной ткани показал, что использование исследуемого препарата в различной дозировке, приводящее к усилению метаболических функций, оказывает влияние на содержание белка и жира в грудных, бедренных мышцах и мышцах голени опытной птицы (табл. 2).

Содержание белка в грудных и бедренных мышцах цыплят опытных групп превышала

уровень контроля на 0,3–1,3 % и 0,4–1,9 % соответственно, а количество белка в мышцах голени было ниже контрольных значений на 1,1–2,4 %. Уровень жира в мышцах бедра и голени цыплят всех экспериментальных групп превосходил контрольные значения на 1,5–3,1 % ( $P < 0,05$ ) и 0,6–2,3 % ( $P < 0,05$ ) соответственно, а его содержание в грудной мышце было ниже контрольных значений на 0,1–0,5 %. Полученные результаты свидетельствуют о положительной роли диоксида кремния при выращивании цыплят-бройлеров.

Незаменимые и частично заменимые аминокислоты являются строительными блоками белков и дополнительно используются в качестве источника энергии. Они необходимы для синтеза самых разнообразных соединений. Живые организмы нуждаются в ежедневных поставках белка, включая достаточное количество незаменимых аминокислот, которые не могут синтезироваться эндогенно [7]. Помимо того, что аминокислоты являются «строительными блоками» белка, они также участвуют во множестве функциональных ролей, которые напрямую не связаны с отложением и ростом скелетного белка [8].

Лизин участвует в синтезе, формировании коллагена и восстановлении тканей, поддерживает уровень энергии, улучшает усвоение кальция из крови и транспорт его в костную ткань, участвует в синтезе антител, гормонов, ферментов и таким образом способствует противовирусной защите организма [9]. Лейцин необходим для формирования скелетных мышц, способствует

1. Мясная продуктивность цыплят-бройлеров ( $X \pm Sx$ )

Показатель	Группа				
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
Предубойная живая масса, г	2013 ± 26,8	2045 ± 29,2	2053 ± 23,2	2084 ± 24,5	2078 ± 40,0
Масса потрошёной тушки, г	1380 ± 17,7	1402 ± 23,3	1411 ± 11,7	1426 ± 16,6	1418 ± 28,7
Масса мышечной ткани, г	925 ± 22,36	934 ± 7,62	950 ± 10,1	974 ± 5,49	959 ± 20,2
Масса съедобных частей, г	1176 ± 25,5	1211 ± 6,50	1216 ± 11,3	1231 ± 18,4	1235 ± 28,2
Масса несъедобных частей, г	597 ± 10,9	616 ± 13,1	607 ± 4,89	628 ± 6,04	611 ± 16,0
Соотношение массы съедобных / несъедобных частей	1,97 ± 0,02	1,97 ± 0,03	2,00 ± 0,01	1,96 ± 0,02	2,02 ± 0,01
Убойный выход, %	68,24 ± 0,27	68,55 ± 0,07	68,44 ± 0,26	68,76 ± 0,02	68,68 ± 0,12

2. Содержание белка и жира в мышцах цыплят-бройлеров ( $X \pm Sx$ ), %

Наименование показателей	Группа				
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
Мышцы груди					
Массовая доля белка	20,8 ± 1,94	22,1 ± 2,05	21,0 ± 1,86	21,6 ± 2,61	21,7 ± 2,03
Массовая доля жира	1,6 ± 0,35	1,5 ± 0,31	1,4 ± 0,24	1,2 ± 0,19	1,1 ± 0,18
Мышцы бедра					
Массовая доля белка	16,9 ± 2,03	17,3 ± 2,16	17,4 ± 2,61	17,8 ± 1,50	18,8 ± 2,06
Массовая доля жира	3,5 ± 0,38	5,0 ± 0,25*	5,1 ± 0,39*	6,6 ± 0,94*	5,5 ± 0,64*
Мышцы голени					
Массовая доля белка	19,5 ± 2,04	17,1 ± 1,45	18,4 ± 1,64	17,5 ± 1,89	17,7 ± 1,48
Массовая доля жира	2,2 ± 0,29	2,8 ± 0,19	3,4 ± 0,37*	4,5 ± 0,64*	3,7 ± 0,41*

синтезу белка в скелетных мышцах и подавляют катаболизм белка [10]. Треонин – одна из незаменимых аминокислот для организма сельскохозяйственной птицы, которая способствует поддержанию нормального белкового обмена в организме, и участвует в синтезе коллагена и эластина, помогает работе печени и участвует в обмене жиров в комбинации с аспартовой кислотой и метионином. Однако треонин является основной аминокислотой в эндогенных потоках подвздошной кишки у цыплят-бройлеров за счёт быстрой рециркуляции треонина в слизистую оболочку кишечника для синтеза эндогенных белков. Эта аминокислота стимулирует иммунитет, так как способствует продукции антител [9].

Метионин может необратимо превращаться в цистеин, а серосодержащие аминокислоты необходимы для формирования белка скелетных мышц и оперения. Метионин также является функциональной аминокислотой, поскольку участвует в донорстве метила и является предшественником карнитина и глутатиона для противодействия окислительному стрессу. Кроме того, метионин и цистеин положительно влияют на иммунные и воспалительные реакции у домашней птицы [9].

Свободные аминокислоты могут влиять на вкус, аромат мяса при хранении [11]. Некоторые аминокислоты (пролин) связаны с органолептическими и физико-химическими свойствами мяса, такими, как нежность, сочность, другие (серин, треонин, глицин), определяют сладкий вкус, тогда как изолейцин, лейцин, валин, метионин, фенилаланин связаны с горьким вкусом мяса [12].

В ходе проведённого аминокислотного анализа мяса цыплят-бройлеров было установлено, что содержание лизина в мясе птицы III и IV опытных гр. увеличилось на 0,1 %, гистидина в мясе цыплят IV гр. – на 1,0 %, лейцина и изо-

лейцина в мясе птицы I – IV гр. – на 0,1–0,7 %, а фенилаланина – 0,1–0,7 % по сравнению с аналогичными значениями в контрольной группе (рис. 1).

Содержание треонина в мясе бройлеров I и II гр. снизилось на 0,05–0,1 %, а в мясе цыплят III и IV гр. увеличилось на 0,1 %. Отложение метионина в мясе цыплят I и II гр. снизилось на 0,1 %, а в мясе птиц III и IV гр. увеличилось на 0,2 %. Накопление аргинина и валина снизилось в мясе цыплят-бройлеров всех опытных групп на 0,2–0,8 % и 0,1–0,4 % соответственно при сравнении с контрольной группой

При анализе аминокислотного состава печени цыплят-бройлеров установлено, что скормливание диоксида кремния в различной дозировке цыплятам-бройлерам неоднозначно отразилось на изменении концентрации аминокислот (рис. 2). Количество аргинина увеличилось во всех образцах печени цыплят опытных групп на 0,4–0,7 % ( $P < 0,01$ ,  $P < 0,001$ ), а концентрация метионина снизилась на 0,3–0,7 % по сравнению с контролем. Содержание лизина было выше в печени птиц II, III и IV опытных гр. на 0,7–1,6 % ( $P < 0,01$ ,  $P < 0,001$ ) соответственно, а гистидина больше в этих же образцах на 0,1–0,2 %.

В I и II опытных группах, где доза скормливаемого препарата была меньше, отмечено снижение концентрации таких аминокислот, как фенилаланин, лейцин и изолейцин, валин и треонин, на 0,1–1,2 % ( $P < 0,01$ ), 0,2–2,4 % ( $P < 0,001$ ), 0,6–0,8 % ( $P < 0,01$ ) и 0,2–1,0 % ( $P < 0,01$ ) соответственно, а концентрация этих же аминокислот в печени птиц III и IV гр., где доза исследуемого препарата была выше, была больше контрольных значений на 0,2–0,5 % ( $P < 0,05$ ), 0,3–1,6% ( $P < 0,001$ ), 0,1% и 0,2–0,5% ( $P < 0,001$ ) соответственно.

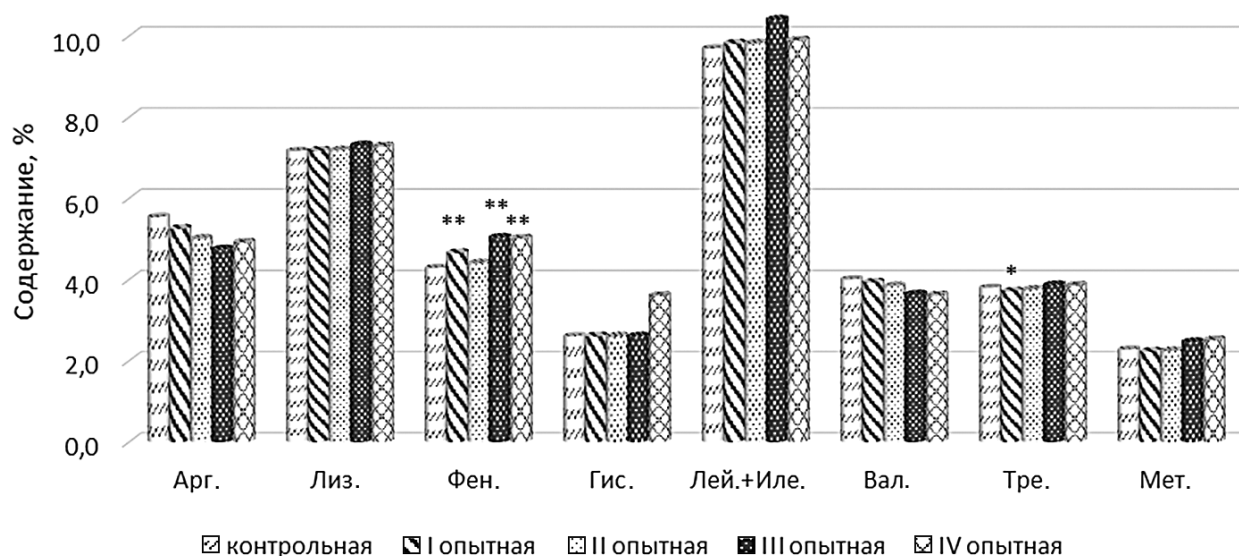


Рис. 1 – Содержание незаменимых и частично заменимых аминокислот в мясе цыплят-бройлеров



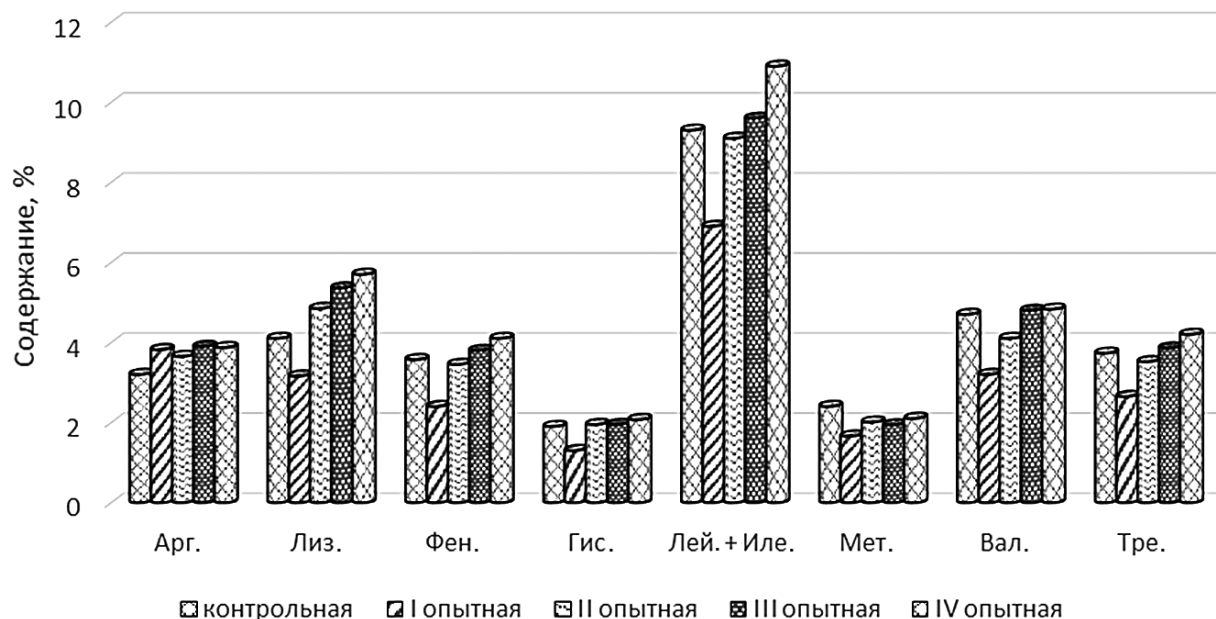


Рис. 2 – Содержание незаменимых и частично заменимых аминокислот в печени подопытных цыплят-бройлеров

**Вывод.** В ходе проведённого эксперимента установлено, что использование диоксида кремния в ультрадисперсном виде при выращивании цыплят-бройлеров повышает мясную продуктивность и улучшает качество мяса, которое обусловлено составом его белка, содержащего незаменимые аминокислоты в оптимальном соотношении для усвоения организмом человека.

Доказано, что использование диоксида кремния при выращивании цыплят-бройлеров позволило увеличить мясную продуктивность за счёт увеличения массы потрошёной тушки – на 1,6–3,3 %, массы мышечной ткани – на 1,0–3,6 %, массы съедобных частей – на 3,0–5,0 %. При этом содержание белка в грудных и бедренных мышцах цыплят опытных групп было выше контроля на 0,3–1,3 % и 0,4–1,9 % соответственно, а содержание жира в мышцах бедра и голени цыплят всех экспериментальных групп превосходило контрольные значения на 1,5–3,1 % и 0,6–2,3 % соответственно. Также отмечено улучшение аминокислотного состава мяса и печени подопытной птицы.

### Литература

1. Koblitz, M. *Materias-primas alimenticias: composicao e controle de qualidade (Raw materials for food: composition and quality control.)* / M. Koblitz // Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2011. P. 314.
2. Use of near infrared transmittance spectroscopy to predict fatty acid composition of chicken meat / R. Riovanto, M. De Marchi, M. Cassandro, M. Penasa // *Food Chem.* 2012. V. 134(4). P. 2459–2464.
3. *Кормление сельскохозяйственной птицы: монография* / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Т.М. Околелова [и др.]. Сергиев Посад, 2004. 375 с.
4. *Методические рекомендации по проведению научных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы* / И.А. Егорова, Т.М. Околелова, В.И. Ермакова [и др.] / под общ. ред. В.И. Фисинина, И.А. Егорова. Сергиев Посад: ВНИТИП, 1992. 24 с.
5. Мясная продуктивность цыплят-бройлеров на отечественном комплексе / Г.Н. Вяйзенен, Г.Г. Миргородский, А.Г. Вяйзенен [и др.] // *Агропродовольственная политика России.* 2014. № 6 (30). С. 29–33.
6. Мустафина А.С., Никулин В.Н. Влияние ультрадисперсного кремния на продуктивные качества цыплят-бройлеров // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета.* 2019. № 6 (80). С. 300–304.
7. Boye J. Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method / J. Boye, R. Wijesinha-Bettoni, B. Burlingame // *Br J Nutr.* 2012. V. 108(S2). P. S183–S211.
8. Wu, G. Dietary requirements of synthesizable amino acids by animals: a paradigm shift in protein nutrition / G. Wu // *J Anim Sci Biotechnol.* 2014. V. 5(1). P. 34.
9. Synthetic and crystalline amino acids: alternatives to soybean meal in chicken-meat production / P.H. Selle, J.C. Dorigam, A. Lemme, P.V. Chrystal, S.Y. Liu // *Animals.* 2020. V. 10(4). P. 729.
10. Glucose promotes cell growth by suppressing branched-chain amino acid degradation / D. Shao, O. Villet, Z. Zhang, S. Choi, J. Yan et al. // *Nat Commun.* 2018. V. 9(1). P. 2935.
11. Keys to production and processing of Hanwoo beef: a perspective of tradition and science / C. Jo, S. Cho, J. Chang, K. // *Nam Anim Front.* 2012. V. 2(4). P. 32–38.
12. Oligopeptides and free amino acids in Parma hams of known cathepsin B activity / S. Sforza, A. Pigazzani, M. Motti, C. Porta, R. Virgili, G. Galaverna et al. // *Food Chem.* 2001. V. 75(3). P. 267–273.

**Никулин Владимир Николаевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
**Мустафин Рамис Зуфарович**, кандидат биологических наук, доцент  
 ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет»  
 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18  
 E-mail: nikwlad@mail.ru; mustafinrz@mail.ru

**Муштафина Александра Сергеевна**, аспирантка, специалист-техник  
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет»  
ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»  
Россия, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29  
E-mail: vshivkovaas@mail.ru.

## Meat productivity and meat quality of broiler chickens using silicon dioxide in the feed

**Nikulin Vladimir Nikolaevich**, Doctor of Agriculture, Professor  
**Mustafin Ramis Zufarovich**, Candidate of Biology, Associate Professor  
Orenburg State Agrarian University  
18, Chelyuskintsev St., Orenburg, 460014  
E-mail: nikwlad@mail.ru; mustafinrz@mail.ru  
**Mustafina Alexandra Sergeevna**, postgraduate, technician  
Orenburg State Agrarian University  
Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences  
29, January 9 St., Orenburg, 460000, Russia  
E-mail: vshivkovaas@mail.ru.

The effect of ultrafine silicon dioxide on the meat productivity of broiler chickens and the quality of meat has been studied. The experiment was carried out on broiler chickens of the Arbor-Aikres cross of one week age ( $n = 30$ ). In the course of the experiment, the chickens of the control group received the basic diet, and the birds of the experimental groups were additionally injected with SiO<sub>2</sub> at various dosages. It was found that the use of silicon dioxide in growing broiler chickens made it possible to increase meat productivity by increasing the mass of the gutted carcass by 1.6–3.3%, the mass of muscle tissue – by 1.0–3.6%, the mass of edible parts – by 3.0–5.0%. At the same time, the protein content in the pectoral and femoral muscles of the chickens from the experimental groups was higher than the control by 0.3–1.3% and 0.4–1.9%, respectively, and the fat content in the muscles of the thigh and leg of the chickens of all experimental groups exceeded the control values. by 1.5–3.1% and 0.6–2.3%, respectively. An improvement in the amino acid composition of meat and liver of broiler chickens was noted.

**Key words:** broiler chickens, rearing, silicon dioxide, meat productivity, meat quality, amino acid composition.