

ЗООТЕХНИЯ

УДК 636.52/.58.033

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ БРОЙЛЕРОВ

И. Б. ИЗМАЙЛОВИЧ

Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: izmailovichinessa@gmail.com

(Поступила в редакцию 09.03.2026)

Известно, что наноматериалы достигают 80–90 % биодоступности по сравнению с всего лишь 35–50 % для традиционных материалов. Более того, улучшенная система доставки минералов устраняет ограничения традиционных форм, которые часто образуют плохо усваиваемые соединения с другими питательными веществами в пищеварительной системе.

При использовании традиционных минеральных добавок в птицеводстве возникает ряд серьезных проблем:

- негативное взаимодействие сернокислых солей микроэлементов с витаминами и ферментами в кормах;
- необходимость использования больших доз для достижения нужного эффекта;
- снижение эффективности из-за образования трудноусваиваемых соединений.

Таким образом, практическая значимость наноматериалов выражается в возможности использования дозировки в два раза меньше по сравнению с традиционными формами, обеспечивающими полное удовлетворение потребности птицы в микроэлементах, способствующими снижению затрат на производство при сохранении качества продукции.

Наши исследования показали, что использование нанометаллов в форме Нанопланта представляет собой значительный прогресс в технологии выращивания бройлеров, что способствует повышению качества продукции. Цыплята-бройлеры, получавшие биометаллы в форме Нанопланта в количестве $1,5 \cdot 10^{-1}$ от нормы добавок микроэлементов в премиксе, имели наиболее высокое содержание белка в грудных и ножных мышцах при благоприятном триптофан-оксипропионовом соотношении в мясе. По сумме аминокислот в белках мышц и в образцах печени цыплята из этой группы также имели преимущество относительно контрольных.

Прослеживалась тенденция к снижению уровня насыщенных кислот и повышению незаменимых в ножных мышцах, однако статистически достоверным было увеличение содержания в образцах мышц бройлеров линолевой кислоты. Зафиксированы наиболее высокие показатели ретенции аминокислот в печени цыплят за счет большего накопления лизина, аргинина, метионина. Дегустационная оценка пищевых достоинств мясopодукции составила 4,67 балла.

Ключевые слова: нанометаллы, бройлеры, микроэлементы, качество мяса.

Nanomaterials are known to have 80–90% bioavailability, compared to only 35–50 % for traditional materials. Furthermore, the improved mineral delivery system addresses the limitations of traditional forms, which often result in poor absorption of compounds with other nutrients in the processing system.

A number of serious problems arise when using traditional mineral supplements in poultry farming:

- negative interactions between trace element sulfates and vitamins and enzymes in feed;
- the need to use large doses to achieve the desired effect;
- decreased effectiveness due to the formation of poorly digestible compounds.

Thus, the practical innovation of nanomaterials is expressed in the ability to use dosages half that of reserve forms, enabling a complete transition to the use of trace elements in poultry, which helps reduce production costs while maintaining product quality.

Our study demonstrates that the use of nanometals in the form of NanoPlant represents an advance in broiler rearing technology, contributing to improved product quality. Broiler chickens fed biometals in the form of NanoPlant at a level of 1.5×10^{-1} of the standard trace element content in the premix exhibited the highest protein content in breast and leg muscles, with a favorable tryptophan-oxypoline status in meat. In terms of the total amino acids in muscle proteins and liver samples, the chickens from this group also had an advantage over the control ones.

A trend toward decreased levels of saturated acids and an increase in essential acids in leg muscles was observed, but the increase in linoleic acid content in broiler samples was statistically consistent. The highest amino acid retention rates were recorded in chicken liver due to greater accumulation of lysine, arginine, and methionine. The meat product's taste test score was 4.67 points.

Key words: nanometals, broilers, micronutrients, meat quality.

Введение

Минеральное питание сельскохозяйственной птицы является ключевым фактором в производстве продукции птицеводства, влияющим на качество продукции и эффективность производства. На основе научных исследований, современное минеральное питание проходит несколько этапов развития:

1. Традиционные формы минеральных добавок:

- Сернокислые соли микроэлементов. Они широко используются в премиксах из-за низкой стоимости, но оказывают негативное влияние на витамины и ферменты, образуют трудноусваиваемые соединения в организме птицы.

- Оксиды микроэлементов. Используются как более предпочтительная форма, однако имеют ограниченное усвоение (примерно 22 %) и требуют увеличения норм ввода в рацион [2, 5, 6–8, 10, 11].

2. Современные технологии:

- Хелатные соединения биометаллов, которые обладают повышенной биодоступностью (35–50 %), не слеживаются при длительном хранении и не нарушают кислотность желудочно-кишечного тракта.

- Наноминеральные добавки – наиболее эффективная современная форма с биодоступностью 80–90 %. Обеспечивает оптимальное всасывание, за счет очень маленького размера и имеют стабильные коллоидные растворы без расслаивания до 3 лет [9, 10, 12, 13].

Таким образом, решение проблемы эффективности минерального питания повлекло за собой необходимость разработки наноминеральных добавок, которые имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными формами микроэлементов.

Некоторые ученые установили, что использование нанометаллов в форме Нанопланта при выращивании цыплят-бройлеров способствует увеличению биологической доступности основных питательных веществ на 80–90 % по сравнению с традиционными формами, снижает затраты корма на единицу продукции за счет более высокой скорости усвоения корма, значительно увеличивает интенсивность роста птицы, позволяет снизить дозировку, сохраняя при этом эффективность, повышает биологическую ценность мяса бройлеров и качество продукции [14].

Предметом наших исследований явился коллоидный раствор наночастиц комплекса восьми микроэлементов: кобальта, марганца, меди, железа, цинка, хрома, молибдена и селена, не расслаивающихся при длительном хранении (до 3 лет) за счет стабилизации биогенными водорастворимыми полимерами.

Цель исследований – изучить качественные показатели мяса цыплят-бройлеров при использовании биометаллов в форме Нанопланта.

Основная часть

Объектом исследований были цыплята-бройлеры кросса «ROSS-308» в возрасте 1 сутки и до конца периода выращивания (до 35-дневного возраста).

Для проведения научно-хозяйственного опыта было сформировано три группы цыплят-бройлеров, по 20 голов в каждой. Птица содержалась напольно на глубокой несменяемой подстилке.

Учет израсходованных кормов вели по трем группам, а питьевой воды с наночастицами микроэлементов – для 2-й и 3-й опытных групп (из автономно установленных за оградительной сеткой 10-литровых пластиковых канистр).

Алгоритм исследований был следующий: 1-я группа цыплят была контрольной и получала основной рацион – комбикорм по фазам выращивания (ПК-5-1 для молодняка в возрасте 0–14 дней и ПК-5-2 для цыплят-бройлеров в возрасте 15–35 дней), 2-я группа – помимо основного рациона – биометаллы в форме Нанопланта в количестве $1 \cdot 10^{-1}$ от нормы добавок в премиксе (вместо сернокислых солей в премиксе контрольной группы), птице 3-й группы давались, к основному рациону, биометаллы в форме Нанопланта в количестве $1,5 \cdot 10^{-1}$ от нормы добавок микроэлементов в премиксе контрольной группы.

В ходе эксперимента было установлено, что по критериям цветности, увариваемости и влагосвязывающей способности мышцы бройлеров всех групп имели удовлетворительные показатели.

Анализ физико-химического состава грудных и ножных мышц цыплят-бройлеров показал, что наиболее высокое содержание белка (21,18 %) было в мясе цыплят 3-й группы (грудная мышца), или на 0,66 % выше, чем в контроле (табл. 1).

Таблица 1. Физико-химический состав грудных и ножных мышц бройлеров

Показатели	Грудные мышцы			Ножные мышцы		
	Группа			Группа		
	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я
Влага, %	72,72	72,34	72,24	73,99	74,02	72,16
Жир, %	6,09	6,82	5,87	6,84	6,82	7,85
Белок, %	20,52	20,17	21,18	18,39	18,37	19,18
Зола, %	0,67	0,67	0,71	0,78	0,79	0,81
pH	6,11	6,11	6,13	6,11	6,12	6,13
Цветность	53	53	54	54	55	54
Увариваемость, %	33,6	31,4	30,2	34,5	34,4	33,2
Влагоудержание, %	46,94	46,78	48,05	47,96	47,89	48,25
Оксипролин, мг%	98,9	99,4	101,4	108,3	109,4	105,7
Триптофан, мг%	495,2	506,9	527,3	538,2	544,8	547,5
Соотношение триптофана и оксипролина	5,0:1	5,1:1	5,2:1	4,97:1	4,98:1	5,18:1

Как видно из данных табл. 1, грудные мышцы бройлеров всех групп характеризовались хорошими показателями влагосвязывающей способности, цветности. Самым благоприятным было триптофан-оксипролиновое соотношение (5,2:1 – в грудных мышцах и 5,18:1 – в ножных) в мясе цыплят 3-й группы.

Анализ физико-химического состава грудных и ножных мышц позволяет утверждать, что они имели различия по содержанию жира на 1,98 % и белка на 2,0 % в пользу образцов грудных мышц. То есть в белом мясе бройлеров содержится меньше жира и больше белка, что не противоречит общепедагогической закономерности. Кроме того, в красном мясе цыплят больше соединительной ткани, содержащей заменимую протеиногенную аминокислоту оксипролин, которая уменьшает показатель триптофан-оксипролинового соотношения, или, другими словами, снижает белково-качественный показатель мяса [1, 3, 4].

Исследования аминокислотного состава грудных мышц бройлеров показали, что в белках этих мышц содержание таких аминокислот, как лизин, гистидин, треонин, валин, фенилаланин, изолейцин было более высоким. Достоверных различий между группами по содержанию отдельных аминокислот в грудных мышцах не обнаружено (табл. 2).

Таблица 2. Аминокислотный состав белков грудных и ножных мышц цыплят-бройлеров, г (содержится в 1 кг при натуральной влажности)

Название аминокислот	Грудные мышцы			Ножные мышцы		
	Группа			Группа		
	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я
Лизин	17,83 ± 1,1	17,67 ± 1,0	18,31 ± 1,5	12,5 ± 1,1	12,6 ± 1,1	13,1 ± 1,2
Гистидин	8,11 ± 0,2	8,47 ± 0,3	8,52 ± 0,7	8,3 ± 0,8	8,4 ± 0,8	8,5 ± 0,9
Аргинин	9,51 ± 0,3	9,23 ± 0,1	9,03 ± 0,2	7,9 ± 0,7	8,1 ± 0,9	8,3 ± 1,3
Треонин	7,34 ± 0,2	7,50 ± 0,1	7,68 ± 0,2	8,2 ± 0,8	7,9 ± 0,6	7,8 ± 0,5
Аланин	9,57 ± 0,5	9,43 ± 0,5	9,41 ± 0,7	9,1 ± 0,9	9,2 ± 0,8	9,5 ± 1,4
Валин	8,49 ± 0,2	8,38 ± 0,2	9,03 ± 0,3	8,4 ± 0,7	8,5 ± 0,7	8,7 ± 0,9
Метионин	5,00 ± 0,1	5,14 ± 0,1	5,21 ± 0,1	5,0 ± 0,2	5,1 ± 0,1	5,2 ± 0,2
Изолейцин	8,34 ± 0,4	8,52 ± 0,3	8,77 ± 0,3	8,5 ± 0,4	8,4 ± 0,3	8,6 ± 0,5
Лейцин	15,66 ± 1,0	15,00 ± 1,2	15,19 ± 1,1	13,1 ± 1,5	13,0 ± 1,2	13,4 ± 1,4
Фенилаланин	7,61 ± 0,2	7,78 ± 0,2	8,00 ± 0,3	7,3 ± 0,6	7,4 ± 0,6	7,5 ± 0,7
Сумма аминокислот	91,46	91,33	92,75	88,3	88,6	90,9
В % к 1-й группе	–	100,0	101,4	–	100,0	103,0

По сумме аминокислот в белках грудных мышц (см. табл. 2) цыплята 3-й группы имели преимущество относительно контрольных на 1,4 %.

Исследованиями аминокислотного состава грудных и ножных мышц цыплят-бройлеров установлено, отсутствие статистически достоверных различий по содержанию отдельных незаменимых аминокислот в белках этих мышц молодняка контрольной и опытных групп. По сумме аминокислот (88–90 г в ножных и 91–92 г в грудных мышцах) последние имеют преимущество.

Пищевые достоинства мяса во многом зависят от его нежности и сочности. Сочность характеризуется влагосвязывающей и влагоудерживающей способностью мяса. Чем сильнее мясо связывает воду, тем лучше его качество. Нежность мяса в значительной степени также зависит от способности мышечных и соединительных белков к гидратации.

Качество мясопродукции определяется биологической ценностью, способностью удовлетворять определенные потребности человека в соответствии с назначением. Качество – это совокупность свойств продукта, обеспечивающих физиологические потребности человека в питательных веществах и позволяющих отличить его от других продуктов, т. е. качество мяса обусловлено его пищевой ценностью, которая определяется прежде всего содержанием основных питательных веществ: белков, жиров, витаминов и др.

В мясе птицы, как и в мясе других видов животных, содержатся жирные кислоты, соотношение которых определяет вкус, плотность и цвет жира, прозрачность бульона, другие органолептические свойства мяса. Поскольку в мышцах тазовой конечности цыплят 3-й группы (см. табл. 1) содержится жира на 1,01 % больше, чем в контроле, то закономерен вопрос – за счет каких жирных кислот.

Незаменимые, или ненасыщенные, жирные кислоты составляют основу клеточных мембран, обеспечивая их гибкость и проницаемость; регулируют поступление веществ в клетку и препятствуют проникновению чужеродных тел и соединений; передают информацию от одной клетки к другой; существенно влияют на все процессы, протекающие в клетках, так как являются одними из главных высокоэнергетических молекул в природе.

Насыщенные жирные кислоты организм использует как энергетический материал, но их избыток в пище часто приводит к нарушению обмена жиров, повышению уровня холестерина в крови. Влияние инновационных бионутриентов на содержание жирных кислот в красной мышечной ткани цыплят-бройлеров отражено в табл. 3.

Таблица 3. Содержание жирных кислот в ножных мышцах, %

Наименование кислоты	Группа		
	1-я	2-я	3-я
Линолевая	11,63 ± 0,54	12,15 ± 0,62	12,74 ± 0,65*
Линоленовая	0,82 ± 0,10	0,78 ± 0,11	0,84 ± 0,09
Арахидоновая	0,30 ± 0,07	0,29 ± 0,06	0,32 ± 0,07
Лауриновая	0,12 ± 0,06	0,13 ± 0,04	0,11 ± 0,03
Миристиновая	1,18 ± 0,01	1,19 ± 0,02	1,17 ± 0,01
Стеариновая	8,32 ± 0,29	8,31 ± 0,30	8,26 ± 0,25

* $P \leq 0,05$.

Как следует из данных, приведенных в табл. 3, общая тенденция к снижению уровня насыщенных кислот и повышению незаменимых очевидна, но статистически достоверным было только увеличение количества линолевой кислоты на 1,11 п. п. ($P \leq 0,05$) в образцах мышц бройлеров 3-й опытной группы.

В мясе птицы имеются азотистые и безазотистые экстрактивные вещества, которые усиливают пищеварительную функцию желудочно-кишечного тракта человека, способствуют лучшему усвоению пищи, придают мясным блюдам специфический вкус и аромат.

Возвращаясь к данным табл. 1, отметим, что пищевая ценность мяса во многом определяется его внешним видом, цветом, уровнем pH, водосвязывающей способностью, вкусом, запахом, нежностью, т. е. теми свойствами, которые, с одной стороны, воздействуя на органы чувств человека, возбуждают или ингибируют секреторно-моторную деятельность органов пищеварения, а с другой – обуславливают технологические свойства мяса.

Некоторые из этих свойств имеют столь важное значение, что в ряде случаев для их усиления применяют специальные виды обработки мяса. В наших исследованиях проводилась дегустационная оценка пищевых достоинств мясopодукции по 5-балльной системе. Принято считать, что органолептическая оценка, наряду с химическими и физическими методами, играет большую роль в оценке качества продуктов, так как только объективными методами нельзя в полной мере определить их качество.

В результате дегустационной оценки не выявлено достоверных различий во вкусовых качествах грудных и ножных мышц и мясного бульона (рис. 1).

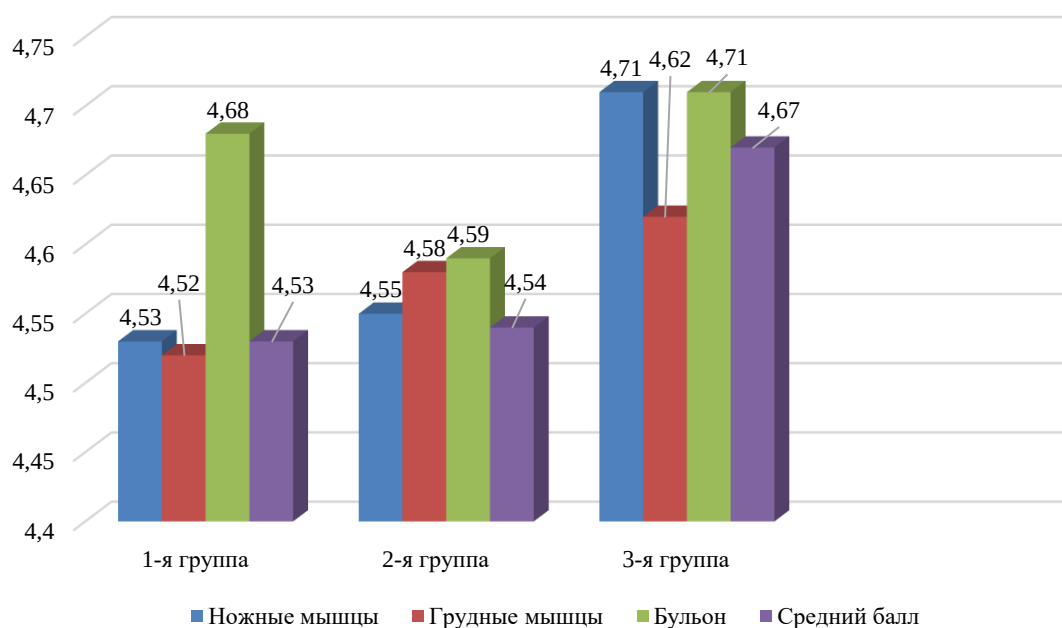


Рис. 1. Дегустационная оценка мясopодукции, балл

Средний балл мясoproдyктов цыплят-бройлеров всех групп был достаточно высоким, но в 3-й группе он был на 3,0 % выше, чем в контроле.

Кроме того, при изучении инновационной формы бионутриента следует определить химический состав печени. Это важно, поскольку печень выполняет разнообразные функции. Она отвечает за метаболические процессы во всем организме. Здесь синтезируются желчные кислоты, которые помогают расщеплять, эмульгировать жиры, усваивать их. Печень также обезвреживает токсины вещества.

В ходе исследований определены следующие показатели (рис. 2).

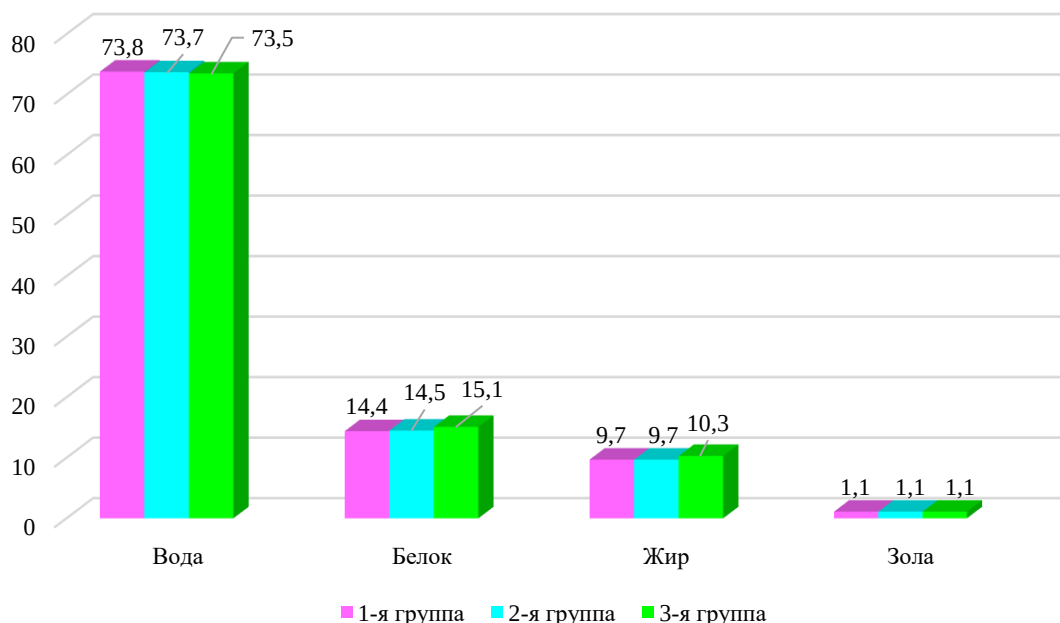


Рис. 2. Химический состав печени, %

Масса печени у цыплят всех групп была пропорциональна общему габитусу бройлеров и составляла у цыплят 1-й группы 46,9 г, 2-й – 46,5 г и 3-й группы – 51,2 г. При биометрической обработке данных по сухому веществу, белку, жиру и золе достоверных различий между группами не установлено.

Следует отметить наиболее высокие показатели ретенции аминокислот в печени цыплят 3-й опытной группы (рис. 3) за счет большего накопления лизина, аргинина, метионина, что свидетельствует о более интенсивном течении окислительно-восстановительных реакций с их участием.

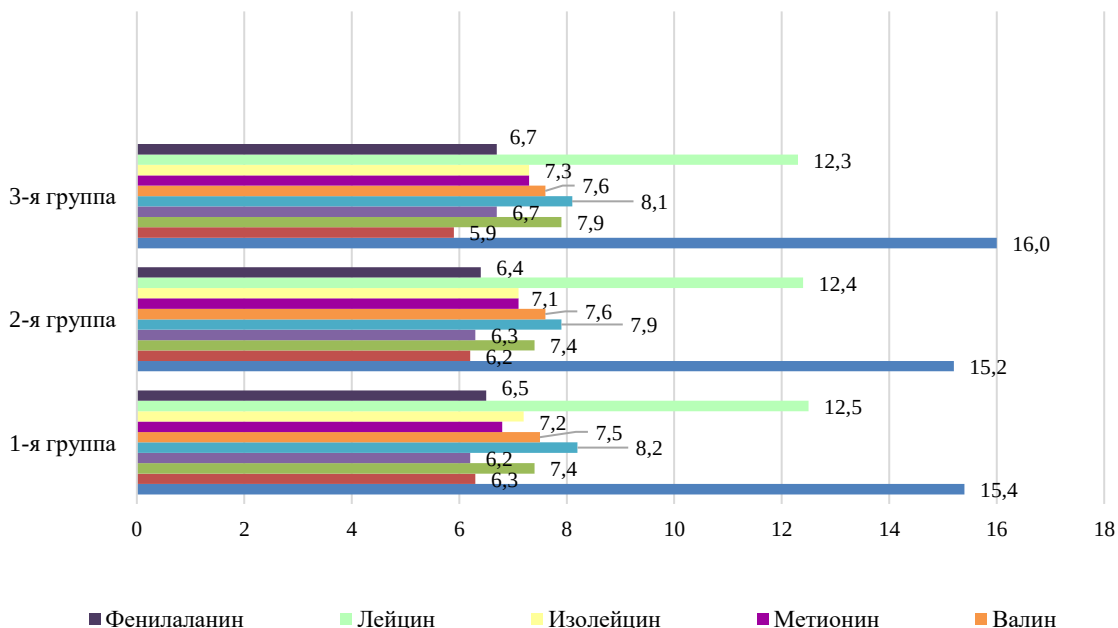


Рис. 3. Содержание аминокислот в печени, г (содержится в 1 кг при натуральной влажности)

Установлено, что в образцах печени птицы опытных групп, как и в образцах мышечной ткани, сумма незаменимых аминокислот была больше, чем в контроле и составляла в 1-й группе 84 г, во 2-й – 84,1 г и в 3-й группе – 85 г, что на 0,1–1,2 % выше, чем этот показатель в контрольной группе.

Заключение

В результате проведенного научно-хозяйственного опыта было установлено, что к концу выращивания в 35-дневном возрасте бройлеры 3-й опытной группы, получавшие биометаллы в форме Нанопланта в количестве $1,5 \cdot 10^{-1}$ от нормы добавок микроэлементов в премиксе, имели наиболее высокое содержание белка в грудных и ножных мышцах (21,18 % и 19,18 % соответственно), более благоприятное триптофан-оксипролиновое соотношение в мясе (5,2:1 – в грудных мышцах и 5,18:1 – в ножных). По сумме аминокислот в белках грудных и ножных мышц цыплят из этой группы имели преимущество относительно контрольных на 1,4 % и 3,0 % соответственно. Прослеживалась тенденция к снижению уровня насыщенных кислот и повышению незаменимых в ножных мышцах, однако статистически достоверным было увеличение содержания в образцах мышц бройлеров линолевой кислоты (на 1,11 п. п.). В том числе отмечены наиболее высокие показатели ретенции аминокислот в печени цыплят за счет большего накопления лизина, аргинина, метионина. Сумма незаменимых аминокислот в образцах печени была больше, чем в контроле на 1,2 %. Дегустационная оценка пищевых достоинств мясопродукции, проводимая по 5-балльной системе, составила 4,67 балла, что на 3,0 % выше контроля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Великанов, В. В. Трансверсия метионина природной аминокислотой / В. В. Великанов, И. Б. Измайлович, Н. А. Садо́мов, А. П. Дуктов // Аграрная наука и производство: межд. науч.-практ. конф. 9.11.2023 г. – ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья: Тюмень. – 2023. – Ч. 1. – С. 31–35.
2. Измайлович, И. Б. Альтернатива традиционному животноводству / И. Б. Измайлович // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. – Горки: БГСХА, 2020. – Вып. 23. – Ч. 2. – С. 11–21.
3. Измайлович, И. Б. Анализ экспрессии центральных органов иммунной системы цыплят-бройлеров инновационным бионутриентом / И. Б. Измайлович // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: материалы XXIV Междунар. науч.-практ. конф. – Горки: БГСХА, 2021. – Ч. 1. – С. 167–171.
4. Измайлович, И. Б. Биорезонанс бройлеров на новую белковую кормовую добавку / И. Б. Измайлович, Н. Н. Якимович, А. А. Шункевич // Животноводство и ветеринарная медицина. – Горки: УО БГСХА, 2016. – № 4 (23). – С. 3–7.
5. Измайлович, И. Б. Биорезонанс цыплят-бройлеров на новый микронутриент / И. Б. Измайлович // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. – Горки: БГСХА, 2013. – Вып. 16. – Ч. 1. – С. 171–179.
6. Измайлович, И. Б. Диетопрофилактика для бройлера / И. Б. Измайлович // Белорусское сельское хозяйство. – Минск, 2012. – № 7 (123). – С. 94–96.
7. Измайлович, И. Б. К решению проблемы пищевого и кормового белка / И. Б. Измайлович, Н. Н. Якимович // Животноводство и ветеринарная медицина. – Горки: УО БГСХА, 2017. – № 4 (27). – С. 38–43.
8. Измайлович, И. Б. Мясная продуктивность цыплят-бройлеров / И. Б. Измайлович, Н. Н. Якимович // Племенное животноводство, кормопроизводство и механизация сельского хозяйства в РФ: материалы XIV Международной научно-практической конф., июнь 2023. – Тверь: ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, 2023. – С. 130–133.
9. Измайлович, И. Б. Нанопорошки биоминералов в роли нейтрализаторов кормовых патогенов / И. Б. Измайлович, Е. В. Трояновская // Животноводство и ветеринарная медицина. – Горки: УО БГСХА, 2024. – № 2 (53). – С. 39–43.
10. Измайлович, И. Б. Научные исследования проблемы функциональных кормовых добавок / И. Б. Измайлович // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: материалы межд. конф. – Горки: БГСХА, 2017. – Вып. 20. – С. 228–234.
11. Измайлович, И. Б. Способы диверсификации производства мяса птицы / И. Б. Измайлович, Н. А. Садо́мов // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 25. – Ч. 2. – С. 11–20.
12. Измайлович, И. Б. Ультрадисперсные порошки металлов – новое поколение микроэлементов / И. Б. Измайлович, Н. Н. Якимович // Животноводство и ветеринарная медицина. – Горки: УО БГСХА, 2018. – № 4 (31). – С. 7–11.
13. Измайлович, И. Б. Эссенциальные нутриенты – поддержка высокой функциональной активности организма кур-несушек / И. Б. Измайлович, Н. А. Садо́мов // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. – Горки: БГСХА, 2024. – Вып. 27. – Ч. 2. – С. 187–195.
14. Пресняк, А. Р. Использование наночастиц минералов – перспективное направление при производстве мясных цыплят-бройлеров / А. Р. Пресняк // Молодой ученый. – 2015. – № 5 (85). – С. 40–42.