

УДК: 636.5.033:637.5

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.162

ВЛИЯНИЕ ФУЛЬВОГУМАТА НА АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

Нечитайло К.С.* – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-8755-414X); Сизова Е.А. – д-р биол. наук, вед. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-5125-5981); Шошин Д.Е. – мл. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-3086-681X)

¹ ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»

*k.nechit@mail.ru

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, аминокислоты, биологическая ценность, аминокислотный состав, мышечная ткань.

Key words: broiler chickens, amino acids, biological value, amino acid composition, muscle tissue.

Благодарности: Исследования проведены выполнены в соответствии с планом НИР ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН в рамках выполнения проекта FNWZ-2024-0002.

Поступила: 15.11.2024

Принята к публикации: 06.03.2025

Опубликована онлайн: 26.03.2025

РЕФЕРАТ

В настоящее время важной задачей является повышение качества продукции животноводства. В этом контексте особое внимание уделяется анализу биологической ценности мясной продукции, которая напрямую зависит от состава белковых компонентов. Таким образом, целью исследования стала оценка влияния фульвогумата на аминокислотный состав мышечной ткани цыплят-бройлеров. Установлено, что введение фульвогумата приводило к изменению содержания аминокислот (АМК) мышечной ткани. При оценке профиля незаменимых аминокислот выявлено, что введение фульвогумата приводило к статистически значимому увеличению их суммы в целом на 3,55 % ($P \leq 0,05$), и в частности: лейцина и изолейцина на 4,35 % ($P \leq 0,05$), валина на 5,19 % ($P \leq 0,05$), лизина на 5,15 % ($P \leq 0,05$), фенилаланина на 4,23 % ($P \leq 0,05$). Введение фульвогумата обеспечивает увеличение гистидина на 6,91 % ($P \leq 0,01$) и аргинина на 5,68 % ($P \leq 0,01$) в сравнении с группой основного рациона. В ходе исследования был установлен аминокислотный скор, свидетельствующий о влиянии фульвогумата на биологическую ценность анализируемой мышечной ткани. Введение добавки способствовало увеличению сора фенилаланина на 4,23 % ($P \leq 0,05$) и сора других незаменимых аминокислот, таких как: лейцин+изолейцин на 4,35 % ($P \leq 0,05$), валин на 5,19 % ($P \leq 0,05$), лизин на 5,15 % ($P \leq 0,05$), гистидин на 6,91 % ($P \leq 0,01$) в сравнении с группой основного рациона. Таким образом, данные результаты могут быть использованы при оптимизации кормления животных, направленных на повышение качества продукции животноводства. Введение фульвогумата в рацион кормления цыплят-бройлеров способствует улучшению аминокислотного состава мышечной ткани, что повышает ее биологическую ценность и может привести к улучшению качества мясной продукции.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Мясо птицы является качественным, высокобелковым продуктом с низкой калорийностью, так как в мышечной ткани птицы низкое содержание жира. Белки вносят определяющее значение в пищевую и биологическую ценность мышечной ткани, так как снабжают организм азотом и незаменимыми аминокислотами [1]. Источником анаболизма белка в организме являются аминокислоты. После протеолитического распада компонентов пищи, аминокислоты включаются в постпрандиальный белковый синтез, обеспечивая нивелирование постабсорбционных потерь и обуславливают эффективность метаболических путей [2]. С этой точки зрения, в отношении оценки качества белка важно включать не только вкусовые особенности и соотношение питательных веществ, но и непосредственно аминокислотный состав белка [1,3]. Так, чередование аминокислот в полипептидной цепи, наряду с числом и видом, определяют вариабельность биологической ценности белка [4]. Аминокислоты должны поступать сбалансированно, так как при нарушении на этапе попадания в организм или синтеза, сдвигается равновесие белкового анаболизма и катаболизма в сторону преобладания собственных белков. Этот процесс затрагивает в первую очередь лимитирующие незаменимые аминокислоты [3].

Известно, аминокислотный состав белка может варьироваться в зависимости от способа выращивания и кормления животных [4,5]. Несомненно, введение различных агентов с адаптогенными и стимулирующими свойствами в рацион, способно изменять не только пищевую, но и биологическую ценность мышечной ткани. Так, Alfaig E. Et al. (2014), установили, что кормовая добавка с маслом тимьяна положительно влияла на профиль незаменимых аминокислот мышечной ткани цыплят-бройлеров [6]. В свою очередь, Angelovičová, M. and Semivanová, M. (2013) получили противоречивые результаты при введении в рацион кормления цыплят-бройлеров добавок йода, с

тенденцией положительного влияния смеси йодированного масла на качество продукции цыплят-бройлеров [7]. Исследования И.В. Маршания (2021) свидетельствовали о влиянии селенсодержащей добавки на аминокислотный состав мышечной ткани молодняка гусей, в частности улучшение белково-качественного показателя [8].

Гуминовые вещества представляют собой смесь гуминовых кислот и фульвокислот, а также гуминов. Данные органические компоненты образуются в ходе микробной трансформации, распада остатков растительного и животного мира [9]. Фульвовые кислоты представляют собой органические соединения, выделенные из торфа и различных типов угля [10, 11]. Отличительное преимущество гуминовых веществ – это строение в виде гетерогенных макромолекул с множеством функциональных групп, прежде всего карбоксильных и фенольных [12]. При этом, имеются данные, подтверждающие действие гуминовых веществ как стимуляторов роста сельскохозяйственных животных [13, 14]. Однако, информации о влиянии гуминовых веществ на биологическую ценность белка недостаточно.

Учитывая вышеизложенное, целью исследования стала оценка влияния фульвогумата на аминокислотный состав мышечной ткани цыплят-бройлеров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Экспериментальное исследование на цыплятах-бройлерах было проведено на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии». В ходе эксперимента были сформированы две группы (n=20), которые содержались в идентичных условиях кормления и содержания. Основной рацион для всех групп была унифицированная стандартная кормосмесь, сформированная в соответствии с нормами ВНИТИП (2015), без добавления кормовых антибиотиков. Одна группа получала исключительно основной рацион (ОР), вторая группа помимо стандартной кормосмеси фульвогумат (ФГ) – гу-

миновую кормовую добавку («Иван Овсинский» КОРМ»). Дозировка фульвогумата была взята с учётом рекомендаций производителя: 0,01 мл на 1 кг живой массы. Кормовая добавка представляет собой раствор гуминовых кислот, полученных методом щелочной экстракции из бурого угля – леонардита.

Эксперимент длился 42 суток и включал в себя два периода: подготовительный – 7 суток и учётный – 35. В ходе эксперимента были проведены лабораторные исследования, в том числе анализ физико-химического состава биологических субстратов (определение массовой доли сухого вещества, жира, сырого протеина, сырой клетчатки, сырой золы) на базе Центра коллективного пользования биологических систем и агротехнологий РАН <http://цкп-бст.рф>. Анализ аминокислотного состава проводился с помощью системы капиллярного электрофореза Капель - 105M (ООО "Люмэк-маркетинг" (Россия)). Метод определения аминокислотного состава согласно ГОСТ Р 55569-2013.

Статистическая обработка экспериментальных данных была произведена с использованием программного пакета «Statistica 12» («StatSoft Inc.», USA) и «Microsoft Excel». Анализ нормальности распределения данных проводили в рам-

ках критерия согласия Колмогорова-Смирнова. Статистическую значимость оценивали с помощью параметрического t- критерия Стьюдента независимых групп.

Экспериментальное исследование было проведено в соответствии с принципом аналогичных групп и рекомендациями российских нормативных актов и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996) с соблюдением ряда мер, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества исследованных опытных образцов.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Оценка качества биологической ценности мясной продукции заключается в первостепенном анализе белковых компонентов. Так, анализ химического состава мышечной ткани цыплят-бройлеров (таблица 1). свидетельствовал о воздействии фульвогумата на количество сухого вещества, которое увеличивалось в опытной группе на 14,0% ($P \leq 0,01$). При этом, результаты компонентного анализа сухого вещества мышечной ткани показали, что по зольности и по содержанию жира различий в группах выявлено не было. Однако, уровень белка в мышечной ткани цыплят-бройлеров в группе фульвогумата был выше на 2,71% ($P \leq 0,05$).

Таблица 1 – Химический состав мышечной ткани цыплят-бройлеров, %

Исследуемый показатель	Группа	
	ОР	ФГ
Влага	78,16±0,485	75,11±0,113
Сухое вещество	21,84±0,485	24,89±0,113 ^b
Жир	16,22±1,703	15,21±0,549
Зола	4,02±0,112	3,86±0,041
Белок	80,20±0,140	82,37±0,667 ^a

Примечание: ^a - $P \leq 0,05$; ^b - $P \leq 0,01$ при сравнении групп между собой; * - в сухом веществе.

Таблица 2 – Аминокислотный профиль (незаменимые АМК) мышечной ткани цыплят-бройлеров под действием фульвогумата, г/100 г белка

Исследуемый параметр	Группа	
	ОР	ФГ
Лейцин+изолейцин	11,23±0,079	11,72±0,145 ^a
Метионин	2,28±0,022	2,36±0,029
Валин	4,43±0,054	4,66±0,035 ^a
Лизин	7,65±0,045	8,04±0,108 ^a
Фенилаланин	3,31±0,020	3,45±0,035 ^a
Треонин	3,91±0,025	3,86±0,051
Σ незаменимых аминокислот	32,82±0,231	34,10±0,397 ^a

Примечание: ^a - $P \leq 0,05$ при сравнении групп между собой.

Таблица 3 – Аминокислотный профиль (заменимые АМК) мышечной ткани цыплят-бройлеров под действием фульвогумата, г/100 г белка

Исследуемый параметр	Группа	
	ОР	ФГ
Гистидин*	2,41±0,022	2,57±0,017 ^b
Аргинин*	6,07±0,074	6,42±0,093 ^a
Пролин	3,52±0,005	3,56±0,039
Тирозин	3,93±0,142	4,09±0,015
Серин	3,45±0,027	3,43±0,024
Аланин	7,39±0,119	7,73±0,003 ^a
Глицин	4,73±0,042	4,65±0,028
Σ заменимых аминокислот	31,84±0,190	32,10±0,155
Индекс аминокислот	1,03±0,002	1,06±0,007 ^a

Примечание: ^a - $P \leq 0,05$; ^b - $P \leq 0,01$ при сравнении групп между собой; *условно-незаменимые аминокислоты.

Поступление в организм цыплят-бройлеров в ходе кормления фульвогумата приводило к изменению аминокислотного состава мышечной ткани. Так, при оценке профиля незаменимых аминокислот (таблица 2), выявлено, что введение фульвогумата приводило к статистически значимому увеличению суммы лейцина и изолейцина на 4,35 % ($P \leq 0,05$) в сравнении с группой основного рациона. Схожая закономерность была выявлена в отношении ряда других незаменимых аминокислот. Так, содержание валина в группе

фульвогумата было выше на 5,19 % ($P \leq 0,05$), лизина на 5,15 % ($P \leq 0,05$), фенилаланина на 4,23 % ($P \leq 0,05$). Если оценивать суммарно, то исследуемая добавка приводила к увеличению незаменимых аминокислот на 3,90% ($P \leq 0,05$) в сравнении с контрольной группой. Таким образом, учитывая тот факт, что изолейцин, лейцин, валин и фенилаланин являются непосредственным источником энергии для мышечных клеток.

Аргинин и гистидин являются условно незаменимыми аминокислотами. Предпо-

лагается, что скорость, с которой организм может синтезировать подобные аминокислоты ограничена, поэтому при определенных условиях потребность в них возрастает и не покрывается собственными силами. В связи с этим, нормирование данных аминокислот, является важным в период формирования и активного роста организма. Введение фульвогумата обеспечивает увеличение гистидина на 6,64% ($P \leq 0,01$) и аргинина на 5,77% ($P \leq 0,01$) в сравнении с группой основного рациона. Аргинин в ходе метаболизма преобразуется в креатин.

В отношении заменимых аминокислот, выявлено увеличение содержания аланина на 4,6 % ($P \leq 0,05$) в группе применения фульвогумата.

В ходе исследования был установлен аминокислотный скор, свидетельствующий о влиянии фульвогумата на биологическую ценность анализируемой мышечной ткани и пороговый уровень расхода азота изучаемого белка для анаболических целей (рис.1).

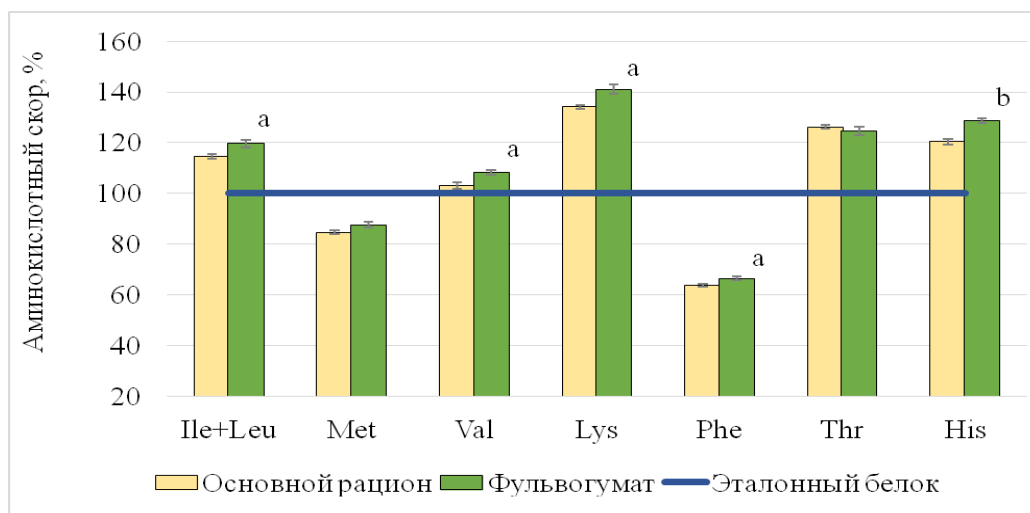


Рисунок 1 – Диаграмма аминокислотного скор белка мышечной ткани цыплят-бройлеров, %. Примечание: (Ile+Leu - лейцин+изолейцин; Met - метионин; Val - валин; Lys - лизин; Phe - фенилаланин; Thr - треонин; His - гистидин); ^a - $P \leq 0,05$; ^b - $P \leq 0,01$ при сравнении групп между собой.

Так, первой лимитирующей как в группе основного рациона, так и в группе фульвогумата стала аминокислота фенилаланин, 63,71 % и 66,41 % соответственно.

Таким образом, скор фенилаланина влияет как на общую биологическую ценность, так и на степень усвоения белка. Но при этом, введение добавки способствовало увеличению скор фенилаланина на 4,23 % ($P \leq 0,05$). Кроме этого, в группе фульвогумата наблюдалось увеличение скор других лимитирующих аминокислот, таких как: Лейцин+изолейцин

на 4,35 % ($P \leq 0,05$), валин на 5,19 % ($P \leq 0,05$), лизин на 5,15 % ($P \leq 0,05$), гистидин на 6,91 % ($P \leq 0,01$) в сравнении с группой основного рациона.

Избыточный скор был отмечен в обеих группах в отношении лизина и аргинина, данные аминокислоты вероятно будут использованы непротеогенными путями в качестве предшественников других небелковых азотистых веществ, таких как пептидные гормоны, нейротрансмиттеры, нуклеиновые кислоты, глутатион, окись азота или креатин. Либо подвергаясь дезаминированию, углеродный скелет избы-

точных аминокислот будет использован в различных путях энергетического метаболизма как непосредственный энергетический субстрат.

Перечисленные выше эффекты вероятно связаны с особым строением гуминовых веществ. Подобные агенты с многочисленными реакционноспособными функциональными группами (гидроксильные, хиноновые, фенольные и карбоксильные группы), проявляют выраженные антиоксидантные, противовирусные, противовоспалительный и иммуностимулирующие свойства [15]. Помимо этого, обладая хелатирующим действием, гуминовые вещества способны улучшать адсорбцию микроэлементов необходимых для роста и развития организма. Перечисленные выше эффекты непосредственно скажутся на качестве мышечной ткани. При этом данный факт подтверждается исследованиями Disetlhe ARP et al. (2019) и Akaichi A. et al., (2022) [16, 17].

ВЫВОДЫ / CONCLUSIONS

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о том, что добавление фульвогумата в рацион цыплят-бройлеров может улучшить качественный состав мясной продукции. Увеличение процентного соотношения сухого вещества и белка в мышечной ткани, а также изменения аминокислотного состава, особенно в отношении незаменимых аминокислот, приводят к повышению биологической ценности мясной продукции. Результаты проведенного исследования могут быть использованы с целью оптимизации кормления животных и повышения эффективности производства и качества мясной продукции.

INFLUENCE OF FULVOHUMATE ON THE AMINO ACID COMPOSITION OF MUSCLE TISSUE OF BROILER CHICKENS

Nechitailo K.S. – PhD of Biological Sciences, researcher (ORCID 0000-0002-8755-414X); Sizova E.A. – Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher (ORCID 0000-0002-5125-5981).

Federal Scientific Center for Biological

Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences

*k.nechit@mail.ru

ABSTRACT

Currently, an important task is to improve the quality of livestock products. In this context, special attention is paid to the analysis of the biological value of meat products, which directly depends on the composition of protein components. Thus, the purpose of our study was to evaluate the effect of fulvohumate on the amino acid composition of muscle tissue of broiler chickens. It was found that the administration of fulvohumate led to a change in the amino acid composition of muscle tissue. When assessing the profile of essential amino acids, it was revealed that the introduction of fulvohumate led to a statistically significant increase in the amount of leucine and isoleucine by 4.35% ($P \leq 0.05$), valine by 5.19% ($P \leq 0.05$), lysine by 5.15% ($P \leq 0.05$), phenylalanine by 4.23% ($P \leq 0.05$). The studied supplement led to an increase in the amount of essential amino acids by 3.55% ($P \leq 0.05$) compared to the control group. The introduction of fulvohumate provides an increase in histidine by 6.91% ($P \leq 0.01$) and arginine by 5.68% ($P \leq 0.01$) in comparison with the main diet group. During the study, an amino acid score was established, indicating the effect of fulvohumate on the biological value of the analyzed muscle tissue. The introduction of the supplement contributed to an increase in the rate of phenylalanine by 4.23% ($P \leq 0.05$) and the rate of other essential amino acids, such as: leucine + isoleucine by 4.35% ($P \leq 0.05$), valine by 5.19% ($P \leq 0.05$), lysine by 5.15% ($P \leq 0.05$), histidine by 6.91% ($P \leq 0.01$) in comparison with the main diet group. Thus, these results can be used to optimize animal feeding aimed at improving the quality of livestock products. The introduction of fulvohumate into the diet of broiler chickens helps improve the amino acid composition of muscle tissue, which increases its biological value and can lead to improved quality of meat products.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Adhikari, S. Protein Quality in Perspective: A Review of Protein Quality Metrics and Their Applications / S. Adhikari, M. Schop I.J.M. de Boer, T. Huppertz // *Nutrients*. – 2022. – Vol. 14. – No. 5. – P. 947. DOI: 10.3390/nu14050947.
2. Chandel, N.S. Amino Acid Metabolism / N.S. Chandel // *Cold Spring Harb Perspect Biol.* – 2021. – Vol. 13. – No. 4. – P. 040584. doi: 10.1101/cshperspect.a040584.
3. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation. Food and agriculture organization of the United Nations. Rome. – 2013. – Vol. 92. – P. 1-66.
4. Аминокислотный и жирнокислотный состав мяса при различных способах и сроках выращивания цыплят-бройлеров / В. И. Фисинин, И. П. Салеева, В. С. Лукашенко [и др.] // *Аграрная наука*. – 2018. – № 3. – С. 32-36.
5. Peter, W. Emery, Basic metabolism: protein / W. Emery Peter // *Surgery (Oxford)*. – 2012. – Vol. 30. – No. 5. – P. 209-213. doi:10.1016/j.mpsur.2012.02.008.
6. Alfaig, E. Effect of probiotics and thyme essential oil on the essential amino acid content of the broiler chicken meat / E. Alfaig, M. Angelovičová, M. Kral, O. Bučko // *Acta Sci Pol Technol Aliment.* – 2014. – Vol. 13. – No. 4. – P. 425-432. doi: 10.17306/J.AFS.2014.4.9.
7. Angelovičová, M. The effect of iodine in production of broiler chickens and selected quality indicators of breast muscles / M. Angelovičová, M. Semivanová // *Potravinárstvo*. – 2013. – Vol. 7. – P. 111-119.
8. Маршания, И. В. Влияние добавки селена на Аминокислотный состав мышечной ткани / И. В. Маршания // *Актуальные проблемы экологии и природопользования: сборник статей по материалам V Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курган, 21 апреля 2021 года / Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева*. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2021. – С. 242-245.
9. Feng, P. Effects of fulvic acid on growth performance, serum index, gut microbiota, and metabolites of Xianju yellow chicken / P. Feng, Q. Li, H. Sun, J. Gao, X. Ye, Y. Tao, Y. Tian, P. Wang // *Front Nutr.* – 2022. – Vol. 9. – P. 963271. doi: 10.3389/fnut.2022.963271.
10. Xiao, G. Effects of fulvic acid addition on laying performance, biochemical indices, and gut microbiota of aged hens/ G. Xiao, S. Liu, X. Yan, Y. Yang, Q. Qi, X. Feng, L. Gong, H. Zhang // *Front Vet Sci.* – 2022. Vol. 9. – P. 953564. doi: 10.3389/fvets.2022.953564.
11. Биологические активные добавки для птицеводства на основе гуминовых комплексов (обзор) / К. С. Нечитайло, К. В. Рязанцева, Е. А. Сизова, В. Л. Королев // *Животноводство и кормопроизводство*. – 2021. – Т. 104, № 1. – С. 94-108. – doi: 10.33284/2658-3135-104-1-94.
12. Maguey-González, J.A. Humic Acids Preparation, Characterization, and Their Potential Adsorption Capacity for Aflatoxin B1 in an In Vitro Poultry Digestive Model / J.A. Maguey-González, M.J. Nava-Ramírez, S. Gómez-Rosales, M.L. Angeles, B. Solís-Cruz, D. Hernández-Patlán, R. Merino-Guzmán, X. Hernández-Velasco, J.D. Figueroa-Cárdenas, A. Vázquez-Durán, B.M. Hargis, G. Téllez-Isaías, A. Méndez-Albores // *Toxins (Basel)*. – 2023. – Vol. 15. – No. 2. – P. 83. doi: 10.3390/toxins15020083.
13. Hriciková, S. Humic Substances as a Versatile Intermediary / S. Hriciková, I. Kožárová, N. Hudáková, A. Reitznerová, J. Nagy, S. Marcinčák // *Life (Basel)*. – 2023. – Vol. 13. – No. 4. – P. 858. doi: 10.3390/life13040858.
14. Нечитайло, К. С. Биохимические показатели крови и антиоксидантный статус цыплят-бройлеров при использовании фульвогумата в рационе / К. С. Нечитайло, Е. А. Сизова // *Животноводство и кормопроизводство*. – 2021. – Т. 104, № 4. – С. 182-192. – doi: 10.33284/2658-3135-104-4-182.
15. Mao, Y. Modulation of the growth performance, meat composition, oxidative sta-

tus, and immunity of broilers by dietary fulvic acids / Y. Mao // *Poult Sci.* – 2019. – Vol. 98. – No. 10. – P. 4509-4513. doi: 10.3382/ps/pez281.

16. Akaichi, A. Effects of humic acid and organic acids supplements on performance, meat quality, leukocyte count, and histopathological changes in spleen and liver of broiler chickens / A. Akaichi, A. Jebali, M. Benlarbi, T. Mahjoub, K. Kaboudi, R.B. Chaouacha-Chekir, Z. Haouas, N. Boudhrioua // *Res Vet Sci.* – 2022. – Vol. 150. – P. 179-188. doi: 10.1016/j.rvsc.2022.07.001.

17. Disetlhe, A.R.P. Effects of dietary humic acid and enzymes on meat quality and fatty acid profiles of broiler chickens fed canola-based diets / A.R.P. Disetlhe, U. Marume, V. Mlambo, A. Hugo // *Asian-Australas J Anim Sci.* – 2019. – Vol. 32. – No. 5. – P. 711-720. doi: 10.5713/ajas.18.0408.

REFERENCES

1. Adhikari S, Schop M, de Boer IJM, Hupertz T. Protein Quality in Perspective: A Review of Protein Quality Metrics and Their Applications. *Nutrients.* 2022 Feb 23;14(5):947. doi: 10.3390/nu14050947.

2. Chandel NS. Amino Acid Metabolism. *Cold Spring Harb Perspect Biol.* 2021 Apr 1;13(4):a040584. doi: 10.1101/cshperspect.a040584.

3. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation. Food and agriculture organization of the United Nations. Rome. 2013; 92:1-66.

4. Amino acid and fatty acid composition of meat under different methods and terms of growing broiler chickens / V. I. Fisinin, I. P. Saleeva, V. S. Lukashenko [etc.] // *Agrarian Science.* – 2018. – No. 3. – P. 32-36.

5. Peter W. Emery, Basic metabolism: protein, Surgery (Oxford), 2012, 30 (5): 209-213. doi:10.1016/j.mpsur.2012.02.008.

6. Alfaig E, Angelovičova M, Kral M, Bučko O. Effect of probiotics and thyme essential oil on the essential amino acid content of the broiler chicken meat. *Acta Sci Pol Technol Aliment.* 2014 Oct-Dec;13(4):425-432. doi: 10.17306/J.AFS.2014.4.9.

7. Angelovičová, M., & Semivanová, M.

(2013). The effect of iodine in production of broiler chickens and selected quality indicators of breast muscles. *Potravinarstvo*, 7, 111-119.

8. Marshania, I. V. The effect of selenium supplementation on the Amino acid composition of muscle tissue / I. V. Marshania // Current problems of ecology and environmental management: collection of articles based on the materials of the V All-Russian (national) scientific and practical conference, Kurgan, April 21, 2021 / Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltseva. – Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy named after. T.S. Maltseva, 2021. – pp. 242-245.

9. Feng P, Li Q, Sun H, Gao J, Ye X, Tao Y, Tian Y, Wang P. Effects of fulvic acid on growth performance, serum index, gut microbiota, and metabolites of Xianju yellow chicken. *Front Nutr.* 2022 Aug 5;9:963271. doi: 10.3389/fnut.2022.963271.

10. Xiao G, Liu S, Yan X, Yang Y, Qi Q, Feng X, Gong L, Zhang H. Effects of fulvic acid addition on laying performance, biochemical indices, and gut microbiota of aged hens. *Front Vet Sci.* 2022 Sep 2;9:953564. doi: 10.3389/fvets.2022.953564.

11. Biological active additives for poultry farming based on humic complexes (review) / K. S. Nechitailo, K. V. Ryazantseva, E. A. Sizova, V. L. Korolev // *Animal husbandry and feed production.* – 2021. – T. 104, No. 1. – P. 94-108. – doi: 10.33284/2658-3135-104-1-94.

12. Maguey-González JA, Nava-Ramírez MJ, Gómez-Rosales S, Ángeles ML, Solís-Cruz B, Hernández-Patlán D, Merino-Guzmán R, Hernández-Velasco X, Figueroa-Cárdenas JD, Vázquez-Durán A, Hargis BM, Téllez-Isaías G, Méndez-Albores A. Humic Acids Preparation, Characterization, and Their Potential Adsorption Capacity for Aflatoxin B1 in an In Vitro Poultry Digestive Model. *Toxins (Basel).* 2023 Jan 17;15(2):83. doi: 10.3390/toxins15020083.

13. Hriciková S, Kožárová I, Hudáková N, Reitznerová A, Nagy J, Marcinčák S. Humic Substances as a Versatile Intermediary. *Life (Basel).* 2023 Mar 23;13(4):858. doi: 10.3390/life13040858.

14. Nechitailo, K. S. Biochemical blood parameters and antioxidant status of broiler chickens when using fulvohumate in the diet / K. S. Nechitailo, E. A. Sizova // *Animal husbandry and feed production*. – 2021. – T. 104, No. 4. – P. 182-192. – doi: 10.33284/2658-3135-104-4-182.
15. Mao Y. Modulation of the growth performance, meat composition, oxidative status, and immunity of broilers by dietary fulvic acids. *Poult Sci*. 2019 Oct 1;98(10):4509-4513. doi: 10.3382/ps/pez281.
16. Akaichi A, Jebali A, Benlarbi M, Mahjoub T, Kaboudi K, Chaouacha-Chekir RB, Haouas Z, Boudhrioua N. Effects of humic acid and organic acids supplements on performance, meat quality, leukocyte count, and histopathological changes in spleen and liver of broiler chickens. *Res Vet Sci*. 2022 Dec 5;150:179-188. doi: 10.1016/j.rvsc.2022.07.001.
17. Disetlhe ARP, Marume U, Mlambo V, Hugo A. Effects of dietary humic acid and enzymes on meat quality and fatty acid profiles of broiler chickens fed canola-based diets. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2019 May;32(5):711-720. doi: 10.5713/ajas.18.0408.