

# КОРМОПРОИЗВОДСТВО: КОРМЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ / FODDER PRODUCTION: LIVESTOCK FEEDING

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.2.401-410>



УДК 636.085

## Возможности оперативного выявления фальсификата на рынке кормовых аминокислот

© 2026. Р. Т. Тимакова<sup>1</sup>✉, С. Ю. Ефремова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», г. Екатеринбург, Российская Федерация,

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза, Российская Федерация

*Интенсивные технологии выращивания сельскохозяйственных животных и птицы во многом определяются сбалансированностью рационов кормления по эссенциальным веществам. Определенный дефицит на отечественном кормовом рынке и недостаточный контроль за оборотом белоксодержащих кормов, в том числе кормовых аминокислот, приводит к фальсификации кормов путем замены белков и отдельных незаменимых аминокислот на более дешевые ингредиенты, что определило цель исследования – по результатам комплексного анализа кормовых аминокислот – лизина, метионина и треонина на содержание действующего вещества и сырой золы установить возможность оперативного контроля их качества. Научная значимость работы определяется обоснованием возможности выявления фальсификации кормовых аминокислот по массовой доле сырой золы. Данный метод отличается простотой испытания, в том числе для лабораторий комбикормовых заводов. В ходе эксперимента выявлено превышение нормативных значений по массовой доле сырой золы на 0,06 % в 7 промышленных образцах кормового лизина, на 0,02 % в 4 промышленных образцах метионина и на 0,15 % в 9 промышленных образцах кормового треонина из 70 исследованных образцов каждой группы. Осуществлено моделирование рецептурного состава образцов кормовых аминокислот при добавлении сыворотки молочной, муки пшеничной, соли пищевой и крахмала картофельного в количестве 2, 5 и 10 %. Во всех образцах кормовых аминокислот отмечается увеличение массовой доли сырой золы выше нормативных значений при добавлении 2 % соли пищевой и молочной сыворотки в количестве 10 % (кроме кормового метионина). При добавлении муки пшеничной и крахмала картофельного количественные показатели массовой доли сырой золы изменились незначительно. Полученные данные по повышенному содержанию золы в кормовых аминокислотах позволяют установить возможность их фальсификации в результате добавления не азотсодержащих ингредиентов.*

**Ключевые слова:** лизин, метионин, треонин, зола

**Благодарности:** работа выполнена без финансового обеспечения в рамках инициативной тематики.

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Тимакова Р. Т., Ефремова С. Ю. Возможности оперативного выявления фальсификата на рынке кормовых аминокислот. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2026;27(2):401–410.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.2.401-410>

Поступила в редакцию: 30.05.2025

Принята к публикации: 03.04.2026

Поступила после рецензирования: 24.12.2025

Опубликована онлайн: 27.04.2026

## Opportunities for prompt detection of adulterated products in the feed amino acid market

© 2026. Roza T. Timakova<sup>1</sup>✉, Sania Yu. Efremova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russian Federation

<sup>2</sup>Penza State Technological University, Penza, Russian Federation

*Intensive technologies for breeding farm animals and poultry are largely determined by the balance of feeding diets based on essential substances. A certain shortage in the domestic feed market and insufficient control over the turnover of protein-containing feeds, including feed amino acids, leads to feed adulteration by replacing proteins and individual essential amino acids with cheaper ingredients. The purpose of the research was to establish the possibility of operational quality control of feed amino acids – lysine, methionine and threonine based on the results of a comprehensive analysis for the content of active ingredient and crude ash. The scientific significance of the work is determined by the justification of the possibility of detecting adulteration of feed amino acids*

by the mass fraction of crude ash. This method offers testing simplicity, making it suitable even for laboratories at feed milling plants. During the experiment, the mass fraction of crude ash exceeded the regulatory values by 0.06 % in 7 industrial samples of feed lysine, by 0.02 % in 4 industrial samples of methionine, and by 0.15% in 9 industrial samples of feed threonine, out of a total of 70 samples tested in each group. The modeling of the recipe composition of feed amino acid samples was carried out with the addition of milk whey, wheat flour, edible salt and potato starch in quantities of 2 %, 5 % and 10 %. In all samples of feed amino acids, an increase in the mass fraction of crude ash above the standard values was noted with the addition of 2 % edible salt and with the addition of 10 % milk whey (except for feed methionine). When wheat flour and potato starch were added, the quantitative indicators of crude ash mass fraction changed insignificantly. The obtained data on the increased ash content in feed amino acids indicate the possibility of adulteration through the addition of non-nitrogenous ingredients.

**Keywords:** lysine, methionine, threonine, ash

**Acknowledgments:** the research was carried out without financial support within the initiative topic. The authors thank the reviewers for their contributions to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors declared no conflict of interest.

**For citation:** Timakova R. T., Efremova S. Yu. Opportunities for prompt detection of adulterated products in the feed amino acid market. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(2):401–410. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.2.401-410>

Received: 30.05.2025

Revised: 24.12.2025

Accepted for publication: 03.04.2026

Published online: 27.04.2026

Использование кормовых аминокислот в рационе сельскохозяйственных животных и птицы заданной продуктивности определено необходимостью формирования сбалансированного кормового рациона по аминокислотному составу.

Аминокислоты, поступающие из полноценных кормов, представляют собой строительные блоки для синтеза полипептидов в клетках животных [1] и получения белков более высокой ценности в продукции сельскохозяйственных животных и птицы по сравнению с менее дорогими источниками кормового белка [2].

В процессе выращивания в организме животных вырабатываются сложнейшие соединения, такие как высокомолекулярные белки, нуклеиновые кислоты и т. п., но не синтезируются незаменимые аминокислоты, которые должны поступать только с кормом. Недостаток лизина вызывает снижение продуктивности, нарушение азотистого обмена и низкую эффективность кормления; эта аминокислота используется для синтеза тканей белков, усвоения кальция и выработки коллагена и эластина. Треонин принимает участие в синтезе белков, является предшественником глицина, играя определенную роль в усвояемости пищи, к ферментам метаболизма треонина относятся треонинальдолаза и треониндегидрогеназа [3].

Лизин является одной из наиболее дефицитных аминокислот в рационе свиней [4, 5, 6]. В питании птиц лизин служит эталонной аминокислотой, по отношению к которой все незаменимые аминокислоты распределяются по идеальной аминокислотной схеме [7].

Для крупного рогатого скота и птицы важнейшей лимитирующей аминокислотой является метионин, необходимый для обмена веществ в организме, роста животных и обладающий антиоксидантными свойствами. Дефицит любой незаменимой аминокислоты вызывает замедленный синтез белка и в последующем снижение продуктивности сельскохозяйственных животных. При этом для жвачных животных важен и уровень распада белка в рубце, и количество аминокислот, доставленных в тонкий кишечник [8].

В Российской Федерации (РФ) остро стоит проблема по импортозамещению кормовых добавок [9], самыми крупнотоннажными из которых являются лизин и метионин. Россия обеспечена ими лишь наполовину силами внутренних мощностей [8]. В. И. Колмаковым и А. А. Колмаковой отмечено, что тотальная зависимость от импорта кормов может привести к потере продовольственной безопасности для аквакультуры [10]. Это определяет необходимость увеличения производства отечественных кормовых добавок, используемых в животноводстве [11]. Недостаточный уровень аминокислот в рационе птиц может привести к повышенной проницаемости кишечника [12]. Среди кормовых аминокислот, которые занимают до 60 % высокомаржинального рынка кормовых добавок, 30 % приходится на метионин [13].

Качество кормовых аминокислот и премиксов зависит от ряда факторов, определяемых на предприятиях комбикормовой промышленности: вида используемого сырья и его биобезопасности; технологических особенностей формирования партий кормов для обеспечения

их однородности и соответствия рецептурному составу; осуществления регулярного партионного лабораторного контроля качества и исследования содержания основного вещества в составе товарной аминокислоты.

Важное значение имеет разработка сбалансированных рационов по лизину, метионину и триптофану, дефицит которых наблюдается в растительных кормах. Например, в таком высокобелковом сырье, как соя, недостаточное содержание метионина [14, 15], что обуславливает появление на кормовом рынке синтетических аминокислот, применяемых в качестве кормовых добавок к комбинированным кормам, и соответственно необходимость контроля за их оборотом [16].

Анализ произведенной кормовой смеси в виде микса отходов растительного сырья (отруби пшеничные 80 %) с добавлением сырья животного происхождения (продукты убоя скота 20 %) показывает на обогащение смеси минеральными веществами с повышением количества сырой клетчатки при одновременном снижении содержания лизина, сырого протеина и сырого жира относительно требований нормативов. Соответственно такой корм не является полноценным кормовым рационом без его балансирования для каждой группы животных [17].

В процессе выращивания сельскохозяйственные животные и птица нуждаются в постоянном поступлении полноценных белков, которые отличаются высокой себестоимостью. Ввиду интенсификации методов выращивания для получения высоких привесов, в составе кормов стало увеличиваться количество белковых составляющих и синтетических аминокислот, что приводит к росту расходов на корма в каждом отдельном сельхозпредприятии и одновременно к поиску более дешевых источников белка. Отмечается рост фальсификата на рынке высокобелковых кормов, в том числе таких кормовых аминокислот, как лизин, метионин и треонин.

Недобросовестные производители и поставщики кормов прибегают к разным ухищрениям для увеличения прибыли путем повышения концентрации сырого белка в кормах низкого качества или, добавляя в корм неорганические азотсодержащие соединения небелкового происхождения, чаще всего карбамид (мочевину) и сульфат аммония [18, 19, 20, 21].

Фальсификация носит системный характер с использованием физических и химических

аналогов, достигая имитации питательности кормов. Наиболее известные примеры фальсификата: разбавление лизина манной крупой; сои – горохом и рапсом; рыбной муки – карбамидом, мясокостной мукой, щетиной и шкурами свиней; шрота и жмыха – карбамидом и дешевыми жирами. Ввод 1%-ной мочевины повышает содержание сырого протеина на 3 %. Из-за насыщения кормов неорганическим азотом снижается их поедаемость и среднесуточный привес животных [22]. Применение в рационе фальсификатов приводит к репутационным и экономическим потерям сельскохозяйственных предприятий.

Вопросы фальсификации обусловлены и отсутствием жестких требований нормативного характера к сырьевым компонентам кормов и конечному продукту. В то же время исследование содержания протеина в кормах относится к важному этапу анализа их качественного состава, декларируемого на уровне Федерального центра оценки безопасности и качества продукции агропромышленного комплекса.

Исследование содержания сырого протеина по методу Кьельдаля отличается своей точностью и простотой воспроизводимости содержания общего азота и относится к основному арбитражному методу в системах ASTM (*American Society for Testing and Materials*), AOAC (*Association of Official Agricultural Chemists*) и ISO (*Organization for Standardization*).

Для выявления только органического азота используется метод Барнштейна. Соответственно расчетным способом по результатам двух методов устанавливается неорганический азот.

Для исключения применения в рационах животных и птицы фальсифицированных аминокислот, что приводит к некорректным и несбалансированным рационам, необходима проверка каждой партии аминокислот на наличие действующего вещества. Для оценки полноценности белка наиболее эффективно проведение исследования аминокислотного состава и расчета аминокислотного сора.

Оценка аминокислотного состава осуществляется различными методами: капиллярный электрофорез («Капель 105М») для точного расчета и реализации современных концепций в кормлении (идеальный протеин, низкопротеиновые рационы и др.) [23]; инфракрасная спектроскопия [24]; высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) с использованием катионообменной смолы и цитратного

буфера в качестве элюента, с дериватизацией нингидрином или ортофталдальдегидом (ОРА) и детекцией с помощью фотометрического или флуоресцентного детектора [25]. Для метионина дополнительно применим йодометрический метод.

Несмотря на влияние аминокислотного состава белков кормового рациона на продуктивность животных и птицы, на животноводческих и молочно-товарных комплексах не осуществляется контроль лабораторными методами фактического содержания аминокислот в кормах и перевариваемости белка при его расщеплении в результате гидролиза пептидной связи между отдельными аминокислотами. По мнению [26], это обусловлено дороговизной лабораторных анализов по исследованию количественного и качественного состава белков, необходимостью учета и особенностями сохранения аминокислот. Например, для сохранения триптофана при кислотном гидролизе требуется определенная пробоподготовка.

Оснащение производственных лабораторий комбикормовых заводов часто не позволяет применять данные методы для определения действующих веществ. При этом во всех синтетических формах кормовых аминокислот строго регламентируется уровень массовой доли сырой золы: для лизина кормового и метионина кормового не более 0,5 %, для треонина кормового при разной массовой доле L-треонина 98,5 и 75 % – не более 0,5 и 3,0 % соответственно. Метод озоления относится к общепринятому и доступному.

**Цель исследования** – по результатам анализа содержания отдельных аминокислот и сырой золы в кормовых аминокислотах – лизин, метионин и треонин – установить практическую возможность выявления фальсификата кормовых аминокислот в лабораторных условиях.

**Научная новизна** – обоснование возможности выявления фальсификации кормовых аминокислот по содержанию сырой золы методом озоления в лабораторных условиях.

**Практическая значимость** – разработка рабочего инструмента для оперативного выявления фальсификата кормовых аминокислот по содержанию массовой доли золы в производственных условиях комбикормовых заводов.

**Материал и методы.** За период более 4 лет исследовано 210 промышленных образцов кормовых аминокислот импортного и российского производства. Отбор образцов осуществлялся ежемесячно. Проведена органолептическая оценка согласно требованиям ГОСТ Р 56913-2016<sup>1</sup> «Лизин кормовой. Общие технические условия», ГОСТ 23423-2017<sup>2</sup> «Метионин кормовой. Технические условия», ГОСТ Р 57580-2017<sup>3</sup> «Треонин кормовой. Технические условия». На следующем этапе промышленные образцы исследовали на содержание действующего вещества (аминокислоты) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием в ведущих аккредитованных лабораториях РФ: ФГБУ «ВГНКИ» (Всероссийский государственный Центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов); НИЦ «Черкизово»; ООО «ИЛ Тест-Пушино», на содержание массовой доли сырой золы методом озоления в качественных образцах аминокислот и образцах с заниженным уровнем массовой доли аминокислот по ГОСТ 32933-2014<sup>4</sup> «Корма, комбикорма. Метод определения содержания сырой золы».

На третьем этапе исследования было сформировано 12 групп модельных образцов каждой из кормовых аминокислот (лизин, метионин, треонин) с добавлением 2,0, 5,0 и 10,0 % сыворотки молочной, муки пшеничной, соли пищевой, крахмала картофельного в сухом виде, в которых определяли содержание сырой золы. Исследования выполнены в 3-кратной повторности. Результаты обобщали без выделения конкретных производителей и обрабатывали ретроспективным оценочным методом вариационной статистики с использованием коэффициента Стьюдента.

<sup>1</sup>ГОСТ Р 56913-2016. Лизин кормовой. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2020. 11 с.  
URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/618/61891.pdf>

<sup>2</sup>ГОСТ 23423-2017. Метионин кормовой. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2018. 39 с.  
URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293739/4293739575.pdf>

<sup>3</sup>ГОСТ Р 57580-2017. Треонин кормовой. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2017. 11 с.  
URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293741/4293741625.pdf>

<sup>4</sup>ГОСТ 32933-2014. Корма, комбикорма. Метод определения содержания сырой золы. М.: Стандартинформ, 2015. 12 с.  
URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293768/4293768053.pdf>

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: КОРМОПРОИЗВОДСТВО.  
КОРМЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ /  
ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: FODDER PRODUCTION. LIVESTOCK FEEDING**

**Результаты и их обсуждение.** На первом этапе исследований установлено, что все представленные промышленные образцы кормовых аминокислот соответствовали требованиям стандартов:

- кормовой лизин представлял собой сыпучий порошок размером от мелких до средних гранул в общей массе образца, без посторонних примесей и признаков плесени; цвет варьировал от белого до светло-коричневого; запах – слегка специфический кормовой;

- кормовой метионин – кристаллический порошок белого цвета однородного желтоватого оттенка, с легким специфическим кормовым запахом, без посторонних примесей и плесени;

- кормовой треонин – от кристаллического до мелкогранулированного порошка, без посторонних примесей и признаков плесени; цвет варьировал от белого до светло-коричневого.

Результаты второго этапа исследования без выделения образцов по производителям представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание аминокислот и сырой золы в промышленных образцах кормовых аминокислот, % (n = 70) /

Table 1 – Content of amino acids and crude ash in industrial samples of feed amino acids, % (n = 70)

Наименование аминокислоты / Name of the amino acid	Массовая доля аминокислоты / Mass fraction of amino acid		Массовая доля сырой золы / Mass fraction of crude ash		
	значение / value				
	нормативное* / normative	фактическое (среднее) / actual (average)	нормативное* / normative *	фактическое (среднее) / actual (average)	фактическое (максимальное) / actual (maximum)
<i>Лизин кормовой / Feed lysine</i>					
<i>L-лизин моногидрохлорид / L-lysine monohydrochloride</i>	78,00 не менее / 78.00 at least	78,72±0,22 / 59 образцов / 59 samples	0,50 не более / 0.50 no more than	0,17±0,05 / 58 образцов / 58 samples	0,25±0,03 / 1 образец / 1 sample
		69,01±0,26** / 11 образцов / 11 samples		0,29±0,05 / 4 образца / 4 samples	0,56±0,03** / 7 образцов / 7 samples
<i>Метионин кормовой / Feed methionine</i>					
<i>Метионин / Methionine</i>	99,00 не менее / 99.00 at least	99,11±0,02 / 64 образца / 64 samples	0,50 не более / 0.50 no more than	0,15±0,03 / 61 образец / 61 samples	0,19±0,02 / 3 образца / 3 samples
		90,95±0,14** / 6 образцов / 6 samples		0,32±0,02 / 2 образца / 2 samples	0,52±0,01** / 4 образца / 4 samples
<i>Треонин кормовой / Feed threonine</i>					
<i>L-треонин 98,5 % / L-threonine 98.5 %</i>	98,50 не менее / 98.5 at least	98,86±0,11 / 55 образцов / 55 samples	0,50 не более / 0.50 no more than	0,17±0,04 / 53 образца / 53 samples	0,25±0,02 / 2 образца / 2 samples
		89,56±0,24* / 15 образцов / 15 samples		0,33±0,06 / 6 образцов / 6 samples	0,65±0,04* / 9 образцов / 9 samples

\* Названия соответствующих стандартов приведены в разделе «Материалы и методы исследования»;

\*\*различия по отношению к нормативному значению достоверны при  $p \leq 0,05$  /

\* The names of the relevant standards are given in the section “Materials and Research Methods”;

\*\* differences in relation to the standard value are significant at  $p \leq 0.05$

При исследовании промышленных кормовых образцов лизина (по аминокислоте L-лизин моногидрохлорид), метионина и треонина (по аминокислоте L-треонина 98,5 %) установлено, что 84 % образцов лизина, 91 % метионина и 79 % треонина соответствуют требованиям ГОСТ Р 56913-2016, ГОСТ 23423-2017

и ГОСТ Р 57580-2017. В промышленных образцах кормовых аминокислот с пониженной массовой долей лизина, метионина и треонина, не соответствующих требованиям стандартов, выявлено недовложение химически чистых искусственных аминокислот: в кормовом лизине – на 9,71 %; в кормовом метионине – на 8,16 %;

в кормовом треонине – на 9,30 %. При этом средние значения массовой доли сырой золы в таких образцах соответствовали нормативным значениям лизина, метионина и треонина –  $0,29 \pm 0,05$  %,  $0,32 \pm 0,020$  и  $0,33 \pm 0,06$  %, но были выше в среднем на 0,12 %, 0,17 и 0,16 % соответственно, чем в качественных промышленных образцах кормовых аминокислот.

В то же время выявлено превышение нормативных значений по массовой доле сырой золы на 0,06 % в 7 промышленных образцах кормового лизина (10,0 %), на 0,02 % в 4 промышленных образцах метионина (5,7 %) и

на 0,15 % в 9 промышленных образцах треонина (12,9 %) от исследованных.

На третьем этапе после внесения удешевляющих аминокислот в модельные образцы кормовых аминокислот на основе качественных промышленных образцов установлено, что органолептическими методами невозможно идентификация без применения микроскопирования. Результаты исследований по массовой доле сырой золы представлены в таблице 2. По результатам проведенных исследований во всех образцах кормовых аминокислот установлено увеличение содержания сырой золы.

*Таблица 2 – Содержание сырой золы в модельных образцах кормовых аминокислот (n = 12 каждого вида с добавлением дополнительных ингредиентов), % /  
Table 2 – Content of crude ash in model samples of feed amino acids (n = 12 of each type with the additional ingredients), %*

<i>Наименование вводимых ингредиентов / Name of the additional ingredients</i>	<i>Кормовой лизин / Feed lysine</i>	<i>Кормовой метионин / Feed methionine</i>	<i>Кормовой треонин / Feed threonine</i>
Без добавления дополнительных ингредиентов / Without additional ingredients	0,17±0,05	0,15±0,03	0,17±0,04
С добавлением дополнительных ингредиентов / With the additional ingredients			
Сыворотка молочная 2 % / Milk whey 2 %	0,29±0,06*	0,25±0,03*	0,26±0,03*
Сыворотка молочная 5 % / Milk whey 5 %	0,38±0,08*	0,32±0,04*	0,34±0,03*
Сыворотка молочная 10 % / Milk whey 10 %	0,54±0,08*	0,49±0,05*	0,53±0,06*
Мука пшеничная 2 % / Wheat flour 2 %	0,19±0,02*	0,17±0,01*	0,18±0,02*
Мука пшеничная 5 % / Wheat flour 5 %	0,24±0,04*	0,22±0,01*	0,23±0,01*
Мука пшеничная 10 % / Wheat flour 10 %	0,28±0,05*	0,24±0,02*	0,26±0,02*
Соль пищевая 2 % / Food salt 2 %	2,33±0,17*	1,77±0,12*	2,15±0,12*
Соль пищевая 5 % / Food salt 5 %	5,29±0,26*	5,12±0,18*	5,17±0,15*
Соль пищевая 10 % / Food salt 10 %	10,21±0,54*	10,10±0,41*	10,15±0,47*
Крахмал картофельный 2 % / Potato starch 2 %	0,18±0,01*	0,16±0,01*	0,18±0,01*
Крахмал картофельный 5 % / Potato starch 5 %	0,20±0,02*	0,18±0,01*	0,20±0,02*
Крахмал картофельный 10 % / Potato starch 10 %	0,23±0,02*	0,21±0,01*	0,22±0,02*

\* Различия с модельными образцами кормовых аминокислот без добавления дополнительных ингредиентов достоверны при  $p \leq 0,05$  /

\* Differences with model samples of feed amino acids without additional ingredients are significant at  $*p \leq 0,05$

В результате моделирования рецептурного состава образцов кормовых аминокислот при добавлении используемых недобросовестными производителями ингредиентов в разном процентном соотношении (2, 5 и 10 %) для снижения производственной себестоимости установлена прямо пропорциональная зависимость увеличения массовой доли золы от доли добавляемого ингредиента. Наиболее чувствительным к добавлению сторонних ингредиентов определен кормовой лизин, далее по уменьшению

чувствительности – кормовой треонин и кормовой метионин. Во всех образцах кормовых аминокислот в модельных образцах при добавлении 2 % соли пищевой отмечено увеличение массовой доли сырой золы выше нормативных значений: до  $2,33 \pm 0,17$  % кормового лизина, до  $1,77 \pm 0,12$  % – кормового метионина, до  $2,15 \pm 0,12$  % – кормового треонина. При добавлении сыворотки молочной 10 % превышение нормативных показателей массовой доли золы наблюдается в кормовом лизине и кормовом треонине.

Полученный результат по кормовому метионину ( $0,49 \pm 0,05$  %) можно считать критическим. При добавлении крахмала картофельного и муки пшеничной в количестве до 10 % не установлено превышения показателей массовой доли влаги.

**Заключение.** По результатам проведенных исследований кормовых аминокислот (лизин, метионин, треонин) отечественных и зарубежных производителей по массовой доле сырой золы установлены факты фальсификации на 0,06 % в 7 промышленных образцах кормового лизина, на 0,02 % в 4 промышленных образцах кормового метионина и на 0,15 % в 9 промышленных образцах кормового треонина из 70 исследованных образцов по каждому виду кормовых аминокислот путем добавления не азотсодержащих ингредиентов для удешевления производственной себестоимости.

Опытным путем установлено, что в образцах аминокислот с низким содержанием действующего вещества, ниже заявленного согласно ГОСТ к соответствующей аминокислоте, содержание массовой доли сырой золы выше, чем

в качественных промышленных образцах кормовых аминокислот. В образцах аминокислот, где установлены факты фальсификации, содержание массовой доли сырой золы варьирует от  $0,52 \pm 0,01$  до  $0,65 \pm 0,04$  %.

В условиях невозможности идентификации фальсификата кормовых аминокислот по внешнему виду в результате введения рецептурных удешевляющих ингредиентов и отсутствия доступных методов исследования в лабораториях комбикормовых заводов к критериальному признаку качества кормовых аминокислот можно отнести увеличенный относительно средних уровней показатель массовой доли сырой золы, установленный общеизвестным методом озоления. Предложенный подход является первичным лабораторным методом для контроля качества кормовых аминокислот и снижения вероятности применения в рационах фальсифицированных некачественных продуктов, влияющих на эффективность выращивания сельскохозяйственных животных и птицы. Экспериментальные исследования требуют дальнейшего продолжения.

#### *Список литературы*

1. Ji Yu., Hou Yu., Blachier F., Wu Z. Editorial: Amino acids in intestinal growth and health. *Frontiers in Nutrition*. 2023;10:1172548. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1172548>
2. Selle P. H., Macelline S. P., Chrystal P. V., Liu S. Yu. The impact of digestive dynamics on the bioequivalence of amino acids in broiler chickens. *Frontiers in Bioscience-Landmark*. 2022;27(4):126. DOI: <https://doi.org/10.310283/j.fbl2704126>
3. Каримова М. О., Иргашев Т. А., Байгенов Ф. Н., Косилов В. И., Ребезов М. Б. Метаболизм незаменимых аминокислот в организме телят под влиянием кормовой добавки. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020;(4(84)):302–306. Режим доступа: <https://elibrary.ru/iujjpa> EDN: IUJJPA
4. Hong J., Kim H.-S., Do S., Kim H.-J., Kim S.-W., Jang S.-K., Kim Y.-Y. Effects of lysine cell mass supplementation as a substitute for L-Lysine HCL on growth performance, diarrhea incidence and blood profiles in weaning pigs. *Animals*. 2021;11(7):2092. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11072092>
5. Hu X., Huo B., Jang J., Wang K., Huang L., Che L. et al. Effects of dietary lysine levels on growth performance, nutrient digestibility, serum metabolites and meat quality of baggingpigs. *Animals (Basel)*. 2022;12(15):1884. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani12151884>
6. Еримбетов К. Т., Обвинцева О. В., Михайлов В. В. Метаболические и физиологические функции лизина и его производных у моногаstrических животных (обзор). *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2022;(4):31–48. DOI: <https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2022.4.31-48> EDN: MREHVI
7. Maynard C. W., Liu S. Y., Lee J. T., Caldas J., Dirhl E. J. J., Rochell S. L., Kidd M. T. Determining the 4th limiting amino acid in low crude protein diets for male and female Cobb MV × 500 broilers. *British Poultry Science*. 2020;61(6):695–702. DOI: <https://doi.org/10.1080/00071668.2020.1782348>
8. Ветвицкая А. «Поиск баланса»: применение кормовых аминокислот в животноводстве. *Эффективное животноводство*. 2020;(9(166)):75–81. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44589189> EDN: FBVICU
9. Лещуков К. А., Масалов В. Н., Котальникова М. А. Влияние скармливания кормовой добавки с защищенными аминокислотами и гепатопротектором на продуктивность коров и качество молока. *Вестник аграрной науки*. 2023;(3(102)):27–35. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2023.3.27> EDN: JYUUVG
10. Колмаков В. И., Колмакова А. А. Аминокислоты в перспективных кормах для аквакультуры рыб: обзор экспериментальных данных. *Журнал Сибирского федерального университета. Биология*. 2020;13(4):424–442. DOI: <https://doi.org/10.17516/1997-1389-0332> EDN: EZXKXZ

11. Седых В. А., Суглобов А. Е. Обеспечение продовольственной безопасности на основе развития импортозамещающих производств лизина и других аминокислот методом ферментации. *Russian Journal of Management*. 2024;12(1):28–36. DOI: <https://doi.org/10.29039/2409-6024-2024-12-1-28-36> EDN: UCPTJR
12. Chrystal P. V., Moss A. F., Khoddami A., Naranjo V. D., Selle P. H., Liu S. Y. Impacts of reduced-crude protein diets on key parameters in male broiler chickens offered maize-based diets. *Poultry Science*. 2020;99(1):505–516. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pez573>
13. Глотова И. А., Шахов С. В., Молоканова Л. В., Пугачева И. Н., Куцова А. Е. Подходы к обеспечению экологической эффективности производства кормового метионина. *Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции*. 2022;1(18):20–30. DOI: [https://doi.org/10.53914/issn2311-6780\\_2022?1\\_20](https://doi.org/10.53914/issn2311-6780_2022?1_20) EDN: DKCUWI
14. Зимина М. И., Носкова С. Ю., Ульрих Е. В., Афанасьева К. С., Федотовских Н. С., Кригер О. В. Особенности получения кормовых аминокислот при культивировании коринебактерий на соевой мелассе. *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки*. 2022;(3):68–92. DOI: <https://doi.org/10.5922/gikbfu-2022-3-5> EDN: YIIPFR
15. Janocha A., Milczarek A., Pietrusiak D., Laski K., Saleh M. Efficiency of Soybean Products in Broiler Chicken Nutrition. *Animals*. 2022;12(3):294. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani12030294>
16. Сложенкина М. И., Горлов И. Ф., Кротова О. Е., Комарова З. Б., Черняк А. А. Биоконверсия кормов и качество мяса свиней под воздействием синтетических аминокислот. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2020;(1(57)):239–248. DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-01-24> EDN: SCTDVI
17. Иванова И. Е., Пунегова В. В., Ковалева О. В. Оценка состава и питательной ценности кормовой смеси на основе отходов боен. *Мир инноваций*. 2022;(4(23)):36–40. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=65448593> EDN: DGKEUK
18. Beia S. I., Bran M., Petrescu I., Beia V. E., Dinu M. Food fraud incidents: findings from the latest rapid alert system for food and feed (rasff) Report. *Scientific Papers. Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2020;20(2):45–52. URL: [https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.20\\_2/Art5.pdf](https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.20_2/Art5.pdf)
19. Штенина Д. В. Значение кормов и их компонентов при выращивании рыбы. *Вестник науки и образования*. 2022;(1-2(121)):31–33. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48000496> EDN: ЕННОРВ
20. Алифанов С. В., Есаулова Л. А. Эффективность кормления коров красно-пестрой породы разных линий в ЗАО «Юдановские просторы» Бобровского района Воронежской области. *Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции*. 2023;(2(21)):22–35. DOI: [https://doi.org/10.53914/issn2311-6870\\_2023\\_2\\_22](https://doi.org/10.53914/issn2311-6870_2023_2_22) EDN: HJMSAI
21. Полубесова М. А., Журавлева А. З., Рябухин Д. С. Насекомые как альтернативная замена источника белка в рационе цыплят-бройлеров. *Все о мясе*. 2023;(3):58–63. DOI: <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2023-3-58-63> EDN: PAIQTХ
22. Фоменко П. А., Богатырева Е. В. Причины фальсификации сырого протеина в кормах и способы ее выявления. *Молочнохозяйственный вестник*. 2022;(1(45)):143–154. DOI: [https://doi.org/10.52231/2225-4269\\_2021\\_3\\_143](https://doi.org/10.52231/2225-4269_2021_3_143) EDN: EWPBPM
23. Капитонова Е. А., Янченко В. В. Определение аминокислотного состава Определеение аминокислотного состава регуляторного комплекса «Байпас» методом капиллярного электрофореза. *Вестник АПК Верхневолжья*. 2021;(1(53)):52–56. DOI: <https://doi.org/10.35694/YARCX.2021.53.1.009> EDN: KWDSZE
24. Buryakov N. P., Buryakova M. A., Shapovalov S. O., Kornilova E. V., Palamarchuk D. V., Zhuravlev A. E. et al. Application of near infrared spectroscopy for identification and quantitative determination of amino acids in their crystalline and salt forms in the preparation of animal feed. *Agrarian Science*. 2023;(12):90–94. DOI: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-90-94> EDN: EADLBR
25. Тимакова Р. Т., Ильюхина Ю. В., Старцев В. Г. Оценка сбалансированности аминокислотного состава белка сухого кобыльего молока. *Пищевая промышленность*. 2023;(8):16–21. DOI: <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.8.8.003> EDN: XPULZQ
26. Рядчиков В. Г., Вороков В. Х., Шляхова О. Г., Дмитриенко С. Н. Определение аминокислотного профиля кормов, используемых на МТФ Краснодарского края. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2020;163:192–212. DOI: <https://doi.org/10.21515/1990-4665-163-016> EDN: NLJWPF

#### *References*

1. Ji Yu., Hou Yu., Blachier F., Wu Z. Editorial: Amino acids in intestinal growth and health. *Frontiers in Nutrition*. 2023;10:1172548. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1172548>
2. Selle P. H., Macelline S. P., Chrystal P. V., Liu S. Yu. The impact of digestive dynamics on the bioequivalence of amino acids in broiler chickens. *Frontiers in Bioscience-Landmark*. 2022;27(4):126. DOI: <https://doi.org/10.310283/j.fbl2704126>

3. Karimova M. O., Irgashev T. A., Baygenov F. N., Kosilov V. I., Rebezov M. B. Metabolism of essential amino acids in the calf body under the influence of the fodder additive. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020;(4(84)):302–306. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/iujjpa>
4. Hong J., Kim H.-S., Do S., Kim H.-J., Kim S.-W., Jang S.-K., Kim Y.-Y. Effects of lysine cell mass supplementation as a substitute for L-Lysine HCL on growth performance, diarrhea incidence and blood profiles in weaning pigs. *Animals*. 2021;11(7):2092. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11072092>
5. Hu X., Huo B., Jang J., Wang K., Huang L., Che L. et al. Effects of dietary lysine levels on growth performance, nutrient digestibility, serum metabolites and meat quality of baggingpigs. *Animals (Basel)*. 2022;12(15):1884. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani12151884>
6. Erimbetov K. T., Obvintseva O. V., Mikhaylov V. V. Metabolic and physiological functions of lysine and its derivatives in monogastric animals: a review. *Problemi biologii produktivnikh zhivotnikh* = *Problems of Productive Animal Biology*. 2022;(4):31–48. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2022.4.31-48>
7. Maynard C. W., Liu S. Y., Lee J. T., Caldas J., Dirhl E. J. J., Rochell S. L., Kidd M. T. Determining the 4th limiting amino acid in low crude protein diets for male and female Cobb MV × 500 broilers. *British Poultry Science*. 2020;61(6):695–702. DOI: <https://doi.org/10.1080/00071668.2020.1782348>
8. Vetvitskaya A. "The search for balance": the use of feed amino acids in animal husbandry. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2020;(9(166)):75–81. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44589189>
9. Leshchukov K. A., Masalov V. N., Katalnikova M. A. The effect of feeding a feed additive with protected amino acids and a hepatoprotector on cow productivity and milk quality. *Vestnik agrarnoy nauki* = *Bulletin of Agrarian Science*. 2023;(3(102)):27–35. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2023.3.27>
10. Kolmakov V. I., Kolmakova A. A. Amino acids in prospective feeds for fish aquaculture: a review of experimental data. *Zhurnal Sibirskogo federalnogo universiteta. Biologiya* = *Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2020;13(4):424–442. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17516/1997-1389-0332>
11. Sedikh V. A., Suglovov A. E. Ensuring food security on the basis of lysine and other amino acids import-substituting production development using the fermentation method. *Russian Journal of Management*. 2024;12(1):28–36. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.29039/2409-6024-2024-12-1-28-36>
12. Chrystal P. V., Moss A. F., Khoddami A., Naranjo V. D., Selle P. H., Liu S. Y. Impacts of reduced-crude protein diets on key parameters in male broiler chickens offered maize-based diets. *Poultry Science*. 2020;99(1):505–516. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pez573>
13. Glotova I. A., Shakhov S. V., Molokanova L. V., Pugacheva I. N., Kutsova A. E. Approaches to ensuring ecological efficiency of feed methionine production. *Tekhnologii i tovarovedeniye sel'skokhozyaystvennoy produkcii*. 2022;1(18):20–30. (In Russ.). DOI: [https://doi.org/10.53914/issn2311-6780\\_2022?1\\_20](https://doi.org/10.53914/issn2311-6780_2022?1_20)
14. Zimina M. I., Noskova S. Yu., Ulrikh E. V., Afanasyeva K. S., Fedotovskikh N. S., Kriger O. V. Peculiarities of obtaining fodder amino acids when culturing corynebacterium on soybean melasse. *Vestnik Baltiyskogo federalnogo universiteta im. I. Kanta. Seriya: Yestestvenniye i meditsinskiye nauki* = *IKBFU's Vestnik. Series: Natural and Medical Sciences*. 2022;(3):68–92. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.5922/gikbfu-2022-3-5>
15. Janocha A., Milczarek A., Pietrusiak D., Laski K., Saleh M. Efficiency of Soybean Products in Broiler Chicken Nutrition. *Animals*. 2022;12(3):294. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani12030294>
16. Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Krotova O. E., Komarova Z. B., Chernyak A. A. Feed bioconversion and quality of pig meat under the influence of synthetic amino acids. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vissheye professionalnoye obrazovaniye* = *Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education*. 2020;(1(57)):239–248. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-01-24>
17. Ivanova I. E., Punegova V. V., Kovaleva O. V. Evaluation of the composition and nutritional value of the feed mixture based on slaughterhouse waste. *Mir innovatsy* = *World of innovation*. 2022;(4(23)):36–40. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=65448593>
18. Beia S. I., Bran M., Petrescu I., Beia V. E., Dinu M. Food fraud incidents: findings from the latest rapid alert system for food and feed (rasff) Report. *Scientific Papers. Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2020;20(2):45–52. URL: [https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.20\\_2/Art5.pdf](https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.20_2/Art5.pdf)
19. Shtenina D. V. Meaning of feeds and its components at fish farming. *Vestnik nauki i obrazovaniya*. 2022;(1-2(121)):31–33. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48000496>
20. Alifanov S. V., Esaulova L. A. The effectiveness of feeding red-mottled cows of different lines in ZAO "Yudanovsky expanses" of the Bobrovsky district of the Voronezh region. *Tekhnologii i tovarovedeniye sel'skokhozyaystvennoy produkcii*. 2023;(2(21)):22–35. (In Russ.). DOI: [https://doi.org/10.53914/issn2311-6780\\_2023\\_2\\_22](https://doi.org/10.53914/issn2311-6780_2023_2_22)
21. Polubesova M. A., Zhuravleva A. Z., Ryabukhin D. S. Insects as an alternative substitute for protein sources in a diet of broiler chickens. *Vse o myase*. 2023;(3):58–63. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2023-3-58-63>

22. Fomenko P. A., Bogatireva E. V. Reasons for raw protein falsification in feeds and methods of its detection. *Molochnokhozyaystvennyy vestnik*. 2022;(1(45)):143–154. (In Russ.).

DOI: [https://doi.org/10.52231/2225-4269\\_2021\\_3\\_143](https://doi.org/10.52231/2225-4269_2021_3_143)

23. Kapitonova E. A., Yanchenko V. V. Amino acid composition determination of the regulatory complex "Baipas" by capillary electrophoresis method. *Vestnik APK Verkhnevolzhya* = Bulletin of the AIC of the Upper Volga. 2021;(1(53)):52–56. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35694/YARCX.2021.53.1.009>

24. Buryakov N. P., Buryakova M. A., Shapovalov S. O., Kornilova E. V., Palamarchuk D. V., Zhuravlev A. E. et al. Application of near infrared spectroscopy for identification and quantitative determination of amino acids in their crystalline and salt forms in the preparation of animal feed. *Agrarian Science*. 2023;(12):90–94.

DOI: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-90-94>

25. Timakova R. T., Ilyukhina Yu. V., Startsev V. G. Evaluation of the balance of amino acid composition of dry mare's milk protein. *Pishchevaya promishlennost'* = Food Industry. 2023;(8):16–21. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.8.8.003>

26. Ryadchikov V. G., Vorokov V. Kh., Shlyakhova O. G., Dmitriyenko S. N. Determination of the amino acid profile of feed used at milk farms in the Krasnodar region. *Politematichesky setevoj elektronny nauchny zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2020;163:192–212. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21515/1990-4665-163-016>

**Вклад авторов:** Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

#### *Сведения об авторах*

✉ **Тимакова Роза Темерьяновна**, доктор техн. наук, доцент, профессор кафедры биотехнологии и инжиниринга, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», ул. 8 Марта/Народной воли, 62/45, г. Екатеринбург, Российская Федерация, 620144, e-mail: [usue@usue.ru](mailto:usue@usue.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4777-1465>, e-mail: [trt64@mail.ru](mailto:trt64@mail.ru)

**Ефремова Саня Юнусовна**, доктор биол. наук, профессор, профессор кафедры «Биотехнология и техно-сферная безопасность», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11, г. Пенза, Российская Федерация, 440039, e-mail: [politeh@pnzgu.ru](mailto:politeh@pnzgu.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9520-4094>

**Author contributions:** All authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

#### *Information about the authors*

✉ **Roza T. Timakova**, DSc in Engineering, associate professor, professor at the Department of Biotechnology and Engineering, Ural State University of Economics, 62/45, 8 Marta/Narodnoy Voli str., Yekaterinburg, Russian Federation, 620144, e-mail: [usue@usue.ru](mailto:usue@usue.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4777-1465>, e-mail: [trt64@mail.ru](mailto:trt64@mail.ru)

**Sania Yu. Efremova**, DSc in Biology, professor, professor at the Department of Biotechnology and Technosphere Safety, Penza State Technological University, 1a/11, Baidukov proyezd / Gagarin str., Penza, Russian Federation, 440039, e-mail: [politeh@pnzgu.ru](mailto:politeh@pnzgu.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9520-4094>

✉ – Для контактов / Corresponding author