

УДК 637.344

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОРМОВОГО РАЦИОНА И ВЛИЯНИЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ НА ПЕРЕВАРИВАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

Кузиев М.С., Эргашев Д.У.

*Самаркандский государственный университет имени Шароф Рашидова,
Самарканд, e-mail: d4090393@gmail.com*

В данной научной статье исследуется химический состав кормового рациона и влияние молочной сыворотки на усвоение питательных веществ. Молочная сыворотка – вторичный продукт молочной промышленности, содержащий белки, аминокислоты, лактозу, минеральные вещества и витамины, обладающие высокой биологической ценностью. Эти компоненты оказывают непосредственное влияние на эффективное переваривание и всасывание питательных веществ в организме животного, а также на активизацию процессов обмена веществ и энергии. Цель исследования – изучить химический состав кормового рациона и влияние молочной сыворотки на переваривание питательных веществ. В исследовании бройлерным курам породы Росс-308 давали рационы с добавлением 13% молочной сыворотки и формировали экспериментальные группы. На их основе, в результате обогащения химического состава корма, было определено количество общего сухого вещества, сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки, безазотистых экстрактивных веществ и сырой золы в кормовом рационе и изучена степень их усвояемости. Результаты показали, что кормовой рацион с добавлением молочной сыворотки повышает активность пищеварительных ферментов у животных и значительно улучшает всасывание питательных веществ. Это привело к улучшению темпов роста, показателей продуктивности и общего физиологического состояния. Также научно обосновано значение молочной сыворотки как экологически безопасного, недорогого и легкоусвояемого кормового компонента. Результаты исследования демонстрируют возможности широкого использования молочной сыворотки при составлении качественных и эффективных кормовых рационов в птицеводстве, улучшении здоровья и повышении продуктивности животных.

Ключевые слова: куры-бройлеры, рацион корма, химический состав корма, сухое вещество, сырой протеин, сырой жир, сырая клетчатка, сырая зола, безазотистые экстрактивные вещества, сыворотка, переваримость

CHEMICAL COMPOSITION OF THE FEED RATION AND THE EFFECT OF WHEY ON THE DIGESTION OF NUTRIENTS

Kuziyev M.S., Ergashev D.U.

*Samarkand State University named after Sharof Rashidov,
Samarkand, e-mail: d4090393@gmail.com*

This scientific article examines the chemical composition of the feed ration and the effect of whey on nutrient absorption. Whey is a secondary product of the dairy industry containing proteins, amino acids, lactose, minerals and vitamins with high biological value. These components have a direct impact on the effective digestion and absorption of nutrients in the animal's body, as well as on the activation of metabolic and energy processes. The aim of the study was to study the chemical composition of the feed ration and the effect of whey on the digestion of nutrients. In the study, broiler breeds of the Ross-308 breed were given a diet with the addition of 13% whey and experimental groups were formed. Based on them, as a result of enriching the chemical composition of feed, the amount of total dry matter, crude protein, crude fat, crude fiber, nitrogen-free extractive substances, and crude ash in the feed ration was determined and the degree of their assimilation was studied. The results showed that a feed ration with the addition of milk whey increases the activity of digestive enzymes in animals and significantly improves the absorption of nutrients. This led to an improvement in growth rates, productivity indicators, and overall physiological condition. Also, the importance of whey as an environmentally safe, inexpensive, and easily digestible feed component has been scientifically substantiated. The research results demonstrate the possibilities of widespread use of milk whey in the preparation of high-quality and effective feed rations in poultry farming, improving the health and increasing the productivity of animals.

Keywords: broiler chickens, feed ration, feed chemical composition, dry matter, crude protein, crude fat, crude fiber, crude ash, nitrogen-free extractive substances, whey, digestibility

Введение

Кормление животных кормами, содержащими в достаточном количестве легкоусвояемые организмом питательные вещества, в достаточной степени стимулирует их рост и развитие, поэтому обеспечение сбалансированными кормовыми рациона-

ми – одно из основных условий дальнейшего развития птицеводческой отрасли. Кормовые добавки, используемые в настоящее время для обогащения кормовых рационов, служат для балансировки комплексных кормов со всеми необходимыми питательными веществами, повышения их усвояемости,

а также снижения бактериальной загрязненности и токсичности в составе ингредиентов. Это, в свою очередь, повышает продуктивность и сохранность птицы [1; 2].

При кормлении птицы в качестве кормовых добавок широко используются такие биологически активные вещества, как витамины, аминокислоты, синтетические и природные гормоны, ферменты, микроэлементы. Однако вещества, выращенные в естественных условиях или синтезированные из природных источников, считаются все-сторонне удобными для использования в качестве пищевых добавок [3].

При выращивании кур-бройлеров основным технологическим процессом является обеспечение сбалансированными кормами с высокой пищевой ценностью в суточном режиме, то есть с возможностью потребления корма и воды в любое время [4; 5]. Большая часть кормов для птицы (пшеница, кукуруза, соя, ячмень) состоит из зерновых продуктов растений, которые относительно экономически дороги. Поэтому поиск и внедрение новых источников биологически активных и питательных веществ в птицеводстве остается актуальной задачей [6].

Питательные вещества, получаемые птицами и животными с пищей, воздействуют на организм как на единый комплекс. Сбалансированность этого комплекса по сухому веществу, энергии, белкам, жирам, углеводам, витаминам, минералам и другим биологически активным веществам является основным показателем, отвечающим потребностям организма. Однако при составлении сбалансированного кормового рациона необходимо учитывать и стоимость компонентов, так как это может привести к увеличению себестоимости продукции животного происхождения [7; 8].

Куриное мясо является самым широко используемым продуктом в мире в качестве природного источника белка для обеспечения населения качественными продуктами питания. На куриное мясо приходится более 89% мирового производства птицеводства [9]. Поэтому можно развивать птицеводство и укреплять кормовую базу, обогащать корма за счет кормовых добавок, повышать продуктивность и укреплять здоровье животных. Биотерапия – понятие, включающее в себя понятия «пробиотические продукты», «пребиотики» и «пробиотики», впервые было введено И.И. Мечниковым. Он обнаружил, что молочнокислые бактерии оказывают положительное воздействие на организм человека [10; 11].

В последнее время особое внимание уделяется использованию источников, ко-

торые широко применяются в качестве пищевых добавок, и отходов, выделяющихся при переработке сырья в пищевой промышленности, которые до недавнего времени практически не использовались [12; 13]. Исходя из вышеизложенного, формирование прочной кормовой базы в сфере птицеводства, поиск эффективных, потенциальных биологических кормовых добавок, разработка научных основ их использования в практике кормления птицы требуют детального изучения. Поэтому были проведены исследования по улучшению питательной ценности кормов путем обогащения их молочной сывороткой с целью повышения питательной ценности и усвояемости кормов для птицы.

Цель исследования – изучить влияние включения молочной сыворотки в рацион кур-бройлеров породы Росс-308 на химический состав кормов и показатели переваримости питательных веществ.

Материалы и методы исследования

Эксперименты по физиологическому балансу проводились в виварии Института биохимии Самаркандского государственного университета имени Шарофа Рашидова, а научно-производственные эксперименты – на птицефабрике ООО «Ургут сифат парранда». Для этих экспериментов были отобраны 2-дневные бройлеры породы Росс-308, аналогичные по всем морфофизиологическим показателям. Из полученных кур-бройлеров были сформированы контрольная и две экспериментальные группы. Создан специально сформированный кормовой рацион для периодов «Старт» (2-14-дневный), «Рост» (15-28-дневный) и «Финиш» (29-42-дневный) бройлерных кур, отличающихся ростом и развитием, а также физиологическими особенностями [14; 15].

Сухое вещество в сформированном кормовом рационе создано расчетным путем; зола – обжигом в муфельной печи марки LE 6/11/R7; сырой протеин (общий азот) – по методу Кьельдаля; сырой жир – по методу экстракции Сокслета; БЭВ – путем вычитания сырого протеина, сырого жира и сырой клетчатки из количества органических веществ, обменная энергия – по В.А. Попову и У. Аксельсону; переваримый протеин – путем подсчета выделенных с калом белков из количества сырого протеина в составе корма.

Результаты исследования и их обсуждение

Сформированный кормовой рацион был создан на основе местных продуктов,

составлялся исходя из потребностей периодов «Старт», «Рост» и «Финиш» и содержал в своем составе соответствующее количество питательных веществ. В состав сформированного кормового рациона в I опытной группе добавляли 13% от кормовой массы жидкую сыворотку, выделяющуюся при производстве сыра, а во II опытной группе добавляли сыворотку, выделяющуюся при производстве творога, 13% от кормовой массы, в качестве натуральной пищевой добавки.

Молочную сыворотку добавляли в кормовой рацион в качестве натуральной кормовой добавки в целях обогащения пищевых свойств, химического состава, повышения биологической ценности и показателей переваримости кормовых рационов, сформированных для животных опытной груп-

пы. В результате состав кормовых рационов, сформированных для периодов старта, роста и финиша бройлерных кур, был значительно обогащен (табл. 1).

В результате добавления сыворотки молока в сформированный для экспериментов кормовой рацион наблюдалось относительное обогащение химического состава корма, и, согласно приведенным данным, обменная энергия сформированного кормового рациона была обеспечена на уровне нормы, в стартовом периоде обменная энергия увеличилась на 2,69% в I опытном рационе и на 3,26% во II опытном рационе по сравнению с контролем, на 2,76% и 4,55% в период «Рост» и на 2,97% и 3,60% в период «Финиш». Эти данные показывают, что добавление сыворотки молока повысило энергетическую ценность корма.

Таблица 1

Изменение химического состава кормов, обогащенных молочной сывороткой, по сравнению с контрольной группой

Показатели	Экспериментальные группы	Различающиеся периоды роста и развития		
		Старт	Рост	Финиш
Обменная энергия, ккал/100 г	Контроль	331,74	318,45	301,35
	Эксперимент I	340,69	327,25	310,31
	Эксперимент II	342,56	332,93	312,21
Сухое вещество, г	Контроль	82,35	82,02	82,16
	Эксперимент I	83,62	83,19	83,26
	Эксперимент II	83,67	83,32	83,57
Сырой протеин, г	Контроль	22,21	21,30	20,18
	Эксперимент I	22,81	21,90	20,78
	Эксперимент II	22,93	21,95	20,80
Сырой жир, г	Контроль	3,57	3,42	3,52
	Эксперимент I	3,65	3,51	3,61
	Эксперимент II	3,63	3,48	3,58
Сырая клетчатка, г	Контроль	6,23	6,05	5,96
	Эксперимент I	6,11	5,93	5,85
	Эксперимент II	6,15	5,97	5,88
Безазотистые экстрактивные вещества, г	Контроль	56,75	57,92	59,43
	Эксперимент I	57,05	58,22	59,74
	Эксперимент II	57,21	58,39	59,92
Зола, г	Контроль	3,98	3,96	3,94
	Эксперимент I	4,07	4,04	4,02
	Эксперимент II	4,03	4,01	3,99
Переваримый белок, г	Контроль	18,69	17,78	16,68
	Эксперимент I	19,07	18,16	17,05
	Эксперимент II	19,04	18,13	17,02

Источник: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Количество сухого вещества в рационе корма также значительно увеличилось в экспериментальных группах по сравнению с контрольной группой, в частности в рационе I экспериментальной группы в период «Старт» по сравнению с контролем увеличилось на 1,54%, во II экспериментальной группе на 1,60%, в период «Рост» на 1,43% и 1,58%, а в период «Финиш» на 1,34% и 1,71% соответственно. Количество сырого протеина в рационе корма также значительно увеличилось в экспериментальных группах по сравнению с контрольной группой. В стартовом периоде в рационе I экспериментальной группы по сравнению с контролем увеличилось на 2,70%, во II экспериментальном рационе на 3,24%, в периоде «Рост» на 2,82% и 3,05%, а также в периоде «Финиш» на 2,97% и 3,07%.

Обогащение кормового рациона сывороткой молока привело к увеличению количества сырого жира в рационе по сравнению с контролем, согласно полученным результатам, в период «Старт» в I опытной группе по сравнению с контрольной группой увеличилось на 2,24%, во II опытной группе на 1,68%, в период «Рост» на 2,63% и 1,75%, а в период «Финиш» на 2,56% и 1,70%. Относительно высокое содержание жира в рационе корма второй опытной группы можно связать с относительно высоким содержанием жира в сыворотке молока и физико-химическими свойствами сыворотки молока.

Установлено, что количество трудноперевариваемой сырой клетчатки, как и других питательных веществ, не увеличивается, а, наоборот, уменьшается, согласно результатам, представленным в таблице 1, в рационе I опытной группы в период «Старта» количество безазотистых экстрактивных веществ увеличилось на 0,53% по сравнению с контрольной группой, во II опытном рационе на 0,81%, в периоде «Роста» на 0,52% и 0,81%, а в периоде «Финиша» на 0,52% и 0,82%.

Установлено, что количество золы в сформированном кормовом рационе в обеих экспериментальных группах было выше, чем в рационе контрольной группы. Содержание золы в корме во всех трех периодах роста и развития было выше в экспериментальных группах по сравнению с контрольной группой, содержание золы в рационе I экспериментальной группы увеличилось на 2,26% в период «Старт», на 1,25% во II экспериментальном рационе, на 2,02% и 1,26% в период «Рост» и на 2,03% и 1,27% в период «Финиш» по сравнению с рационом контрольной группы. Высокое содержание золы в рационе опытных групп по сравнению с контролем можно объяснить содержанием минеральных веществ в сыворотке

молока, добавляемой в качестве пищевой добавки. По данным А.Г. Храмцова (2011), при производстве сыра 12% минеральных веществ в молоке попадает в состав сыра, 73% – в сыворотку, а оставшиеся 5% теряются в процессе переработки, а при производстве творога 60% минеральных веществ попадает в сыворотку [12]. Данные, приведенные в таблице 1, также можно объяснить тем, что количество минеральных веществ в рационе I опытной группы, то есть в рационе, обогащенном молочной сывороткой, выделяемой при производстве сыра, больше, чем в рационе II группы опытных животных, что объясняется разницей в количестве минеральных веществ в сыворотке молока.

Установлено, что количество переваримого протеина в рационе корма также значительно выше в рационе опытных групп по сравнению с рационом контрольной группы, в частности в период «Старт» количество переваримого протеина в рационе I опыта увеличилось на 2,03%, во II опытном рационе на 1,87% по сравнению с контролем, в период «Рост» на 2,13% и 1,96% и в период «Финиш» на 2,21% и 2,03%. В полученных результатах относительно большое количество переваримого протеина в рационе I опытной группы по сравнению со II опытным рационом, что можно объяснить количественной разницей белковых веществ в сыворотке молока.

В целом установлено, что добавление в кормовой рацион, формируемый для кормления бройлеров, молочной сыворотки обогащает химический состав кормов, одновременно повышая пищевую ценность и пищевые свойства кормового рациона.

Использование молочной сыворотки в качестве натуральной кормовой добавки с целью повышения пищевой ценности, питательности, пищевых свойств и показателей переваримости питательных веществ кормов для птицы не только обогащает химический состав кормов, но и приводит к значительному увеличению показателей переваримости питательных веществ в составе кормового рациона. Молочная сыворотка, используемая в качестве пищевой добавки, может по-разному влиять на уровень усвояемости различных питательных веществ, в целом добавление молочной сыворотки в качестве пищевой добавки комплексно повышает уровень усвояемости питательных веществ (табл. 2).

В ходе эксперимента при добавлении сыворотки молока, выделяющейся в процессе производства творога и сыра, в кормовой рацион кур-бройлеров отмечены значительные положительные изменения в уровне усвояемости питательных веществ.

Таблица 2

Степень усвояемости питательных веществ
в составе кормового рациона кур-бройлеров, %

Показатель	Экспериментальные группы	Периоды, различающиеся по росту и развитию		
		Старт	Увеличение	Финиш
Общее сухое вещество	Контроль	71,85±0,85	72,92±1,12	72,15±1,25
	Эксперимент 1	73,35±1,12	75,42±0,76	74,66±1,08
	Эксперимент 2	73,08±0,78	75,01±1,24	74,18±1,12
Сырой протеин	Контроль	87,29±1,07	88,45±1,17	88,27±1,07
	Эксперимент 1	89,69±0,98	91,13±2,07	90,26±1,66
	Эксперимент 2	89,03±2,75	90,47±1,81	89,81±0,97
Сырой жир	Контроль	72,06±0,91	74,27±0,97	75,23±1,83
	Эксперимент 1	73,28±1,27	75,54±1,14	76,45±1,31
	Эксперимент 2	72,97±1,09	75,27±1,01	76,23±0,85
Сырая клетчатка	Контроль	13,96±0,75	14,68±0,13	15,25±0,69
	Эксперимент 1	14,28±0,68	15,03±0,78	15,62±0,81
	Эксперимент 2	14,14±0,45	14,94±0,69	15,51±0,97
Сырая зола	Контроль	4,34±0,12	4,68±0,78	4,97±0,25
	Эксперимент 1	4,46±0,46	4,82±0,16	5,11±0,37
	Эксперимент 2	4,43±0,31	4,77±0,41	5,06±0,22
БЭВ	Контроль	86,76±206	89,45±2,12	89,94±0,87
	Эксперимент 1	88,61±1,21	91,34±1,45	91,82±2,91
	Эксперимент 2	88,33±3,34	91,06±0,89	91,46±1,76

Источник: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Поскольку сыворотка молока богата белками, углеводами, витаминами, аминокислотами, минеральными веществами и другими биологически активными соединениями, которые повышают общую биологическую ценность корма, в эксперименте ожидалось, что добавление этого вещества в корм улучшит уровень усвоения питательных веществ бройлерами. Согласно результатам анализа, уровень переваримости общего сухого вещества в период «Старта» был на 2,08% выше в 1-й опытной группе, на 1,71% во 2-й опытной группе, на 3,43% в 1-й опытной группе, на 2,86% во 2-й опытной группе и на 3,48% в 1-й опытной группе и на 2,81% во 2-й опытной группе по сравнению с контрольной группой. Эти результаты показывают, что добавление сыворотки молока улучшило общее усвоение корма. Особенно высокие результаты наблюдались у экспериментальных животных, которые использовали сыворотку на основе сыра в качестве пищевой добавки. Это, в свою очередь, свидетельствует об активизации процесса усвоения всех компонентов корма.

Уровень переваримости сырого протеина в составе кормов также был выше в экспериментальных группах. Согласно

результатам, представленным в таблице 2, переваримость сырого протеина в период «Старта» была выше в 1-й экспериментальной группе на 2,74% по сравнению с контрольной группой, во 2-й экспериментальной группе на 1,99%, в период «Роста» 1-й эксперимент на 3,03%, 2-й эксперимент на 2,28% и в «Финише» 1-й эксперимент на 2,25%, а во 2-м эксперименте на 1,74% выше. Это показывает, что белки, аминокислоты и ферменты, содержащиеся в сыворотке молока, обладают высокой биологической активностью в организме птицы. Эти компоненты ускоряют белковый обмен у кур и способствуют более полному усвоению азотистых веществ в корме.

Уровень переваримости сырого жира в экспериментальных группах также был значительно выше, чем в контрольной группе. В стартовом периоде степень переваримости сырого жира в 1-й опытной группе была лучше на 1,69%, во 2-й опытной группе на 1,26%, в период роста в 1-м опыте на 1,71%, во 2-м опыте на 1,35% и в финише в 1-м опыте на 1,62%, во 2-м опыте на 1,74% по сравнению с контролем. Это свидетельствует о положительном влиянии биоэмульгаторов, то есть природных ве-

ществ, расщепляющих жир, содержащихся в сыворотке молока, на переваривание сырого жира. Уровень переваримости сырой клетчатки также увеличился в экспериментальных группах, а уровень переваримости сырой клетчатки в рационе кормов по сравнению с контрольной группой в 1-й экспериментальной группе был выше в среднем на 2,36% и во 2-й экспериментальной группе в среднем на 1,68%, что свидетельствует об усилении активности ферментов, расщепляющих клетчатку в кишечнике птицы.

Что касается переваримости сырой золы, то в экспериментальных группах она была стабильной и несколько высокой. Это означает, что минеральные вещества в рационе усваиваются более полно. При переваривании сырой золы, как и других питательных веществ, приведенных выше, результаты во 2-й опытной группе были значительно выше, чем в 1-й опытной группе, что можно объяснить составом и физико-химическими свойствами сыворотки.

Одним из наиболее примечательных показателей в эксперименте является переваримость БЭВ. Эти вещества содержат легкоусвояемые углеводы, сахара и крахмалы и являются основным источником энергии для птицы. Согласно полученным результатам, переваримость БЭВ в период «Старта» была лучше в 1-й опытной группе на 2,13%, во 2-м опыте на 1,81% по сравнению с контролем, в период «Роста» в 1-м опыте на 2,11%, во 2-м опыте на 1,80% и в «Финише» в 1-м опыте на 2,09%, во 2-м опыте на 1,694%. В группе, получавшей сыворотку из сыра, усвоение БЭВ было наиболее высоким, что обеспечивало быстрое переваривание этих веществ, повышало активность кишечника и, как следствие, обеспечивало полное энергообеспечение.

Заключение

В результате применения сыворотки молока в качестве натуральной кормовой добавки к кормам бройлеров относительно обогатился химический состав кормового рациона и повысилась его пищевая ценность, при этом наблюдалась эффективность выделяемой сыворотки молока, особенно при производстве сыра, и в то же время сыворотка молока повышает максимальную переваримость питательных веществ, улучшает темпы роста, продуктивность и общее состояние здоровья птицы, а также повышает экономическую эффективность. Эти результаты также расширяют возможности использования отходов молочной промышленности в качестве эффективной и экономичной кормовой добавки в животноводстве.

Список литературы

1. Nipuna W., Perera U., Velmurugu Ravindran. Role of feed additives in poultry nutrition: Historical, current and future perspectives // *Animal Feed Science and Technology*. 2025. Vol. 326. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2025.116371.
2. Ashur E.A., Abd El-Hack M.E., Alagavaniy M., Sve-lum A.A., Usmon A.O., Saadeddin I.M., Abdel-Hamid M., El-Sayed OS Husayn. Use of Whey Protein Concentrates in Broiler Diets // *Journal of Applied Poultry Research*. 2019. Vol. 28. Is. 4. P. 1078–1088. DOI: 10.3382/japr/pfz070.
3. Shariatmadari F., Forbes J.M. Performance of broiler chickens given whey in the food and/or drinking water // *British Poultry Science*. 2005. P. 498–505. Accepted 08. URL: <https://www.tandfonline.com/journals/cbps20> (дата обращения: 15.05.2025). DOI: 10.1080/00071660500190900.
4. Shariatmadari F. Feeding schedules for broiler chickens // *World's Poultry Science Journal*. 2009. Vol. 393–400. Sep. DOI: 10.1017/S0043933909000282.
5. Kolina J., Momot N., Kamlia I. On the issue of the effectiveness of feed additives // *BIO Web of Conferences*. 2024. Vol. 139. № 11011. DOI: 10.1051/bioconf/202413911011.
6. Roy B.C., Chowdhury S.D., Lutful Kabir S.M. Effects of feeding *Bacillus subtilis* to heat stressed broiler chickens with or without an antibiotic growth promoter // *Asian Journal of Medical and Biological Research*. 2015. № 1 (1). P. 80–88. DOI: 10.3329/ajmbr.v1i1.25502.
7. El-Katcha M.I., Soltan M.A., El-Kaney H.F., Karwarie E.R. Growth performance, blood parameters, immune response and carcass traits of broiler chicks fed on graded levels of wheat instead of corn without or with enzyme supplementation // *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*. 2014. Vol. 40. № 1. P. 95–111. DOI: 10.5455/ajvs.48232.
8. Fouad A.A., Rehab F.M. Effect of germination time on proximate analysis, bioactive compounds and antioxidant activity of lentil (*Lens culinaris* Medik.) sprouts // *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 2015. Vol. 3. No. 14. P. 233–46. DOI: 10.17306/J.AFS.2015.3.25.
9. Makala H. Impact of Selected Feed Additives in Broiler Nutrition on Breeding and the Meat Quality Features // *Advanced Studies in the 21st Century Animal Nutrition Submitted: 16 February 2021 Reviewed: 28 June 2021 Published: 16 August 2021*. DOI: 10.5772/intechopen.99099.
10. Elif P., Danila C., Sukru G., Merve T., Esra C. Iron Absorption: Factors, Limitations, and Improvement Methods // *ACS Omega*. 2022. № 7 (24) P. 20441–20456. DOI: 10.1021/acsomega.2c01833.
11. Gelberg H.B. Alimentary System and the Peritoneum, Omentum, Mesentery, and Peritoneal Cavity // *Pathologic Basis of Veterinary Disease*. 2017. P. 324–411. DOI: 10.1016/B978-0-323-35775-3.00007-2.
12. Gao J., Yang D., Sun Z., Niu J., Bao Y., Liu S., Tan Z., Hao L., Cheng Y., Liu S. Changes in Blood Metabolic Profiles Reveal the Dietary Deficiencies of Specific Nutrients and Physiological Status of Grazing Yaks during the Cold Season in Qinghai Province of China // *Metabolites*. 2022. Vol. 12(8). № 738. DOI: 10.3390/metabo12080738.
13. Zampiga M., Calini F., Sirri F. Importance of feed efficiency for sustainable intensification of chicken meat production: implications and role for amino acids, feed enzymes and organic trace minerals // *Worlds Poult*. 2021. Vol. 77. P. 639–659. DOI: 10.1080/00439339.2021.1959277.
14. Tsiouris V. et al. The Effect of Whey on Performance, Gut Health and Bone Traits in Broilers // *Foods*. 2020. Vol. 9. № 588. DOI: 10.3390/foods9050588.
15. Greenhalgh S. Dietary crude protein concentrations, feed grains, and whey protein interactively influence apparent digestibility coefficients of amino acids, protein, starch // *Poultry Science*. 2022. Vol. 101. № 102131. DOI: 10.1016/j.psj.2022.102131.