Научная статья

УДК 636.5.033

Оценка эффективности использования шелухи подсолнечника в кормлении цыплят-бройлеров кросса Росс-308

Татьяна Витальевна Казакова, Ольга Владимировна Маршинская, Святослав Валерьевич Лебедев, Ирина Андреевна Сивцова

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (ФНЦ БСТ РАН)

Аннотация: *Целью исследования было изучить влияние краткосрочного и пролонгированного введения в рацион шелухи подсолнечника на интенсивность роста, перевариваемость нутриентов и метаболический статус цыплят-бройлеров кросса Росс-308 (7-42 сутки жизни). Исследование проведено на 3 группах бройлеров по 35 голов: контроль (основной рацион – ОР), опытная группа I (ОР + 3% шелухи подсолнечника с 8 по 21 сутки выращивания) и опытная группа II (ОР + 3% шелухи подсолнечника с 8 по 35 сутки). Оценивали живую массу, потребление корма, коэффициенты перевариваемости питательных веществ, морфо-биохимические показатели и элементный статус крови на 42 сутки. Результаты подтвердили эффективность введения в рацион бройлеров шелухи подсолнечника как фактора морфофункциональной адаптации пищеварительной системы и эффективной модуляции метаболического статуса. Установлено, что в рационах стартового и ростового периодов она выступает в роли структурного модулятора, стимулирующего развитие желудочно-кишечного тракта и ферментативной системы, что обеспечивает повышение перевариваемости сухого вещества, сырых протеина, жира и золы. Установлено регулирующее влияние клетчатки на липидный обмен, проявившееся в снижении уровня холестерина и триглицеридов в крови. Анализ элементного профиля крови выявил изменения в минеральном гомеостазе при пролонгированном введении шелухи: повышение концентраций Mn и Cr при снижении концентраций Fe, K, Zn, Cu и Co. Сделано заключение, что включение 3% шелухи подсолнечника в рацион бройлеров с 8 до 21 суток выращивания является оптимальным приемом, позволяющим эффективно использовать потенциал клетчатки для стимуляции переваримости питательных веществ и коррекции липидного профиля без риска развития критического дисбаланса микроэлементов. Максимальное улучшение изученных показателей было обнаружено в группе, получавшей одновременно обе добавки.*

Ключевые слова: *цыплята-бройлеры, подсолнечная шелуха, клетчатка, переваримость питательных веществ, липидный обмен, элементный статус, антагонизм марганца и железа.*

Для цитирования: *Казакова, Т.В. Оценка эффективности использования шелухи подсолнечника в кормлении цыплят-бройлеров кросса Росс-308 / Т.В. Казакова, О.В. Маршинская, С.В. Лебедев, И.А. Сивцова // Птицеводство. – 2026. – №6. – С. 10-15.*

doi: 10.33845/0033-3239-2026-75-6-10-15

Введение. Пищевые волокна оказывают существенное влияние на потребление корма и переваримость нутриентов у птицы, при этом выраженность эффекта в значительной степени определяется типом клетчатки и уровнем ее введения в рацион [1,2]. В частности, включение умеренного количества нерастворимых волокон способствует увеличению времени экспозиции химуса в верхних отделах желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), стимулируя морфофункциональное развитие мышечного желудка и других органов пищеварения у сельскохозяйственных птиц [3]. Кроме того, пищевые волокна активируют секрецию соляной кислоты и желчных кислот, а также повышают активность амилазы, что в совокупности ведет к более эффективному использованию питательных веществ [4,5].

В качестве перспективного источника пищевых волокон особого внимания заслуживает шелуха подсолнечная (лузга), представляющая собой побочный продукт переработки масличных культур, широко доступный в регионах с развитым агропромышленным сектором, в частности, в Оренбургской области [6]. Выбор данного компонента обусловлен его уникальным физико-химическим профилем. Согласно литературным данным, в составе шелухи подсолнечника входят углеводные компоненты (31-51% целлюлозы, 13-28% гемицеллюлоз, 20% лигнина, ксилоза, фурфурол), 4-6% протеинов и аминокислот, а также 5% липидов, представленных длинноцепочечными жирными кислотами (КЦЖК). Кроме того, в данном сырье содержатся жирные и терпеновые спирты, стеролы, фенольные кислоты и флавоноиды (в частности, антоцианы) [7].

В связи с этим целью исследования было изучить влияние краткосрочного и пролонгированного введения в рацион шелухи подсолнечника на интенсивность роста, перевариваемость нутриентов и метаболический статус цыплят-бройлеров кросса Росс-308.

Материал и методика исследований. Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (1987 г.; Приказ Минздрава СССР No 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Для эксперимента было отобрано 105 здоровых 7-дневных цыплят-бройлеров кросса Росс-308 без разделения по полу (ЗАО «Птицефабрика Оренбургская»). По принципу пар-аналогов было сформировано три группы цыплят по

35 голов в каждой. Контрольная группа получало основной рацион (ОР), сбалансированный по всем питательным веществам соответственно возрастным периодам с учетом рекомендаций ВНИТИП [8]. Птица опытных групп получала основной рацион, в состав которого вводили шелуху подсолнечника (в нативном виде) в количестве 3% от массы корма по следующей схеме: I опытная группа – в период с 8 по 21 сутки выращивания, II опытная группа – с 8 по 35 сутки. В последующий период выращивания обе группы переводились на ОР без исследуемого компонента.

Кормосмеси готовили методом весового дозирования. Смешивание проводили в течение 30 мин при ступенчатом вводе исследуемого источника клетчатки. Условия содержания контрольной и опытных групп были идентичными и соответствовали зоотехническим нормам. Температурный режим точно контролировался в диапазоне 15-25^{0}С (погрешность <1^{0}С) с помощью регулятора температуры в помещении RTR-B. Режим освещения – 12С:12Т. Доступ к воде и корму – свободный. Схема эксперимента представлена в табл. 1.

В ходе проведения исследования оценивались зоотехнические показатели, включающие контроль за динамикой роста цыплят-бройлеров всех изучаемых групп путем еженедельного индивидуального взвешивания перед кормлением; оценку потребления кормов путем учета количества заданного корма и его остатка (ежедневно); учет затрат корма на 1 кг прироста живой массы; оценку переваримости и баланса питательных веществ кормосмесей путем проведения балансовых опытов.

На 42-е сутки выращивания у бройлеров проводился отбор периферической крови из подкрыльцовой вены с использованием пробирок с ингибитором свертывания крови (ЭДТА) VACUETTE и пробирок с активатором свертывания крови и гелем VACUETTE (Greiner Bio-One International AG, Австрия) для оценки морфофункционального состояния птиц, включая проведение морфологического и биохимического анализа крови, а также оценку элементного статуса птиц.

Анализ морфологических показателей крови (лейкоциты, эозинофилы, лимфоциты, базофилы, моноциты, эритроциты, гемоглобин) осуществлялся с помощью анализатора URIT-2900 VetPlus (Китай). Оценка биохимических показателей крови (глюкоза, общий белок, холестерин, триглицериды, аланинаминотрансфераза и аспартатаминотрансфераза) проводилась с использованием коммерческих реагентов и в соответствии с надлежащей лабораторной практикой на анализаторе CS-T240 (Китай).

Определение содержания элементов в образцах сыворотки крови проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой с использованием масс-спектрометра NexION 300D (Perkin Elmer Inc., Шелтон, США). Исследования выполнены в ЦКП БСТ РАН (http://цкп-бст.рф).

Обработку полученных данных проводили методами вариационной статистики с использованием программ «Excel» (Microsoft) и «Statistica 10.0» («StatSoft, Inc.»). Проверку соответствия полученных данных нормальному закону распределения осуществляли при помощи критерия Шапиро-Уилка. Учитывая, что для ряда изучаемых показателей гипотеза о нормальности распределения была отклонена, а также принимая во внимание гетерогенность дисперсий в группах, для обеспечения унификации и достоверности анализа весь массив данных был обработан с применением методов непараметрической статистики. Межгрупповые различия оценивали с помощью Н-критерия

Таблица 1. Схема опыта (n=35)

Группа	Условия
Контрольная группа	ОР
Опытная группа I	ОР с добавлением 3% шелухи подсолнечника (в нативном виде) с 8 по 21 сутки выращивания; ОР с 22 по 42 сутки
Опытная группа II	ОР с добавлением 3% шелухи подсолнечника (в нативном виде) с 8 по 35 сутки выращивания; ОР с 36 по 42 сутки

Краскела-Уоллиса. Для последующих попарных сравнений использовали U-критерий Манна-Уитни с применением поправки Бонферрони для минимизации вероятности ошибки первого рода при множественных сравнениях. Результаты представлены в виде Me (Q_{25}-Q_{75}), где Me – медиана; Q_{25} и Q_{75} – 25-й и 75-й квартили.

Результаты исследований и их обсуждение. В ходе эксперимента во всех группах не было зарегистрировано падежа цыплят, т.е. сохранность поголовья составила 100% во всех исследуемых группах. Все птицы были клинически здоровы, хорошо потребляли корм и воду.

Живая масса бройлеров во всех группах демонстрировала положительную динамику роста, соответствующую стандартным характеристикам и генетическому потенциалу кросса Росс-308 (табл. 2). Установлено, что включение в рацион подсолнечной шелухи способствовало достижению целевых показателей продуктивности бройлеров. При этом если в группе I живая масса в 42 сут. и ее прирост за период 7-42 сут. были близкими к контролю, то при пролонгированном скармливании шелухи в группе II эти показатели превышали контрольные на 3,31 и 3,00% соответственно. Полученные результаты подтверждают эффективность использования данного компонента для поддержания высокой интенсивности роста и полной реализации генетического потенциала кросса.

Учитывая, что затраты на корма составляют основную часть себестоимости продукции птицеводства, был проведен ежедневный мониторинг потребления корма в течение всего периода выращивания (табл. 3). За период эксперимента (7-42 сутки) потребление корма было минимальным в контрольной группе, а в опытных группах I и II оно увеличивалось по мере увеличения продолжительности скармливания шелухи и было выше, чем в контроле, на 6,69 и 7,13% соответственно. Выявленные различия в потреблении корма могут быть обоснованы физиологически эффектом клетчатки: являясь неперевариваемым компонентом рациона, она снижает общую энергетическую ценность корма. В результате для удовлетворения метаболических потребностей в энергии птицы вынуждены увеличивать объем потребляемого корма, компенсируя, тем самым, более низкую энергетическую ценность рациона [9].

Следующим этапом работы явилось проведение физиологического балансового опыта. Анализ данных с использованием критерия Краскелла-Уоллиса показал наличие статистически значимой разницы между группами по показателям переваримости основных питательных веществ (табл. 4). Однако последующий апостериорный анализ с поправкой на множественные сравнения не выявил статистически значимых различий между отдельными парами групп.

Тем не менее, в опытной группе I установлена стойкая тенденция к увеличению переваримости сухого и органического вещества, сырых протеина, жира и золы на фоне незначительного снижения переваримости сырой клетчатки. Аналогичные изменения показателей

Таблица 2. Динамика роста цыплят-бройлеров

Дни наблюдений	Контрольная группа	Опытная группа I	Опытная группа II	Критерий Краскела-Уоллиса (p)
		Живая масса, г		
7	209,0 (200,0 - 222,0)	206,0 (198,0 - 223,0)	208,0 (192,0 - 217,0)	1,0
14	486,0 (467,0 - 503,0)	506,0 (460,0 - 525,0)	484,0 (469,0 - 509,0)	0,852
21	954,0 (911,0 - 999,0)	959,0 (925,0 - 997,0)	961,0 (884,0 - 1 019,0)	0,133
28	1539,5 (1423,0 - 1580,0)	1587,5 (1406,5 - 1636,0)	1530,0 (1433,0 - 1670,0)	0,947
35	2429,0 (2256,0 - 2564,0)	2324,5 (2149,0 - 2512,5)	2456,0 (2384,0 - 2509,0)	0,902
42	2838,0 (2638,0 - 3000,0)	2803,0 (2662,0 - 3079,0)	2932,0 (2850,0 - 3062,0)	0,95
Среднесуточный прирост живой массы, г/сут.				
7-42	66,67 (60,66 - 71,17)	65,80 (61,43 - 73,61)	68,70 (67,2 - 73,23)	0,93

Примечание: межгрупповые различия оценивали по Н-критерию Краскела-Уоллиса; попарные сравнения выполнены по U-критерию Манна-Уитни с применением поправки Бонферрони на множественность сравнений.

Таблица 3. Потребление кормов цыплятами-бройлерами

Группа	Фактическое потребление корма за период выращивания, г/гол.			Затраты корма на 1 кг прироста, кг
	7-21 сут.	22-42 сут.	7-42 сут.	7-42 сут.
Контрольная	939,7	2611,9	3551,6	1,35
Опытная I	943,0	2862,08	3789,2	1,39
Опытная II	938,4	2850,7	3805,0	1,45

Таблица 4. Коэффициенты переваримости питательных веществ рациона цыплятами-бройлерами, %

Питательные вещества	Контрольная группа	Опытная группа I	Опытная группа II	Критерий Краскела-Уоллиса (p)
Сухое вещество	79,58 (75,45 - 79,71)	86,38 (86,29 - 87,03)	84,62 (84,34 - 85,26)	0,00001
Органическое вещество	79,35 (75,17 - 79,49)	86,39 (86,3 - 87,04)	83,83 (83,53 - 84,5)	0,00001
Сырой протеин	77,41 (72,84 - 77,55)	85,82 (85,72 - 86,49)	84,63 (84,34 - 85,27)	0,00001
Сырой жир	82,78 (79,3 - 82,89)	88,3 (88,22 - 88,85)	84,54 (84,25 - 85,18)	0,00001
Сырая клетчатка	18,81 (17,46 - 19,15)	16,95 (15,75 - 17,39)	13,53 (12,86 - 15,05)	0,00001
Сырая зола	82,7 (79,2 - 82,82)	91,08 (91,02 - 91,51)	86,77 (86,52 - 87,32)	0,0001

Примечание: межгрупповые различия оценивали по Н-критерию Краскела-Уоллиса; попарные сравнения выполнены по U-критерию Манна-Уитни с применением поправки Бонферрони на множественность сравнений.

переваримости были выявлены и в опытной группе II. Однако более пролонгированное введение в рацион клетчатки (до 35 суток) нивелировало выраженность данного эффекта.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о морфофункциональной адаптации пищеварительной системы птицы в ответ на включение в рацион шелухи подсолнечника. Введение 3% шелухи в период выращивания с 8 по 21 сутки стимулировало развитие мышечного желудка и ферментативной системы, что в последующем обеспечило более качественную подготовку химуса к всасыванию и повышение усвоения всех питательных веществ. Следует отметить, что лигноцеллюлозный комплекс шелухи выступал в роли структурного модулятора, оказывая преимущественно механическое воздействие на моторику ЖКТ, оставаясь низкодоступным для симбионтной ферментации в дистальных отделах кишечника [10,11]. Аналогичный вектор метаболических изменений, выявленный в опытной группе II, характеризовался меньшей амплитудой выраженности, что указывает на частичное нивелирование адаптационного отклика вследствие пролонгированного (до 35 суток) введения в рацион балластных фракций.

Представленные данные клинического анализа крови птиц на 42 сутки развития наглядно продемонстрировали регулирующее влияние источников клетчатки на показатели липидного обмена (табл. 5). Отмечалось статистически значимое снижение уровня триглицеридов в обеих опытных группах при сравнении с контролем (ниже на 29% при $p \leq 0,01$), а также была установлена тенденция к снижению холестерина. Важным наблюдением явилась зависимость выраженности гиполипидемического эффекта от длительности введения в рацион пищевых волокон: в опытной группе II, с пролонгированным скармливанием источника клетчатки, установлено более выраженное снижение данных показателей.

Важно отметить, что данные изменения происходили в рамках референсных значений, что свидетельствует об улучшении метаболических процессов под влиянием источников клетчатки. Полученные результаты согласуют-

ся с современными представлениями о важной роли пищевых волокон в регуляции липидного обмена. Исследования отечественных и зарубежных ученых подтверждают, что различные источники клетчатки способны оптимизировать липидный профиль посредством регуляции экспрессии генов, участвующих в синтезе и метаболизме липидов, изменения состава и активности кишечной микробиоты, а также увеличения выработки КЦЖК [12,13].

Анализ морфологических показателей крови бройлеров на 42-е сутки развития не выявил статистически значимых различий между группами (табл. 6). Таким образом, введение в рацион шелухи подсолнечника не оказало существенного влияния на гематологический статус птиц.

Анализ элементного статуса бройлеров на 42-е сутки выращивания (табл. 7) установил статистически значимые различия между исследуемыми группами по уровню K (критерий Краскела-Уоллиса: H=29,19, p=0,0061), Cr (H=20,72, p=0,0468), Fe (H=19,19, p=0,0486) и Mn (H=21,19, p=0,046). Статистический анализ с использованием критерия Манна-Уитни и поправки на множественные сравнения выявил статистически значимые межгрупповые различия по содержанию Mn и Fe в крови птицы. Так, уровень Mn в опытных группах I и II был существенно больше значений контроля – на 146 и 186% соответственно (p≤0,01). Напротив, содержание Fe в опытных группах было статистически значимо меньше аналогичного показателя в контроле – на 27 и 35% (p≤0,01). Кроме того, установлена тенденция к снижению уровней K (на 8и 13%), Co (на 6 и 36%), Cu (на 7 и 15%) и Zn (на 8 и 17%) на фоне повышения содержания Cr (на 13 и 14%) относительно контрольных значений.

Выявленные изменения элементного статуса обусловлены спецификой химического состава шелухи подсолнечника, механизмами межэлементного антагонизма и длительностью введения данного источника клетчатки в рацион. Значительное увеличение содержания Mn и Cr обусловлено высоким естественным содержанием данных химических элементов в шелухе подсолнечника [6]. Установленное при этом статистически значимое снижение уровня Fe носило компенсаторный характер и было обусловлено конкуренцией ионов марганца и железа за общие транспортные системы, в частности, белок-транспортер двухвалентных металлов DMT-1 в энтероцитах кишечника [14]. Тенденция к снижению содержания Zn, Cu, Co и K связана с антипитательными свойствами грубых волокон лузги (лигнина) и фитиновых соединений, которые выступают в роли хелатирующих агентов, связывая двухвалентные катионы в нерастворимые комплексы и ограничивая их абсорбцию в системный кровоток [15].

Таблица 5. Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров на 42 сутки выращивания

Показатели	Контрольная группа	Опытная группа I	Опытная группа II	Критерий Краскела-Уоллиса (p)
Глюкоза, ммоль/л	13,4 (12,7 - 13,7)	12,6 (9,5 - 12,7)	12,5 (11,8 - 13,2)	0,0903
Общий белок, г/л	32,6 (31,7 - 33,2)	31,6 (31,0 - 33,0)	32,3 (31,5 - 34,3)	0,1955
АЛТ, ед./л	23,0 (19 - 24,3)	23,5 (22,3 - 24,7)	20,6 (18,6 - 26,4)	0,1685
АСТ, ед./л	150,2 (123,1 - 174,7)	126,5 (108,4 - 202,5)	194,5 (177,9 - 226,9)	0,298
Холестерин, ммоль/л	3,82 (3,1 - 3,88)	3,80 (3,71 - 3,81)	3,68 (3,35 - 3,73)	0,211
Триглицериды, ммоль/л	0,38 (0,37 - 0,4)	0,27** (0,2 - 0,28)	0,27** (0,24 - 0,32)	0,0474

Примечание: межгрупповые различия оценивали по H-критерию Краскела-Уоллиса; попарные сравнения выполнены по U-критерию Манна-Уитни с применением поправки Бонферрони на множественность сравнений**;** ** – p≤0,01 по сравнению с контролем

Таблица 6. Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров на 42 сутки выращивания

Показатели	Контрольная группа	Опытная группа I	Опытная группа II	Критерий Краскела-Уоллиса (p)
Лейкоциты, 109/л	32,9 (27,1 - 36,7)	37,3 (36,9 - 41,5)	32,6 (30,6 - 34,7)	0,1792
Лимфоциты, %	56,6 (45,1 - 58,2)	58,0 (47,0 - 65,3)	55,2 (43,1 - 57,3)	0,2981
Эозинофилы, %	5,9 (5,8 - 7,0)	8,4 (6,7 - 8,6)	6,4 (5,7 - 6,2)	0,5197
Базофилы, %	1,3 (1,1 - 1,5)	1,8 (1,7 - 2,8)	1,4 (1,1 - 1,7)	0,102
Моноциты, %	4,0 (3,9 - 5,0)	4,4 (4,2 - 5,5)	4,2 (4,1 - 5,2)	0,3592
Эритроциты, 1012/л	3,07 (2,83 - 3,21)	3,02 (2,98 - 3,09)	3,11 (2,07 - 3,14)	0,0919
Гемоглобин, г/л	116,0 (107,0 - 120,0)	115,0 (113,0 - 117,0)	120,0 (114,0 - 126,0)	0,2206

Примечание: межгрупповые различия оценивали по H-критерию Краскела-Уоллиса; попарные сравнения выполнены по U-критерию Манна-Уитни с применением поправки Бонферрони на множественность сравнений**;** ** – p≤0,01 по сравнению с контролем.

Заключение. Таким образом, комплексный анализ результатов исследования подтверждает эффективность введения в рацион бройлеров шелухи подсолнечника в нативном виде (3%) как фактора морфофункциональной адаптации пищеварительной системы и эффективной модуляции метаболического статуса. Установлено, что в рационе стартового и ростового периодов (I опытная группа) данный источник пищевых волокон выступает в роли структурного модулятора, который стимулирует развитие ЖКТ и ферментативной системы, и, как следствие, обеспечивает повышение перевариваемости сухого вещества, сырых протеина, жира и золы. Важной особенностью метаболического отклика стало выраженное регулирующее влияние клетчатки на липидный обмен, что проявилось в снижении уровня холестерина и триглицеридов при сохранении стабильного гематологического статуса птицы. Однако, на фоне этого, анализ элементного профиля выявил изменения в минеральном гомеостазе при пролонгированном введении шелухи подсолнечника (опытная группа II). Установленные изменения элементного статуса обусловлены спецификой химического состава шелухи подсолнечника (достаточно

Таблица 7. Уровень химических элементов в сыворотке крови цыплят-бройлеров на 42-е сутки выращивания, мкг/мл

Элементы	Контрольная группа	Опытная группа I	Опытная группа II	Критерий Краскела-Уоллиса (p)
Макроэлементы				
Ca	378,5 (338,6 - 398,7)	362,2 (315,9 - 373,2)	292,6 (232,3 - 316,6)	0,1469
Na	6551,1 (5486,1 - 6634,5)	6179,4 (6049,3 - 6407,4)	6028,4 (5831,7 - 6059,3)	0,1
K	438,5 (425,6 - 463,4)	402,1 (355,4 - 424,9)	380,0 (313,3 - 395,6)	0,0061
P	182,1 (180,0 - 226,7)	181,4 (158,5 - 187,0)	180,9 (165,0 - 189,4)	0,7497
Mg	41,5 (38,7 - 41,7)	40,4 (39,3 - 43,0)	40,9 (40,4 - 46,1)	0,4889
Жизненно необходимые микроэлементы				
Co	0,0234 (0,0226 - 0,0448)	0,0219 (0,0145 - 0,0365)	0,0149 (0,0113 - 0,023)	0,116
Cr	0,0078 (0,0077 - 0,01)	0,0088 (0,0084 - 0,0091)	0,0089 (0,0085 - 0,009)	0,0468
Cu	0,320 (0,24 - 0,326)	0,298 (0,259 - 0,312)	0,273 (0,267 - 0,275)	0,1191
Fe	6,32 (5,34 - 6,46)	4,63** (4,46 - 5,28)	4,09** (3,43 - 4,69)	0,0486
I	0,0434 (0,0432 - 0,0445)	0,0722 (0,0665 - 0,0729)	0,0689 (0,0656 - 0,0759)	0,0626
Se	0,283 (0,144 - 0,302)	0,200 (0,172 - 0,26)	0,236 (0,225 - 0,244)	0,5633
Zn	2,76 (1,85 - 2,83)	2,53 (2,37 - 2,74)	2,30 (2,22 - 2,78)	0,91
Mn	0,0271 (0,0239 - 0,0513)	0,0668** (0,0667 - 0,132)	0,0777** (0,0719 - 0,0995)	0,046

Примечание: межгрупповые различия оценивали по H-критерию Краскела-Уоллиса; попарные сравнения выполнены по U-критерию Манна-Уитни с применением поправки Бонферрони на множественность сравнений; ** – $p \leq 0,01$ по сравнению с контролем.

высокое содержание Mn и Cr), механизмами межэлементного антагонизма (конкуренция за общие транспортные системы), а также антипитательными свойствами лигнина и фитиновых соединений, которые, выступая в роли хелатирующих агентов, ограничивали абсорбцию Fe, а также K, Zn, Cu и Co.

Таким образом, включение 3% шелухи подсолнечника в рацион бройлеров с 8 до 21 суток выращивания является оптимальным приемом, позволяющим эффективно использовать потенциал клетчатки для стимуляции переваримости веществ и коррекции липидного профиля без риска развития критического дисбаланса эссенциальных микроэлементов. Следует отметить, что для нивелирования выявленного элементного дисбаланса целесообразно рассмотреть возможность дополнительного введения в состав рационов микроэлементов-антагонистов, в частности, железа, цинка, меди, что позволит минимизировать риски развития вторичных микроэлементозов в финальный период выращивания.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, проект № 25-16-00259.

Литература / References

1. Suyama, M.S. Dietary fiber in poultry nutrition: impacts on physiology, digestive metabolism and on productive performance / M.S. Suyama, C.E. Gewehr // Trop. Anim. Health Prod. - 2026. - V. 58. - No 2. - P. 160. doi: 10.1007/s11250-026-04970-6
2. Rybicka, A. Effect of dietary supplementation of two fiber sources differing on fermentability and hydration capacity on performance, nutrient digestibility and cecal fermentation in broilers from 1 to 42 d of age / A. Rybicka, P. Medel, M.D. Carro, J. García // Poult. Sci. - 2024. - V. 103. - No 9. - P. 103957. doi: 10.1016/j.psj.2024.103957
3. Kimiaeitalab, M.V. Effects of the inclusion of sunflower hulls in the diet on growth performance and digestive tract traits of broilers and pullets fed a broiler diet from zero to 21 d of age. A comparative study / M.V. Kimiaeitalab, L. Cámara, S. Mirzaie Goudarzi, E. Jiménez-Moreno, G.G. Mateos // Poult. Sci. - 2017. - V. 96. - No 3. - P. 581-592. doi: 10.3382/ps/pew263
4. Jha, R. Dietary fiber in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, performance, gut health, and on the environment: a review / R. Jha, P. Mishra // J. Anim. Sci. Biotechnol. - 2021. - V. 12. - No 1. - P. 51. doi: 10.1186/s40104-021-00576-0
5. Pourazadi, Z. Insoluble fibre and enzyme supplementation in mash or pellets diets on growth performance, apparent ileal digestibility and intestinal morphology of broiler chickens fed barley containing diets / Z. Pourazadi, S. Salari, M.R. Tabandeh, M.R. Abdollahi // J. Vet. Med. Sci. - 2024. - V. 10. - No 2. - P. e1399. doi: 10.1002/vms3.1399
6. Tsvetanova, F. Sunflower seed hulls and meal – a waste with diverse biotechnological benefits / F. Tsvetanova, G. Naydenova, S. Boyadzhieva // Biomass. - 2025. - V. 5. - No 3. - P. 47. doi: 10.3390/biomass5030047
7. Rodríguez, M. Microwave-assisted extraction of antioxidant compounds from sunflower hulls / M. Rodríguez, S.M. Nolasco, N.G. Izquierdo, R.H. Mascheroni, M. Sanchez Madrigal, D. Chávez Flores, A. Quintero Ramos // Heat Mass Transf. - 2019. - V. 55. - P. 3017-3027. doi: 10.1007/s00231-019-02648-4

8. Егоров, И.А. Руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы: метод. пособие / И.А. Егоров, В.А. Манукян, Т.Н. Ленкова [и др.]; под общ. ред. академиков РАН В.И. Фисинина, И.А. Егорова. - М.: Лика, 2019. - 215 с. [Egorov IA, Manukyan VA, Lenkova TN [et al.] (2019) Manual on Poultry Nutrition; Fisinin VI, Egorov IA (Eds.). Moscow, Lika Publ., 215 pp. (in Russ.)]
9. Taylor, J. What are the limits to feed intake of broilers on bulky feeds? / J. Taylor, P. Sakkas, I. Kyriazakis // Poult. Sci. - 2021. - V. 100. - No 3. - P. 100825. doi: 10.1016/j.psj.2020.11.008
10. Tejeda, O. Role of dietary fiber in poultry nutrition / O. Tejeda, W. Kim // Animals. - 2021. - V. 11. - No 2. - P. 461. doi: 10.3390/ani11020461
11. Jiménez-Moreno, E. Insoluble fiber sources in mash or pellets diets for young broilers. 2. Effects on gastrointestinal tract development and nutrient digestibility / E. Jiménez-Moreno, J.M. González-Alvarado, R.P. Lázaro, L. Cámara, G.G. Mateos // Poult. Sci. - 2019. - V. 98. - No 6. - P. 2531-2547. doi: 10.3382/ps/pey599
12. Hu, Y. Effects of different types of dietary fibers on lipid metabolism and bile acids in weaned piglets / Y. Hu, D. He, B. Yu, D. Chen // Animals. - 2023. - V. 13. - No 20. - P. 3266. doi: 10.3390/ani13203266
13. Rahmatnejad, E. Effect of dietary fibres on small intestine histomorphology and lipid metabolism in young broiler chickens / E. Rahmatnejad, A.A. Saki // J. Animal Physiol. Anim. Nutr. - 2016. - V. 100. - No 4. - P. 665-672. doi: 10.1111/jpn.12422
14. Fitsanakis, V.A. Manganese (Mn) and iron (Fe): interdependency of transport and regulation / V.A. Fitsanakis, N. Zhang, S. Garcia, M. Aschner // Neurotox. Res. - 2010. - V. 18. - No 2. - P. 124-131. doi: 10.1007/s12640-009-9130-1
15. Rock, N. The antagonistic influence of phytic acid on zinc absorption: an *in vitro* comparison of inorganic and chelated trace mineral sources / N. Rock, M. Clynes, K. Horgan, R. Murphy, F. O'Sullivan, J. Keenan // Nutrients. - 2025. - V. 18. - No 1. - P. 46. doi: 10.3390/nu18010046.

Сведения об авторах:

Казакова Т.В.: кандидат биологических наук, научный сотрудник лаб.прецизионных технологий в сельском хозяйстве; vaisvais13@mail.ru. **Маршинская О.В.:** кандидат биологических наук, научный сотрудник лаб. прецизионных технологий в сельском хозяйстве; m.olja2013@yandex.ru. **Лебедев С.В.:** доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаб. биологических испытаний и экспертиз; lsv74@list.ru. **Сивцова И.А.:** аспирант.

Статья поступила в редакцию 30.03.2026; одобрена после рецензирования 26.04.2026; принята к публикации 27.05.2026.

Research article

Efficacy of Supplementation of Diets for Ross 308 Broilers with Sunflower Hulls

Tatiana V. Kazakova, Olga V. Marshinskaya, Svyatoslav V. Lebedev, Irina A. Sivtsova

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of Russian Academy of Sciences

Abstract. *The purpose of the study was to investigate the effects of short-term and prolonged introduction of sunflower hulls (SH) into the diets for Ross-308 broilers (7-42 days of age, 35 birds per treatment) on growth intensity, nutrient digestibility, and metabolic status. Control treatment was fed basic diet without SH; diets for treatments 1 and 2 were supplemented with 30% of SH at 8-21 and 8-35 days, respectively. Live bodyweight, feed consumption, nutrient digestibility coefficients, morpho-biochemical blood parameters, and elemental status were assessed. The results confirmed the effectiveness of supplementation of diets with SH as a factor of morpho-functional adaptation of the digestive system and effective modulation of metabolic status. SH in diets for starter and grower phases act as a structural modulator stimulating the development of the gastrointestinal tract and endogenous enzymatic system resulting in the improvements of the digestibility of dietary dry matter, crude protein, fat and ash. A regulatory influence of SH fiber on lipid metabolism was established, resulted in the decreases in cholesterol and triglyceride concentrations in blood serum. Certain alterations in mineral profile of blood serum were found: increases in concentrations of Mn and Cr and decreases in Fe, K, Zn, Cu, and Co. The conclusion was made that introduction of 3% of SH into the diets for broilers at 8-21 days of age is a reasonable technique allowing for the effective use of fiber's potential to stimulate nutrient digestibility and correct the lipid profile without the risk of the emergence of a critical imbalance of trace elements.*

Keywords: *broiler chicks, sunflower hulls, fiber, digestibility of dietary nutrients, metabolism of lipids, elemental status of blood, antagonism between manganese and iron.*

For Citation: *Kazakova T.V., Marshinskaya O.V., Lebedev S.V., Sivtsova I.A. (2026) Efficacy of supplementation of diets for Ross 308 broilers with sunflower hulls. Ptitsevodstvo,* ***75****(6): 10-15. (in Russ.)*
doi: 10.33845/0033-3239-2026-75-6-10-15

(*For references see above*)

Authors:

Kazakova T.V.: Cand. of Biol. Sci., Research Officer, Lab. of Precision Technologies in Agriculture; vaisvais13@mail.ru. **Marshinskaya O.V.:** Cand. of Biol. Sci., Research Officer, Lab. of Precision Technologies in Agriculture; m.olja2013@yandex.ru. **Lebedev S.V.:** Dr. of Biol. Sci., Lead Research Officer, Lab. of Biological Analyses and Expertise; lsv74@list.ru. **Sivtsova I.A.:** Aspirant.

Submitted 30.03.2026; revised 26.04.2026; accepted 27.05.2026.

© **Казакова Т.В., Маршинская О.В., Лебедев С.В., Сивцова И.А., 2026**