

Лапотко. – Орёл: ООО «Наша молодёжь», ООО «Типография» Новое время», 2020. – 564 с.

2. T. A. Westhoff, S. Borchardt, S. Mann Invited review: Nutritional and management factors that influence colostrum production and composition in dairy cows. Journal of Dairy Science, Volume 107, Issue 7, 4109 – 4128.

3. C. M. Prom, M. A. Engstrom, and J. K. Drackley Effects of prepartum supplementation of β -carotene on colostrum and calves. Journal of Dairy Science, Volume 105, Issue 11, 8839 – 8849.

4. Ogilvie, L. et al. Effects of replacing inorganic salts of trace minerals with organic trace minerals in the diet of prepartum cows on quality of colostrum and immunity of newborn calves. Journal of Dairy Science, Volume 106, Issue 5, 3493 – 3508.

5. Lopez, A.J. et al. Effects of enriching IgG concentration in low- and medium-quality colostrum with colostrum replacer on IgG absorption in newborn Holstein calves. Journal of Dairy Science, Volume 106, Issue 5, 3680 – 3691.

УДК 636.52/.58 : 575 : 636.084.1

ТРАНСКРИПЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ГЕНОВ *SOD1* И *PRDX6* В ТКАНЯХ ПЕЧЕНИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ФЛАВОНОИДОВ

Орлов Андрей Алексеевич, студент, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Научный руководитель – Загарин Артем Юрьевич, ассистент, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. Изучено влияние скармливания экстракта зверобоя на экспрессию генов *SOD1* и *PRDX6* в тканях печени цыплят-бройлеров кросса «Смена 9». Установлено, что использование флавоноидов способствовало повышению активности гена *SOD1*, что указывает на их антиоксидантные свойства. Повышение устойчивости к окислительному стрессу подтверждается высокой сохранностью поголовья.

Ключевые слова: экспрессия генов, супероксиддисмутаза-1, *SOD1*, перексиредоксин-6, *PRDX6*, фитобиотики, флавоноиды, растительные экстракты, нутригеномика.

Введение. На протяжении длительного времени в птицеводстве активно применяли антибиотики в качестве стимуляторов роста и для контроля микробного сообщества желудочно-кишечного тракта. Это позволяло значительно повысить продуктивность и улучшить состояние здоровья птиц. Однако, нерациональное использование антибиотиков стало основной причиной возникновения и широкого распространения антибиотикорезистентности патогенных микроорганизмов. Это явление

стало серьезной проблемой, так как привело к потере эффективности антибактериальных добавок.

Следствием этого стало затруднение в профилактике и лечении инфекционных заболеваний у птиц. Помимо этого, остатки антибиотиков, сохраняющиеся в продукции птицеводства, привели к тому, что патогенные суржиковабактерии стали менее восприимчивыми к лечению у людей. В ответ на эти проблемы во многих странах мира, включая Россию, наблюдается тенденция к запрету или ограничению использования антибиотиков в питании сельскохозяйственных животных [2, 3].

Учитывая эти обстоятельства, возникла необходимость в разработке и использовании альтернативных методов для стабилизации кишечной микробиоты и стимуляции роста. Среди таких методов выделяются пробиотики, пребиотики и фитобиотики. Согласно одному из определений, фитобиотики – это растительные экстракты, обладающие антимикробной и фунгицидной активностью [3]. Кроме того, фитобиотики имеют и другие биологически активные свойства и, что особенно важно с экономической и экологической точки зрения, являются природными стимуляторами роста [5]. В настоящее время ведутся активные исследования и разработки в этой области, чтобы заменить антибиотики безопасными и эффективными альтернативами, способствующими здоровью и продуктивности сельскохозяйственных животных.

Современные виды животных и птиц обладают высоким генетическим потенциалом продуктивности, который нередко не удается реализовать из-за влияния различных стрессов [4]. Здоровье животных является ключевым элементом их благополучия и важным фактором, как для высокой продуктивности, так и для безопасности продукции для человека [9]. Окислительный стресс, вызванный дисбалансом между образованием и детоксикацией свободных радикалов в организме животных из-за кормовых, климатических, технологических и биологических стрессов, оказывает негативное влияние на их здоровье, рост и качество продукции [10]. Мясо кур более подвержено процессам перекисного окисления липидов по сравнению с говядиной и свининой из-за высокого содержания в нем полиненасыщенных жирных кислот и негемового железа (Fe^{3+} и Fe^{2+}).

Исходя из вышеизложенного, **целью** данной работы являлась оценка относительной экспрессии генов *SOD1* (супероксиддисмутаза-1) и *PRDX6* (пероксиредоксина-6), отвечающих за антиоксидантную защиту, у цыплят-бройлеров отечественной селекции при использовании в питании фитобиотиков, содержащих флавоноиды и сравнение полученных данных с фенотипическими значениями.

Материал и методика исследования. Для достижения цели, согласно методике ВНИТИП по исследованиям в области кормления сельскохозяйственной птицы [1], с марта по апрель 2024 года был проведен зоотехнический эксперимент в учебно-производственном птичнике РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на бройлерных цыплятах кросса «Смена 9» длительностью

35 дней. Используя метод сбалансированных групп-аналогов по живой массе и общему развитию, были сформированы 5 групп суточных цыплят. Группы включали как петушков, так и курочек, со случайным половым соотношением. В каждой группе было по 36 цыплят. Цыплят содержали в клетках. Технологические параметры содержания, а также питательность и химический состав комбикормов соответствовали актуальным рекомендациям для данного кросса.

Цыплятам контрольной группы скармливали полнорационные комбикорма с делением на три фазы: «Старт» с посадки до 10 суток, «Рост» – с 11 до 22 суток, «Финиш» – с 23 по 35 суток. Цыплятам опытной группы в состав кормов «Старт»/ «Рост» и «Финиш» вводили 350 и 430 г/т экстракта зверобоя продырявленного соответственно (22,6-31,4 г/т флавоноидов).

Схема проведения научного опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1

Схема проведения научного опыта

Группа	Поголовье, цыплят-бройлеров	Особенности кормления цыплят-бройлеров	Концентрация флавоноидов, г/т корма
1 контрольная	36	Основной рацион (ОР)	-
2 опытная	36	ПК + экстракт побегов зверобоя продырявленного (<i>Hypericum perforatum</i> L.) в количестве 350 г/т – «Старт», «Рост», 430 г/т – «Финиш»	25,55 – «Старт», «Рост», 31,39 – «Финиш»

Для анализа относительной экспрессии гена на 26-е сутки из каждой группы отобрали 4 цыпленка со средней живой массой для забора образцов печеночной ткани. Образцы фиксировали IntactRNA («Евроген», Россия) и хранили при -20 °С до лабораторных исследований. Анализ транскрипционной активности генов осуществлялся в лаборатории прикладной генетики ФГБНУ ФНЦ «ВНИТИП». Тотальную РНК выделяли с использованием RNA Solo («Евроген», Россия), предварительно гомогенизовав и лизировав ткани. Реакцию обратной транскрипции для получения кДНК проводили с помощью обратной транскриптазы Magnus («Евроген», Россия) и амплификатора GeneExplorer GE-96G. Качество выделенной РНК и кДНК проверяли флуориметром Fluo-200 (Allsheng) и набором QuDu ssDNA. Реакцию амплификации проводили на QuantStudio 5, используя β -актин ACTB как референсный ген и прибор 5X qPCRmix-HS SYBR («Евроген», Россия). Амплификация: 3 мин при 95 °С; 30 сек при 95 °С, 30 сек при 60 °С, 30 сек при 72 °С (40 циклов). Все манипуляции выполняли согласно инструкциям производителей. Праймеры, использованные для оценки экспрессии генов, приведены в таблице 2. Оценка экспрессии проводилась методом $2^{-\Delta\Delta Ct}$ [8].

Математическую обработку данных проводили в компьютерной программе IBM SPSS Statistics 23 с применением t-критерия Стьюдента для живой массы и значений ΔCt .

Таблица 2

Праймеры, использованные для оценки экспрессии генов SOD1 и PRDX6

Ген	Праймеры
<i>ACTB</i> (ген домашнего хозяйства)	F: CTGTGCCCATCTATGAAGGCTA R: ATTTCTCTCTCGGCTGTGGTG
<i>SOD1</i> (супероксиддисмутаза 1)	F: CGGGCCAGTAAAGGTTACTGGAA R: TGTTGTCTCCAAATTCATGCACATG
<i>PRDX6</i> (пероксиредоксин 6)	F: GCATCCGCTTCCACGACTTCCT R: CCGCTCATCCGGGTCCAACAT

Результаты и их обсуждение. Согласно результатам молекулярно-генетического анализа, экспрессия гена *SOD1* в тканях печени цыплят-бройлеров опытной группы была выше по сравнению с контролем, что указывает на антиоксидантные свойства флавоноидов (табл. 3).

Таблица 3

Экспрессия генов, связанных с антиоксидантной защитой, в тканях печени цыплят-бройлеров под влиянием экстракта зверобоя

Группа	Показатель	
	ΔCt	$2^{-\Delta\Delta Ct}$
<i>SOD1</i>		
1 контроль	3,07±0,400	1
2 опыт	1,28±0,190*	3,53±0,420
<i>PRDX6</i>		
1 контроль	6,85±0,637	1
2 опыт	7,07±0,827	1,56±1,079

* – разность в значениях ΔCt статистически достоверна по отношению к контрольной группе при $p \leq 0,01$

Эффект большей экспрессии гена в опытной группе обусловлен, вероятно, способностью флавоноидов к активации главного фермента, участвующего в механизмах антиокислительной защиты организма. Антиоксидантные свойства флавоноидов были выявлены в работе B. Fazeli-Nasab et al., посвященной оценке антиоксидантной и антимикробной активности при использовании в питании бройлеров экстрактов лекарственных растений, в том числе зверобоя [6]. Увеличение уровня экспрессии супероксиддисмутазы при скармливании флавоноидов было выявлено в работе Hu et al [7]. Экспрессия *PRDX6* в опытной группе не имела достоверной разницы с контрольной группой.

В таблице 4 представлены зоотехнические показатели выращивания цыплят-бройлеров.

В результате контрольного взвешивания цыплят-бройлеров в возрасте 35 суток в опытной группе было зафиксировано превосходство по средней живой массе в 5,1%, а также отмечена высокая сохранность поголовья, что, возможно, подтверждает повышение устойчивости цыплят к окислительному стрессу.

**Зоотехнические показатели выращивания цыплят-бройлеров
при включении в рацион экстракта зверобоя**

Показатель	Группа	
	1 контрольная	2 опытная
Количество цыплят в группе	36	36
Средняя живая масса 1 цыпленка, г: при посадке	42,1±0,50	41,7±0,49
в % к контролю	100,0	99,0
в 35 суток	2061,9±51,62	2167,3±55,63
в % к контролю	100,0	105,1
Сохранность поголовья, %	91,7	100,0
± абс.% к контролю	-	+8,3

Вывод. Таким образом, использование опытных фитобиотиков, содержащих флавоноиды, способствовало повышению транскрипционной активности гена *SOD1*, что расценивается как повышение устойчивости к окислительному стрессу и подтверждается высокой сохранностью и показателями роста поголовья.

Библиографический список

1. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы. Молекулярно-генетические методы определения микрофлоры кишечника / И. А. Егоров, В. А. Манукян, Т. Н. Ленкова [и др.]; Российская академия сельскохозяйственных наук, ГНУ Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства Россельхозакадемии. – Сергиев Посад: Весь Сергиев Посад, 2013. – 51 с.
2. Проблема устойчивости микроорганизмов в птицеводстве: обзор / А. В. Дубровин, Л. А. Ильина, Е. С. Пономарева [и др.] // Птицеводство. – 2023. – № 2. – С. 31-36.
3. Современные представления о микрофлоре кишечника птицы при различных рационах питания: молекулярно-генетические подходы / В. И. Фисинин, Г. Ю. Лаптев, И. А. Егоров [и др.]; Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства Российской академии наук; Общество с ограниченной ответственностью "БИОТРОФ+". – Сергиев Посад: Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 2017. – 263 с.
4. Фисинин В.И., Кавтрашвили А.Ш. Тепловой стресс у птицы. Сообщение I. Опасность, физиологические изменения в организме, признаки и проявления (обзор). – Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Т. 2, № 50. – С. 162-171. (doi: 10.15389/agrobiology.2015.2.162rus).
5. Фитобиотики в кормлении сельскохозяйственных животных / О. А. Багно, О. Н. Прохоров, С. А. Шевченко [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53, № 4. – С. 687-697.
6. Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Activity of Some Medicinal

Plant Extracts on Escherichia coli Isolated from Poultry Feces / B. Fazeli-Nasab, M. Valizadeh, M. Beigomi // JMPB. – 2022. – Vol. 11(2). – P. 265-275.

7. Polyphenols as Potential Attenuators of Heat Stress in Poultry Production / R. Hu, Y. He, M. Arowolo [et al.] // Antioxidants. – 2019. – Vol. 8 (3): 67. doi:10.3390/antiox8030067

8. Livak, K.J. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta CT}$ method / K.J. Livak, T.D. Schmittgen // Methods. – 2001. – Vol. 25(4). – P. 402-408.

9. Proudfoot, K. Social stress as a cause of diseases in farm animals: Current knowledge and future directions / K. Proudfoot, G. Habing // The Veterinary Journal. – 2015. – Vol. 206(1). – P. 15-21. (doi: 10.1016/j.tvjl.2015.05.024).

10. Antioxidant defence systems and oxidative stress in poultry biology: an update / P.F. Surai, I.I. Kochish, V.I. Fisinin, M.T. Kidd // Antioxidants. – 2019. – Vol. 8(7): E235. doi: 10.3390/antiox8070235

УДК 636.082

СИНДРОМ РАННЕЙ МЫШЕЧНОЙ СЛАБОСТИ – НОВАЯ МУТАЦИЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Подвальнова Дарья Сергеевна, студент, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Научный руководитель – Прохоров Иван Петрович, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. В современных популяциях голштинского и голштиinizированного скота сокращается генетическое разнообразие и распространяются мутации. Синдром ранней мышечной слабости был обнаружен в 2024 году. В данной статье рассматриваются возможные последствия распространения мутации.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, генетическая мутация, гаплотип, голштинская порода.

Мутация в гене SACSNA1S была описана Аль-Худхайром и др. в 2024 году, она связана с нарушением образования кальциевых каналов в скелетной мускулатуре, что приводит к блокировке передачи нервного импульса в волокна мышц и, соответственно, отсутствию сокращения волокон. Больные телята рождались в срок с нормальной мышечной массой без неврологических, инфекционных и метаболических отклонений, но в неонатальный период не могли встать самостоятельно. Как правило, такие телята не доживают до 6-недельного возраста. Предполагается, что наследование данной мутации аутосомное рецессивное, хотя исследования до сих пор ведутся.

На данный момент неизвестна степень распространения мутации среди популяций голштинского скота. Анализ генотипа 5,6 млн голштинских коров