

Влияние кориандра посевного и фенхеля обыкновенного на экспрессию генов, ассоциированных с иммунной системой у быков на откорме

К. С. Остренко¹✉, доктор биологических наук, доцент, заведующий лабораторией,

А. Н. Овчарова¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных – филиал «Федерального исследовательского центра животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»

Н. В. Невкрытая², кандидат биологических наук, заведующая отделом

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма

Р. В. Некрасов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, директор

¹Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных – филиал «Федерального исследовательского центра животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»

249013, Калужская область, г. Боровск

²Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма.

295043, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, д.150

✉ostrenkoks@gmail.com

Резюме. В статье представлены результаты комплексного исследования, направленного на оценку влияния фитобиотических кормовых добавок на основе плодов *Foeniculum vulgare* (фенхель обыкновенный) и *Coriandrum sativum* L. (кориандр посевной) на продуктивные показатели и молекулярно-генетические маркеры иммунного статуса у бычков в период откорма. Актуальность работы обусловлена поиском эффективных альтернатив кормовым антибиотикам, направленным на модуляцию иммунологической реактивности и повышение естественной резистентности сельскохозяйственных животных без ущерба для продуктивности. Эксперимент проведен на 40 телятах чёрно-пёстрой породы в период откорма с 7...12 месячного возраста, разделённых на 4 группы по 10 голов в каждой. Животным опытных групп в основной рацион дополнительно вводили смесь плодов кориандра посевного и фенхеля обыкновенного в различных пропорциях (70/30, 50/50, 30/70), что соответствует 1 мл смеси эфирных масле. В ходе научного эксперимента методом ПЦР в реальном времени проведен количественный анализ экспрессии ключевых генов, ассоциированных с воспалительным ответом и клеточным гомеостазом, в мононуклеарных клетках периферической крови. Применение фитокомплекса статистически значимо ингибировало транскрипционную активность генов провоспалительных цитокинов — интерлейкина-6 (IL-6) и интерлейкина-8 (IL-8), что свидетельствует о супрессии системного воспалительного фона. Одновременно с этим зафиксировано усиление экспрессии генов SIRT1 и SIRT3, кодирующих NAD⁺-зависимые деацетилазы сиртуины, играющие ключевую роль в регуляции клеточного антиоксидантного ответа, метаболизма и апоптоза. Полученные молекулярно-биологические данные свидетельствуют о многокомпонентном потенциале исследуемых фитогеников, реализующемся через противовоспалительный, иммуномодулирующий и антиоксидантный механизмы действия. Выявленные эффекты коррелировали с улучшением зоотехнических показателей, так валовый прирост в 3 опытной группе был выше на 48 % (p<0,05), среднесуточный прирост был выше в опытных группах на 11...50 % (p<0,05).

Ключевые слова: фитогеники, интерлейкины, сиртуины, бычки, фитобиотики, фенхель обыкновенный, кориандр посевной.

Для цитирования: Влияние кориандра посевного и фенхеля обыкновенного на экспрессию генов, ассоциированных с иммунной системой у быков на откорме / К. С. Остренко, А. Н. Овчарова, Н. В. Невкрытая, Р. В. Некрасов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. №1 (73). С. 135-141. doi:10.18286/1816-4501-2026-1-135-141

Effects of coriander and fennel on the expression of genes associated with the immune system in fattening bulls

Ostrenko K.S.¹, Ovcharova A. N.¹, N.V. Nevkrytaya², Nekrasov R. V.²

¹All-Russian Scientific Research Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of Animals is a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center of Animal Husbandry named after Academician L.K. Ernst

295043, Republic of Crimea, Simferopol, Kyiv St., 150

²249013, Kaluga region, Borovsk

Scientific Research Institute of Agriculture of Crimea

Abstract. This article presents the results of a comprehensive study aimed at evaluating the effects of phytobiotic feed additives based on the fruits of *Foeniculum vulgare* (fennel) and *Coriandrum sativum* L. (coriander) on productive performance and molecular-genetic markers of immune status in fattening bulls. The relevance of the work stems from the

search for effective alternatives to feed antibiotics, intended to modulate immunological reactivity and enhance natural resistance in farm animals without compromising productivity. The experiment was conducted on 40 Black-and-White breed calves during the fattening period from 7 to 12 months of age, divided into 4 groups of 10 animals each. Animals in the experimental groups were additionally fed a mixture of coriander and fennel fruits in various proportions (70/30, 50/50, 30/70) incorporated into the basal diet, corresponding to 1 mL of a mixture of essential oils. During the experiment, quantitative analysis of the expression of key genes associated with the inflammatory response and cellular homeostasis was performed in peripheral blood mononuclear cells using real-time PCR. It was established that the application of the phyto-complex statistically significantly inhibited the transcriptional activity of pro-inflammatory cytokine genes — interleukin-6 (IL-6) and interleukin-8 (IL-8) — indicating suppression of the systemic inflammatory background. Concurrently, enhanced expression of the SIRT1 and SIRT3 genes was recorded, which encode NAD⁺-dependent deacetylases (sirtuins) playing a crucial role in the regulation of cellular antioxidant response, metabolism, and apoptosis. The obtained molecular-biological data indicate the multicomponent potential of the studied phyto-genics, realized through anti-inflammatory, immunomodulatory, and antioxidant mechanisms of action. The observed effects correlated with improved zootechnical performance indicators: the total weight gain in the third experimental group was 48% higher ($p < 0.05$), and the average daily gain in the experimental groups was 11–50% higher ($p < 0.05$).

Keywords: phyto-genics, interleukins, sirtuins, gobies, phytobiotics, fennel, coriander seeds.

For citation: Effects of coriander and fennel on the expression of genes associated with the immune system in fattening bulls / K. S. Ostrenko, A. N. Ovcharova, N. V. Nevkrytaya, R. V. Nekrasov // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2026.1 (73): 135-141 doi:10.18286/1816-4501-2026-1-135-141

Работа выполнена при финансовой поддержке РФ (грант № 23-16-00052)

Введение

Нерациональное применение кормовых антибиотиков в современном животноводстве привело к формированию серьезной угрозы в виде повышенной антибиотикорезистентности патогенных микроорганизмов. Данные Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека указывают на тревожную тенденцию роста числа штаммов бактерий, устойчивых к антибактериальным средствам, в продуктах питания животного происхождения. Так, за период с 2018 по 2020 гг. наибольшая частота выделения резистентных микроорганизмов была зафиксирована именно в мясе птицы и соответствующих изделиях, составляя около половины всех случаев (50,0 %). Следующими по распространённости оказались готовые блюда и мясные изделия, в которых были обнаружены примерно четверть (26,2 %) и почти пятая часть (18,6 %) резистентных микробов соответственно.

Среди выявленных патогенов лидирующее положение занимают сальмонеллы, составляющие основную долю устойчивых организмов (62,5 %). Золотистые стафилококки составляют вторую по численности группу резистентных возбудителей (29,8 %), тогда как листерии находятся на третьем месте с долей 7,7 %. Такая ситуация вызывает беспокойство у специалистов здравоохранения и ветеринарии ввиду риска передачи резистентных бактерий человеку через пищевые цепи, что потенциально увеличивает вероятность возникновения трудно излечимых инфекций и осложнений у населения [1].

Актуальность поиска альтернативных средств стимуляции роста и поддержания здоровья сельскохозяйственных животных обусловлена глобальными вызовами, связанными с ограничением применения кормовых антибиотиков. Одним из высокоперспективных направлений выступает использование фитогеников - комплексов биологически активных

соединений (фенолов, терпенов, флавоноидов, алкалоидов), получаемых из экстрактов или цельных частей лекарственных растений и обладающих полимодальным механизмом действия [2, 3].

Особую значимость это приобретает в отношении молодняка крупного рогатого скота, иммунная система которого в критические периоды онтогенеза (отъем, транспортировка, смена типа кормления, формирование гетерогенных групп) подвергается значительным антигенным и метаболическим нагрузкам. Воздействие указанных стресс-факторов приводит к супрессии факторов резистентности, что потенцирует повышенную заболеваемость респираторными и желудочно-кишечными патологиями и, как следствие, снижению продуктивных кондиций. [2, 4]. Иммунный статус молодняка крупного рогатого скота в критические периоды постнатального онтогенеза подвержен существенной нагрузке, индуцированной комплексом технологических стресс-факторов, включая отъем, транспортировку, трансформацию рациона и формирование гетерогенных групп содержания. Воздействие данных факторов потенцирует состояние транзитного иммунодефицита, следствием чего является повышение чувствительности к патогенам респираторного и желудочно-кишечного трактов с последующим снижением продуктивных показателей.

Фундаментальную роль в инициации и регуляции реакций иммунитета играют провоспалительные цитокины, среди которых ключевыми медиаторами выступают интерлейкин-6 (IL-6) и интерлейкин-8 (IL-8, хемокин CXCL8). IL-6, являясь плейотропным цитокином, осуществляет регуляцию синтеза белков острой фазы воспаления, процессов дифференцировки лимфоцитов и миелопоэза. IL-8 выступает хемоаттрактантом для нейтрофилов, обеспечивая их быструю мобилизацию к очагу инфекции [5]. Адекватная экспрессия этих генов критически важна для эффективного

запуска и регуляции иммунной защиты. Другим важным аспектом поддержания клеточного гомеостаза в условиях стресса является работа митохондрий и окислительный статус. Семейство сиртуинов (NAD⁺-зависимых деацетилаз) играет центральную роль в регуляции клеточного метаболизма, стрессоустойчивости и воспаления. Сиртуин-1 (SIRT1) – ядерный и цитоплазматический белок, регулирующий активность ключевых транскрипционных факторов (например, NF-κB), тем самым модулируя воспалительный ответ и апоптоз [6]. Сиртуин-3 (SIRT3) – основной митохондриальный белок, обеспечивающий антиоксидантную защиту, β-окисление жирных кислот и цикл трикарбоновых кислот, обеспечивая энергетический баланс и нейтрализацию активных форм кислорода [7]. Таким образом, активация сиртуинов повышает резистентность организма к окислительному стрессу и воспалению.

Эфиروносы демонстрируют широкий спектр биологических свойств, включая антиоксидантную активность, противомикробное действие и способность стимулировать пищеварительные процессы. Содержащиеся в них эфирные масла оказывают комплексное влияние на организм: регулируют аппетит, усиливают секреторную функцию желудочно-кишечного тракта, модулируют состав кишечной микрофлоры и стимулируют секрецию панкреатических ферментов. Это, в свою очередь, повышает активность эндогенных ферментов и способствует активации иммунной системы [8]. Фенхель обыкновенный (*Foeniculum vulgare*), относящийся к семейству Зонтичные, характеризуется высоким содержанием биоактивных компонентов в составе эфирного масла: анетола, лимонена, α-пинена, линалоола, камфоры и γ-терпинена. Многочисленные исследования подтверждают его антиоксидантные, противовоспалительные и противомикробные свойства [9]. Важным аспектом физиологического действия фенхеля является его способность снижать ацетилхолин- и гистамин-индуцированные сокращения желудочно-кишечного тракта, уменьшать газообразование и регулировать моторику гладкой мускулатуры кишечника [3, 5]. Кориандр посевной (*Coriandrum sativum L.*, семейство Сельдерейные) содержит эфирное масло, доминирующим компонентом которого является анетол (до 70 %). В его состав также входят анисовый альдегид, α-пинен, лимонен, метилхавикол, фенхон и камфора [9]. Биологическая активность кориандра многогранна и включает антиоксидантное, противовоспалительное, противомикробное, антимуtagenное и седативное действия. Особый интерес представляет его способность стимулировать пищеварительную систему, благоприятно влиять на липидный обмен, а также потенциал использования в качестве стимулятора роста и средства для улучшения здоровья кишечника [9, 10]. Изучение экспрессии генов IL6, IL8, SIRT1 и SIRT3 при введении в рацион телят плодов кориандра и фенхеля представляет значительный научный и практический интерес, поскольку

позволит дать комплексную оценку как клеточного, так и гуморального иммунитета. Полученные данные могут стать основой для разработки эффективных стратегий повышения продуктивности молодняка крупного рогатого скота через оптимизацию физиологического статуса и иммунной реактивности.

Цель исследования – оценка влияния кормовых добавок на основе технически обработанных плодов фенхеля и кориандра на рост, продуктивность и экспрессию генов IL-6, IL-8, SIRT1 и SIRT3 у бычков на откорме.

Материалы и методы

Эксперимент был проведен на базе вивария ВНИИФБиП – филиал ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста на телятах с 7-ми до 12- месячного возраста чернопестрой породы голштинизированных. Содержание – стойловое, кормление осуществляли по нормам ВИЖ [11], поение проводили из автоматических поилок. Телята были разделены на 4 группы – одна контрольная и три опытных, по 10 голов в каждой. Фенхель и кориандр вводили в виде смеси обрушенных плодов в дозе порядка 35...40 г на голову с учетом содержания в плодах эфирного масла в различных пропорциях (табл. 1).

Таблица 1. Схема эксперимента

Группа	Схема кормления
1	Основной рацион (ОР)
2	ОР+ 20 г плодов фенхеля обыкновенного и 13,6 г плодов кориандра посевного (что соответствует 1 мл смеси ЭМ фенхеля обыкновенного и кориандра посевного и в пропорции 70/30)
3	ОР+ 14,5 г плодов фенхеля обыкновенного и 23 г плодов кориандра посевного (что соответствует 1 мл смеси ЭМ кориандра посевного и фенхеля обыкновенного в пропорции 50/50)
4	ОР+ 12 г плодов фенхеля обыкновенного и 28 г плодов кориандра посевного (что соответствует 1 мл смеси ЭМ фенхеля обыкновенного и кориандра посевного в пропорции 30/70)

Для анализа уровня экспрессии генов IL-6, IL-8, SIRT1, SIRT3 применили вариант полимеразной цепной реакции, основанный на регистрации продуктов ПЦР в режиме реального времени. Использовали оригинальные праймеры и ДНК-зонды, обеспечивающие специфическую обратную транскрипцию и полимеразную цепную реакцию. Лимфоциты из цельной крови отделяли с помощью набора «ПРОБА-ФИКОЛЛ» («ДНК-Технология», Россия), тотальную РНК из образцов – «РИБО-преп» («AmpliSens», ФБУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора, Россия). Согласно инструкции очищенные РНК помещали в лабораторный холодильник (от 2 до 8 0С) на 12 ч. Затем при помощи набора «РЕВЕРТА-L» («AmpliSens», ФБУН ЦНИИ эпидемиологии) осуществили реакцию обратной транскрипции и получили кДНК на матрице РНК. Для оценки профиля экспрессии генов использовали технологию относительного анализа количества мРНК в образцах с помощью реакции обратной транскрипции и последующей ПЦР в реальном времени (ОТ-ПЦР в реальном времени). ОТ-ПЦР

выполняли в трех повторах. Концентрацию полученной кДНК измеряли на приборе MAXLIFE Fluorimeter 2.0 с применением набора «dsDNA 2.0-500 V2.0 MAXLIFE» (ООО «МВМ-Диагностик»). ПЦР проводили в 48-луночном планшете «АНК-М» (Институт аналитического приборостроения РАН, Россия), содержащем помимо анализируемых образцов, пять стандартов с двукратным разведением (необходимых для оценки качества ПЦР) и отрицательный контроль. Каждый образец, стандарт и отрицательный контроль анализировали в трех технических повторах. Реакцию амплификации выполняли с помощью набора «HS-qPCR SYBR Blue 2x» («Биолабмикс», Россия) на анализаторе нуклеиновых кислот согласно протоколу производителя. Режимы амплификации и список праймеров представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Режимы проведения амплификации в реальном времени

Режимы	Температура °С	Продолжительность с	Количество циклов
Натуральная денатурация	95	300	1
Денатурация	95	20	45
Отжиг	55-56	40	45
Элонгация	72	30	45

Таблица 3. Олигонуклеотидные праймеры

Исследуемая мишень	Олигонуклеотидные праймеры
IL-6 F	5'-CTTCTGCTTTCCCTACCCCG-3'
IL-6 R	5'-TTCTGCCAGTGTCTCCTTGC-3'
IL-8 F	5'-CTCTCTGCTGCTGTGTGAA-3'
IL-8 R	5'-GGGTTTAGGCAGACCTCGTTT-3'
SIRT3 F	5'-GGUGGAGGAUGGUCCAUUTT-3'
SIRT3 R	5'-AUAUGGACCAUCCUCCACCTT-3'
SIRT1 F	5'-CAGAGGCCGGTGTCTCACTCT-3'
SIRT1 R	5'-TCTTCTCTCTCGTCTTCGGTG-3'
GAPDH F	5'-CGTAACCTCTGTGCTGTGCCA-3'
GAPDH R	5'-CTTGCCGTGGGTGGAATCAT-3'

Количественную ПЦР в реальном времени проводили на приборе АНК-М с использованием набора для ПЦР «SYBR-Blue».

Относительную экспрессию рассчитывали по методу 2-Ст [12]. Для корректной оценки уровня экспрессии изучаемых генов важен правильный выбор нормировочных генов, так как они могут по-разному экспрессировать в разных тканях и даже в пределах одной ткани. В качестве референтного значения был выбран ген-нормализатор GAPDH. У крупного рогатого скота его активность постоянна, что позволяет использовать его в качестве стандартного контроля при экспрессии.

Полученные экспериментальные данные обрабатывали биометрически с использованием метода однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа (ANOVA) в программе STATISTICA 10 (StatSoft Inc., США). Вычисляли среднеарифметические значения (M), среднеквадратическую ошибку (\pm SEM) и уровень значимости (p).

Результаты

Полученные экспериментальные данные демонстрируют полимодальное благоприятное воздействие фитобиотических композиций на основе обрубленных плодов *Foeniculum vulgare* и *Coriandrum sativum* L. на иммуно-метаболический гомеостаз у телят. Статистически значимая супрессия транскрипционной активности генов провоспалительных цитокинов IL-6 и IL-8 (рис. 1), наиболее репрезентативная в группе с доминированием кориандрового компонента, свидетельствует о купировании системного воспалительного фона у животных опытных групп. Патогенетически IL-6 функционирует как плейотропный медиатор острофазного ответа и стресс-индуцированных реакций, тогда как IL-8 выступает ключевым хемокином нейтрофильного хемотаксиса.

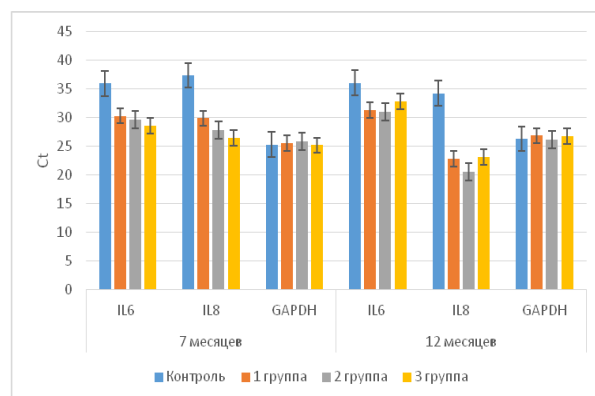


Рис. 1. Экспрессия генов IL6, IL8 у бычков на дорощивании в 7 и 12-месячном возрасте

Детектированная регуляция транскрипционных уровней SIRT1 и SIRT3 (рис. 2), максимально выраженная в группе с кориандровым профилем, обладает существенным физиологическим импактом.

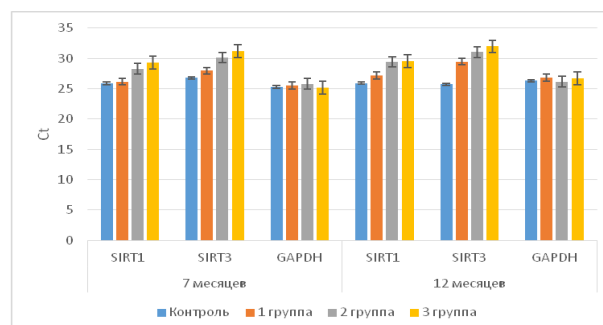


Рис. 2. Экспрессия генов SIRT1, SIRT3 у бычков на дорощивании в 7 и 12-месячном возрасте

Активация сиртуинов 1 и 3 указывает на улучшение метаболического статуса и повышение стрессоустойчивости животных, что может быть связано со способностью биоактивных компонентов изучаемых фитогеников модулировать NAD⁺-зависимые сигнальные пути [13]. Обнаруженные изменения в экспрессии изучаемых генов нашли отражение в улучшении продуктивных показателей (табл. 4).

В ходе проведенного исследования живая масса телят во всех группах, получавших фитогенные добавки, сохраняла тенденцию к повышению. В группе II данный показатель был выше

соответствующих показателей в контрольной группе на 12,6 % ($P < 0,05$). Максимальная живая масса зафиксирована в группе III, где валовой привес превышал контрольные значения на 18,1 % ($P < 0,05$).

Таблица 4. Зоотехнические показатели молодняка бычков в 7 и 12- месячном возрасте ($M \pm SEM$)

Показатель	Группа			
	контрольная	I	II	III
Средняя живая масса телят в 7 месяцев, кг	160,5±19,6	186,1±18,4	206,0±22,3*	217,6±21,4*
Валовый прирост, кг	33±2,9	41,1±5,2	54,3±4,3*	60,4±6,1*
% к контролю по приросту живой массы	100	116	128,4	135,6
Среднесуточный прирост за период, кг	0,55±0,13	0,69±0,23	0,91±0,14*	1,00±0,21*
Средняя живая масса телят в 12 месяцев, кг	336,7±10,7	349,3±12,9	379,2±20,1*	397,6±18,9*
Валовый прирост, кг	121,5±17,3	135,3±24,1	159,2±20,1	180,0±19,1*
% к контролю по приросту живой массы	100	111,4	131,1	148,1
Среднесуточный прирост за период, кг	0,81±0,21	0,902±0,23	1,06±0,16*	1,20±0,14*

*достоверная разница $P < 0,05$ к контролю

За весь период исследования (7...12 месяцев) среднесуточный прирост также был максимальным в группе III, составив 1,20 кг/сут, что на 48,1 % превышает показатель контроля ($P < 0,05$).

Включение в рацион бычков смеси плодов фенхеля и кориандра, особенно в пропорции 30/70 (группа III) способствует достоверному повышению интенсивности роста, что выражается в увеличении живой массы, валовых и среднесуточных приростов на 11...48 % в зависимости от периода и группы. Полученные данные подтверждают целесообразность использования исследуемых фитогенов в качестве кормовых добавок, обладающих ростостимулирующим эффектом.

Обсуждение

Выявленная редукция их экспрессии свидетельствует о модуляции иммунного ответа в сторону противовоспалительного фенотипа, что коррелирует с литературными данными о противовоспалительном потенциале фенольных и терпеноидных фракций изучаемых растений [3, 14].

Особую значимость имеет установленная обратная корреляционная зависимость между экспрессией сиртуинов. Ядерный сиртуин SIRT1 выступает ключевым эпигенетическим регулятором метаболических путей и редукции оксидативного стресса в то время, как митохондриальный SIRT3 модулирует энергетический метаболизм и активирует системы антиоксидантной защиты [3], что в совокупности объясняет наблюдаемый иммунометаболический эффект. Полученные результаты свидетельствуют о комплексном положительном действии фитогеников на основе обрубленных плодов фенхеля обыкновенного и кориандра посевного на иммунный и метаболический статус телят. Выявленное достоверное снижение экспрессии провоспалительных цитокинов IL6 и IL8 (табл. 2), особенно выраженное в группе с преобладанием плодов кориандра в смеси свидетельствует о снижении уровня системного воспаления у

животных опытных групп. Как было указано выше, повышенная экспрессия IL-6 ассоциирована с активными воспалительными процессами и стрессовой нагрузкой в то время, как IL-8 является ключевым хемоаттрактантом, мобилизующим нейтрофилы в очаг воспаления [2, 8]. Подавление экспрессии этих генов может указывать на более сбалансированное состояние иммунной системы, что согласуется с данными других исследований о противовоспалительных свойствах биоактивных компонентов фенхеля и кориандра [3, 14]. Особый интерес представляет выявленная обратная корреляция между экспрессией провоспалительных цитокинов и сиртуинов. Наблюдаемое увеличение экспрессии SIRT1 и SIRT3 в опытных группах (табл. 2), также наиболее выраженное в группе бычков, получавших смесь плодов с преобладанием кориандра, имеет важное физиологическое значение, так как SIRT1 играет ключевую роль в регуляции клеточного метаболизма и подавлении окислительного стресса, а митохондриальный SIRT3 является важным регулятором энергетического обмена и антиоксидантной защиты [13].

Введение в рацион плодов фенхеля и кориандра сказывается в том числе и на составе кишечной и рубцовой флоры, что на фоне снижения провоспалительных интерлейкинов IL-6 и IL-8, по всей видимости, способствует лучшему усвоению питательных веществ и перераспределению их с иммунных функций на рост и развитие в то время, как активация сиртуиновых путей (SIRT1, SIRT3) поддерживает метаболическое здоровье и снижает оксидативный стресс [14], создавая оптимальные условия для реализации генетического потенциала продуктивности. Наибольшая эффективность смеси плодов с преобладанием кориандра (70%) может быть связана с особенностями его химического состава, в частности с высоким содержанием анетола и других биоактивных соединений, проявляющих синергический эффект [15, 16].

Коррекция рациона благодаря введению плодов фенхеля и кориандра индуцирует модуляцию генов, ассоциированных с основными факторами неспецифической резистентности, что в комплексе со снижением уровня провоспалительных цитокинов (IL-6, IL-8) способствует оптимизации процессов усвоения нутриентов и их реаллокации с иммунных функций на процессы роста и развития. Параллельная активация сиртуин-опосредованных сигнальных путей (SIRT1, SIRT3) обеспечивает поддержание метаболического гомеостаза и снижение оксидативного стресса [6], формируя благоприятный физиологический фон для реализации генетически детерминированного продуктивного потенциала. Наибольшая эффективность композиции с доминированием кориандра (70%) коррелирует с особенностями его фитохимического профиля, в частности – с высоким содержанием анетола и других биологически активных соединений, проявляющих синергический эффект.

Заключение

Включение в рацион бычков на откорме фитогенов на основе плодов фенхеля обыкновенного и кориандра посевного в рацион телят оказывает комплексное положительное влияние на организм, модулируя экспрессию генов иммунной защиты (IL-6, IL-8) и клеточного метаболизма (SIRT1, SIRT3). Наибольшая эффективность выявлена при использовании композиции с преобладанием кориандра посевного (70%). Полученные результаты имеют практическое значение для разработки современных схем кормления с использованием фитогенных добавок.

Литература

1. Badgujar S. B., Patel V. V., Bandivdekar A. H. *Foeniculum vulgare mill: A review of its botany, phytochemistry, pharmacology, contemporary application, and toxicology* // BioMed Research International. 2014. P. 842674. doi: 10.1155/2014/842674
2. Мирошников П. Н., Жучаев К. В. Применение эфирных масел в животноводстве как альтернатива кормовым антибиотикам // Инновации и продовольственная безопасность. 2020. № 4. С. 59-64. doi: 10.31677/2072-6724-2020-30-4-59-64
3. Effects of supplementing broiler diets with coriander seed powder on growth performance, blood haematology, ileum microflora and economic efficiency / A. E. Taha, S. S. Hassan, R. S. Shewita, et al. // Journal of animal physiology and animal nutrition. 2019. No. 103 (5). P. 1474-1483. doi: 10.1111/jpn.13165
4. SIRT3 deficiency and mitochondrial protein hyperacetylation accelerate the development of the metabolic syndrome / M. D. Hirschey, T. Shimazu, E. Jing, et al. // Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. 2011. Vol. 76. P. 81-90. doi: 10.1016/j.molcel.2011.07.019
5. Khubeiz M.M., Shirif A. M. Effect of coriander (*Coriandrum sativum L.*) seed powder as feed additives on performance and some blood parameters of broiler

chickens // Open Veterinary Journal. 2020. No. 10. P. 198-205. doi: 10.4314/ovj.v10i2.9

6. Small molecule activators of sirtuins extend *Saccharomyces cerevisiae* lifespan / K.T. Howitz, K. J. Bitterman, H.Y. Cohen, et al. // Nature 2003. Vol. 425. P. 191-196. doi: 10.1038/nature01960

7. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry / W. Windisch, K. Schedle, C. Plitzner, et al. // Journal of Animal Science. 2008. Vol. 86. P. 140-148. doi: 10.2527/jas.2007-0459

8. Анализ плодов кориандра посевного и фенхеля обыкновенного как источника фитогенов для молодняка крупного рогатого скота / Н. В. Невкрытая, Е.Н. Грунина, О.Б. Скипо и др. // Таврический вестник аграрной науки. 2023. Т. 3. № 3. С. 158-169.

9. Coriander (*Coriandrum sativum L.*) and its bioactive constituents / B. Laribi, K. Kouki, M. M'Hamdi, et al. // Fitoterapia. 2015. Vol. 103. P. 9-26. doi: 10.1016/j.fitote.2015.03.012

10. Tanaka T., Narazaki M., Kishimoto T. IL-6 in Inflammation, Immunity, and Disease // Cold Spring Harbor Perspectives in Biology. 2014. Vol. 6(10). P. a016295. doi: 10.1101/cshperspect. a016295

11. Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах / Р. В. Некрасов, А. В. Головин, Е. А. Махаев, и др. Москва, ФГБНУ «ВИЖ им. Л.К. Эрнста» 2018. 290 с.

12. Livak K.J., Schmittgen T.D. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2^{-ΔΔCT} Method // Methods. 2001. Vol. 25(4). P. 402-408

13. Kauppinen A. Antagonistic crosstalk between NF-κB and SIRT1 in the regulation of inflammation and metabolic disorders / A. Kauppinen, T. Suuronen, J. Ojala, et al. // Cell Signal. 2013. P. No.10. P. 1939-1948. doi: 10.1016/j.cellsig.2013.06.007

14. *Foeniculum vulgare*: A comprehensive review of its traditional use, phytochemistry, pharmacology, and safety / M.A. Rather, B.A. Dar, S.N. Sofi, et al. // Arabian Journal of Chemistry. 2016. Vol. 9. P. S1574-S1583. doi: 10.1016/j.arabjc.2012.04.011

15. Bickel M. The role of interleukin-8 in inflammation and mechanisms of regulation // Journal of Periodontology. 1993. Vol. 64. P. 456-460.

16. Bernabucci U. Influence of body condition score on relationships between metabolic status and oxidative stress in periparturient dairy cows / U. Bernabucci, B. Ronchi, N. Lacetera, et al. // J Dairy Sci. 2005. No. 6. P. 2017-26. doi: 10.3168/jds. S0022-0302(05)72878-2

References

1. Badgujar S. B., Patel V. V., Bandivdekar A. H. *Foeniculum vulgare mill: A review of its botany, phytochemistry, pharmacology, contemporary application, and toxicology* // BioMed Research International. 2014. P. 842674. doi: 10.1155/2014/842674
2. Miroshnikov P. N., Zhuchayev K. V. Use of essential oils in animal husbandry as an alternative to feed antibiotics // Innovations and Food Security. 2020. No. 4. P. 59-64. doi: 10.31677/2072-6724-2020-30-4-59-64

3. Effects of supplementing broiler diets with coriander seed powder on growth performance, blood haematology, ileum microflora and economic efficiency / A. E. Taha, S. S. Hassan, R. S. Shewita, et al. // *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 2019. No. 103(5). P. 1474-1483. doi: 10.1111/jpn.13165
4. SIRT3 deficiency and mitochondrial protein hyperacetylation accelerate the development of the metabolic syndrome / M. D. Hirschey, T. Shimazu, E. Jing, et al. // *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*. 2011. Vol. 76. P. 81-90. doi: 10.1016/j.molcel.2011.07.019
5. Khubeiz M.M., Shirif A.M. Effect of coriander (*Coriandrum sativum* L.) seed powder as feed additives on performance and some blood parameters of broiler chickens // *Open Veterinary Journal*. 2020. No. 10. P. 198-205. doi: 10.4314/ovj.v10i2.9
6. Small molecule activators of sirtuins extend *Saccharomyces cerevisiae* lifespan / K.T. Howitz, K. J. Bitterman, H.Y. Cohen, et al. // *Nature* 2003. Vol. 425. P. 191-196. doi: 10.1038/nature01960
7. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry / W. Windisch, K. Schedle, C. Plitzner, et al. // *Journal of Animal Science*. 2008. Vol. 86. P. 140-148. doi: 10.2527/jas.2007-0459
8. Analysis of coriander and fennel fruits as a source of phytogetics for young cattle / N. V. Nevkryatyya, E. N. Grunina, O. B. Skipo, et al. // *Tavrichesky Vestnik Agrarnoy Nauki*. 2023. Vol. 3. No. 3. P. 158-169.
9. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and its bioactive constituents / B. Laribi, K. Kouki, M. M'Hamdi, et al. // *Fitoterapia*. 2015. Vol. 103. P. 9-26. doi: 10.1016/j.fitote.2015.03.012
10. Tanaka T., Narazaki M., Kishimoto T. IL-6 in Inflammation, Immunity, and Disease // *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*. 2014. Vol. 6(10). P. a016295. doi: 10.1101/cshperspect. a016295
11. Norms of nutritional requirements of dairy cattle and pigs / R. V. Nekrasov, A. V. Golovin, E. A. Makhaev, et al. Moscow, FGBNU "L.K. Ernst All-Russian Research Institute of Animal Genetics" 2018. 290 p.
12. Livak K. J., Schmittgen T. D. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2^{-ΔΔCT} Method // *Methods*. 2001. Vol. 25(4). P. 402-408
13. Kauppinen A. Antagonistic crosstalk between NF-κB and SIRT1 in the regulation of inflammation and metabolic disorders / A. Kauppinen, T. Suuronen, J. Ojala, et al. // *Cell Signal*. 2013. P. No. 10. P. 1939-1948. doi: 10.1016/j.cellsig.2013.06.007
14. *Foeniculum vulgare*: A comprehensive review of its traditional use, phytochemistry, pharmacology, and safety / M.A. Rather, B.A. Dar, S.N. Sofi, et al. // *Arabian Journal of Chemistry*. 2016. Vol. 9. P. S1574-S1583. doi: 10.1016/j.arabjc.2012.04.011
15. Bickel M. The role of interleukin-8 in inflammation and mechanisms of regulation // *Journal of Periodontology*. 1993. Vol. 64. P. 456-460.
16. Bernabucci U. Influence of body condition score on relationships between metabolic status and oxidative stress in periparturient dairy cows / U. Bernabucci, B. Ronchi, N. Lacetera, et al. // *J Dairy Sci*. 2005. No. 6. P. 2017-26. doi: 10.3168/jds. S0022-0302(05)72878-2