

### Библиографический список

1. Ерохин А.И. Динамика поголовья коз и производства козьего молока и мяса в мире и в России / Ерохин А.И., Карасев Е.А., Ерохин С.А. // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2020. – №4. – С. 22-25.
2. Шичкин Г.И. Племенные ресурсы козоводства России / Шичкин Г.И., Сафина Г.Ф., Чернов В.В., Григорян Л.Н., Хмелевская Г.Н., Равичева А.В., Степанова Н.Г. // Ежегодник по племенной работе в овцеводстве и козоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2021 год). Москва: ФГБНУ ВНИИплем, Лесные Поляны. – 2022. – С. 298-323.
3. Kumar A., Rout P.K., Roy R. Polymorphism of beta-lactoglobulin gene in Indian goats and its effect on milk yield // J Appl Genet. – 2006. – 47(1):49-53. doi: 10.1007/BF03194598.
4. El-Hanafy A A., Qureshi M.I., Sabir J. S. M., Mutwakil M. Z., Ramadan H.A.M.I, El-Ashmaoui H.M.A., Abou-Alsoud M., Ahmed M. M. Allele mining in the caprine alpha-lactalbumin (LALBA) gene of native Saudi origin // Biotechnology & Biotechnological Equipment. – 2016. – 30(6):1115-1121. doi: 10.1080/13102818.2016.1224683.
5. Gharedaghi L., Shahrababak H.M., Sadeghi M. Identification of novel SNP in caprine  $\beta$ -lactoglobulin gene // J Genet. – 2016. – 95(3):485-90. doi: 10.1007/s12041-016-0662-x.

УДК 636.52/.58 : 575 : 636.084.1

### ТРАНСКРИПЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ГЕНА MYOG В ГРУДНЫХ МЫШЦАХ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ВВЕДЕНИИ В РАЦИОН РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ

*Загарин Артем Юрьевич, аспирант, ассистент кафедры разведения, генетики и биотехнологии животных ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, azagarin@rgau-msha.ru*

*Научный руководитель: Селионова Марина Ивановна, д.б.н., профессор РАН, заведующий кафедрой разведения, генетики и биотехнологии животных ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, selionova@rgau-msha.ru*

**Аннотация.** Изучено влияние скармливания растительных экстрактов с различными биологически активными веществами на экспрессию гена MYOG в грудных мышцах цыплят-бройлеров кросса «Смена-9». Установлено, что использование экстрактов левзеи, зверобоя и тимьяна увеличивало экспрессию гена более чем в 7, цикория – более чем в 4 раза, что обеспечило повышение массы потрошеной тушки на 7,6-9,9 %, убойного выхода – на 2,1-3,2 абс.%. Полученные данные являются обоснованием разработки состава фитокомбинации, способствующей повышению экспрессии MYOG, как одного из основных генов миогенеза.

**Ключевые слова:** экспрессия генов, миогенин, MYOG, фитобиотики,

**Введение.** В течение длительного времени в птицеводстве активно использовали антибиотики в качестве стимуляторов роста и контроля микробного сообщества желудочно-кишечного тракта. Однако, нерациональное использование антибиотических препаратов стало основной причиной возникновения и широкого развития антибиотикорезистентности патогенных микроорганизмов. В свою очередь это привело к потере эффективности применения антибактериальных добавок, затруднениям в профилактике и лечении инфекционных заболеваний птицы, а вследствие ретенции остаточного количества антибиотиков в продукции птицеводства – к проблеме отсутствия чувствительности патогенных бактерий при лечении людей. В связи с этим во многих странах мира, включая Россию, наблюдается тенденция к запрету или ограничению использования антибиотиков в питании сельскохозяйственных животных [2,5].

Это обуславливает разработку и использование в кормовой отрасли альтернативных стабилизаторов кишечной микробиоты и стимуляторов роста, таких как пробиотики, пребиотики, фитобиотики. Согласно одному из определений фитобиотики – это растительные экстракты, обладающие антимикробной и фунгицидной активностью [5]. Кроме того, фитобиотики обладают другими биологически активными свойствами и, что самое главное в экономическом и экологическом отношении, являются природными стимуляторами роста (ПСР) [6].

Использование современных биотехнологий, применяемых в животноводстве, позволяет на молекулярном уровне выяснить процессы, лежащие в основе физиологических реакций и формировании продуктивных качеств животного в зависимости от кормовых условий, что способствует более точной корректировке питания и использованию данных о транскрипционной активности генов в дальнейшей селекционной работе. Так, в ряде работ была исследована экспрессия генов, связанных с миогенезом, таких как *GH*, *IGF-1*, *GHR* и других, при различных особенностях питания [4].

Исходя из вышеизложенного **целью** данной работы являлась оценка относительной экспрессии гена *MYOG* (миогенина), отвечающего за рост и развитие скелетных мышц, у цыплят-бройлеров отечественной селекции при использовании в питании фитобиотиков с разными действующими веществами и сравнение полученных данных с фенотипическими значениями.

**Материал и методика исследования.** Для достижения поставленной цели в соответствии с методикой проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы ВНИТИП [1] с марта по апрель 2024 года был проведен зоотехнический опыт на базе учебно-производственного птичника РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на цыплятах-бройлерах кросса «Смена-9» продолжительностью 35 суток. Методом сбалансированных групп-аналогов с учетом живой массы и общего развития было сформировано 5 групп суточных цыплят. В каждой группе

содержали как петушков, так и курочек. Половое соотношение в группах носило рандомизированный характер. Количество цыплят в каждой группе составило 36 голов. Система содержания цыплят – клеточная. Технологические параметры содержания, питательность и химический состав комбикормов соответствовали актуальным рекомендациям 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 опытных групп в состав кормов («Старт»/«Рост», «Финиш») вводили растительные экстракты, стандартизированные на различные биологически активные соединения: 2 опытная – 450-560 г/т экстракта цикория обыкновенного (405,0-504,0 г/т инулина), 3 опытная – 350-430 г/т экстракта зверобоя продырявленного (22,6-31,4 г/т флавоноидов), 4 опытная – 170-210 г/т экстракта левзеи сафлоровидной (0,9-1,1 г/т экдистена), 5 опытная – 200-250 г/т экстракта тимьяна ползучего (36,8-46,0 г/т флавоноидов, 7,20-9,00 г/т дубильных веществ).

Для анализа относительной экспрессии гена в возрасте 26 суток из каждой группы было отобрано по 4 головы со средней живой массой для отбора образцов ткани грудной мышцы. Образцы стабилизировали с помощью фиксатора IntactRNA («Евроген», Россия) и хранили до лабораторных анализов при -20 °С. Исследования транскрипционной активности генов проводили в условиях лаборатории прикладной генетики ФГБНУ ФНЦ «ВНИТИП». Тотальную РНК выделяли из образцов с применением набора для выделения RNA Solo («Евроген», Россия), предварительно осуществив гомогенизацию и лизис тканей. Реакцию обратной транскрипции для получения кДНК на матрице РНК проводили с помощью обратной транскриптазы Magnus («Евроген», Россия) и амплификатора GeneExplorer GE-96G. Анализ качества выделенной РНК и полученной кДНК проводили с помощью флуориметра Fluo-200 (Allsheng) и набора QuDu ssDNA. Реакцию амплификации проводили на приборе QuantStudio 5. В качестве референсного гена использовали ген «домашнего хозяйства», кодирующий белок  $\beta$ -актин *ACTB*. Амплификацию проводили с использованием набора 5X qPCRmix-HS SYBR («Евроген», Россия) при следующем режиме: 3 минуты при 95 °С (предварительный денатурация); 30 секунд при 95 °С, 30 секунд при 60 °С, 30 секунд при 72 °С (40 циклов). Все лабораторные манипуляции проводили в соответствии с протоколами инструкций производителей наборов для молекулярно-генетических исследований. Праймеры, использованные для оценки экспрессии гена, представлены в таблице 1. Оценка относительного уровня экспрессии проводилась с использованием метода  $2^{-\Delta\Delta CT}$  [9].

Таблица 1

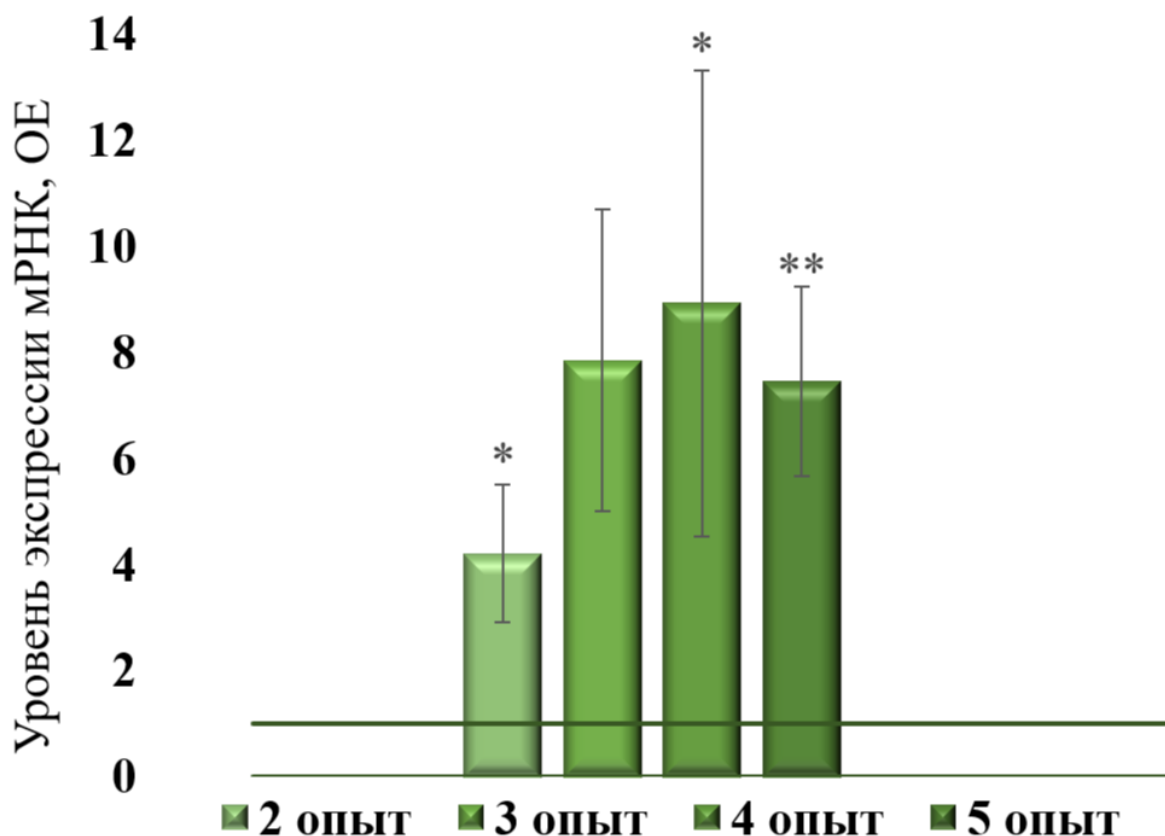
**Праймеры, использованные для оценки экспрессии гена MYOG**

| Ген                                     | Праймеры                                              |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <i>ACTB</i> (ген «домашнего хозяйства») | F: CTGTGCCCATCTATGAAGGCTA<br>R: ATTTCTCTCTCGGCTGTGGTG |
| <i>MYOG</i> (миогенин)                  | F: GGAGAAGCGGAGGCTGAAG                                |

Для определения убойных качеств цыплят-бройлеров в возрасте 35 суток при предварительной голодной выдержке было взято по 6 голов (3 петушка и 3 курочки) со средней живой массой соответственно полу из каждой группы. Убой и анатомическая разделка птицы была проведена в соответствии с методикой ВНИТИП [1].

Математическую обработку данных проводили в компьютерной программе IBM SPSS Statistics 23 с применением однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с помощью теста Тьюки. Для сравнения экспрессии гена опытных групп относительно контроля использовали t-критерий Стьюдента для значений  $\Delta Ct$ .

**Результаты и их обсуждение.** Согласно результатам молекулярно-генетического анализа экспрессия гена *MYOG* в грудных мышцах цыплят-бройлеров всех опытных групп была выше по сравнению с контролем, что свидетельствует о благоприятном влиянии исследуемых экстрактов на рост и мясную продуктивность птицы (рисунок 1). Скармливание цыплятам экстракта левзеи сафлоровидной, зверобоя продырявленного и тимьяна ползучего способствовало повышению транскрипционной активности *MYOG* в среднем по группе более, чем в 4 раза. Наиболее выраженный эффект был отмечен в группе, цыплятам которой скармливали экстракт левзеи, содержащий экидистен, далее следовали группы с экстрактами зверобоя и тимьяна, содержащими флавоноиды и танины, кратность повышения экспрессии генов составили для этих групп 8,93 ( $p \leq 0,05$ ); 7,85 и 7,45 ( $p \leq 0,01$ ) соответственно. Однако, в группе с наибольшим уровнем экспрессии *MYOG* была установлена наибольшая вариабельность значения,  $C_v$  – 98,4 % против 47,9 и 72,3 % в группах с тимьяном и зверобоем соответственно. Значительно меньший эффект на экспрессию *MYOG* в грудных мышцах цыплят-бройлеров оказывало использование экстракта цикория обыкновенного – в 4,21 раза ( $p \leq 0,05$ ). Эффект большей экспрессии гена в опытных группах обусловлен, вероятно, активацией синтеза белка в группе с левзеей и нормализацией кишечного микробиома в группах с другими фитобиотиками. Аналогичный результат был выявлен в работе Таха АА Наџи et al., посвященной оценке экспрессии генов миогенеза и синтеза белка при использовании в питании бройлеров фитостеринов, к группе которых относится в том числе экидистен, выделенный из корней левзеи. Ими было установлено повышение экспрессии *MYOG* в группе с использованием фитостерина кастастерона более, чем в 2 раза [8].



**Рис. 5 Уровень экспрессии гена *MYOG* в грудных мышцах**

**цыплят-бройлеров кросса «Смена-9» при скормлировании фитобиотиков**

ОЕ – кратность изменений уровня экспрессии по сравнению с контрольной группой, где показатель принимали за 1; горизонтальная линия обозначает уровень экспрессии генов в контрольной группе; результаты представлены как среднее со стандартной ошибкой среднего ( $M \pm m$ ) для экспрессии мРНК,  $n=4$ ; \*, \*\* – разность в значениях  $\Delta Ct$  статистически достоверна по отношению к контрольной группе при  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$

В таблице 2 представлены ключевые показатели мясной продуктивности подопытных цыплят-бройлеров.

**Таблица 2**

**Мясная продуктивность цыплят-бройлеров при скормлировании растительных экстрактов,  $M \pm m$ ,  $n = 6$  (3♂, 3♀), 35 суток**

| Показатель                 | Группа                |                       |                       |                       |                                         |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------------|
|                            | 1 контроль            | 2 опыт (инулин)       | 3 опыт (флавоноиды)   | 4 опыт (экдистен)     | 5 опыт (флавоноиды, дубильные вещества) |
| Предубойная живая масса, г | 1989,7<br>$\pm 82,05$ | 2075,7<br>$\pm 87,49$ | 2079,5<br>$\pm 80,72$ | 2083,7<br>$\pm 76,87$ | 2083,3<br>$\pm 71,39$                   |
| Масса потрошеной тушки, г  | 1393,9<br>$\pm 50,05$ | 1513,4<br>$\pm 61,78$ | 1499,7<br>$\pm 43,10$ | 1524,6<br>$\pm 55,71$ | 1532,3<br>$\pm 66,63$                   |
| Убойный выход, %           | 70,2 $\pm 1,60$       | 73,0 $\pm 0,65$       | 72,3 $\pm 1,04$       | 73,2 $\pm 1,33$       | 73,4 $\pm 0,82$                         |

Наибольшая активность гена *MYOG*, являющегося маркером роста и

мясной продуктивности птицы, подтверждена результатами анатомической разделки цыплят, свидетельствующими, что превосходство опытных групп над контролем по массе потрошеной тушки в среднем по 6 головам находилось в диапазоне 7,6-9,9 %, по убойному выходу – 2,1-3,2 абс.%. Повышение убойного выхода цыплят-бройлеров при скормливании растительных экстрактов было установлено в других работах [3,7]. В группе, цыплятам которой скормливали экстракт цикория, вероятно, высокие убойные качества обусловлены функциями других QTL, связанных с ростом и развитием скелетной мускулатуры.

**Вывод.** Таким образом, использование опытных фитобиотиков способствовало повышению транскрипционной активности гена *MYOG*, что в конечном итоге отразилось на уровне мясной продуктивности птицы. Полученные результаты будут включены в итоговый анализ влияния названных экстрактов на экспрессию генов продуктивности и резистентности цыплят-бройлеров для дальнейшей разработки фитокомбинации.

### 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. Рахматуллин, Ш. Г. Влияние различных доз растительного экстракта на переваримость рациона, убойные показатели, конверсию веществ в съедобную часть тушки птицы / Ш. Г. Рахматуллин, Б. С. Нуржанов, Г. К. Дускаев // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 8(197). – С. 149-157.
4. Сизова, Е. А. Экспрессия генов, связанных с хозяйственно полезными признаками цыплят-бройлеров (*gallus gallus domesticus*), под влиянием различных паратипических факторов (обзор) / Е. А. Сизова, Я. В. Лутковская // Сельскохозяйственная биология. – 2023. – Т. 58, № 4. – С. 581-597.
5. 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.
6. 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.

7. Эффективность введения экстракта топинамбура в комбикорма для цыплят-бройлеров / О. А. Багно, С. А. Шевченко, А. И. Шевченко [и др.] // АПК России. – 2024. – Т. 31, № 1. – С. 123-130.

8. Effects of Phytosterol in Feed on Growth and Related Gene Expression in Muscles of Broiler Chickens / T. AA Naji, I. Amadou, R. Zhao [et al.] // Tropical Journal of Pharmaceutical Research January. – 2014. – Vol. 13 (1). – P. 9-16.

9. 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.

УДК 636.082

## **РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ПРОГНОЗА ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ ЖИВОТНЫХ В СВИНОВОДСТВЕ**

**Савинов Антон Васильевич**, аспирант кафедры разведения, генетики и биотехнологии животных ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, savinovantonv@mail.ru

**Круткина Мария Сергеевна**, руководитель аналитического отдела АО «Агроплем», mkrutkina@agroplem.ru

**Алтухова Наталья Сергеевна**, доцент кафедры разведения, генетики и биотехнологии животных ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, к.с.-х.н. n.altukhova@rgau-msha.ru

**Рукин Илья Владимирович**, директор по научному развитию и разработкам АО «Агроплем», irukin@agroplem.ru

**Аннотация:** В статье рассмотрены аспекты применения методов геномного прогноза племенной ценности животных в свиноводстве. Описаны этапы развития методов оценки племенных качеств свиней от субъективной оценки фермеров до внедрения комплексных математических алгоритмов и геномных технологий.

Прогноз племенной ценности животных является основополагающим процессом в племенной работе. Совершенствование массивов животных человеком основано на отборе особей, обладающих желательными качествами, что способствует изменению селекционируемых признаков в масштабе популяции. Точность и эффективность методов прогноза племенной ценности напрямую влияет на результат селекционной работы, поэтому рациональное и обоснованное использование различных методик прогноза племенной ценности, в частности, в свиноводстве является залогом эффективного генетического совершенствования поголовья. За последние 100 лет методика прогноза племенной ценности свиней претерпела значительные изменения.