

3. Q. Jin, Y. Yao, Y. Cai, Y. Lin, Molecular Cloning and Sequence Analysis of a Phenylalanine Ammonia-Lyase Gene from *Dendrobium*/ Jin Q., Yao Y., Cai Y., Lin Y. // PLoS ONE. 8, e62352. – 2013.

4. W. Zhang, J.B. Li, F. Xu, Y. Tang, S.Y. Cheng, F.L. Cao, Isolation and characterization of a phenylalanine ammonia-lyase gene (PAL) promoter from *Ginkgo biloba* and its regulation of gene expression in transgenic tobacco plants/ Zhang, W., Li, J.B., Xu, F., Tang, Y., Cheng, S.Y., Cao, F.L. // POJ. – 2014. 7, 353-360.

5. Joos, H.J., Hahlbrock, K., Phenylalanine ammonia-lyase in potato L/ Joos H.J., Hahlbrock K. //Eur. J. Biochem. – 1992. 204, 621–629.

6. S.W. Lee, J. Robb, R.N. Nazar, Truncated phenylalanine ammonia-lyase expression in tomato (*Lycopersicon esculentum*)/ Lee S.W., Robb J., Nazar R.N. // J. Biol. Chem. – 1992. 267, 11824–11830.

7. F. Khakdan, H. Alizadeh, M. Ranjbar, Molecular cloning, functional characterization and expression of a drought inducible phenylalanine ammonia-lyase gene (ObPAL) from *Ocimum basilicum L.*/ Khakdan F., Alizadeh H., Ranjbar M. // Plant Physiology and Biochemistry (2018), doi: 10.1016/j.plaphy.2018.07.026.

УДК 636.082.12

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА КАЛЬПАИНА И ЕГО СВЯЗЬ СО СКОРОСТЬЮ РОСТА ТЕЛОЧЕК АБЕРДИН АНГУССКОЙ ПОРОДЫ

Евстафьева Лилия Валерьевна, аспирант кафедры разведения, генетики и биотехнологии животных ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, *lilmo@inbox.ru*

Евстафьев Дмитрий Михайлович к.б.н., доцент кафедры ветеринарии и физиологии животных КФ ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, *evstafevdm@gmail.com*

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

Аннотация: Селекционный отбор и совершенствование мясного скота с помощью ДНК-маркеров, ассоциированных с количественными и качественными показателями мясной продуктивности. В статье приводятся результаты полиморфизма гена кальпаина и его связь со скоростью роста телочек абердин ангусской породы. Установлено, что полиморфизм гена кальпаина *CAPN1_316* и *CAPN1_530* представлен тремя генотипами *CC*, *CG*, *GG* и *AA*, *AG*, *GG*. Наибольший процент животных с желательным гомозиготным генотипом *AA* в локусе *CAPN1_530* составил 71,3 %. Установлено достоверное превосходство по живой массе телочек в 8,12 и 15 месячном возрасте гомозиготных носителей желательной аллели над гетерозиготными на 15,34 ($P < 0,05$).

Ключевые слова: генетика, мясное скотоводство, кальпаин, полиморфизм, абердин ангусская порода, генотипирование, маркерная селекция.

В последние годы агропромышленный комплекс, в том числе за счёт поддержки государства, демонстрирует уверенный рост и является одним из основных движущих направлений отечественной экономики. Это обеспечивает устойчивое социально-экономическое развитие Российской Федерации и ее продовольственную безопасность, что в настоящее время и в долгосрочной перспективе является первостепенной задачей [1]. Поступательное увеличение сельскохозяйственного производства регулируется Государственной программой, в которой одной из важных задач обозначено развитие мясного скотоводства и совершенствование племенной базы. Основное поголовье мясных пород, разводимых на территории России, сформировано за счёт импортного поголовья. В свою очередь необходимо учитывать, что при разведении таких животных не всегда можно получить желаемую продуктивность. Это, прежде всего, зависит от условий содержания, кормления и климатических показателей. Для повышения производства говядины и увеличения поголовья мясных пород, необходимо совершенствование существующих пород и повышение их генетического потенциала. Основными селекционными признаками являются: живая масса, молочность, производственное долголетие, экстерьер животных. Селекционный отбор животных длительный и трудоемкий процесс, так как показатели продуктивности имеют полигенную природу наследования, поэтому использование ДНК-маркеров позволяет вести отбор в раннем возрасте и сократить временной интервал на выявление животных-носителей желательных аллелей по контролируемым или улучшаемым признакам. В перечень молекулярно-генетических исследований КРС мясного направления, помимо групп маркёров продуктивных и племенных качеств животных, включают гены-маркёры признаков, которые ассоциируются с показателями качества мяса. Эти признаки обусловлены характеристиками мышечной ткани, оценку которых невозможно провести прижизненно, поэтому знание генотипа и определение желательных аллелей позволяет прогнозировать выраженность качественных параметров мышечной ткани [2].

Важным показателем качества говядины является её нежность. Одним из наиболее изученных генов является кальпаин (CAPN1), который кодирует большую субъединицу μ -calpain фермента, участвующего в процессе посмертной тендеризации (Пейдж и соавт., 2002) [3]. Система кальпаинов контролирует функцию ослабления связей между пучками мышечных волокон, вследствие декомпозиции Z-дисков скелетной мускулатуры кальций-зависимой цистеин-протеазы, и создает условия для равномерного распределения внутримышечного жира между волокнами, что и обеспечивает «мраморность» мяса, его нежность и сочность (Koohmaraie M., 1992) [4]. Ген CAPN1 локализован в 7 хромосоме, состоит из 22 экзонов и имеет размер около 30 тыс.

пар нуклеотидов. В кодирующей части было обнаружено две несинонимические замены (С на G и А на G), которые приводят к изменениям в аминокислотной последовательности в положениях 316 (глицин на аланин) и 530 (валин на изолейцин). Было установлено, что у гомозиготных по этим аллелям (С316 и G530) животных мясо обладает повышенной нежностью, в связи с этим они представляют наибольший интерес, как для изучения, так и для предпочтительного использования в практической селекции [5, 6].

Рост поголовья мясного скота абердин ангусской породы обусловлен растущим спросом на рынке специализированного мраморного мяса. В связи с этим необходима разработка селекционных программ данной породы, в т. ч. с включением генетических маркеров продуктивности. В связи с этим целью настоящего исследования явилось изучение полиморфизма гена кальпаина (CAPN1_316, CAPN1_530) и его связи со скоростью роста телочек абердин ангусской породы.

Объектом исследований являлись ремонтные телочки (n=67) абердин ангусской породы ирландской селекции, принадлежащие АО «АПФ «Наша Житница» Гагаринского района Смоленской области.

Генотипирование животных проводили в геномном центре ООО «Мираторг-Генетика» (г. Домодедово Московской области) с использованием ДНК-чипа.

Динамику живой массы телочек разных генотипов устанавливали путем взвешивания при рождении, в 6, 8, 12, 15 месяцев. По разнице значений и периода учета определяли среднесуточный прирост.

Полученный материал обрабатывали биометрически, используя статистические методы, программу Microsoft Excel. Достоверность различий сравниваемых показателей по группам оценивали по критерию Стьюдента со следующим уровнем значимости: $P < 0,05$

Анализ результатов позволил установить, что полиморфизм гена кальпаина (CAPN1_316, CAPN1_530) у крупного рогатого скота абердин ангусской породы исследованного стада в каждом SNP представлен двумя аллелями С, G и А, G, и соответственно тремя генотипами СС, СG, GГ и АА, АG, GГ.

Процент животных с желательным гомозиготным генотипом – СС в гене CAPN1_316 составил 9,0%, носителей С аллели в гетерозиготном состоянии – 41,8%. В локусе CAPN1_530 процентное соотношение гомозиготных и гетерозиготных носителей желательной аллели А было следующим: АА – 73,1%, АG – 23,9 % (Таблица 1).

Таблица 1

Результаты генотипирования молодняка (n=67) АО «АПФ «Наша Житница» Гагаринского района Смоленской области

Полиморфизм	Генотипы	% генотипов среди животных
CAPN1_316	СС*	9,0
	СG	41,8

	GG	49,3
CAPN1_530	AA*	73,1
	AG	23,9
	GG	3,0

* желательный генотип

Выявленные генотипы у ремонтных телок абердин ангусской породы позволил проанализировать фенотипические показатели их развития в разные возрастные периоды. Были проанализированы данные динамики живой массы в 6, 8, 12, 15 месяцев носителей аллелей С CAPN1_316 и А CAPN1_530 (Таблица 2.)

Таблица 2

Динамика живой массы телочек разных генотипов гена CAPN1

Динамика живой массы телочек при полиморфизме гена CAPN1						
Показатели	CAPN1_316			CAPN1_530		
	CC	CG	GG	AA	AG	GG
Живая масса при рождении, кг	20±0,1	19,9±0,1	19,8±0,1	19,8±0,1	19,9±0,1	20±0,1
в 6 месяцев	135,3±7,0	136,11±3,3	132,9±3,5	136,3±2,4	128,5±5,6	137±16
в 8 месяцев	173,7±9,3	174,6±4,4	170,6±4,7	175,0±3,2	164,7±7,5	177±22
в 12 месяцев	250,2±13,8	251,9±6,5	246,1±7,0	252,5±4,8	237,1±11,2	256±32
в 15 месяцев	307,5±17,0	309,2±15,1	302,4±8,7	310,3±6,0	291,2±13,9	314±40
Среднесуточный прирост, г	628,4±37,2	633,3±17,7	617,7±19,0	635,0±13,1	593,0±30,4	642,6±87,4

Установлено, что в возрастные периоды 6, 8 и 12 месяцев, преимущество по живой массе у носителей с гомозиготными аллелями CAPN1_316 перед сверстниками, в генотипе которых они отсутствовали. Так, телочки CAPN1_316 (C) превосходили своих сверстниц CAPN1_316 (GG) в указанные периоды на 4,01 кг ($P<0,05$). Гетерозиготные носители CAPN1_316 (GG) превосходили сверстников на 5,74 ($P<0,05$) животных в генотипе которых отсутствовали данные аллели. Значение живой массы у носителей гетерозиготных аллелей по гену CAPN1_316 в разные возрастные периоды выше, чем у обоих гомозигот.

Разница в пользу гомозиготных желательных и гетерозиготных генотипов в гене CAPN1_530 составляет 15,34 ($P<0,05$). Животные с генотипом GG в гене CAPN1_530 в расчёты не взяты.

Из вышеизложенного видно, что значение живой массы между разными генотипами не был статистически значимым. Из литературы видно, что, наряду

с локусами, влияющими на нежность говядины есть и другие локусы, связанные с весом при отъеме и массой туши. По мнению Marshall (1999) [7] генетические корреляции, связанные с атрибутами технологического качества, широко не изучались, вероятно, из-за трудностей с получением соответствующих данных, хотя есть некоторые свидетельства связи между качеством мяса и признаками роста. Когда генетические маркеры оцениваются как возможные инструменты селекции по данному признаку, необходимо также оценить последствия выбора животных, несущих благоприятный маркер, для других признаков.

Практическая значимость полученных данных будет заключаться в перспективности отбора носителей желательных аллелей генов CAPN1_316 и CAPN1_530 для целенаправленного подбора родительских пар и получения большего числа потомков с гомозиготным генотипом, что обеспечит больший удельный вес в стаде животных с лучшими качественными показателями мясной продуктивности.

Библиографический список

1. Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. N 717 "О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия" (с изменениями и дополнениями 19 апреля 2022 г.)// Постановление Правительства РФ от 8 февраля 2019 г. N 98

2. Лысенко Н.Г., Колесник А.И., Горайчук И.В., Рубан С.Ю., Федота А.М. Ассоциация генов кальпаин-кальпастатиновой системы и параметров экстерьера животных абердин-ангусской породы. 2016

3. Page B.T., Casas E., Heaton M.P., Cullen N.G., Hyndman D.L., Morris C.A., Crawford A.M., Wheeler T.L., Koohmaraie M., Keele J.W., et al. Evaluation of single-nucleotide polymorphisms in CAPN1 for association with meat tenderness in cattle. J Anim Sci. 2002;80:3077–3085. [PubMed] [Google Scholar]

4. Koohmaraie M 1992 The role of Ca²⁺-dependent proteases (calpains) in post mortem proteolysis and meat tenderness Biochimie. 74(3) 239–245

5. Chung H Y, Davis M E, Hines H C 1999 A DNA polymorphism of the bovine calpastatin gene detected by SSCP analysis Anim. Genet. 30(1) 80–81

6. Ciepłoch A et.al. 2017 Genetic disorders in beef cattle: a review Genes Genomics. 39(5) 461–471

7. Marshall D.M. Genetics of meat quality. In: Fries R., Ruvinsky A., editors. The Genetics of Cattle. Oxon: CAB International; 1999. pp. 605–636. [Google Scholar] [Ref list]

УДК 57.085

ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ IN VITRO

Ефанова Евгения Михайловна, аспирант кафедры биотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, efanova@rgau-msha.ru