

Научная статья / Scientific paper
УДК 636.082.12:636.32/.38
DOI: 10.26897/2074-0840-2025-1-6-9

ВЛИЯНИЕ ГЕНА КАЛЬПАСТАТИНА (CAST) НА КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ СЫРОВАЯНОЙ ПРОДУКЦИИ

Е.Д. КАРПОВА✉, А.И. СУРОВ, А.А. ОМАРОВ

ВНИИ овцеводства и козоводства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», г. Ставрополь, Российская Федерация; ✉ karpova@fnac.center

THE EFFECT OF THE CALPASTATIN GENE (CAST) ON THE QUALITATIVE COMPOSITION OF DRIED PRODUCTS

E.D. KARPOVA✉, A.I. SUROV, A.A. OMAROV

All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «North Caucasian Agrarian Center», Stavropol, Russian Federation; ✉ karpova@fnac.center

Аннотация. В последние годы всё больше внимания уделяется вопросам качества продуктов питания. Потребители становятся требовательными к составу и свойствам пищевых продуктов, а производители и исследователи активно работают над разработкой новых методов контроля и улучшения качества продукции. Одним из ключевых факторов, влияющих на качество сыровяленной продукции, является ген кальпастатин (CAST). Данный ген кодирует белок, который играет роль ингибитора ферментации молочного белка. Это означает, что при наличии активности этого гена мясная продукция будет иметь более мягкую текстуру и лучшую сохранность в процессе вяления и приобретения своего деликатного вкуса. Исследования показывают, что выражение гена CAST может быть изменено как естественными мутациями, так и под воздействием различных факторов окружающей среды. Понимание механизмов регуляции этого гена может помочь улучшить качество сыровяленной продукции и оптимизировать процессы её производства. Однако вопрос о том, как точно ген CAST влияет на качественный состав сыровяленной продукции, до конца не изучен. Некоторые исследования указывают на то, что повышение экспрессии этого гена может привести к увеличению содержания полезных аминокислот и незаменимых жирных кислот в сыровяленной продукции. Другие же работы предполагают возможность использования методик модификации экспрессии гена CAST для создания новых видов сыровяленной продукции со специфическими свойствами. В данной статье мы рассмотрели результаты собственных научных исследований влияния гена кальпастатина на качество сыровяленной продукции. Цель настоящих исследований – провести сравнительный анализ качества сыровяленной продукции, полученной от животных-носителей разных генотипов по гену мясной продукции – кальпастатину (CAST). Анализ полиморфизма гена кальпастатина проводили методом ПЦР-ПДРФ. Полиморфизм данного гена представлен двумя аллелями – M и N. Частота встречаемости CAST^{NN} и CAST^{MN} генотипов у помесных баранчиков (российский мясной меринос × шароле, российский мясной меринос × иль-де-франс) составила 33,0 и 20,00%, у чистопородных баранчиков российский мясной меринос – 20,0%. Дальнейшим этапом нашей работы явилось проведение исследований по изучению качества продукции, полученной от чистопородных баранчиков-носителей разных генотипов, которую оценивали по показателям пищевой ценности (физико-химический; аминокислотный состав). Анализ

полученных данных выявил большее содержание необходимых живому организму аминокислот именно в продукте, полученном от животных, имеющих селекционно важные аллели в гомозиготном состоянии. Применение результатов, отраженных в статье, позволит проводить прижизненный отбор животных с высоким качеством мясной продукции на основе оценки аллельного состояния гена кальпастатина (CAST).

Ключевые слова: кальпастатин, полиморфизм, генотип, мясная продукция, сыровяленная продукция, аминокислотный состав

Summary. In recent years, more and more attention has been paid to food quality issues. Consumers are becoming demanding about the composition and properties of food products, and manufacturers and researchers are actively working to develop new methods of product quality control and improvement. One of the key factors affecting the quality of cured products is the calpastatin gene (CAST). This gene encodes a protein that plays the role of an inhibitor of milk protein fermentation. This means that with the activity of this gene, meat products will have a softer texture and better preservation during the drying process and acquire their delicate taste. Research shows that the expression of the CAST gene can be changed both by natural mutations and under the influence of various environmental factors. Understanding the mechanisms of regulation of this gene can help improve the quality of dried products and optimize their production processes. However, the question of how exactly the CAST gene affects the qualitative composition of dried products has not been fully studied. Some studies indicate that an increase in the expression of this gene may lead to an increase in the content of beneficial amino acids and essential fatty acids in dried products. Other studies suggest the possibility of using techniques to modify the expression of the CAST gene to create new types of dried products with specific properties. In this article, we will consider the results of our own scientific research on the effect of the calpastatin gene on the quality of dried products. The purpose of these studies is to conduct a comparative analysis of the quality of dried products obtained from animals of different genotypes according to the gene of meat productivity – calpastatin (CAST). The polymorphism of the calpastatin gene was analyzed by PCR-PDRF. The polymorphism of this gene is represented by two alleles – M and N. The frequency of occurrence of CAST^{NN} and CAST^{MN} genotypes in crossbred sheep (Russian meat merino×charolais, Russian meat merino×ile-de-France) was 33.0 and 20.00%, in sheep (Russian meat merino × Russian

meat merino) – 20.0%. A further stage of our work was to conduct research on the quality of products obtained from purebred sheep carriers of different genotypes, which were evaluated by indicators of nutritional value (physico-chemical; amino acid composition). The analysis of the obtained data revealed a higher content of amino acids necessary for a living organism in the product obtained from animals with selectively important alleles in a homozygous state. The application of the results reflected in the article will allow for the in vivo selection of animals with high quality meat products based on an assessment of the allelic state of the calpastatin gene (CAST).

Keywords: calpastatin, polymorphism, genotype, meat products, dried products, amino acid composition

Введение. В процессе улучшения существующих пород сельскохозяйственных животных и создания новых, ключевую роль играет анализ и поиск методологий для объективной оценки генетического потенциала исходного селекционного материала выдающихся племенных животных. Для этого требуется комплексный подход, который объединяет различные специфические методы и приёмы [1, 2, 3].

На сегодняшний день многие исследования посвящены влиянию генетических факторов на качественный состав продукции. Один из таких генов, привлекающих внимание учёных, – ген кальпастатин (CAST), который играет важную роль в регуляции ферментов, ответственных за разрушение белков в мышцах [4].

Влияние данного гена на качественный состав сыровяленной продукции изучается с целью повышения вкусовых и пищевых свойств. Исследования показывают, что ген кальпастатин может оказывать воздействие на несколько ключевых характеристик сыровяленной продукции. Ген CAST может влиять на содержание белка в мясе животных. Существуют данные о том, что у овец с более высоким уровнем экспрессии гена CAST содержание белка в мышцах значительно выше, что в свою очередь может привести к повышению качества сыровяленной продукции. Важное значение гена CAST на качественный состав сыровяленной продукции связано с его влиянием на разделение мышечной ткани на мышцы с разной степенью мраморности. Мраморность мяса является одним из ключевых показателей качества сыровяленной продукции, так как она влияет на вкусовые и текстурные характеристики. Исследования показывают, что высокое экспрессирование гена CAST может способствовать формированию мышц с более выраженной мраморностью, что положительно сказывается на качестве сыровяленной продукции [5].

Активные исследования в области генетики продолжают привлекать внимание научного сообщества, особенно относительно влияния генов на процессы формирования мышечной ткани, количество и диаметр мышечных волокон, жировых включений, что важно для пищевой промышленности. Ранние разработки показали, что повышенный уровень кальпастатина может улучшить сохранность мяса и предотвратить разрушение белков в процессе созревания

продукта, влиять на синтез и распад миофибриллярного белка, который определяет структуру и сочность мяса, контролировать уровень жира в продукции. Потенциально возможна идентификация генетических маркеров, которые позволят улучшить контроль за качеством и соответственно повысить конкурентоспособность продукции [6, 7].

Цель исследования заключалась в сравнительном анализе качества сыровяленной продукции, полученной от животных-носителей разных генотипов по гену мясной продукции.

Материалы и методы исследований. Научно-исследовательская работа проводилась в п. Цимлянский Шпаковского района Ставропольского края на базе опытного подразделения Всероссийского НИИ овцеводства и козоводства. Объектом исследований служили баранчики разных вариантов скрещивания: (РММ×Ш, РММ×ИДФ, РММ×РММ). Молекулярно-генетические исследования проводились в лицензированной лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», анализ полиморфизма гена CAST проводили методом ПЦР ПДРФ.

Гистологическую структуру мышечной ткани у всех групп животных изучали на примере длиннейшей мышцы спины (*m. Longissimus dorsi*) в лаборатории морфологии и качества продукции ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ».

Качественный состав продукции изучали в комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИ-ИММП – ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции», г. Волгоград. Аминокислотный состав мяса определяли по методике с использованием системы КЭ «Капель» М 04-38-2009; массовую долю белка, (ГОСТ 25011-2017); жира, (ГОСТ 23042-2015); влаги, (ГОСТ 33319-2015); общей соды, (ГОСТ 31727-2012); кальция, (ГОСТ Р 55573-2013); общего фосфора, (ГОСТ 32009-2013).

Статистический анализ результатов исследований осуществлялся в соответствии с методиками, предложенными Н.А. Плохинским (1980), Е.К. Меркурьевой (1970) с применением компьютерных программ BioStat, Excel [8].

Результаты исследований и их обсуждение. На сегодняшний день нами получены данные по отбору ягнят на основе исследования генетических маркеров мясной продукции в ранний период развития (рис. 1, 2).

Частота встречаемости CAST^{NN}, CAST^{MN}, CAST^{MM} генотипов у помесных баранчиков (РММ×Ш, РММ×ИДФ) составила 33,0, 20,0 и 47,0%, у чистопородных баранчиков генотипы CAST^{NN}, CAST^{MN} по 20,0%, гомозиготный CAST^{MM} – 60,0%.

Установлено, что для улучшения мясных качеств, в том числе мраморности мяса, необходимо отбирать животных, в геноме которых присутствует желательная аллель N.

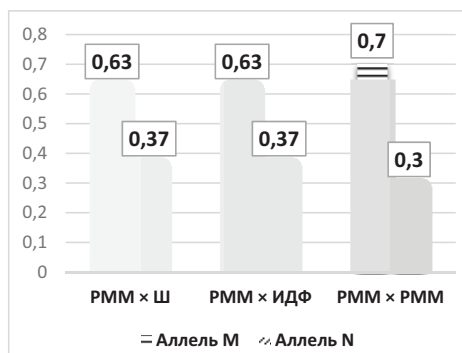


Рис. 1. Аллельный спектр гена CAST баранчиков разных вариантов скрещивания

Fig. 1. Allele spectrum the CAST gene of sheep of different crossing variants

Таблица 1. Химический состав продукции, полученной от животных разных генотипов

Table 1. Chemical composition of products obtained from animals of different genotypes

Наименование показателей качества продукции по НД	CAST ^{MM}	CAST ^{NN}
Массовая доля белка, %	38,09	40,83
Массовая доля жира, %	20,0	17,5
Массовая доля влаги, %	15,2	10,3
Массовая доля общей золы, %	1,22	1,28
Массовая доля кальция, мг/кг	67	73
Массовая доля общего фосфора, %	0,13	0,19

Таблица 2. Аминокислотный состав продукции, полученной от животных носителей разных генотипов

Table 2. Amino acid composition of products obtained from animal carriers of different genotypes

Аминокислотный состав, мг%	CAST ^{MM}	CAST ^{NN}
аргинин	3422	3506
лизин	3015	3296
тирозин	1308	1526
фенилаланин	1852	2009
гистидин	1042	1115
лейцин + изолейцин	5375	5863
метионин + цистин	494	533
валин	1721	1940
оксипролин	752	760
пролин	2447	2565
треонин	1522	1540
серин	1396	1398
аланин	2364	2520
глицин	2624	2755
триптофан	548	575

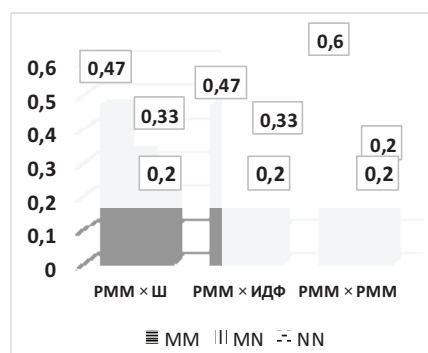


Рис. 2. Частота встречаемости генотипов гена CAST у баранчиков разных вариантов скрещивания

Fig. 2. Frequency of occurrence of CAST gene genotypes in sheep of different crossing variants

У животных-носителей селекционно-значимых аллельных вариантов CAST^{NN} в возрасте 4 мес. выявлена более высокая энергия роста на 8%, показатель мраморности – на 5,0%, чем у аналогов CAST^{MM}.

Дальнейшим этапом нашей работы явились исследования качества продукции, полученной от чистопородных баранчиков (PMM×PMM) разных генотипов.

Качество полученной сыровяленной продукции оценивали по показателям пищевой ценности (химический, аминокислотный состав). Выявлено, что уровень содержания белка, доля общей золы, кальция и фосфора были выше в продукции от носителей CAST^{NN} генотипа на 7,1; 5,0; 8,9; 46,1% по сравнению с продукцией от носителей варианта CAST^{MM}. Более высокие показатели содержания жира и массовой доли влаги отмечены в продукции от животных генотипа CAST^{MM} на 14,3 и 47,5% в сравнении со сверстниками генотипа NN (табл. 1).

Далее представлен сравнительный анализ биологической ценности, полученной мясной продукции от чистопородных животных разных генотипов путём изучения аминокислотного состава (табл. 2).

Выявлено, что уровень таких незаменимых аминокислот, как аргинин, лизин, фенилаланин, гистидин, лейцин+изолейцин, метионин+цистин, валин, треонин, триптофан был выше на 2,4; 9,3; 1,18; 8,4; 7,0; 9,0; 7,9; 12,7; 1,0; 5,0%, в продукции, полученной от носителей CAST^{NN} генотипа в сравнении с продукцией от сверстников CAST^{MM} варианта.

Установлено сравнительно большее количество таких заменимых аминокислот, как оксипролин, пролин, тирозин, серин, аланин, глицин на 1,0; 4,8; 16,6; 0,1; 6,6; 4,5%, в продукте, полученном от группы носителей селекционно-значимого генотипа CAST^{NN}.

Заключение. Анализ полученных данных показал большее содержание необходимых живому организму аминокислот именно в продукте, полученном от животных, имеющих селекционно-важные аллели N в гомозиготном состоянии.

Данные исследования наглядно демонстрируют эффективность прижизненного отбора животных на основе оценки аллельного состояния гена кальпастатина (CAST), который способствует улучшению качества баранины, что может отразиться на экономической эффективности отрасли.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflicts of interest. There was no funding for the work.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Дейкин А.В., Селионова М.И., Криворучко А.Ю., Коваленко Д.В., Трухачев В.И. Генетические маркеры в мясном овцеводстве • *Вавиловский журнал генетики и селекции*, 2016. № 5. С. 576-583.

Deikin A.V., Selionova M.I., Krivoruchko A.Yu., Kovalenko D.V., Trukhachev V.I. Genetic markers in meat sheep breeding • *Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding*, 2016. No. 5. Pp. 576-583.

2. Дмитриева Т.О. Современное состояние и тенденции развития мирового овцеводства • *Colloquium-journal. Голопристанский районный центр занятости*, 2020. № 3-3. С. 9-11.

Dmitrieva T.O. Current state and trends global business development • *Colloquium-journal. Holopristsansky district employment Center*, 2020. № 3-3. Pp. 9-11.

3. Зиновьева Н.А., Доцев А.В., Сермягин А.А., Виммерс К. [и др.]. Изучение генетического разнообразия и популяционной структуры российских пород крупного рогатого скота с использованием полногеномного анализа sNP • *Сельхозбиология*, 2016. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-geneticheskogo-raznoobraziya-i-populyatsionnoy-struktury-rossiyskih-porod-kрупnogo-rogatogo-skota-s-ispolzovaniem> (дата обращения: 22.10.2023).

Zinovieva N.A., Doev A.V., Sermyagin A.A., Vimmers K. [et al.]. The study of genetic diversity and functional structure of Russian production by the method of group bagel analysis using genome-wide sNP analysis • *Agricultural biology*, 2016. No. 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-geneticheskogo-raznoobraziya-i-populyatsionnoy-struktury-rossiyskih-porod-kрупnogo-rogatogo-skota-s-ispolzovaniem> (accessed: 10/22/2023).

4. Карпова Е.Д., Омаров А.А., Малахова Л.С. Репродуктивные особенности овцематок при круглогодичном производстве молодой баранины • *Сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса*, 2022. С. 205-210.

Karpova E.D., Omarov A.A., Malakhova L.S. Reproductive features of ewes in the year-round production of young mutton • *Collection of articles of the International Research Competition*, 2022. Pp. 205-210.

5. Карпова Е.Д., Суржикова Е.С., Гаджиев З.К., Дмитрик И.И., Завгородняя Г.В. Полиморфизм гена CAST и ассоциация его генотипов с показателями мясной

продуктивности овец • *Аграрный научный журнал*, 2022. № 1. С. 60-63.

Karpova E.D., Surzhikova E.S., Gadzhiev Z.K., Dmitrik I.I., Zavgorodnaya G.V. Polymorphism of the CAST gene and assimilation of its genotypes with indexes of mass research results • *Agrarian Scientific Journal*, 2022. No. 1. Pp. 60-63.

6. Трухачёв В.И., Селионова М.И., Криворучко А.Ю., Айбазов А. – М.М. Генетические маркеры мясной продуктивности овец (*Ovis aries* L.). Сообщение I: миостатин, кальпаин, кальпастатин • *Сельхозбиология*, 2018. № 6.

Trukhachev V.I., Selionova M.I., Krivoruchko A.Yu., Aybazov A. – M.M. Genetic markers of sheep meat productivity (*Ovis Aries* L.). Message to me: myostatin, calpain, calpastatin • *Agricultural biology*, 2018. No. 6.

7. Ульянов А.Н., Куликова А.Я. Повышение мясной и шерстной продуктивности – неотложные проблемы овцеводства России • *Овцы, козы, шерстяное дело*, 2013. № 2. С. 19-24.

Ulyanov A.N., Kulikova A.Ya. Increase of meat and wool productivity – urgent problems of sheep breeding in Russia • *Sheep, goats, wool business*, 2013. No. 2. Pp. 19-24.

8. Меркурьева Е.К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных • *М.: Колос*, 1970. 424 с.

Merkur'eva E.K. Biometrics in breeding and genetics of farm animals • *M.: Kolos*, 1970. 424 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Екатерина Дмитриевна Карпова, канд. биол. наук, зав. лабораторией перспективных молочных ресурсов; тел.: (988) 094-31-21, e-mail: karpova@fnac.center;

Александр Иванович Суров, доктор с.-х. наук, директор, гл. науч. сотрудник лаборатории перспективных молочных ресурсов, тел.: (865) 271-70-33, e-mail: surov.stv@yandex.ru;

Арслан Ахметович Омаров, канд. с.-х. наук., тел.: (865) 271-70-33, e-mail: omarov1977@yandex.ru.

Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», пер. Зоотехнический, 15, г. Ставрополь, 355017, Российская Федерация

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ekaterina D. Karpova, Ph D. Biol. sciences, head. laboratory of advanced dairy resources; tel.: (988) 094-31-21, e-mail: karpova@fnac.center;

Alexander I. Surov, Doctor of Agricultural Sciences, Director, Chief Scientific Officer. employee of the laboratory of advanced dairy resources, tel.: (865) 271-70-33, e-mail: surov.stv@yandex.ru;

Arslan A. Omarov, Candidate of Agricultural Sciences, tel.: (865) 271-70-33, e-mail: omarov1977@yandex.ru.

The All-Russian Scientific Research Institute of Sheep and Goat Breeding is a branch of the North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Per. Zootechnical, 15, Stavropol, 355017, Russian Federation

Поступила в редакцию / Received 18.09.2024

Поступила после рецензирования / Revised 25.09.2024

Принята к публикации / Accepted 06.11.2024