

T.N. Rodionova, G.V. Levchenko, I.V. Ryzhkova, A.V. Danilin, D.N. Katusov, A.V. Anisimov // Annals of Agri Bio Research. – (ISSN09719660-India-Scopus) – 2019. – Vol. 24 (2). – P. 327-331.

**Забелина Маргарита Васильевна**, доктор биол. наук, профессор кафедры «Технология производства и переработки продукции животноводства», ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова, тел.: (917) 329-20-17. E-mail: mvzabelina@mail.ru;  
**Ледяев Тимур Бахтиёрович**, аспирант кафедры «Технология производства и переработки продукции

животноводства», ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова. E-mail: ledyaev\_1995@mail.ru;  
**Преображенская Татьяна Станиславовна**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Технология производства и переработки продукции животноводства», ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова. E-mail: tftiana2008@mail.ru;  
**Катусов Дмитрий Николаевич**, канд. тех. наук, доцент кафедры «Технология производства и переработки продукции животноводства», ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова. E-mail: dnksar@yandex.ru.

УДК: 636.32/38.082.12.47.045

DOI: 10.26897/2074-0840-2021-2-12-15

## ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЛИПИДОВ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ МОЛОДНЯКА ОВЕЦ РАЗНЫХ АЛЛЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ГЕНА CAST

Л.Н. ЧИЖОВА<sup>1</sup>, Е.Д. КАРПОВА<sup>1</sup>, Е.С. СУРЖИКОВА<sup>1</sup>, М.В. ЗАБЕЛИНА<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»;

<sup>2</sup> Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова

## FATTY ACID COMPOSITION OF MUSCLE TISSUE LIPIDS IN YOUNG SHEEP OF DIFFERENT ALLELIC VARIANTS OF THE CAST GENE

L.N. CHIZHOVA<sup>1</sup>, E.D. KARPOVA<sup>1</sup>, E.S. SURZHKOVA<sup>1</sup>, M.V. ZABELINA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Federal State Budgetary Scientific Institution

«North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center»;

<sup>2</sup> Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov

**Аннотация.** В статье представлены результаты анализа жирнокислотного состава липидов мышечной ткани овец разных генотипов ставропольской породы в возрасте 8-ми месяцев. Использованием ПЦР-ПДРФ определен полиморфизм гена кальпастатина CAST.

**Ключевые слова:** ген, генотип, липиды, жирные кислоты, мышечная ткань, овцы.

**Summary.** The article presents the results of the analysis of the fatty acid composition of the lipids of the muscle tissue of sheep of different genotypes of the Stavropol breed at the age of 8 months. The polymorphism of the calpastatin CAST gene was determined using PCR-PDRF.

**Key words:** gene, genotype, lipids, fatty acids, muscle tissue, sheep.

Усилия исследователей в последнее время направлены на поиск путей и способов управления качеством мясной продукции [3, 7]. При этом особое внимание уделяется изучению факторов и механизмов, участвующих в регуляции процессов формирования мясной продуктивности и качества мяса [1, 15]. Высокоэффективным энергетическим материалом для обеспечения анализа компонентов в мясе являются внутримышечные и межмышечные липиды, которым отводится важная биологическая значимость. Они играют двоякую роль:

неспецифическую – являясь источником энергии и специфическую – являясь поставщиком эссенциальных жирных кислот, жирорастворимых витаминов, материалом для биосинтеза и построения жировых тканей организма. Полиненасыщенные жирные кислоты рассматривают как фактор F, который по своему биологическому статусу приравнивается к витаминам. Следовательно, мышечные липиды в зависимости от их жирнокислотного состава, их процентного содержания и соотношения оказывают существенное влияние на пищевую ценность и качество мяса, обуславливая приятный вкус, аромат, сочность, нежность и мраморность [8-12]. Для раннего периода постнатального онтогенеза животных, в том числе и овец, характерно многообразие обменных процессов, в результате которых формируется, а затем и закрепляется определенный тип обмена веществ [2, 4]. Особую роль при этом играют липиды, которые вместе с белками и углеводами составляют основную массу органических веществ, клеток и организма в целом. Их свойства также определяются качественным составом жирных кислот, их количественным соотношением и процентным содержанием [13]. Жирные кислоты из-за своей легкодоступности являются энергетическим резервом организма, принимают участие в обеспечении организма субстратами

необходимыми для нормального функционирования всех систем и органов [14]. Внутримышечные липиды, а также межмышечные или так называемая межмышечная жировая прослойка определяется как один из критериев, используемый для определения качественных характеристик мяса. Мраморность определяет вкусовые качества баранины: чем выше мраморность, тем приятнее вкус мяса, его аромат, сочность и нежность [6]. Мраморное мясо содержит высокое количество эссенциальных компонентов, в число которых входят жизненно важные жирные кислоты Омега-3 и Омега-6. Содержание этих полиненасыщенных жирных кислот делает мраморную баранину очень полезным для многих систем организма человека продуктом. Попадая в организм, эти жирные кислоты легко вступают в химические реакции, превращая при этом лишний жир и углеводистые соединения в энергию [16]. Однако, как было сказано выше, пищевая ценность липидов мышечной ткани не одинакова, и зависит в большей степени от состава жирных кислот, их процентного содержания, соотношения [5].

**Материал и методы.** Изучение количественно-качественных характеристик липидов мышечной ткани проводилось с использованием образцов длинной мышцы спины, отобранных во время убоя овец разных генотипов в возрасте 8 месяцев. Содержание жирных кислот (ЖК) в мышечной ткани определяли методом газожидкостной хроматографии в виде метиловых эфиров на газовом хроматографе «Кристалл 200» с капиллярной колонкой HP-FFAP 50 m 0,32 mm 0,5 μm (USA). Метилловые эфиры ЖК получали методом Моррисона и Смита. Идентификацию ЖК осуществляли с использованием стандартов фирмы *Sigma* и *Fluka*. Количественное определение ЖК проводилось с использованием программного обеспечения «Хроматэк Аналитик».

Интенсивность, направленность липидного обмена учитывалась с использованием расчетных показателей:

Индекс насыщенности липидов (ИНЛ):

$$\text{ИНЛ} = \frac{\sum \text{насыщенных жирных кислот, \%}}{\sum \text{ненасыщенных жирных кислот, \%}}$$

Соотношение количества кислот пальмитиновой (C16:0) и олеиновой (C18:1) (индекс интенсивности обмена липидов – ИИОЛ):

$$\text{ИИОЛ} = \omega(\text{C16:0}) / \omega(\text{C18:1})$$

Отношение количества арахидоновой кислоты (C20:4) к сумме всех других полиненасыщенных жирных кислот с углеродной цепью от 20 до 22 атомов углерода, оказывающих на организм

Таблица

**Содержание жирных кислот в липидах мышечной ткани ягнят разных генотипов (8 мес.), %**

**The content of fatty acids in the lipids of the muscle tissue of lambs of different genotypes (8 months), %**

Название кислот, код	Генотип		
	CAST <sup>MM</sup>	CAST <sup>NN</sup>	CAST <sup>MN</sup>
Миристиновая, C14:0	3,01±0,28	3,49±0,31	3,36±0,36
Пентадекановая, C15:0	0,38±0,08	0,27±0,1	0,19±0,06
Пальмитиновая, C16:0	14,38±0,41	16,77±0,39	14,63±0,34
Пальмитинолеиновая, C16:1	2,91±0,14	2,14±0,19	3,05±0,18
Гептадекановая, C17:0	2,34±0,31	2,02±0,21	1,28±0,18
Гептадеценовая, C17:1	0,48±0,08	0,83±0,01	0,42±0,33
Стеариновая, C18:0	18,81±0,34	22,17±0,46	18,77±0,38
Олеиновая, C18:1	51,4±0,34	40,89±0,29	44,21±0,33
Линолевая, C18:2	3,17±0,18	3,96±0,25	3,79±0,16
Линоленовая, C18:3	0,17±0,07	0,22±0,11	0,11±0,6
Арахидоновая, C20:0	1,43±0,14	2,92±0,31	2,0±0,17
Арахидоновая, C20:4	0,86±0,33,	1,22±0,28	1,17±0,19
Σ Насыщенные	40,83±3,81	48,47±4,91	40,65±4,68
Σ Мононенасыщенные	54,31±4,21	43,03±4,58	47,29±4,05
Σ Полиненасыщенные	4,25±1,98	5,35±2,12	5,07±2,06
ИНЛ	0,697±0,064	1,001±0,072	0,776±0,066
ИИОЛ	0,279±0,075	0,410±0,088	0,331±0,072
КЭМ	0,217±0,047	0,384±0,036	0,308±0,051

дестабилизирующее влияние (коэффициент эффективности метаболизации – КЭМ):

$$\text{КЭМ} = \frac{\omega(\text{C20:4})}{\sum \omega(\text{C20:4}) - (\text{Cn:m})}$$

**Результаты и обсуждение.** Использованием ПЦР-ПДРФ определен полиморфизм гена кальпастина *CAST*. Генотипированием установлено, что полиморфизм гена *CAST* представлен двумя аллелями *CAST<sup>M</sup>*; *CAST<sup>N</sup>* и тремя генотипами: *CAST<sup>MM</sup>*; *CAST<sup>NN</sup>*; *CAST<sup>MN</sup>* с разной частотой встречаемости.

Хроматографическим анализом идентифицировано 12 жирных кислот. Наивысшая концентрация была характерна для таких кислот, как пальмитиновая (C16:0), стеариновая (C18:0), из ненасыщенных – олеиновая (C18:1), наименьшая – для пентадекановой (C15:0), гептадеценовой (C17:0), линоленовой (C18:3).

Оценивая жирнокислотный состав липидов мышечной ткани, независимо от генотипа, установлено, что по качественным характеристикам у всех животных он был идентичен, но по количеству отдельных кислот выявлены различия (табл.).

При сопоставлении и анализе жирнокислотного состава липидов мышечной ткани овец разных генотипов оказалось, что в липидах длинной мышцы спины ягнят – носителей гомозиготного генотипа *CAST<sup>NN</sup>* было больше таких жирных кислот, как миристиновая (C14:0), пальмитиновая (C16:0), стеариновая (C18:0), арахидоновая (C20:0),

из ненасыщенных: мононенасыщенной – пальмитиновой (C16:1), полиненасыщенных – арахидоновой (C20:4), чем у сверстников с гомозиготным генотипом  $CAST^{MM}$ .

Так, в липидах длиннейшей мышцы спины ягнят с генотипом  $CAST^{NN}$  доля насыщенных: миристиновой (C14:0), пальмитиновой (C16:0), стеариновой (C18:0), арахидоновой (C20:0) составила 3,49; 16,77; 22,17; 1,22%, а в липидах длиннейшей мышцы спины ягнят с генотипом  $CAST^{MM}$  3,01; 14,38; 18,81; 0,86%.

Что касается ненасыщенных жирных кислот, то доля мононенасыщенных в липидах длиннейшей мышцы спины гомозиготных генотипов  $CAST^{NN}$  составила: C16:1-2,91; C18:1-40,89%; полиненасыщенных – C18:2-3,17; C20:4-1,22%.

Анализ полученных данных свидетельствует о более высокой насыщенности липидов мышечной ткани длиннейшей мышцы спины ягнят  $CAST^{NN}$  генотипа по сравнению с аналогом  $CAST^{MM}$ , составившей: 48,47 – у ягнят  $CAST^{NN}$  генотипа, против 40,83% –  $CAST^{MM}$  ( $P < 0,001$ ).

Выявленные количественные изменения насыщенных жирных кислот, таких как пальмитиновая (C16:0), стеариновая (C18:0), арахидоновой (C20:0), в липидах мышечной ткани длиннейшей мышцы спины ягнят  $CAST^{NN}$  генотипов связаны с более высоким их содержанием в ней. Но при этом ненасыщенных жирных кислот таких как линолевой (C18:2), олеиновой (C18:1) содержится меньшее количество в этой же мышце ( $P < 0,05$ ;  $P < 0,01$ ).

Обнаруженная закономерность нашла отражение в величине индекса насыщенности липидов (ИНЛ). В липидах мышечной ткани длиннейшей мышцы спины ягнят  $CAST^{NN}$  генотипов ИНЛ составил 1,001,  $CAST^{MM}$  генотипов – 0,697, ( $P < 0,01$ ).

Сравнительный анализ и сопоставление жирнокислотного состава мышечной ткани длиннейшей мышцы спины исследуемых генотипов овец свидетельствует о схожести качественного состава изученных жирных кислот, с одной стороны, о значительных их количественных различиях с другой.

Ряд исследователей считает, что пищевая ценность мяса формируется такими жирными кислотами, как пальмитиновая (C16:0), олеиновая (C18:1). При этом авторы отмечают, что доля C18:1 должна превышать долю C16:0.

Сравнительный анализ величины ИИОЛ липидов мышечной ткани длиннейшей мышцы спины разных генотипов свидетельствует о большей его величине у генотипов  $CAST^{NN}$ , чем у аналогов  $CAST^{MM}$ : 0,410, против 0,279, ( $P < 0,01$ ).

Эссенциальные (олеиновая, линолевая, арахидоновая) незаменимые жирные кислоты играют важную роль в биологических превращениях. Доказано, что между отдельными ненасыщенными жирными кислотами существует метаболическая взаимосвязь: усиление превращения одной кислоты тормозит

превращение других, синтез арахидоновой кислоты осуществляется из линолевой.

Цифровые значения коэффициента интенсивности метаболизации (КЭМ) дают возможность судить о липогенно-липолитической активности, то есть об обеспеченности биохимических процессов в мышечной ткани энергетическими субстратами – жирными кислотами.

Анализ степени биосинтеза эссенциальных жирных кислот свидетельствует об увеличении коэффициента метаболизации линолевой кислоты в арахидоновую, что говорит о более высоком уровне метаболической активности липидов мышечной ткани генотипов  $CAST^{NN}$  по сравнению с генотипами  $CAST^{MM}$ , составившей 0,217, против 0,384, или выше на 43,4%, ( $P < 0,01$ ).

**Выводы.** Полученные данные, их анализ позволяют предположить, что разница в уровне жирнокислотного состава липидов мышечной ткани длиннейшей мышцы спины изученных генотипов овец служит доказательством интенсивности липогенеза с одной стороны, и оценки пищевой ценности мяса, с другой.

Мясо ягнят с генотипом  $CAST^{NN}$  с более высоким уровнем миристиновой (C14:0), пальмитиновой (C15:0), стеариновой (C18:0), арахидоновой (C20:4), но более низким уровнем пальмитинолеиновой (C16:1), олеиновой (C18:1), линолевой (C18:2) жирных кислот является наиболее ценным пищевым продуктом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горлов И.Ф. Создание системных технологий производства продукции животноводства // Вестник мясного скотоводства. – 2010. – № 63. – С. 9-15.
2. Дейкин А.В. Генетические маркеры в мясном овцеводстве / А.В. Дейкин, М.И. Селионова, А.Ю. Криворучко, Д.В. Коваленко, В.И. Трухачев // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – № 5. – С. 576-583.
3. Дмитрик И.И. Мясные качества овец различного направления продуктивности / И. Дмитрик, Н. Марутяц // Главный зоотехник. – 2007. – № 5. – С. 55-58.
4. Ерохин А.И. Овцеводство: учебник / А.И. Ерохин, С.А. Ерохин. – М., 2004. – 213 с.
5. Забелина М.В. Особенности состава липидов мышечной ткани овец и влияние его на качество баранины / М.В. Забелина, В.П. Лушников. – Саратов, 2005. – 36 с.
6. Забелина М.В. Содержание и состав липидов мышечной ткани овец в зависимости от возраста // Сельскохозяйственная биология. Серия «Биология животных». – 2006. – № 4. – С. 99-100.
7. Завгородняя Г.В. Подходы к оценке качественных показателей мясной продукции овец / Г.В. Завгородняя, И.И. Дмитрик, М.И. Павлова, П.П. Менкнасунов // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2016. – № 1. – С. 43-45.
8. Запорожская Л.И. Характеристика и биологическая роль эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот / Л.И. Запорожская, И.В. Гаммель // Медицинский совет. – 2012. – № 5. – С. 21.

9. Колосов Ю.А. Полиморфизм гена CAST/Mspl у овец сальской породы / Ю.А. Колосов, Н.В. Широкова, Н.Ф. Бакоев // Сборник научных трудов ВНИИОК. – 2015. – Т. 1. – № 8. – С. 152-154.

10. Мухадов Г.М. Липидный обмен у каракульских овец в постнатальном онтогенезе / Г.М. Мухадов, Т.В. Федичкина // Бюлл. ВНИИФБиП с.-х. животных. – Боровск. – 1978. – Вып. 5. – С. 60-61.

11. Мухадов Г.М. Азотистый и липидный обмен у каракульских овец. – М. – 1985. – С. 248.

12. Нечипоренко А.П. Оптические свойства липидов животного происхождения / А.П. Нечипоренко, О.С. Везо, Л.В. Плотникова, У.Ю. Нечипоренко, М.И. Мельникова // НИУ ИТМО. – 2018. – № 3.

13. Чижова Л.Н. Система комплексной оценки селекционной перспективности племенных стад и их генетического благополучия на основе ДНК-диагностики: Методические рекомендации / Л.Н. Чижова, Г.Т. Бобрышова, Е.С. Суржикова, Н.И. Ефимова, Т.Н. Михайленко, М.И. Селионова, А.К. Михайленко, А.А. Оздириров, Е.Д. Луцива, Д.Д. Петухова, Т.Ю. Саприкина, А.В. Суховеева, А.И. Чудновец, В.Г. Евлагин / ВНИИОК. – Ставрополь. – 2020. – 97 с.

14. Янович В.Г. Обмен липидов у животных в онтогенезе / В.Г. Янович, П.З. Лагодюк. – М.: Агропромиздат. – 1991. – 316 с.

15. Gorlov I.F. Association of the growth hormone gene polymorphism with growth traits in Salsk sheep breed / I.F. Gorlov, N.V. Shirokova, M.I. Slozhenkina, N.I. Mosolova, E.Y. Zlobina, Yu.A. Kolosov, L.V. Getmantseva, N.F. Bakoev, M.A. Leonova, A.Yu. Kolosov // Small Ruminant Research. – 2017. – Т. 150. – С. 11-14.

16. Smith S.B. Marbling and Its nutritional impact on risk factors for cardiovascular disease // Korean Journal for Food Science of Animal Resources. – 2016. – 36 (4). – PP. 435-444.

## REFERENCES

1. Gorlov I.F. Creation of system technologies for the production of livestock products // Bulletin of meat cattle breeding. – (2010). – No. 63. – p. 9-15.

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

3. Dmitrik I.I. Meat qualities of sheep of various directions of productivity / I. Dmitrik, N. Marutyants // Chief zoo-technik. – 2007. – No. 5. – P. 55-58.

4. Erokhin A.I. Ovtsevodstvo: uchebnyk / A.I. Erokhin, S.A. Erokhin. – М., 2004. – 213 p.

5. Zabelina M.V. Features of the composition of lipids of sheep muscle tissue and its influence on the quality of mutton / M.V. Zabelina, V.P. Lushnikov. – Saratov, 2005. – 36 p.

6. Zabelina M.V. Content and composition of sheep muscle tissue lipids depending on age // Agricultural biology. Series "Animal Biology". – 2006. – No. 4. – P. 99-100.

7. Zavgorodnyaya G.V. Approaches to the assessment of quality indicators of meat products of sheep /

G.V. Zavgorodnyaya, I.I. Dmitrik, M.I. Pavlova, P.P. Menknasunov // Sheep, goats, wool business. – 2016. – No. 1. – Pp. 43-45.

8. Zaporozhskaya L.I. Characteristic and biological role of essential polyunsaturated fatty acids / L.I. Zaporozhskaya, I.V. Gammel // Medical Council. – 2012. – No. 5. – P. 21.

9. Kolosov Yu.A. Polymorphism of the cast gene/MSPI u ovets salskoy breed / Yu.A. Kolosov, N.V. Shirokova, N.F. Bakoev // Collection of scientific works of the All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding. – 2015. – Vol. 1. – No. 8. – Pp. 152-154.

10. Mukhadov G.M. Lipid metabolism in Karakul sheep in postnatal ontogenesis / G.M. Mukhadov, T.V. Fedichkina // Byull. VNIIFBiP of agricultural animals. – Bоровск. – 1978. – Issue 5. – P. 60-61.

11. Mukhadov G.M. Nitrogen and lipid metabolism in Karakul sheep. – М. – 1985. – P. 248.

12. Nechiporenko A.P. Optical properties of lipids of animal origin / A.P. Nechiporenko, O.S. Vezo, L.V. Plotnikova U.Yu. Nechiporenko, M.I. Melnikova // NIU ИТМО. – 2018. – № 3.

13. Chizhova L.N. The system of comprehensive assessment of breeding prospects of breeding herds and their genetic well-being based on DNA diagnostics: Methodological recommendations / L.N. Chizhova, G.T. Bobryshova, E.S. Surzhikova, N.I. Efimova, T.N. Mikhailenko, M.I. Selionova, A.K. Mikhailenko, A.A. Ozdimirov, E.D. Lutsiva, D.D. Petukhova, T.Yu. Saprikina A.V. Sukhoveeva, A.I. Chudnovets, V.G. Evlagin / VNIIOK. – Stavropol. – 2020. – 97 p.

14. Yanovich V.G. The exchange of lipids in animals in ontogenesis / V.G. Yanovich, P.Z. Lagodyuk. – М.: Агропромиздат. – 1991. – 316 p.

15. Gorlov I.F. Association of polymorphism of the growth hormone gene with signs of growth in the Salsk breed of sheep / I.F. Gorlov, N.V. Shirokova, M.I. Slozhenkina, N.I. Mosolova, E.Yu. Zlobina Yu.A. Kolosov, L.V. Getmantseva, N.F. Bakoev, M.A. Leonova A.Yu. Kolosov // Studies of small ruminants. – 2017. – Vol. 150. – P. 11-14.

16. Smith S.B. Marbling and its nutritional impact on risk factors for cardiovascular diseases // Korean Journal of Food Science on animal resources. – 2016. – 36 (4). – P. 435-444.

**Чижова Людмила Николаевна**, доктор с.-х. наук, профессор, гл. науч. сотрудник лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий. ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» г. Михайловск, тел.: (8652) 71-72-18 E-mail: immunogenetika@yandex.ru;

**Карпова Екатерина Дмитриевна**, аспирант лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий, мл. науч. сотрудник ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» г. Михайловск, тел.: 899880943121 E-mail: lucziwa@yandex.ru;

**Забелина Маргарита Васильевна**, доктор биол. наук, профессор. Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова. E-mail: mvzabelina@mail.ru;

**Суржикова Евгения Семеновна**, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотрудник лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий. ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» г. Михайловск, тел.: (8652) 71-72-18 E-mail: immunogenetika@yandex.ru.