

УДК 636.082.11:636.22/28.082.13

DOI: 10.33284/2658-3135-103-4-74

Влияние генотипов быков по генам CAPN1, CAST и TG5 на аминокислотный и жирнокислотный составы мяса у потомков казахской белоголовой породы

К.М. Джуламанов, Ш.А. Макаев, Н.П. Герасимов

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург)

Аннотация. Поиск наиболее объективных методов определения развития основных показателей, характеризующих биологическую полноценность мяса, имеет важное научно-практическое значение. В связи с этим целью исследований являлась оценка влияния линейных быков-производителей генотипированных по генам CAPN1, CAST и TG5 на жирнокислотный и аминокислотный составы мяса у потомства казахской белоголовой породы. Быки-отцы являлись продолжателями заводских линий Марципана 2933к; Смычка 5545к; Призёра 5001к и Дикого 7619к. Гомозиготный генотип CAST^{CC} у отцов был ассоциирован с максимальным содержанием полиненасыщенных жирных кислот у сыновей. Заметное влияние на соотношение ненасыщенных и насыщенных жирных кислот оказал генотип быков-производителей по гену TG5. Гетерозиготный генотип TG5^{CT} у отцов ассоциировался с повышением этого показателя у потомства на 0,04-0,11 ед. Комбинация генотипов CAST^{CC} и TG5^{CT} у отцов сочеталась с повышенным синтезом аминокислот в мышечной ткани сыновей. У сыновей Снайпера с гетерозиготным профилем по генам CAPN1, CAST и TG5 отмечалось минимальное количество незаменимых аминокислот. Таким образом, говядина, полученная от потомков линейных быков, различалась по аминокислотному и жирнокислотному составу.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, быки-производители, казахская белоголовая порода, заводская линия, потомки, генотип, качество мяса, аминокислотный состав, жирнокислотный состав.

UDC 636.082.11:636.22/28.082.13

Influence of bull genotypes by genes CAPN1, CAST and TG5 on amino acid and fatty acid compositions of meat in descendants of the Kazakh white-headed breed

Kinispay M Dzhulamanov, Shakur A Makaev, Nikolay P Gerasimov

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)

Summary. The search for the most objective methods for determining the development of the main indicators characterizing the biological usefulness of meat is of great scientific and practical importance. In this regard, the aim of the study was to assess the effect of linear sire genotyped for the CAPN1, CAST and TG5 genes on the fatty acid and amino acid composition of meat in the offspring of the Kazakh white-headed breed. Father bulls were the successors of breeding lines of Marzipan 2933k; Smychok 5545k; Prizewinner of 5001k and Wild 7619k. The homozygous CAST^{CC} genotype in fathers was associated with the maximum content of polyunsaturated fatty acids in sons. A noticeable effect on the ratio of unsaturated and saturated fatty acids was exerted by the genotype of sires for the TG5 gene. The heterozygous TG5^{CT} gene type in fathers was associated with an increase in this indicator in the offspring by 0.04-0.11 units. The combination of the CAST^{CC} and TG5^{CT} genotypes in fathers was combined with an increased synthesis of amino acids in the muscle tissue of the sons. The sons of Sniper with a heterozygous profile for the CAPN1, CAST, and TG5 genes had a minimum amount of essential amino acids. Thus, beef obtained from the descendants of breeding bulls differed in amino acid and fatty acid composition.

Key words: cattle, sire bulls, Kazakh white-headed breed, factory line, descendants, genotype, meat quality, amino acid composition, fatty acid composition.

Введение.

Селекционно-племенная работа направленная на улучшение качества мясной продукции осложняется невозможностью проведения точной прижизненной оценки, а следовательно, и отбора животных для воспроизводства стад (Джуламанов Е.Б. и др., 2017). В связи с этим поиск наиболее объективных методов определения развития основных показателей, характеризующих биологическую полноценность мяса, имеет важное научно-практическое значение для повышения конкурентоспособности отечественной отрасли мясного скотоводства.

Биологическая полноценность мяса в большей степени определяется содержанием в его составе незаменимых аминокислот (Picard B et al., 2010; Rodrigues R et al., 2017). Обеспечивая потребителей широким спектром незаменимых аминокислот, говядина от молодняка специализированных мясных пород представляет собой идеальный продукт питания для человека (Маркова И.В., 2013).

Технологические и кулинарные качества говяжьего жира обуславливаются жирнокислотным составом и соотношением насыщенных и ненасыщенных жирных кислот (Wood JD and Enser M, 1997; Nürnberg K et al., 1998). Наличие в мясных продуктах полиненасыщенных жирных кислот, которые организм человека синтезировать не способен, позволяет отнести говядину к важным компонентам сбалансированного питания. Дневная норма полиненасыщенных жирных кислот составляет 3-6 г.

Селекцию казахского белоголового скота по показателям биологической и технологической ценности мяса невозможно проводить исключительно приёмами традиционной племенной работы. Поэтому при совершенствовании мясного скота все чаще используют методы прогнозирования выраженности признаков. Так, в СПК «Племзавод «Красный Октябрь» для создания конкурентоспособного стада, отвечающего современным предпочтениям потребителей говядины, организация селекционно-племенной работы проходит с учётом генетической характеристики скота по генам CAPN1(μ-кальпаин) и CAST (кальпастатин). По сообщениям Casas E et al. (2006), комплекс этих генов ассоциируется с посмертным формированием нежности при созревании говядины. Кроме того, особенности синтеза внутримышечного жира связывают с полиморфизмом гена TG5 (тиреоглобулина), что актуально при селекции животных по характеристике мраморности и сочности мяса (Barendse W et al., 2004). Данное направление в племзаводе проводится, главным образом, через отбор быков-производителей носителей желательных аллелей в этих генах, так как их интенсивное использование в воспроизводстве стада позволит существенно повысить частоту встречаемости желательного генетического комплекса CAPN1/CAST/TG5.

Цель исследований.

Оценка влияния линейных быков-производителей генотипированных по генам CAPN1, CAST и TG5 на жирнокислотный и аминокислотный составы мяса у потомства казахской белоголовой породы.

Материал и методы исследований.

Объект исследования. Бычки казахской белоголовой породы разных заводских линий в возрасте 15 месяцев.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями Russian Regulations, 1987 (Order No. 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) и «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)». При выполнении исследований были предприняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества используемых опытных образцов.

Схема исследования. Научно-хозяйственный опыт проведён в году на чистопородном поголовье животных казахской белоголовой породы в СПК «Племзавод «Красный Октябрь» Волгоградской области. Группировку бычков проводили по следующей схеме:

Таблица 1. Группировка бычков в зависимости от происхождения и генетического профиля отцов
Table 1. Grouping of bulls depending on the origin and genetic profile of fathers

Отец / Sire	Группа / Group	Генотип / Genotype								
		CAPN1 C316G			CAST C282G			TG5 C422T		
		CC	CG	GG	CC	CG	GG	CC	CT	TT
Мираж 5085к / Mirazh 5085k	I	+					+	+		
Снайпер 8911к / Sniper 8911k	II		+				+			+
Пир 6021к / Pir 6021k	III	+				+				+
Дозор 4331к / Dozor 4331k	IV			+		+				+

Быки-производители являлись продолжателями заводских линий Марципана 2933к; Смычка 5545к; Призёра 5001к и Дикого 7619к, соответственно I, II, III, IV группы.

Условия кормления и содержания молодняка были одинаковыми для всех групп и нормировались по периодам выращивания согласно «Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных» (Калашников А.П. и др., 2003).

Контрольный убой провели на 3 животных из каждой группы по методике ВАСХНИЛ (1990) согласно ГОСТ Р 54315-2011. Для изучения аминокислотного состава белков использовали систему капиллярного электрофореза с применением анализатора «Капель 105/105М» (Россия). Жирнокислотный состав липидов определяли методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Кристалл-4000 Люкс» (Россия).

Информация о генотипировании быков-производителей подробно изложена у Ш.А. Макаева и Н.П. Герасимова (2020).

Оборудование и технические средства. Исследования биосубстратов животных проводили на оборудовании Испытательного центра ЦКП ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (аттестат аккредитации № RA.RU.21ПФ59 от 02.12.2015; [www.ckp-бст.рф](http://ckp-rf.ru/ckp/77384); <http://ckp-rf.ru/ckp/77384>).

Статистическая обработка. Цифровой материал обрабатывали методами вариационной статистики с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Статистическую разницу между средними величинами оценивали с применением критерия Тьюки. Достоверными считали значения при $P \leq 0,05$.

Результаты исследования.

Состав внутримышечного жира у сыновей от быков с разными генетическими профилями по генам CAPN1, CAST и TG5 характеризовался значительной неоднородностью по содержанию насыщенных и ненасыщенных жирных кислот (рис. 1). Так, если общее количество насыщенных жирных кислот варьировало в довольно узком диапазоне от 41,10 до 42,83 %, то варибельность мононенасыщенных (25,37-32,03 %) и полиненасыщенных (25,33-33,37 %) существенно определялась происхождением молодняка.

Повышенная доля мононенасыщенных жирных кислот отмечалась в липидах у бычков I и II групп, которые превосходили потомков быков Пира и Дозора на 6,10-6,66 % ($P \geq 0,05$). По содержанию полиненасыщенных ЖК наблюдалась смена рангов распределения изучаемых групп: сыновья Миража и Снайпера уступали сверстникам из III и IV групп на 5,50-8,04 % ($P \geq 0,05$). Таким образом, при относительно стабильном количестве насыщенных жирных кислот (НЖК) во внутримышечном жире наблюдается компенсация недостаточного синтеза полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) повышенным накоплением мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК). Следует отметить, что гомозиготный генотип CAST^{CC} у отцов был ассоциирован с максимальным содержанием полиненасыщенных жирных кислот у сыновей.

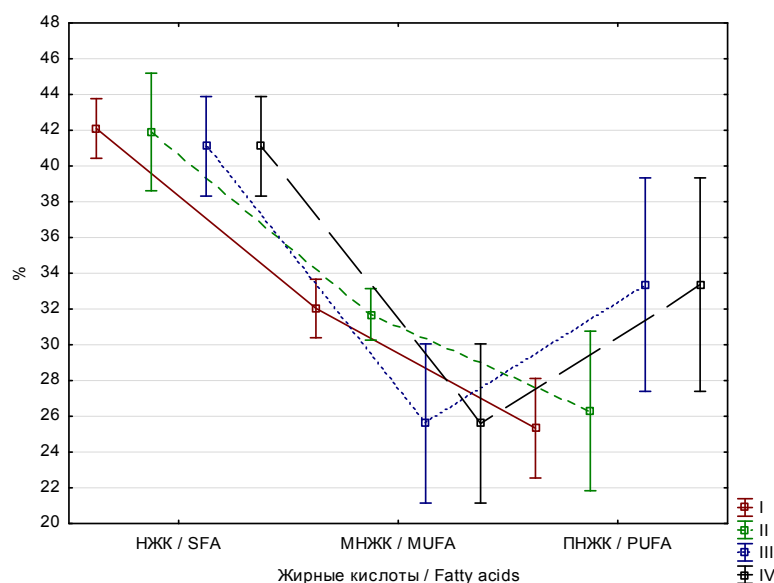


Рис. 1 – Структура жирных кислот в липидах говядины от бычков разных генотипов, %

Figure 1 – The structure of fatty acids in beef lipids from bulls of different genotypes, %

Примечание: НЖК – насыщенные жирные кислоты, МНЖК – моненасыщенные жирные кислоты, ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты

Note: SFA – Saturated fatty acids, MUFA – Monounsaturated fatty acids, PUFA – Polyunsaturated fatty acids

Заметное влияние на соотношение ненасыщенных и насыщенных жирных кислот оказал аллельный профиль бычков-производителей по гену тиреоглобулина (TG5). При этом гетерозиготный генотип TG5^{CT} у отцов ассоциировался с повышением этого показателя у потомства (1,41-1,46 ед.), которые превосходили сыновей от гомозиготных TG5^{CC} отцов на 0,04-0,11 ед. (табл. 2).

Таблица 2. Жирнокислотный состав мяса (X±Sx), %

Table 2. Fatty acid composition of meat (X±Sx), %

Наименование жирной кислоты/Name of fatty acid	Группа/Group			
	I	II	III	IV
Насыщенные/Saturated				
Пальмитиновая (C _{16:0})/Palmitic (C _{16:0})	17,43±1,212	18,27±1,443	20,87±1,372	20,23±2,298
Стеариновая (C _{18:0})/Stearin (C _{18:0})	24,57±0,463	23,50±1,914	20,17±2,541	22,53±0,745
Бегеновая (C _{22:0})/Begen (C _{22:0})	0,10±0,000	0,13±0,067	0,07±0,033	0,07±0,033
Моненасыщенные/Monounsaturated				
Пальмитолеиновая (C _{16:1})/Palmitoleic (C _{16:1})	1,73±0,120	2,23±0,888	2,00±0,586	1,17±0,203
Олеиновая (C _{18:1})/Oleic (C _{18:1})	30,30±1,756	29,47±1,881	23,60±4,378	24,20±1,778
Полиненасыщенные/Polyunsaturated				
Линолевая (C _{18:2})/Linoleic (C _{18:2})	22,23±2,467	22,63±4,025	29,60±5,623	27,867±0,819
Линоленовая (C _{18:3})/Linolenic (C _{18:3})	2,90±0,656	3,37±0,524	3,53±0,371	3,70±0,529
Арахидоновая (C _{20:4})/Arachidonic (C _{20:4})	0,20±0,058	0,30±0,100	0,23±0,067	0,23±0,033
Отношение ненасыщенных жирных кислот к насыщенным/The ratio of unsaturated fatty acids to saturated	1,37±0,075	1,41±0,180	1,46±0,172	1,35±0,134

При анализе состава внутримышечного жира по отдельным жирным кислотам также были установлены некоторые межгрупповые особенности. Так, при максимальном уровне пальмитиновой кислоты (20,87 %) у бычков III группы содержание стеариновой (20,17 %) и бегеновой (0,07 %) жирных кислот было минимальным. Напротив, сыновья Миража (I группа) характеризовались низкой долей пальмитиновой (17,43 %) и высокой стеариновой (24,57 %) в структуре липидов мяса.

Повышенное содержание пальмитолеиновой жирной кислоты (2,00-2,23 %) зафиксировано в мышечной ткани сыновей от быков с гетерозиготным генотипом TG5^{CT}. Они превосходили сверстников по величине изучаемого показателя на 0,27-1,06 % ($P \geq 0,05$). В то же время наличие аллели G в гене кальпастатина (CAST) у отцов ассоциировалось с большей долей олеиновой кислоты. Так, бычки из I и II групп превосходили сверстников на 5,27-6,70 %. Однако, не смотря на существенную межгрупповую разницу высокая внутригрупповая изменчивость не способствовала подтверждению достоверности эффекта аллельного профиля.

Нуклеотидная замена в позиции C282G гена CAST, ассоциируемого с формированием нежности мяса, у быков-производителей повлияла на вариабельность эссенциальных жирных кислот в мышечной ткани потомства. Так, присутствие аллеля G в профиле отцов было связано с меньшим синтезом линолевой на 5,24-7,37 % и линоленовой – на 0,16-0,80 %. В свою очередь полиморфизм C422T гена TG5 с образованием гетерозиготного генотипа сопровождалось повышенным накоплением в мясе сыновей арахидоновой жирной кислоты на 0,03-0,10 %.

Биологическую полноценность говядины от бычков казахской белоголовой породы разных генотипов также оценивали по аминокислотному составу белка мышечной ткани (табл. 3). Анализ данных свидетельствовал о межгрупповых различиях, обусловленных генотипом отцов по генам CAPN1, CAST и TG5, по содержанию заменимых и незаменимых аминокислот. Так, сыновья от быков с генотипом CAST^{CC} (III и IV групп) превосходили сверстников как по сумме заменимых (на 2,13-2,82 %), так и незаменимых (на 1,91-4,13 %) аминокислот. В то же время комбинация генотипов CAST^{CC} и TG5^{CT} у отцов сочеталась с повышенным синтезом аминокислот в мышечной ткани потомства. При этом бычки III группы имели преимущество по содержанию всех изучаемых аминокислот за исключением гистидина, тирозина и пролина.

Таблица 3. Аминокислотный состав мяса ($X \pm S_x$), %
Table 3. Amino acid composition of meat ($X \pm S_x$), %

Наименование аминокислоты/ <i>Name of amino acid</i>	Группа/Group			
	I	II	III	IV
Незаменимые аминокислоты/ Essential amino acid				
Аргинин/ <i>Arginine</i>	4,79±0,064	4,93±0,041	5,43±0,318	5,28±0,404
Лизин/ <i>Lysine</i>	7,20±0,228	7,09±0,144	8,13±0,488	7,61±0,755
Фенилаланин/ <i>Phenylalanine</i>	3,48±0,026	3,29±0,028	3,70±0,180	3,56±0,271
Гистидин/ <i>Histidine</i>	2,78±0,093	2,70±0,026	2,87±0,153	2,93±0,194
Лейцин+Изолейцин/ <i>Leucine+Isoleucine</i>	9,09±0,233	8,86±0,069	9,96±0,440	9,54±0,710
Метионин/ <i>Methionine</i>	2,07±0,055	1,92±0,049	2,14±0,149	2,02±0,151
Валин/ <i>Valine</i>	3,17±0,067	3,14±0,076	3,34±0,227	3,31±0,244
Треонин/ <i>Threonine</i>	3,90±0,041	3,87±0,150	4,35±0,243	4,12±0,318
Сумма незаменимых аминокислот/ <i>the sum of essential amino acids</i>	36,46±0,586	35,79±0,420	39,92±2,010	38,37±3,022
Заменимые аминокислоты/ Non-essential amino acid				
Тирозин/ <i>Tyrosine</i>	3,08±0,041	3,01±0,042	3,42±0,144	3,43±0,340
Пролин/ <i>Proline</i>	2,91±0,328	3,16±0,097	3,89±0,462	4,12±0,318
Серин/ <i>Serine</i>	3,03±0,104	3,03±0,078	3,37±0,156	3,27±0,259
Аланин/ <i>Alanin</i>	5,46±0,053	5,42±0,119	6,31±0,304	5,86±0,462
Глицин/ <i>Glycine</i>	3,60±0,022	3,52±0,134	3,90±0,195	3,67±0,246
Сумма заменимых аминокислот/ <i>the sum of non-essential amino acids</i>	18,08±0,458	18,13±0,432	20,90±1,194	20,26±1,624

У сыновей Снайпера с гетерозиготным профилем по генам CAPN1, CAST и TG5 отмечалось минимальное количество незаменимых аминокислот, на 0,67-4,13 % уступая сверстникам. Это выражалось в наименьшей сбалансированности белка говядины, полученной от бычков II группы, относительно стандартной аминокислотной шкалы (ФАО/ВОЗ, 1973) (рис. 2).

Анализ данных рисунка свидетельствует о наличии общих лимитирующих аминокислот в сравнении с «эталонным» белком: лейцин и изолейцин, метионин, валин. Кроме того, содержание треонина в мясе бычков I и II групп лимитирует биологическую ценность говядины от сыновей Миража и Снайпера. Таким образом, большей полноценностью характеризовались белки у потомков от быков с генотипом CAST^{CC} (III и IV группы).

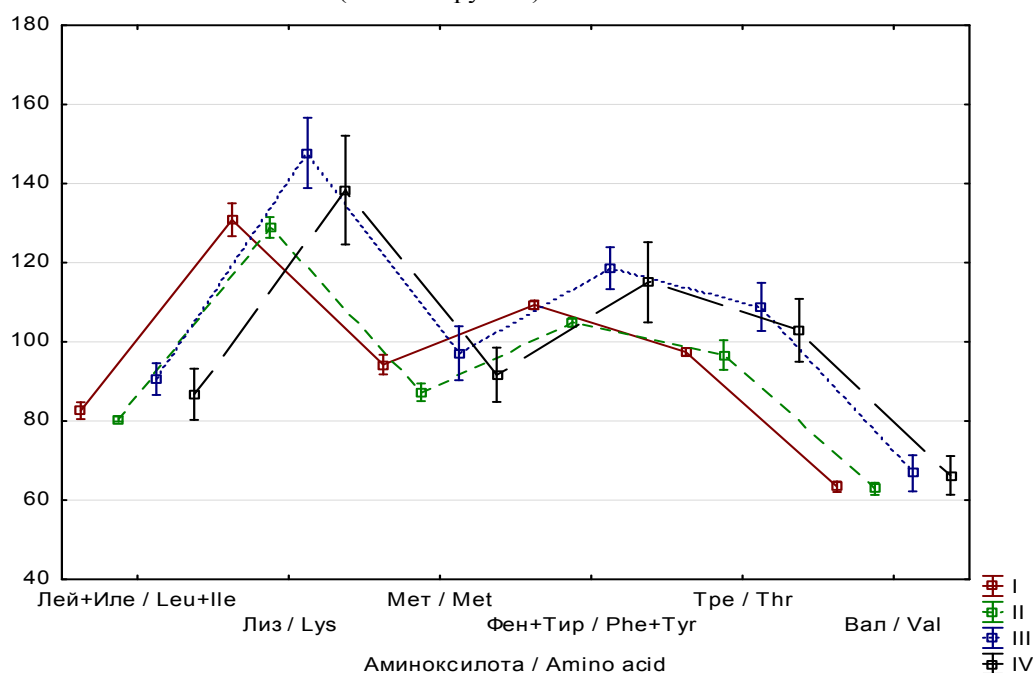


Рис. 2 – Аминокислотный скор (%) белков говядины от бычков разных генотипов
Figure 2 – Amino acid rate (%) of beef proteins from bulls of different genotypes

Обсуждение полученных результатов.

Внутримышечные жировые отложения являются наиболее ценным источником говяжьего жира, от количества и состава которых во многом зависит качественная характеристика мяса. Метаболизм жирных кислот в организме крупного рогатого скота представляет собой сложный процесс, включающий липолиз и гидрирование кормового жира в рубце, синтез ЖК de novo бактериями рубца, абсорбцию и транспорт ЖК в организме животного, синтез de novo в тканях тела, удлинение и десатурация в тканях животного, гидролиз триглицеридов и этерификация, а также окисление ЖК или их метаболизм в другие компоненты (Bauchart D, 1993; Chilliard Y, 1993; Laliotis GP et al., 2010; Ekine-Dzivenu C et al., 2014). Таким образом, степень экспрессии адипогенных и липогенных генов при формировании жировой ткани регулируется несколькими факторами транскрипции (Taniguchi M et al., 2008; Mannen H, 2011).

De Smet S с коллегами (2004) сообщают, что интенсивное жиросотложение у животных сопровождается повышенным синтезом насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот, в результате чего снижается доля полиненасыщенных жирных кислот в мышечной ткани. В наших исследованиях суммарная доля НЖК и МНЖК в мясе сыновей Миража 5085к и Снайпера 8911к составляла 73,6-74,13 %, что превышало показатели сверстников на 5,40-7,43 %. При этом молодняк первых двух групп отличался большей массой (на 0,4-3,8 кг) и выходом (на 0,1-0,5 %) внутреннего

жира-сырца (Макаев Ш.А. и др., 2020), а также превосходил аналогов по содержанию жира в мясе-фарше на 0,4-1,2 %. Напротив, сыновья от отцов с генотипом CAST^{CC} (III и IV группы) характеризовались минимальным уровнем жиросотложения, что согласовывалось с повышенным соотношением ПНЖК/НЖК, которое варьировало в пределах 0,74-0,81 ед. В исследованиях Selionova MI с соавторами (2019) изучен липидный состав сыворотки крови бычков казахской белоголовой и герфордской пород в зависимости от генотипа по генам CAPN1, GH, TG5, LEP. При этом наивысшее содержание полиненасыщенных жирных кислот отмечалось у молодняка с генотипами CAPN1^{CC} и TG5^{TT}. В наших исследованиях потомки от быков с генетическим комплексом CAPN1^{CC} TG5^{CT} превосходили сверстников по доле эссенциальных жирных кислот в мякоти туши. Кроме того, Косян Д.Б. и др. (2019) обнаружили взаимосвязь полиморфизма гена гормона роста с составом липидов мышечной ткани. Это подтверждает идею о возможности совершенствования качественных показателей говядины через отбор желательных генотипов.

Вариабельность аминокислотного состава мяса в большей степени определяет биологическую ценность мясного сырья (Dimov K et al., 2012). В результате исследований установлено превосходство потомков от быков с генетическим профилем CAST^{CC} и TG5^{CT} по накоплению в тканях незаменимых аминокислот. Изменчивость содержания аминокислот в мышечной ткани в зависимости от происхождения животных подтверждена результатами экспериментов Мирошникова С.А. и др. (2017), Hoffman LC et al. (2005) и Duyssembaev S et al. (2016). В то же время Сурундаева Л.Г. и др. (2014) предложили использовать полиморфизм гена CAPN1 для ранней диагностики аминокислотного состава мяса. В их исследованиях аллель G при полиморфизме C316G гена CAPN1 ассоциировалась с повышенным содержанием незаменимых аминокислот в говядине. В нашей работе максимальным содержанием незаменимых АК отличались потомки быков-производителей с генотипами CC и GG изучаемого гена.

Выводы

Быки-производители заводских линий Марципана 2933к, Смычка 5545к, Призёра 5001к, Дикого 7619к имеют разный генетический профиль по генам CAPN1, CAST и TG5. Говядина, полученная от потомков линейных быков, различалась по аминокислотному и жирнокислотному составу. Большой полноценностью белка характеризовалось мясо от потомков быков с генотипом CAST^{CC}. Заметное влияние на соотношение ненасыщенных и насыщенных жирных кислот оказал аллельный профиль быков-производителей по гену тиреоглобулина (TG5).

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0012)

Литература

1. Косян Д.Б., Сурундаева Л.Г., Русакова Е.А. Взаимосвязь полиморфизма гена bGH с показателями липидного обмена у крупного рогатого скота герфордской породы // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 4. С. 79-86. [Kosyan DB, Surundayeva LG, Rusakova EA. Interconnection of bGH gene polymorphism and lipid metabolism indices of the Hereford cattle. Animal husbandry and fodder production. 2019;102(4):79-86. (In Russ)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-79
2. Макаев Ш.А., Герасимов Н.П. Влияние генотипа быков-отцов казахской белоголовой породы по генам CAPN1, CAST и TG5 на качественные показатели мяса у потомков // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 3. С. 102-113. [Makaev ShA, Gerasimov NP. Influence of genotype of sires of the Kazakh White-headed breed by genes CAPN1, CAST and TG5 on meat quality parameters in offspring. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(3):102-113. (In Russ)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-102
3. Макаев Ш.А., Ляпин О.А., Тайгузин Р.Ш. Убойные качества и мясная продуктивность бычков различных генотипов казахской белоголовой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 2(82). С. 212-217. [Makaev ShA, Lyapin OA,

Tayguzin RSh. Slaughter qualities and meat productivity of Kazakh white-headed steers of different genotypes. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020;2(82):212-217. (*In Russ*). doi: 10.37670/2073-0853-2020-82-2-212-217

4. Маркова И.В. Сравнительная характеристика аминокислотного состава мышечной ткани бычков молочного и мясного направления продуктивности // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2013. № 5(43). С. 122-124. [Markova IV. Comparative description of the amino acid composition of muscular tissue in steers of dairy and beef type. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2013;5(43):122-124. (*In Russ*)].

5. Мирошников С.А., Харламов А.В., Маркова И.В. Качественные показатели говядины бычков различных пород и направлений продуктивности // *Теория и практика переработки мяса*. 2017. Т. 2. № 2. С. 14-22. [Miroshnikov SA, Kharlamov AV, Markova IV. Quality indicators of beef from young bulls of various dairy and beef breeds. *Theory and Practice of Meat Processing*. 2017;2(2):14-22. (*In Russ*)]. doi: 10.21323/2414-438X-2017-2-2-14-22

6. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие / А.П. Калашников и др. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 2003. 456 с. [Kalashnikov AP et al. *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh: sprav. posobie*. 3-e izd., pererab. i dop. Moscow: Agropromizdat; 2003:456 p. (*In Russ*)].

7. Ранняя диагностика аминокислотного состава мяса крупного рогатого скота по носительству мутации гена CAPN1 / Л.Г. Сурундаева, Д.Б. Косян, Е.А. Русакова, О.В. Кван, Е.В. Шейда // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 2. С. 511. [Surundaeva LG, Kosyan DB, Rusakova EA, Kvan OV, Sheyda EV. Early diagnosis of amino acid composition of meat of cattle by the carrier of the mutation of the gene CAPN1. *Modern Problems of Science and Education*. 2014;2:511. (*In Russ*)].

8. Селекция герефордского скота на повышение мясной продуктивности / Е.Б. Джуламанов, Ю.И. Левахин, Е.А. Ажмулдинов, К.М. Джуламанов // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2017. № 1(46). С. 29-35. [Dzhulamanov E, Levakhin Yu, Azhmuldinov E, Dzhulamanov K. Hereford cattle breeding for improved meet productivity. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after Phillipov V*. 2017;1(46):29-35. (*In Russ*)].

9. Barendse W, Bunch R, Thomas M, Armitage S, et al. The TG5 thyroglobulin gene test for a marbling quantitative trait loci evaluated in feedlot cattle. *Aust J Exp Agr*. 2004;44(7):669-674. doi: <https://doi.org/10.1071/EA02156>

10. Bauchart D. Lipid absorption and transport in ruminants. *J Dairy Sci*. 1993;76:3864-3881. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77728-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77728-0)

11. Casas E, White SN, Wheeler TL, Shackelford SD, Koohmaraie M, Riley DG, Chase JCC, Johnson DD, Smith TPL. Effects of calpastatin and micro-calpain markers in beef cattle on tenderness traits. *J Anim Sci*. 2006; 84(3):520-525. doi: <http://dx.doi.org/10.2527/2006.843520x>

12. Chilliard Y. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: a review. *J Dairy Sci*. 1993;76(12):3897-3931. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(93)77730-9

13. De Smet SM, Raes K, Demeyer D. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Animal Research*. 2004;53(2):81-98. doi: <https://doi.org/10.1051/animres:2004003>

14. Dimov K, Kalev R, Penchev P. Effect of finishing diet with excluded silage on aminoacid, fatty-acid, and mineral composition of meat (m. longissimus dorsi) in calves. *Bulg J Agric Sci*. 2012;18(2):288-295.

15. Duysembaev S, Serikova A, Iminova D, Omargalieva N, Ibragimov N. Amino acid composition of beef near the former semipalatinsk nuclear test site. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016;7(4):1268-1273.

16. Ekine-Dzivenu C, Chen L, Vinsky M, Aldai N, Dugan MER, Mcallister TA, Wang Z, Okine E, Li C. Estimates of genetic parameters for fatty acids in brisket adipose tissue of Canadian commercial crossbred beef steers. *Meat Sci*. 2014;96(4):1517-1526. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.10.011

17. Hoffman LC, Kritzinger B, Ferreira AV. The effects of region and gender on the fatty acid, amino acid, mineral, myoglobin and collagen contents of impala (*Aepyceros melampus*) meat. *Meat Sci.* 2005;69(3):551-558. doi: 10.1016/j.meatsci.2004.10.006
18. Laliotis GP, Bizelis I, Rogdakis E. Comparative approach of the de novo fatty acid synthesis (Lipogenesis) between ruminant and non ruminant mammalian species: from biochemical level to the main regulatory lipogenic genes. *Curr Genomics.* 2010;11(3):168-183. doi: 10.2174/138920210791110960
19. Mannen H. Identification and utilization of genes associated with beef qualities. *Anim Sci J.* 2011;82(1):1-7. doi: 10.1111/j.1740-0929.2010.00845.x
20. Nürnberg K, Wegner J, Ender K. Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livest. Prod. Sci.* 1998;56(2):145-156. doi: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(98\)00188-2](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(98)00188-2)
21. Picard B, Berri C, Lefaucheur L, Molette C, Sayd T, Terlouw C. Skeletal muscle proteomics in livestock production. *Briefings in Functional Genomics.* 2010;9(3):259-278. doi:10.1093/bfgp/elq005
22. Rodrigues RTdS, Chizzotti ML, Vital CE, Baracat-Pereira MC, Barros E, Busato KC, et al. Differences in beef quality between angus (*bos taurus taurus*) and nellore (*bos taurus indicus*) cattle through a proteomic and phosphoproteomic approach. *PLoS ONE.* 2017;12(1):e0170294. doi: 10.1371/journal.pone.0170294
23. Selionova MI, Dubovskova MP, Chizhova LN, Mikhailenko AK, Surzhikova ES, Plakhtyukova VR. Fatty acid composition of blood lipids of young beef cattle of different genotypes of CAPN1, GH, TG5, LEP genes. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.* 2019;341:012079. doi: 10.1088/1755-1315/341/1/012079
24. Taniguchi M, Guan LL, Zhang B, Dodson MV, Okine E, Moore SS. Gene expression patterns of bovine perimuscular preadipocytes during adipogenesis. *Biochem Biophys Res Commun.* 2008;366(2):346-351. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2007.11.111>
25. Wood JD, Enser M. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *Brit J Nutr.* 1997;78(1):49-60. doi: 10.1079/bjn19970134

References

1. Kosyan DB, Surundayeva LG, Rusakova EA. Interconnection of bGH gene polymorphism and lipid metabolism indices of the Hereford cattle. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2019;102(4):79-86. doi: 10.33284/2658-3135-102-4-79
2. Makaev ShA, Gerasimov NP. Influence of genotype of sires of the Kazakh White-headed breed by genes CAPN1, CAST and TG5 on meat quality parameters in offspring. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2020;103(3):102-113. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-102
3. Makaev ShA, Lyapin OA, Tayguzin RSh. Slaughter qualities and meat productivity of Kazakh white-headed steers of different genotypes. *Izvestia Orenburg State Agrarian University.* 2020;2(82):212-217. doi: 10.37670/2073-0853-2020-82-2-212-217
4. Markova IV. Comparative description of the amino acid composition of muscular tissue in steers of dairy and beef type. *Izvestia Orenburg State Agrarian University.* 2013;5(43):122-124.
5. Miroshehikov SA, Kharlamov AV, Markova IV. Quality indicators of beef from young bulls of various dairy and beef breeds. *Theory and Practice of Meat Processing.* 2017;2(2):14-22. doi: 10.21323/2414-438X-2017-2-2-14-22
6. Kalashnikov AP, et al. Standards and diets of farm animals: Ref. book. 3rd ed., rework. and add. Moscow: Agropromizdat; 2003:456 p.
7. Surundaeva LG, Kosyan DB, Rusakova EA, Kvan OV, Sheyda EV. Early diagnosis of amino acid composition of meat of cattle by the carrier of the mutation of the gene CAPN1. *Modern Problems of Science and Education.* 2014;2:511.
8. Dzhulamanov E, Levakhin Yu, Azhmuldinov E, Dzhulamanov K. Hereford cattle breeding for improved meat productivity. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after Phillipov V.* 2017; 1(46):29-35.

9. Barendse W, Bunch R, Thomas M, Armitage S, et al. The TG5 thyroglobulin gene test for a marbling quantitative trait loci evaluated in feedlot cattle. *Aust J Exp Agr.* 2004;44(7):669-674. doi: <https://doi.org/10.1071/EA02156>
10. Bauchart D. Lipid absorption and transport in ruminants. *J Dairy Sci.* 1993;76:3864-3881. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77728-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77728-0)
11. Casas E, White SN, Wheeler TL, Shackelford SD, Koohmaraie M, Riley DG, Chase JCC, Johnson DD, Smith TPL. Effects of calpastatin and micro-calpain markers in beef cattle on tenderness traits. *J Anim Sci.* 2006; 84(3):520-525. doi: <http://dx.doi.org/10.2527/2006.843520x>
12. Chilliard Y. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: a review. *J Dairy Sci.* 1993;76(12):3897-3931. doi: [10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77730-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77730-9)
13. De Smet SM, Raes K, Demeyer D. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Animal Research.* 2004;53(2):81-98. doi: <https://doi.org/10.1051/animres:2004003>
14. Dimov K, Kalev R, Penchev P. Effect of finishing diet with excluded silage on aminoacid, fatty-acid, and mineral composition of meat (m. longissimus dorsi) in calves. *Bulg J Agric Sci.* 2012;18(2):288-295.
15. Duysssembaev S, Serikova A, Iminova D, Omargalieva N, Ibragimov N. Amino acid composition of beef near the former semipalatinsk nuclear test site. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 2016;7(4):1268-1273.
16. Ekine-Dzivenu C, Chen L, Vinsky M, Aldai N, Dugan MER, Mcallister TA, Wang Z, Okine E, Li C. Estimates of genetic parameters for fatty acids in brisket adipose tissue of Canadian commercial crossbred beef steers. *Meat Sci.* 2014;96(4):1517-1526. doi: [10.1016/j.meatsci.2013.10.011](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.011)
17. Hoffman LC, Kritzinger B, Ferreira AV. The effects of region and gender on the fatty acid, amino acid, mineral, myoglobin and collagen contents of impala (*Aepyceros melampus*) meat. *Meat Sci.* 2005;69(3):551-558. doi: [10.1016/j.meatsci.2004.10.006](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.10.006)
18. Laliotis GP, Bizelis I, Rogdakis E. Comparative approach of the de novo fatty acid synthesis (Lipogenesis) between ruminant and non ruminant mammalian species: from biochemical level to the main regulatory lipogenic genes. *Curr Genomics.* 2010;11(3):168-183. doi: [10.2174/138920210791110960](https://doi.org/10.2174/138920210791110960)
19. Mannen H. Identification and utilization of genes associated with beef qualities. *Anim Sci J.* 2011;82(1):1-7. doi: [10.1111/j.1740-0929.2010.00845.x](https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2010.00845.x)
20. Nürnberg K, Wegner J, Ender K. Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livest. Prod. Sci.* 1998;56(2):145-156. doi: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(98\)00188-2](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(98)00188-2)
21. Picard B, Berri C, Lefaucheur L, Molette C, Sayd T, Terlouw C. Skeletal muscle proteomics in livestock production. *Briefings in Functional Genomics.* 2010;9(3):259-278. doi: [10.1093/bfgp/elq005](https://doi.org/10.1093/bfgp/elq005)
22. Rodrigues RTdS, Chizzotti ML, Vital CE, Baracat-Pereira MC, Barros E, Busato KC, et al. Differences in beef quality between angus (*bos taurus taurus*) and nellore (*bos taurus indicus*) cattle through a proteomic and phosphoproteomic approach. *PLoS ONE.* 2017;12(1):e0170294. doi: [10.1371/journal.pone.0170294](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170294)
23. Selionova MI, Dubovskova MP, Chizhova LN, Mikhailenko AK, Surzhikova ES, Plakhtyukova VR. Fatty acid composition of blood lipids of young beef cattle of different genotypes of CAPN1, GH, TG5, LEP genes. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.* 2019;341:012079. doi: [10.1088/1755-1315/341/1/012079](https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012079)
24. Taniguchi M, Guan LL, Zhang B, Dodson MV, Okine E, Moore SS. Gene expression patterns of bovine perimuscular preadipocytes during adipogenesis. *Biochem Biophys Res Commun.* 2008;366(2):346-351. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2007.11.111>
25. Wood JD, Enser M. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *Brit J Nutr.* 1997;78(1):49-60. doi: [10.1079/bjn19970134](https://doi.org/10.1079/bjn19970134)

Джуламанов Киниспай Мурзагулович, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции мясного скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, сот.: 8-987-840-49-28, e-mail: kinispai.d@yandex.ru

Макаев Шакур Ахмеевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела разведения мясного скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29

Герасимов Николай Павлович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела разведения мясного скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, сот.: 8-912-35-89-617, e-mail: nick.gerasimov@rambler.ru

Поступила в редакцию 11 декабря 2020 г.; принята после решения редколлегии 14 декабря 2020 г.; опубликована 31 декабря 2020 г. / Received: 11 December 2020; Accepted: 14 December 2020; Published: 31 December 2020