

ISSN 1817-7204 (Print)
ISSN 1817-7239 (Online)

ЖЫВЕЛАГАДОЎЛЯ І ВЕТЭРЫНАРНАЯ МЕДЫЦЫНА
ANIMAL HUSBANDRY AND VETERINARY MEDICINE

УДК 636.22/.28.082.12:637.2.04(476)
<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-2-213-222>

Поступила в редакцию 22.11.2021
Received 22.11.2021

А. Н. Михалюк

Гродненский государственный аграрный университет, Гродно, Беларусь

**ВЛИЯНИЕ ГЕНА-МАРКЕРА ЖИРНОМОЛОЧНОСТИ ДИАЦИЛГЛИЦЕРОЛ
О-АЦИЛТРАНСФЕРАЗЫ 1 (DGAT1) НА ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ
И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОБРАЗЦОВ МАСЛА СЛИВОЧНОГО,
ВЫРАБОТАННОГО ИЗ МОЛОКА КОРОВ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ**

Аннотация. В современных условиях проведение эффективной селекционной работы в животноводстве невозможно без использования ДНК-технологий. Поиск перспективных генов-маркеров, определяющих молочную продуктивность животных, позволит более достоверно оценивать генетический потенциал пород, корректировать селекционные процессы, отбирать животных желательных генотипов. В Республике Беларусь практически не велись работы по выявлению генетических маркеров, влияющих на жирномолочность, жирнокислотный состав молочного жира и, как результат, на выход и качество готового продукта (сливочного масла). В этой связи особый интерес представляет ген диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1), определяющий жирномолочность. В статье представлена сравнительная оценка жирнокислотного состава и органолептических свойств образцов масла сливочного, выработанного из молока коров отечественной селекции по гену-маркеру жирномолочности диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1). Приведены результаты испытаний жирнокислотного состава масла из коровьего молока, полученного от коров разных пород и породных групп, отмечена его сбалансированность, соответствие установленным значениям по летучим и ненасыщенным жирным кислотам, отсутствию фитостерина и фальсификации жировой фазы масла. Практическая значимость проведенных исследований заключается в использовании полученных результатов для проведения целенаправленной селекции молочного крупного рогатого скота по гену-маркеру жирномолочности диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1) с целью повышения массовой доли жира в молоке и выхода готового продукта, а также усовершенствования технологии изготовления масла из коровьего молока и формирования доказательной базы в случае разногласий при оценке жирнокислотного состава продукта.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, ген диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1), жирнокислотный состав, масло сливочное, органолептическая оценка, фитостерин, метиловые эфиры жирных кислот

Для цитирования: Михалюк, А. Н. Влияние гена-маркера жирномолочности диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1) на жирнокислотный состав и органолептические свойства образцов масла сливочного, выработанного из молока коров отечественной селекции / А. Н. Михалюк // Вест. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2022. – Т. 60, № 2. – С. 213–222. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-2-213-222>

Alexander N. Mikhaljuk

Grodno State Agricultural University, Grodno, Belarus

**EFFECT OF THE FATTY ACID MARKER GENE DIACYLGLYCEROL O-ACYLTRANSFERASE 1
(DGAT1) ON THE FATTY ACID COMPOSITION AND ORGANOLEPTIC PROPERTIES OF SAMPLES
OF BUTTER PRODUCED FROM THE MILK OF DOMESTIC BREEDS OF COWS**

Abstract. In modern conditions, effective breeding work in animal husbandry is impossible without DNA technologies. The search for selective marker genes that determine the dairy productivity of animals allows us to more reliably assess the genetic potential of breeds, adjust breeding processes, and select animals of desirable genotypes. In the Republic of Belarus, almost no work was carried out to identify genetic markers that affect the fat content, fatty acid composition of milk fat, and as a result, the yield and quality of the finished product (butter). In this regard, a special interest is the diacylglycerol

O-acyltransferase 1 (DGAT1) gene, which determines the fat content. The paper presents a comparative assessment of the fatty acid composition and organoleptic properties of butter samples produced from the milk of cows of natural selection according to the gene marker of fatty milk diacylglycerol o-acyl transferase 1 (DGAT1). The results of tests of the fatty acid composition of butter from cow's milk obtained from cows of different breeds and pedigree its balance, compliance with the established values for volatile and unsaturated fatty acids, absence of phytosterols and adulteration of the fatty phase of the oil were emphasised. The practical significance of the conducted research lies in the use of the results obtained to carry out targeted breeding of dairy cattle according to the gene marker of fat content of diacylglycerol o-acyl transferase 1 (DGAT1) in order to increase the mass fraction of fat in milk and the yield of the finished product, as well as to improve the technology of making butter from cow's milk and the formation of an evidence base in case of disagreement when evaluating the fatty acid composition of the product.

Keywords: cattle, diacylglycerol O-acyltransferase 1 (DGAT1) gene, fatty acid composition, butter, organoleptic evaluation, phytosterols, fatty acid methyl esters

For citation: Mikhaljuk A.N. Effect of the fatty acid marker gene diacylglycerol o-acyl transferase 1 (DGAT1) on the fatty acid composition and organoleptic properties of samples of butter produced from the milk of domestic breeds of cows. *Vestsi Natsyyanal'ny akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2022, vol. 60, no. 2, pp. 213–222 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-2-213-222>

Введение. В настоящее время проблема роста производства продуктов животноводства должна решаться за счет непрерывного качественного улучшения племенных качеств молочных пород при одновременном создании полноценной кормовой базы. Несмотря на использование иностранных улучшающих пород, перед отечественными учеными и практиками стоит актуальная задача совершенствования разводимых в нашей республике пород скота в направлении сочетания высокой продуктивности, технологических качеств и продолжительности хозяйственного использования [1–4].

Племенные и продуктивные качества молочного скота обусловлены генотипом животных, влиянием методов разведения в селекции, в основе которых лежит использование закономерностей комбинативной изменчивости [5]. В то же время на реализацию генетически обусловленного потенциала продуктивности сильно влияют многочисленные ненаследственные факторы. Наиболее высокая продуктивность от животных может быть получена только при благоприятном взаимодействии генотипа со средой в процессе индивидуального развития.

При рассмотрении влияния генотипа на продуктивные качества животных обычно учитывают генетическое влияние наследственности отца, влияние линейной принадлежности и кровности родителей, а также генотип особей по различным генам, ассоциированных с продуктивностью, определенный в результате ДНК-тестирования, на формирование продуктивных качеств животных. В этой связи большое значение играет поиск и выявление перспективных генов-маркеров, позволяющих более эффективно вести целенаправленную селекционную работу [6].

Поиск маркеров, при помощи которых возможно маркировать отдельные количественные и качественные хозяйственно ценные признаки животных, позволит более эффективно вести целенаправленную селекцию. В качестве перспективных генов-маркеров продуктивности коров выделяют гены CSN3 (каппа-казеина), GH (гормона роста), PRL (пролактин), LGB (лактоглобулин), VoLA DRB 3 и др. [7, 8]. Их взаимосвязь с хозяйственно полезными признаками продуктивности животных в той или иной степени изучены. В Республике Беларусь практически не велись работы по выявлению генетических маркеров, влияющих на жирномолочность, жирнокислотный состав молочного жира и, как результат, на качество готового продукта (сливочного масла, пасты), определенный интерес представляют гены, определяющие данный хозяйственно полезный признак.

Одним из таких генов-маркеров является ген диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1). Он локализован на 14-й хромосоме генома *BosTaurus* и определен как генетический маркер, влияющий на качество молока. Ген-фермент DGAT1 используется в биосинтезе липидов и связан с жирномолочностью коров [9–11]. Анализ последовательности нуклеотидов позволил идентифицировать последовательность как структурную геномную область гена DGAT1, который кодирует ацилCoA-диацилглицерин-ацилтрансферазу1. Известно, что неконсервативная замена K232A (лизина на аланин) в последовательности этого гена снижает содержание жира в молоке коров. Таким образом, аллель, содержащий лизин в 232-м положении, является наиболее желательным, поскольку коровы, несущие этот аллель гена (KK и KA), производят более жирное молоко, чем

гомозиготные коровы с генотипом АА, содержащим аллель, где в 232-м положении располагается аланин [12–15].

Цель настоящей работы – сравнительная оценка жирнокислотного состава и органолептических свойств образцов масла сливочного, выработанного из молока коров отечественной селекции по гену-маркеру жирномолочности диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1).

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в 2019–2020 гг. в отраслевой научно-исследовательской лаборатории «ДНК-технологий», отраслевой научно-исследовательской лаборатории «АгроВет», на кафедре технологии хранения и переработки животного сырья УО «Гродненский государственный аграрный университет», на базе молочно-товарных ферм и комплексов УСП «Новый Двор-Агро» Свислочского района и СПК им. И. П. Сенько Гродненского района Гродненской области.

Объектом исследований являлся генетический материал (ушной выщип) от коров красной белорусской породной группы в количестве 104 проб, коров белорусской черно-пестрой породы в количестве 105 проб, содержащихся в УСП «Новый Двор-Агро» Свислочского района Гродненской области, а также крупный рогатый скот и биологический материал (ушной выщип) от коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции, содержащихся в СПК им. И. П. Сенько Гродненского района в количестве 105 проб, а также образцы масла сливочного, выработанного из молока коров изучаемых пород и породных групп.

ДНК-генотипирование животных по гену диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1) проводили с использованием метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) и полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (ПДРФ). Ядерную ДНК выделяли перхлоратным методом. Основные растворы для выделения ДНК, амплификации и рестрикции готовили по Т. Маниатису, Э. Фрич, Дж. Сэмбруку¹.

Состав реакционной смеси для проведения амплификации по гену диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1), концентрация на 1 пробу: 1 x Таq-буфер – 1x; 50 мМ MgCl₂ – 2–5 мМ; смесь дНТФ – 2–4 мМ; праймер 1–10–25 пМ; праймер 2–10–25 пМ; Таq-полимераза – 0,5–1,5 е. а.; ДНК – 0,5–1,0 мкл; Н₂О – до 25 мкл.

Для амплификации участка гена DGAT1 использовали следующие праймеры:

DGAT1 1: 5' CAC CAT CCT CTT CCT CAA GC 3'

DGAT1 2: 5' ATG CGG GAG TAG TCC ATG TC 3''

ПЦР-программа DGAT1: температура – 94 °С, 5 мин; 30 циклов – 94 °С, 30 с; 59 °С, 40 с; 72 °С, 40 с; достройка или финальная элонгация – 72 °С, 7 мин. Концентрацию и специфичность амплификата оценивали электрофоретическим методом в 2%-ном агарозном геле при напряжении 120 В, 50–60 мин. Длина амплифицированного фрагмента гена DGAT1 составила 411 п. о. Для рестрикции амплифицированного участка гена DGAT1 применяли эндонуклеазу Aco I. Реакцию проводили при температуре 37 °С. Продукты рестрикции генов разделяли электрофоретически в 3%-ном агарозном геле при напряжении 130 В, 50–60 мин, в 1×TBE буфере. Визуализацию фрагментов проводили при УФ-свете на системе гель-документирования GelDocRX+(BIORAD) с использованием бромистого этидия. При расщеплении продуктов амплификации по гену DGAT1 идентифицировался генотип: DGAT1^{KK} – фрагмент 411 п. н. (рис. 1).

Для изучения молочной продуктивности подопытные животные красной белорусской породной группы, животные белорусской черно-пестрой породы и коровы голштинской породы молочного скота отечественной селекции были сгруппированы в зависимости от возраста: коровы-первотелки второго и третьего отелов. Молочную продуктивность коров определяли по результатам контрольных доений. В статистическую обработку включали показатели по животным, продолжительность лактации у которых была не менее 240 дней. У животных с различными генотипами по изучаемым генам учитывали удой, массовую долю жира и белка, выход молочного жира и белка за 305 дней лактации или укороченную лактацию.

Молоко и полученные сливки, предназначенные для выработки масла, оценивали по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям. В молоке определяли

¹ Маниатис Т., Фрич Э., Сэмбрук Дж. Молекулярное клонирование: пер. с англ. М.: Мир, 1984. 480 с.

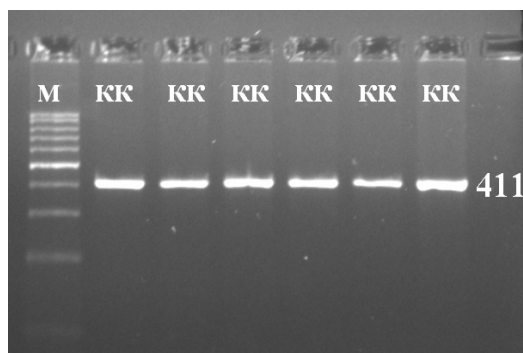


Рис. 1. Электрофореграмма рестриционного анализа гена DGAT1

Fig. 1. Electropherogram of restriction analysis of the DGAT1 gene

органолептические показатели (внешний вид, консистенция, вкус и запах, цвет) в соответствии с СТБ 1598-2006², в сливках питьевых органолептические показатели (внешний вид, консистенция, вкус и запах, цвет) – в соответствии с СТБ 1887-2016³.

Плотность молока определяли по ГОСТ 3625-84⁴, массовую долю жира в сырье – методом Гербера по СТБ ISO 2446-2009⁵, титруемую кислотность – в соответствии с ГОСТ 3624-92⁶. Массовую долю белка, содержание лактозы, минеральных веществ в молоке определяли с помощью ультразвукового анализатора АКМ-98. Общее количество бактерий (КМАФАнМ) – по ГОСТ 32901-2014⁷. Соматические клетки в молоке определяли вискозиметрическим методом по ГОСТ 23453-2014⁸.

На следующем этапе исследований молоко от коров красной белорусской породной группы, коров белорусской черно-пестрой породы и коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции направляли на сепарирование с целью получения сливок и выработки из них сливочного масла. На сепарирование направляли одинаковое количество молока от коров изучаемых пород и породных групп – 36 кг. В результате проведенных расчетов и выполнения технологического процесса определили фактический выход готового продукта (масла сладко-сливочного несоленого) и в пересчете на продукт 85%-ной жирности.

В масле сливочном, выработанном из молока коров изучаемых пород и породных групп, определяли: массовую долю жира – методом Гербера по СТБ ISO 2446-2009⁹; массовую долю влаги – согласно ГОСТ 3626-73¹⁰. Общее количество бактерий (КМАФАнМ) – по ГОСТ 32901-2014¹¹. Показатели качества и безопасности оценивали на соответствие требованиям ТР ТС¹².

² СТБ 1598-2006 (изм. № 3 от 01.09.2015 г.). Молоко коровье. Требования при закупках. Введ. 2018-05-01. Минск: Госстандарт, 2015. С. 11.

³ СТБ 1887-2016. Сливки питьевые. Общие технические условия. Введ. 2016-09-01. Минск: Госстандарт, 2016. С. 10.

⁴ ГОСТ 3625-84. Молоко и молочные продукты. Методы определения плотности. Введ. 2001-08-02. М.: Стандартинформ, 2009. С. 13.

⁵ СТБ ISO 2446-2009. Молоко и молочные продукты. Методы определения жира. Введ. 2009-29-12. Минск: Госстандарт, 2017. С. 15.

⁶ ГОСТ 3624-92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности. Введ. 1994-01-01. М.: Изд-во стандартов, 2001. С. 8.

⁷ ГОСТ 32901-2014. Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа. Введ. 2016-01-09. Минск: Госстандарт, 2016.

⁸ ГОСТ 23453-2014. Молоко сырое. Методы определения соматических клеток. Введ. 2016-01-01. М.: Стандартинформ, 2015. С. 14.

⁹ СТБ ISO 2446-2009. Молоко и молочные продукты. Методы определения жира. Введ. 2009-29-12. Минск: Госстандарт, 2017. С. 15.

¹⁰ ГОСТ 3626-73. Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги. Введ. 2009-01-10. М.: Стандартинформ, 2009. С. 7.

¹¹ ГОСТ 32901-2014. Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического анализа. Введ. 2016-01-09. Минск: Госстандарт, 2016. С. 24.

¹² Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» ТР ТС 033/2013 (№ 67 от 9 октября 2013 г. с изм. на 10 июля 2020 г.).

Жирнокислотный состав масла сливочного, а также наличие фитостерина определяли с использованием метода газовой хроматографии по ГОСТ 31663-2012¹³ в аккредитованной испытательной лаборатории РУП «Гродненский центр стандартизации, метрологии и сертификации».

Селекционно-генетические параметры основных хозяйственно полезных признаков определяли методами биологической статистики в описании Н. А. Плохинского¹⁴, используя при этом компьютерную программу Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. В результате исследований установлено, что все подопытные животные красной белорусской породной группы, животные белорусской черно-пестрой породы и коровы голштинской породы молочного скота отечественной селекции имели наиболее желательный с точки зрения жирномолочности генотип – DGAT1^{KK}.

Для оценки влияния жирности молока коров изучаемых пород и породных групп на выход готового продукта было выработано масло сливочное несоленое, проведен органолептический и физико-химический анализ полученных образцов продукта.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее высокий выход масла сладкосливочного несоленого 85%-ной жирности был получен из молока коров красной белорусской породной группы и составил 1,80 кг, что на 56,5 % больше, чем из молока коров белорусской черно-пестрой породы, и на 17,6 %, чем из молока коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции.

При проведении физико-химического анализа готового продукта особое внимание уделяли определению жирнокислотного состава масла, соотношению массовых долей метиловых эфиров жирных кислот (или их сумм) в жировой фазе, а также наличию фитостерина в продукте.

Анализ жирнокислотного состава сливочного масла, выработанного из молока коров изучаемых пород и породных групп, показал, что содержание летучих жирных кислот (масляная, капроновая, каприловая и каприновая) во всех исследуемых образцах было примерно одинаковым, незначительно варьируя в зависимости от породы (табл. 1). Массовая доля летучих жирных кислот находилась в установленном интервале, при этом по некоторым кислотам (масляная, капроновая, каприновая) на его верхних границах.

Летучие жирные кислоты в сочетании с другими придают специфический вкус и запах молочному жиру. Известно, что при слишком высоком содержании в молочном жире насыщенных жирных кислот, таких как стеариновая, пальмитиновая, миристиновая, масло имеет крошливую консистенцию [16]. По результатам испытаний образцов продукции установлено, что содержание стеариновой и миристиновой жирных кислот не выходило за пределы установленного интервала и лишь по пальмитиновой кислоте в образце масла, выработанного из молока коров красной белорусской породной группы, отмечено незначительное превышение установленных значений.

Т а б л и ц а 1. Жирнокислотный состав сливочного масла, выработанного из молока коров изучаемых пород и породных групп

Table 1. Fatty acid composition of butter produced from milk of cows of the studied breeds and breed groups

Название жирной кислоты по тривиальной номенклатуре	Фактические значения по результатам испытаний образцов сливочного масла из молока коров*			Массовая доля жирной кислоты, % от суммы жирных кислот**
	белорусской красной породной группы	белорусской черно-пестрой породы	голштинской породы молочного скота отечественной селекции	
Масляная C _{4:0}	4,0	3,8	3,7	2,4–4,2
Капроновая C _{6:0}	2,5	2,5	2,4	1,5–3,0
Каприловая C _{8:0}	1,3	1,4	1,3	1,0–2,0
Каприновая C _{10:0}	3,1	3,2	2,9	2,0–3,8
Дециловая C _{10:1}	0,2	0,2	0,2	0,2–0,4
Лауриновая C _{12:0}	3,3	3,6	3,1	2,0–4,4

¹³ ГОСТ 31663-2012. Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот. Введ. 2014-01-01. М.: Стандартинформ, 2013. С. 11.

¹⁴ Плохинский Н. А. Биометрия: учебник. 2-е изд. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1969. 367 с.

Окончание табл. 1

Название жирной кислоты по тривиальной номенклатуре	Фактические значения по результатам испытаний образцов сливочного масла из молока коров*			Массовая доля жирной кислоты, % от суммы жирных кислот**
	белорусской красной породной группы	белорусской черно-пестрой породы	голландской породы молочного скота отечественной селекции	
Миристиновая C _{14:0}	11,3	11,5	9,8	8,0–13,0
Миристолеиновая C _{14:1}	1,0	1,3	1,2	0,6–1,5
Пальмитиновая C _{16:0}	35,5	34,2	32,8	21,0–33,0
Пальмитолеиновая C _{16:1}	1,5	1,5	1,7	1,5–2,4
Стеариновая C _{18:0}	9,3	8,5	7,8	8,0–13,5
Олеиновая C _{18:1}	20,4	21,6	26,3	20,0–32,0
Линолевая C _{18:2}	3,4	3,3	3,7	2,2–5,5
Линоленовая C _{18:3}	0,2	0,4	0,4	До 1,5
Арахидоновая C _{20:0}	0,1	0,1	0,1	До 0,3
Бегеновая C _{22:0}	Менее 0,1	Менее 0,1	Менее 0,1	До 0,1
Прочие	~ 3,0	~ 3,0	~ 3,0	2,5–6,5

* По результатам испытаний в аккредитованной лаборатории РУП «Гродненский центр стандартизации, метрологии и сертификации».

** В соответствии с ГОСТ 32261-2013.

Ненасыщенные жирные кислоты оказывают гораздо большее влияние на физические и химические свойства молочного жира, чем насыщенные. Благодаря наличию двойных связей они имеют большее число изомерных форм и могут переходить из одной формы в другую. Их присутствие в рационе человека крайне важно, так как организм не способен синтезировать их из других кислот. К таким кислотам относятся линолевая (имеющая две двойные связи), линоленовая (три двойные связи) и арахидоновая (четыре двойные связи), которые по аналогии с аминокислотами называют незаменимыми жирными кислотами. В целом же полиненасыщенные жирные кислоты характеризуют высокую биологическую ценность молочного жира, они придают молочному жиру и молочным продуктам нежную консистенцию (мягкость, пластичность) и своеобразный вкус [15]. Анализ результатов жирнокислотного состава сливочного масла свидетельствует о том, что содержание полиненасыщенных жирных кислот в изучаемых образцах незначительно отличалось в зависимости от породы, но не выходило за пределы установленных минимальных и максимальных границ.

В целом анализ жирнокислотного состава всех образцов сливочного масла, выработанного из молока коров изучаемых пород и породных групп, показал его сбалансированность, что отразилось на таких органолептических показателях, как вкус, запах и консистенция, которые при их экспертной оценке получили максимальные баллы.

В последнее время молокоперерабатывающие предприятия Республики Беларусь столкнулись с фактами выявления в сыром молоке, поступающем на переработку от сельскохозяйственных организаций, в частности Гродненской области, несоответствий по жирнокислотному составу и наличию фитостерина. В соответствии с п. 4.7.7 СТБ 1598-2006¹⁵, жировая фаза молока должна содержать только молочный жир. При проведении испытаний молока сырого в аккредитованной лаборатории РУП «Гродненский центр стандартизации, метрологии и сертификации» в отдельных пробах сырого молока было установлено несоответствие жирнокислотного состава требованиям, указанным в ГОСТ Р 52253-2004 и ГОСТ 32261-2013¹⁶. Кроме того, в жировой фазе были выявлены фитостерины, в частности кампестерин. Учитывая, что в Республике Беларусь в настоящее время в нормативно-технической документации не указан жирнокислотный состав

¹⁵ СТБ 1598-2006 (изм. № 3 от 01.09.2015 г.). Молоко коровье. Требования при закупках. Введ. 2018-05-01. Минск: Госстандарт, 2015. С. 11.

¹⁶ ГОСТ Р 52253-2004. Масло и паста масляная из коровьего молока. Общие технические условия. Введ. 2005-01-07. М.: Изд-во стандартов, 2004. С. 31 ; ГОСТ 32261-2013. Масло сливочное. Технические условия. Введ. 2015-01-07. М.: Стандартинформ, 2019. С. 23.

молочного жира для коров, разводимых в нашей стране, производители и переработчики молока руководствуются жирнокислотным составом молочного жира, указанным в ГОСТ Р 52253-2004 и ГОСТ 32261-2013¹⁷. При поставках отечественными молокоперерабатывающими предприятиями сливочного масла на экспорт в Российскую Федерацию контролирующие органы – Россельхознадзор и Роспотребнадзор – оценивают жирнокислотный состав продукта, а также наличие фитостерина в соответствии с вышеуказанными документами.

Важное значение при установлении фальсификации жировой фазы масла жирами немолочного происхождения имеет определение соотношения массовых долей метиловых эфиров жирных кислот (или их сумм) в жировой фазе. В табл. 2 представлены данные о соотношении массовых долей метиловых эфиров жирных кислот (или их сумм) в жировой фазе, а также о наличии фитостерина.

Таблица 2. Соотношение массовых долей метиловых эфиров жирных кислот (или их сумм) в жировой фазе

Table 2. Ratio of mass fractions of methyl esters fatty acids (or their sums) in the fat phase

Наименование жирных кислот по тривиальной номенклатуре	Фактические значения по результатам испытаний образцов сливочного масла из молока коров*			Границы соотношения массовых долей метиловых эфиров жирных кислот в молочном жире**
	белорусской красной породной группы	белорусской черно-пестрой породы	голландской породы молочного скота отечественной селекции	
Пальмитиновая (C _{16:0}) к лауриновой (C _{12:0})	10,7	9,4	10,7	От 5,8 до 14,5
Стеариновая (C _{18:0}) к лауриновой (C _{12:0})	2,8	2,3	2,5	От 1,9 до 5,9
Олеиновая (C _{18:1}) к миристиновой (C _{14:0})	1,8	1,9	2,7	От 1,6 до 3,6
Линолевая (C _{18:2}) к миристиновой (C _{14:0})	0,3	0,3	0,4	От 0,1 до 0,5
Суммы олеиновой и линолевой к сумме лауриновой, миристиновой, пальмитиновой и стеариновой	0,4	0,4	0,6	От 0,4 до 0,7
Наличие фитостерина				
стигмастерин	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	Не допускается
кампестерин	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	Не допускается
β-ситостерин	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	Не допускается

* По результатам испытаний в аккредитованной лаборатории РУП «Гродненский центр стандартизации, метрологии и сертификации».

** В соответствии с ГОСТ 32261-2013.

В Республике Беларусь в масле из коровьего молока, в соответствии п. 5.2.12 СТБ 1890-2017¹⁸, жировая фаза должна содержать только молочный жир, аналогичные требования предъявляются и в Российской Федерации в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52253-2004 и ГОСТ 32261-2013¹⁹, за исключением масла из Новой Зеландии, в котором допускается не более 2,0 % фитостерина от общего количества жирных кислот в составе молочного жира. При оценке качества сливочного масла было установлено, что ни в одном из представленных для испытаний образцов фитостерина обнаружено не было, не выявлена и фальсификация жировой фазы масла жирами немолочного происхождения, так как значения соотношений массовых долей метиловых эфиров жирных кислот (или их сумм) не выходило за установленные границы соотношений.

Полученные в результате выполнения технологического процесса образцы масла сладкосливочного несоленого были подвергнуты органолептической оценке, которую осуществляли экс-

¹⁷ ГОСТ Р 52253-2004. Масло и паста масляная из коровьего молока. Общие технические условия» Введ. 2005-01-07. М.: Изд-во стандартов, 2004. С. 31 ; ГОСТ 32261-2013. Масло сливочное. Технические условия. Введ. 2015-01-07. М.: Стандартинформ, 2019. С. 23.

¹⁸ СТБ 1890-2017. Масло из коровьего молока. Общие технические условия. Введ. 2018-05-01. Минск: Госстандарт, 2018. С. 22.

¹⁹ ГОСТ Р 52253-2004. Масло и паста масляная из коровьего молока. Общие технические условия. Введ. 2005-01-07. М.: Изд-во стандартов, 2004. С. 31 ; ГОСТ 32261-2013. Масло сливочное. Технические условия. Введ. 2015-01-07. М.: Стандартинформ, 2019. С. 23.

пертным методом. Экспертам (5 чел.) было предложено оценить полученный готовый продукт по следующим показателям: вкус и запах, консистенция, цвет и упаковка. Согласно СТБ 1890-2017 масло оценивается по 20-балльной шкале: вкус и запах – 10 баллов; консистенция – 5; цвет – 2; упаковка – 3 балла. В зависимости от органолептической оценки сливочное масло подразделяют на сорта: высший сорт – 16–20 баллов (вкус и запах не менее 7 баллов); 1-й сорт – 12–15 баллов (вкус и запах не менее 5 баллов).

Органолептическая оценка показала, что все представленные образцы имели выраженный сливочный вкус и привкус пастеризации, без посторонних привкусов и запахов. Продукт имел плотную, однородную, пластичную консистенцию. Цвет желтый, однородный, равномерный по всей массе. По результатам экспертной оценки все образцы выработанного продукта набрали максимальное количество баллов (20), что соответствует высшему сорту.

Выводы

1. В результате ДНК-генотипирования установлено, что все подопытные животные красной белорусской породной группы, животные белорусской черно-пестрой породы и коровы голштинской породы молочного скота отечественной селекции имели наиболее желательный с точки зрения жирномолочности генотип – DGAT1^{KK}.

2. Результаты органолептической оценки и физико-химического анализа жирнокислотного состава образцов сливочного масла показали, что жирнокислотный состав всех образцов сливочного масла, выработанного из молока коров изучаемых пород и породных групп, сбалансирован по содержанию насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, что отразилось на таких органолептических показателях, как вкус, запах и консистенция, которые при их экспертной оценке получили максимальные баллы.

3. Установлено, что ни в одном из представленных для испытаний образцов сливочного масла фитостероинов не обнаружено, отсутствовала фальсификация жировой фазы масла жирами немолочного происхождения, так как значения соотношений массовых долей метиловых эфиров жирных кислот (или их сумм) не выходили за установленные границы соотношений.

Практическая значимость проведенных исследований заключается в использовании полученных результатов для проведения целенаправленной селекции молочного крупного рогатого скота по гену-маркеру жирномолочности диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1) с целью повышения массовой доли жира в молоке и выхода готового продукта, а также усовершенствования технологии изготовления масла из коровьего молока и формирования доказательной базы в случае разногласий при оценке жирнокислотного состава продукта.

Список использованных источников

1. Кононенко, С. И. Способ улучшения конверсии корма / С. И. Кононенко // Изв. Горс. гос. аграр. ун-та. – 2012. – Т. 49, № 1–2. – С. 134–136.
2. Кононенко, С. И. Способы улучшения использования питательных веществ рационов / С. И. Кононенко // Науч. журн. КубГАУ. – 2013. – Вып. 86. – С. 486–510.
3. Кононенко, С. И. Эффективность использования Ронозим WX в комбикормах / С. И. Кононенко, Н. С. Паксютов // Изв. Горс. гос. аграр. ун-та. – 2011. – Т. 48, № 1. – С. 103–106.
4. Коршун, С. И. Взаимосвязь между показателями пожизненной продуктивности и долей генов по голштинской породе в стадах племенных хозяйств Гродненской области / С. И. Коршун, Л. А. Танана, Н. Н. Климов // Сб. науч. тр. / Ставроп. науч.-исслед. ин-та животноводства и кормопроизводства. – Ставрополь, 2014. – Т. 2, вып. 7. – С. 136–138.
5. Зависимость продуктивности коров-первотелок от линейной принадлежности / В. В. Скобелев [и др.] // Учен. зап. учреждения образования «Витеб. гос. акад. ветеринар. медицины». – 2015. – Т. 51, вып. 1, ч. 2. – С. 98–101.
6. Перспективные гены-маркеры продуктивности сельскохозяйственных животных / М. А. Леонова [и др.] // Молодой ученый. – 2013. – № 12 (59). – С. 612–614.
7. Зиновьева, Н. А. Применение ДНК-диагностики для анализа генов-кандидатов локусов количественных признаков сельскохозяйственных животных / Н. А. Зиновьева, Е. А. Гладырь // Науч. тр. / Всерос. науч.-исслед. ин-т животноводства (ВИЖ). – Дубровицы, 2003. – Вып. 61. – С. 218–224.
8. Effects of kappa-casein and beta-lactoglobulin loci polymorphism, cows' age, stage of lactation and somatic cell count on daily milk yield composition in Polish Black-and-White cattle / N. Strzalkowska [et al.] // Animal Science Papers a. Rep. – 2002. – Vol. 20, № 1. – P. 21–35.

9. Argov-Argaman N., Mida K., Cohen B. C., Visker M., Hettinga K. Milk fat content and DGAT1 genotype determine lipid composition of the milk fat globule membrane // *PLoS ONE*. – 2013. – Vol. 8, № 7. – P. e68707. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068707>
10. Dominance and parent-of origin effects of coding and non-coding alleles at the acylCoA-diacylglycerol-acyltransferase (DGAT1) gene on milk production traits in German Holstein cows / C. Kuehn [et al.] // *BMC Genetics*. – 2007. – Vol. 8. – Art. 62. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-8-62>
11. Exploring polymorphisms and effects on milk traits of the DGAT1, SCD1 and GHR genes in four cattle breeds / F. Signorelli [et al.] // *Livestock Science*. – 2009. – Vol. 125, № 1. – P. 74–79. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.02.014>
12. Зиннатова, Ф. Ф. Роль генов липидного обмена (DGAT1, TG5) в улучшении хозяйственно-полезных признаков крупного рогатого скота / Ф. Ф. Зиннатова, Ф. Ф. Зиннатов // *Учен. зап. Казан. гос. акад. ветеринар. медицины им. Н. Э. Баумана*. – 2014. – Т. 219, № 3. – С. 164–168.
13. Dybus, A. Associations between Leu/Val polymorphism of growth hormone gene and milk production traits in Black-and-White cattle / A. Dybus // *Arch. Animal Breeding*. – 2002. – Vol. 45, № 5. – P. 421–428. <https://doi.org/10.5194/aab-45-421-2002>
14. Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: identification of a missense mutation in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition / B. Grisart [et al.] // *Genome Research*. – 2002. – Vol. 12, № 2. – P. 222–231. <https://doi.org/10.1101/gr.224202>
15. Ганиев, А. С. Полиморфизм гена жирномолочности крупного рогатого скота / А. С. Ганиев, Р. Р. Шайдуллин // *Учен. зап. Казан. гос. акад. ветеринар. медицины им. Н. Э. Баумана*. – 2015. – Т. 224, № 4. – С. 30–35.
16. Барабанщиков, Н. В. Молочное дело : учебник / Н. В. Барабанщиков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1990. – 351 с.

References

1. Kononenko S.I. Method improving forage conversion. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of Gorsky State Agrarian University*, 2012, vol. 49, no. 1-2, pp. 134-136 (in Russian).
2. Kononenko S.I. Ways improving the use of nutrients diets. *Nauchnyi zhurnal KubGAU = Scientific Journal of KubSAU*, 2013, iss. 86, pp. 486-510 (in Russian).
3. Kononenko S.I., Paksutov N.S. Effective use of ferment preparation ronozim wx in mixed fodder. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of Gorskoy State Agrarian University*, 2011, vol. 48, no. 1, pp. 103-106 (in Russian).
4. Korshun S.I., Tanana L.A., Klimov N.N The relationship between indicators of lifelong productivity and the shared of genes of Holstein breed in stud of breeding farms of the Grodno region. *Sbornik nauchnykh trudov Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva* [Collection of scientific papers of the Stavropol Research Institute of Animal Husbandry and Forage Production]. Stavropol, 2014, vol. 2, iss. 7, pp. 136-138 (in Russian).
5. Skobelev V.V., Bazylev S.E., Bekish R.V., Soglaeva E.E. Dependence of the productivity of first-calf heifers on the lineage. *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya "Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny"* [Scientific notes of the Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine], 2015, vol. 51, iss. 1, pt. 2, pp. 98-101 (in Russian).
6. Leonova M.A., Kolosov A.Yu., Radyuk A.V., Bublik E.M., Stetyukha A.A., Svyatogorova A.E. Promising marker genes for farm animal productivity. *Molodoi uchenyi = Young Scientist*, 2013, no. 12 (59), pp. 612-614 (in Russian).
7. Zinovieva N.A., Gladyr E.A. Application of DNA diagnostics for the analysis of candidate genes for quantitative trait loci in farm animals. *Scientific works All-Russian Scientific Research Institute of Animal Husbandry*. Dubrovitsy, 2003, iss. 61, pp. 218-224 (in Russian).
8. Strzalkowska N., Krzyzewski J., Zwierzchowski L., Ryniewicz Z. Effects of kappa-casein and beta-lactoglobulin loci polymorphism, cows' age, stage of lactation and somatic cell count on daily milk yield composition in Polish Black-and-White cattle. *Animal Science Papers and Reports*, 2002, vol. 20, no. 1, pp. 21-35.
9. Argov-Argaman N., Mida K., Cohen B. C., Visker M., Hettinga K. Milk fat content and DGAT1 genotype determine lipid composition of the milk fat globule membrane. *PLoS ONE*, 2013, vol. 8, no. 7, p. e68707. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068707>
10. Kuehn C., Edel C., Weikard R., Thaller G. Dominance and parent-of origin effects of coding and non-coding alleles at the acylCoA-diacylglycerol-acyltransferase (DGAT1) gene on milk production traits in German Holstein cows. *BMC Genetics*, 2007, vol. 8, art. 62. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-8-62>
11. Signorelli F., Orru L., Napolitano F., De Matteis G., Scatà M.C., Catillo G., Marchitelli C., Moioli B. Exploring polymorphisms and effects on milk traits of the DGAT1, SCD1 and GHR genes in four cattle breeds. *Livestock Science*, 2009, vol. 125, no. 1, pp. 74-79. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.02.014>
12. Zinnatova F.F., Zinnatov F.F. Role of lipid metabolism genes (DGAT1, TG5) in improving economically valuable traits cattle. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Bauman = Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*, 2014, vol. 219, no. 3, pp. 164-168 (in Russian).
13. Dybus A. Associations between Leu/Val polymorphism of growth hormone gene and milk production traits in Black-and-White cattle. *Archives Animal Breeding*, 2002, vol. 45, no. 5, pp. 421-428. <https://doi.org/10.5194/aab-45-421-2002>
14. Grisart B., Coppieters W., Farnir F., Karim L., Ford C., Berzi P., Cambisano N., Mni M., Reid S., Simon P., Spelman R., Georges M., Snell R. Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: identification of a missense mutation in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition. *Genome Research*, 2002, vol. 12, no. 2, pp. 222-231. <https://doi.org/10.1101/gr.224202>

15. Ganiev A.S., Shaydullin R.R. Gene polymorphism butterfat cattle. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Baumana = Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*, 2015, vol. 224, no. 4, pp. 30-35

16. Barabanshchikov N.V. *Dairy business*. 2nd ed. Moscow, Agropromizdat Publ., 1990. 351 p. (in Russian).

Информация об авторе

Михалюк Александр Николаевич – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой (кафедра технологии хранения и переработки животного сырья), Гродненский государственный аграрный университет (ул. Терешковой, 28, 230028, г. Гродно, Республика Беларусь). E-mail: alex-vet@mail.ru ; <http://orcid.org/0000-0001-6110-264X>

Information about the author

Alexander N. Mikhailjuk – Ph. D. (Biological), Associate Professor, Grodno State Agricultural University (28, Tereshkova Str., 230028, Grodno, Republic of Belarus). E-mail: alex-vet@mail.ru ; <http://orcid.org/0000-0001-6110-264X>