

Современные ДНК-методы в оценке технологического потенциала молочного сыря

И.А. Радаева, д-р техн. наук, профессор; Р.Р. Вафин, д-р техн. наук, профессор РАН; С.Н. Туровская; Е.Е. Илларионова;
А.В. Бигаева*

ВНИИ молочной промышленности, Москва

Дата поступления в редакцию 06.04.2020

Дата принятия в печать 15.05.2020

* ada14-5@yandex.ru

© Радаева И.А., Вафин Р.Р., Туровская С.Н., Илларионова Е.Е., Бигаева А.В., 2020

Реферат

Залогом производства любого высококачественного пищевого продукта является сырье, соответствующее нормируемым законодательно требованиям. При этом возможность переработки молока-сырья с получением ценных молочных продуктов широкой ассортиментной линейки определяется технологическим потенциалом молока, который, в свою очередь, зависит от его состава и фракционного соотношения молочных белков, а именно казеиновых и сывороточных фракций. Для выработки большинства сыров и творога необходимо молоко, способное образовывать плотный казеиновый сгусток под воздействием различных коагулянтов, то есть сыропригодное молоко. В то время как для производства молочных продуктов длительного хранения, подвергающихся высокотемпературной обработке, необходимо термоустойчивое молоко. На продуцирование молока с требуемыми технологическими свойствами оказывают влияние условия содержания и кормления животного, его возраст и физиологическое состояние, а также наследственность. Многолетними исследованиями с целью повышения экономической эффективности молочного животноводства была установлена взаимосвязь генотипов коров с технологическими свойствами их молока. Стимулом для данных исследований послужило освоение методов молекулярной диагностики, в том числе основанных на применении полимеразной цепной реакции. Сегодня известно множество способов ее реализации, позволяющих использовать методы ДНК-анализа с разными целями в зависимости от поставленных исследователями задач и аппаратного оформления лаборатории. В ДНК-оценке технологического потенциала молока-сырья широкое распространение получил комплексный метод полимеразной цепной реакции с последующим анализом полиморфизма длин рестриционных фрагментов. Данный метод прост и достоверен, способствует ускорению процесса селекции сельскохозяйственных животных, что положительно влияет на качество пищевого сыря, получаемого от крупного рогатого скота.

Ключевые слова

крупный рогатый скот, генотип, молоко, термоустойчивость, сыропригодность, ПЦР, ПДРФ, электрофорез

Для цитирования

Радаева И.А., Вафин Р.Р., Туровская С.Н., Илларионова Е.Е., Бигаева А.В. (2020) Современные ДНК-методы в оценке технологического потенциала молочного сыря // Пищевая промышленность. 2020. № 5. С. 19–22.

Assessing the technological potential of raw milk by using modern DNA methods

I.A. Radaeva, Doctor of Technical Sciences, Professor; R.R. Vafin, Doctor of Biological Sciences, Professor of RAS;

S.N. Turovskaya; E.E. Illarionova; A.V. Bigaeva*

All-Russian Dairy Research Institute, Moscow

Received: April 6, 2020

Accepted: May 15, 2020

* ada14-5@yandex.ru

© Radaeva I.A., Vafin R.R., Turovskaya S.N., Illarionova E.E., Bigaeva A.V., 2020

Abstract

The quality of food products depends on the raw materials that should meet the national standards. Meanwhile, the possibility of getting a wide range of valuable dairy products in the result of raw milk processing is determined by milk's technological potential. In its turn, this potential depends on the milk's contents and the fractional ratio between milk proteins, particularly casein and whey fractions. Cheese and cottage cheese production needs raw milk that can coagulate under the influence of various coagulants, while forming a dense casein clot. Such milk has a high cheesability. Meanwhile, in order to produce dairy products of long-term storage which are processed under high temperatures, it is heat-resistant milk that is needed. The production of milk with the required technological traits is effected by the conditions of cows' keeping and feeding, their age, health and heredity. Numerous studies, aiming to increase the economic efficiency of dairy industry, revealed the relation between cows' genotypes and their milk's technological traits. These works were stimulated by the development of molecular diagnostic methods, including those, based on polymerase chain reaction. Today there are a lot of known ways of its realization, enabling to use DNA analysis with different aims that depend on the researchers' goals and the laboratory equipment. Among the most popular methods in DNA assessment of raw milk's technological traits is an integrated method of polymerase chain reaction with the following analysis of restriction fragment length polymorphism. This method is relatively simple and accurate. Moreover, it speeds up the process of cattle breeding that positively effects the quality of raw milk.

Key words

cattle, genotype, milk, heat resistance, cheese suitability, PCR, RFLP, electrophoresis

For citation

Radaeva I.A., Vafin R.R., Turovskaya S.N., Illarionova E.E., Bigaeva A.V. (2020) Assessing the technological potential of raw milk by using modern DNA methods // Food processing industry = Pischevaya promyshlennost'. 2020. No. 5. P. 19–22.

Введение. В обзоре рассматриваются современные ДНК-методы, применяемые в оценке технологического потенциала молочного сырья. ДНК-технологии сегодня являются одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений науки с большим прикладным значением. В частности, они существенно дополняют ставшие классическими методы контроля качества молока, такие как органолептический, физико-химический и микробиологический анализы [1, 2].

Особое значение при существующей приемке молока на предприятиях молочной промышленности имеет массовая доля общего белка, от фракционного состава которого зависят направления дальнейшей переработки.

На качество молока, его технологические свойства и ценность полученных из него готовых продуктов оказывает влияние множество факторов [3], среди которых последние десятилетия активно изучаются гены крупного рогатого скота, ассоциированные с различными молочными компонентами, например с белками, существующими в нескольких аллельных вариациях, то есть полиморфно.

Среди генов белков молока одним из наиболее изученных молекулярных маркеров является ген κ -казеина (CSN3), оказывающий влияние на содержание и соотношения компонентов молока и, как следствие, его технологические свойства – сыропригодность и термоустойчивость [4, 5, 6, 7].

Поступающее на переработку сырое либо сухое молоко является сборным и обладает переменными физико-химическими показателями, а соответственно и непостоянными технологическими свойствами. Тогда как выпускающаяся с предприятия продукция должна обладать стандартными параметрами, в том числе с узнаваемыми потребителями органолептическими показателями [8, 9]. Таким образом, обеспечение молокоперерабатывающих предприятий стабильным по качеству сырьем было и остается актуальной задачей, для решения которой необходимо в числе прочих мер использовать достижения современной молекулярной генетики.

До становления и популяризации полимеразной цепной реакции (ПЦР) в различных исполнениях полиморфизм генов молочных белков изучался на уровне белковых молекул. Так, для анализа применялся метод электрофореза с высоким разрешением в полиакриламидном геле (ПААГ) с последующим определением количественного содержания белков денситометрированием полученных данных

с использованием вспомогательных приборов и стадий процесса [10, 11]. Принцип действия электрофореза основан на движении отрицательно заряженных молекул ДНК к положительному электроду в постоянном электрическом поле. По окончании электрофореза смеси фрагментов разных длин образуют в геле полосы, соответствующие фрагментам одной и той же длины: чем длиннее фрагмент, тем больше сопротивление геля и, соответственно, меньше расстояния пробега фрагмента.

Следует подчеркнуть, что при определении различных аллелей гена белка на основании их электрофоретической подвижности могут возникать проблемы с идентификацией аллеля из-за использования разных методов фракционирования белков [12]. Анализ полиморфизма генов на уровне ДНК позволяет избежать таких осложнений. В прошлом столетии генотипирование по локусу гена CSN3 проводили преимущественно методом анализа длин рестрикционных фрагментов (ПДРФ-анализ) с использованием блот-гибридизации по Саузерну [11, 13].

Основой ПДРФ-анализа служат рестриктирующие эндонуклеазы (рестриктазы), опознающие особые положения в ДНК (сайты узнавания) и разрезающие нативную ДНК на определенное количество фрагментов фиксированного размера [11].

Для проведения ПДРФ-анализа с использованием блот-гибридизации первоначально необходимо разделить смесь фрагментов ДНК с помощью электрофореза. Затем на полученную гель-пластину сверху наносится лист нитроцеллюлозы или нейлона, на которые за счет блоттинга переносятся разделенные одноцепочечные фрагменты ДНК. Далее нанесенный лист снимают с геля и обрабатывают радиоактивно меченной ДНК-пробой или ДНК-зондом, предварительно синтезированным, специфичным к анализируемой нуклеотидной последовательности. Зонд связывается с ней по правилу комплементарности. Обработанный лист тщательно отмывают и подвергают автордиографии ДНК. Благодаря флуоресцентной метке или радиоизотопам, встраиваемым в зонд, результаты легко идентифицируются.

Однако разработка метода ПЦР еще более упростила процесс изучения анализируемых образцов. Суть метода заключается в многократном увеличении малых концентраций определенных фрагментов нуклеиновой кислоты в исследуемом образце [11]. ПЦР-диагностика включает в себя три основных этапа: пробоподготовку, постановку ПЦР и детекцию результатов.

Целью этапа пробоподготовки является экстракция ДНК из биообразца и максимально полная ее очистка от сопутствующих примесей.

Результаты исследования. На этапе амплификации ДНК ключевой задачей является копирование целевого участка ДНК с минимальным образованием неспецифических продуктов. На текущее время известно множество модификаций постановки ПЦР: ПЦР с «горячим» стартом, ПЦР с обратной транскрипцией, ПЦР с анализом результатов по «конечной» точке, ПЦР в режиме «реального времени», мультипраймерная ПЦР, гнездовая ПЦР, инвертированная ПЦР, асимметричная ПЦР, групп-специфичная ПЦР, метод молекулярных колоний, ПЦР длинных фрагментов и т.д. [14].

В оценке полиморфизма молочных белков в отечественной практике преимущественно применяют полимеразную цепную реакцию с последующим анализом полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (ПЦР-ПДРФ) [15, 16, 17]. Метод заключается в предварительной амплификации участка исследуемого гена, несущего сайт узнавания для подобранной под конкретное исследование рестриктазы, с дальнейшим разрезанием этого участка на фрагменты определенной длины. По величине образовавшихся фрагментов определяют присутствие или отсутствие искомого аллеля гена у животного. Для проведения амплификации используют праймеры – искусственно синтезированные короткие фрагменты нуклеиновой кислоты, комплементарные выбранному участку исследуемого гена.

В табл. 1 представлены праймеры для генотипирования КРС по гену κ -казеина при проведении ПЦР-ПДРФ-анализа [17].

Как видно из табл. 1, праймеры AB1+AB2 инициируют амплификацию фрагмента гена κ -казеина КРС длиной 453 п. н., праймеры K1+K2 – длиной 271 п. н., праймеры JK5+JK3 – длиной 350 п. н. Для рестрикционного анализа данных фрагментов используются эндонуклеазы HinfI и HindIII. При этом применение праймеров JK5 и JK3 в системе оценки аллельного полиморфизма гена каппа-казеина с процедурой ПДРФ-HinfI анализа является оптимальным вариантом генотипирования крупного рогатого скота по аллелям А и В. Так, наличие сайтов рестрикции HinfI в локусах аллелей А и В гена каппа-казеина обеспечивает генерацию дискретных ПДРФ-фрагментов, позволяющих идентифицировать искомые генотипы AA, BB и AB [17].

Заключительным этапом ПЦР-ПДРФ-анализа является детекция полученных

Таблица 1
 Праймеры, используемые для генотипирования КРС по гену κ -казеина при проведении ПЦР-ПДРФ-анализа

Олигонуклеотидные праймеры	ПЦР-продукт (п. н.)	Генотип-специфичные CSN3 – ПДРФ – фрагменты (п. н.)		
		AA	BB	AB
AB1: 5’-TGTGCTGAGTAGGTATCCTAGTTATGG-3’/(27 н.) AB2: 5’-GCGTTGTCTTCTTTGATGTCTCCTTAG-3’/(27 н.)	453	HinfI		
		326 100 27	426 27	426 326 100 27
		HindIII		
K1: 5’-GAAATCCCTACCATCAATACC – 3’ (21 н.) K2: 5’-CCATCTACGCTAGTTAGATG – 3’ (21 н.)	271	HinfI		
		131 91 49	222 49	222 131 91 49
		HindIII		
JK5: 5’-TCATTTATGGCCATTCCACCAAAG-3’/(24 н.) JK3: 5’-GCCCATTTCCGCTTCTCTGTAACAGA-3’/(26 н.)	350	HinfI		
		134 131 85	265 85	265 134 131 85
		HindIII		
		350	218 132	350 218 132

результатов. В молекулярной диагностике она производится с помощью электрофоретических, гибридизационно-ферментных либо гибридизационно-флуоресцентных методов [14]. В случае ПЦР-ПДРФ-анализа наиболее широко применим горизонтальный электрофорез в агарозном геле. При приготовлении геля в него вносятся флуоресцирующие в присутствии ДНК вещества, к примеру бромистый этидий, который при связывании с ДНК под воздействием ультрафиолета светится оранжевым цветом.

Заключение. Оценка технологического потенциала молочного сырья с использованием современных ДНК-методов имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами. Молекулярные маркеры позволяют оценить качество уже полученного молока прямым анализом, а также качество потенциального молока через изучение генотипа животного в любом возрасте, независимо от его физиологического состояния и других факторов. Прежде всего это делает более доступной селекцию сельскохозяйственных животных. Если раньше традиционный отбор подразумевал анализ фенотипа животных, что долго и дорого, то отбор по генотипу позволяет оптимизировать процесс путем его ускорения и миними-

зации финансовых затрат на содержание непродуктивных животных. Отбор животных с желательными генотипами с помощью генетических маркеров позволяет увеличивать долю сыропригодного и /или термоустойчивого молочного сырья, что в дальнейшем приведет к увеличению выхода и повышению качества молочных продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юрова, Е.А. Методы контроля показателей качества и безопасности в молочной промышленности // Переработка молока. – 2017. – № 5 (211). – С. 41–43.
2. Кобзева, Т.В. Оценка показателей качества и идентификационных характеристик сухого молока/Т.В. Кобзева, Е.А. Юрова // Молочная промышленность. – 2016. – № 3. – С. 32–35.
3. Шуваринов, А.С. Использование генетических и паратипических факторов в повышении продуктивности и качества молока коров; дисс. ... д-ра с.-х. наук: 06.02.04. – Москва, 2004. – 292 с.
4. Тюлькин, С.В. Полиморфизм гена каппа-казеина в стадах крупного рогатого скота Республики Татарстан/С.В. Тюлькин, Т.М. Ахметов, Л.Р. Загидуллин [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2016. – Т. 225. – № 1. – С. 148–151.

5. Bonfatti, V. Effects of the detailed protein composition of milk on curd yield and composition measured by model micro-cheese curd making of individual milk samples/V. Bonfatti, D. Ribeiro de Freitas, A. Lugo [et al.]/Journal of Dairy Science. – 2019. – Vol. 102. – No. 9. – P. 7863–7873. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15743>.

6. Бигаева, А.В. Термоустойчивость молока коров с разными генотипами каппа-казеина/А.В. Бигаева, Х.Х. Гильманов, С.В. Тюлькин [и др.] // Пищевая промышленность. – 2019. – № 10. – С. 59–61. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10159>.

7. Бигаева, А.В. Сыропригодность молока коров с разными генотипами каппа-казеина/А.В. Бигаева, Х.Х. Гильманов, С.В. Тюлькин [и др.] // Сыроделие и маслоделие. – 2019. – № 6. – С. 26–27.

8. Галстян, А.Г. Улучшение качества молочных консервов за счет использования пастеризованного молока-сырья/А.Г. Галстян, И.А. Радаева, В.В. Червецов [и др.] // Молочная промышленность. – 2015. – № 5. – С. 42–44.

9. Galstyan, A. G. Modern approaches to storage and effective processing of agricultural products for obtaining high quality food products/A. G. Galstyan, L. M. Akseanova, A. B. Lisitsyn [et al.]. – Herald of the Russian Academy of Sciences, 2019. – Vol. 89. – No. 2. – P. 211–213. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-5873895539-542>.

10. Закирова, Г.М. Белковый состав и технологические свойства молока у помесных коров холмогорская х голштинская разного генотипа: дисс. ... канд. биол. наук: 06.02.01. – Казань, 2002. – 143 с.

11. Важнейшие методы молекулярной биологии и генной инженерии [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <https://biomolecula.ru/articles/vazhneishie-metody-molekuliarnoi-biologii-i-gennoi-inzhenerii> (дата обращения: 20.02.2020).

12. Артемьев, А.М. Молочная продуктивность и технологические свойства молока коров черно-пестрой породы с различными генотипами каппа-казеина и сезонами отела; дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.02.04. – Москва, 2007. – 98 с.

13. Хлесткина, Е.К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17. – № 4 (2). – С. 1044–1054.

14. Зорина В.В. Основы полимеразной цепной реакции (ПЦР). Методическое пособие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.dna-technology.ru/files/images/d/PCR_A5_083-2.pdf (дата обращения 24.01.2020).

15. Тюлькин, С.В. Разработка способа проведения ПЦР-ПДРФ на примере DGAT1-гена

крупного рогатого скота / С. В. Тюлькин, Р. П. Вафин, А. В. Муратова [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2 (17). – С. 3773–3775.

16. Ryabova, A. E. Approbation of PCR-RFLP and AS-PCR methods for genotyping cattle by the DGAT1 gene / A. E. Ryabova, I. Y. Mikhailova, Kh. Kh. Gilmanov [et al.] // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Science. – 2019. – Vol. 3. – No. 435. – P. 60–66. DOI: <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X>. 68.

17. Вафин, Р. Р. Оптимизация способов генотипирования крупного рогатого скота по гену каппа-казеина / Р. Р. Вафин, Т. М. Ахметов, Э. Ф. Валиуллина [и др.] // Ветеринарная практика. – 2007. – № 2 (37). – С. 54–69.

REFERENCES

1. Yurova EA. Metodi kontrolya pokazateley kachestva i bezopasnosti v molochnoy promyshlennosti [Methods for controlling quality and safety indicators in the dairy industry]. *Pererabotka moloka* [Milk Processing]. 2017. No. 5 (211). P. 41–43 (In Russ.).

2. Kobzeva TV, Yurova EA. Otsenka pokazateley kachestva i identifikatsionnykh characteristics sukhogo moloka [Evaluation of quality indicators and identification characteristics of dry milk]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry]. 2016. No. 3. P. 32–35 (In Russ.).

3. Shuvarikov AS. Ispol'zovanie geneticheskikh i paratipicheskikh faktorov v povyshenii produktivnosti i kachestva moloka korov [The use of genetic and paratypical factors in improving the productivity and quality of cow's milk]; thesis Doctor of Agricultural Sciences. Moscow: Moscow Timiryazev Agricultural Academy. 2004. 292 p. (In Russ.)

4. Tyulkin SV, Akhmetov TM, Zagidullin LR, Rachkova EN, Shaïdullin SF, Gilmanov Kh Kh. Polymorfizm gena kappa-kazeina v stadakh крупного рогатого скота Respubliki Tatarstan [Polymorphism of the kappa-casein gene in cattle herds of the Republic of Tatarstan]. Uchyoniye zapiski Kazanskoï gosudarstvennoy akademii veterinarnoy medicine imeni Baumana [Scientific notes of the Kazan Bauman State

Academy of Veterinary Medicine]. 2016. Vol. 225. No. 1. P. 148–151 (In Russ.).

5. Bonfatti V, de Freitas DR, Lugo A, Vicario D, Carnier P. Effects of the detailed protein composition of milk on curd yield and composition measured by model micro-cheese curd making of individual milk samples. *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102. No. 9. P. 7863–7873. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15743>.

6. Bigaeva AV, Gilmanov Kh Kh, Tyulkin SV, Vafin RR, Galstyan AG. Termoustoychivost' moloka korov s raznimi genotipami kappa-kazeina [Heat resistance of cows' milk with different of kappa-casein genotypes]. *Pischevaya promyshlennost'* [Food industry]. 2019. No. 10. P. 59–61 (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10159>.

7. Bigaeva AV, Gilmanov Kh Kh, Tyulkin SV, Vafin RR, Galstyan AG. Syroprigodnost' moloka korov s raznimi genotipami kappa-kazeina [Cheese suitability of cows' milk with different of kappa-casein genotypes]. *Syrodellie i maslodellie* [Cheese and butter making]. 2019. No. 6. P. 26–27 (In Russ.).

8. Galstyan AG, Radaeva IA, Chervetsov VV, Turovskaya SN, Illarionova EE, Petrov AN. Uluchshenie kachestva molochnykh konservov za schyot ispolzovaniya pasterizovannogo moloka-sirya [Improving the quality of canned milk through the use of pasteurized milk-raw materials]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry]. 2015. No. 5. P. 42–44 (In Russ.).

9. Galstyan AG, Aksenova LM, Lisitsyn AB, Oganeyants LA, Petrov AN. Modern approaches to storage and effective processing of agricultural products for obtaining high quality food products. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2019. Vol. 89. No. 2. P. 211–213. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-5873895539-542>.

10. Zakirova GM. Belkoviy sostav i tehnologicheskie svoystva moloka u pomesny'x korov xolmogorskaya x golshtinskaya raznogo genotipa [Protein composition and technological properties of milk in crossbred cows Holmogorskaya x Holstein of different genotypes]; thesis of Candidate of Biological Sciences. Kazan': Kazan' Bauman State Academy of Veterinary Medicine, 2002. 143 p.

11. Vazhnejshie metody` molekulyarnoj biologii i gennoj inzhenerii [The most

important methods of molecular biology and genetic engineering]. Available from <https://biomolecula.ru/articles/vazhneishie-metody-molekuliarnoi-biologii-i-gennoj-inzhenerii>.

12. Artem'ev AM. Molochnaya produktivnost' i tehnologicheskie svoystva moloka korov cherno-pestroj породы s razlichnymi genotipami kappa-kazeina i sezonami otela [Milk yield and technological properties of milk of cows of black-motley breed of different genotypes of kappa-casein and seasons of calving]; thesis of Candidate of Agricultural Sciences. Moscow: Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2007. 98 p.

13. Khlestkina EK. Moleculyarnie markeri v geneticheskikh issledovaniyakh i v selectsii [Molecular markers in genetic studies and in breeding]. *Vavilov journal of genetics and plant breeding*. 2013. Vol. 17. No. 4 (2). P. 1044–1054 (In Russ.).

14. Zorina VV. Osnovy polimeraznoj cepnoj reakcii (PCzR). Metodicheskoe posobie [Fundamentals of polymerase chain reaction (PCR). Methodical manual]. Available from https://www.dna-technology.ru/files/images/d/PCR_A5_083-2.pdf.

15. Tyulkin SV, Vafin RR, Muratova AV, Khatypov II, Zagidullin LR, Rachkova EN et al. Razrabotka sposoba provedeniya PCR-RFLP na primere DGAT1-gena крупного рогатого скота [Development of a method for PCR-RFLP on the example of a bovine DGAT1 gene]. *Fundamentalnie issledovaniya* [Fundamental study]. 2015. No. 2 (17). P. 3773–3775 (In Russ.).

16. Ryabova AE, Mikhailova I Yu, Gilmanov Kh Kh, Rzhanova IV, Asembaeva EK, Nurmukhanbetova DE. Approbation of PCR-RFLP and AS-PCR methods for genotyping cattle by the DGAT1 gene. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Science*. 2019. Vol. 3. No. 435. P. 60–66. DOI: <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X>. 68.

17. Vafin RR, Axmetov TM, Valiullina EF, Zaripov OG, Tyulkin SV. Optimizatsiya sposobov genotipirovaniya крупного рогатого скота po tipu gena kappa-kazeina [An optimization of cattle genotyping means by kappa-casein gene]. *Veterinarnaya practica* [Veterinary practice]. 2007. No. 2 (37). P. 54–69 (In Russ.).

Авторы

Радеева Искра Александровна, д-р техн. наук, профессор, Вафин Рамиль Ришадович, д-р биол. наук, профессор РАН, Туровская Светлана Николаевна, Илларионова Елена Евгеньевна, Бигаева Алана Владиславовна
ВНИИ молочной промышленности, 115093, Москва, ул. Люсиновская, д. 35, корп. 7, conserslab@mail.ru, vafin-ramil@mail.ru, ada14-5@yandex.ru

Authors

Iskra A. Radaeva, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ramil R. Vafin, Doctor of Biological Sciences, Professor of RAS, Svetlana N. Turovskaya, Elena E. Illarionova, Alana V. Bigaeva
All-Russian Dairy Research Institute, 35, building 7, Lusinovskaya str., Moscow, 115093, conserslab@mail.ru, vafin-ramil@mail.ru, ada14-5@yandex.ru