

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.5>

ВЛИЯНИЕ ГЕНОТИПА ПО ГЕНУ КАППА-КАЗЕИНА НА ВРЕМЯ СЫЧУЖНОГО СВЕРТЫВАНИЯ МОЛОКА КОРОВ

Научная статья

Корнелаева М.В.^{1,*}, Карликова Г.Г.², Сермягин А.А.³

¹ORCID : 0000-0001-5674-6694;

²ORCID : 0000-0002-9021-1404;

³ORCID : 0000-0002-1799-6014;

^{1,2,3} Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства имени академика Л.К. Эрнста, Дубровицы, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (marikornelaeva[at]yandex.ru)

Аннотация

Свертываемость молока является одним из основных экономических признаков при производстве сыра и важна как для качества и выхода сыра, так и для контроля технологического процесса на молокоперерабатывающих предприятиях. Поэтому возможности генетического улучшения этого признака стали актуальной задачей на сегодняшний день, особенно после выявления относительно высокой распространенности индивидуальной несвертываемости молока у коров в ряде пород. Целью исследования было изучить способность к свертыванию молока голштинизированной черно-пестрой породы во взаимосвязи с генотипом по гену каппа-казеина (CSN3) и качественным составом молока. Было проведено исследование взаимосвязи различных факторов с технологическими свойствами и качественным составом нормального и не коагулирующего молока. Для показателя времени свертывания молока доля влияния генотипа по гену CSN3, месяца взятия пробы, фактора животного и дня лактации составила 8, 28, 46 и 93%, соответственно. В ходе исследования пробы молока были разделены на 3 группы в соответствии с генотипом по гену CSN3 коров, от которых они были отобраны: AA, AB и BB. Наибольшее время свертывания было присуще молоку от коров с генотипом AA – 51,5 минут. Промежуточное положение заняли пробы группы AB – почти 37 минут. Пробы группы BB характеризовались самым быстрым временем свертывания – 32 минуты.

Ключевые слова: молочный скот, технологические свойства молока, свертываемость молока, каппа-казеин, не коагулирующее молоко.

EFFECT OF GENOTYPE FOR THE KAPPA-CASEIN GENE ON MILK CURDLING TIME IN COWS

Research article

Kornelaeva M.V.^{1,*}, Karlikova G.G.², Sermyagin A.A.³

¹ORCID : 0000-0001-5674-6694;

²ORCID : 0000-0002-9021-1404;

³ORCID : 0000-0002-1799-6014;

^{1,2,3} L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Russian Federation

* Corresponding author (marikornelaeva[at]yandex.ru)

Abstract

Milk coagulability is one of the main economic traits in cheese production and is important both for cheese quality and yield and for process control in dairy processing plants. Therefore, the possibilities of genetic improvement of this trait have become an urgent task today, especially after the identification of a relatively high prevalence of individual milk non-coagulability in cows in a number of breeds. The aim of the study was to analyse the milk clotting ability of Holsteinised black and pedigree breeds in relation to genotype for the kappa-casein gene (CSN3) and milk quality composition. The relationship of various factors with the technological properties and qualitative composition of normal and non-coagulating milk was investigated. For milk clotting time index, the proportion of influence of CSN3 genotype, month of sample collection, animal factor and day of lactation was 8, 28, 46 and 93%, respectively. During the study, milk samples were divided into 3 groups according to the genotype for the CSN3 gene of the cows from which they were collected: AA, AB and BB. The highest clotting time was observed in milk from cows with genotype AA – 51.5 minutes. The intermediate position was occupied by samples from the AB group – almost 37 minutes. BB samples were characterized by the fastest clotting time of 32 minutes.

Keywords: dairy cattle, technological properties of milk, milk coagulation, kappa-casein, non-coagulating milk.

Введение

Свертываемость молока является одним из основных экономических признаков при производстве сыра и важна как для качества и выхода сыра, так и для контроля технологического процесса на молокоперерабатывающих предприятиях. Поэтому возможности генетического улучшения этого признака стали актуальной задачей на сегодняшний день, особенно после выявления относительно высокой распространенности индивидуальной несвертываемости молока у коров ряда пород [1], [2].

В течение многих лет ученые исследуют взаимосвязь качественного состава молока и признаков, характеризующих его коагуляционные свойства, в том числе время свертывания. Было обнаружено, что селекция на

низкое содержание числа соматических клеток (SCS) может привести к улучшению свертываемости молока и сыропригодности, благодаря отрицательной корреляционной связи между SCS и уровнем казеина. Кроме того, высокий уровень содержания соматических клеток повышает электропроводность и pH молока [1].

В настоящее время большой интерес, особенно в странах, где сыроделие занимает ведущее место в отрасли переработки молока (например, Италия), представляет изучение содержания лактозы, поскольку она является основным осмотическим соединением элементов молока, влияя на его физические свойства. Так, изменение состава молока после внутри выменной инфекции, особенно изменение содержания лактозы и минеральных веществ, влияет на точку замерзания молока (ТЗ, °С). Точка замерзания молока тесно коррелирует с содержанием водорастворимых соединений, ее низкие показатели могут свидетельствовать о дисбалансе рациона, его качестве. Зачастую ТЗ используется в качестве индикатора на производстве фальсификации молока водой, примеси молозива в сборном молоке. Кроме того, ТЗ коррелирует с кинетикой образования сгустка. Однако, с генетической точки зрения информации о показателях ТЗ на популяционном уровне в литературных источниках встречается мало. В связи с этим, изучение возможностей использования показателей содержания лактозы и ТЗ для селекционных целей является актуальным направлением исследований [3].

Большой мировой проблемой во всех породах молочного скота является несвертывающееся или не коагулирующее молоко (НК). По оценкам авторов, распространенность НК молока достигает у финских айрширов – 13,3%; у итальянских голштинов и бурых швицев – 9,7 и 3,5%, соответственно; у датских голштинов – 4,8%; у шведского красного молочного скота – 18%. Определить, какие признаки одновременно могут улучшить коагуляционные свойства молока и снизить количество НК молока, нелегко, поскольку механизм, вызывающий НК молока, до сих пор неясен. Во многих исследованиях изучались генетические параметры коагуляционных свойств молока в сравнении с признаками молочной продуктивности, метаболитами и минеральными веществами. В других исследованиях из базы данных коагуляционных свойств молока просто удаляли записи с НК молоком перед оценкой генетических параметров. Однако, исследований, объединяющих изучение генетических параметров для НК молока, коагуляционных свойств, состава, физических признаков и белкового состава молока одновременно, мало [4], [5].

Помимо качественного состава молока, на его коагуляционные свойства также влияют генетические и экологические факторы, в частности, порода, генотипы по генам, отвечающим за тип белка, стадия лактации, кормление и ряд других, что дает направляющий вектор для разнообразных исследований [6], [7], [8].

Ученые, изучая коагуляционные свойства молока и упругость творога, обнаружили, что наследуемость составляет до 0,278. Наиболее часто исследуемым геном является каппа-казеин, так как его влияние на технологические свойства молока неоднократно подтверждалось [7], [9]. Молочная продуктивность и характер лактационной кривой у животных разных генотипов различается, причем до сих пор нет точного определения лучшего генотипа, поскольку результаты работ разных авторов имеют противоречивые данные [10], [11], [12]. Тем не менее неоднократно рядом авторов показано преимущество по показателям технологических свойств молока генотипа ВВ по гену CSN3, однако, в некоторых исследованиях различия с генотипом АВ незначительны [7], [13], [14]. В связи с чем, до сих пор остается актуальным исследование влияния гена CSN3 на технологические свойства молока.

Наиболее распространенными приборами для измерения коагуляционных свойств молока являются такие, как компьютеризированный сычугомер, Formagraph и Optigraph [15]. К сожалению, применение этих методик в широких масштабах требует больше затрат времени и средств и они не применимы на популяционном уровне, а значит, не могут быть использованы в селекционных целях. Для преодоления этих ограничений и прогнозирования ряда признаков молока, таких как жирнокислотный состав и коагуляционные свойства молока, было предложено использовать среднюю инфракрасную спектроскопию (MIRS), в частности, спектрометр Milko-Scan (Foss Electric A/S, Hillerød, Дания) [3], [16]. Несмотря на то, что прогнозистическая способность данных ИК-Фурье для некоторых признаков является умеренной, генетический отклик, достижимый при использовании ИК-Фурье в качестве индикаторных признаков, может быть равен или немного ниже чем ответ, достижимый при прямых измерениях признаков [15], [16]. Таким образом, использование инфракрасной спектроскопии для прогнозирования коагуляционных свойств молока может рассматриваться как дешевый метод и ценная технология сбора фенотипов коагуляционных признаков молока для генетического анализа [3], [16].

Исходя из вышесказанного, в связи с необходимостью прогнозирования и выявления животных с лучшими коагуляционными свойствами молока была поставлена следующая цель научного исследования – изучить способность к свертыванию молока черно-пестрой голштинской породы во взаимосвязи с генотипом по гену каппа-казеина (CSN3) и качественным составом молока.

В рамках поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- изучить взаимосвязь факторов с технологическими свойствами и качественным составом молока;
- выявить различия состава нормального и НК молока.

Методы и принципы исследования

Материалом исследования являлось молоко коров голштинизированной черно-пестрой породы в возрасте 1 лактации.

В лаборатории селекционного контроля качества молока на инфракрасном анализаторе молока Combi Foss FT+7 DSCC был исследован компонентный состав отобранных проб молока по следующим показателям: массовая доля жира (МДЖ), массовая доля белка (МДБ), массовая доля лактозы (МДЛ), казеина, точки замерзания (ТЗ) и кислотности (pH), количество (КСК), дифференциация соматических клеток (ДКСК).

Количество соматических клеток (КСК) в молоке коров не всегда характеризуется нормальным распределением, поэтому был рассчитан показатель оценки количества соматических клеток (ОКСК) по формуле, предложенной Wiggans G.R. и Shook G.E. (1987), которая дает выровненную оценку величины содержания КСК на контрольный день [17]:

$$\text{ОКСК} = \log_2\left(\frac{\text{КСК}}{100}\right) + 3 ,$$

где ОКСК – оценка числа соматических клеток (балл), \log_2 – логарифм по основанию 2, КСК – количество соматических клеток, определенное на инфракрасном спектрометре (тыс. ед/мл).

Для изучения технологических свойств отобранных проб молока были проведены исследования на термостойкость (алкогольная проба) и сычужную свертываемость (сычужно-бродильная проба) [18], [19]. Сущность пробы на термостойкость заключается в том, что при смешивании в разных объемах спирта определенной концентрации с молоком белки полностью или частично коагулируют, что указывает на нетермостабильное молоко. Для определения термостойкости по алкогольной пробе используют водные растворы этилового спирта (68, 70, 72, 75 и 80%-ные). Требуемые водные растворы готовят по нормативам.

Метод сычужно-бродильной пробы основан на способности молока-сырья свертываться под действием сычужного фермента, а также микроорганизмов сырого молока способствовать этому процессу за счет сбраживания лактозы и снижения pH. По характеру образовавшегося сгустка оценивают качество молока-сырья на его пригодность для производства сыра.

Скорость сычужного свертывания (оценка сыропригодности молока) определялась с помощью методики в модификации З.Х. Диланяна [20].

В качестве реактивов для проведения проб использовались: натуральный сычужный фермент для сыра и творога CAGLIO CLERICI 50/50 (химозин телячий/пепсин бычий) активностью 100 000 ед. ВНИИМС/г; этиловый спирт 96%; глицерин.

В лаборатории молекулярной генетики сельскохозяйственных животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста было проведено генотипирование экспериментального стада коров с использованием чипов высокой плотности.

Статистическая обработка данных проводилась в программах MS Excel, Statistica, и в среде разработки программного обеспечения R-Studio. Были использованы методы математической статистики, включающие изучение функций распределения случайных величин, однофакторный и многофакторный дисперсионный анализ (ANOVA).

При проведении многофакторного дисперсионного анализа для определения совокупного влияния факторов на показатели времени свертывания молока была построена модель с использованием метода ограниченного максимального правдоподобия (REML):

$$CT = Date + Gen_{CSN3} + Alc_{grade} ,$$

где, СТ – время свертывания, Date – месяц взятия пробы, Gen CSN3 – генотип по гену CSN3, Alc_grade – класс молока, присвоенный по результатам алкогольной пробы.

Результаты и обсуждение

Было проведено исследование взаимосвязи различных факторов с технологическими свойствами и качественным составом нормального и НК молока (табл. 1). Однофакторный дисперсионный анализ показал, что на время свертывания оказывали влияние все 4 рассмотренных фактора: влияние животного, месяц взятия пробы, день лактации и генотип животного. Для совокупной выборки проб с нормальным и НК молоком, влияние фактора «генотип» было лишь у трех показателей: время свертывания, pH и КСК. Фактор «влияние животного» оказал влияние на большее количество признаков (10 из 14), чем другие факторы. Фактор «месяц взятия пробы» влиял на 8 признаков, «день лактации» – на 7 признаков. На результаты исследования проб молока на термостойкость (алкогольная проба) и сычужную свертываемость (сычужно-бродильная проба) влияли только два фактора: месяц взятия пробы и день лактации.

В связи с тем, что при рассмотрении взаимосвязи факторов технологических свойств и качественного состава проб НК молока в отдельности, существенное влияние факторов было отмечено лишь для малого количества признаков, мы считаем, что пробы НК молока следует рассматривать в совокупности с пробами нормального молока. Интересно, что при рассмотрении нормального и НК молока как обособленно, так и в совокупности, факторы в каждой группе влияли на разные признаки. Планируется продолжить исследования в этом направлении, чтобы определить факторы, влияющие на свертывание молока.

Таблица 1 - Влияние различных факторов на технологические свойства и качественный состав нормального и НК молока

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.5.1>

	Генотип			Влияние животного*			Месяц взятия пробы			День лактации		
	Норм +НК	Норм	НК	Норм +НК	Норм	НК	Норм +НК	Норм	НК	Норм +НК	Норм	НК
Время сверт-я, мин.	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-
Термос- ть, класс	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-
Сыч- брод. проба, класс	-	-	нет	-	-	нет	-	-	нет	+	+	нет
% сгустка	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
СУ, кг	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
МДЖ, %	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-
МДБ, %	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-
МДЛ, %	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-
Казеин, %	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-
ТЗ, °С	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-
рН, °Т	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-
КСК, тыс. ед/мл	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-
ОКСК, балл	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-
ДКСК, %	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-

Примечание: * - в разрезе повторяющихся исследований молока; однофакторный ДА

В таблице 2 представлены статистические параметры влияния факторов генотипа по гену CSN3 и влияние животного на технологические свойства и качественный состав молока при использовании однофакторного дисперсионного анализа.

Для показателей времени свертывания молока доля влияния генотипа по гену CSN3, месяца взятия пробы, фактора животного и дня лактации составила 8, 28, 46 и 93%, соответственно. Наибольший вклад в долю изменчивости показателей качественного состава молока и его технологических свойств внесли факторы «влияние животного» и «день лактации».

Таблица 2 - Статистические параметры влияния различных факторов на технологические свойства и качественный состав молока

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.5.2>

	Генотип CSN3		Влияние животного		Месяц взятия пробы		День лактации	
	F-критерий	R ²	F-критерий	R ²	F-критерий	R ²	F-критерий	R ²
Время свертывания, мин.	6,65 **	0,08	1,52**	0,46	14,56***	0,28	2,35**	0,93
Алкольная проба, класс	0,51	0,01	0,64	0,26	19,75***	0,35	0,62	0,77
Сычужно-брод. проба, класс	0,78	0,01	0,88	0,33	0,82	0,02	409,72***	0,99
% сгустка	0,37	0,01	0,93	0,34	1,34	0,04	9,79***	0,98
СУ, кг	2,70	0,04	9,07***	0,83	1,72	0,04	0,97	0,84
МДЖ, %	0,43	0,01	3,40***	0,65	16,33***	0,31	1,61	0,90
МДБ, %	2,93	0,04	3,55***	0,66	0,35	0,01	2,03*	0,91
МДЛ, %	3,00	0,04	2,10***	0,54	1,70	0,04	2,20*	0,92
Казеин, %	2,90	0,04	3,33***	0,65	0,40	0,01	1,99*	0,91
ТЗ, °С	0,60	0,01	0,7	0,27	3,60**	0,09	3,00**	0,94
pH, °Т	6,00 **	0,07	3,00***	0,65	3,00*	0,09	2,00	0,90
КСК, тыс. ед./мл	4,54 *	0,06	1,73**	0,49	2,44*	0,06	1,29	0,87
ОКСК, балл	2,18	0,03	3,14***	0,64	2,71*	0,07	1,07	0,85
ДКСК, %	0,66	0,01	1,67*	0,48	2,54*	0,06	0,58	0,76

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$

В ходе исследования пробы молока были разделены на 3 группы в соответствии с генотипом по гену CSN3 коров, от которых они были отобраны: AA, AB и BB. Наибольшее среднее время свертывания было присуще молоку от коров с генотипом AA – 51,5 минут (рис. 1). Промежуточное положение заняли пробы группы AB – почти 37 минут. Пробы группы BB характеризовались в среднем самым быстрым временем свертывания – 32 минуты. Таким образом, наличие в генотипе аллеля В ускоряет свертывание молока под воздействием фермента.

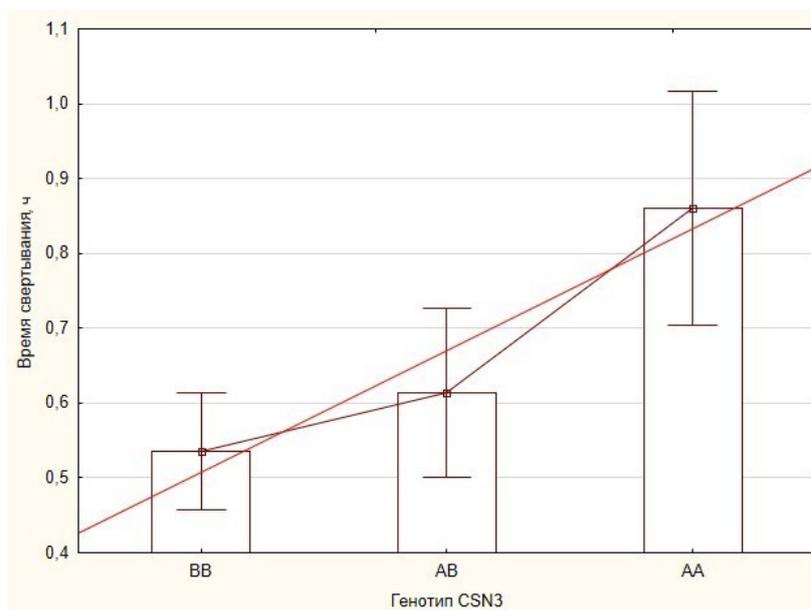


Рисунок 1 - Время свертывания молока в зависимости от генотипа животного
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.5.3>

В таблице 3 представлены показатели технологических признаков и качественного состава молока по группам.

В ходе исследования 16 проб не коагулировали, причем из них 12 проб были от коров с генотипом AA, и 4 пробы – с генотипом AB. У трех коров было отобрано по несколько проб НК в разные месяцы (у коровы с генотипом AB – 2 пробы, у коров с генотипами AA – 3 и 4 пробы). Молоко этих животных должно использоваться как питьевое. Предположительно, генотип BB является наиболее надежным генотипом для сыроделия, поскольку молоко таких коров является коагулирующим.

Наблюдается тенденция к увеличению времени свертывания с ростом КСК в молоке. При сравнении внутри самих групп количества соматических клеток несвернувшихся проб с КСК свернувшихся проб, были получены следующие результаты: в группе AA средний показатель КСК несвернувшихся проб был 2763 тыс. клеток, тогда как КСК свернувшихся проб – 1270 тыс. клеток. В группе AB наблюдается та же тенденция: 2073 тыс. клеток против 699 тыс. клеток.

Таблица 3 - Взаимосвязь генотипа по гену CSN3 с технологическими свойствами и качественным составом молока

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.5.4>

Генотип	AA	AB	BB
n записей	57	59	36
Время сверт-я, мин.	51:39	36:48	32:09
Алког-я проба, класс	3,30±0,14	3,45±0,12	3,44±0,15
Сыч-брод. проба, класс	2,95±0,03	2,93±0,03	2,92±0,06
ТЗ, °С	523,72±2,74	523,78±1,04	520,78±1,76
pH, °Т	6,59±0,01	6,55±0,01	6,55±0,01
ОКСК, балл	5,53±0,29	4,81±0,25	4,83±0,32
ДКСК, %	70,21±2,57	65,68±3,01	66,83±3,76

Был проведен многофакторный дисперсионный анализ для определения совокупного влияния факторов на показатели времени свертывания молока. В ходе исследования была получена достоверная модель ($P > 99,9$) (уравнение 1), в которой наибольшую долю изменчивости признака объясняет месяц взятия пробы ($\tau = 0,08$), фактор животного ($\tau = 0,04$), генотип животного ($\tau = 0,03$), класс по алкогольной пробе ($\tau = 0,01$). Остаточная дисперсия составила 0,11.

В R-Studio был выполнен визуальный тест на гомоскедастичность остатков для выявления их зависимости от прогнозируемых значений (рис. 2).

Так как линия тренда незначительно отклонялась от оси x, то данная модель охватывает большую часть зависимостей в выборке.

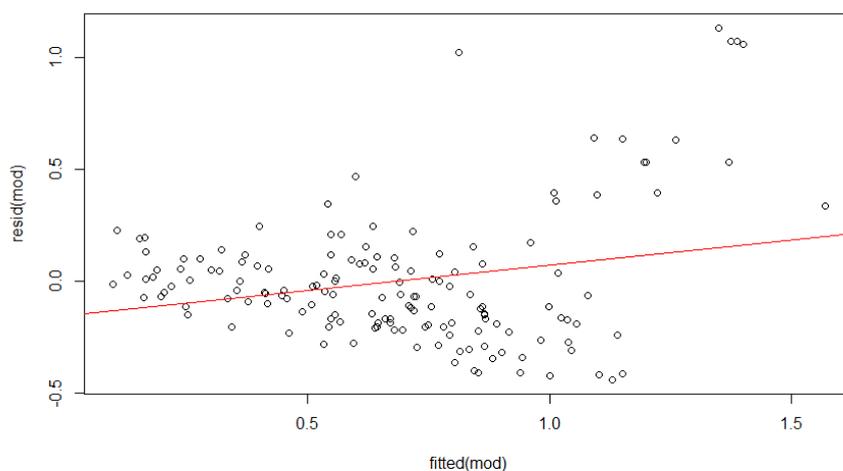


Рисунок 2 - Визуальный тест на гомоскедастичность остатков в выбранной модели

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.5.5>

Также в уравнение модели был добавлен регрессионный фактор ОКСК, который оказался значимым ($P > 0,99$). Однако в таком случае сама модель становится недостоверной. При анализе зависимости остатков от ОКСК была обнаружена небольшая зависимость, из-за чего при добавлении этого фактора коэффициент детерминации модели изменяется на 0,05, но остается задача выявить новые зависимости, чтобы модель стала достоверной.

В таблице 4 приведены статистические параметры совокупного влияния факторов генотипа по гену CSN3 и месяца взятия пробы на время свертывания молока. При проведении многофакторного дисперсионного анализа на 2 выборках: отдельно пробы с нормальным молоком, и совокупная выборка проб с нормальным и НК молоком, – результаты были одни и те же, однако для совокупной выборки достоверность результатов возрастала. Но коэффициент детерминации R^2 для времени свертывания при анализе совокупной выборки был ниже, чем для выборки только с пробами нормального молока – 0,400 и 0,492, соответственно.

Таблица 4 - Статистические параметры совокупного влияния факторов генотипа по гену CSN3 и месяца взятия пробы на время свертывания молока

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.5.6>

	Время свертывания					
	Нормальное молоко			Нормальное + Не коагулирующее молоко		
	Доля влияния, %	F-критерий	p-value	Доля влияния, %	F-критерий	p-value
Генотип CSN3	2,87	3,35 *	0,0382	6,25	7,14**	0,0011
Месяц взятия пробы	41,63	24,37***	0,000	24,33	13,90***	0,0000
Генотип CSN3×Месяц взятия пробы	3,83	1,12	0,354	3,19	0,91	0,5097

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$; многофакторный ДА

Метод наименьших квадратов позволяет лучше отразить закономерности развития изучаемого явления. При использовании этого метода, для совокупной выборки среднее время свертывания для групп с разными генотипами по гену CSN3 составило 0,54, 0,61 и 0,86 для BB, AB и AA, соответственно. Для отдельной выборки проб с нормальным молоком среднее время свертывания составило 0,54, 0,53 и 0,64 для BB, AB и AA, соответственно.

Заключение

Результаты статистической обработки проб молока, исследуемого на физико-химические показатели, а также термостабильность и сычужную свертываемость свидетельствуют о том, что на продолжительность времени свертывания оказывают влияние такие факторы, как месяц взятия пробы, влияние животного, день лактации и генотип. Необходимость выявления животных со способностью к быстрому свертыванию молока и прогнозирования их дальнейшего продуктивного использования во взаимосвязи с генотипом по гену каппа-казеина (CSN3) и качественным составом молока является актуальным. Нами было подтверждено благоприятное влияние на продолжительность времени свертывания молока присутствие аллеля В в генотипе животных по гену CSN3.

Финансирование

Исследования выполнены в рамках темы ГЗ Минобрнауки № 0445- 2021-0016 в части анализа технологических свойств молока, а также при поддержке проекта РФФ №21-76-20046 части генотипирования животных по гену каппа-казеина.

Funding

The research was carried out within the framework of the theme of the State Law of the Ministry of Education and Science No. 0445-2021-0016 regarding the analysis of the technological properties of milk, as well as with the support of the Russian Science Foundation project No. 21-76-20046 regarding the genotyping of animals for the kappa-casein gene.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Pegolo S. Genetic Parameters of Differential Somatic Cell Count, Milk Composition, and Cheese-making Traits Measured and Predicted Using Spectral Data in Holstein Cows / S. Pegolo, L.F.M. Mota, V. Bisutti [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2021. — Vol. 104. — № 10. — P. 10934-10949. — DOI: 10.3168/jds.2021-20395.
2. Шайдуллин Р.Р. Межлинейный полиморфизм гена каппа-казеина и его влияние на молочную продуктивность коров / Р.Р. Шайдуллин, Г.С. Шарафутдинов, А.Б. Москвичева [и др.] // *Достижения науки и техники АПК*. — 2019. — Т. 33. — № 5. — С. 51-54. — DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10512.
3. Costa A. Genetic Relationships of Lactose and Freezing Point with Minerals and Coagulation Traits Predicted from Milk with Mid-infrared Spectra in Holstein Cows / A. Costa, G. Visentin, M. De Marchi [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2019. — Vol. 102. — № 8. — P. 7217-7225. — DOI: 10.3168/jds.2018-15378.
4. Duchemin S.I. Genetic Parameters for Noncoagulating Milk, Milk Coagulation Properties, and Detailed Milk Composition in Swedish Red Dairy Cattle / S.I. Duchemin, K. Nilsson, W.F. Fikse [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2020. — Vol. 103. — № 9. — P. 8330-8342. — DOI: 10.3168/jds.2020-18315.
5. Игошин А.В. Сравнительный анализ частот ДНК-полиморфизмов, ассоциированных с заболеваниями и хозяйственно важными признаками, в геномах российских и зарубежных пород крупного рогатого скота / А.В. Игошин, Г.А. Ромашов, Е.Н. Черняева [и др.] // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. — 2022. — Т. 26. — № 3. — С. 298-307. — DOI: 10.18699/VJGB-22-28.
6. Oštarić F. Challenging Sustainable and Innovative Technologies in Cheese Production: a review / F. Oštarić, N. Antunac, V. Cubric-Curik [et al.] // *Processes*. — 2022. — Vol. 10. — № 3. — P. 1-30. — DOI: 10.3390/pr10030529.
7. Čítek J. Gene Polymorphisms Influencing Yield, Composition and Technological Properties of Milk from Czech Simmental and Holstein Cows / J. Čítek, M. Brzáková, L. Hanusová [et al.] // *Animal Bioscience*. — 2021. — Vol. 34. — № 1. — P. 2-11. — DOI: 10.5713/ajas.19.0520.
8. Федорова Е.Г. Влияние генотипических и паратипических факторов на качество и свойства молока коровьего сырого для отрасли сыроделия / Е.Г. Федорова, С.Г. Смолин // *Вестник КрасГАУ*. — 2022. — № 2. — С. 157-163. — DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-157-163.
9. Amalfitano N. Role of CSN2, CSN3, and BLG Genes and the Polygenic Background in the Cattle Milk Protein Profile / N. Amalfitano, L.F. Macedo Mota, G.J.M. Rosa [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2022. — Vol. 105. — № 7. — P. 6001-6020. — DOI: 10.3168/jds.2021-21421.
10. Ковалюк Н.В. Возможности селекции крупного рогатого скота по локусам CSN2 и CSN3 / Н.В. Ковалюк, В.Ф. Сацук, Е.В. Мачульская [и др.] // *Молочное и мясное скотоводство*. — 2019. — № 6. — С. 9-11.
11. Попов Н.А. Селекция коров красно-пестрой породы по признакам молочности, мониторинг форм каппа-казеина и других генетических маркеров / Н.А. Попов, А.Н. Попов // *Молочное и мясное скотоводство*. — 2020. — № 7. — С. 16-19. — DOI: 10.33943/MMS.2020.94.89.004.

12. Сафина Н.Ю. Молочная продуктивность голштинского скота с разными генотипами гена каппа-казеина (CSN3) / Н.Ю. Сафина, Э.Р. Гайнутдинова, Ш.К. Шакиров // *Аграрный научный журнал*. — 2021. — № 10. — С. 93-97. — DOI: 10.28983/asj.y2021i10pp93-97.
13. 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: 10.24411/0235-2486-2019-10159.
14. Михайлова И.Ю. Влияние генетических факторов на продуктивность коров и качество молока / И.Ю. Михайлова, Е.Г. Лазарева, А.В. Бигаева и др. // *Пищевая промышленность*. — 2021. — № 1. — С. 36-40. — DOI: 10.24411/0235-2486-2021-10007.
15. Илларионова Е.Е. Методы оценки свертываемости белков молока в системе прогнозирования технологических свойств / Е.Е. Илларионова, А.Г. Кручинин, С.Н. Туровская и др. // *Техника и технологии пищевых производств*. — 2021. — Т. 51. — № 3. — С. 503-519. — DOI: 10.21603/2074-9414-2021-3-503-519.
16. Cecchinato A. Integration of Wet-lab Measures, Milk Infrared Spectra, and Genomics to Improve Difficult-to-Measure Traits in Dairy Cattle Populations / A. Cecchinato, H. Toledo-Alvarado, S. Pegolo [et al.] // *Frontiers in Genetics*. — 2020. — Vol. 11. — P. 1-15. — DOI: 10.3389/fgene.2020.563393.
17. Wiggans G.R. A Lactation Measure of Somatic Cell Count / G.R. Wiggans, G.E. Shook // *Journal of Dairy Science*. — 1987. — Vol. 70. — P. 2666-2672.
18. ГОСТ 25228-82. Молоко и сливки. Метод определения термоустойчивости по алкогольной пробе. — Введ. 1983-01-07. — Москва: Стандартинформ, 2004. — 4 с.
19. ГОСТ 32901-2014. Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа. — Введ. 2016-01-01. — Москва: Стандартинформ, 2014. — 34 с.
20. Инихов Г.С. Методы анализа молока и молочных продуктов / Г.С. Инихов, Н.П. Брио. — Москва: Пищевая промышленность, 1971. — 423 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Pegolo S. Genetic Parameters of Differential Somatic Cell Count, Milk Composition, and Cheese-making Traits Measured and Predicted Using Spectral Data in Holstein Cows / S. Pegolo, L.F.M. Mota, V. Bisutti [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2021. — Vol. 104. — № 10. — P. 10934-10949. — DOI: 10.3168/jds.2021-20395.
2. Shajdullin R.R. Mezhljnejnyj polimorfizm gena kappa-kazeina i ego vlijanie na molochnuju produktivnost' korov [Interlinear Polymorphism of the Gene Kappa-casein and Its Influence on Milk Productivity of Cows] / R.R. Shajdullin, G.S. Sharafutdinov, A.B. Moskvicheva [et al.] // *Dostizhenija nauki i tehniki APK [Achievements of Science and Technology in Agroindustrial Complex]*. — 2019. — Vol. 33. — № 5. — P. 51-54. — DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10512. [in Russian]
3. Costa A. Genetic Relationships of Lactose and Freezing Point with Minerals and Coagulation Traits Predicted from Milk with Mid-infrared Spectra in Holstein Cows / A. Costa, G. Visentin, M. De Marchi [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2019. — Vol. 102. — № 8. — P. 7217-7225. — DOI: 10.3168/jds.2018-15378.
4. Duchemin S.I. Genetic Parameters for Noncoagulating Milk, Milk Coagulation Properties, and Detailed Milk Composition in Swedish Red Dairy Cattle / S.I. Duchemin, K. Nilsson, W.F. Fikse [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2020. — Vol. 103. — № 9. — P. 8330-8342. — DOI: 10.3168/jds.2020-18315.
5. Igoshin A.V. Sravnitel'nyj analiz chastot DNK-polimorfizmov, associirovannyh s zabolevanijami i hozhajstvenno vazhnymi priznakami, v genomah rossijskih i zarubezhnyh porod krupnogo rogatogo skota [A Comparative Analysis of Frequencies of DNA Polymorphisms Associated with Diseases and Economically Important Traits in the Genomes of Russian and Foreign Cattle Breeds] / A.V. Igoshin, G.A. Romashov, E.N. Chernjaeva [et al.] // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii [Vavilov Journal of Genetics and Breeding]*. — 2022. — Vol. 26. — № 3. — P. 298-307. — DOI: 10.18699/VJGB-22-28. [in Russian]
6. Oštarić F. Challenging Sustainable and Innovative Technologies in Cheese Production: a review / F. Oštarić, N. Antunac, V. Cubric-Curik [et al.] // *Processes*. — 2022. — Vol. 10. — № 3. — P. 1-30. — DOI: 10.3390/pr10030529.
7. Čítek J. Gene Polymorphisms Influencing Yield, Composition and Technological Properties of Milk from Czech Simmental and Holstein Cows / J. Čítek, M. Brzáková, L. Hanusová [et al.] // *Animal Bioscience*. — 2021. — Vol. 34. — № 1. — P. 2-11. — DOI: 10.5713/ajas.19.0520.
8. Fedorova E.G. Vlijanie genotipicheskij i paratipicheskij faktorov na kachestvo i svojstva moloka korov'ego syrogo dlja otrasli syrodelija [Influence of Genotypic and Paratypic Factors on the Quality and Properties of Raw Cow's Milk for the Cheesemaking Industry] / E.G. Fedorova, S.G. Smolin // *Vestnik KrasGAU [Bulletin of KrasSAU]*. — 2022. — № 2. — P. 157-163. — DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-157-163. [in Russian]
9. Amalfitano N. Role of CSN2, CSN3, and BLG Genes and the Polygenic Background in the Cattle Milk Protein Profile / N. Amalfitano, L.F. Macedo Mota, G.J.M. Rosa [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2022. — Vol. 105. — № 7. — P. 6001-6020. — DOI: 10.3168/jds.2021-21421.
10. Kovaljuk N.V. Vozmozhnosti selekcii krupnogo rogatogo skota po lokusam CSN2 i CSN3 [Possibilities of Cattle Breeding for CSN2 and CSN3 Loci] / N.V. Kovaljuk, V.F. Sacuk, E.V. Machul'skaja [et al.] // *Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo [Dairy and Beef Cattle Breeding]*. — 2019. — № 6. — P. 9-11. [in Russian]
11. Popov N.A. Selekcija korov krasno-pestroj porodny po priznakam molochnosti, monitoring form kappa-kazeina i drugih genotipicheskij markerov [Selection of Cows of Red Breed on Milk Yield Traits, Monitoring of Kappa-casein Forms and Other Genetic Markers] / N.A. Popov, A.N. Popov // *Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo [Dairy and Beef Cattle Breeding]*. — 2020. — № 7. — P. 16-19. — DOI: 10.33943/MMS.2020.94.89.004. [in Russian]
12. Safina N.Ju. Molochnaja produktivnost' golshhtinskogo skota s raznymi genotipami gena kappa-kazeina (CSN3) [Dairy Productivity of Holstein Cattle with Different Genotypes of Kappa-casein Gene (CSN3)] / N.Ju. Safina, Je.R.

Gajnutdinova, Sh.K. Shakirov // Agrarnyj nauchnyj zhurnal [Agrarian Research Journal]. — 2021. — № 10. — P. 93-97. — DOI: 10.28983/asj.y2021i10pp93-97. [in Russian]

13. Bigaeva A.V. Termoustojchivost' moloka korov s raznymi genotipami kappa-kazeina [Thermal Stability of Milk of Cows with Different Genotypes of Kappa-casein] / A.V. Bigaeva, H.H. Gil'manov, S.V. Tjul'kin [et al.] // Pishhevaja promyshlennost' [Food Industry]. — 2019. — № 10. — P. 59-61. — DOI: 10.24411/0235-2486-2019-10159. [in Russian]

14. Mihajlova I.Ju. Vlijanie geneticheskikh faktorov na produktivnost' korov i kachestvo moloka [Influence of Genetic Factors on Cow Productivity and Milk Quality] / I.Ju. Mihajlova, E.G. Lazareva, A.V. Bigaeva [et al.] // Pishhevaja promyshlennost' [Food Industry]. — 2021. — № 1. — P. 36-40. — DOI: 10.24411/0235-2486-2021-10007. [in Russian]

15. Illarionova E.E. Metody ocenki svertyvaemosti belkov moloka v sisteme prognozirovaniya tehnologicheskikh svojstv [Methods of Milk Protein Coagulability Assessment in the System of Technological Properties Prediction] / E.E. Illarionova, A.G. Kruchinin, S.N. Turovskaja [et al.] // Tehnika i tehnologii pishhevyyh proizvodstv [Technics and Technologies of Food Production]. — 2021. — Vol. 51. — № 3. — P. 503-519. — DOI: 10.21603/2074-9414-2021-3-503-519. [in Russian]

16. Cecchinato A. Integration of Wet-lab Measures, Milk Infrared Spectra, and Genomics to Improve Difficult-to-Measure Traits in Dairy Cattle Populations / A. Cecchinato, H. Toledo-Alvarado, S. Pegolo [et al.] // Frontiers in Genetics. — 2020. — Vol. 11. — P. 1-15. — DOI: 10.3389/fgene.2020.563393.

17. Wiggans G.R. A Lactation Measure of Somatic Cell Count / G.R. Wiggans, G.E. Shook // Journal of Dairy Science. — 1987. — Vol. 70. — P. 2666-2672.

18. GOST 25228-82. Moloko i slivki. Metod opredelenija termoustojchivosti po alkogol'noj probe [GOST 25228-82. Milk and cream. Method for determination of thermal stability by alcohol sample]. — Intr. 1983-01-07. — Moscow: Standartinform, 2004. — 4 p. [in Russian]

19. GOST 32901-2014. Moloko i molochnaja produkcija. Metody mikrobiologicheskogo analiza [Milk and dairy products. Methods of microbiological analysis]. — Intr. 2016-01-01. — Moscow: Standartinform, 2014. — 34 p. [in Russian]

20. Inihov G.S. Metody analiza moloka i molochnyh produktov [Methods of Analysing Milk and Milk Products] / G.S. Inihov, N.P. Brio. — Moscow: Food Industry, 1971. — 423 p. [in Russian]