

Научная статья
УДК 636.034
doi: 10.48612/vch/b2eu-x2pr-7d9t

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДНК-МАРКЕРОВ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ РАЗНЫХ ГЕНОТИПОВ

Орест Антипович Басонов, Дарья Валерьевна Борисанова, Анна Сергеевна Кулаткова,
Андрей Орестович Басонов

Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева
603107, г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Аннотация. Анализ генеалогии голштинского скота позволяет выявить закономерности влияния генотипов бета-, каппа-казеина и бета-лактоглобулина на молочную продуктивность скота, учитывая при этом линейную принадлежность, условия содержания, а также действие других генетических и паратипических факторов. Качество молока и его технологические свойства (сычужная свертываемость, количество и диаметр жировых шариков) определяют его пригодность при переработке. Исследования проводились в ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева» и племенном репродукторе ООО «Бармино» с использованием стандартных общепринятых методик. Для исследований молоко от 74 коров голштинской породы распределили на 21 группу (в каждой группе молоко от 5 голов) в зависимости от линейной принадлежности и генотипа генов бета-, каппа-казеина и бета-лактоглобулина. Установлено, что по сычужной свертываемости молоко коров голштинской породы по бета-казеину, за исключением A2A2, относится ко второй группе сыропригодности, что наиболее предпочтительно при производстве сыров при скорости свертываемости 23,27–38,00 минут, по каппа-казеину гомозиготные генотипы AA и BB при продолжительности 17,67–35,97 минут, бета-лактоглобулина – AA, AB и BB, от 20,07 до 32,47 минут, соответственно. Выявлено, что молоко коров линии Рефлексн Соверинг отличалось наибольшим диаметром жировых шариков (от 1,42 до 1,71 мкм), в отличие от линии Вис Бэк Айдиал, у которых жировые шарики характеризовались большим количеством (от 1,48 до 1,62 млрд). Наибольшие по диаметру жировые шарики в молоке с генотипом CSN2^{A1A1}, CSN3^{AE}, β-LGB^{AB}, по их количеству преобладают генотипы: CSN2^{A2A2}, CSN3^{AA}, β-LGB^{AB}. Установлено, что по органолептическим показателям лучшими оказались йогурты, выработанные из молока коров линии В. Б. Айдиал по гену бета-казеина с генотипом A1I и A2I.

Ключевые слова: продуктивность, генотипы, бета-каппа-казеин, лактоглобулин, сычужная свертываемость, жировые шарики, количество, диаметр, йогурты.

Для цитирования: Басонов О. А., Борисанова Д. В., Кулаткова А. С., Басонов А. О. Технологические свойства молока в зависимости от ДНК-маркеров коров голштинской породы разных генотипов // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2026. №2 (37). С. 63-70.

doi: 10.48612/vch/b2eu-x2pr-7d9t

Original article

TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF MILK DEPENDING ON DNA MARKERS OF HOLSTEIN COWS OF DIFFERENT GENOTYPES

Orest A. Basonov, Daria V. Borisanova, Anna S. Kulatkova, Andrey O. Basonov

Nizhny Novgorod State Florentyev Agrotechnological University
601107, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The analysis of the genealogy of Holstein cattle makes it possible to identify patterns of the influence of beta-, kappa-casein and beta-lactoglobulin genotypes on the dairy productivity of livestock, taking into account the linear affiliation, housing conditions, as well as the effect of other genetic and paratypical factors. The quality of milk and its technological properties (rennet coagulability, the number and diameter of fat balls) determine its suitability for processing. The research was conducted at the Nizhny Novgorod State Florentyev Agrotechnological University and the breeding reproducer of Barmino LLC using standard generally accepted techniques. For research, milk from 74 Holstein cows was divided into 21 groups (in each group, milk from 5 heads), depending on the linearity and genotype of the beta-, kappa-casein and beta-lactoglobulin genes. It was found that, according to rennet coagulability, milk from Holstein cows belongs to the second group of cheese suitability for beta-casein, with the exception of A2A2, which is most preferable in cheese production, with a clotting rate of 23.27–38.00 minutes, homozygous genotypes AA and BB for kappa-casein with a duration of 17.67–35.97 minutes, beta-lactoglobulin – AA, AB and BB, from 20.07 to 32.47 minutes, respectively. It was revealed that the milk of cows of the Reflection Sovering line differed in the largest diameter of fat balls (from 1.42 to 1.71 microns), in contrast to the Vis Back Ideal line, in which fat balls were characterized by a large number (from 1.48 to 1.62 billion). The fat globules in milk with the CSN2^{A1A1}, CSN3^{AE}, and β-LGB^{AB} genotypes are the largest in diameter, and the following genotypes predominate in their number: CSN2^{A2A2}, CSN3^{AA}, and β-

LGB^{AB}. It was found that according to organoleptic indicators, yoghurts produced from milk of cows of the V. B. Ideal line according to the beta-casein gene with genotypes A1I and A2I turned out to be the best.

Keywords: productivity, genotypes, beta-kappa-casein, lactoglobulin, rennet coagulability, fat balls, quantity, diameter, yogurts.

For citation: Basonov O. A., Borisanova D. V., Kulatkova A. S., Basonov A. O. Technological properties of milk depending on DNA markers of Holstein cows of different genotypes // Vestnik Chuvash State Agrarian University. 2026. No. 2 (37). Pp. 63-70.

doi: 10.48612/vch/b2eu-x2pr-7d9t

Введение.

Молоко является важным биологическим сырьем с уникальным составом по питательной ценности и составляет важную часть рациона человека. Для увеличения производства молока необходимо повышать удои сельскохозяйственных животных молочного направления продуктивности, что является наиболее оптимальным решением проблемы продовольственной безопасности страны [5].

Освоение лабораторных разработок в области ДНК-диагностики при решении вопросов отбора и подбора сельскохозяйственных животных призвано обеспечить ускорение селекционного процесса и повысить его эффективность, а использование ДНК-маркеров локусов количественных признаков является одним из эффективных подходов [6, 11].

В настоящее время большое значение уделяется изготовлению функциональных напитков с заданными текстурами, высокобелковых концентратов для спортивного питания и детских смесей с улучшенной усвояемостью. Изучение технологических свойств молока позволяет повышать качественные показатели молочной продукции, снижать производственные издержки и внедрять инновационные технологии переработки [4].

Углубленный анализ поголовья позволяет выявить закономерности влияния генотипов по генам каппа-казеина на молочную продуктивность скота, учитывая при этом линейную принадлежность быков-отцов, условия содержания и кормления исследуемых животных, а также влияние других генетических и паратипических факторов [9].

Одним из ключевых факторов, влияющих на свертываемость молока, является содержание фракций казеина (κ -, β -), что способствует быстрому свертыванию [1, 13]. На основе продолжительности свертываемости сычужным ферментом, молоко делят на три группы по сыропригодности: первого типа – свертывается менее чем за 15 минут; второго типа – 15–40 минут (наиболее подходит для изготовления сыра, по нему отработаны технологические режимы производства) и третьего типа – более чем через 40 минут или совсем не свертывается (считается, что при его свертывании образуется рыхлый сгусток, плохо выделяющий сыворотку) [10, 12].

Из всех видимых структурных элементов молока лучше других выявляются жировые шарики. Жировые шарики – ключевая структурная единица молочного жира, представляющая собой микроскопические капли триацилглицеринов, окруженные мембраной из фосфолипидов и белков. Мембрана выполняет защитную функцию: препятствует слипанию шариков и предохраняет жир от воздействия ферментов плазмы

молока. Они находятся во взвешенном состоянии в водных растворах молока и в совокупности составляют в нем молочный жир, или самую крупную дисперсную эмульсионную систему [3]. В 1 см³ натурального молока коровы насчитывается от 2 до 5 млрд жировых шариков. Диаметр их колеблется в пределах от 0,5 до 20,0 мкм. Крупных жировых шариков (15–20 мкм) на каждое поле зрения микроскопа встречается 2–3. В основном диаметр жировых шариков равен 1–4 мкм. На диаметр жировых шариков влияют следующие факторы: генетические особенности коров (породная принадлежность), стадия лактации, рацион и условия кормления, сезонность, физиологическое состояние животного, а также технология доения и первичная обработка молока [2, 7].

Каждый жировой шарик имеет собственную белково-липидную оболочку, которая представляет собой поверхностный адсорбционный слой. Оболочка не позволяет слиться жировым шарикам в единую сплошную массу.

Цель исследования – установление технологических свойств молока коров голштинской породы разного генотипа в зависимости от полиморфизма генов бета-, каппа-казеина и бета-лактоглобулина.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- определить продолжительность сычужной свертываемости молока;
- установить количество жировых шариков сырого молока;
- изучить диаметр жировых шариков сырого молока;
- провести органолептическую оценку опытных образцов йогурта.

Материал и методы.

Исследования проводились в межкафедральной учебной лаборатории ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева» с использованием стандартных общепринятых методик, в соответствии с действующими нормативными документами ГОСТ 32901-2014, ГОСТ 52054-2003, ГОСТ 31981-2013, ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011. Молоко отбирали от 74 коров голштинской породы племенного репродуктора ООО «Бармино» Лысковского района Нижегородской области. Для исследований молоко распределили на 21 группу (в каждой группе молоко от 5 голов животных) в зависимости от линейной принадлежности и генотипа генов бета-, каппа-казеина и бета-лактоглобулина. Определение сычужной свертываемости (сыропригодности) сырого молока проводили методом сычужной пробы (по А. М. Николаеву). Для определения пробы брали сычужный фермент, в его

составе 80 % химозина и 20 % говяжьего пепсина. Количество и диаметр жировых шариков определяли методом микроскопии путем установления их размеров и подсчета количества в камере Горяева с последующим фотографированием и обработкой в программе «TourView».

Производство йогуртов осуществляли термостатным способом с пастеризацией молока при температуре 80 °С с выдержкой в течение 5 минут и добавлением в охлажденное молоко закваски смешанных йогуртовых культур (*Streptococcus thermophiles* и *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*).

Для оценки готового продукта использовали методику ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011 «Молоко и молочные продукты. Органолептический анализ». Оценка проводилась по 20-балльной шкале: внешний вид и консистенция – 5 баллов; вкус и запах – 10 баллов; цвет – 3 балла; упаковка – 2 балла (не учитывали). Для внеш-

него вида и консистенции использовалась гедоническая шкала от 1 (крайне плохо) до 5 (очень хорошо), от 1 (крайне плохо) до 10 (очень хорошо) для вкуса и запаха, от 1 (плохо) до 3 (отлично) для цвета. Образцы оценивались 5 участниками.

Результаты исследований и их обсуждение.

Сычужная свертываемость позволяет учитывать разнородность молока и активность применяемого фермента, что важно для оптимизации процесса сыроделия. В зависимости от продолжительности свертывания молоко относят к одной из трех групп. Данные о продолжительности сычужной свертываемости, отнесении к группам по сырпригодности, количестве и диаметре жировых шариков молока коров голштинской породы, в зависимости от полиморфизма гена каппа-казеина, бета-казеина и бета-лактоглобулина в разрезе двух различных линий, приведены в таблице.

Таблица. Технологические свойства молока коров голштинской породы в зависимости от разных генотипов генов бета-казеина, каппа-казеина и бета-лактоглобулина

Table. Technological properties of milk from Holstein cows depending on different genotypes of beta-casein, kappa-casein and beta-lactoglobulin genes

Линия	Генотип	Продолжительность свертывания, мин	Группа сырпригодности	Жировые шарики	
				диаметр, мкм	количество, млрд
1	2	3	4	5	6
Рефлекшн Соверинг	CSN2 ^{A1A1}	34,80±0,38	вторая	2,13±0,06	1,09±0,18
	CSN2 ^{A1A2}	28,43±0,49	вторая	1,30±0,01***	0,85±0,02***
	CSN2 ^{A2A2}	23,70±0,79	вторая	1,62±0,01***	1,28±0,01
	CSN2 ^{A1I}	–	–	–	–
	CSN2 ^{A2I}	23,27±0,71	вторая	1,29±0,03	1,14±0,09
Вис Бэк Айдиал	CSN2 ^{A1A1}	38,00±1,18	вторая	1,26±0,01***	0,94±0,01*
	CSN2 ^{A1A2}	24,07±0,40	вторая	1,47±0,03	0,78±0,04**
	CSN2 ^{A2A2}	41,70±0,92	третья	1,29±0,02	2,18±0,33
	CSN2 ^{A1I}	34,50±0,23	вторая	1,29±0,01	1,33±0,06
	CSN2 ^{A2I}	25,67±0,77	вторая	1,44±0,02	1,58±0,27
Рефлекшн Соверинг	CSN3 ^{AA}	26,93±0,49	вторая	1,74±0,03***	0,54±0,02***
	CSN3 ^{AB}	46,20±0,60	третья	1,15±0,01***	0,88±0,06
	CSN3 ^{BB}	20,60±0,48	вторая	1,37±0,03***	0,59±0,07*
	CSN3 ^{AE}	50,50±1,15	третья	1,99±0,04	0,63±0,05*
Вис Бэк Айдиал	CSN3 ^{AA}	17,67±0,05	вторая	1,38±0,01*	2,33±0,15
	CSN3 ^{AB}	16,17±0,11	вторая	1,45±0,03	1,38±0,23**
	CSN3 ^{BB}	35,97±1,26	вторая	1,27±0,01***	0,90±0,05***
	CSN3 ^{AE}	–	–	–	–
Рефлекшн Соверинг	BLG ^{AA}	24,67±0,55	вторая	1,37±0,03	0,63±0,03
	BLG ^{AB}	32,47±1,19	вторая	1,47±0,04	1,00±0,02**
	BLG ^{BB}	–	–	–	–
Вис Бэк Айдиал	BLG ^{AA}	20,07±0,05	вторая	1,38±0,01	0,78±0,04***
	BLG ^{AB}	–	–	1,21±0,01**	2,32±0,04
	BLG ^{BB}	23,70±0,23	вторая	1,36±0,03	1,96±0,16

Примечание: здесь и далее: *p<0,01, **p<0,05, ***p<0,001.

При изучении данных о свертываемости молока генотипы гена бета-казеина (CSN2) линии Рефлекшн Соверинг показали время свертывания в пределах 23–34 минут, что говорит об их принадлежности ко второму типу по сырпригодности, согласно классификации А. М. Николаева. Такое молоко

наилучшим образом подходит для изготовления сыра. Продолжительность свертывания у генотипа CSN2^{A1A1} наибольшая, 34,8 мин, что превосходит генотип CSN2^{A2I} на 11,53 мин или 33 % при достоверной разнице (p<0,001). Генотипы CSN2 линии Вис Бэк Айдиал показали время свертывания

молока в пределах 24–42 минут. Молоко генотипа CSN2^{A2A2} свернулось за 47,7 мин, что превосходит время свертывания генотипа CSN2^{A2I} на 17,63 мин или 42 % при достоверной разнице ($p < 0,001$) и относится к третьему типу по свертываемости. По мнению А. М. Николаева [8], молоко третьего типа считается менее пригодным для изготовления сыров, так как при его свертывании образуется рыхлый сгусток, плохо выделяющий сыворотку.

Согласно табличным данным в линии Рефлекшн Соверинг генотипы гена каппа-казеина (CSN3) показали продолжительность свертываемости молока в пределах 20–51 минуты. Наибольшее время свертывания молока получено у генотипа CSN3^{AE} и составило 50,5 мин, что превосходит продолжительность свертывания молока генотипа CSN3^{BB} на 29,9 мин, или 59 % при достоверной разнице ($p < 0,001$). Молоко генотипа CSN3^{BB} свернулось быстрее, за 20,6 мин, и относится ко второй группе, что подтверждает его наибольшую сыропригодность. Молоко генотипов CSN3^{AB} и CSN3^{AE} свернулось более чем за 40 минут с образованием рыхлого сгустка и относится к третьей группе, что приводит к потерям сырья и снижению выхода сыра.

В линии Вис Бэк Айдиал молоко всех генотипов CSN3 свернулось в пределах 17–36 минут, все отнесены ко второй группе пригодности к изготовлению сыров.

Наименьшая скорость получена у генотипа CSN3^{AB} и составила 16,17 мин, что меньше на 19,8 минут или 55 %, чем у генотипа CSN3^{BB} при достоверной разнице ($p < 0,001$).

По утверждению авторов [1], бета-лактоглобулин (BLG) является основным белком сыворотки молока и полиморфизм этого гена тесно связан с качеством молока, его сыропригодностью и другими характеристиками. Молоко от коров с разными генотипами бета-лактоглобулина пригодно для производства сыра, но качество сгустка и скорость свертывания различаются.

В разрезе линии Рефлекшн Соверинг генотипы бета-лактоглобулина показали продолжительность свертывания в пределах 24–33 минут, что позволяет отнести их ко второму типу пригодности к изготовлению сыра. Генотип BLG^{AB} показал наибольшую скорость, 32,47 мин, что на 7,8 мин или 24 % больше скорости генотипа BLG^{AA} при достоверной разнице ($p < 0,001$). В линии Вис Бэк Айдиал BLG свернулся медленнее при скорости 23,7 мин, что превышает время свертывания генотипа BLG^{AA} на 3,63 мин или 15 % при достоверной разнице ($p < 0,001$).

Таким образом, молоко с увеличенным периодом свертывания (более 40 минут) может привести к получению сырной массы с пониженным содержанием влаги (менее 54 %) и повышенным рН (>6,7–6,8), что стимулирует протеолитическую активность фермента на стадии созревания.

Изучение количества и диаметра жировых шариков позволяет определить эффективность отделения сливок (чем крупнее шарики, тем эффективнее отделяются сливки) при сепарировании, скорость и полно-

ту коагуляции в сыроделии, а также структуру сгустка и выход готового продукта, уязвимость к ферментативному гидролизу (мелкие шарики имеют большую удельную поверхность и повышают уязвимость к прогорканию). Равномерное распределение мелких шариков дает кремовую текстуру и снижает ощущение жирности на языке при определении органолептических свойств.

Анализ данных таблицы показал, что у животных линии Рефлекшн Соверинг наибольшим диаметром жировых шариков отличалось молоко с генотипом бета-казеина A1A1 (2,13 мкм), различия с генотипом A2A2 и A1A2 составили 0,51 и 0,83 мкм соответственно при высокой достоверной разнице ($p < 0,001$), а A2I – 0,84 мкм. Внутри линии Вис Бэк Айдиал преимущество имели коровы с генотипом A1A2, средний диаметр жировых шариков молока которых составил 1,47 мкм, что больше, чем у генотипа A2I, на 0,03 мкм, чем у A1A1, на 0,21 мкм ($p < 0,001$), а у A2A2 и A1I на 0,18 мкм при достоверной разнице.

Данные таблицы указывают на то, что диаметр жировых шариков молока голштинских коров линии Рефлекшн Соверинг с генотипом AE преобладает над остальными генотипами на 0,25; 0,84 и 0,62 мкм при высокодостоверной разнице. У коров линии Вис Бэк Айдиал преимущество имели коровы с генотипом AB, разница с гомозиготными AA и BB составила 0,07 мкм ($p < 0,05$) и 0,18 мкм ($p < 0,001$).

Из табличных данных следует, что средний диаметр жировых шариков молока коров линии Рефлекшн Соверинг с гетерозиготным (AB) генотипом бета-лактоглобулина превосходил над гомозиготным (AA) на 0,10 мкм, однако значимых различий не выявлено. Внутри линии Вис Бэк Айдиал преимущество у животных с генотипом AA (1,38 мкм), что больше, чем у AB, на 0,17 мкм при достоверной разнице, а BB – на 0,02 мкм.

Таким образом, значения среднего диаметра жировых шариков молока коров с генотипом бета-казеина колеблется от 1,26 до 2,13 мкм, с каппа-казеином – от 1,15 до 1,99 мкм и бета-лактоглобулина – от 1,21 до 1,47 мкм, что соответствует технологическим характеристикам.

Табличные данные показали, что в молоке коров голштинской породы линии Рефлекшн Соверинг количество жировых шариков колеблется в диапазоне от 0,85 до 1,28 млрд. Наибольшее количество (1,28 млрд) превосходит A1A1 на 0,19 млрд, а A2I на 0,14 млрд, но значимых различий не установлено, с генотипом A1A2 на 0,43 ($p < 0,001$). У линии Вис Бэк Айдиал от 0,78 до 2,18 млрд. У группы с генотипом A2A2 выявлено наибольшее количество – 2,18 млрд, что больше, чем с A2I, на 0,60 млрд, A1I – на 0,85, A1A1 – на 1,24, A1A2 – на 1,40 млрд.

По данным таблицы наибольшее количество жировых шариков в молоке коров линии Рефлекшн Соверинг с генотипом AB, что больше, чем у AA, на 0,34 млрд при высокодостоверной разнице, BB и AE – на 0,29 и 0,25 млрд при $p < 0,05$. У животных линии Вис Бэк Айдиал преимущество имеют коровы с генотипом AA, что на достоверную величину превосходит генотипы AB и BB, 0,95 и 1,43 млрд, соответственно. Это

указывает на технологическую пригодность в сыр-делии.

По данным таблицы количество жировых шариков в молоке коров линии Рефлекшн Соверинг с генотипом бета-лактоглобулина колебалось от 0,63 до 1,00 млрд, а Вис Бэк Айдиал – от 0,78 до 2,32 млрд. У данной линии животные с генотипом АВ превосходили на 0,37 млрд. У линии Вис Бэк Айдиал значения количества жировых шариков распределились от 0,78 до 2,32 млрд. Преимущество животных с генотипом АВ внутри данной линии составило 1,54 и 0,36 млрд.

Таким образом, в среднем по линиям количество жировых шариков в молоке, полученном от коров с разными генотипами, находилось в пределах от 1,30 до 1,71 млрд, что соответствует оптимальному значе-

нию при производстве сыров (обеспечивает стабильную структуру сгустка) и кисломолочных продуктов (йогуртов) (способствует однородной консистенции).

При изготовлении йогурта термостатным способом сгусток образуется плотным, данный метод требует высокого качества исходного сырья, любые отклонения в технологии или качестве молока могут привести к получению некачественной продукции.

Графическое изображение (рис. 1) показывает, что йогурты, выработанные из молока коров линии В. Б. Айдиал, обладали наилучшими органолептическими качествами в сравнении с йогуртами, полученными из молока коров линии Р. Соверинг, и оценены на 12,8 балла.

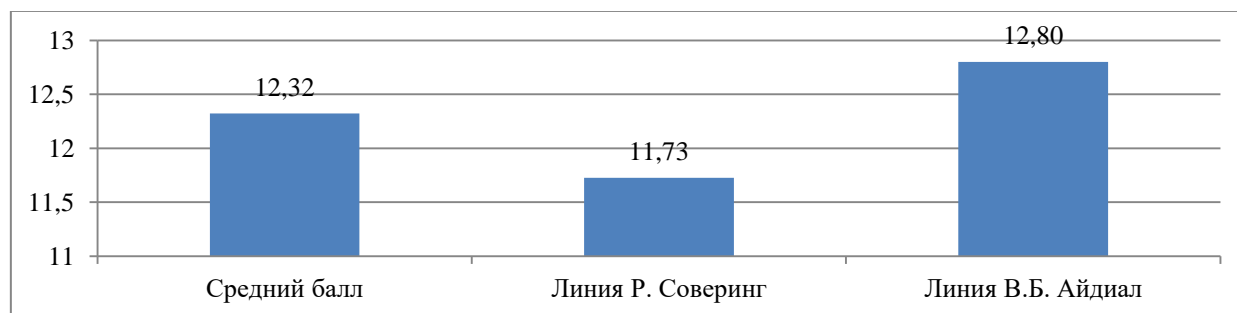


Рис. 1. Органолептическая оценка йогуртов в разрезе генеалогических линий

Fig. 1. Organoleptic evaluation of yoghurts in the context of genealogical lines

На рисунке 1 видно, что образцы йогуртов линии В. Б. Айдиал обладали наилучшими органолептическими качествами в сравнении с йогуртами, полученными из молока коров линии Р. Соверинг.

Органолептические показатели йогуртов изменялись внутри линии, а также по генотипам генов. Данные органолептической оценки йогуртов из молока коров линии Р. Соверинг в зависимости от полиморфизма генов представлены на рисунке 2.

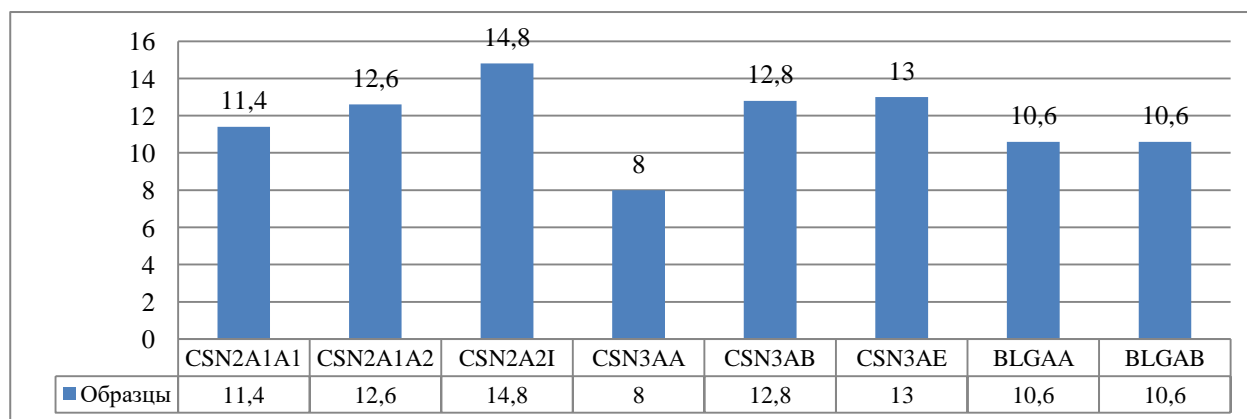


Рис. 2. Органолептическая оценка йогуртов линии Рефлекшн Соверинг

Fig. 2. Organoleptic evaluation of yogurts of the Reflection Sovering line

Внутри линии Р. Соверинг было выработано 8 образцов йогуртов. Наибольшую органолептическую оценку получил образец № 4 по гену бета-казеина с генотипом А2I, наименьшую оценку получил йогурт, выработанный из молока, отобранного по гену каппа-казеина с генотипом АА.

Среди образцов, отобранных по каппа-казеину, наилучшим оказался генотип АЕ, среди образцов, отобранных по бета-лактоглобулину, значимых различий по органолептическим свойствам не выявлено.

Внутри линии Вис Бэк Айдиал (рис. 3) наибольшую оценку получили образцы по гену бета-казеина с генотипом А1I и А2I. Меньше всего баллов установлено у йогурта, полученного из молока по гену каппа-казеина с генотипом АА и АВ. Среди образцов, выработанных из молока по гену бета-лактоглобулина, наилучшим оказался образец йогурта, полученного из молока коров, отобранного по генотипу АА, генотипы АВ и ВВ оценены практически одинаково.

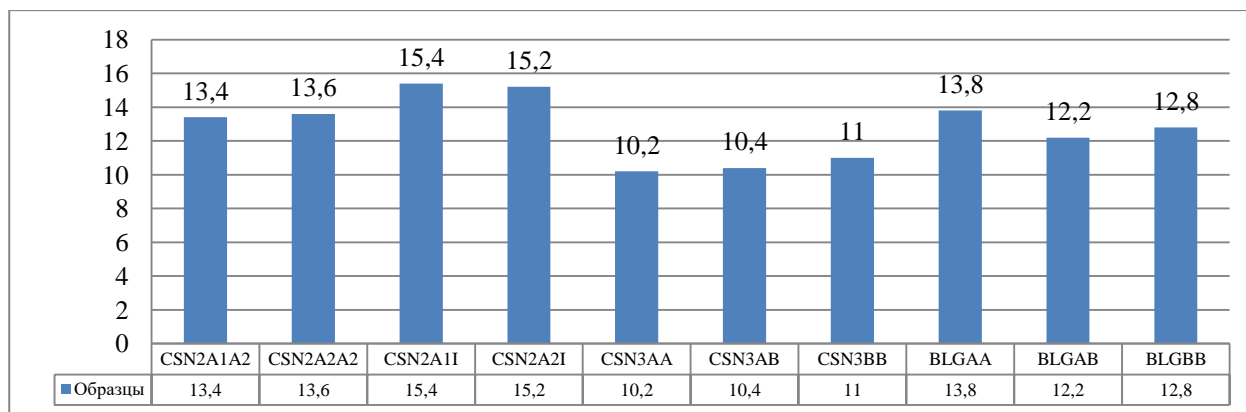


Рис. 3. Органолептическая оценка йогуртов линии Вис Бэк Айдиал

Fig. 3. Organoleptic evaluation of Vis Back Ideal yoghurts

Таким образом, по органолептической оценке лучшими оказались йогурты, выработанные из молока коров линии В. Б. Айдиал. При этом внутри линии Вис Бэк Айдиал наилучшими оказались образцы по гену бета-казеина с генотипом А1I и А2I.

Заключение.

Установлено, что по сычужной свертываемости молоко коров голштинской породы по всем исследуемым генотипам, за исключением CSN2^{A2A2}, относится ко второй группе сырпригодности, что наиболее предпочтительнее при производстве сыров. Средняя продолжительность находилась в диапазоне от 23,27 до 38,00 минут. При оценке сычужной свертываемости у коров с различными генотипами каппа-казеина выявлено, что гомозиготные генотипы АА и ВВ при продолжительности от 17,67 до 35,97 минут также позволяют отнести молоко ко второй группе, а у бета-лактоглобулина – АА, АВ и ВВ, от 20,07 до 32,47 минут, соответственно.

Доказано, что молоко, полученное от коров, имеющих ВВ-генотип по каппа-казеину, наиболее сырпригодно, исходя из продолжительности свертываемости от 20,60 до 35,97 минут, что позволяет использовать его при производстве полутвердых и мягких сортов сыра.

Выявлено, что молоко коров линии Рефлекшн Соверинг отличалось наибольшим диаметром жировых шариков (от 1,42 до 1,71 мкм) в отличие от линии Вис Бэк Айдиал, у которых жировые шарики характеризовались большим количеством (от 1,48 до 1,62 млрд). Наибольшие по диаметру жировые шарики в молоке с генотипом CSN2^{A1A1}, CSN3^{AE}, β-LGB^{AB}, по количеству преобладают генотипы: CSN2^{A2A2}, CSN3^{AA}, β-LGB^{AB}.

Установлено, что по органолептической оценке лучшими оказались йогурты, выработанные из молока коров линии В. Б. Айдиал. При этом внутри линии Вис Бэк Айдиал наилучшими оказались образцы по гену бета-казеина с генотипом А1I и А2I.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ассоциация полиморфизма гена β-лактоглобулин с биохимическими показателями крови и качественным составом молока голштинского скота / З. Ф. Фаттахова, Н. Ю. Сафина, Э. Р. Гайнутдинова, Ш. К. Шакиров // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 10. – С. 93-96. – DOI 10.28983/asj.y2022i10pp93-96.
2. Басонов, О. А. Технологические свойства молока коров-первотелок голштинской породы в зависимости от способа содержания и технологии доения / О. А. Басонов, А. С. Кулаткова, П. В. Максимов, А. В. Нелюбов // Зоотехния. – 2023. – № 7. – С. 20-23. – DOI 10.25708/ZT.2023.45.69.006.
3. Басонов, О. А. Химический состав и технологические свойства молока коров-первотелок при разных способах содержания и технологиях доения / О. А. Басонов, А. С. Кулаткова, Р. В. Гинойн // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2024. – № 3 (71). – С. 29-35. – DOI 10.31563/1684-7628-2024-71-3-29-36.
4. Горелик, А. С. Технологические свойства молока коров с разной долей кровности по голштинской породе / А. С. Горелик, М. Б. Ребезов, О. В. Горелик // Аграрная наука. – 2023. – № 5. – С. 63-67. – DOI 10.32634/0869-8155-2023-370-5-63-67.
5. Донник, И. М. Роль генетических факторов в повышении продуктивности крупного рогатого скота / И. М. Донник, С. В. Мымрин // Главный зоотехник. – 2016. – № 8. – С. 20-32.
6. Кузнецова, О. В. Некоторые аспекты использования ДНК-технологий в разведении животных / О. В. Кузнецова, М. Ю. Гладких // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2007. – № 1. – С. 79-85.
7. Молочная продуктивность, состав и технологические свойства молока коров-первотелок черно-пестрой и голштинской пород разной селекции и их помесей / В. И. Косилов, [и др.]. Екатеринбург : Издательский дом "Ажур", 2024. 172 с.
8. Николаев, А. М. Технология сыра. – 4-е изд. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 327 с.

9. Серба, Е. В. Влияние зоотехнических факторов на белковый состав сырого коровьего молока / Е. В. Серба, Е. А. Юрова // *Аграрная наука*. – 2024. – № 10. – С. 192-200. – DOI 10.32634/0869-8155-2024-387-10-192-200.
10. Citek, J. Polymorphisms in CSN3, CSN2 and LGB genes and their relation to milk production in dairy cattle in the Czech Republic / J. Citek, L. Hanusova, L. Liskovcova // *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. – 2019. – Vol. 65. – No. 1. – P. 19-24.
11. DNA markers – a prediction criterion for yield and quality of raw milk / S. V. Tyulkin, R. R. Vafin, Kh. Kh. Gilmanov [et al.] // *Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геологии и технических наук*. – 2019. – Vol. 6, No. 438. – P. 177-183. – DOI 10.32014/2019.2518-170X.168.
12. Genetic markers associated with milk production traits in dairy cattle / Y. Ma, M. Z. Khan, J. Xiao, et al. // *Agriculture*. – 2021. – 11. – No. 10. – Article 1018. – URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/10/1018> (дата обращения: 03.03.2026). 10.3390/agriculture 11101018. – DOI: 10.3390/agriculture11101018.
13. Genome-wide association study for milk protein composition traits in a Chinese Holstein population using a single-step approach / C. Zhou, C. Li, W. Cai, et al. // *Front Genet*. – 2019. – Vol. 10. – Article 72. – URL: <https://www.frontiersin.org/journals/genetics/articles/full> (дата обращения : 02.03.2026). – DOI: 10.3389/fgene.2019.00072.

REFERENCES

1. Associaciya polimorfizma gena β -laktoglobulin s biohimicheskimi pokazatelyami krovi i kachestvennym sostavom moloka golshtinskogo skota / Z. F. Fattahova, N. Yu. Safina, Eh. R. Gajnutdinova, Sh. K. Shakirov // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. – 2022. – № 10. – S. 93-96. – DOI 10.28983/asj.y2022i10pp93-96.
2. Basonov, O. A. Tehnologicheskie svojstva moloka korov-pervotyolok golshtinskoj porody v zavisimosti ot sposoba soderzhaniya i tehnologii doeniya / O. A. Basonov, A. S. Kulatkova, P. V. Maksimov, A. V. Nelyubov // *Zootehniya*. – 2023. – № 7. – S. 20-23. – DOI 10.25708/ZT.2023.45.69.006.
3. Basonov, O. A. Himicheskij sostav i tehnologicheskie svojstva moloka korov-pervotelok pri raznyh sposobah soderzhaniya i tehnologiyah doeniya / O. A. Basonov, A. S. Kulatkova, R. V. Ginoyan // *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2024. – № 3 (71). – S. 29-35. – DOI 10.31563/1684-7628-2024-71-3-29-36.
4. Gorelik, A. S. Tehnologicheskie svojstva moloka korov s raznoj dolej krovnosti po golshtinskoj porode / A. S. Gorelik, M. B. Rebezov, O. V. Gorelik // *Agrarnaya nauka*. – 2023. – № 5. – S. 63-67. – DOI 10.32634/0869-8155-2023-370-5-63-67.
5. Donnik, I. M. Rol' geneticheskikh faktorov v povyshenii produktivnosti krupnogo rogatogo skota / I. M. Donnik, S. V. Mymrin // *Glavnyj zootehnik*. – 2016. – № 8. – S. 20-32.
6. Kuznecova, O. V. Nekotorye aspekty ispol'zovaniya DNK-tehnologij v razvedenii zhivotnyh / O. V. Kuznecova, M. Yu. Gladkih // *Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2007. – № 1. – S. 79-85.
7. Molochnaya produktivnost', sostav i tehnologicheskie svojstva moloka korov-pervotelok cherno-pestroj i golshtinskoj porod raznoj selekcii i ih pomesej / V. I. Kosilov, [i dr.]. Ekaterinburg : Izdatel'ckij dom "Azhyt", 2024. 172 s.
8. Nikolaev, A. M. *Tekhnologiya syra*. – 4-e izd. – Moskva : Agropromizdat, 1985. – 327 s.
9. Serba, E. V. Vliyanie zootehnicheskikh faktorov na belkovyj sostav syrogo korov'ego moloka / E. V. Serba, E. A. Yurova // *Agrarnaya nauka*. – 2024. – № 10. – S. 192-200. – DOI 10.32634/0869-8155-2024-387-10-192-200.10.
Citek, J. Polymorphisms in CSN3, CSN2 and LGB genes and their relation to milk production in dairy cattle in the Czech Republic / J. Citek, L. Hanusova, L. Liskovcova // *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. – 2019. – Vol. 65. – No. 1. – P. 19-24.
11. DNA markers – a prediction criterion for yield and quality of raw milk / S. V. Tyulkin, R. R. Vafin, Kh. Kh. Gilmanov [et al.] // *Izvestiya Nacional'noj akademii nauk Respubliki Kazahstan. Seriya geologii i tekhnicheskikh nauk*. – 2019. – Vol. 6, No. 438. – P. 177-183. – DOI 10.32014/2019.2518-170X.168.
12. Genetic markers associated with milk production traits in dairy cattle / Y. Ma, M. Z. Khan, J. Xiao, et al. // *Agriculture*. – 2021. – 11. – No. 10. – Article 1018. URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/10/1018> (data obrashcheniya: 03.03.2026). 10.3390/agriculture 11101018. DOI: 10.3390/agriculture11101018.
13. Genome-wide association study for milk protein composition traits in a Chinese Holstein population using a single-step approach / C. Zhou, C. Li, W. Cai, et al. // *Front Genet*. – 2019. – Vol. 10. – Article 72. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/genetics/articles/full> (data obrashcheniya: 02.03.2026). DOI: 10.3389/fgene.2019.00072.

Информация об авторах

1. **Басонов Орест Антипович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, советник при ректорате – руководитель Центра Агробиотехнологий, заведующий кафедрой «Частная зоотехния и разведение сельскохозяйственных животных», Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 97, Россия; <http://orcid.org/0000-0002-7916-4774>; e-mail: bassonov.64@mail.ru.

2. **Борисанова Дарья Валерьевна**, аспирант 3 года обучения кафедры «Частная зоотехния и разведение сельскохозяйственных животных», Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 97, Россия.

3. **Кулаткова Анна Сергеевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Частная зоотехния и разведение сельскохозяйственных животных», Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 97, Россия; <http://orcid.org/0000-0002-5972-1932>.

4. **Басонов Андрей Орестович**, соискатель кафедры «Частная зоотехния и разведение сельскохозяйственных животных», Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 97, Россия.

Information about the authors

1. **Basonov Orest Antipovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Acting Rector, Head of the Department of Private Animal Husbandry and Breeding of Farm Animals, Nizhny Novgorod State Florentyev Agrotechnological University, 603107, Nizhny Novgorod, Gagarin Ave., 97, Russia; <http://orcid.org/0000-0002-7916-4774>, basonov.64@mail.ru.

2. **Borisanova Darya Valeryevna**, 3-year postgraduate student of the Department of Private Animal Husbandry and Breeding of Farm Animals, Nizhny Novgorod State Florentyev Agrotechnological University, 603107, Nizhny Novgorod, Gagarin Ave., 97, Russia.

3. **Kulatkova Anna Sergeevna**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Private Animal Husbandry and Breeding of Farm Animals, Nizhny Novgorod State Florentyev Agrotechnological University, 603107, Nizhny Novgorod, Gagarin Ave., 97, Russia; <http://orcid.org/0000-0002-5972-1932>.

4. **Basonov Andrey Orestovich**, Candidate of the Department of the Department Private Animal Husbandry and Breeding of Farm Animals, Nizhny Novgorod State Florentyev Agrotechnological University, 603107, Nizhny Novgorod, Gagarin Ave., 97, Russia.

Вклад авторов

Басонов О. А. – определение цели исследования, организация и проведение исследования, анализ результатов исследования, написание статьи.

Борисанова Д. В. – анализ и обобщение литературных данных, анализ результатов исследования, написание статьи.

Кулаткова А. С. – проведение исследования, анализ результатов исследования, написание статьи.

Басонов А. О. – анализ результатов исследования, написание статьи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Basonov O. A. – definition of the research goal, organization and conduct of research, analysis of research results, writing an article.

Borisanova D. V. – analysis and generalization of literary data, analysis of research results, writing an article.

Kulatkova A. S. – conducting research, analyzing research results, writing an article.

Basonov A. O. – analysis of research results, writing an article.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 17.03.2026. Одобрена после рецензирования 20.03.2026. Дата опубликования 30.06.2026.

The article was received by the editorial office on 17.03.2026. Approved after review on 20.03.2026. Date of publication: 30.06.2026.