

Научная статья/Research Article

УДК 636.2.084 (571.12)

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-10-96-104

Галина Геннадьевна Карликова^{1✉}, Александр Александрович Сермягин²,

Ирина Алексеевна Лашнева³

^{1,2,3}ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, п. Дубровицы, Московская обл., Россия

¹karlikovagalina@yandex.ru

²alex_sermyagin85@mail.ru

³lashnevair@gmail.com

ОЦЕНКА МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ С ПОМОЩЬЮ БИОМАРКЕРОВ МОЛОКА

Цель исследований – изучение уровней мочевины, молярной концентрации бета-гидроксипутирата и следов ацетона в молоке коров голштинской породы разных популяций и их взаимосвязь как биомаркеров возникновения возможных форм кетоза. Изучено распределение биомаркеров картины возникновения кетоза посредством определения в молоке коров голштинской породы разных популяций бета-гидроксипутирата и следов ацетона. Компоненты молока коров определяли на анализаторе CombiFoss 7 DC. Более половины поголовья исследуемых нами коров Московской области (52,9 %) – здоровые животные. В процессе эксперимента найдено около 43 % коров с субклинической формой кетоза, клинической – 4,6 % от 11 529 голов. Обнаружены и отрицательные значения величин молярной концентрации БГБ и ацетона, свидетельствующие об их отсутствии в молоке. В 95 % случаев у животных ПЗ «Ладожский» отсутствует проявление кетоза. У части коров в стаде ПЗ «Ладожский» спрогнозирован субклинический кетоз с высокими значениями относительно нормы следов ацетона и величин молярной концентрации бета-гидроксипутирата. В единичных случаях от отела до пика лактации проявлялась клиническая форма кетоза животных в стаде ПЗ «Ладожский». Отмечалось значительное снижение суточного удоя у коров (на 8,7 кг молока) при повышенных величинах содержания процента жира, мочевины. Значения ацетона выше в 1,9 раза в сравнении с пороговой величиной в 0,30 ммоль/л и бета-гидроксипутирата в 1,4 раза относительно пороговой величины 0,15 ммоль/л у животных с кетозом. В молоке больных кетозом животных жирные кислоты – пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, длинноцепочечные, мононенасыщенные, насыщенные и трансизомеры достоверно и высоко достоверно превышают показатели здоровых коров с нормально работающим метаболизмом и физиологическим состоянием. Ежемесячный мониторинг индивидуальных проб молока с определением значений биомаркеров обмена веществ важен в оценке состояния обмена веществ коров.

Ключевые слова: голштинская порода, молоко, удой, процент жира, процент белка, уровень мочевины, молярная концентрация бета-гидроксипутирата, ацетон

Для цитирования: Карликова Г.Г., Сермягин А.А., Лашнева И.А. Оценка метаболического состояния обмена веществ коров голштинской породы с помощью биомаркеров молока // Вестник КрасГАУ. 2024. № 10. С. 96–104. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-10-96-104.

Благодарности: научные исследования выполнены в рамках темы ГЗ Минобрнауки РФ № 124020200029-4, а также в рамках сотрудничества с сотрудниками АО «Московское» по племенной работе» (г. Ногинск) и опытного хозяйства ПЗ «Ладожский» (Краснодарский край) – филиала ВИЖ им. Л.К. Эрнста.

Galina Gennadievna Karlikova¹✉, Alexander Alexandrovich Sermyagin²,
Irina Alekseevna Lashneva³

^{1,2,3}L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, pos. Dubrovitsa, Moscow Region, Russia

¹karlikovagalina@yandex.ru

²alex_sermyagin85@mail.ru

³lashnevair@gmail.com

ASSESSMENT OF THE METABOLIC STATE OF METABOLISM IN HOLSTEIN COWS USING MILK BIOMARKERS

The aim of research is to study the levels of urea, molar concentration of beta-hydroxybutyrate and traces of acetone in the milk of Holstein cows of different populations and their relationship as biomarkers of the occurrence of possible forms of ketosis. The distribution of biomarkers of the picture of ketosis occurrence was studied by determining beta-hydroxybutyrate and traces of acetone in the milk of Holstein cows of different populations. The components of the cows' milk were determined using the CombiFoss 7 DC analyzer. More than half of the herd of cows in the Moscow Region (52.9 %) were healthy animals. During the experiment, about 43 % of cows were found with a subclinical form of ketosis, while 4.6 % of 11,529 heads had a clinical form. Negative values of the molar concentration of BHB and acetone were also found, indicating their absence in milk. In 95 % of cases, animals from the Ladozhsky dairy farm did not show any signs of ketosis. Subclinical ketosis with high values relative to the norm of acetone traces and molar concentrations of beta-hydroxybutyrate was predicted for some cows in the herd of the Ladozhsky dairy farm. In isolated cases, the clinical form of ketosis of animals in the herd of the Ladozhsky dairy farm was manifested from calving to the peak of lactation. A significant decrease in daily milk yield in cows by 8.7 kg of milk was noted with increased values of fat percentage and urea. Acetone values are 1.9 times higher than the threshold value of 0.30 mmol/l and beta-hydroxybutyrate 1.4 times higher than the threshold value of 0.15 mmol/l in animals with ketosis. In the milk of animals with ketosis, fatty acids – palmitic, stearic, oleic, long-chain, monounsaturated, saturated and trans isomers significantly and highly significantly exceed the values of healthy cows with normally functioning metabolism and physiological state. Monthly monitoring of individual milk samples with determination of metabolic biomarker values is important in assessing the metabolic state of cows.

Keywords: Holstein breed, milk, milk yield, fat percentage, protein percentage, urea level, molar concentration of beta-hydroxybutyrate, acetone

For citation: Karlikova G.G., Sermyagin A.A., Lashneva I.A. Assessment of the metabolic state of metabolism in Holstein cows using milk biomarkers // Bulliten KrasSAU. 2024;(10): 96–104 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-10-96-104.

Acknowledgments: research was carried out within the framework of the State Project of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation № 124020200029-4, as well as within the framework of cooperation with employees of JSC Moskovskoye for breeding work (Noginsk) and the experimental farm PZ Ladozhsky (Krasnodar Region) – a branch of the All-Russian Society of Animal Husbandry named after L.K. Ernst.

Введение. Селекция молочного скота в мире последние десятилетия была направлена на постоянный рост как продуктивности, так и эффективности производства молока. Отечественные селекционеры также стремились к получению высоких показателей молочной продуктивности получаемого поголовья. Разрабатываемые в настоящее время учеными и селекционерами программы разведения разных пород со-

держат пути увеличения удоя, с одновременным улучшением качественных свойств молока и функциональных признаков животных [1]. Молоко, с его физико-химическими, органолептическими и технологическими качествами, реагирует на изменения окружающей среды, из чего следует, что элементы способов содержания, доения и кормления остаются по-прежнему актуальными [2].

Из компонентов молока (процент жира, процент белка и лактозы, уровень мочевины) молярная концентрация бета-гидроксипутирата и следы ацетона являются важными при определении физиологического статуса коровы и состояния метаболических процессов, происходящих в организме коров в процессе лактации [3].

Существующие в настоящее время методы измерения компонентов молока, основанные на действии инфракрасной спектроскопии, позволяют получить информацию о текущем состоянии здоровья и продуктивности не только каждой коровы в отдельности, но и всего дойного стада с целью дальнейшего повышения уровня эффективности управления [4].

Баланс рубцового пищеварения у коров имеет значение не только для получения в большом количестве качественной продукции, но и является гарантией обеспечения состояния здоровья и дальнейшего благополучия животных [5]. По расчетам данных экспериментов ряда ученых, полученный уровень мочевины в пробах молока коров имеет невысокие коэффициенты наследуемости и повторяемости, а коэффициенты корреляции с показателями молочной продуктивности ниже умеренных значений [6, 7].

Для оценки энергетического статуса организма коровы важен уровень молярной концентрации бета-гидроксипутирата и следов ацетона. Чаще всего метаболические нарушения в организме коров происходят в начале лактации, т. е. в период раздоя. Исследователи связывают проявление этих нарушений с резко возрастающими процессами молокообразования с началом лактации и метаболической нагрузкой на организм отелившейся коровы [8].

Преимущества отбора проб молока для исследований по сравнению с отбором проб крови заключаются в том, что он не инвазивен, может быть автоматизирован и отражает возможность наблюдения за концентрацией бета-гидроксипутирата (БГБ) в течение более длительного периода времени. Показатели БГБ изучались в нескольких исследованиях, но основное внимание уделялось связи с заболеваниями, выбраковкой коров и фертильностью [9, 10].

Вместе с тем постоянный контроль уровня содержания мочевины, ацетона и бета-гидроксипутирата в молоке определит состояние физиологического статуса коров стада в течение всей лактации [11, 12].

Для выявления в молочных стадах случаев заболевания маститом субклинической и клинической форм применяется такой показатель, как количество соматических клеток, или КСК, который представляет собой общее число клеток в пробах молока коров. В связи с ростом этого показателя ухудшается качество сборного молока и, соответственно, продуктов его дальнейшей переработки. Далее происходят нарушения консистенции и внешнего вида молочных продуктов, повышается процент содержания влаги, появляется горький привкус и в результате снижается срок годности продуктов [13].

Мастит является заболеванием, на проявление которого влияют такие факторы, как окружающие условия, тип содержания и уровень кормления коров, а также генетика. Коровы голштинской породы в настоящее время обладают высокой молочной продуктивностью, поэтому требуют другого уровня управления менеджментом в стаде, принятием новых решений в селекции [14].

Цель исследований – изучение уровней мочевины, молярной концентрации бета-гидроксипутирата и следов ацетона в молоке коров голштинской породы разных популяций и их взаимосвязи как биомаркеров возникновения возможных форм кетоза.

Задачи: определить наличие показателей остаточных метаболитов (мочевина, ацетон и БГБ) и их взаимосвязи для популяции коров голштинской породы Московской области и стада ПЗ «Ладожский», а также оценить возможность возникновения кетозов, о которых свидетельствует изменение химического состава проб молока.

Объект и методы. Объектом исследований являлись пробы молока коров голштинской породы в течение лактации. Эксперимент, исследование и расчеты результатов проведены в лаборатории селекционного контроля качества молока отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных Федерального государственного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт животноводства имени академика Л.К. Эрнста» с базами данных, предоставленными АО «Московское» по племенной работе» (г. Ногинск) и ПЗ «Ладожский» (филиал ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, Краснодар-

ский край). Компонентный состав молока коров определяли на автоматическом анализаторе 2019 г. выпуска – CombiFoss 7 DC (FOSS, Дания) с определением 25 показателей, включая дифференциацию соматических клеток. Базы данных коров голштинской породы по продуктивным качествам формировались по выборке на основе популяционных наблюдений и собственных исследований поголовья стада племенного завода «Ладожский». Исследования компонентного состава молока коров проводились в периоды ежемесячных контрольных доек. За период проведения эксперимента в базу данных поголовья коров опытного хозяйства вошло 12 843 наблюдения. Молочную продуктивность каждой головы животного учитывали индивидуально при количестве контрольных доек в диапазоне от 5 до 12 раз на одно животное. Индивидуальные ежемесячные пробы молока отбирали три раза в сутки в момент доения (утро, обед, вечер) в стаканчики объемом 50 мл (использовался консервант «Microtabs», США).

В хозяйствах, сотрудничающих с АО «Московское» по племенной работе», пробы молока отбирались специалистами хозяйств согласно регламенту Министерства сельского хозяйства РФ. Образцы молока анализировали в лаборатории селекционного контроля качества молока АО «Московское» по племенной работе» (г. Ногинск) на приборе CombiFoss FT+ (FOSS, Дания). База данных компонентного состава молока, созданная в отделе популяционной генетики и генетических основ разведения животных, стала основой для определения изменчивости содержания в молоке следующих элементов: массовая доля жира (МДЖ), белка (МДБ), казеина (МДК), лактозы (МДЛ), сухого вещества (СВ), сухой обезжиренный молочный остаток (СОМО), следы ацетона и бета-гидроксибутирата (БГБ), концентрация мочевины, точка замерзания, кислотность, ряд жирных кислот (миристиновая (C14:0), пальмитиновая (C16:0), стеариновая (C18:0), олеиновая кислота (C18:1), насыщенные жирные кислоты (НЖК), мононенасыщенные ЖК (МНЖК), полиненасыщенные ЖК (ПНЖК), короткоцепочечные ЖК (КЦЖК), среднецепочечные ЖК (СЦЖК), длинноцепочечные ЖК (ДЦЖК), транс-изомеры ЖК (ТЖК)), количество соматических клеток.

Средние значения (M) и их стандартные ошибки (\pm SEM), а также среднеквадратическое отклонение (SD) для изученных показателей рассчитывали с использованием пакета «Анализ данных» в среде MS Excel 2013. Выявленные различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Комплексный анализ проб молока позволяет с получением результатов вести не только селекционно-племенную работу со всем стадом, но и контроль за состоянием каждого животного [15, 16].

Мы провели изучение распределения биомаркеров молока, сигнализирующих о возможности возникновения различных форм кетоза в организме, посредством определения концентрации бета-гидроксибутирата (БГБ) и следов ацетона относительно друг друга в молоке коров популяций голштинской породы, как Московской области, так и опытного стада племенного завода «Ладожский» (Краснодарский край) (рис. 1, 2).

Основываясь на полученных сведениях об изменении химического состава молока, оценку возможности возникновения кетоза можно считать вполне предметной, так как в этих случаях формируется определенная клиническая картина содержания компонентов молока [17].

На уровне исследованной популяции голштинской породы скота Московской области нами было установлено, что здоровые животные в выборке составляли чуть больше половины, т. е. 52,9 % коров с порогом содержания следов ацетона до 0,30 ммоль/л молока. В исследованных стадах популяции Московской области было выявлено с субклинической формой кетоза 42,5 % коров, клинической – 4,6 %.

Наряду с положительными величинами млярной концентрации бета-гидроксибутирата и следов ацетона обнаружены также и отрицательные значения. Мы расцениваем отрицательные показатели образцов как отсутствие следов метаболитов в молоке.

Все больший интерес вызывает внедрение технологий и решений, основанных на анализе ежемесячных данных, в улучшение управления стадом. Необходимо адаптировать новые методы для персонализации управления случаями кетоза и улучшения мониторинга влияния управленческих решений на метаболическое

здоровье как у отдельных коров, так и на уровне стада [18]. Значения следов ацетона – в диапазоне до 0,30 ммоль/л молока и бета-гидроксibuтирата в диапазоне до 0,15 ммоль/л молока, согласно литературным источникам, в 95 % случаев контрольных доек отелившихся коров племенного завода «Ладожский» отмечалось отсутствие нарушения функции обмена веществ, в частности кетоза [19, 20].

При анализе превышения значений по следам ацетона в интервале от 0,30 до 0,60 ммоль/л и избыточному количеству положительных величин молярной концентрации БГБ от 0,15 до 0,30 ммоль/л мы прогнозируем наличие субклинического кетоза у определенной небольшой части поголовья коров в стаде ПЗ «Ладожский».

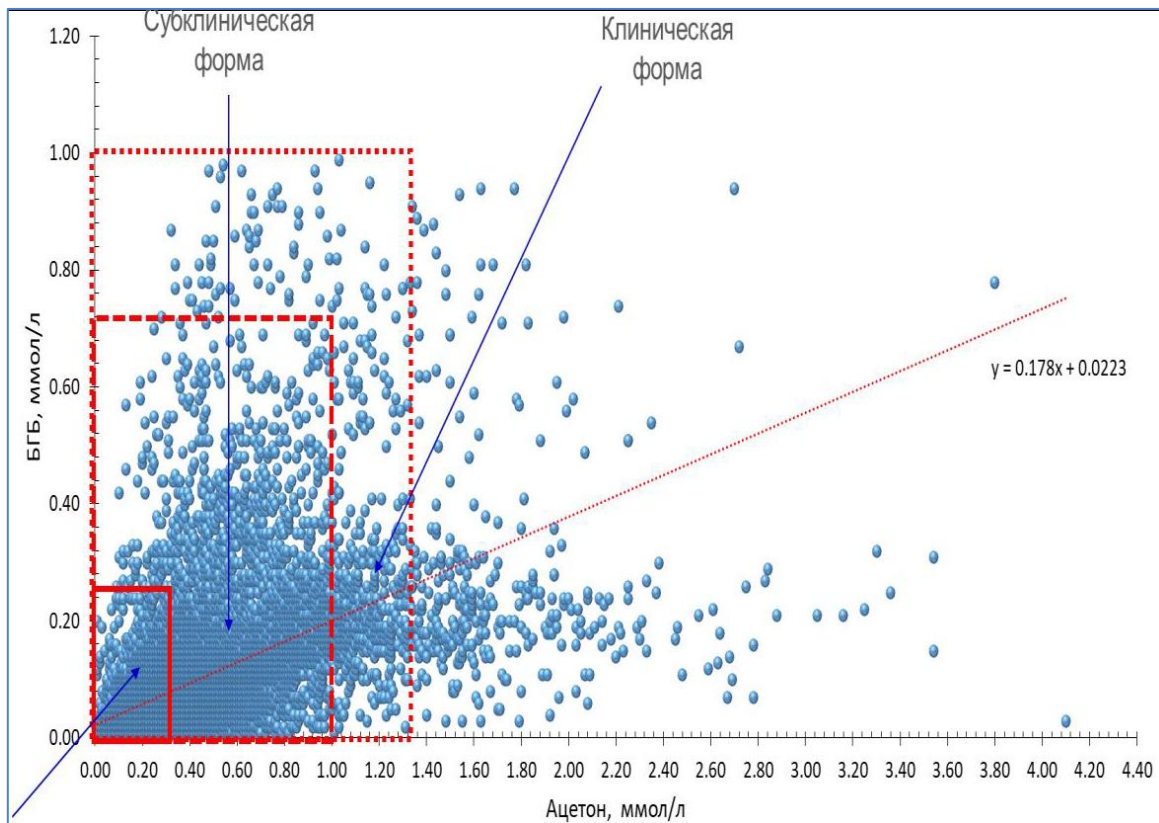


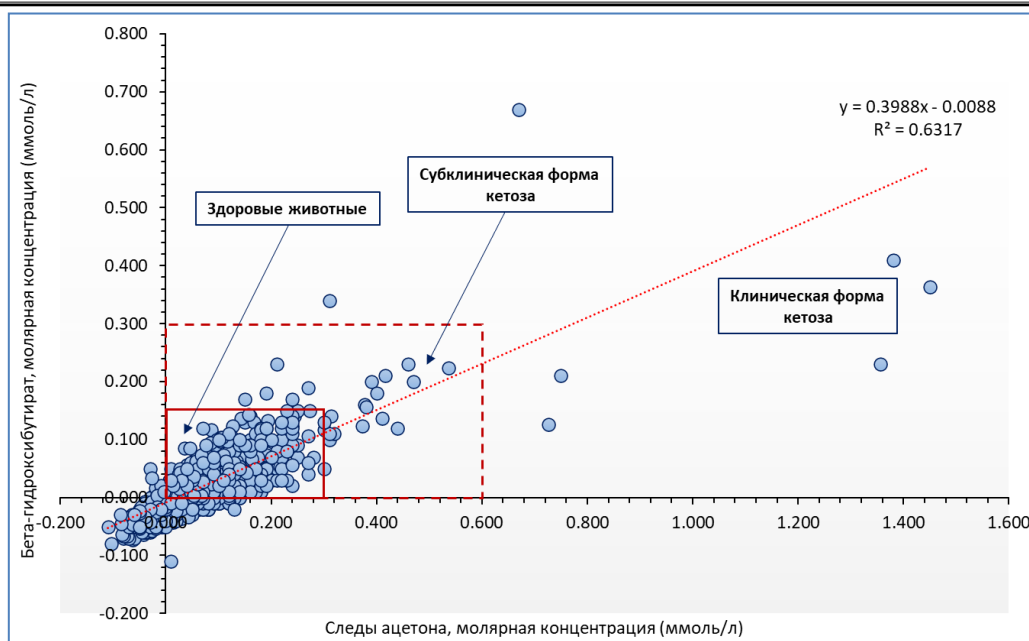
Рис. 1. Показатели остаточных метаболитов (следы ацетона и концентрация бета-гидроксibuтирата) в молоке коров голштинской породы и их взаимосвязь в исследованной популяции Московской области

Проявления клинической формы кетоза в стаде племенного завода «Ладожский» были единичными и могли быть связаны с послеотельными осложнениями у животных (в момент отела до пика лактации).

Для контроля качества кормового рациона по обеспеченности его протеином и обменной энергией в проведении мониторинга важным являются содержание мочевины и общего белка, для контроля здоровья вымени – число соматических клеток в молоке [21].

Рассмотрим различия в составе компонентов проб молока как здоровых животных, так и с разной формой проявления кетоза (табл.).

При повышенных величинах содержания процента жира, мочевины наблюдалось снижение суточного удоя у коров на 8,7 кг молока. Животные с субклинической и клинической формой кетоза достоверно отличаются от здоровых особей более высокими значениями следов ацетона в 1,9 раза относительно порога в 0,30 ммоль/л и бета-гидроксibuтирата в 1,4 раза относительно порога в 0,15 ммоль/л.



Показатели состава молока коров с нормальным метаболизмом и с разной формой кетоза в среднем за сутки (ПЗ «Ладожский»)

| Показатель | Нормальный метаболизм | С разной формой кетоза |
|--|-----------------------|------------------------|
| Удой в среднем за сутки, кг | 22,9±0,2*** | 14,2±1,7 |
| Массовая доля жира, % | 3,58±0,02 | 4,73±0,38** |
| Массовая доля белка, % | 3,41±0,01 | 3,27±0,14 |
| Процент лактозы, % | 4,83±0,005** | 4,58±0,08 |
| Сухое вещество (СВ), % | 12,71±0,03 | 13,41±0,41 |
| Сухой обезжиренный молочный остаток, % | 9,09±0,01* | 8,78±0,14 |
| Точка замерзания, × -10 ⁻³ °С | 539±0,2 | 557±2,3*** |
| Мочевина, мг·100 мл ⁻¹ | 38,4±0,1 | 45,1±3,4* |
| Следы ацетона, ммоль/л | 0,049±0,001 | 0,570±0,077*** |
| Следы БГБ, ммоль/л | 0,011±0,001 | 0,215±0,028*** |
| Казеин, % | 2,70±0,01 | 2,56±0,12 |
| С14:0, г/100 г | 0,336±0,002 | 0,291±0,032 |
| С16:0, г/100 г | 0,883±0,005 | 1,044±0,073* |
| С18:0, г/100 г | 0,333±0,003 | 0,595±0,053*** |
| С18:1, г/100 г | 1,147±0,007 | 1,933±0,163*** |
| ДЦЖК, г/100 г | 1,414±0,009 | 2,420±0,218*** |
| СЦЖК, г/100 г | 1,353±0,008 | 1,447±0,114 |
| КЦЖК, г/100 г молока | 0,475±0,003 | 0,482±0,055 |
| МНЖЦ, г/100 г | 1,068±0,006 | 1,814±0,154*** |
| ПНЖК, г/100 г | 0,131±0,001 | 0,148±0,013 |
| НЖК, г/100 г | 2,358±0,014 | 2,826±0,232* |
| ТЖК, г/100 г | 0,097±0,001 | 0,138±0,007*** |
| Количество СК, тыс. ед./мл | 825±31 | 922±239 |

*p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001.

Заключение. Полученные значения ряда жирных кислот, таких как пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, длинноцепочечные ЖК, мононенасыщенные (МНЖЦ), насыщенные ЖК, а также транс-изомеры (ТЖК), в молоке заболевших разной формой кетоза животных достоверно и высоко достоверно превышают показатели здоровых с нормально работающим метаболизмом и физиологическим состоянием.

Из чего следует, что описанная нами характеристика наличия показателей биомаркеров обмена веществ, полученных на основе инфракрасных спектров молока, показывает перспективу их дальнейшего более широкого использования для оценки функционального состояния коров на больших популяциях скота разных пород. При этом анализируемые индикаторы и их пороговые уровни (следы ацетона, молярная концентрация бета-гидроксибутирата, уровень содержания мочевины) отражают реакцию организма коров с нормальным метаболизмом на какие-либо нарушения условий содержания, кормления и общего здоровья животных.

Список источников

1. Динамика изменения основных показателей в популяции черно-пестрого скота Российской Федерации / С.Н. Харитонов [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 7. С. 13–17.
2. Взаимосвязь химического состава молока с величинами диагностических показателей интенсивности обмена веществ / Е.О. Крулин [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2021. Т. 245, № 1. С. 87–91.
3. Молоко как показатель здоровья крупного рогатого скота в условиях интенсивного животноводства / Л.А. Глазунова [и др.] // АПК: инновационные технологии. 2022. № 3 (58). С. 43–51. DOI: 10.35524/2687-0436_2022_03_43. EDN ZKIQAT.
4. Горелик О.В., Лиходеевская О.Е. Причины выбытия маточного поголовья голштинизированного черно-пестрого скота // Вестник Вятской ГСХА. 2020. № 3 (5). С. 5. EDN UIXPUL.
5. Milk β -hydroxybutyrate metrics and its consequences for surveillance of hyperketonaemia on commercial dairy farms / E.De Jong [et al.] // Vet. Sci., 08 November 2023. Sec. Veterinary Epidemiology and Economics. Volume 10. 2023. DOI: 10.3389/fvets.2023.1272162.
6. Estimation of genetic parameters and single-step genome-wide association studies for milk urea nitrogen in Holstein cattle / L. Ma [et al.] // Journal of Dairy Science, 2023, Vol. 106, Is. 1, P. 352–363.
7. Buitenhuis A.J., Poulsen N.A. Estimation of heritability for milk urea and genetic correlations with milk production traits in 3 Danish dairy breeds // Journal of Dairy Science, 2023, Volume 106, P. 5562–5569
8. Novel prediction models for hyperketonemia using bovine milk Fourier-transform infrared spectroscopy / E. Walliser [et al.]; Department of Animal and Dairy Sciences // University of Wisconsin. Madison. 2022. URL: www.researchgate.net (дата обращения: 04.01.2024).
9. McArt J.A.A., Nydam D.V., Oetzel GR. Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. Dairy Sci. (2012) 95:5056–66. DOI: 10.3168/jds.2012-5443.
10. The effect of subclinical ketosis in early lactation on reproductive performance of postpartum dairy cows / R.B. Walsh [et al.] // J Dairy Sci. (2007) 90:2788-96. DOI: 10.3168/jds.2006-560.
11. Metabolic profiling of early-lactation dairy cows using milk mid-infrared spectra / T.D.W. Luke [et al.] // Journal of Dairy Science, 2018. Vol. 102, Is. 2. P. 1747–1760. DOI: 10.3168/jds.2018-15103.
12. Short communication: Predicting blood plasma non-esterified fatty acid and beta-hydroxybutyrate concentrations from cow milk – addressing systematic issues in modelling / J. Kostensalo [et al.] // Animal, 2023. Vol. 17, Is. 9. 100912. DOI: 10.1016/j.animal.2023.100912.
13. Reproductive performance of lactating dairy cows with elevated milk β -hydroxybutyrate levels during first 6 weeks of lactation / T.W. Alemu [et al.] // Journal of Dairy Science, 2023, V. 106 (7), P. 5165–5181. DOI: 10.3168/jds.2022-22406.
14. Морфологический состав соматических клеток в молоке коров как критерий оценки здоровья молочной железы в связи с продуктивностью и компонентами молока / А.А. Сермягин [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56, № 6. С. 1183–1198. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.6.1183rus.

15. Часовщикова М.А., Губанов М.В. Мониторинг качества молока при контрольном доении коров в племенных хозяйствах Тюменской области // Вестник КрасГАУ. 2021. № 9 (174). С. 132–137. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-9-132-137.
16. Селекционный контроль качества молока как инструмент оценки племенной ценности животных / М.А. Часовщикова [и др.] // Главный зоотехник. 2022. № 1 (222). С. 19–29. DOI: 10.33920/sel-03-2201-03.
17. Bauer E.A., Jagusiak W. The Use of Multilayer Perceptron Artificial Neural Networks to Detect Dairy Cows at Risk of Ketosis // *Animals*. 2022. Vol. 12 (3). February 1. Article number 332. DOI: 10.3390/ani12030332.
18. Pralle R. A dairy manager's guide to ketosis / Department of Animal and Dairy Sciences // University of Wisconsin – Madison. 2022.
19. Литкевич А.И., Губанов М.В. Роль лаборатории селекционного контроля качества молока в племенной работе Тюменской области // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи: сб. мат-лов XI Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. молодых ученых, посвящ. 75-летию Курганской ГСХА им. Т.С. Мальцева. Курган: Изд-во КГСХА, 2019. С. 305–309.
20. Oetzel G.R. Rational treatments for ketosis in fresh cows // American association of bovine practitioner's conference proceedings. Am Assoc of Bovine Practitioners Knoxville, Tennessee. 2020. 122–126.
21. Алиев А.Ю., Федотов С.В., Белозерцева Н.С. Изменение белкового состава молока коров при субклиническом мастите // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2022. № 4 (44). С. 471–477. DOI: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202204010. EDN SYBJGT.
- im. N. E. Bauman. 2021. Т. 245, № 1. С. 87–91.
3. Moloko kak pokazatel' zdorov'ya krupnogo rogatogo skota v usloviyah intensivnogo zhivotnovodstva / L.A. Glazunova [i dr.] // *APK: innovacionnye tehnologii*. 2022. № 3 (58). С. 43–51. DOI: 10.35524/2687-0436_2022_03_43. EDN ZKIQAT.
4. Gorelik O.V., Lihodeevskaya O.E. Prichiny vybytiya matochnogo pogolov'ya golshtinizirovannogo cherno-pestrogo skota // *Vestnik Vyatskoj GSHA*. 2020. № 3 (5). С. 5. EDN UIXPUL.
5. Milk β -hydroxybutyrate metrics and its consequences for surveillance of hyperketonaemia on commercial dairy farms / E. De Jong [et al.] // *Vet. Sci.*, 08 November 2023. Sec. Veterinary Epidemiology and Economics. Volume 10. 2023. DOI: 10.3389/fvets.2023.1272162.
6. Estimation of genetic parameters and single-step genome-wide association studies for milk urea nitrogen in Holstein cattle / L. Ma [et al.] // *Journal of Dairy Science*, 2023, Vol. 106, Is. 1, P. 352–363.
7. Buitenhuis A.J., Poulsen N.A. Estimation of heritability for milk urea and genetic correlations with milk production traits in 3 Danish dairy breeds // *Journal of Dairy Science*, 2023, Volume 106, P. 5562–5569.
8. Novel prediction models for hyperketonemia using bovine milk Fourier-transform infrared spectroscopy / E. Walleser [et al.]; Department of Animal and Dairy Sciences // University of Wisconsin. Madison. 2022. URL: www.researchgate.net (data obrascheniya: 04.01.2024).
9. McArt J.A.A., Nydam D.V., Oetzel GR. Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. *Dairy Sci.* (2012) 95:5056-66. DOI: 10.3168/jds.2012-5443.
10. The effect of subclinical ketosis in early lactation on reproductive performance of postpartum dairy cows / R.B. Walsh [et al.] // *J Dairy Sci.* (2007) 90:2788-96. DOI: 10.3168/jds.2006-560.
11. Metabolic profiling of early-lactation dairy cows using milk mid-infrared spectra / T.D.W. Luke [et al.] // *Journal of Dairy Science*, 2018. Vol. 102, Is. 2. P. 1747–1760. DOI: 10.3168/jds.2018-15103.
12. Short communication: Predicting blood plasma non-esterified fatty acid and beta-hydroxybutyrate concentrations from cow milk – addressing systematic issues in modelling / J. Kos-

References

1. Dinamika izmeneniya osnovnyh pokazatelej v populjacii cherno-pestrogo skota Rossijskoj Federacii / S.N. Haritonov [i dr.] // *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. 2018. № 7. С. 13–17.
2. Vzaimosvyaz' himicheskogo sostava moloka s velichinami diagnosticheskikh pokazatelej intensivnosti obmena veschestv / E.O. Krupin [i dr.] // *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny*

- tensalo* [et al.] // *Animal*, 2023. Vol. 17, Is. 9. 100912. DOI: 10.1016/j.animal.2023.100912.
13. Reproductive performance of lactating dairy cows with elevated milk β -hydroxybutyrate levels during first 6 weeks of lactation / *T.W. Alemu* [et al.] // *Journal of Dairy Science*, 2023, V. 106 (7), P. 5165-5181. DOI: 10.3168/jds.2022-22406.
 14. Морфологический состав соматических клеток в молоке коров как критерий оценки здоровья молочных желез в связи с продуктивностью и компонентами молока / *A.A. Sermyagin* [i dr.] // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2021. T. 56, № 6. S. 1183–1198. DOI: 10.15389/agrobiol.2021.6.1183rus.
 15. *Chasovschikova M.A., Gubanov M.V.* Monitoring качества молока при контроле доения коров в племенных хозяйствах Тюменской области // *Vestnik KrasGAU*. 2021. № 9 (174). S. 132–137. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-9-132-137.
 16. Селекционный контроль качества молока как инструмент оценки племенной ценности животных / *M.A. Chasovschikova* [i dr.] // *Glavnyj zootehnik*. 2022. № 1 (222). S. 19–29. DOI: 10.33920/sel-03-2201-03.
 17. *Bauer E.A., Jagusiak W.* The Use of Multilayer Perceptron Artificial Neural Networks to Detect Dairy Cows at Risk of Ketosis // *Animals*. 2022. Vol. 12 (3). February 1. Article number 332. DOI: 10.3390/ani12030332.
 18. *Pralle R.* A dairy manager's guide to ketosis / Department of Animal and Dairy Sciences // University of Wisconsin – Madison. 2022.
 19. *Litkevich A.I., Gubanov M.V.* Роль лабораторий селекционного контроля качества молока в племенной работе Тюменской области // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи: сб. мат-лов XI Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. молодых ученых, посвящ. 75-летию Курганской ГСХА им. Т.С. Мал'цева. Курган: Изд-во КГСХА, 2019. S. 305–309.
 20. *Oetzel G.R.* Rational treatments for ketosis in fresh cows // American association of bovine practitioner's conference proceedings. Am Assoc of Bovine Practitioners Knoxville, Tennessee. 2020. 122-126.
 21. *Aliev A.Yu., Fedotov S.V., Belozerceva N.S.* Изменение белкового состава молока коров при субклиническом мастите // *Problemy veterinarnoj sanitarii, gigieny i `ekologii*. 2022. № 4 (44). S. 471–477. DOI: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202204010. EDN SYBJGT.

Статья принята к публикации 05.04.2024 / The article accepted for publication 05.04.2024.

Информация об авторах:

Галина Геннадьевна Карликова¹, старший научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, доктор сельскохозяйственных наук

Александр Александрович Сермягин², ведущий научный сотрудник, заведующий отделом популяционной генетики и генетических основ разведения животных, кандидат сельскохозяйственных наук

Ирина Алексеевна Лашнева³, ведущий специалист отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных

Information about the authors:

Galina Gennadievna Karlikova¹, Senior Researcher, Department of Population Genetics and Genetic Foundations of Animal Breeding, Doctor of Agricultural Sciences

Alexander Alexandrovich Sermyagin², Leading Researcher, Head of the Department of Population Genetics and Genetic Foundations of Animal Breeding, Candidate of Agricultural Sciences

Irina Alekseevna Lashneva³, Leading Specialist at the Department of Population Genetics and Genetic Foundations of Animal Breeding