УДК 636.2.084 (571.12)
Код ВАК 4.2.4
DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-70-79

Состав молока как элемент контроля здоровья стада

М. А. Часовщикова[1]✉, М. В. Губанов[1]
[1] Государственный агарный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия
✉*E-mail: chsovschikovama@gausz.ru*

Аннотация. **Цель** исследований – проведение мониторинга химического состава молока, соотношений между массовой долей молочного жира и белка для оценки рисков развития ацидоза и кетоза у коров голштинской породы. **Методы.** На анализаторе Bentley FTS-400 проанализировано 5 740 проб молока, в том числе 1 375 проб в период до 90-го дня первой лактации. В среднесуточных пробах молока определены массовые доли жира, белка, лактозы, сухого вещества, сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), а также концентрации ацетона, бета-гидрокси-бутирата. Содержание бета-гидрокси-бутирата контролировалось в молоке (БГБ (м)) и условно в крови (БГБ (к)). Соотношение между массовой долей жира и белка определяли делением МДЖ на МДБ, и в зависимости от величины соотношения коровы разделены на группы: с рисками ацидоза – менее 1,1, с рисками кетоза – более 1,5, нормативные значения 1,1–1,5. **Научная новизна**. В условиях Тюменской области впервые проведен комплексный анализ химического состава молока коров голштинской породы с целью выявления его изменений на фоне сдвига соотношений между массовой долей жира и белка. **Результаты**. Мониторинг химического состава молока коров в первые три месяца лактации показал, что на фоне сдвига соотношений между массовой долей жира и белка он существенно изменяется. При соотношении менее 1,1 происходит достоверное снижение сухого вещества, массовой доли жира и БГБ (к), и наоборот, повышение СОМО, массовой доли белка, а в первый месяц лактации – лактозы. При соотношении более 1,5 в молоке достоверно понижается содержание СОМО, массовой доли белка, лактозы, но повышается концентрация сухого вещества, массовой доли жира, а также кетоновых тел, что является характерным признаком кетоза.

Ключевые слова: молоко, молочный жир, молочный белок, лактоза, ацетон, бета-гидрокси-бутират (БГБ), ацидоз, кетоз, голштинская порода.

Для цитирования: Часовщикова М. А., Губанов М. В. Состав молока как элемент контроля здоровья стада // Аграрный вестник Урала. 2022. № 11 (226). С. 70–79. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-70-79.

Дата поступления статьи: 03.08.2022, ***дата рецензирования:*** 31.08.2022, ***дата принятия:*** 12.09.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Молоко является уникальным продуктом питания, в состав которого входят жизненно важные для человека любого возраста нутриенты в оптимальном их сочетании. Министерством здравоохранения Российской Федерации утверждены рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, в соответствии с которыми норма потребления молочных продуктов на человека в год составляет 325 кг (в пересчете на молоко) [1]. В Российской Федерации с 2017 г., по данным статистики, наметился заметный рост потребления молока на душу населения: 2017 по 2020 гг. произошло увеличение с 206 до 220 кг по Российской Федерации в целом [2] и со 164 до 179 кг в Тюменской области [3]. Конечно, это не является достаточным, но сам факт роста потребления молочных продуктов свидетельствует об их популяризации. В молочном скотоводстве за тот же период отмечается стабильный рост молочной продуктивности во всех категориях хозяйств и увеличение объемов производства молока [4, с. 96; 5, с. 283; 6, с. 46]. Например, в Тюменской области с 2017 по 2020 гг. производство молока увеличилось с 549,5 до 585,7 тыс. тонн в год, или на 6,6 % [3].

Важной задачей, стоящей перед молочным животноводством наравне с увеличением объемов производства сырого молока как сырья для молочной промышленности, является обеспечение его высокого качества [7, с. 258]. В этом вопросе большое значение имеет регулярный мониторинг качества молока на фермах, который позволяет оперативно реагировать на негативные изменения, а именно корректировать кормовые рационы, адресно проводить диагностические исследования состояния здоровья и осуществлять лечение животных в случае необходимости [8, с. 219]. В Тюменской области с задачей мониторинга качества молока успешно

© Часовщикова М. А., Губанов М. В., 2022

справляется лаборатория селекционного контроля качества молока, созданная на базе ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», современное оборудование которой позволяет проводить анализ молока по 12 показателям индивидуально от каждой коровы. Результаты комплексного анализа молока позволяют заказчикам услуг не только вести селекционно-племенную работу со своим стадом, но и контролировать состояние каждого животного [9, с. 136; 10, с. 20]. Важными показателями мониторинга в целях контроля качества кормового рациона по обеспеченности его протеином и обменной энергией являются содержание в молоке мочевины и общего белка, для контроля здоровья вымени – число соматических клеток [11, с. 1184]. Регулярный контроль концентрации кетоновых тел в молоке позволяет своевременно выявить риски кетогенного состояния. Дополнительным показателем контроля рисков возникновения кетозов и ацидозов в стаде коров является контроль соотношения между массовой долей жира и белка в молоке [12; 13, с. 166; 14, с. 88].

Методология и методы исследования (Methods)

Цель исследований заключалась в проведении мониторинга химического состава молока, соотношений между массовой долей молочного жира и белка для оценки рисков развития ацидоза и кетоза у коров голштинской породы.

Исследования проводили на территории Тюменской области в племенном предприятии по разведению крупного рогатого скота голштинской породы. Объектом исследований являлись коровы голштинской породы в возрасте первой лактации. За период исследований с января по декабрь 2021 г. было проанализировано 5 740 проб молока, в том числе 1 375 проб в период до 90-го дня первой лактации включительно. Контроль удоя и отбор проб молока для анализа осуществляли во время контрольных доений ежемесячно посредством счетчиков молока Westfalia, соответствующих требованиям ICAR. Информация об инвентарных номерах коров, днях лактирования на момент отбора проб, суточных удоях фиксировалась в программе управления стадом Dairy Plan и направлялась в сервис «Молочная лаборатория» ООО «Региональный центр информационного обеспечения племенного животноводства Ленинградской области «ПЛИНОР» и объединялась с результатами лабораторных исследований молока, которые, в свою очередь, проводили на комбинированной системе анализаторов Bentley FTS-400 в лаборатории селекционного контроля качества молока Государственного аграрного университета Северного Зауралья (г. Тюмень). В среднесуточных пробах молока определяли массовые доли жира (МДЖ), белка (МДБ), лактозы, сухого вещества (СВ), сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), а также концентрации ацетона, бета-гидрокси-бутирата (БГБ). Содержание бета-гидрокси-бутирата контролировалось в молоке (БГБ (м)) и условно в крови (БГБ (к)).

Соотношение между массовой долей жира и белка определяли делением МДЖ на МДБ. В группы риска по ацидозу вошли коровы с инверсией жира, имеющие соотношение между массовой долей жира и белка менее 1,1 (1, 4, 7 группы), а в группы риска по кетозу – с инверсией белка и соотношением более 1,5 (3, 6, 9 группы). Коровы с нормальным соотношением между массовой долей жира и белка 1,1–1,5 вошли во 2, 5, 8 группы. Систематизацию и статистическую обработку полученных данных проводили общепринятыми методами в программе Microsoft Excel.

Результаты (Results)

В течение лактации происходят изменения как количественных, так и качественных показателей молочной продуктивности, которые в первую очередь обусловлены изменением физиологического состояния коровы, связанным с наступлением стельности. Как правило, снижение удоев молока происходит сразу после наступления стельности. В подконтрольном стаде на протяжении первой лактации коровы достигали наивысших суточных удоев – 33,8 и 33,6 кг молока в период с 61-го по 120-й дни лактации, затем заметно их снижали (рис. 1). Изменение массовых долей жира имеет противоположный удоям характер. В период пика удоев массовые доли жира оказались минимальными – 3,48 и 3,42 %. А на фоне сравнительно невысоких удоев в начале (< 31 дня) и конце лактации (> 300 дней) – 27,0 и 26,6 кг, массовые доли жира в эти периоды были максимальными – 4,13 и 3,92 % соответственно. В отличие от массовых долей жира массовые доли белка до 90-го дня лактации были достаточно стабильными от 3,05 до 3,11 % в среднем, а со 120-го дня лактации на фоне снижения удоев динамично повышались (рис. 1).

Вместе с изменением массовых долей жира и белка в молоке изменялись соотношения между ними. В норме оно составляет 1,1–1,5, отклонение от данного диапазона сигнализирует о появлении проблем, связанных с ацидозом или кетозом. Динамика соотношений между массовой долей жира и белка на протяжении лактации достаточно стабильна, за исключением первых 60 дней лактации, когда величины соотношений были наибольшими. Анализ уровня исследуемых соотношений показал, что до 60-го дня лактации их средние величины находились в середине диапазона оптимальных значений для указанного признака, но с 61-го дня произошло снижение средних до минимальной границы. На фоне динамики соотношений наблюдали изменения содержания кетоновых тел в молоке – ацетона и бета-гидрокси-бутирата (БГБ). Наложение графиков, демонстрирующих динамику кетоновых

© Chasovshchikova M. A., Gubanov M. V., 2022

тел, на график, демонстрирующий изменения соотношений между жиром и белком, показал, что в начале лактации на фоне повышения величин соотношений наблюдается повышение кетоновых тел (рис. 2). Но средние уровни кетоновых тел в молоке находились в пределах допустимых концентраций. Расчет коэффициентов корреляции между концентрацией кетоновых тел и отношением молочного жира к белку указывает на наличие статистически достоверной, хотя и слабой (по шкале Чеддока) положительной связи. Так, коэффициенты корреляции указанных выше соотношений с концентрацией ацетона составляли 0,276 ($p < 0{,}001$), содержание БГБ (м) составило 0,127 ($p < 0{,}001$).

Несмотря на оптимальные средние величины контролируемых показателей состава молока, лимиты значений по итогам индивидуального контроля указывали на их сдвиг от рекомендуемых норм, в особенности по соотношению между массовой долей жира и белка. В связи с этим нами проведен мониторинг изменения состава молока коров первой лактации в зависимости от характера сдвига исследуемого соотношения. И так как наиболее критичным периодом в жизни коровы является раздойный период, характер изменений исследован в течение первых 90 дней лактации в разрезе каждого месяца (таблицы 1–3).

Распределение коров на указанные выше группы, показало, что в первые 30 дней после отела наблюдалась существенная разница по составу молока между особями с нормальным соотношением между массовой долей жира и белка и с его нарушениями, но статистически значимых различий по удою не отмечено. Так, коровы с сдвигом соотношения в сторону снижения (< 1,1) относительно нормы характеризовались сравнительно низкой концентрацией сухого вещества – меньше на 0,67 % ($p < 0{,}001$), но повышенным содержанием сухого обезжиренного вещества (СОМО) на 0,20 % ($p < 0{,}001$). Снижение содержания сухого вещества было обусловлено значительной инверсией молочного жира до 3,06 %, а повышение СОМО произошло по причине увеличения в молоке концентраций молочного белка и лактозы на 0,09 ($p < 0{,}05$) и 0,10 % ($p < 0{,}01$) соответственно. Контроль кетоновых тел в молоке – ацетона и БГБ (м) – не показал значительных различий с коровами, имеющими нормальное соотношение (1,1–1,5), а вот концентрация БГБ (к) у коров в 1-й группе снижалась на 0,23 ммоль/л ($p < 0{,}001$) по сравнению с таковой во 2-й группе.

Коровы, имеющие в молоке сдвиг равновесия между массовой долей жира и белка в сторону повышения, отличались от сверстниц 2-й группы высокой концентрацией сухого вещества на

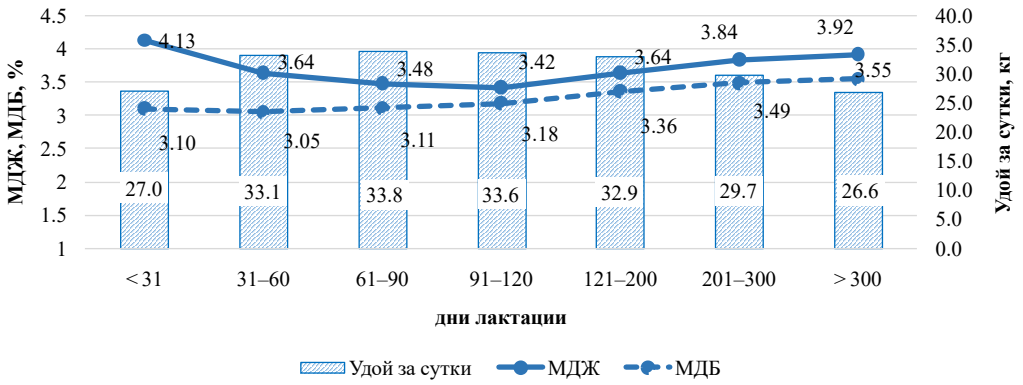

Рис. 1. Динамика суточного удоя молока, массовой доли жира и белка по дням лактации

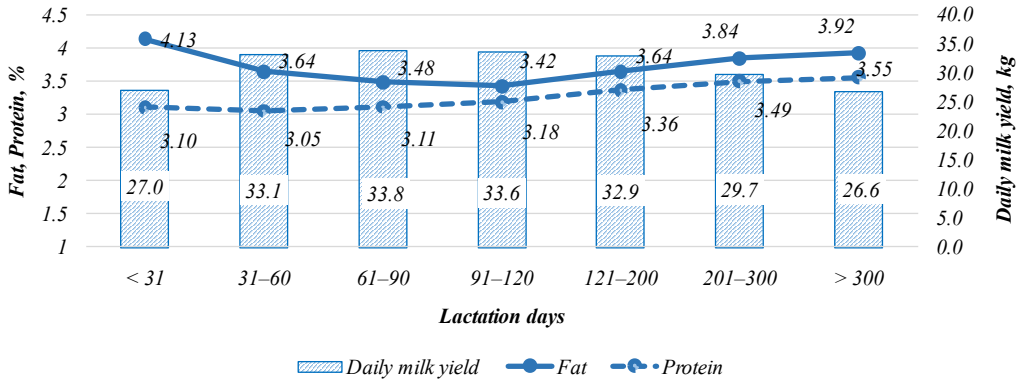

Fig. 1. Dynamics of daily milk yield, milk fat and protein by lactation days

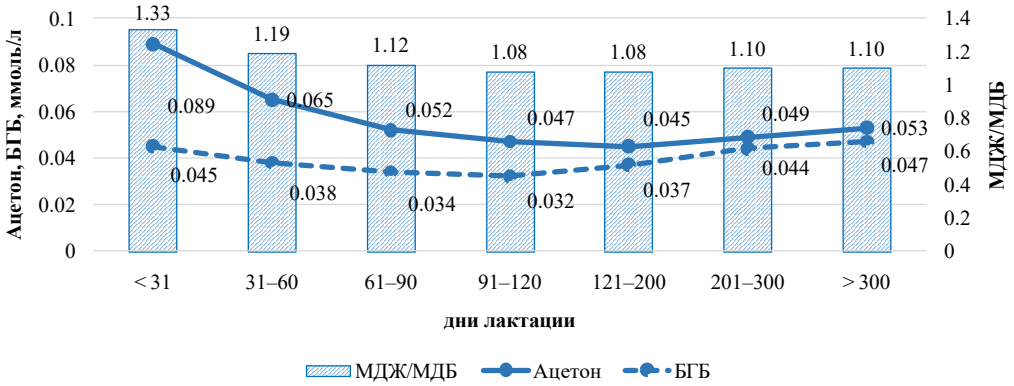

Рис. 2. Динамика кетоновых тел в молоке, соотношения между массовой долей жира и белка по дням лактации

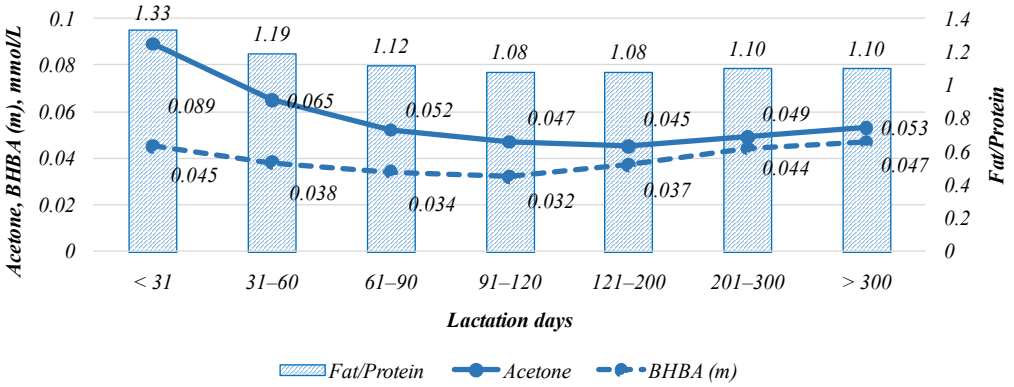

Fig. 2. The dynamics of ketone bodies in milk, the ratio of milk fat and protein by lactation days

1,02 % ($p < 0{,}001$), но сравнительно низким СОМО (8,70 %), что меньше на 0,33 % ($p < 0{,}001$). Увеличение сухого вещества связано со значительным повышением жирномолочности – до 5,31 %, или на 1,36 % ($p < 0{,}001$) по сравнению с показателями во 2-й группе. Снижение СОМО обусловлено низким содержанием массовой доли молочного белка (2,98 %) и лактозы (5,04 %) с разницей 0,14 ($p < 0{,}001$) и 0,15 % ($p < 0{,}001$) соответственно в сравнении со значениями во 2-й группе. Концентрации ацетона и БГБ (м) в молоке коров 3-й группы были больше на 0,059 ($p < 0{,}001$) и 0,027 ммоль/л ($p < 0{,}001$), чем у сверстниц 2-й группы. Аналогичные изменения были по концентрации БГБ (к) с разницей 0,97 ммоль/л ($p < 0{,}001$).

Во второй месяц лактации различия у групп с разным уровнем соотношений между массовой долей жира и белка имели аналогичный характер (таблица 2).

В период с 31-го по 60-й день первой лактации коровы 4-й группы, имеющие признаки инверсии молочного жира, характеризовались пониженной концентрацией в молоке сухого вещества и молочного жира, но повышенной концентрацией молочного белка с разницей 0,52 % ($p < 0{,}001$), 0,69 % ($p < 0{,}001$) и 0,15 % ($p < 0{,}001$) по сравнению с 5-й группой соответственно. В отличие от первого месяца лактации, во второй месяц наблюдалось статистически достоверное снижение в молоке кетоновых тел. Так, в 4-й группе по сравнению с 5-й группой коров в молоке концентрация ацетона снизилась на 0,015 ммоль/л ($p < 0{,}001$), БГБ (м) – на 0,004 ммоль/л ($p < 0{,}01$), а концентрация БГБ крови снизилась на 0,42 ммоль/л ($p < 0{,}001$).

Коровы 6-й группы, имеющие величину соотношения между массовой долей жира и белка более 1,5 по сравнению с 5 группой, где указанное соотношение соответствовало норме, отличались наибольшим содержанием в молоке сухого вещества и молочного жира на 1,12 ($p < 0{,}001$) и 1,45 % ($p < 0{,}001$), но низкой концентрацией белка и лактозы на 0,07 ($p < 0{,}05$) и 0,22 % ($p < 0{,}01$) соответственно. Содержание ацетона и БГБ (м) в молоке коров 6-й группы было больше на 0,064 ($p < 0{,}001$) и 0,034 ммоль/л ($p < 0{,}001$), чем у сверстниц 5-й группы. Концентрация БГБ в крови коров 6-й группы составила 2,41 ммоль/л, что больше, чем в 5-й группе, на 1,03 ммоль/л ($p < 0{,}001$).

В период с 61-го по 90-й день первой лактации характер изменений состава молока на фоне сдвига соотношения между массовой долей жира и белка сохранился (таблица 3). По сравнению с 8-й группой коров, имеющих нормальное соотношение между молочным жиром и белком, в 7-й группе содержание сухого вещества снизилось на 0,59 % ($p < 0{,}001$), а в 9-й группе повысилось на 1,15 % ($p < 0{,}001$).

Таблица 1

Состав молока в зависимости от соотношения между массовой долей жира и белка до 30 дня лактации

Показатель	1-я группа (*n* = 27)	2-я группа (*n* = 207)	3-я группа (*n* = 55)
Суточный удой, кг	24,6 ± 1,65	27,2 ± 0,55	27,2 ± 1,12
Сухое вещество, %	12,40 ± 0,09[3]	13,07 ± 0,04	14,09 ± 0,10[3]
СОМО, %	9,23 ± 0,04[3]	9,03 ± 0,02	8,70 ± 0,04[3]
МДЖ, %	3,06 ± 0,06[3]	3,95 ± 0,03	5,31 ± 0,09[3]
МДБ, %	3,21 ± 0,04[1]	3,12 ± 0,02	2,98 ± 0,03[3]
МДЖ/МДБ	0,95 ± 0,01[3]	1,27 ± 0,01	1,79±0,04[3]
Лактоза, %	5,29 ± 0,03[2]	5,19 ± 0,01	5,04 ± 0,02[3]
Ацетон, ммоль/л	0,074 ± 0,005	0,078 ± 0,003	0,137 ± 0,009[3]
БГБ (м), ммоль/л	0,042 ± 0,003	0,040 ± 0,001	0,067 ± 0,003[3]
БГБ (к), ммоль/л	1,21 ± 0,06[3]	1,44 ± 0,03	2,41 ± 0,08[3]

Примечание. [1]p < 0,05; [2]p < 0,01; [3]p < 0,001 по сравнению с 2 группой.

Table 1

The chemical composition of milk at a different ratio between milk fat and milk protein up to 30 days of lactation

Milk component	*Group 1 (n = 27)*	*Group 2 (n = 207)*	*Group 3 (n = 55)*
Daily milk yield, kg	*24.6 ± 1.65*	*27.2 ± 0.55*	*27.2 ± 1.12*
Total solids, %	*12.40 ± 0.09[3]*	*13.07 ± 0.04*	*14.09 ± 0.10[3]*
Solids-Not-Fat, %	*9.23 ± 0.04[3]*	*9.03 ± 0.02*	*8.70 ± 0.04[3]*
Fat, %	*3.06 ± 0.06[3]*	*3.95 ± 0.03*	*5.31 ± 0.09[3]*
Protein, %	*3.21 ± 0.04[1]*	*3.12 ± 0.02*	*2.98 ± 0.03[3]*
Fat/Protein	*0.95 ± 0.01[3]*	*1.27 ± 0.01*	*1.79±0.04[3]*
Lactose, %	*5.29 ± 0.03[2]*	*5.19 ± 0.01*	*5.04 ± 0.02[3]*
Acetone, mmol/l	*0.074 ± 0.005*	*0.078 ± 0.003*	*0.137 ± 0.009[3]*
BHBA (m), mmol/l	*0.042 ± 0.003*	*0.040 ± 0.001*	*0.067 ± 0.003[3]*
BHBA (b), mmol/l	*1.21 ± 0.06[3]*	*1.44 ± 0.03*	*2.41 ± 0.08[3]*

Note: [1]p < 0.05; [2]p < 0.01; [3]p < 0.001 compared to group 2.

Таблица 2

Состав молока в зависимости от соотношения между массовой долей жира и белка с 31-го по 60-й день лактации

Показатель	4-я группа (*n* = 106)	5-я группа (*n* = 421)	6-я группа (*n* = 34)
Суточный удой, кг	32,8 ± 0,81	33,4 ± 0,39	30,2 ± 1,95
Сухое вещество, %	12,27 ± 0,05[3]	12,79 ± 0,03	13,91 ± 0,16[3]
СОМО, %	9,17 ± 0,02[3]	9,02 ± 0,01	8,71 ± 0,06[3]
МДЖ, %	2,99 ± 0,03[3]	3,68 ± 0,02	5,13 ± 0,14[3]
МДБ, %	3,18 ± 0,02[3]	3,03 ± 0,01	2,96 ± 0,03[1]
МДЖ/МДБ	0,94 ± 0,01[3]	1,22 ± 0,01	1,73 ± 0,03[3]
Лактоза, %	5,26 ± 0,02	5,28 ± 0,01	5,06 ± 0,07[2]
Ацетон, ммоль/л	0,049 ± 0,002[3]	0,064 ± 0,002	0,128 ± 0,014[3]
БГБ (м), ммоль/л	0,033 ± 0,001[2]	0,037 ± 0,001	0,071 ± 0,007[3]
БГБ (к), ммоль/л	0,96 ± 0,03[3]	1,38 ± 0,02	2,41 ± 0,13[3]

Примечание. [1]p < 0,05; [2]p < 0,01; [3]p < 0,001 по сравнению с 5-й группой.

Table 2

The chemical composition of milk at a different ratio between milk fat and milk protein from 31 to 60 days of lactation

Milk component	*Group 4 (n = 106)*	*Group 5 (n = 421)*	*Group 6 (n = 34)*
Daily milk yield, kg	*32.8 ± 0.81*	*33.4 ± 0.39*	*30.2 ± 1.95*
Total solids, %	*12.27 ± 0.05[3]*	*12.79 ± 0.03*	*13.91 ± 0.16[3]*
Solids-Not-Fat, %	*9.17 ± 0.02[3]*	*9.02 ± 0.01*	*8.71 ± 0.06[3]*
Fat, %	*2.99 ± 0.03[3]*	*3.68 ± 0.02*	*5.13 ± 0.14[3]*
Protein, %	*3.18 ± 0.02[3]*	*3.03 ± 0.01*	*2.96 ± 0.03[1]*
Fat/Protein	*0.94 ± 0.01[3]*	*1.22 ± 0.01*	*1.73 ± 0.03[3]*
Lactose, %	*5.26 ± 0.02*	*5.28 ± 0.01*	*5.06 ± 0.07[2]*
Acetone, mmol/l	*0.049 ± 0.002[3]*	*0.064 ± 0.002*	*0.128 ± 0.014[3]*
BHBA (m), mmol/l	*0.033 ± 0.001[2]*	*0.037 ± 0.001*	*0.071 ± 0.007[3]*
BHBA (b), mmol/l	*0.96 ± 0.03[3]*	*1.38 ± 0.02*	*2.41 ± 0.13[3]*

Note. [1]p < 0.05; [2]p < 0.01; [3]p < 0.001 compared to group 5.

Таблица 3

Состав молока в зависимости от соотношения между массовой долей жира и белка с 61-го по 90-й день лактации

Показатель	7-я группа (*n* = 182)	8-я группа (*n* = 327)	9-я группа (*n* = 16)
Суточный удой, кг	34,4 ± 0,55	33,6 ± 0,46	32,2 ± 2,25
Сухое вещество, %	12,25 ± 0,04[3]	12,84 ± 0,03	13,99 ± 0,19[3]
СОМО, %	9,15 ± 0,02[3]	9,06 ± 0,01	8,82 ± 0,09[2]
МДЖ, %	3,00 ± 0,03[3]	3,68 ± 0,02	5,10 ± 0,13[3]
МДБ, %	3,17 ± 0,02[3]	3,08 ± 0,01	3,03 ± 0,08
МДЖ/МДБ	0,95 ± 0,01[3]	1,17 ± 0,01	1,65 ± 0,04[3]
Лактоза, %	5,24 ± 0,01	5,26 ± 0,01	5,08 ± 0,06[2]
Ацетон, ммоль/л	0,043 ± 0,002[3]	0,056 ± 0,001	0,082 ± 0,015
БГБ (м), ммоль/л	0,031 ± 0,001[1]	0,034 ± 0,001	0,063 ± 0,005[3]
БГБ (к), ммоль/л	0,92 ± 0,02[3]	1,24 ± 0,02	2,05 ± 0,11[3]

Примечание. [1]p < 0,05; [2]p < 0,01; [3]p < 0,001 по сравнению с 8-й группой.

Table 3

The chemical composition of milk at a different ratio between milk fat and milk protein from 61 to 90 days of lactation

Milk component	*Group 7 (n = 182)*	*Group 8 (n = 327)*	*Group 9 (n = 16)*
Daily milk yield, kg	*34.4 ± 0.55*	*33.6 ± 0.46*	*32.2 ± 2.25*
Total solids, %	*12.25 ± 0.04[3]*	*12.84 ± 0.03*	*13.99 ± 0.19[3]*
Solids-Not-Fat, %	*9.15 ± 0.02[3]*	*9.06 ± 0.01*	*8.82 ± 0.09[2]*
Fat, %	*3.00 ± 0.03[3]*	*3.68 ± 0.02*	*5.10 ± 0.13[3]*
Protein, %	*3.17 ± 0.02[3]*	*3.08 ± 0.01*	*3.03 ± 0.08*
Fat/Protein	*0.95 ± 0.01[3]*	*1.17 ± 0.01*	*1.65 ± 0.04[3]*
Lactose, %	*5.24 ± 0.01*	*5.26 ± 0.01*	*5.08 ± 0.06[2]*
Acetone, mmol/l	*0.043 ± 0.002[3]*	*0.056 ± 0.001*	*0.082 ± 0.015*
BHBA (m), mmol/l	*0.031 ± 0.001[1]*	*0.034 ± 0.001*	*0.063 ± 0.005[3]*
BHBA (b), mmol/l	*0.92 ± 0.02[3]*	*1.24 ± 0.02*	*2.05 ± 0.11[3]*

Note. [1]p < 0.05; [2]p < 0.01; [3]p < 0.001 compared to group 8.

На фоне этих изменений наблюдалось снижение массовой доли жира до 3,00 % и повышение белка до 3,17 % в молоке коров 7-й группы, и наоборот, повышение массовой доли жира до 5,10 %, снижение белка до 3,03 % и лактозы до 5,08 % у сверстниц 9-й группы, при этом все различия высоко достоверны по сравнению с 8-й группой коров. Концентрации кетоновых тел в молоке и крови коров 7-й и 9-й групп имели аналогичный характер изменений, отмеченный в группах 4 и 6. Так, при соотношениях между молочным жиром и белком более 1,5 содержание БГБ в молоке и крови повышалось, а при соотношениях менее 1,1 – заметно снижалось.

Сравнительный анализ состава молока по месяцам лактации показал, что в группах 4 и 7 по сравнению с 1-й группой, а также в группах 6 и 9 по сравнению с 3-й группой содержание сухого вещества, СОМО и их составляющих питательных веществ значительно не изменялось, а концентрация кетоновых тел заметно снижалась. Так, например, содержание ацетона во второй и третий месяц снизилось на 0,025 ($p < 0{,}001$) и 0,031 ммоль/л ($p < 0{,}001$) в группах 4 и 7 по сравнению с 1-й группой, на 0,055 ммоль/л ($p < 0{,}01$) в 9-й группе по сравнению с 3 группой.

Итак, если характер изменений состава молока на фоне аналогичного сдвига соотношений между массовой долей жира и белка на протяжении трех месяцев лактации не менялся, то встречаемость коров с признаками инверсии жира или белка претерпевала изменения. В общей тенденции от первого к третьему месяцу первой лактации наблюдали увеличение встречаемости коров с признаками инверсии жира с 9,3 до 34,7, и наоборот, снижение частот встречаемости коров с признаками инверсии белка с 19,0 до 3,0. Исходя из изменения частот встречаемости следует, что в первый месяц лактации существует самый высокий риск возникновения кетогенного состояния, а к третьему месяцу возрастают риски ацидоза.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Оценку рисков возникновения кетоза и ацидоза, основанную на сведениях об изменении химического состава молока, можно считать вполне объективной в связи с тем, что при этих заболеваниях формируется определенная клиническая картина молока [15, с. 12]. Так, одним из основных признаков кетоза коров является сдвиг равновесия между массовой долей жира и массовой долей белка более 1,5, при этом массовая доля жира значительно повышается до 5,0 % и более. По сведениям Л. Н. Си-

моновой и Ю. И. Симонова [16, с. 210], у коров с установленным диагнозом субклинического кетоза среднее соотношение между массовой долей жира и белка составляло 1,68, массовая доля жира повышалась в среднем до 4,7 %, при этом массовая доля белка была менее 3,0 %, что согласуется с нашими данными. Признаком ацидоза является сдвиг соотношения между массовой долей жира и белка в сторону менее 1,1. По сведениям В. П. Галочкиной и соавторов [17, с. 42], при подтвержденном ацидозе массовая доля жира в молоке коров снижалась в среднем до 2,85 %, при этом соотношение между массовыми долями жира и белка снижалось в среднем до 0,90. Аналогичные результаты получены и в наших исследованиях.

Таким образом, сведения о химическом составе молока и в первую очередь величины соотношений между массовой долей жира и белка следует использовать в качестве дополнительных диагностических показателей состояния здоровья дойных коров.

Библиографический список

1. Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания: Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 19 августа 2016 [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/420374878 (дата обращения: 15.03.2022).
2. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство // Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (дата обращения: 15.03.2022).
3. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство // Управление Федеральной службы государственной статистики по Тюменской области, Ханты-Мансийскому автономному округу-Югре и Ямало-Ненецкому автономному округу: официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: https://tumstat.gks.ru/ofs_sx_obl (дата обращения: 15.03.2022).
4. Шевелева О. М., Свяженина М. А. Селекционно-генетические параметры продуктивных признаков и экстерьерные особенности крупного рогатого скота черно-пестрой породы в Западной Сибири // Молочно-хозяйственный вестник. 2021. № 2 (42). С. 95–106. DOI: 10.52231/2225-4269_2021_2_95.
5. Свяженина М. А. Симментальский скот Тюменской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (84). С. 282–286.
6. Шушпанова К. А., Татаркина Н. И. Продуктивность коров голштинской породы // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 2 (34). С. 44–47.
7. Солоднева Е. В., Смольников З. В., Баженов С. А., Воробьева Д. А., Столповский Ю. А. Лактационные кривые как инструмент современного мониторинга состояния здоровья животных и их продуктивности – мини-обзор // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57. № 2. С. 257–271. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.2.257rus.
8. Иванов Ю. А., Скоркин В. К., Новиков Н. Н. Интеллектуальное управление технологическими процессами молочных ферм с применением современной компьютеризированной техники // Инновации в сельском хозяйстве. 2018. № 1 (26). С. 218–228.
9. 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.
10. Часовщикова М. А., Ковалева О. В., Губанов М. В., Пономарева Е. А., Костомахин Н. М. Селекционный контроль качества молока как инструмент оценки племенной ценности животных // Главный зоотехник. 2022. № 1 (222). С. 19–29. DOI: 10.33920/sel-03-2201-03.
11. Сермягин А. А., Лашнева И. А., Косицин А. А., Игнатьева Л. П., Артемьева О. А., Sölkner J., Зиновьева Н. А. Морфологический состав соматических клеток в молоке как критерий оценки здоровья молочной железы в связи с продуктивностью и компонентами молока // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 6. С. 1183–1198. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.6.1183rus.
12. Gubanov M. V., Chasovshchikova M. A. Mass fraction of fat, protein, and their ratio in Simmental breed cows` milk // Bio web of conferences. International Scientific and Practical Conference International Scientific and Practical Conference: Fundamental scientific research and their applied aspects in biotechnology and agriculture. Tyumen, 2021. Vol. 36. Article number 06013. DOI: 10.1051/bioconf/20213606013.
13. Тихомиров И. А. Современные методы контроля и управления технологическими процессами производства высококачественного молока // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2018. № 3 (31). С. 163–168.
14. Крупин Е. О., Шакиров Ш. К., Юсупова Г. Р., Выштакалюк А. Б., Садыков Н. Ф., Хайруллин Д. Д. Взаимосвязь химического состава молока с величинами диагностических показателей интенсивности

обмена веществ // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2021. Т. 245. № 1. С. 87–91.
15. 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.
16. Симонова Л. Н., Симонов Ю. И. Эффективность диагностики и комплексного лечения кетоза коров в условиях промышленного молочного производства // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (86). С. 209–213.
17. Галочкина В. П., Харитонов Е. Л., Агафонова А. В., Обвинцева О. В., Остренко К. С., Галочкин В. А. Процессы рубцовой ферментации и обмен пировиноградной кислоты в молочной железе у коров с разной жирностью молока // Проблемы биологии продуктивных животных. 2018. № 2. С. 39–47. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2018.2/39-47.

Об авторах:
Марина Александровна Часовщикова[1], доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
ORCID 0000-0003-1892-0932, AuthorID 470972; *+7 912 924-07-46*, *chsovschikovama@gausz.ru*
Михаил Валерьевич Губанов[1], кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией качества сельскохозяйственной продукции, ORCID 0000-0001-6742-2097, AuthorID 831833; *+7 961 210-32-36*, *mv.gubanov@abc.tsaa.ru*
[1] Государственный агарный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

Milk composition as an element of herd health control

M. A. Chasovshchikova[1]✉, M. V. Gubanov[1]
[1] Northern Trans-Urals State Agricultural University, Tyumen, Russia
✉*E-mail: chsovschikovama@gausz.ru*

Abstract. **Purpose of research** is monitoring the chemical composition of milk, the ratio between fat and protein in milk to determine the risks of morbidity of Holstein cows with acidosis and ketosis. **Methods**. 5 740 milk samples were studied, of which 1 375 samples were analyzed for 90 days of the first lactation. The analysis was carried out on a Bentley FTS-400 instrument. In the control samples of milk, the following indicators were determined: milk fat, protein, lactose, total solids, solids-not-fat, concentrations of acetone, beta-hydroxy-butyrate. The concentration of beta-hydroxy-butyrate in milk (BHBA (m) and conditionally in blood (BHBA (b) was controlled. The ratio between milk fat and protein was determined by dividing the fat content by the protein content. Cows were divided into groups depending on the ratio: risk of acidosis – less than 1.1, the risk of ketosis is more than 1.5 and the norm is 1.1–1.5. **Scientific novelty**. For the first time, a comprehensive analysis of the chemical composition of the milk of Holstein cows was carried out to determine its changes with a shift in the ratio between fat and milk protein in the Tyumen region. **Results**. Monitoring of the chemical composition of cows' milk in the first three months of lactation showed that it changes significantly with a shift in the ratio between fat and protein. There is a significant decrease in total solids, fat and BHBA (b), an increase in solids-not-fat, protein, and in the first month of lactation an increase in lactose at a ratio value of less than 1.1. The ratio is more than 1.5: the content of solids-not-fat, protein, lactose significantly decreases, but the content of total solids, fat and ketone bodies in milk increases, which is characteristic of ketosis.
Keywords: milk, milk fat, milk protein, lactose, acetone, beta-hydroxy-butyrate (BHBA), acidosis, ketosis, Holstein breed.

For citation: Chasovshchikova M. A., Gubanov M. V. Monitoring khimicheskogo sostava moloka kak element kontrolya sostoyaniya zdorov'ya stada [Milk composition as an element of herd health control] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 11 (226). Pp. 70–79. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-226-11-70-79. (In Russian.)

Date of paper submission: 03.08.2022, ***date of review:*** 31.08.2022, ***date of acceptance:*** 12.09.2022.

References

1. Ob utverzhdenii Rekomendatsiy po ratsional'nym normam potrebleniya pishchevykh produktov, otvechayushchikh sovremennym trebovaniyam zdorovogo pitaniya: Prikaz Ministerstva zdravookhraneniya Rossiyskoy Federatsii ot 19 avgusta 2016 [On the approval of the Recommendations on rational norms for the consumption

of food products that meet modern requirements for a healthy diet: Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated August 19, 2016] [e-resource]. URL: https://docs.cntd.ru/document/420374878 (date of reference: 15.03.2022). (In Russian.)

2. Sel'skoe khozyaystvo, okhota i lesnoe khozyaystvo [Agriculture, hunting and forestry] [e-resource] // Federal State Statistics Service: official web-site. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (date of reference: 15.03.2022). (In Russian.)

3. Sel'skoe khozyaystvo, okhota i lesnoe khozyaystvo [Agriculture, hunting and forestry] [e-resource] // Department of the Federal State Statistics Service for the Tyumen Region, the Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra and the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug: official web-site. URL: https://tumstat.gks.ru/ofs_sx_obl (date of reference: 15.03.2022). (In Russian.)

4. Sheveleva O. M., Svyazhenina M. A. Selektsionno-geneticheskiye parametry produktivnykh priznakov i ekster'yernyye osobennosti krupnogo rogatogo skota cherno-pestroy porody v Zapadnoy Sibiri [Selection and genetic parameters of productive traits and exterior features of Black-and-White cattle in Western Siberia] // Molochnokhozyaystvenny vestnik. 2021. No. 2 (42). Pp. 95–106. DOI: 10.52231/2225-4269_2021_2_95. (In Russian.)

5. Svyazhenina M. A. Simmental'skiy skot Tyumenskoy oblasti [Simmental cattle of the Tyumen region] // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2020. No. 4 (84). Pp. 282–286. (In Russian.)

6. Shushpanova K. A., Tatarkina N. I. Produktivnost' korov golshtinskoy porody [Productivity of Holstein cows]// Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2020. No. 2 (34). Pp. 44–47. (In Russian.)

7. Solodneva E. V., Smol'nikov Z. V., Bazhenov S. A., Vorob'yeva D. A., Stolpovskiy Yu. A. Laktatsionnyye krivyye kak instrument sovremennogo monitoringa sostoyaniya zdorov'ya zhivotnykh i ikh produktivnosti – mini-obzor [Lactation curves as a tool for monitoring the health and performance of dairy cows – a mini-review] // Agricultural biology. 2022. Vol. 57. No. 2. Pp. 257–271. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.2.257rus. (In Russian.)

8. Ivanov Yu. A., Skorkin V. K., Novikov N. N. Intellektual'noye upravleniye tekhnologicheskimi protsessami molochnykh ferm s primeneniyem sovremennoy komp'yuterizirovannoy tekhniki [Intellectual control of technological processes on dairy farms by modern computer machinery using] // Innovatsii v sel'skom khozyaystve. 2018. No. 1 (26). Pp. 218–228. (In Russian.)

9. Chasovshchikova M. A., Gubanov M. V. Monitoring kachestva moloka pri kontrol'nom doyenii korov v plemennykh khozyaystvakh Tyumenskoy oblasti [Quality of milk monitoring during control cows milking in the Tyumen region breeding farm] // Vestnik KrasGAU. 2021. No. 9 (174). Pp. 132–137. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-9-132-137. (In Russian.)

10. Chasovshchikova M. A., Kovaleva O. V., Gubanov M. V., Ponomareva E. A., Kostomakhin N. M. Selektsionnyy kontrol' kachestva moloka kak instrument otsenki plemennoy tsennosti zhivotnykh [Breeding control of milk quality as a tool for evaluation the breeding value of animals] // Glavnyy zootekhnik 2022. No. 1 (222). Pp. 19–29. DOI: 10.33920/sel-03-2201-03. (In Russian.)

11. Sermyagin A. A., Lashneva I. A., Kositsin A. A., Ignat'yeva L. P., Artem'yeva O. A., Sölkner J., Zinov'yeva N. A. Morfologicheskiy sostav somaticheskikh kletok v moloke kak kriteriy otsenki zdorov'ya molochnoy zhelezy v svyazi s produktivnost'yu i komponentami moloka [Differential somatic cell count in milk as criteria for assessing cows' udder health in relation with milk production and components] // Agricultural biology. 2021. Vol. 56. No. 6. Pp. 1183–1198. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.6.1183rus. (In Russian.)

12. Gubanov M. V., Chasovshchikova M. A. Mass fraction of fat, protein, and their ratio in Simmental breed cows` milk // Bio web of conferences. International Scientific and Practical Conference International Scientific and Practical Conference: Fundamental scientific research and their applied aspects in biotechnology and agriculture. Tyumen, 2021. Vol. 36. Article number 06013. DOI: 10.1051/bioconf/20213606013.

13. Tikhomirov I. A. Sovremennyye metody kontrolya i upravleniya tekhnologicheskimi protsessami proizvodstva vysokokachestvennogo moloka [Modern methods of high-quality milk production technological processes' control and management] // Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva. 2018. No. 3 (31). Pp. 163–168. (In Russian.)

14. Krupin E. O., Shakirov Sh. K., Yusupova G. R., Vyshtakalyuk A. B., Sadykov N. F., Khayrullin D. D. Vzaimosvyaz' khimicheskogo sostava moloka s velichinami diagnosticheskikh pokazateley intensivnosti obmena veshchestv [Relationship of the chemical composition of milk with the values of diagnostic indicators of metabolism intensity] // Academic notes of Kazan state academy of veterinary medicine named after N. Bauman. 2021. Vol. 245. No. 1. Pp. 87–91. (In Russian.)

15. 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.

16. Simonova L. N., Simonov Yu. I. Effektivnost' diagnostiki i kompleksnogo lecheniya ketoza korov v usloviyakh promyshlennogo molochnogo proizvodstva [Effectiveness of diagnostics and treatment of cows' ketosis in

the conditions of industrial dairy production] // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2020. No. 6 (86). Pp. 209–213. (In Russian.)

17. Galochkina V. P., Kharitonov E. L., Agafonova A. V., Obvintseva O. V., Ostrenko K. S., Galochkin V. A. Protsessy rubtsovoy fermentatsii i obmen pirovinogradnoy kisloty v molochnoy zheleze u korov s raznoy zhirnost'yu moloka [Processes of fermentation in rumen and pyruvate metabolism in mammary gland in cows with different milk fat content] // Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh. 2018. No. 2. Pp. 39–47. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2018.2/39-47. (In Russian.)

Authors' information:

Marina A. Chasovshchikova[1], doctor of agricultural sciences, professor, ORCID 0000-0003-1892-0932, AuthorID 470972; *+7 912 924-07-46*, *chsovschikovama@gausz.ru*

Mikhail V. Gubanov[1], candidate of agricultural sciences, head of the Laboratory for the quality of agricultural products, ORCID 0000-0001-6742-2097, AuthorID 831833; *+7 961 210-32-36*, *mv.gubanov@abc.tsaa.ru*

[1] Northern Trans-Urals State Agricultural University, Tyumen, Russia