DOI <https://doi.org/10.18551/rjoas.2017-02.32>

ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЗМА ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ **FEATURES OF THE LACTATING COWS' METABOLISM**

Милаева И.В.*, доцент

Milaeva I.V., Associate Professor

Воронина О.А., аспирант

Voronina O.A., Post-graduate student

Зайцев С.Ю., профессор

Saitsev S.Y., Professor

ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», Москва, Россия

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin»,
Moscow, Russia

*E-mail: ira-gurievich@list.ru

АННОТАЦИЯ

Продуктивность коров тесно связана с уровнем метаболизма у животных. На разных стадиях лактации коров интенсивность процессов обмена значительно различается. Изучение механизмов таких изменений может существенно помочь в регуляции метаболических процессов за счёт кормления. Были изучены следующие биохимические показатели крови коров: общий белок, альбумины, глобулины, мочевины, креатинин, амилазы, глюкоза, холестерин, триглицериды и некоторые ферменты, а также белки и жиры молока. Используя биохимические показатели крови и молока, изучили изменения в обменных процессах (белковый, липидный, углеводный и минеральный) у коров чёрно-пёстрой породы в возрасте 3 и 5 лет на разных стадиях лактации.

ABSTRACT

The cow productivity is closely associated with basic metabolic level of animals. The intensity of the metabolic processes varies significantly at the particular stages of cow lactation. The study of the metabolic mechanisms could significantly assist in the regulation of these processes by feeding. The following biochemical parameters of cow blood were studied: total protein, albumin, globulin, urea, creatinine, amilase, glucose, cholesterol, triglycerides and some enzymes, as well as milk proteins and fats. Using these biochemical parameters of blood and milk, the changes in metabolic processes (protein, lipid, carbohydrate and mineral) of black-motley breed cows at the age of 3 and 5 years at different stages of lactation were studied.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Коровы, пробы крови, молоко, биохимический анализ.

KEY WORDS

Cows, blood samples, milk, biochemical analysis.

На современном этапе развития сельского хозяйства особую актуальность приобретают вопросы научного обеспечения повышения эффективности сельскохозяйственного производства [1], в частности, большое значение имеет развитие молочного животноводства и получение высококачественной молочной продукции. Продуктивность коров тесно связана с уровнем метаболизма, в том числе интенсивностью физиолого-биохимических процессов обмена веществ, связанных с трансформацией значительного количества энергии и питательных веществ корма в

молоко [2]. На разных стадиях лактации коров интенсивность процессов обмена различается [3]. Изучение механизмов таких изменений, а также их взаимосвязи с химическим составом молока может существенно помочь в регуляции метаболических процессов за счёт кормления и даст возможность получать больше высококачественной продукции и повысить возраст продуктивного использования коров.

Целью работы является изучение взаимосвязи обменных процессов в организме коров с химическим составом молока в зависимости от возраста и стадии лактации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения метаболических процессов были сформированы три группы по шесть животных-аналогов каждая из коров чёрно-пёстрой породы, принадлежащих ЗАО «Воскресенское», Воскресенского района Московской области.

Первая группа - коровы 3 лет, 5 месяц лактации, 3 месяц стельности; вторая группа - коровы 3 лет, 9 месяц лактации, 7 месяц стельности; третья группа - коровы 5 лет, 5 месяц лактации, 3 месяц стельности. Кровь для исследования отбирали до утреннего кормления из яремной вены, молоко во время утреннего доения. В сыворотке крови определяли 20 биохимических показателей, характеризующих разные виды обменов (биохимический анализатор Chem-7, реактивы фирмы «Диакон»), химический состав молока определяли на приборе Клевер-2М. Корреляционную зависимость и статистическую обработку результатов проводили с помощью программы Статистика. Для сравнения биохимических показателей с «нормальными» использовали литературные данные для данной породы коров.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Коровы в период лактации несут двойную нагрузку - это молочная продуктивность и вынашивание плода. Важно не только получение качественной продукции и здорового приплода, но и сохранение здоровья коровы. Особенно большой нагрузке подвергаются обменные процессы на поздних сроках стельности. Сравнивали коров в возрасте 3 лет первой группы - 3 месяц стельности, 5 месяц лактации и второй группы - животные 7 месяц стельности, 9 месяц лактации.

Белки крови являются важным показателем, который характеризует уровень метаболизма в организме животных. Они являются строительным материалом для клеток и тканей самого организма, а также активно участвуют в образовании молочной продукции.

Для характеристики белкового обмена определяли общий белок, альбумины, глобулины и конечные продукты распада белков – мочевины и креатинина.

Уровень общего белка в сыворотке крови животных второй группы несколько ниже за счёт более низкого уровня глобулинов, но эта разница не является достоверной. Уровень основных белков крови альбуминов и глобулинов характеризует обеспеченность животных белками корма. Он находится на среднем уровне, а более низкие показатели глобулинов можно объяснить большим сроком стельности у животных второй группы. Уровень конечного продукта белкового обмена - мочевины очень точно отражает концентрацию аммиака в рубце жвачных животных [5]. У животных второй группы он выше на 15%.

Изменение уровня мочевины в крови связано в первую очередь с функциональным состоянием печени. Большая часть протеина кормов подвергается в рубце гидролизу до аминокислот с последующим их дезаминированием до аммиака, избыток которого всасывается в кровь, попадает в печень и преобразуется в мочевины, что, в конечном счете, приводит к увеличению данного показателя в организме [5]. Во время беременности происходит активация всех обменных процессов для обеспечения возрастающих потребностей плода, плаценты, матки, а также метаболизма в организме коровы. Высокая концентрация мочевины при нормальных

значениях других биохимических показателей крови свидетельствует о высокой степени усвоения протеина кормов [5].

Креатинин наряду с мочевиной являет одним из конечных продуктов белкового обмена в организме, он образуется в процессе метаболизма в мышечной ткани и выводится из организма почками. Креатинин является одним из компонентов остаточного азота и позволяет оценить выделительную функцию почек и интенсивность метаболизма в мышечной ткани коров. У коров обеих групп уровень креатинина соответствует показателям для здоровых животных.

Таблица 1 – Биохимические показатели крови коров

Показатели	1 группа	2 группа	3 группа
Мочевина, ммоль/л	2,88±0,29	3,73±0,26	3,3±0,24
Креатинин, мкмоль/л	84,5±11,96	99±4,93	90±5,12
Глюкоза, ммоль/л	1,82±0,17	1,33±0,22	2±0,14
АЛТ, ед/л	34,33±2,08	32±2,52	36±2,09
АСТ, ед/л	82±3,24	69,67±2,84	62±4,62
Амилаза, ед/л	22±2,78	18±6,24	15±3,21
ЩФ, ед/л	51,17±3,06	66,67±9,7	52±6,12
ЛДГ, ед/л	577,67±16,57	651±32,42	593±21,04
КФК, ед/л	64,67±4,94	168,33±7,14	257±15,11
ГГТ, ед/л	43,83±6,12	28,33±7,22	29±5,16
Общий белок, г/л	69,3±1,54	65,67±2,6	73,8±1,67
Альбумины, г/л	39,68±0,48	38,47±0,52	40,7±0,46
Глобулины, г/л	29,62±0,53	27,20±0,47	33,1±0,54
Триглицериды, ммоль/л	0,14±0,01	0,16±0,01	0,16±0,01
Холестерол, ммоль/л	8,07±0,7	8,07±0,67	7,7±0,66
Са, ммоль/л	2,98±0,05	3,03±0,09	3±0,06
Р, ммоль/л	1,74±0,1	1,68±0,1	1,61±0,1
Na, ммоль/л	124,37±0,32	104,97±0,49	124,8±0,37
Cl, ммоль/л	104,33±0,27	99,67±0,33	109±0,24
К, ммоль/л	4,97±0,02	4,69±0,03	5,13±0,02

Одним из основных биохимических показателей, характеризующих углеводный обмен, является уровень глюкозы в крови. Углеводный обмен отвечает за обеспеченность организма энергией. Уровень глюкозы в крови жвачных невисок, но довольно стабилен и удерживается у здоровых животных в пределах 2,0-2,7 ммоль/л. [6]. Это связано, по-видимому, с тем, что существует целый ряд механизмов (глюконеогенез, гликогенолиз) позволяющих поддерживать уровень глюкозы в крови на постоянном уровне даже при значительных изменениях в организме [7]. У животных первой группы показатели уровня глюкозы в крови ниже на 7%, а у животных второй группы на 15%. Снижение содержания глюкозы в крови у коров, по данным Громыко Е.В., можно рассматривать как результат несоответствия поступления энергии с кормом и расхода ее на метаболические процессы и образование молока. У животных второй группы происходит значительное изменение гормонального статуса, что связано с затуханием лактации и ростом плода. По данным Шамберева Ю.Н. в этот период происходит усиленная секреция инсулина и резервирование питательных веществ, в том числе гликогена, что и является причиной более низкого уровня глюкозы в крови.

Для характеристики жирового обмена определяли уровень холестерина и триглицеридов в крови. Содержание холестерина в крови коров находится в прямой корреляции с молочной продуктивностью животных [6]. У животных обеих групп зафиксирован высокий уровень холестерина (норма содержания 4,5-6,0 ммоль/л). Увеличение этого показателя на пике лактации у животных первой группы возможно, так как в этот период происходит не только усиление обмена веществ, но и увеличение количества железистой ткани в вымени после отела.

По данным ряда авторов [6, 7] к концу лактации содержание холестерина постепенно снижается, так как большое количество его идет на синтез стероидных гормонов, а также на интенсивный рост плода, а у коров второй группы он оставался на высоком уровне. Это можно объяснить погрешностью в кормлении животных, например недостаточным поступлением легкоперевариваемых углеводов с кормами [7].

Значение правильного, хорошо сбалансированного минерального питания животных велико в условиях повышенных нагрузок на организм. Особенно важно это для жвачных животных, когда растительные корма составляют основу их рациона.

При изучении особенностей использования минеральных элементов у лактирующих коров в зависимости от уровня и источников их в рационе установлено, что в абсолютном количестве использование кальция и фосфора, на образование молока и на отложение в теле, по мере увеличения их уровня в рационе, увеличивается [8].

При несбалансированном минеральном питании лактирующих коров потери минеральных веществ у них не всегда восполняются за счет кормов, что приводит как к снижению продуктивности и изменению состава молока, так и перерасходу кормов на его производство [8].

Для характеристики минерального обмена определяли ионы кальция, фосфора, калия, натрия, хлора. Во второй группе выявлен более низкий уровень натрия (на 16%), хлора (на 5%) и калия (на 6%).

Обмен натрия, калия и хлора тесно взаимосвязаны. Вместе они участвуют в поддержании кислотно-щелочного равновесия, в проведении нервных импульсов, являются частью натрий-калиевого насоса клетки. Соотношение этих компонентов в организме должно оставаться постоянным [9].

Калий является основным катионом в клетках животных, где он составляет 98% от общего количества его в организме, и лишь 2% количества элемента находится во внеклеточной среде. У стельных животных происходит задержка минеральных веществ в тканях, т.к. они необходимы для интенсивной работы ферментных систем, натрий-калиевого насоса и др. Хлор является внеклеточным ионом и отвечает за задержку жидкости в тканях.

В условиях интенсификации обменных процессов в организме животных большую роль играют ферментативные системы. Уровень ферментов является одним из быстро реагирующих звеньев биохимического гомеостаза [10] и отражает малейшие изменения метаболизма животных, помогает выявлять патологические процессы до появления клинических признаков или отклонения других биохимических показателей. Определяли ферменты крови: АСТ, АЛТ, амилаза, ЛДГ, КФК, ГГТ, ЩФ.

Ферменты АСТ и АЛТ играют важную роль в обмене аминокислот. Они обнаруживаются у коров во всех органах и тканях, но повышение их уровня в крови происходит при поражениях печени, скелетной мускулатуры, миокарда [11]. Во второй группе уровень АСТ ниже на 15%. Ферменты переаминирования характеризуют синтетическую активность печени и поступают в кровь при разрушении гепатоцитов, снижение уровня АСТ может быть связано с увеличенной продолжительностью жизни клеток печени.

Изменение уровня амилазы характеризуют процессы, происходящие в поджелудочной железе. У исследованных групп животных этот показатель оставался на среднем уровне для коров чёрно-пёстрой породы.

ЛДГ - это гликолитический фермент, обратимо катализирующий окисление L-лактата в пировиноградную кислоту, то есть реакцию, завершающую внутренний окислительно-восстановительный путь гликолиза. Увеличение его содержания в крови коров второй группы на 13% может быть связано с рядом патологий, но в данном случае оно скорее характеризует интенсификацию процессов гликолиза у беременных животных.

Креатинфосфокиназа (КФК) — фермент, участвующий в реакциях энергообразования и содержащийся в наибольшем количестве в сердечной и

скелетной мускулатуре. Увеличение его содержания в сыворотке крови коров второй группы в 1,5 раза по сравнению с первой связано с интенсификацией энергетических процессов в организме.

Гамма-глутамилтранспептидаза (гамма-глутамилтрансфераза, ГГТ) относится к группе пептидаз, катализирующих передачу аминокислот от одного пептида к другому. ГГТ присутствует во всех клетках организма, кроме мышечных. Однако её наличие в сыворотке крови обусловлено синтезом фермента в печени. Снижение уровня этого фермента на 35% у животных второй группы может быть связано с большой нагрузкой на печень и использованием аминокислот в первую очередь на построение тела плода, развитием вымени и лактацию.

Уровень фермента щелочная фосфатаза важно рассматривать параллельно с содержанием кальция и фосфора в крови животных. Так как повышенное содержание щелочной фосфатазы является одним из ранних признаков нарушения кальций-фосфорного обмена, костных заболеваний, при этом изменения в уровне содержания кальция и фосфора наступают не сразу [12]. У животных второй группы уровень ЩФ несколько выше, но разница не является достоверной. Такое небольшое снижение уровня фермента может быть вызвано повышенным использованием кальция и фосфора на построение тела плода. Кальциево-фосфорное соотношение у животных обеих групп ниже положенного: для первой группы 1,7:1, для второй группы - 1,8:1. В условиях лактации и большого срока стельности такие изменения настораживают и требуют корректировки с помощью балансирования рационов минеральными добавками.

Середина лактации характеризуется пиком молочной продуктивности, чтобы оценить как с такой нагрузкой справляется организм животных разного возраста исследовали коров первой группы - коровы 3 лет, 5 месяц лактации, 3 месяц стельности и третьей группы - коровы 5 лет, 5 месяц лактации, 3 месяц стельности.

Наиболее значительные изменения у животных разного возраста обнаружены в содержании общего белка и ферментов. У животных в возрасте 5 лет выше уровень общего белка в сыворотке крови на 6% за счёт повышенного уровня глобулинов. Гиперпротеинемия может быть связана с усиленным синтезом белков. Как известно, самый высокий годовой удой, как правило, бывает за 6-7-ю лактацию. После отела двухлетней коровы удой иногда не достигает и трех четвертей этой величины [13], а высокая молочная продуктивность напрямую связана с интенсификацией белкового обмена в организме животного.

У животных 5 лет ниже уровень АСТ (на 15%) и амилазы в крови (на 18%), а КФК выше в 4 раза, чем у коров первой группы.

АСТ (аспартатаминотрансфераза) и амилаза это ферменты, которые содержатся внутри клеток организма и попадают в кровь при повреждении или разрушении клеток. Снижение уровня АСТ и амилазы в крови говорит о повышенной продолжительности функционирования клеток организма. Повышение уровня КФК - о повышенном уровне энергетического обмена.

Наряду с сывороткой крови было исследовано молоко, полученное от животных опытных групп. Неоднократно подтверждалось, что молочная продуктивность коров связана с обменными процессами, протекающими в их организме, где кровь является внутренней средой, отображающей все изменения, которые происходят в нем. Состав крови во многом определяет интенсивность обмена веществ и связанных с ними показателей продуктивности животных [14].

Исследовали коров первой группы - 5 месяц лактации и второй группы - 9 месяц лактации. В молоке определяли процентное содержание белка, жира, лактозы, минеральных солей и др.

У животных второй группы отмечается более высокий уровень жира (на 2%), что согласуется с литературными данными [13].

Для животных разного возраста вторая, самая интенсивная, фаза лактации может приводить к различным изменениям метаболических процессов, что будет

отражаться на составе и качестве молока. Исследовали коров первой группы - 3 года 5 месяц лактации и третьей группы - коровы 5 лет, 5 месяц лактации.

У животных 5 лет отмечается более высокое (на 1%) содержание жира в молоке, а содержание белка ниже на 0,3%. Жир и белок являются ПАВами, повышение одного показателя компенсирует снижение другого и не приводит к значительным изменениям ДПН. Это подтверждается средними корреляционными связями ДПН с обоими показателями.

Таблица 2 – Химический состав молока коров

Показатели	1 группа	2 группа	3 группа
Жир, %	3,29±0,39	5,37±0,96	4,36±0,97
Белок, %	3,39±0,19	3,18±0,08	3,08±0,1
Плотность, кг/м ³	29,94±1,36	27,67±1,22	25,66±1,29
СОМО, %	8,65±0,26	8,55±0,19	8,34±0,17
СМО	11,98±0,07	13,95±0,93	15,05±0,90
Лактоза, %	4,53±0,07	4,63±0,11	4,55±0,08
Мин. соли, %	0,74±0,02	0,74±0,01	0,72±0,01
T _{зам.} , °C	-0,53±0,01	-0,55±0,01	-0,55±0,01

Кровь и молоко неразрывно связаны между собой. С одной стороны для образования составных частей молока основное значение имеет количество и характер их «предшественников». Предшественники - это химические вещества крови, из которых образуются казеин, молочный жир и молочный сахар. С другой стороны большое значение имеет обратное всасывание составных частей молока из вымени в кровь, которое усиливается каждый раз, как только начинается процесс молокоотделения. Если почему-либо обратный процесс нарушается, то нарушается и секреция молока. Оба процесса идут непрерывно, но интенсивность и соотношение их в разные периоды лактации различны и зависят от состояния молочной железы и организма животного в целом [13].

Содержание триглицеридов в крови животных разных групп не имеет достоверных различий, а в молоке выше у животных второй и третьей групп. Это связано с тем, что содержание жира в молоке не зависит напрямую от уровня жира в крови. Несмотря на то, что источником жира молока служит нейтральный жир крови, но часть жира синтезируется в самой молочной железе. Это подтверждают и слабые корреляционные связи между этими показателями в крови и молоке.

У животных третьей группы ранее нами отмечалась гиперпротеинемия, а уровень белка молока снижен. Можно предположить, что это связано с качественным составом белков. Известно, что в молоке находятся альбумины, иммунный глобулин, большая часть которых переходит из плазмы крови в молоко, не претерпевая особых химических изменений. Но основную часть белка молока составляет казеин. Основным источником казеина молока являются свободные аминокислоты плазмы крови. Синтез казеина идет значительно интенсивнее, когда молочная железа поглощает из крови такие аминокислоты, как лизин, триптофан и некоторые другие, а при их низком содержании уровень белка в молоке может снижаться. Важно, что корреляционные зависимости между содержанием белка в молоке и крови очень сильные.

Таким образом, у коров с разным физиологическим статусом (беременность, лактация) происходят взаимосвязанные изменения биохимического состава крови и молока. Изучение таких зависимостей может дать возможность как для коррекции продуктивности животных, так и получения продукции лучшего качества.

ФИНАНСИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-16-00046).

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Харитонов Е.Л. Физиология и биохимия питания молочного скота. – Боровск: Из-во «Оптим Пресс», 2011. – 372 с.
2. Алиев А.А. Обмен веществ у жвачных животных. - М.: «Инженер», 1997. – 112 с.
3. Кальницкий Б. Д., Харитонов Е. Л. Установление норм протеинового питания молочных коров для первой фазы лактации // Достижения науки и техники АПК. – 2008, №10.
4. Зайцев С.Ю., Довженко Н.А., Милаёва И.В. и др. Методические основы применения межфазной тензиометрии для исследования биологических жидкостей // Проблемы биологии продуктивных животных. - 2015, №2 - с. 97-105.
5. Холодов В. М., Ермолаев Г. Ф. Справочник по ветеринарной биохимии. Мн.: Урожай, 1988. - С. 168.
6. Громыко Е. В. Оценка состояния организма коров методами биохимии // Экологический вестник северного Кавказа. – 2005, №2. – С. 80-94.
7. Шамберев Ю. Н., Эртуев М. М., Прохоров И. П. Биохимические показатели крови у высокопродуктивных коров черно-пестрой породы // Зоотехния. – 1986, №4. – С. 129-137.
8. Наумова А. А., Шеховцова Т. А. Влияние минерального питания на обмен веществ дойных коров / Наумова АА, Шеховцева ТА, Евглевская ЕП //Вестник Кургской ГСХА вып. – 2014. – №3. – С. 59-61.
9. Прохоров О. Н. Некоторые биохимические показатели крови молодняка крупного рогатого скота при скармлировании добавок селена и йода // Вестник Алтайского государственного аграрного университета №– 2006. – Т. 4. – С. 24.
10. Ярован Н. И., Новикова И. А. Окислительный стресс у высокопродуктивных коров при субклиническом кетозе в условиях промышленного содержания //Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012, Т. 38. – №5.
11. Казарцев В. В., Ратошный А. Н. Унифицированная система биохимического контроля за состоянием обмена веществ коров // Зоотехния. – 1986, Т. 3. – С. 323-330.
12. Григорьева Т. Е., Юрьева Е. В., Иванов Г. И. Изоферментный состав щелочной фосфатазы сыворотки крови крупного рогатого скота в зависимости от возраста и физиологического состояния животных //Сельскохозяйственная биология. – 1991, №4. – С. 40-43.
13. Азимов Г. И. Как образуется молоко //М.: Колос, издание второе переработанное. – 1965.
14. Ерисанова, О.Е. Нетрадиционные кремнистые, протеиновые и антиоксидантные препараты в составе комбикормов для бройлеров и кур-несушек – как средство повышения их биоресурсного потенциала / О.Е. Ерисанова // Ульяновск: УГСХА, 2011. - 347 с.