

А.Н. КОТ¹, Е.В. ПЕТРУШКО¹, А.И. БУДЕВИЧ¹,
Е.И. ПРИЛОВСКАЯ^{1,2}, О.И. МИХАЙЛОВА², Б.С. УБУШАЕВ³

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ
ТЕЛЯТ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ МОЛОКА КОЗ,
СОДЕРЖАЩЕГО РЕКОМБИНАНТНЫЙ ЛАКТОФЕРРИН
ЧЕЛОВЕКА**

¹*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

²*Полесский государственный университет,
г. Пинск, Республика Беларусь*

³*Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова,
г. Элиста, Республика Калмыкия*

Использование рекомбинантных белков в рационах положительно влияет на состояние здоровья животных, способствует выздоровлению кишечника и созданию полезной микробиоты в желудочно-кишечном тракте. В статье представлены результаты исследований, в которых изучено влияние заморожено-оттаянного молока коз-продуцентов, содержащего рекомбинантный лактоферрин, на гематологические показатели и продуктивность телят в возрасте 1-30 дней. Установлено, что морфо-биохимические показатели крови находились в пределах физиологических норм. Использование в рационах телят скармливания молока коз-продуцентов рекомбинантного лактоферрина человека в количестве 0,44-0,66 кг/гол в сутки позволяет увеличить среднесуточный прирост живой массы на 10,1-11,0 % и снизить затраты кормов на 7,5-7,7 %.

Ключевые слова: гематологические показатели, телята, корма, молоко цельное, молоко замороженно-оттаянное, рационы, рекомбинантный лактоферрин.

A.N. KOT¹, E.V. PETRUSHKO¹, A.I. BUDEVICH¹,
E.I. PRILOVSKAYA^{1,2}, O.I. MIKHAILOVA², B.S. UBUSHAEV³

PHYSIOLOGICAL STATE AND PRODUCTIVITY OF CALVES FED GOAT MILK CONTAINING RECOMBINANT HUMAN LACTOFERRIN

¹*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

²*Polesky State University, Pinsk, Republic of Belarus*

³*Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov,
Elista, Republic of Kalmykia*

The use of recombinant proteins in diets has a positive effect on animal health, promotes intestine recovery and the creation of beneficial microbiota in the gastrointestinal tract. The article contains the results of research in which the effect of frozen-thawed milk of goats producing recombinant lactoferrin on hematological parameters and productivity of calves at the age of 1-30 days was studied. Morpho-biochemical blood parameters were found to be within the physiological norms. The use of goat milk containing recombinant human lactoferrin in the diets of calves in the amount of 0.44-0.66 kg/head per day allows to increase the average daily live weight gain by 10,1-11,0% and reduce feed costs by 7.5- 7.7%.

Keywords: hematological parameters, calves, feed, whole milk, frozen-thawed milk, diets, recombinant lactoferrin.

Введение. Спрос на продукты животного происхождения для потребления человеком растёт во всем мире высокими темпами, что влечёт за собой всё более широкое применение интенсивных технологий в животноводстве. В свою очередь, интенсификация производства сопровождается появлением новых стресс-факторов, связанных с большой концентрацией животных, что сопровождается ослаблением их иммунитета. Современные методы животноводства связаны с регулярным использованием противомикробных препаратов для профилактики заболеваний животных. Такие действия нередко связаны с потенциальным риском появления и распространения микроорганизмов, устойчивых к противомикробным препаратам [1, 2, 3, 4, 5]. Разработка альтернатив противомикробным препаратам для минимизации потерь, связанных с заболеваниями инфекционной и неинфекционной природы, является очевидной потребностью в животноводческой отрасли. Поэтому всё больше исследований сосредоточено на использовании природных антибактериальных белков, таких как лактоферрин, в качестве добавки для лечения бактериальных инфекций без использования антибиотиков. Механизм их действия заключается в том, чтобы не только подавить

развитие патогенных факторов, но и повысить иммунитет животных [6, 7, 8, 9, 10].

Лактоферрин (Lf) является антибактериальным белком, свойства которого проявляются в его способности связывать железо и, тем самым, лишать бактериальную микрофлору необходимого для её роста и жизнедеятельности микроэлемента [11]. Бактерицидный эффект Lf обусловлен наличием специфических лактоферриновых рецепторов на клеточной поверхности микроорганизмов. Известно, что лактоферрин связывается с липополисахаридами бактериальных стенок, а входящая в состав белка окисленная форма железа активизирует их перекисное окисление [12, 13]. Установлено, что белок разрушает бактериальную мембрану и проникает внутрь клетки [14, 15].

Наиболее изученным механизмом противовирусной активности лактоферрина является предотвращение адгезии вирусных частиц на поверхность клеток-мишеней за счёт связывания с липопротеинами клеточных мембран, препятствуя тем самым связыванию с ними вирусных частиц. Лактоферрин напрямую связывается с вирусными частицами и сдерживает их проникновение в клетки [16]. Этапом в развитии противовирусной активности белка является ингибирование вирусной репликации уже после попадания вируса в клетку. Такое не прямое противовирусное влияние осуществляется за счёт регуляции синтеза натуральных киллеров гранулоцитов и макрофагов – клеток, которые играют решающую роль на ранних стадиях развития вирусной инфекции [17].

Помимо противовирусного и антибактериального эффектов лактоферрина изучен также противогрибковый механизм действия белка. Предложено использование лактоферрина совместно с противогрибковыми препаратами в терапии заболеваний, вызываемых штаммами с лекарственной устойчивостью, в том числе у лиц с ослабленной иммунной системой [18, 19].

Таким образом, представленные данные указывают на то, что использование рекомбинантных белков в рационах не оказывает вредного воздействия на состояние здоровья животных. Кроме того, он положительно влияет на микробиоту и морфологию кишечника, значительно помогая смягчить повреждения, вызванные патогенной флорой. Представленные данные также показывают возможное использование его как кормового средства, которое будет способствовать выздоровлению кишечника и созданию полезной микробиоты в желудочно-кишечном тракте. Причём, привыкание к нему не вырабатывается [20, 21].

Цель работы – определение нормы скармливания заморожено-оттаянного молока коз продуцентов рекомбинантного лактоферрина и изучение эффективности его использования в составе рациона телят молочного периода.

Материал и методика исследований. Исследования проводились в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области. В опыте методом пар-аналогов сформированы четыре группы клинически здоровых животных с учётом их живой массы и возраста. Животные всех групп находились в одинаковых условиях содержания. Научно-хозяйственный опыт проведён согласно схеме, приведённой в таблице 1. Различия в кормлении подопытных животных заключались в том, что бычки опытных групп получали в составе молочных кормов заморожено-оттаянное молоко коз-производителей, содержащее рекомбинантный лактоферрин в количестве 0,22, 0,44 и 0,66 л/гол./сут.

Химический состав кормов, используемых в опытах, определялся по схеме общего зоотехнического анализа. Учёт потреблённых кормов проводился путём проведения контрольных кормлений.

Морфо-биохимические показатели крови определялись на приборах Accent 200 и URIT-3000Vet Plus. Интенсивность роста и уровень среднесуточных приростов животных – путём индивидуального взвешивания при постановке и снятии с опыта.

Таблица 1 – Схема научно-хозяйственного опыта

Группа	Количество животных в группе, голов	Продолжительность опыта, дней	Возраст животных в начале опыта, дней	Особенности кормления
I контрольная	10	30	2-4	ОР – (молочный корм, + концентрированные корма)
II опытная	10	30	2-4	ОР + заморожено-оттаянное молоко коз с рекЛФ 0,22 л
III опытная	10	30	2-4	ОР + заморожено-оттаянное молоко коз с рекЛФ 0,44 л
IV опытная	10	30	2-4	ОР + заморожено-оттаянное молоко коз с рекЛФ 0,66 л

Содержание ЛФЧ измерено методом иммуноферментного анализа лабораторной тест-системой «ИФА-реклФ» с использованием фотометра Tecan Sunrise (Tecan, Австрия).

Для размораживания молока коз-производителей рекЛФ в жидкой среде использована водяная баня GFL 1102-1113 (Германия).

Цифровой материал проведённых исследований обработан методом вариационной статистики на персональном компьютере с

использованием пакета анализа табличного процессора Microsoft Office Excel 2019.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Иммуноферментный анализ показал, что концентрация ЛФч после оттаивания молока коз-продуцентов, содержащего рекомбинантный лактоферрин, была 2,58 г/л.

Подопытные телята получали рацион, в составе которого было заморожено-оттаянное молоко коз-продуцентов, содержащее рекомбинантный лактоферрин, цельное коровье молоко, а также концентраты, состоящие в равной пропорции из комбикорма КР-1 и смеси дроблёного зерна (кукуруза + овес) (таблица 2).

Таблица 2 – Рацион подопытных телят (по фактически съеденным кормам)

Корма и питательные вещества	Группа			
	I	II	III	IV
Молоко коровье цельное, л	5,60	5,38	5,16	4,94
Заморожено-оттаянное молоко коз-продуцентов рекЛФ, л	–	0,22	0,44	0,66
Смесь концентратов (КР-1 + кукуруза + овёс), кг	0,28	0,30	0,34	0,36
В рационе содержится:				
Корм. ед.	2,00	2,01	2,04	2,05
Обменная энергия, МДж	15,8	16,0	16,5	16,7
Сухое вещество, г.	969	983	1014	1029
Сырой протеин, г	241,4	243,6	248,9	251,1
Сырая клетчатка, г	12,5	13,4	15,2	16,1
Сырой жир, г	215,3	215,6	216,6	216,9
Крахмал, г	91,3	97,8	110,8	117,4
Сахар, г	280,0	279,1	278,6	277,8
Кальций, г	9,06	9,19	9,44	9,57
Фосфор, г	8,23	8,33	8,55	8,66
Магний, г	0,97	1,00	1,06	1,09
Калий, г	10,06	10,22	10,54	10,70
Сера, г	2,84	2,89	2,97	3,02
Железо, мг	50,90	52,14	54,61	55,85
Медь, мг	4,28	4,46	4,84	5,02
Цинк, мг	27,64	28,41	29,96	30,73
Марганец, мг	27,32	29,15	32,81	34,64
Кобальт, мг	0,68	0,72	0,79	0,83
Йод, мг	0,44	0,45	0,46	0,47

Доля зерносмеси в составе концентрированных кормов составила 40 %. Основу рациона телят составило цельное коровье молоко, которое скармливали согласно схеме выпойки. В опытных группах часть молока

была заменена заморожено-оттаянным молоком коз-производителей. Как показали результаты контрольных кормлений, молочные корма телята потребляли в полном объеме без остатка. Концентрированные корма животные получали вволю. Скармливание молока с содержанием лактоферрина положительно повлияло на потребление концентратов. Так, во II группе поедаемость зерносмеси и комбикорма увеличилась на 7,1 %, в III – на 21,4, а в IV – на 28,5%.

В среднем в сутки подопытный молодняк получал 0,96-1,03 кг/голову сухого вещества рациона. Содержание обменной энергии в сухом веществе рациона опытных групп составило 16,2-16,3 МДж/кг. Доля сырого протеина в сухом веществе рационов находилась на уровне 25 %. Соотношение кальция к фосфору составило 1,1:1.

Исследования показали, что все изучаемые гематологические показатели находились в пределах физиологических норм, животные всех групп были клинически здоровы (таблица 3).

Таблица 3 – Гематологические показатели подопытных телят

Показатели	Группа животных			
	I	II	III	IV
Эритроциты, $10^{12}/л$	8,39±0,18	8,08±0,10	8,46±0,09	8,32±0,22
Лейкоциты $10^9/л$	8,45±0,2	8,27±0,05	8,20±0,05	8,60±0,08
Тромбоциты, $10^9/л$	364,3±7,12	378,7±9,49	367,3±9,84	372,3±5,17
Гематокрит, %	31,61±0,42	30,64±0,88	30,99±0,96	30,44±0,15
Гемоглобин, г/л	110,8±2,50	111,6±3,05	110,17±2,55	110,83±2,07
Общий белок г/л	63,34±0,59	62,57±0,240	62,43±0,250	62,73±1,20
Альбумины г/л	33,89±0,46	34,22±0,50	34,28±0,370	34,69±0,59
Глобулины г/л	29,45±0,72	28,35±0,34	28,15±0,42	28,04±0,76
Мочевина, ммоль/л	4,53±0,23	4,8±0,060	4,4±0,10	4,27±0,13
АЛТ, ед./л	33,64±0,83	33,94±0,77	33,07±0,14	34,02±0,32
АСТ, ед./л	39,65±0,64	39,81±0,31	39,31±0,64	39,93±0,45
Глюкоза, ммоль/л	4,45±0,05	4,5±0,05	4,29±0,05	4,43±0,08
Кальций, ммоль/л	2,79±0,15	2,7±0,09	2,64±0,03	2,85±0,07
Фосфор, ммоль/л	1,73±0,09	1,78±0,09	1,76±0,13	1,81±0,10
Железо, мкг%	122,7±4,60	123,2±3,78	124,2±4,88	124,4±2,11

Введение заморожено-оттаянного молока коз-производителей рекЛФ в состав цельного коровьего молока оказало некоторое влияние на состав крови подопытных животных. Во II опытной группе отмечено увеличение содержания тромбоцитов на 3,9 %, мочевины – на 6,0 %. Также увеличилось содержание фосфора у животных IV группы на 4,6 %. В то же время установлена тенденция снижения уровня глобулинов у животных опытных групп на 3,7-4,8 % и гематокрита – на 2,0-3,7 %. Остальные показатели крови значительно не изменились.

Проведение контрольных взвешиваний показало, что использование заморожено-оттаянного молока коз-производителей рекЛФ оказало положительное влияние на энергию роста и эффективность использования питательных веществ рациона (таблица 4).

Таблица 4 – Динамика живой массы подопытных телят

Показатели	Группа животных			
	I	II	III	IV
Живая масса, кг:				
в начале опыта	34,32±0,4	33,94±0,30	34,24±0,40	33,74±0,30
в конце опыта	48,79±0,6	48,97±0,40	50,17±0,50	49,80±0,30
Валовой прирост	14,47±0,2	15,03±0,20	15,93±0,3*	16,06±0,2*
Среднесуточный прирост	482,3±6,7	501,0±5,40	531,0±9,4*	535,3±5,3*
% к контролю	100	103,9	110,1	111,0
Затраты кормов на прирост, к. ед.	4,15	4,01	3,84	3,83
% к контролю	100	96,6	92,5	92,3

Отмечено достоверное увеличение среднесуточных приростов живой массы в III и IV опытных группах на 10,1-11,0 %. Во II группе продуктивность также повысилась на 3,9 %. Следует отметить, что более высокая энергия роста наблюдалась в группах, где животные получали молоко коз-производителей в количестве 0,44 и 0,66 кг/гол в сутки.

Увеличение среднесуточных приростов живой массы способствовало повышению эффективности расхода кормов. В результате повышения продуктивности затраты кормов снизились на 3,4 %, 7,5 и 7,7 % и составили 3,83-4,01 к. ед.

Заключение. Изучено влияние заморожено-оттаянного молока коз-производителей, содержащего рекомбинантный лактоферрин, на гематологические показатели и продуктивность и телят в возрасте 1-30 дней.

Установлено, что морфо-биохимические показатели крови находились в пределах физиологических норм. Наиболее эффективная норма скармливания молока коз-производителей рекомбинантного лактоферрина составляет 0,44-0,66 кг/гол в сутки. Его использование в рационах телят позволяет увеличить среднесуточный прирост живой массы на 10,1-11,0 % и снизить затраты кормов на 7,5-7,7 процентов.

Литература

1. Использование биологически активной добавки «Кормомикс» в кормлении молодняка крупного рогатого скота / В. П. Цай, Д. М. Богданович, Г. Н. Радчикова, Т. Л. Сапсалаева, Г. В. Бесараб, Н. И. Мосолова, Е. А. Долженкова, О. Ф. Ганущенко, И. В. Сучкова, В. В. Карелин // Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Витебск, 2021. – С. 343-350.

2. Разумовский, Н. П. Повышение эффективности выращивания телят путём скармливания природного микробного комплекса / Н. П. Разумовский, Д. М. Богданович // Модернизация аграрного образования : сб. науч. тр. по материалам VI Междунар. науч.-практ. конф. – Томск-Новосибирск, 2020. – С. 512-515.
3. Эффективность использования гумата натрия в рационах телят / Г. Н. Радчикова, Д. М. Богданович, В. П. Цай, Т. Л. Сапсалева, И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина, А. А. Мосолов, Д. В. Медведева, Е. А. Левкин, В. Н. Карабанова // Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Витебск, 2021. – С. 282-287.
4. Богданович, Д. М. Переваримость, использование питательных веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота при скармливании биологически активной добавки / Д. М. Богданович, Н. П. Разумовский // Селекционно-генетические и технологические аспекты производства продуктов животноводства, актуальные вопросы безопасности жизнедеятельности и медицины : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию юбилею биотехнологического факультета. – пос. Персиановский, 2019. – С. 13-23.
5. Эффективность использования кормов с углеводной основой при выращивании ремонтантного молодняка крупного рогатого скота / Е. И. Приловская, А. Н. Кот, Г. Н. Радчикова, Т. Л. Сапсалева, Д. М. Богданович // От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение развития животноводства и биотехнологий : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. «От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение АПК». – Екатеринбург, 2020. – С. 164-167.
6. Expression of recombinant porcine lactoferrin N-lobe in *Pichia methanolica* and its antibacterial activity / T. Z. Shan [et al.] // Journal of Animal and Feed Sciences. – 2007. – Vol. 16. – P. 283–292.
7. Goats producing biosimilar human lactoferrin / D. M. Bogdanovich, V. F. Radchikov, V. N. Kuznetsova, E. V. Petrushko, M. E. Spivak, A. N. Sivko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2021. С. 12080.
8. Физико-химические показатели молока коз-продуцентов рекомбинантного лактоферрина третьего и четвертого года лактации / А. И. Будевич, Д. М. Богданович, Е. В. Петрушко, Н. Л. Заремба // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2019. – Т. 54, ч. 2. – С. 141-147.
9. Богданович, Д. М. Технология применения биостимуляторов нового поколения для повышения репродуктивных качеств различных половозрастных групп свиней : методические рекомендации / Д. М. Богданович, А. И. Будевич, О. И. Суббот ; Национальная академия наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». – Жодино, 2016. – 10 с.
10. Богданович, Д. М. Влияние новых комбинаций дезинфицирующих средств на качественные показатели спермы хряков / Д. М. Богданович, А. И. Будевич, О. И. Гливанская // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2016. – Т. 51, ч. 1. – С. 4-10.
11. Lactoferrin - a multifunctional protein with antimicrobial properties / S. Farnaud [et al.] // Mol. Immunol. – 2003. – Vol. 40(7). – P. 395-405.
12. Antibacterial activity of peptides homologous to a loop region in human lactoferrin / E. Odell [et al.] // FEBS Lett. – 1966. – Vol. 11. – P. 175-178.
13. Bacteriostatic activity of human lactoferrin against *Staphylococcus aureus* is a function of its iron-binding properties and is not influenced by antibiotic resistance / A. Aguila [et al.] // FEMS Immunol Med Microbiol. – 2001. – Vol. 31(2). – P. 145-152.
14. Structures involved in the interaction of *Porphyromonas gingivalis* fimbriae and human lactoferrin / H. Sojar [et al.] // FEBS Lett. – 1998. – Vol. 30. – P. 205-208.
15. Lactoferrin: an important host defence against microbial and viral attack / P. Valenti [et al.] // Cell. Mol. Life Sci. – 2005. – Vol. 62. – P. 2576-2587.

16. Antiviral effect of bovine lactoferrin saturated with metal ions on early steps of human immunodeficiency virus type 1 infection / P. Puddu [et al.] // *Int. J. Biochem. Cell. Biol.* – 1998. – Vol. 30(9). – P. 1055-1062.

17. Synergistic fungistatic effects of lactoferrin in combination with antifungal drugs against clinical *Candida* isolates / M. Kuipers [et al.] // *Antimicrob Agents Chemother* – 1999. – Vol. 43 (11). – P. 2635-2641.

18. Гливанская, О. И. Оплодотворяющая способность спермы хряков-производителей при использовании новых санирующих препаратов / О. И. Гливанская, Д. М. Богданович // *Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2017. – Т. 52, ч. 1. – С. 53-58.*

19. Lactoferrin supplementation to dairy calves / R. Joslin [et al.] // *J. Dairy Sci.* – 2002. – Vol. 85. – P. 1237-1242.

20. The Bacteriostatic Effects of Orally Administered Bovine Lactoferrin on Intestinal Enterobacteriaceae of SPF Mice Fed Bovine Milk / S. Teraguchi [et al.] // *Bioscience Biotechnology and Biochemistry.* – 1994. – Vol. 58(3). – P. 482-487.

21. Supplemental lactoferrin improves health and growth of Holstein calves during the preweaning phase / E. Robblee [et al.] // *J. Dairy Sci.* – 2003. – Vol. 86. – P. 1458-1464.

Поступила 18.03.2022 г.

УДК 636.2.085.12:546.73

<https://doi.org/10.47612/0134-9732-2022-57-1-243-250>

А.Н. КОТ¹, В.П. ЦАЙ¹, В.Ф. РАДЧИКОВ¹, Н.В. ПИЛЮК¹,
И.С. СЕРЯКОВ², В.И. ПЕТРОВ²

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СКАРМЛИВАНИЯ МОЛОДНЯКУ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА РАЗНЫХ ФОРМ КОБАЛЬТА

¹*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

²*Белорусская государственная орден Октябрьской Революции и
Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь*

С ростом продуктивности в организме животных происходит интенсификация обменных процессов, на которые большое влияние оказывают микроэлементы, так как являются активными их участниками. В результате более эффективного использования питательных веществ рациона производство продукции животноводства на тех же кормах значительно увеличивается. Статья посвящена изучению закономерности протекания пищеварительных процессов в рубце молодняка крупного рогатого скота и обмена веществ в организме при скармливании различных форм кобальта в рационе. Установлено, что включение уксуснокислого кобальта в состав комбикормов для молодняка крупного рогатого скота в возрасте 3-6 месяцев не оказало значительного влияния на процессы рубцового пищеварения. Все показатели находились в пределах физиологических норм. Отмечена тенденция к повышению среднесуточного прироста