

Научная статья / Scientific paper  
УДК 612.015.3:636.3+636.32/.38.087.7/.8  
DOI: 10.26897/2074-0840-2024-1-64-67

## ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЗМА И РОСТ ЯГНЯТ ПОСЛЕ ОТЪЕМА ПРИ СКАРМЛИВАНИИ ИМ НОВОЙ ФОРМЫ БЕТАИНА

М.В. ПАВЛОВА, Н.В. БОГОЛЮБОВА, В.Н. РОМАНОВ, О.А. АРТЕМЬЕВА✉

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», г. Подольск, Московская область, Российская Федерация; ✉ [vijmikrob@mail.ru](mailto:vijmikrob@mail.ru)

## FEATURES OF METABOLISM AND GROWTH OF LAMBS AFTER WEANING WHEN FEEDING THEM A NEW FORM OF BETAIN

M.V. PAVLOVA, N.V. BOGOLYUBOVA, V.N. ROMANOV, O.A. ARTEMYEVA

Federal Research Center of Animal Husbandry – VIZ named after Academician L.K. Ernst, Podolsk, Moscow region, Russian Federation; ✉ [vijmikrob@mail.ru](mailto:vijmikrob@mail.ru)

**Аннотация.** При изучении скармливания ягнятам послеотъемного периода выращивания разработанной «защищенной» формы бетаина выявлено положительное его действие на углеводно-жировую и белковый обмен, функций печени, с улучшением показателей иммунного и антиоксидантного статуса в организме, скорости роста.

**Ключевые слова:** овцы, ягнята, бетаин, обмен веществ, переходный период

**Summary.** In the process of studying the feeding of the developed “protected” form of betaine to sheep, a positive effect was determined with respect to metabolic processes in the body of lambs of the transition period. The use of betaine supplements in a “protected” form contributed to the improvement of fat and protein metabolism, functional liver function.

**Keywords:** sheep, lambs, betaine, metabolism, transition period

**Введение.** Учитывая сложную перестройку пищеварительной системы и обменных процессов в организме жвачных животных в период полного перехода на растительные корма целесообразно применение факторов, способствующих повышению адаптивных возможностей [1, 2].

При важной роли в обменных процессах реакций метилирования, научно-практический интерес представляет изучение эффективности скармливания ягнятам послеотъемного периода кормового бетаина, с известным его антиоксидантным, осмолитическим, гепатопротекторным действием, аналогично метиону [3-5].

В этой связи, учитывая рациональность скармливания биологически активных соединений жвачным животным в «защищенном» от опосредованного воздействия симбионтной микрофлоры преджелудков виде [6-11], особый интерес представляет изучение разработанной отечественной формы защищенного бетаина (заявка на патент РФ № 2023106829 от 22.03.2023) ягнятам после снятия их с подсоса, является научной новизной проведенных исследований.

**Цель и задачи исследований.** В целях изучения влияния новой формы бетаина на процессы метаболизма в организме ягнят в задачи проведенного производственного опыта входило изучение биохимического и гематологического статуса крови, показателей неспецифической резистентности, антиоксидантного статуса и интенсивности роста животных.

**Материалы и методики.** Производственный опыт проводился в условиях вивария ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста на двух группах ягнят романовской породы, отнятых от маток в возрасте 3 мес., по 15 голов в каждой. Животные контрольной группы получали основной рацион, состоящий из комбикорма и сена, в опытной группе к основному рациону задавали бетаин в защищенной форме из расчета 50 мг/кг живой массы в смеси с концентратами. Животные контрольной и опытной групп находились в одинаковых условиях при беспривязном групповом содержании, двукратном кормлении в сутки, свободном водопое.

В конце опыта проводился забор крови у 5 голов экспериментальных животных из каждой группы с последующим определением таких биохимических показателей как общий белок, альбумины, глобулины, креатинин, мочевины, билирубин общий, холестерин общий, кальций, фосфор, активность щелочной фосфатазы, АСТ, АЛТ, глюкоза, триглицериды. Кровь исследовалась на биохимическом автоматическом анализаторе Erba Mannheim automatic XL-640 (чешской компании «Lachema s.r.o.») с использованием системных реагентов, а цельная кровь исследовалась на анализаторе ABC VET (Horiba ABZ, Франция) с использованием наборов реактивов «Юни-Гем» (Реамед, Россия) определяли количество лейкоцитов, эритроцитов, гемоглобин и гематокрит. Также определяли показатели антиоксидантного статуса организма ягнят (концентрацию церулоплазмينا, концентрацию суммарного количества водорастворимых антиоксидантов, продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой). Лабораторные исследования проведены

в отделе физиологии и биохимии с.-х. животных ВИЖ им. Л.К. Эрнста.

В лаборатории микробиологии ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста в крови общепринятыми методами исследовались показатели неспецифической резистентности подопытных животных (по 3 животных из каждой группы в конце опыта). Бактерицидная активность исследовалась фотонейлометрическим методом, лизоцимная активность – методом В.И. Мутвина. Фагоцитарная активность клеток крови – определением поглощающей и переваривающей способности клеток крови.

Полученные в опыте материалы обработаны биометрически с вычислением следующих величин: среднеарифметическая (M), среднеквадратическая ошибка ( $\pm m$ ) и уровень значимости (p). Результаты исследований являются высокодостоверными при  $p < 0,001$  и достоверными при  $p < 0,01$  и  $p < 0,05$ . При  $p < 0,1$ , но  $p > 0,05$  – тенденция к достоверности полученных данных. При  $p > 0,1$  разницу будет считаться недостоверной.

**Результаты исследований.** Использование кормовой добавки защищенного бетаина не сказалось значительно на течение белкового обмена, при сравнительно одинаковых показателях содержания общего белка, альбуминов, глобулинов в сыворотке крови, незначительном снижении активности ферментов переаминирования – АЛТ на 8,25%, АСТ на 5,51% (табл. 1). При этом выявлен более низкий уровень мочевины в крови животных опытной группы. Так в контроле концентрация данного метаболита составляла 7,07 мМ/л, что приближалось в максимальной границе референтных значений для овец. При скармливании овцам защищенной формы бетаина концентрация мочевины снизилась на 8,35% ( $p < 0,05$ ).

Об улучшении углеводного обмена в организме ягнят, получавших защищенный бетаин, говорит более высокая (на 24,60%) концентрация глюкозы в крови ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению с контролем.

Более низкий уровень билирубина на 0,07 мМ/л, при более высоком уровне холестерина на 0,07 мМ/л, триглицеридов на 0,03 мМ/л, указывает на положительные изменения в липидном обмене и функциональной деятельности печени в организме ягнят опытной группы.

Увеличение концентрации креатинина в опытной группе на 3,08 мМ/л, общего белка и альбуминов на 1,25 г/л и на 1,61 г/л по отношению к контролю, указывает на положительные изменения в состоянии азотистого обмена в организме ягнят получавших изучаемую добавку.

Активность щелочной фосфатазы в крови группы ягнят, получавших «защищенный»

бетаин, оказалась выше на 20,67 МЕ/л, концентрация железа – на 2,85 мкМ/л, гемоглобин – на 11,32, чем в контроле, что в совокупности с представленной в таблице 4 живой массой в конце опыта (26,90 кг) указывают на положительный потенциал роста ягнят. Снижение количества лейкоцитов наблюдалось у животных, получавших «защищенный» бетаин.

В результате применения в питании ягнят защищенной формы бетаина (табл. 2) произошло повышение концентрации церулоплазмينا (ЦП) на 75,52 мг/л ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению с контрольной группой. Это является индикатором антиоксидантных свойств бетаина. Суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов (СКВА) в опытной группе было выше на 2,58 мг/л ( $p \leq 0,05$ ), что при тенденции к снижению концентрации продуктов перекисного окисления липидов в виде ТБК-активных продуктов (тиобарбитуровая кислота) на 0,22 мкМоль/л ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению с контролем, указывает на улучшение антиоксидантного статуса организма под действием изучаемого компонента рациона.

**Таблица 1.** Биохимические и гематологические показатели крови ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )

**Table 1.** Biochemical and hematological blood parameters ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )

Показатель	Группа		Физиологич. норма
	контрольная	опытная	
Общий белок, г/л	68,51 ± 1,92	69,76 ± 2,55	60-79
Альбумины, г/л	25,19 ± 0,39	26,80 ± 0,93	24-30
Глобулины, г/л	43,33 ± 1,72	42,96 ± 2,15	35-57
А/Г	0,59 ± 0,02	0,63 ± 0,03	0,42-0,76
Мочевина, мМ/л	7,07 ± 0,21	6,48 ± 0,10*	2,86-7,14
Креатинин, мкМ/л	79,46 ± 1,43	82,54 ± 3,80	106-168
Глюкоза, мМ/л	2,80 ± 0,10	3,49 ± 0,17*	2,78-4,44
Щелочная фосфатаза, МЕ/л	160,13 ± 14,51	180,80 ± 8,03	68-387
АЛТ, МЕ/л	17,09 ± 0,56	15,68 ± 2,49	11-30
АСТ, МЕ/л	73,43 ± 2,61	69,38 ± 4,46	60-280
Билирубин общий, мМ/л	0,95 ± 0,03	0,88 ± 0,08	1,71-8,55
Триглицериды, мМ/л	0,16 ± 0,01	0,19 ± 0,02	-
Холестерин, мМ/л	0,90 ± 0,07	0,97 ± 0,14	1,35-1,97
Кальций, мМ/л	2,54 ± 0,05	2,55 ± 0,09	2,88-3,20
Фосфор, мМ/л	2,31 ± 0,13	2,33 ± 0,18	1,62-2,36
Ca/P	1,12 ± 0,07	1,12 ± 0,10	-
Магний, мМ/л	0,73 ± 0,09	0,73 ± 0,02	0,9-1,03
Железо, мкМ/л	27,46 ± 1,30	30,31 ± 2,42	-
Хлориды, мМ/л	100,36 ± 1,85	96,30 ± 1,83	95-103
Эритроциты	9,76 ± 0,68	11,59 ± 0,71	7-12
Лейкоциты	14,06 ± 1,82	11,61 ± 0,71	6-14
Гемоглобин	102,20 ± 2,23	113,52 ± 4,69*	79-119
Гематокрит	41,75 ± 1,26	44,61 ± 2,62	40-60

Различия по сравнению с контролем статистически достоверны при  $p$ : \*-  $\leq 0,05$

Из данных таблицы 3 видно, что у ягнят опытной группы наблюдалась тенденция к улучшению показателей неспецифической резистентности организма: возросли показатели бактерицидной активности сыворотки крови (БАСК) на 2,3%, фагоцитарной активности на 0,67%, фагоцитарного индекса – на 3,77%.

В процессе применения «защищённой» формы бетаина в рационе отмечалась положительная динамика среднесуточных приростов ягнят, валового прироста и живой массы в конце опыта 4 мес. ягнят, 220 г против 204 г в контроле (табл. 4).

**Заключение.** Использование в составе рациона ягнят переходного периода добавки «защищённого»

Таблица 2. Антиоксидантный статус ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )

Table 2. Antioxidant status ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
ТБК АП, мкМоль/л	2,54 ± 0,10	2,32 ± 0,15
Церулоплазмин, мг/л	301,88 ± 20,11	377,40 ± 22,71*
СКВА, мг/л	13,28±0,55	15,86±0,68*
ТБК-АП/ЦП	0,0084	0,0061

\*Различия по сравнению с контролем статистически достоверны при  $p \leq 0,05$

Таблица 3. Показатели неспецифической резистентности крови подопытных животных ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )

Table 3. Indicators of nonspecific resistance in the blood of experimental animals ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
БАСК, %	53,70±2,33	56,00±1,75
% лизиса	42,55±2,85	44,84±4,36
ФА, %	45,33±0,44	46,00±1,50
ФИ, ф.м.к.	3,71±0,12	3,85±0,04
ФЧ, ф.м.к.	1,66±0,04	1,77±0,08

Таблица 4. Рост ягнят в период проведения эксперимента ( $n=23$ )

Table 4. Growth of lambs during the experiment ( $n=23$ )

Показатель	Группа		% к контролю
	кон-трольная	опытная	
Живая масса на начало опыта (3 мес.), кг	20,30	20,28	99,90
Живая масса в конце опыта, (4 мес.), кг	26,42	26,90	101,82
Валовый прирост, кг	6,12	6,62	108,17
Среднесуточный прирост, кг	0,204	0,220	107,84

бетаина способствовало улучшению углеводно-липидного, белкового обмена веществ, повысило иммунный и антиоксидантный статус организма, что положительно отразилось на росте и развитии молодняка.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по Государственному заданию 0445-2021-0002.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflicts of interest. The research was carried out with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation under the State Task 0445-2021-0002.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Жаров А.В., Жарова Ю.П. Патология обмена веществ у высокопродуктивных животных • Ветеринария, 2012. № 9. С. 46-50.

Zharov A.V., Zharova Yu.P. Pathology of metabolism in highly productive animals • Veterinary medicine, 2012. No. 9. Pp. 46-50.

2. Романов В.Н., Хер Бейк А. Особенности пищеварительных и обменных процессов у овец при включении в рацион источника метилирования • Овцы, козы, шерстяное дело, 2021. № 2. С. 38-42.

Romanov V.N., Kher Beyk A. Features of digestive and metabolic processes in sheep when a source of methylation is included in the diet • Sheep, goats, wool business, 2021. No. 2. Pp. 38-42.

3. Романов В.Н., Боголюбова Н.В., Мишуров А.В., Рыков Р.А. Повышения адаптивных возможностей организма жвачных животных путём применения комплекса физиологически активных веществ • Повышение конкурентоспособности животноводства и задачи кадрового обеспечения, 2021. С. 142-146.

Romanov V.N., Bogolyubova N.V., Mishurov A.V., Rykov R.A. Increasing the adaptive capabilities of the body of ruminant animals through the use of a complex of physiologically active substances • Increasing the competitiveness of animal husbandry and the tasks of staffing, 2021. Pp. 142-146.

4. Хорн Т., Ремус Ж. Бетаин или холин с метионином? Каковы преимущества • Комбикорма, 2013. № 8. С. 64-66.

Horn T., Remus J. Betaine or choline with methionine? What are the advantages • Compound feed, 2013. No. 8. Pp. 64-66.

5. Abbasi I.H.R., Abbasi F., Liu L., Bodinga B., eds. Rumens-protected methionine a feed supplement to low dietary protein: effects on microbial population, gases production and fermentation characteristics. AMB Express. 2019;9(1): 93. <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0815-4>.

6. Dong L., Jin Y., Cui H., Yu L., et al. Effects of diet supplementation with rumen-protected

betaine on carcass characteristics and fat deposition in growing lambs • *Meat Science*, 2020. V. 166. P. 108-154. DOI: 10.1016/j.meatsci.2020.108154.

7. Jin Y., Jiang B., Wang H.R. Growth performance, meat quality and lipid metabolism in finishing lambs fed diets containing rumen-unprotected and rumen-protected betaine • *Italian Journal of Animal Science*, 2021. V. 20. Pp. 2041-2050. DOI:10.1080/1828051X.2021.1992304.

8. Mahmood M., Petri R.M., Gavrau A., Zebeli Q., Khaosa-Ard R. Betaine addition as a potent ruminal fermentation modulator under hyperthermal and hyperosmotic conditions in vitro • *Journal of the Science of food and Agriculture*, 2020. V. 100. Pp. 2261-2271.

9. Nakai T., Sato T., Teramura M., Sadoya H., et al. The Effect of a Continuous Supply of Betaine on the Degradation of Betaine in the Rumen of Dairy Cows • *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 2013. V. 77. Pp. 666-669. DOI:10.1186/s13568-019-0815-4.

10. Osorio J.S., Ji P., Drackley J.K., Looor J.J. Smartamine M and MetaSmart supplementation during the periparturient period alter hepatic expression of gene networks in 1-carbon metabolism, inflammation, oxidative stress, and the growth hormone–insulin-like growth factor 1 axis pathways • *Journal of Dairy Science*, 2014. № 97 (12). Pp. 7451-7464. [https://doi: 10.3168/jds.2014-8680](https://doi.org/10.3168/jds.2014-8680).

11. Rychen G., Aquilina G., Azimonti G., Bampidis V. et al. Safety and efficacy of betaine anhydrous for food-producing animal species based on a dossier submitted by AB Vista • *EFSA journal*, 2018. V. 16. Pp. 1-13. DOI: 10.2903/j.efsa.2018.5335.

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Мария Валерьевна Павлова**, аспирант, тел.: (4967) 65-11-69, e-mail: [m.a\\_pavlova@mail.ru](mailto:m.a_pavlova@mail.ru);

**Надежда Владимировна Боголюбова**, доктор биол. наук, вед. науч. сотрудник; тел.: (4967) 65-11-69, e-mail: [652202@mail.ru](mailto:652202@mail.ru);

**Виктор Николаевич Романов**, доцент, канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник; тел.: (4967) 65-11-69, e-mail: [romanoff-viktor51@yandex.ru](mailto:romanoff-viktor51@yandex.ru);

**Ольга Анатольевна Артемьева**, канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник тел.: (4967) 65-11-69, e-mail: [vijmikrob@mail.ru](mailto:vijmikrob@mail.ru)

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста», 142132, Московская обл., Подольский р-н, пос. Дубровицы, 60

#### **INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Maria V. Pavlova**, PhD student, tel.: (4967) 65-11-69, e-mail: [m.a\\_pavlova@mail.ru](mailto:m.a_pavlova@mail.ru);

**Nadezhda V. Bogolyubova**, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher; tel.: (4967) 65-11-69, e-mail: [652202@mail.ru](mailto:652202@mail.ru);

**Viktor N. Romanov**, Associate Professor, Candidate of Biological Sciences, Leading researcher; tel.: (4967) 65-11-69, e-mail: [romanoff-viktor51@yandex.ru](mailto:romanoff-viktor51@yandex.ru);

**Olga A. Artemyeva**, Candidate of Biological Sciences, Leading researcher; tel.: (4967) 65-11-69, e-mail: [vijmikrob@mail.ru](mailto:vijmikrob@mail.ru)

Federal State Budgetary Institution “Federal Research Center of Animal Husbandry – VIZ named after Academician L.K. Ernst”, 142132, Moscow region, Podolsky district, Dubrovitsy settlement, 60

**Поступила в редакцию / Received 04.10.2023**

**Поступила после рецензирования / Revised 25.10.2023**

**Принята к публикации / Accepted 30.11.2023**