

ВИДОВОЕ СВОЕОБРАЗИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АДЕНОЗИНТРИФОСФАТАЗ ЭРИТРОЦИТОВ, СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ И ЖИРОВЫХ ШАРИКОВ МОЛОКА ЖИВОТНЫХ

Е.Ю. ФЕДОРОВА¹, В.И. МАКСИМОВ², В.М. ЗАХАРОВ², О.В. СМОЛЕНКОВА³

¹ Московский городской педагогический университет

² Московская государственная академия ветеринарной медицины
и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина

³ Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова)

Исследования, проведенные авторами на цыплятах-бройлерах, коровах, свиньях, овцах различных пород (кроссов) с целью выявления видовых и породных особенностей функционирования АТФаз крови (мембраны эритроцитов крови) и АТФаз продукции (мембраны жировых шариков молока, мембраны структурных компонентов мышечной ткани), показали, что видовая принадлежность животных оказывает достоверное ($P < 0,001$) влияние на активность Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} и Na^+ , K^+ -АТФаз мембран как эритроцитов, так и структурных компонентов продукции сельскохозяйственных животных.

Проведенный авторами двухфакторный (видовая и породная принадлежность животных) дисперсионный анализ доказал с высокой степенью достоверности ($P < 0,01$) влияние на АТФазную активность мембраны эритроцитов, мембранных компонентов жировых шариков молока и мышечной ткани видовой принадлежности животных; причем наибольшие коэффициенты детерминации характерны для АТФаз мембраны эритроцитов, наименьшие – для активности АТФаз мышечной ткани.

Результатами анализа установлено, что активность Mg^{2+} , Na^+ , K^+ -АТФазы мембраны эритроцитов детерминирована видом животных с высокой степенью достоверности ($P < 0,01$) соответственно на 89,2; 85,7 и 90,6%; мембранных компонентов жировых шариков молока – на 79,5; 72,3 и 81,6%; мембранных компонентов клеток мышечной ткани – на 53,4; 50,1 и 61,3%. Достоверное ($P < 0,05$) влияние породной (кроссовой) принадлежности сельскохозяйственных животных установлено только в случае АТФазной активности мембраны эритроцитов. Совместного влияния видовой и породной принадлежности животных на активность Mg^{2+} , Na^+ , K^+ -АТФаз не выявлено.

Ключевые слова. АТФаза, порода, кросс, цыплята-бройлеры, коровы, свиньи, овцы, эритроциты, жировые шарики молока, мышечная ткань.

Введение

За последние десятилетия накоплен значительный материал по клеточной проницаемости, пассивному и активному транспорту ионов через плазматические и межклеточные высокопроницаемые контактные мембраны, роли транспортных АТФаз и нервно-гуморальной регуляции в данных процессах [2, 3, 5, 12, 15, 16].

Работы ряда ученых свидетельствуют о том, что АТФазная активность изменяется с учетом возраста, породной и видовой принадлежности, периодов репродуктивной деятельности, условий кормления животных, соотношение ионов натрия и калия, присутствия специфического ингибитора оуабаина [5, 9, 10], что нашло подтверждение в наших более ранних исследованиях [6, 11].

Выявленные в наших более поздних исследованиях [14, 17] особенности АТФазной активности мембранных компонентов жировых шариков молока, мышечной

ткани животных обуславливают актуальность дальнейшего изучения видового своеобразия АТФазных систем крови, молока и мышечной ткани продуктивных животных.

Целью исследования явилось изучение особенностей функционирования АТФаз в тканях (кровь, молоко, мышцы) различных видов продуктивных животных (крупного рогатого скота, свиней, цыплят-бройлеров, овец) с учетом их породной принадлежности.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить породные (кроссовые) особенности функционирования АТФаз тканей сельскохозяйственных животных;
2. Проанализировать видовые особенности функционирования АТФаз тканей разных видов сельскохозяйственных животных.

Методика исследования

Работу с животными выполняли в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приложение к приказу министерства здравоохранения СССР от 12.08.1977 г. № 7550) и Хельсинской Декларацией 2000 г.

Объектами исследования являлись физиологически зрелые животные, отобранные по принципу групп-аналогов: цыплята-бройлеры кроссов Кобб 500 и Росс 308, свиньи породы ландрас и крупная белая, коровы черно-пестрой и симментальской породы, овцы породы тексель и куйбышевская, условия содержания и кормления которых соответствовали действующим нормативам, разработанным ВИЖ.

Кровь для исследований брали у свиней из вены хвоста путем надрезания его вентральной части; у коров и овец – из яремной вены. Кровь стабилизировали гепарином из расчета 4–6 единиц на 1 мл крови. У цыплят-бройлеров кровь брали из вен шеи после умерщвления декапитацией и из подкрыльцовой вены. Кровь стабилизировали средой Алсвера. Стабилизированную кровь всех видов исследованных животных в термосе со льдом (+4°C) доставляли в течение 20–30 мин в лабораторию, для последующего анализа. Выделение мембран эритроцитов проводили гемолизом эритроцитарной массы в 0,4 М трис HCl с осаждением мембран центрифугированием при 15 000 об/мин.

Пробы молока у коров и овец отбирали пропорционально суточному удою, у свиней – после внутривенного введения 10...12 ед окситоцина из каждой функционирующей доли молочной железы. Выделение мембраны жировых шариков из молока коров, свиноматок и овцематок, предназначенного для определения АТФазной активности, проводили по методике, описанной в работе В.Н. Кириленко [4].

Материал для исследований двуглавой мышцы отбирали сразу после убоя цыплят-бройлеров; для исследований длиннейшей мышцы спины – после убоя овец, коров, свиней. Для определения АТФазной активности мембраны структурных компонентов исследуемой мышцы из центральной части двуглавой мышцы и длиннейшей мышцы спины вырезали образцы размером 1,5 x 1,5 x 0,5 см и гомогенизировали.

АТФазную активность мембран эритроцитов, мембран жировых шариков молока определяли по Keeton K.S. [13]. При этом активность общей АТФазы определяли в среде, содержащей 150 мМ NaCl; 5,0 мМ KCl, 25 мМ трис-HCl (pH 8,0), 3 мМ Na₂ATP и 3 мМ MgCl₂. Пробы инкубировали в течение 45 мин при температуре 37°C. Реакцию прекращали путем добавления 1,8 мл 6%-ого раствора трихлоруксусной кислоты. Пробы центрифугировали при 0°C и в надосадочной жидкости определяли содержание неорганического фосфора. При определении Mg²⁺-АТФазы, т.е. оуабаин нечувствительной АТФазы, в субстратную среду вводили 10⁻⁴ М оуабаина (строфантин G), который подавлял активность Na⁺ и K⁺-АТФазы.

Определение АТФазной активности двуглавой мышцы цыплят-бройлеров, длиннейшей мышцы спины овец, коров и свиней проводили по методике, представленной в работе Рыжковой Г.Ф. при соотношении субстратной среды и гомогената ткани 1: 0,01. При этом состав инкубационной среды включал 5 мМ MgCl₂, 5 мМ Na₂АТФ, 5 мМ трис-буфер, 115 мМ NaCl и 20 мМ KCl; рН среды 7,5 [10].

Статистическую обработку выполняли программным обеспечением MS Excel 2003 и Statistical10 («StatSoftInc», США).

Результаты и их обсуждение

Исследования показали, что по уровню активности изучаемых АТФаз мембраны эритроцитов животных можно расположить в следующей возрастающей последовательности: коровы-овцы-свиньи -цыплята-бройлеры.

Отмечено, что наивысшая активность ($P < 0,001$) АТФаз эритроцитов отмечена в группе цыплят-бройлеров, низшая - в группе коров, что обусловлено высокой энергией роста, интенсивным обменом веществ сельскохозяйственной птицы. Так, межвидовая разница по активности Mg²⁺, Na⁺, K⁺-АТФазы составила 5,42 раза; по активности Mg²⁺-АТФазы – 4,83 раза; по активности Na⁺, K⁺-АТФазы – 5,58 раз в пользу цыплят-бройлеров (рис. 1).

Корреляционный анализ влияния видовой принадлежности животных на АТФазную активность мембраны эритроцитов крови показал, что коэффициент корреляции в случае активности Mg²⁺, Na⁺, K⁺-АТФазы составил 91,32%; в случае активности Mg²⁺-АТФазы- 90,98%; в случае активности Na⁺, K⁺-АТФазы – 94,71% с высокой степенью достоверности ($P < 0,001$).

Проведенный авторами двухфакторный (видовая и породная принадлежность) дисперсионный анализ установил, что породная (кроссовая) принадлежность достоверно ($P < 0,05$) детерминирует активность АТФаз мембраны эритроцитов только в группе цыплят-бройлеров; совместного влияния факторов (вид и порода) на АТФазную активность мембраны эритроцитов в группах всех видов животных не выявлено.

Исследованиями уровня активности АТФаз мембраны жировых шариков молока свиноматок породы ландрас, овцематок породы тексель и коров симментальской породы достоверно ($P < 0,01$) установлено, что наибольшая АТФазная активность характерна для овец, наименьшая для коров (табл. 1).

Таблица 1

АТФазная активность мембранных компонентов жировых шариков молока различных видов продуктивных животных

Вид животных	Активность АТФазы, нмоль Рн/мг белка в мин		
	Mg ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺ - АТФаза	Mg ²⁺ -АТФаза	Na ⁺ , K ⁺ - АТФаза
Овцы породы тексель (2-я лактация)	32,510 ± 1,251	19,013 ± 1,092	13,500 ± 1,012
Свиньи породы ландрас (2-я лактация)	30,086 ± 1,03	17,184 ± 1,40	12,918 ± 1,104
Коровы симментальской породы (2-я лактация)	28,017 ± 1,539**	16,679 ± 1,716**	11,338 ± 1,855**

Примечание. ** – $P < 0,01$ по сравнению с овцами

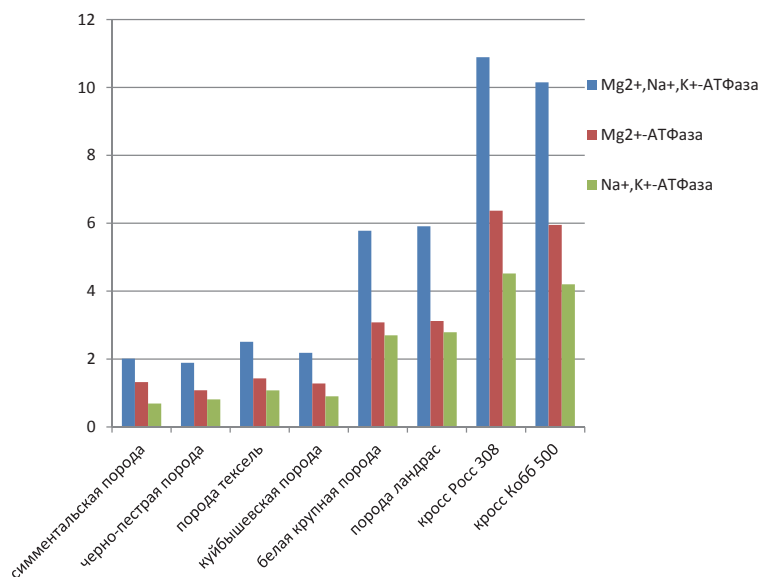


Рис. 1. Сравнительный анализ активности АТФаз мембраны эритроцитов крови различных видов продуктивных животных

Так, коэффициент корреляции между видом животных и активностью Mg²⁺, Na⁺, K⁺-АТФазы мембраны жировых шариков составил 0,782; между видом животных и активностью Mg²⁺-АТФазы мембраны жировых шариков – 0,621; между видом животных и активностью Na⁺, K⁺-АТФазы мембраны жировых шариков – 0,703.

Отмеченные различия АТФазной активности мембранных компонентов молока овец, свиней и коров обусловлены обменом веществ, характерным для каждого вида животных, являющимся критерием уровня молочной продуктивности и синтеза основных компонентов молока. Наибольшая активность всех исследованных АТФаз в группе овец говорит о более высоком уровне транспортных потоков предшественников молока через мембрану секреторной клетки, следствием чего является повышенное содержание жира и белка в молоке данного вида животных, что согласуется с нашими более ранними исследованиями и работами ряда ученых [1, 17].

Проведенные нами исследования АТФазной активности мембранных структурных компонентов двуглавой мышцы (цыплята-бройлеры) и длинной мышцы спины (коровы и овцы) с определенной степенью достоверности ($P < 0,05$) свидетельствуют о ее неодинаковом уровне в группах различных животных. Выявленные видовые отличия АТФазной активности структурных компонентов мышечной ткани характеризуют более высокий уровень данного показателя в группе цыплят-бройлеров, более низкий – в группе свиней (рис. 2), что обусловлено физиологическим состоянием и уровнем метаболических процессов в организме животных каждого вида, интегральным показателем которых является динамика прироста живой массы.

Межпородные различия АТФазной активности мышечной ткани внутри одного вида животных менее выражены, чем межвидовые и обусловлены неодинаковым генетическим потенциалом, полученным животными при рождении, уровнем обмена веществ, что согласуется с имеющимися в литературе данными [9, 10].

С целью выяснения силы влияния видовой и породной (кроссовой) принадлежности животных на активность АТФаз мембранных компонентов крови, молока и мышечной ткани авторами проведен двухфакторный дисперсионный анализ (табл. 2).

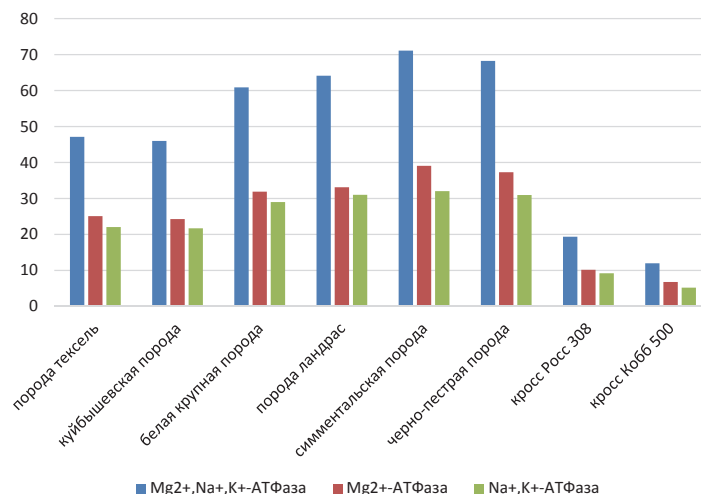


Рис. 2. Сравнительный анализ влияния вида продуктивных животных на АТФазную активность мембран структурных компонентов мышечной ткани

Таблица 2

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа влияния вида и породы продуктивных животных на АТФазную активность

Коэффициенты детерминации	Активность Mg ₂₊ , Na ⁺ , K ⁺ - АТФазы	Активность Mg ²⁺ , – АТФазы	Активность Na ⁺ , K ⁺ - АТФазы
Мембраны эритроцитов			
фактор А (вид)	0,892**	0,857**	0,906**
фактор Б (порода)	0,293*	0,270*	0,282*
совместное влияние факторов	0,004	0,003	0,004
Мембраны жировых шариков молока			
фактор А (вид)	0,795**	0,723**	0,816**
фактор Б (порода)	0,051	0,080	0,082
совместное влияние факторов	0,003	0,001	0,001
Мембраны структурных компонентов мышечной ткани			
фактор А (вид)	0,534**	0,501**	0,613**
фактор Б (порода)	0,043	0,056	0,071
совместное влияние факторов	0,0009	0,002	0,0008

Доказано, что активность всех исследованных АТФаз эритроцитов, жировых шариков и мышечной ткани с определенной степенью достоверности ($P < 0,01$) детерминирована видовой принадлежностью животных. Причем наиболее сильная связь прослеживается в случае эритроцитов, являющихся основными форменными элементами крови – ткани, связывающей организм в единое целое, и, как следствие, наиболее полно отражающей состояние метаболических процессов. Достоверное ($P < 0,05$) влияние породной (кроссовой) принадлежности также характерно только для АТФазной активности мембраны эритроцитов. Достоверного совместного влияния видовой и породной принадлежности животных на уровень АТФазной активности всех исследованных тканей не выявлено.

Полученные авторами результаты АТФазной активности крови, молока и мышечной ткани животных обусловлены разным типом пищеварения, обмена веществ и энергии, характерными для каждого вида животных. Очевидно, что особенности обмена веществ и энергии разных видов животных связаны с их морфофункциональными особенностями, сформировавшимися в процессе эволюции, а также селекционной (хозяйственной) деятельностью человека. Энергетические затраты животных же, в свою очередь, обусловлены как факторами внутренней среды организма (породные особенности, возраст, беременность, лактация и др.), так и внешними факторами (окружающая температура, влажность, сезон года, кормление и др.).

Исследования ряда авторов, проведенные на сельскохозяйственных животных, позволили установить, что затраты обменной энергии складываются из затрат на поддерживающий обмен, синтез, отложение белка и жира в суточном приросте живой массы. Выявленные нами особенности АТФазной активности крови, молока и мышечной ткани животных являются показателем энергетических процессов в организме продуктивных животных, направленных на образование продукции, в том числе отложения в составе суточного прироста живой массы белка и жира с учетом их энергетической ценности, синтеза и выделения молока.

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что функционированию АТФазных ферментных систем крови (мембраны эритроцитов), молока (мембраны жировых шариков) и мышечной ткани (мембранные компоненты двуглавой мышцы и длинной мышцы спины) характерно своеобразие, заключающееся во влиянии видовой и породной принадлежности животных.

Результатами корреляционного и дисперсионного анализов доказано достоверное ($P < 0,01$) влияние на АТФазную активность крови, молока и мышечной ткани видовой принадлежности животных, что говорит об определенных различиях в функционировании АТФазных транспортных ионных насосов, локализованных в мембране эритроцитов, мембране жировых шариков молока, мембранах структурных компонентов мышечной ткани.

Достоверное влияние ($P < 0,05$) породной принадлежности выявлено только в случае активности АТФаз мембраны эритроцитов; совместного влияния двух факторов (вид и порода) на АТФазную активность крови, молока и мышечной ткани в группах всех видов животных не выявлено.

Установленное своеобразие функционирования АТФаз тканей различных продуктивных животных может быть использовано в виде рекомендаций для оценки метаболического состояния, физиологических процессов и функций в организме сельскохозяйственных животных с учетом генетического потенциала, возраста и продуктивности.

Полученные взаимосвязи АТФазной активности жировых шариков молока с определенным видом сельскохозяйственных животных могут быть использованы для лучшего понимания влияния отдельных компонентов в сложных процессах образования молока, установленные корреляции и регрессии могут быть использованы для оценки активности АТФаз глобул молочного жира без проведения прямых биохимических измерений.

Библиографический список

1. *Акаев М.–Р.Н., Дабузова Г.С.* Молочная продуктивность, химический состав и свойства молока овец дагестанской горной породы во второй половине лактации при отгонно-пастбищном содержании // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства, 2007, т. 2–2. С. 4–7.
2. *Болдырев А.А.* Na^+ , K^+ -АТФаза солевых желез утки // Биохимия, 1981. № 46 (8). С. 24–29.
3. *Дубровский В.Н., Кыров Д.Н., Силиванова Е.А.* Активность Na , K -АТФазы и ацетилхолинэстеразы в надпочечниках и различных регионах головного мозга // Приложение к журналу «Вестник молодых ученых» (Серия «Науки о жизни»), 2005. С. 36.
4. *Кириленко В.Н.* Липиды мембран жировых глобул молозива и молока коров и их использование для получения липосом: Дис. канд. биол. наук: Киев, 1989. – 156 с.
5. *Кривой И.И.* Экстракт почек свиньи содержит специфический ингибитор оуабаин-чувствительной изоформы Na^+ , K^+ -АТФазы мышечных волокон диафрагмы крысы // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова, 2003. № 89 (11). С. 1340–1351.
6. *Мосягин В.В., Федорова Е.Ю.* Возрастная динамика АТФазной активности эритроцитов у свиней и крупного рогатого скота // Проблемы биологии продуктивных животных, 2011. № 1. С. 85–88.
7. *Никитченко Д.В.* Химический и аминокислотный состав мышц валухов куйбышевской породы при разных уровнях кормления // Вестник РУДН, сер. Агрономия и животноводство, 2007, № 3, С. 76–80.
8. *Никитченко Д.В.* Химический и аминокислотный состав мышц баранов тексель // Вестник РУДН, сер. Агрономия и животноводство, 2007, № 1–2, С. 43–47.
9. *Рыжкова Г.Ф.* Активность транспортных АТФаз и межклеточный обмен электролитов у сельскохозяйственных животных в норме и при включении в рацион биологически активных веществ // Вестник Курской ГСХА, 2015. № 9. С. 88–94.
10. *Рыжкова Г.Ф., Лебедева Н.В.* АТФазная активность, распределение натрия и калия в тканях свиноматок и поросят-сосунов // Вестник Курской ГСХА, 2012. № 6. С. 76–78.
11. *Федорова Е.Ю., Максимов В.И.* Породные особенности функционирования АТФазных ферментных систем эритроцитов и молока коров // Вестник РАСХН, 2012. № 4. С. 77–79.
12. *Jorgensen P.L.* Structure and mechanism of Na , K -ATPase: Functional sites and their interactions // Annu. Rev. Physiol., 2003. Vol. 65. P. 17–49.
13. *Keeton K.S.* Characterization of adenosinetriphosphatase in erythrocyte membrane of the cow // Proc. soc. ex. biol. and med, 1972. Vol. 1. P. 140.
14. *Zaitsev S. Yu., Fedorova E. Yu., Maximov V.I.* Comprehensive Analysis of the Major ATPase Activities in the Cow Milk and Their Correlations // BioNanoScience, ISSN: 2191–1649 (Online) Published online: 13 February 2019.

15. Skou J.C. The Na, K-ATPase. // J. Bioenerg. And Biomembr, 1992. Vol. 24. P. 249–261.
16. Schiener-Bobis G. Action of palytoxin on apical H⁺/K-ATPase in rat colon // Eur. J. Biochem, 2002. Vol. 269. P. 3905–3911.
17. Fedorova E.Yu., Maximov V.I., Smolenkova O.V. ATPase Activity in Red-Blood and Muscle Tissue Cells in Sheep // Russian Agricultural Sciences, 2019. Vol. 45, No. 3. P. 300–303.

SPECIFIC FEATURES OF THE FUNCTIONING OF ERYTHROCYTE ATPASES, MUSCLE TISSUES AND MILK FAT GLOBULES OF LIVESTOCK SPECIES

YE.YU. FEDOROVA¹, V.I. MAKSIMOV², V.M. ZAKHAROV², O.V. SMOLENKOVA³

¹ [Moscow City Pedagogical University](#)

² Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Scriabin

³ Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov

The authors conducted studies on broiler chickens, cows, pigs, sheep of various crosses and breeds, in order to identify the species and breed characteristics of the functioning of blood ATPases (erythrocyte membrane of blood) and ATPases of products (membrane of fat globules of milk, membrane of structural components of muscle tissue). The results obtained have shown that the species identity of livestock has a significant ($P < 0.001$) effect on the activity of Mg²⁺, Na⁺, K⁺ -, Mg²⁺ – and Na⁺, K⁺ -ATPases of the erythrocyte membrane and structural components of the livestock products.

The two-factor (the livestock species and breed) the analysis of variance carried out by the authors has proved with a high degree of reliability ($P < 0.01$) the effect on the ATPase activity of the erythrocyte membrane, membrane components of milk fat globules and muscle tissue of livestock species; moreover, the highest coefficients of determination are characteristic of the ATPase activity of the erythrocyte membrane, the smallest for the activity of ATPase tissue.

The results of the analysis have shown that the activity of the Mg²⁺, Na⁺, K⁺ -, Mg²⁺ – and Na⁺, K⁺ -ATPases of the erythrocyte membrane is determined by the livestock species with a high degree of confidence ($P < 0.01$), respectively, at 89.2; 85.7 and 90.6%; the membrane components of the fat globules in milk is 79.5; 72.3 and 81.6%; membrane components of muscle cells – by 53.4; 50.1 and 61.3%. The significant ($P < 0.05$) effect of the livestock breed (cross) identity has been established only in the case of ATPase activity of the erythrocyte membrane; No significant combined effect of the livestock species and breed identity on the activity of Mg²⁺, Na⁺, K⁺ -, Mg²⁺ – and Na⁺, K⁺ -ATPases has been detected.

Key words: ATPase, breed, cross, broiler chickens, cows, pigs, sheep, red blood cells, fat globules of milk, muscle tissues.

References

1. Akayev M. – R.N., Dabuzova G.S. Molochnaya produktivnost', khimicheskiy sostav i svoystva moloka ovets dagestanskoy gornoy porody vo vtoroy polovine laktatsii pri otgonno-pastbishchnom sodержanii [Milk productivity, chemical composition and properties of milk of sheep of the Dagestan breed in the second half of lactation kept with a transhumant grazing method] // Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovtsevodstva i kozovodstva, 2007, Vol. 2–2. Pp. 4–7. (In Russian)

2. *Boldyrev A.A.* Na⁺, K⁺-ATFaza solevykh zhelez utki [Na⁺, K⁺ -ATPase of the salt glands of ducks] // *Biokhimiya*, 1981. N46 (8). Pp. 24–29. (In Russian)
3. *Dubrovskiy V.N., Kyrov D.N., Silivanova Ye.A.* Aktivnost' Na, K-ATFazy i atsetilkholinesterazy v nadpochechnikakh i razlichnykh regionakh golovnoy mozga [Activity of Na, K-ATPase and acetylcholinesterase in the adrenal glands and various regions of the brain] // *Prilozheniye k zhurnalu "Vestnik molodykh uchenykh"* (Seriya "Nauki o zhizni"), 2005. Pp. 36. (In Russian)
4. *Kirilenko V.N.* Lipidy membran zhirovykh globul moloziva i moloka korov i ikh ispol'zovaniye dlya polucheniya liposom: Dis. kand. biol. nauk [Lipids of the membranes of fat globule colostrum and cow milk and their use for liposomes: PhD (Bio) thesis]: *Kiyev*, 1989. – 156 p. (In Russian)
5. *Krivoy I.I.* Ekstrakt pochek svin'i sodержit spetsificheskiy ingibitor ouabain-chuvstvitel'noy izofomy Na⁺, K⁺-ATFazy myshechnykh volokon diafragmy krysy [Pig kidney extract contains a specific inhibitor of the ouabain-sensitive isoform of Na⁺, K⁺ -ATPase of muscle fibers of the rat diaphragm] // *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im. I.M. Sechenova*, 2003. N89 (11). Pp. 1340–1351. (In Russian)
6. *Mosyagin V.V., Fedorova Ye.Yu.* Vozrastnaya dinamika ATFaznoy aktivnosti eritrotsitov u sviney i krupnogo rogatogo skota [Age-related dynamics of ATPase activity of red blood cells in pigs and cattle] // *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh*, 2011. N1. Pp. 85–88. (In Russian)
7. *Nikitchenko D.V.* Khimicheskiy i aminokislotnyy sostav myshts valukhov kuybyshevskoy porody pri raznykh urovnyakh kormleniya [Chemical and amino acid composition of the muscles of the Kuibyshev breed wethers at different levels of feeding] // *Vestnik RUDN, ser. Agronomiya i zhivotnovodstvo*, 2007, N3, Pp. 76–80. (In Russian)
8. *Nikitchenko D.V.* Khimicheskiy i aminokislotnyy sostav myshts baranov teksele' [Chemical and amino acid composition of texel ram muscles] // *Vestnik RUDN, ser. Agronomiya i zhivotnovodstvo*, 2007, N1–2, pp. 43–47. (In Russian)
9. *Ryzhkova G.F.* Aktivnost' transportnykh ATFaz i mezhkletochnyy obmen elektrolitov u sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh v norme i pri vkl'yucheni v ratsion biologicheski aktivnykh veshchestv [Activity of transport ATPases and the intercellular exchange of electrolytes in farm animals under normal condition and when biologically active substances are included in the die] // *Vestnik Kurskoy GSKHA*, 2015. N9. Pp. 88–94. (In Russian)
10. *Ryzhkova G.F., Lebedeva N.V.* ATFaznaya aktivnost', raspredeleniye natriya i kaliya v tkanyakh svinomatok i porosyat-sosunov [ATPase activity, the distribution of sodium and potassium in the tissues of sows and sucking pigs] // *Vestnik Kurskoy GSKHA*, 2012. N6. Pp. 76–78. (In Russian)
11. *Fedorova Ye.Yu., Maksimov V.I.* Porodnyye osobennosti funktsionirovaniya ATFaznykh fermentnykh sistem eritrotsitov i moloka korov [Specific features of the functioning of ATPase enzyme systems of erythrocytes and cow milk] // *Vestnik RASKHN*, 2012. N4. Pp. 77–79. (In Russian)
12. *Jorgensen P.L.* Structure and mechanism of Na, K-ATPase: Functional sites and their interactions // *Annu. Rev. Physiol.*, 2003. Vol. 65. Pp. 17–49. (In English)
13. *Keeton K.S.* Characterization of adenosinetriphosphatase in erythrocyte membrane of the cow // *Proc. soc. ex. biol. and med.*, 1972. Vol. 1. P. 140. (In English)
14. *Zaitsev S.Yu., Fedorova E.Yu., Maximov V.I.* Comprehensive Analysis of the Major ATPase Activities in the Cow Milk and Their Correlations // *BioNanoScience*, ISSN: 2191–1649 (Online) Published online: 13 February 2019. (In English)
15. *Skou J.C.* The Na, K-ATPase. // *J. Bioenerg. And Biomembr.*, 1992. Vol. 24. Pp. 249–261. (In English)

16. *Schiener-Bobis G.* Action of palytoxin on apical H⁺/K-ATPase in rat colon // Eur. J. Biochem, 2002. Vol. 269. Pp. 3905–3911. (In English)

17. *Fedorova E.Yu., Maximov V.I., Smolenkova O.V.* ATPase Activity in Red-Blood and Muscle Tissue Cells in Sheep // Russian Agricultural Sciences, 2019. Vol. 45, N3. Pp. 300–303. (In English)

Федорова Елена Юрьевна – профессор кафедры биологии и физиологии человека, доктор биологических наук, доцент. Московский городской педагогический университет (129226, Россия, Москва, 2-й Сельскохозяйственный проезд, 4). E-mail: elefedor@yandex.ru, тел.: +79150576603.

Максимов Владимир Ильич – профессор кафедры физиологии, фармакологии и токсикологии им. А.Н. Голикова и И.Е. Мозгова, доктор биологических наук, профессор. Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина (109472, Россия, Москва, ул. Академика Скрябина, 23). E-mail: dr.maximov@gmail.com, тел.: +79269028848.

Захаров Василий Михайлович – профессор кафедры физиологии, фармакологии и токсикологии им. А.Н. Голикова и И.Е. Мозгова, доктор биологических наук. Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина (109472, Россия, Москва, ул. Академика Скрябина, 23). E-mail: dr.maximov@gmail.com, тел.: +79269028848.

Смоленкова Ольга Викторовна – доцент кафедры технологии хранения и переработки растительного сырья, кандидат биологических наук. Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И.И. Иванова (305021, Россия, Курск, ул. Карла Маркса, 70). E-mail: olga.aminina@mail.ru, тел.: +79107409578.

Yelena Yu. Fedorova – Professor, the Department of Human Biology and Physiology, DSc (Bio), Associate Professor, ~~Moscow City Pedagogical University~~ (129226, Russia, Moscow, 2nd Sel'sk Khozyaistvenniy Proezd Str., 4). E-mail: elefedor@yandex.ru, phone: +79150576603.

Vladimir I. Maksimov – Professor, the Department of Physiology, Pharmacology and Toxicology named after A.N. Golikov and I. Ye. Mozgov, DSc (Bio), Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Scriabin. (109472, Russia, Moscow, Akademika Scriabina Str., 23). E-mail: dr.maximov@gmail.com, phone: +79269028848.

Vasiliy M. Zakharov – Professor, the Department of Physiology, Pharmacology and Toxicology named after A.N. Golikov and I. Ye. Mozgov, DSc (Bio), Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Scriabin. (109472, Russia, Moscow, Akademika Scriabina Str., 23). E-mail: dr.maximov@gmail.com, phone: +79269028848.

Olga V. Smolenkova – Associate Professor, the Department of Storage and Processing Technology of Plant Raw Materials, PhD (Bio), Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov (305021, Russia, Kursk, Karl Marx Str., 70). E-mail: olga.aminina@mail.ru, phone: +79107409578.