

Научная статья

УДК: 636.32/.38:636.088.5

doi:10.33284/2658-3135-109-1-148

Взаимосвязь молочной продуктивности коз с биохимическими показателями молока

Оксана Александровна Воронина¹, Сергей Юрьевич Зайцев², Никита Сергеевич Колесник³

^{1,2,3}Федеральный исследовательский центр животноводства - ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Дубровицы, Россия

¹voroninaok-senia@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6774-4288>

²s.y.zaitsev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1533-8680>

³kominisiko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4267-5300>

Аннотация. Цель работы – оценка основных биохимических показателей молока коз альпийской породы и их взаимосвязи с молочной продуктивностью. Выделены три группы коз (n=37) по объему суточного удоя: 1 – (n=13) с удоем 0,5-1,0 л; 2 – (n=14) с удоем 1,0-1,5 л; 3 – (n=10) с удоем 1,5-2,0 л. Одним из важных и оригинальных определяемых параметров является суммарная концентрация водорастворимых антиоксидантов (СКВА) молока коз. Такая интегральная оценка позволяет установить синергический эффект всех гидрофильных компонентов молока. Закономерные изменения величины СКВА от 22,52 мг/л (1 группа) до 16,39 мг/л (3 группа) связаны с симбатными изменениями ряда биохимических показателей молока коз. Так, значения истинного (общего) белка и лактозы в молоке коз в группе 3 уменьшаются на 14,5 % (-13,1 %) и 2,4 %, что вносит вклад в значения СКВА. Падение этих биохимических показателей связано с недостаточностью в синтезе веществ белковой и углеводной природы молочной железой при увеличении удоя коз в группе 3. Общее число значимых корреляций для БХП козьего молока является преобладающим и плавно растет с увеличением удоя (от 71 % для группы 1 до 82 % для группы 3). Количественные взаимосвязи биохимических показателей и СКВА существенно дополняют параметры профиля козьего молока и являются важными характеристиками качества этого сырья для получения продуктов питания нужных человеку.

Ключевые слова: козы, альпийская порода, молоко коз, удой, анализ биохимических показателей, молочная продуктивность

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР 2024-2026 ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста (№ 124020200032–4); к.с.-х.н. Л.П. Игнатьевой, в.н.с. Федерального исследовательского центра животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста.

Для цитирования: Воронина О.А., Зайцев С.Ю., Колесник Н.С. Взаимосвязь молочной продуктивности коз с биохимическими показателями молока // Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 1. С. 148-157. [Voronina OA, Zaitsev SYu, Kolesnik NS. The relationship of dairy productivity of goats with biochemical parameters of milk. Animal Husbandry and Fodder Production. 2026;109(1):148-157. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-1-148>

Original article

The relationship of dairy productivity of goats with biochemical parameters of milk

Oksana A Voronina¹, Sergey Yu Zaitsev², Nikita S Kolesnik³

^{1,2,3}Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, Dubrovitsy, Russia

¹voroninaok-senia@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6774-4288>

²s.y.zaitsev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1533-8680>

³kominisiko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4267-5300>

Abstract. The purpose of the work is to evaluate the main biochemical parameters (BChP) of Alpine goat milk and the relationship of BChP with dairy productivity. Three groups of goats (N=37) were

identified in terms of daily milk yield: 1st (n=13) with a yield of 0.5-1.0 liters; 2nd (n=14) with a yield of 1.0-1.5 liters; 3rd (n=10) with a yield of 1.5-2.0 liters. One of the important and original parameters to be determined is the total amount of water-soluble antioxidants (TAWSA) in goat milk. This integrated assessment allows us to establish the synergistic effect of all hydrophilic components of milk. Regular changes in the TAWSA value from 22.52 mg/L (1st) to 16.39 mg/L (3rd) are associated with symbiotic changes in a number of BChPs in goat milk. Thus, the values of true (total) protein and lactose in the milk of goats in group 3 decrease by -14.5% (-13.1%) and -2.4%, which may contribute to the TAWSA values. The decrease in these BChPs is associated with a deficiency in the synthesis of protein and carbohydrate substances by the mammary gland with an increase in milk yield of goats in group 3. The total number of significant correlations for the BChP of goat milk is predominant and gradually increases with increasing milk yield (from 71% for group 1 to 82% for group 3). Quantitative relationships between BChP and TAWSA significantly complement the parameters of the goat milk profile and are important characteristics of the quality of this raw material for obtaining food products needed by humans.

Keywords: goats, Alpine breed, goat milk, milk yield, analysis of biochemical parameters, milk productivity

Acknowledgments: the work was supported in accordance to the plan of research works for 2024-2026 LK Ernst Federal Research Center (No. 124020200032–4); Candidate of Agricultural Sciences LP Ignatieva. Senior Researcher at the LK Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry.

For citation: Voronina OA, Zaitsev SYu, Kolesnik NS. The relationship of dairy productivity of goats with biochemical parameters of milk. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2026;109(1):148-157. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-1-148>

Введение.

Численность поголовья молочных коз в мире выросла на 22 % за 2007-2017 годы, эта тенденция распространяется и на Россию (Miller BA and Lu CD, 2019; Санников М.Ю. и др., 2019), что связано с внедрением новых технологий разведения, кормления и содержания, автоматизацией процедур учета, доения, раздачи кормов и т. д. (Санников М.Ю. и др., 2019; de Cremoux R et al., 2024), как следствие приложенные усилия привели к увеличению молочной продуктивности. По данным на 31 декабря 2022 года, большую долю в российском козоводстве занимает молочное направление (51,5 %) (Денискова Т.Е. и др., 2024), эта тенденция сохраняется и на 31 декабря 2024 года. Самой популярной остается зааненская порода (40,6 тыс. голов), второе место занимает альпийская – 5,5 тыс. голов. По данным из племенных хозяйств по молочным породам, удой молока в расчете на одну козотатку составил 872 кг, в том числе: по зааненской породе – 874 кг, по альпийской – 745 кг (Ежегодник по племенной работе... , 2025). С ростом числа частных козоводческих хозяйств параллельно развивается отрасль по переработке козьего молока (Сафина А.К. и Гайнуллина М.К., 2022). Из козьего молока готовят большое количество кисломолочных продуктов: сыры, мацони, простоквашу, айран, йогурты, масло и т. д., которые используются в пищевых и в медицинских целях. При этом критически важно понимать состав козьего молока и свободно ориентироваться в процессах управления факторами, влияющими на состав козьего молока (Singh G et al., 2025). Ряд исследований показывает, что при явном превосходстве зааненских коз по показателю продуктивности, при оценке компонентного состава молока другие породы, в частности нубийская, имеют преимущество при определении пищевой ценности и технологических свойств козьего молока (Забелина М.В. и др., 2022). Козы альпийской породы отличаются большим удоем за лактацию в сравнении с нубийскими (Селионова М.И. и др., 2023), в среднем за 305 дней лактации от них получено 665,8 кг молока против 570,4 кг молока полученного от коз нубийской породы. По содержанию МДБ 3,17 % против 3,79 %; МДЖ 3,97 % против 4,71 % для коз альпийской и нубийской породы соответственно (Селионова М.И. и др., 2023), а молоко коз зааненской и альпийской пород дает больший выход при производстве сыров (Пегливанян Г.К. и Тулинова О.В., 2025; Селионова М.И. и др., 2024). Кроме того, естественные физиологические адаптации к сезонным изменениям в организме коз влияют на состав козьего молока (Voronina OA et al., 2023; Воробцов Д.В. и Белопольский А.Е., 2025; Pazzola M et al., 2022).

Цель исследования.

Оценка основных биохимических показателей молока коз альпийской породы для анализа их взаимосвязи с молочной продуктивностью.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Молоко коз альпийской породы.

Исследование проводилось в соответствии с принципами Хельсинкской декларации, общепризнанными международными нормами (касающимися экспериментов на животных) и принципами надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Козье молоко получали на контрольной дойке от коз альпийской породы из крестьянско-фермерского хозяйства в Подмосковье весной 2024 года. Группы сравнения сформированы по данным о суточном удое. Выделены три группы: 1 группа (0,5-1,0 л) при среднем удое $0,82 \pm 0,12$ л (n=13); 2 группа (1,0-1,5 л) при среднем удое $1,25 \pm 0,20$ л (n=14); 3 группа (1,5-2,0 л) при среднем удое $1,95 \pm 0,10$ л (n=10).

Оборудование и технические средства. Анализ компонентного состава молока выполнен в ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, при помощи аналитической системы MilkoScan 7 / Fossomatic 7 DC (Дания). Измерение интегрального показателя СКВА проводили на проточно-инжекционной системе с амперометрическим детектированием «ЦветЯуза-01», («Химвавтоматика», Россия). Расчет производили эквивалентно галловой кислоте.

Статистическая обработка. В качестве описательной статистики были выполнены вычисления: среднее арифметическое значение – М, ошибка среднего $\pm m$, коэффициент вариации – CV. Нормальность распределения данных была оценена по критерию Шапиро-Уилка. Гомогенность дисперсии оценивали по методу Левена. При сравнительном анализе межгрупповых различий использовали однофакторный дисперсионный анализ в сочетании с тестом Тьюки-Крамера или их непараметрические аналоги: тест Краскела-Уоллиса и тест Манна-Уитни, если условия для проверки – нормальность распределения данных и гомогенность дисперсии не соблюдались для их оценки параметрическими тестами. Расчет корреляций – по методу Пирсона. Расчеты выполняли с помощью офисного пакета программ «Microsoft Office» с применением «Excel» («Microsoft», США) и «RStudio» («Posit PBC», США) на языке R. Иллюстрации подготовлены в RStudio на языке R: `library(corrplot) corrplot.mixed(corr(data), lower="number", upper = "circle", tl.col="black")`.

Результаты исследования.

Авторами были определены основные биохимические показатели молока коз альпийской породы, а также отношение суммы незаменимых аминокислот (НАК) к заменимым (ЗАК). Полученные данные по основному биохимическому составу, а также данные оценки по парным межгрупповым сравнениям с указанием достоверности представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные биохимические показатели молока коз в зависимости от суточного удоя
Table 1. The main biochemical parameters of goat milk depending on the daily milk yield

Показатель / Indicator	0,5-1 л / 0,5-1 l		1-1,5 л / 1-1,5 l		1,5-2 л / 1,5-2 l		Различия/ Differences	р-значение/ p-value
	M \pm m	CV, %	M \pm m	CV, %	M \pm m	CV, %		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
НАК/ЗАК								
NEAA/ EAA	0,91 \pm 0,02	5,14	0,81 \pm 0,01	2,82	0,95 \pm 0,02	6,20	1/2, 2/3	0,0003
СКВА, мг/л								
TAWSA, mg/l	22,52 \pm 1,63	20,46	20,43 \pm 1,68	20,08	16,39 \pm 2,02	30,17	1/3	0,0702
МДЖ, %								
Fat, %	4,51 \pm 0,23	14,48	4,57 \pm 0,32	17,42	5,02 \pm 0,73	35,46		p>0,05

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
МДБи, %								
Prot.T, %	3,17±0,12	10,63	3,19±0,15	11,70	2,71±0,10	9,22	1/3, 2/3	0,0299
МДБо, %								
Prot.C, %	3,37±0,11	9,13	3,38±0,14	9,86	2,93±0,09	7,82	1/3, 2/3	0,0223
Лактоза, %								
Lactose, %	4,57±0,07	4,46	4,54±0,09	5,06	4,46±0,09	4,80		0,6655
СОМО, %								
SNF, %	8,59±0,18	5,78	8,56±0,14	3,93	7,95±0,18	5,59	1/3	0,0303
СВ, %/TS, %	13,14±0,36	7,70	13,17±0,34	6,36	13,04±0,82	15,44		0,9840
ТЗ /FPD	561,25±2,05	1,03	568±4,03	1,74	560,17±3,91	1,71		0,2308
pH / pH	6,56±0,03	1,11	6,50±0,07	2,48	6,51±0,03	1,07		0,4422
Удой, л							1/2, 1/3,	
Milk yield, l	0,82±0,04	14,68	1,25±0,08	16,40	1,95±0,03	4,13	2/3	p<0,001

Примечание: C_v – коэффициент вариации, ЗАК – заменимые аминокислоты, НАК – незаменимые аминокислоты, СКВА – суммарное количество водорастворимых антиоксидантов, МДЖ – массовая доля жира, МДБи – массовая доля белка истинного, МДБо – массовая доля белка общего, СОМО – сухой обезжиренный молочный остаток, СВ – сухое вещество, ТЗ – температура замерзания, pH – кислотность

Note: C_v – coefficient of variation, EAA – essential amino acids, NEAA – non-essential amino acids, TAWSA – total amount of water-soluble antioxidants, Fat – mass fraction of fat, Prot.T – mass fraction of true protein, Prot.C – mass fraction of total protein, SNF – dry non-fat milk residue, TS – dry matter, FPD – freezing point, pH – acidity

Наиболее перспективными из параметров таблицы 1 являются, по мнению авторов, оригинальные данные по измерению значений суммарного количества водорастворимых антиоксидантов молока коз трех групп. Для показателя активности антиоксидантов нами получены высокие значения, которые закономерно изменяются. В группах 2 и 3 суммарное количество водорастворимых антиоксидантов уменьшаются на 9,3 % и 27,1 % ($p=0,07$) соответственно по сравнению с таковыми в группе 1. Далее мы постарались связать полученные данные с основными биохимическими показателями молока коз. Например, значения массовой доли белка, как истинного, так и общего молока коз в группе 2 увеличиваются незначительно – а 0,6 % (0,3 %), что находится в области, соответствующей точности измерения. А вот значения массовой доли белка в молоке коз 3 группы уменьшаются достоверно ($P \leq 0,05$) по отношению к группам 1 и 2 на 14,5 % (-13,1 %) соответственно. Одновременно массовая доля жира молока коз в группах 2 и 3 увеличивается (на 1,3 % и 10,2 %), а массовая доля белка истинного значимо снижается только в группе 3 (на 17 %). Главное, что именно в 3 группе изменения значений массовой доли жира и массовой доли белка – максимальные, но только значения массовой доли белка, по-видимому, определяют полученные значения показателя антиоксидантной активности молока коз, т. к. именно эти значения (МДБ и СКВА) изменяются симбатно и значительно. Аналогично изменяются данные для сухого обезжиренного молочного остатка и сухого вещества, как величины, зависящие от массовой доли жира и белка.

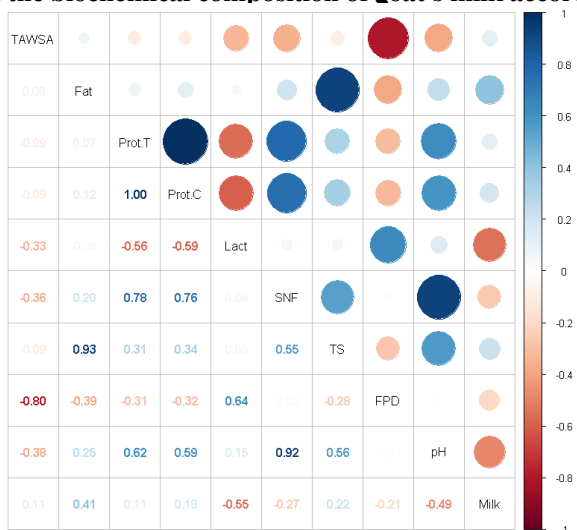
Далее мы приведем результаты собственных расчетов корреляционного анализа для поиска взаимосвязей между основными биохимическими показателями козьего молока в зависимости от молочной продуктивности животных. Коэффициенты корреляции оценивали следующим образом: 0,75-1,0 – очень сильная; 0,5-0,74 – сильная; 0,25-0,49 – умеренная; <0,25 – слабая корреляция. Полученные данные по коэффициентам корреляции Пирсона для представлены на рисунках 1-3.



Примечания: TAWSA – суммарное количество водорастворимых антиоксидантов, Fat – массовая доля жира, Prot.T – массовая доля белка истинного, Prot.C – массовая доля белка общего, Lact – лактоза, SNF – сухой обезжиренный молочный остаток, TS – сухое вещество, FPD – температура замерзания, pH – кислотность, Milk – суточный удой

Note: TAWSA – total amount of water-soluble antioxidants, Fat – mass fraction of fat, Prot.T – mass fraction of true protein, Prot.C – mass fraction of total protein, Lact – lactose, SNF – dry non-fat milk residue, TS – dry matter, FPD – freezing point, pH – acidity, Milk – daily milk yield

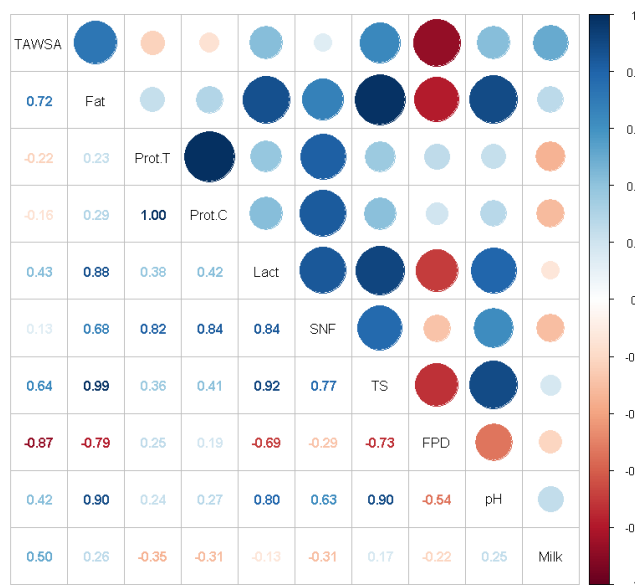
Рисунок 1. Корреляционная матрица биохимического состава козьего молока по данным для группы 1
Figure 1. Correlation matrix of the biochemical composition of goat's milk according to data for group 1



Примечания: TAWSA – суммарное количество водорастворимых антиоксидантов, Fat – массовая доля жира, Prot.T – массовая доля белка истинного, Prot.C – массовая доля белка общего, Lact – лактоза, SNF – сухой обезжиренный молочный остаток, TS – сухое вещество, FPD – температура замерзания, pH – кислотность, Milk – суточный удой

Notes: TAWSA – total amount of water-soluble antioxidants, Fat – mass fraction of fat, Prot.T – mass fraction of true protein, Prot.C – mass fraction of total protein, Lact – lactose, SNF – dry non-fat milk residue, TS – dry matter, FPD – freezing point, pH – acidity, Milk – daily milk yield

Рисунок 2. Корреляционная матрица биохимического состава козьего молока по данным для группы 2
Figure 2. Correlation matrix of the biochemical composition of goat's milk according to the data for group 2



Примечания: TAWSA – суммарное количество водорастворимых антиоксидантов, Fat – массовая доля жира, Prot.T – массовая доля белка истинного, Prot.C – массовая доля белка общего, Lact – лактоза, SNF – сухой обезжиренный молочный остаток, TS – сухое вещество, FPD – температура замерзания, pH – кислотность, Milk – суточный удой

Note: TAWSA – total amount of water-soluble antioxidants, Fat – mass fraction of fat, Prot.T – mass fraction of true protein, Prot.C – mass fraction of total protein, Lact – lactose, SNF – dry non-fat milk residue, TS – dry matter, FPD – freezing point, pH – acidity, Milk – daily milk yield

Рисунок 3. Корреляционная матрица биохимического состава козьего молока по данным для группы 3

Figure 3. Correlation matrix of the biochemical composition of goat's milk according to data for group 3

Из полученных данных по коэффициентам корреляции для БХ состава козьего молока в группе 1 (рис. 1) выявлены 8 очень сильных (0,75-1,0), 8 сильных (0,5-0,74) и 16 умеренных (0,25-0,49) корреляций, что составляет около 71 % (из 45 возможных корреляций в сумме). Аналогичная картина наблюдается в группе 2 (рис. 2), где выявлены 7 очень сильных, 11 сильных и 15 умеренных корреляций, что составляет около 73 % от их суммарного количества. В группе 3 (рис. 3) были выявлены 12 очень сильных, 9 сильных и 16 умеренных корреляций, что составляет около 82 % от их суммарного количества, что является максимальным значением среди всех групп. Таким образом, общее число значимых корреляции для БХ состава козьего молока является преобладающим и плавно растет с увеличением удоя (от группы 1 до группы 3).

Обсуждение полученных результатов.

Ранее, в работах на молоке коров, нами было показано, что корреляции между величинами утреннего, вечернего, суточного удоя, МДЖ, МДБи и МДБо находятся в широком диапазоне и не имеют четко выраженной линейной взаимосвязи (Воронина О.А. и др., 2022). Свой вклад в антиоксидантную систему молока вносит широкий диапазон соединений самой разной химической природы (Донская Г.А., 2020), а при анализе выбранным нами методом идет оценка суммы их общего эффекта как снижающего потенциала, блокирующего реакции свободных радикалов. Кроме того, в молоке жвачных обнаружены соединения – продукты специфической микробной трансформации (Liao J et al., 2025). В работе Harizi N et al. (2024) показана положительная корреляция между общим содержанием фенолов и антиоксидантной активностью молока. Оценка антиоксидантного

статуса критически важна в периоды, которые сопровождаются повышением уровня выработки продуктов перекисного окисления липидов и выбросом активных форм кислорода, например, в транзитный период (Зайцев В.В. и др., 2025). В работе Ворониной О.А. с коллегами (2024) показано несколько моделей уравнений регрессии, при этом полученные коэффициенты для большей части переменных не являются значимыми, а лучшая предсказательная модель для оценки уровня антиоксидантной активности козьего молока содержит только один предиктор – казеины.

Считается, что лактоза не обладает заметной величиной антиоксидантной активности, поэтому не должна вносить существенный вклад в значения СКВА молока коз. Действительно, содержание лактозы в молоке коз в группах 2 и 3 уменьшается на 0,7 % и 2,4 % соответственно. Однако, по мнению авторов, даже эти небольшие изменения в содержании лактозы в молоке коз, прежде всего в группе 3, могут вносить некоторый вклад в значения СКВА, т. к. они изменяются симбатно активности антиоксидантов. Таким образом, увеличение удоя молока в группах 2 и 3 приводит к относительному падению некоторых показателей (прежде всего, массовой доли белка и лактозы). Это связано с тем, что молочная железа испытывает сложности в синтезе веществ белковой и углеводной природы при увеличении объема молока (удоя), что и объясняет заметные падения значений суммарного количества водорастворимых антиоксидантов. На основании полученных нами результатов в каждой из трех групп наблюдается слабо выраженная, не достоверная корреляционная связь положительная или отрицательная для удоя биохимического состава молока. Это ожидаемый результат, показанный и рядом других авторов.

Заключение.

Молочная продуктивность коз тесно связана с качеством получаемого молока. В рамках данной работы для таких показателей как массовая доля жира, лактоза, сухое вещество, температура заморозания, уровень кислотности не было установлено достоверных различий. При этом прослеживается разница по уровню белков, как общего, так и истинного и в соотношении суммы незаменимых аминокислот к заменимым аминокислотам. Так, массовая доля истинного белка самая низкая в третьей группе, она достоверно ниже на 0,46% ($p=0,03$) по отношению к группе 2 и на 0,48 % ($p=0,03$) – по отношению к группе 3. Для интегрального показателя суммарного количества водорастворимых антиоксидантов установлена значимая разница для группы 3 по отношению к группе 1 значения СКВА ниже на 6,13 мг/л ($p=0,07$). Взаимосвязи между интегральной характеристикой СКВА и биохимическими показателями молока имеют сложную нелинейную природу.

Список источников

1. Антиоксидантная активность козьего молока с вариантами множественной регрессионной модели / О.А. Воронина, Н.С. Колесник, А.А. Савина, Р.А. Рыков, С.Ю. Зайцев // *Аграрная наука*. 2024. №. 1. С. 81-85. [Voronina OA, Kolesnik NS, Savina AA, Rykov RA, Zajcev SYu. Antioxidant activity of goat's milk with variants of multiple regression model. *Agrarian Science*. 2024;1:81-85. (In Russ.)]. doi: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-81-85
2. Влияние гена каппа-казеина на молочную продуктивность коз альпийской и нубийской пород / М.И. Селионова, Е.К. Жаркова, М.А. Глущенко, К.А. Беломестнов // *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2023. Т. 3. №. 51. С. 34-40. [Selionova MI, Zharkova EK, Glushchenko MA, Belomestnov KA. The effect of the kappa-casein gene on the dairy productivity of alpine and nubian goats. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2023;3(51):34-40. (In Russ.)]. doi: 10.31279/2222-9345-2023-14-51-34-40
3. Влияние хвойно-энергетической добавки на антиоксидантный статус и белковый обмен у коров в транзитный период / В.В. Зайцев, Н.В. Боголюбова, В.П. Короткий, Л.М. Зайцева, К.А. Кичапов, В.А. Рыжов // *Аграрная наука*. 2025. Т. 396. №. 07. С. 39-47. [Zaitsev VV, Bogolyubova NV, Korotky VP, Zaitseva LM, Kichapov KA, Ryzhov VA. Effect of a coniferous energy additive on antioxidant status and protein metabolism in cows during the transit period. *Agrarian Science*. 2025;396(07):39-47. (In Russ.)]. doi: 10.32634/0869-8155-2025-396-07-39-47

4. Воробцов Д.В., Белопольский А.Е. Гигиеническая оценка влияния пребиотической кормовой добавки «Комплекс Бета Каротин» на молочную продуктивность коз альпийской и зааненской породы // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2025. № 3. С. 84-87. [Vorobtsov DV, Belopolsky AE. Hygienic assessment of the influence of the prebiotic feed additive "Beta-Carotene Complex" on milk productivity of Alpine and Saanen goats. Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2025;3:84-87. (In Russ.)]. doi: 10.52419/issn2782-6252.2025.3.84
5. Воронина О.А., Савина А.А., Зайцев С.Ю. Антиоксидантная активность молока коров в зависимости от разового удоя // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2022. № 9. С. 80-90. [Voronina OA, Savina AA, Zaitsev SYu. Antioxidant activity of cow's milk depending on a single milk yield. Veterinary, Zootechnics and Biotechnology. 2022;9:80-90. (In Russ.)]. doi: 10.36871/vet.zoo.bio.202209010
6. Донская Г.А. Антиоксидантные свойства молока и молочных продуктов: обзор // Пищевая промышленность. 2020. № 12. С. 86-91. [Donskaya GA. Antioxidant properties of milk and dairy products: review. Food Industry. 2020;12:86-91. (In Russ.)]. doi: 10.24411/0235-24862020-10150
7. Ежегодник по племенной работе в овцеводстве и козоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2024 год) / под ред. Т.А. Мороз. М.: ФГБНУ ВНИИплем, 2025. 311 с. [Moroz TA, editor. Yezhegodnik po plemennoi rabote v ovtsevodstve i kozovodstve v khozyaistvakh Rossiiskoi Federatsii (2024 god). Moscow: FGBNU VNIIPlem; 2025: 311 p. (In Russ.)].
8. Молочная продуктивность коз альпийской и нубийской пород разных генотипов по α 1-казеину и α 2-казеину / М.И. Селионова, К.А. Беломестнов, М.Ю. Гладких, М.А. Глущенко // Овцы, козы, шерстяное дело. 2024;4:3-7. [Selionova MI, Belomestnov KA, Gladkikh MYu, Glushchenko MA. Milk productivity of goats of alpine and nubian breeds of different genotypes for α 1-casein and α 2-casein. Sheep, Goats, Wool Business. 2024;4:3-7. (In Russ.)]. doi: 10.26897/2074-0840-2024-4-3-7
9. Оценка молочной продуктивности и качества молока коз разных генотипов в зависимости от числа лактаций / М.В. Забелина, Т.Б. Ледяев, В.А. Корнилова, Л.Г. Ловцова, Т.С. Преображенская // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 64-71. [Zabelina MV, Ledyayev TB, Kornilova VA, Lovtsova LG, Preobrazhenskaya TS. Evaluation of milk productivity and milk quality of goats of different genotypes depending on the number of lactations. Siberian Herald of Agricultural Science. 2022;52(5):64-71. (In Russ.)]. doi: 10.26898/0370-8799-2022-5-8
10. Пегливанян Г.К., Тулинова О.В. Ген каппа-казеина как фактор качества и сыропригодности молока разных пород коз (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. №. 2. С. 87-102. [Peglivanyan GK, Tulinova OV. The kappa-casein gene as a factor in the quality and suitability of milk from different goat breeds (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(2):87-102. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-108-2-87
11. Поиск следов селекции в геномах домашних коз (*Capra hircus* L.), разводимых в России, с помощью идентификации островков гомозиготности / Т.Е. Денискова, А.В. Доцев, М.И. Селионова, А.М.М. Айбазов, Н.А. Зиновьева // Сельскохозяйственная биология. 2024. Т. 59. №. 4. С. 620-632. [Deniskova TE, Dotsev AV, Selionova MI, Aibazov A-MM, Zinovieva NA. Search for signatures of selection in the genomes of domestic goats (*Capra hircus* L.) raised in Russia using detection of ROH islands. Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2024;59(4):620-632. (In Russ.)]. doi: 10.15389/agrobiology.2024.4.620rus doi: 10.15389/agrobiology.2024.4.620eng
12. Сафина А.К., Гайнуллина М.К. Молочное козоводство: значение, состояние и перспективы развития в России. Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2022. Т. 250. №. 2. С. 208-213. [Safina AK, Gainullina MK. Dairy goat breeding: significance, state and prospects of development in Russia. Scientific Notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman. 2022;250(2):208-213. (In Russ.)]. doi: 10.31588/2413 4201 1883 2 250 208
13. Современные технологии в молочном козоводстве / М.Ю. Санников, С.И. Новопашина, С.А. Хататаев, Л.Н. Григорян, Ю.А. Юлдашбаев, О.В. Ласточкина, И.И. Лукин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. №. 6. С. 141-149. [Sannikov MYu, Novopashina SI, Khatatayev SA, Grigoryan LN, Yuldashbayev YUA, Lastochkina OV, Lukin II.

Modern achievements in dairy goat breeding. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2019;6:141-149. (In Russ.]. doi: 10.34677/0021-342x-2019-6-141-149

14. de Cremoux R, Legris M, Clément V. Evaluation of careers and performances of goats with extended lactations. *Small Ruminant Research*. 2024;231:107198. doi: 10.1016/j.smallrumres.2024.107198

15. Harizi N et al. Amino acids and protein profiles of defatted camel and cow milk fractions: correlation with their in vitro antioxidant and antidiabetic activities. *Frontiers in Nutrition*. 2024;10:1295878. doi: 10.3389/fnut.2023.1295878

16. Liao J et al. Buffalo milk: Nutritional composition, bioactive properties, and advances in processing technologies-a comprehensive review. *Food Chemistry: X*. 2025;29:102647. doi: 10.1016/j.fochx.2025.102647

17. Miller BA, Lu CD. Current status of global dairy goat production: an overview. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2019;32(8):1219-1232. doi: 10.5713/ajas.19.0253

18. Pazzola M et al. Composition, coagulation properties, and predicted cheesemaking traits of bulk goat milk from different farming systems, breeds, and stages of production. *Journal of Dairy Science*. 2022;105(8):6724-6738. doi: 10.3168/jds.2022-22098

19. Singh G et al. Effect of environmental factors on the milk composition of goats under chaksu tehsil of jaipur district. *The Academic*. 2025;3(2):520-528. doi: 10.5281/zenodo.15030195

20. Voronina OA et al. Seasonal changes in the antioxidant activity and biochemical parameters of goat milk. *Animals*. 2023;13(10):1706. doi: 10.3390/ani13101706

References

1. Voronina OA, Kolesnik NS, Savina AA, Rykov RA, Zajcev SYu. Antioxidant activity of goat's milk with variants of multiple regression model. *Agrarian Science*. 2024;1:81-85. doi: 10.32634/0869-8155-2024-378-1-81-85

2. Selionova MI, Zharkova EK, Glushchenko MA, Belomestnov KA. The effect of the kappa-casein gene on the dairy productivity of alpine and nubian goats. *Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2023;3(51):34-40. doi: 10.31279/2222-9345-2023-14-51-34-40

3. Zaitsev VV, Bogolyubova NV, Korotky VP, Zaitseva LM, Kichapov KA, Ryzhov VA. Effect of a coniferous energy additive on antioxidant status and protein metabolism in cows during the transit period. *Agrarian Science*. 2025;396(07):39-47. doi: 10.32634/0869-8155-2025-396-07-39-47

4. Vorobtsov DV, Belopolsky AE. Hygienic assessment of the influence of the prebiotic feed additive "Beta-Carotene Complex" on milk productivity of Alpine and Saanen goats. *Legal regulation in veterinary medicine*. 2025;3:84-87. doi: 10.52419/issn2782-6252.2025.3.84

5. Voronina OA, Savina AA, Zaitsev SYu. Antioxidant activity of cow's milk depending on a single milk yield. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2022;9:80-90. doi: 10.36871/vet.zoo.bio.202209010

6. Donskaya GA. Antioxidant properties of milk and dairy products: review. *Food Industry*. 2020;12:86-91. doi: 10.24411/0235-24862020-10150

7. Moroz TA, editor. Yearbook on breeding work in sheep and goat breeding in farms of the Russian Federation (2024). Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Breeding; 2025: 311 p.

8. Selionova MI, Belomestnov KA, Gladkikh MYu, Glushchenko MA. Milk productivity of goats of alpine and nubian breeds of different genotypes for α s1-casein and α s2-casein. *Sheep, Goats, Wool Business*. 2024;4:3-7. doi: 10.26897/2074-0840-2024-4-3-7

9. Zabelina MV, Ledyayev TB, Kornilova VA, Lovtsova LG, Preobrazhenskaya TS. Evaluation of milk productivity and milk quality of goats of different genotypes depending on the number of lactations. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2022;52(5):64-71. doi: 10.26898/0370-8799-2022-5-8

10. Peglivanyan GK, Tulinova OV. The kappa-casein gene as a factor in the quality and suitability of milk from different goat breeds (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2025;108(2):87-102. doi: 10.33284/2658-3135-108-2-87

11. Deniskova TE, Dotsev AV, Selionova MI, Aibazov A-MM, Zinovieva NA. Search for signatures of selection in the genomes of domestic goats (*Capra hircus* L.) raised in Russia using detection of ROH islands. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2024;59(4):620-632. doi: 10.15389/agrobiology.2024.4.620rus doi: 10.15389/agrobiology.2024.4.620eng

12. Safina AK, Gainullina MK. Dairy goat breeding: significance, state and prospects of development in Russia. *Scientific Notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*. 2022;250(2):208-213. doi: 10.31588/2413_4201_1883_2_250_208
13. Sannikov MYu, Novopashina SI, Khatatayev SA, Grigoryan LN, Yuldashbayev YUA, Lastochkina OV, Lukin II. Modern achievements in dairy goat breeding. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2019;6:141-149. doi: 10.34677/0021-342x-2019-6-141-149
14. de Cremoux R, Legris M, Clément V. Evaluation of careers and performances of goats with extended lactations. *Small Ruminant Research*. 2024;231:107198. doi: 10.1016/j.smallrumres.2024.107198
15. Harizi N et al. Amino acids and protein profiles of defatted camel and cow milk fractions: correlation with their in vitro antioxidant and antidiabetic activities. *Frontiers in Nutrition*. 2024;10:1295878. doi: 10.3389/fnut.2023.1295878
16. Liao J et al. Buffalo milk: Nutritional composition, bioactive properties, and advances in processing technologies-a comprehensive review. *Food Chemistry: X*. 2025;29:102647. doi: 10.1016/j.fochx.2025.102647
17. Miller BA, Lu CD. Current status of global dairy goat production: an overview. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2019;32(8):1219-1232. doi: 10.5713/ajas.19.0253
18. Pazzola M et al. Composition, coagulation properties, and predicted cheesemaking traits of bulk goat milk from different farming systems, breeds, and stages of production. *Journal of Dairy Science*. 2022;105(8):6724-6738. doi: 10.3168/jds.2022-22098
19. Singh G et al. Effect of environmental factors on the milk composition of goats under chaksu tehsil of jaipur district. *The Academic*. 2025;3(2):520-528. doi: 10.5281/zenodo.15030195
20. Voronina OA et al. Seasonal changes in the antioxidant activity and biochemical parameters of goat milk. *Animals*. 2023;13(10):1706. doi: 10.3390/ani13101706

Информация об авторах.

Оксана Александровна Воронина, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных, Федеральный исследовательский центр животноводства - ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: +7 (4967) 65-11-63.

Сергей Юрьевич Зайцев, доктор химических наук, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных, Федеральный исследовательский центр животноводства - ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: +7 (4967) 65-11-63.

Никита Сергеевич Колесник, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных, Федеральный исследовательский центр животноводства - ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, 142132, Московская область, городской округ Подольск, п. Дубровицы, д. 60, тел.: +7 (4967) 65-11-63.

Information about the authors:

Oksana A Voronina, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher at the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, phone: +7 (4967) 65-11-63.

Sergey Yu Zaitsev, Dr Sci. (Chemistry), Dr Sci. (Biology), Leading Researcher at the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, phone: +7 (4967) 65-11-63.

Nikita S Kolesnik, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher at the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member LK Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk City district, Moscow region, 142132, phone: +7 (4967) 65-11-63.

Статья поступила в редакцию 29.01.2026; одобрена после рецензирования 27.02.2026; принята к публикации 16.03.2026.

The article was submitted 29.01.2026; approved after reviewing 27.02.2026; accepted for publication 16.03.2026.