

БИОЭЛЕМЕНТОЛОГИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Научная статья

УДК 636.085:577.17:637.128

doi:10.33284/2658-3135-105-3-8

Влияние коррекции элементного статуса молочных коров на количественные и качественные характеристики молока

**Ирина Николаевна Сычева¹, Александр Борисович Оришев², Азер Агабала оглы Мамедов³,
Ольга Николаевна Ивашова⁴, Дина Марсельевна Муслюмова⁵**

^{1,2,3,4}Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

⁵Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

¹in sychewa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3784-0508>

²Orishev71@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1953-9543>

³azermamedov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3194-1930>

⁴o.ivashova@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9206-9862>

⁵icvniims@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0191-0757>

Аннотация. Дефицит йода и селена у молочного скота встречается часто. Целью исследования являлось изучение влияния коррекции элементного статуса на количественные и качественные характеристики молока. Исследования проведены на коровах (n=30) красной степной породы, в шерсти которых концентрация селена и йода была ниже 0,556 и 4,99 мг/кг соответственно. Коров, находящихся на 61-90 сутках лактации, по принципу аналогов разделили на 2 группы – контрольную и опытную. Опытным животным двукратно с интервалом в 10 суток парентерально вводили по 10 мл коммерческого препарата, содержащего в своём составе йод и селен в органической форме. На 5 сутки после второй инъекции была проведена контрольная дойка с отбором средних проб молока. Анализ химического состава молока выявил увеличение содержания белка, СОМО, селена, йода при снижении концентрации свинца, кадмия и количества соматических клеток у коров опытной группы. Изучение жирнокислотного состава молока показало, что у коров контрольной группы в молочном жире больше содержалось капроновой, каприловой, масляной и меньше стеариновой, бегеновой, олеиновой, линолевой и линоленовой жирных кислот. Таким образом, установлено положительное влияние коррекции йод-селенового статуса молочного скота на качественные характеристики молока.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, молочные коровы, элементный статус, йод, селен, молоко, качество молока, жирнокислотный состав

Для цитирования: Влияние коррекции элементного статуса молочных коров на количественные и качественные характеристики молока / И.Н. Сычева, А.Б. Оришев, А.А. Мамедов, О.Н. Ивашова, Д.М. Муслюмова // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 3. С. 8-18. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-8>

BIOELEMENTOLOGY IN ANIMAL HUSBANDRY AND CROP PRODUCTION

Original article

Effect of elemental status correction on the quantitative and qualitative characteristics of milk in dairy cows

**Irina N Sychyova¹, Aleksandr B Orishev², Azer Agabala ogly Mamedov³, Olga N Ivashova⁴,
Dina M Muslyumova⁵**

^{1,2,3,4}Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

⁵Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

¹in sychewa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3784-0508>

²Orishev71@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1953-9543>

³azermamedov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3194-1930>

⁴o.ivashova@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9206-9862>

⁵icvniims@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0191-0757>

Abstract. Iodine and selenium deficiencies are common in dairy cattle. The aim of the research was to study the effect of elemental status correction on the quantitative and qualitative characteristics of milk. The studies were carried out on Red Steppe cows (n=30) with selenium and iodine concentration in wool below 0.556 and 4.99 mg/kg, respectively. Cows on 61-90 days of lactation were divided into

2 groups according to the principle of analogues - control and experimental. Experimental animals were parenterally injected with 10 ml of a commercial preparation containing iodine and selenium in organic form twice with an interval of 10 days. A control milking and selection of average milk samples were carried out on the 5th day after the second injection. An analysis of the chemical composition of milk revealed an increase in content of protein, dry skimmed milk residue, selenium, iodine with a decrease in concentration of lead, cadmium and somatic cell score in cows of the experimental group. The study of the fatty acid composition of milk showed that milk fat contained more caproic, caprylic, butyric and less stearic, behenic, oleic, linoleic and linolenic fatty acids in cows of the control group. Thus, a positive effect of the iodine-selenium status correction on the quality characteristics of milk was established in dairy cattle.

Keywords: cattle, dairy cows, elemental status, iodine, selenium, milk, quality of milk, fatty acid composition

For citation: Sychyova IN, Orishev AB, Mamedov AA, Ivashova ON, Muslyumova DM. Effect of elemental status correction on the quantitative and qualitative characteristics of milk in dairy cows. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2022;105(3):8-18. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-8>

Введение.

Химические элементы необходимы для управления всеми физиологическими функциями, включая регуляцию углеводного, жирового и белкового обменов, скорости биохимических реакций, метаболизма витаминов, процессов роста и развития (Ellis KA et al., 2006).

Среди них йод и селен играют решающую роль для гомеостаза гормонов щитовидной железы, влияют на образование доброкачественных и злокачественных новообразований молочной железы, развитие сахарного диабета и другого. Дефицит йода и селена в почвах наблюдается во многих странах, включая Россию, следовательно, в кормах, выращенных на этих почвах, существует их недостаток, который приводит к широкому спектру нарушений, связанных с угнетением роста, неэффективным использованием корма, снижением репродуктивных, продуктивных качеств и повышением восприимчивости животных к инфекционным заболеваниям. Рекомендуемые нормы потребления селена и йода для мясного и молочного скота обычным набором кормов, без введения премикса, удовлетворить невозможно (NRC, 1996, 2001). При этом ликвидация дефицита даже по одному элементу должна сопровождаться нормированием и введением второго (Levander OA and Whanger PD, 1996). Молоко и молочные продукты относятся к неотъемлемой части здорового питания человека, являются важным источником белков, витаминов, жирных кислот и минеральных веществ, таких как Ca, P, Se, I, Mg и Zn (Haug A et al., 2007; Mills S et al., 2011; Ehtesham E et al., 2013; Górska-Warsewicz H et al., 2019). Жирность молока – важный качественный показатель (Yayota M et al., 2013), по которому ведётся приёмка молока и пересчёт на фактический его объём.

Качество жира в молоке напрямую зависит от его жирнокислотного состава. Высокоценные полиненасыщенные жирные кислоты линолевая, линоленовая и арахидоновая являются незаменимыми, обладают антиканцерогенными, антидиабетическими эффектами и влияют на неврологические функции организма (Benjamin S and Spener F, 2009; Mooney D et al., 2012). В свою очередь нежелательны высокие концентрации насыщенных жирных кислот, таких как лауриновая (C12:0), миристиновая (C14:0) и пальмитиновая (C16:0) (Hanus O et al., 2018), содержание которых ассоциировано с сердечно-сосудистыми заболеваниями (Potočnik D et al., 2020).

В связи с этим исследования, направленные на изучение влияния в дефицитных молочных стадах корректирующих йод-селеновых добавок на молочную продуктивность и качественные показатели молока, являются актуальными и представляют научный и практический интерес.

Цель исследования.

Изучить влияние парентерального введения комплексного микроэлементного препарата на количественные и качественные характеристики молока.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Коровы красной степной породы, стадия лактации – 61-90 сутки после отёла, возраст – 4 года, живая масса – $457,2 \pm 6,2$ кг; молоко, шерсть.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (1987 г.; Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Исследования проведены на коровах (n=30) красной степной породы, у которых концентрация в шерсти селена ($\leq 0,556$ мг/кг) и йода ($\leq 4,99$ мг/кг) была ниже ранее установленных референтных интервалов (2,5-97,5 процентиль, методика ИЮПАК и ASVCP), рекомендованных к использованию в качестве физиологической нормы (Мирошников С.А. и др., 2019). Коров с учётом их молочной продуктивности по принципу аналогов разделили на 2 группы – контрольную (n=15) и опытную (n=15). Опытным животным двукратно с интервалом в 10 суток парентерально вводили по 10 мл коммерческого препарата, содержащего в своём составе: йод – 5,5-7,5 мг/мл и селен в органической форме – 0,07-0,09 мг/мл. На 5 сутки после второй инъекции была проведена контрольная дойка с отбором средних проб молока.

Изучаемые показатели: концентрация йода и селена в шерсти, валовый надой и среднесуточный надой 1% молока, показатели качества молока (белок, СОМО, жир, плотность, t замерзания, концентрация микроэлементов, жирнокислотный состав, количество соматических клеток).

Оборудование и технические средства. Концентрацию микроэлементов в шерсти и молоке определяли методами атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии (АЭС-ИСП и МС-ИСП) в испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва) (Registration Certificate of ISO 9001: 2000, Number 4017 – 5.04.06). Исследования выполнены в ЦКП БСТ РАН <http://цкп-bst.ru>. Анализ качества молока проводился на автоматизированном комплексе Лактан 1-4М (исполнение 700) (ООО ВПК "СибагроПрибор", Россия), количество соматических клеток на вискозиметрическом анализаторе соматических клеток «Соматос Мини» (ООО ВПК "СибагроПрибор", Россия).

Статистическая обработка. Для обработки данных использовали офисный программный комплекс «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США), при этом уровень значимости различий по результатам сравнения выборок принимался меньшим или равным 0,05.

Результаты исследований.

Оптимальные дозы введения минеральных веществ в рационы лактирующих коров имеют решающее значение для реализации генетического потенциала молочной продуктивности и улучшения качества молока. Результаты двукратного парентерального введения йод-селенового комплекса при коррекции элементного статуса молочных коров выявили значительные изменения по отдельным количественным и качественным показателям молока (табл. 1).

Так, у коров опытной группы увеличилось содержание белка на 0,13 % ($P \leq 0,01$) и его выход – на 7,8 % ($P \leq 0,01$), СОМО – на 0,21 % ($P \leq 0,05$), селена – на 68,2 % ($P \leq 0,01$), йода – на 58,2 % ($P \leq 0,001$) при снижении концентрации свинца – на 24,4 % ($P \leq 0,001$), кадмия – на 33,3 ($P \leq 0,05$) и количества соматических клеток – на 15,5 % ($P \leq 0,05$).

В рамках подтверждения гипотезы о влиянии факторов питания на жирнокислотный состав молока нами проведена оценка изменений основных жирных кислот (табл. 2).

Таблица 1. Количество и качественные показатели молока коров красной степной породы, на 5 сутки после второго введения микроэлементного комплекса

Table 1. Quantitative and qualitative indicators of milk in Red Steppe cows, on the 5th day after the second introduction of the microelemental complex

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	контрольная / control	опытная / experimental
Среднесуточный надой, л/сут / Average daily milky yield, l/d	17,6±3,21	18,2±2,84
Белок, % / Protein, %	3,11±0,08	3,24±0,06**
Выход белка, кг/сут / Protein yield, kg/d	0,56±0,06	0,61±0,07**
СОМО, % / DSMR, %	8,37±0,22	8,58±0,14*
Жир, % / Fat, %	3,92±0,24	4,01±0,31
Среднесуточный надой 1 % молока, л/сут / Average daily 1%-milk yield, l/d	68,99±9,54	72,98±10,06
Плотность, кг/м ³ / Density, kg/m ³	1026,5±1,4	1027,3±0,6
т замерзания, °C / Freezing t, °C	-0,545±0,018	-0,556±0,015
Se, мг/кг / Se, mg/kg	0,022±0,002	0,037±0,004**
I, мг/кг / I, mg/kg	0,249±0,009	0,394±0,021***
Fe, мг/кг / Fe, mg/kg	0,070±0,030	0,072±0,033
Cu, мг/кг / Cu, mg/kg	0,027±0,013	0,039±0,020
Co, мг/кг / Co, mg/kg	0,124±0,041	0,119±0,028
Mn, мг/кг / Mn, mg/kg	0,009±0,004	0,007±0,003
Zn, мг/кг / Zn, mg/kg	1,715±0,651	2,153±0,289
Pb, мг/кг / Pb, mg/kg	0,041±0,005	0,031±0,007***
Cd, мг/кг / Cd, mg/kg	0,003±0,0002	0,002±0,0001*
Количество соматических клеток, тыс./см ³ / Somatic cell score, thousand/cm ³	276,4±14,4	234,8±12,2*

Примечание: * – P≤0,05; ** – P≤0,01, *** – P≤0,001 по сравнению с контрольной группой

Note: * – P≤0,05; ** – P≤0,01, *** – P≤0,001 compared with control group

Таблица 2. Жирнокислотный состав молока опытных групп, % к сумме жирных кислот

Table 2. Fatty acid composition of milk in experimental groups, % to the amount of fatty acids

Жирная кислота / Fatty acid	Группа / Group	
	контрольная / control	опытная / experimental
Капроновая / Caproic	2,30±0,37	1,65±0,21**
Каприловая / Caprylic	1,43±0,30	1,03±0,08**
Каприновая / Capric	2,84±0,57	2,30±0,37
Лауриновая / Lauric	3,53±0,48	3,15±0,60
Миристиновая / Myristic	11,34±1,14	10,25±1,38
Пальмитиновая / Palmitic	29,09±1,69	27,87±1,17
Стеариновая / Stearic	10,91±1,26	12,40±0,72*
Арахиновая / Arachinoic	0,09±0,11	0,13±0,19
Бегеновая / Behenic	0,000±0,000	0,067±0,052**
Миристолеиновая / Myristoleic	0,71±0,16	0,67±0,05
Пальмитолеиновая / Palmitoleic	1,59±0,22	1,65±0,20
Олеиновая / Oleic	27,90±1,31	31,00±1,90**
Масляная / Butyric	3,46±0,44	2,40±0,14***
Деценовая / Decenoic	0,29±0,07	0,28±0,04
Линолевая / Linoleic	3,04±0,58	4,30±0,36***
Линоленовая / Linolenic	0,34±0,46	1,08±0,21**

Примечание: * – P≤0,05; ** – P≤0,01, *** – P≤0,001 по сравнению с контрольной группой

Note: * – P≤0,05; ** – P≤0,01, *** – P≤0,001 compared with control group

У коров контрольной группы в молочном жире больше содержалось жирных кислот: капроновой – на 39,4 % ($P \leq 0,01$), каприловой – на 38,3 % ($P \leq 0,01$), масляной – на 44,1 % ($P \leq 0,001$) и меньше стеариновой – на 12,0 % ($P \leq 0,05$), бегеновой – на 100,0 % ($P \leq 0,05$), олеиновой – на 10,0 % ($P \leq 0,05$), линолевой – на 29,2 % ($P \leq 0,05$) и линоленовой – на 68,4 % ($P \leq 0,05$).

В ходе проведённого исследования получены данные, отражающие статистически значимую корреляционную связь между группой животных и масляной ($r=-0,87$), капроновой ($r=-0,81$), каприловой ($r=-0,76$), стеариновой ($r=0,66$), олеиновой ($r=0,72$), линолевой ($r=0,87$), линоленовой ($r=0,67$) и бегеновой ($r=0,72$) жирными кислотами.

Обсуждение полученных результатов.

На молочную продуктивность скота влияет множество факторов, однако дисбаланс минеральных элементов имеет решающее значение с точки зрения прямого воздействия на продуктивность (Juniper DT et al., 2006). Адекватное потребление микроэлементов и их биодоступность также необходимы для различных метаболических функций, включая иммунный и ферментативный ответы и репродукцию (Overton TR and Yasui T, 2014). Биодоступность микроэлементов зависит от ряда факторов, среди которых ключевое значение имеет наличие антагонистов в грубых, пастбищных кормах, а также источниках воды (Juniper DT et al. 2006). Чтобы свести к минимуму эффект антагонизма, наблюдаемый при пероральном приёме микроэлементов, или возможный окислительный стресс при введении несвязанных элементов (Shen HM et al., 1999), нами применялся инъекционный метод доставки микроэлементов, включающий двукратное подкожное введение микроэлементного препарата. Как известно, адекватное потребление селена и йода с молоком и молочными продуктами является стратегически важной задачей человечества. Это объясняется тем, что больше чем у четверти населения мира наблюдаются сниженные функции щитовидной железы (гипотиреоз), которые приводят к проблемам в иммунной системе, росте, фертильности, бесплодии, новообразованиях и сердечно-сосудистых заболеваниях (Ashton K et al., 2009; Uslu N et al., 2010; EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), 2014).

В связи с этим нами проведены исследования, направленные на изучение влияния двукратного введения корректирующей йод-селеновой добавки на количественные и качественные характеристики молока.

Как показали результаты наших исследований, введение корректирующего препарата не влияет на среднесуточный надой молока и его жирность, это подтверждают и ранее проведённые исследования (Machado VS et al., 2013, Ianni A et al., 2019). При этом выявлены достоверные различия по процентному содержанию белка и его выходу в молоке, по нашему мнению, это объяснимо тем, что органические формы селена связаны с аминокислотой – метионин, подобные эффекты по повышению уровня белка в молоке при введении селенизированных дрожжей были получены Juniper DT с соавторами (2006) и Slavik P с соавторами (2008).

Доказано, что уровень соматических клеток в молоке является индикатором здоровья вымени, при этом концентрация селена напрямую влияет на этот показатель (Schwarz D et al., 2010). Соответственно мероприятия, направленные на повышение концентрации селена в молоке, способствуют увеличению полиморфноядерных нейтрофилов и снижает риск возникновения мастита (Smith KL et al., 1997; Haug A et al., 2007; Spears JW and Weiss WP, 2008). Это подтвердили и наши исследования, когда в опытной группе количество соматических клеток снизилось на 15,5 % ($P \leq 0,05$).

Двукратное введение корректирующей добавки с интервалом в 10 суток позволяет на 5 сутки после введения второй инъекции повысить концентрацию йода в молоке до $0,394 \pm 0,021$ мг/кг против $0,249 \pm 0,009$ без коррекции. Такие уровни согласуются с данными, полученными Министерством здравоохранения Канады, установившим, что для розничной торговли в этой стране молоко поступает с уровнем йода 0,393 мг/кг (Castro SI et al., 2012) и несколько ниже, чем в Великобритании – 0,427 мг/кг. Такая высокая концентрация этого элемента обусловлена тем, что в этой стране обработка сосков после машинного доения происходит с помощью йодсодержащих дезинфициру-

ющих средств, которые, как было доказано ранее, значительно увеличивают концентрацию йода в молоке (Castro SI et al., 2012; O'Kane SM et al., 2018).

В связи с тем, что молоко является важным источником селена, для человека его концентрация должна находиться в диапазоне от 0,01 мг/л (Robertson CE, 2003) до 0,14 мг/л (Ferreira GM and Petzer IM, 2019), такой большой диапазон объясняется тем, что концентрацией селена в молоке легко управлять, и это может быть полезным инструментом для увеличения потребления селена людьми, особенно в дефицитных биогеохимических провинциях (Cobo-Angel C et al., 2014). В нашем исследовании они находились на уровне 0,022-0,037 мг/л, что соответствует рекомендуемым параметрам для потребления человека.

Имеющиеся противоречивые данные по влиянию коррекции йод-селенового статуса на жирнокислотный состав молока не позволяют достоверно оценить эффект от ведения испытуемых добавок. Так, имеются исследования, показывающие увеличение содержания высокоценных полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК): линолевой, линоленовой и арахидоновой при низких концентрациях йода и селена в органическом молоке (Średnicka-Tober D et al., 2016), другие – при высоких (Ran L et al., 2010). Проведённое нами исследование показало снижение насыщенных жирных кислот: капроновой и каприловой и увеличение моно- и ПНЖК, что согласуется с исследованиями Ran L с соавторами (2010).

Заключение.

Коррекция йод-селенового статуса у молочных коров влияет на качественные характеристики молока, увеличивая содержание белка, СОМО, селена, йода, полиненасыщенных жирных кислот при снижении уровня насыщенных жирных кислот, свинца, кадмия и количества соматических клеток.

Список источников

1. Референтные интервалы концентраций химических элементов в шерсти молочных коров / С.А. Мирошников, О.А. Завьялов, А.Н. Фролов, М.Я. Курилкина, Е.А. Тяпугин, Х.Х. Тагиров // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102. № 3. С. 33-45. [Miroshnikov SA, Zavyalov OA, Frolov AN, Kurilkina MYa, Tyapugin EA, Tagirov KhKh. Reference ranges of concentrations of chemical elements in the wool of dairy cows. Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(3):33-45. (in Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-3-33
2. Ashton K, Hooper L, Harvey LJ, Hurst R, Casgrain A, Fairweather-Tait SJ. Methods of assessment of selenium status in humans: a systematic review. Am J Clin Nutr. 2009;89(6):2025S-2039S. doi: 10.3945/ajcn.2009.27230F
3. Benjamin S, Spener F. Conjugated linoleic acids as functional food: an insight into their health benefits. Nutr Metab (Lond.) 2009;6:36. doi: 10.1186/1743-7075-6-36
4. Castro SI, Berthiaume R, Robichaud A, Lacasse P. Effects of iodine intake and teat-dipping practices on milk iodine concentrations in dairy cows. J Dairy Sci. 2012;95(1):213-220. doi: 10.3168/jds.2011-4679
5. Cobo-Angel C, Wichtel J, Ceballos-Márques A. Selenium in milk and human health. Animal Frontiers. 2014;4(2):38-43. doi: <https://doi.org/10.2527/af.2012-0013>
6. EFSA Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for iodine. EFSA J. 2014;12(5):3660. doi: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3660>
7. Ehtesham E, Baisden WT, Keller ED, Hayman AR, Van Hale R, Frew RD. Correlation between precipitation and geographical location of the $\delta^{2}\text{H}$ values of the fatty acids in milk and bulk milk powder. Geochim Cosmochim Acta. 2013;111:105-116. doi: 10.1016/j.gca.2012.10.026
8. Ellis KA, Innocent G, Grove-White D, Cripps P, McLean WG, Howard CV, Mihm M. Comparing the fatty acid composition of organic and conventional milk. J Dairy Sci. 2006;89(6):1938-1950. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72261-5

9. Ferreira GM, Petzer IM. Injectable organic and inorganic selenium in dairy cows – effects on milk, blood and somatic cell count levels. *Onderstepoort J Vet Res.* 2019;86(1):a1664. doi: 10.4102/ojvr.v86i1.1664
10. Górska-Warsewicz H, Rejman K, Laskowski W, Czeczotko M. Milk and dairy products and their nutritional contribution to the average polish diet. *Nutrients.* 2019;11(8):1771. doi: 10.3390/nu11081771
11. Hanus O, Samková E, Křížová L, Hasoňová L, Kala R. Role of fatty acids in milk fat and the influence of selected factors on their variability—a review. *Molecules.* 2018;23(7):1636. doi: 10.3390/molecules23071636
12. Haug A, Høstmark AT, Harstad OM. Bovine milk in human nutrition – a review. *Lipids Health Dis.* 2007;6:25. doi: 10.1186/1476-511X-6-25
13. Ianni A, Bennato F, Martino C, Innosa D, Grotta L, Martino G. Effects of selenium supplementation on chemical composition and aromatic profiles of cow milk and its derived cheese. *J Dairy Sci.* 2019;102(8):6853-6862. doi: 10.3168/jds.2019-16382
14. Juniper DT, Phipps RH, Jones AK, Bertin G. Selenium supplementation of lactating dairy cows: effect on selenium concentration in blood, milk, urine, and feces. *J Dairy Sci.* 2006;89(9):3544-3551. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72394-3
15. Levander OA, Whanger PD. Deliberations and evaluations of the approaches, endpoints and paradigms for selenium and iodine dietary recommendations. *J Nutr.* 1996;126(9 Suppl):2427S-2434S. doi: 10.1093/jn/126.suppl_9.2427S
16. Machado VS, Bicalho MLS, Pereira RV, Caixeta LS, Knauer WA, Oikonomou G, Gilbert RO, Bicalho RC. Effect of an injectable trace mineral supplement containing selenium, copper, zinc, and manganese on the health and production of lactating Holstein cows. *Vet J.* 2013;197(2):451-456. doi: 10.1016/j.tvjl.2013.02.022
17. Mills S, Ross RP, Hill C, Fitzgerald GF, Stanton C. Milk intelligence: Mining milk for bioactive substances associated with human health. *Int Dairy J.* 2011;21(6):377-401. doi: 10.1016/j.idairyj.2010.12.011
18. Mooney D, McCarthy C, Belton O. Effects of conjugated linoleic acid isomers on monocyte, macrophage and foam cell phenotype in atherosclerosis. *Prostaglandins & Other Lipid Mediators.* 2012;98(3-4):56-62. doi: 10.1016/j.prostaglandins.2011.12.006
19. National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle: Seventh revised edition. Washington DS: The National Academies Press; 2001: 405 p. doi: <https://doi.org/10.17226/9825>
20. NRC. Nutrient requirements of beef cattle Washington, DC, USA: National Academy Press; 1996: 242 p.
21. O'Kane SM, Pourshahidi LK, Mulhern MS, Weir RR, Hill S, O'Reilly J, Kmiotek D, Deitrich C, Mackle EM, Fitzgerald E, Lowis C, Johnston M, Strain JJ, Yeates AJ. The effect of processing and seasonality on the iodine and selenium concentration of cow's milk produced in northern ireland (ni): implications for population dietary intake. *Nutrients.* 2018;10(3):287. doi: 10.3390/nu10030287
22. Overton TR, Yasui T. Practical applications of trace minerals for dairy cattle. *J Anim Sci.* 2014;92(2):416-426. doi: 10.2527/jas.2013-7145
23. Potočnik D, Strojnik L, Eftimov T, Levart A, Ogrinc N. Fatty acid and stable carbon isotope composition of Slovenian milk: year, season, and regional variability. *Molecules.* 2020;25(12):2892. doi: 10.3390/molecules25122892
24. Ran L, Wu X, Shen X, Zhang K, Ren F, Huang K. Effects of selenium form on blood and milk selenium concentrations, milk component and milk fatty acid composition in dairy cows. *J Sci Food Agric.* 2010;90(13):2214-2219. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.4073>
25. Robertson CE. McCance and Widdowson's the composition of foods – sixth summary edition. *Nutrition Bulletin.* 2003;28(1):81-83. doi: 10.1046/j.1467-3010.2003.00292.x

26. Shen HM, Yang CF, Ong CN. Sodium selenite-induced oxidative stress and apoptosis in human hepatoma HepG₂ cells. *Int J Cancer.* 1999;81(5):820-828. doi: 10.1002/(sici)1097-0215(19990531)81:5<820::aid-ijc25>3.0.co;2-f
27. Schwarz D, Diesterbeck US, Failing K, König S, Brügemann K, Zschöck M, Wolter W, Czerny CP. Somatic cell counts and bacteriological status in quarter foremilk samples of cows in Hesse, Germany – a longitudinal study. *J Dairy Sci.* 2010;93(12):5716-5728. doi: 10.3168/jds.2010-3223
28. Slavik P, Illek J, Brix M, Hlavicova J, Rajmon R, Jilek F. Influence of organic versus inorganic dietary selenium supplementation on the concentration of selenium in colostrum, milk and blood of beef cows. *Acta Vet Scand.* 2008;50(1):43. doi: 10.1186/1751-0147-50-43
29. Smith KL, Hogan JS, Weiss WP. Dietary vitamin E and selenium affect mastitis and milk quality. *J Anim Sci.* 1997;75(6):1659-1665. doi: 10.2527/1997.7561659x
30. Spears JW, Weiss WP. Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *Vet J.* 2008;176(1):70-76. doi: 10.1016/j.tvjl.2007.12.015
31. Średnicka-Tober D, Barański M, Seal CJ, Sanderson R, Benbrook C, Steinshamn H, Gromadzka-Ostrowska J, Rembiałkowska E, Skwarło-Sońta K, Eyre M et al. Higher PUFA and n-3 PUFA, conjugated linoleic acid, α -tocopherol and iron, but lower iodine and selenium concentrations in organic milk: a systematic literature review and meta- and redundancy analyses. *Br J Nutr.* 2016;115(6):1043-1060. doi: 10.1017/S0007114516000349.
32. Uslu N, Saltik-Temizel I, Demir H, Gürakan F, Özén H, Yüce A. Serum selenium concentrations in cirrhotic children. *Turk J Gastroenterol.* 2010;21(2):153-155. doi: 10.4318/tjg.2010.0074
33. Yayota M, Tsukamoto M, Yamada Y, Ohtani S. Milk composition and flavor under different feeding systems: A survey of dairy farms. *J Dairy Sci.* 2013;96(8):5174-5183. doi: 10.3168/jds.2012-5963

References

1. Miroshnikov SA, Zavyalov OA, Frolov AN, Kurilkina MYa, Tyapugin EA, Tagirov KhKh. Reference ranges of concentrations of chemical elements in the wool of dairy cows. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2019;102(3):33-45. doi: 10.33284/2658-3135-102-3-33
2. Ashton K, Hooper L, Harvey LJ, Hurst R, Casgrain A, Fairweather-Tait SJ. Methods of assessment of selenium status in humans: a systematic review. *Am J Clin Nutr.* 2009;89(6):2025S-2039S. doi: 10.3945/ajcn.2009.27230F
3. Benjamin S, Spener F. Conjugated linoleic acids as functional food: an insight into their health benefits. *Nutr Metab (Lond.)* 2009;6:36. doi: 10.1186/1743-7075-6-36
4. Castro SI, Berthiaume R, Robichaud A, Lacasse P. Effects of iodine intake and teat-dipping practices on milk iodine concentrations in dairy cows. *J Dairy Sci.* 2012;95(1):213-220. doi: 10.3168/jds.2011-4679
5. Cobo-Angel C, Wichtel J, Ceballos-Márques A. Selenium in milk and human health. *Animal Frontiers.* 2014;4(2):38-43. doi: <https://doi.org/10.2527/af.2012-0013>
6. EFSA Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for iodine. *EFSA J.* 2014;12(5):3660. doi: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3660>
7. Ehtesham E, Baisden WT, Keller ED, Hayman AR, Van Hale R, Frew RD. Correlation between precipitation and geographical location of the $\delta^{2}\text{H}$ values of the fatty acids in milk and bulk milk powder. *Geochim Cosmochim Acta.* 2013;111:105-116. doi: 10.1016/j.gca.2012.10.026
8. Ellis KA, Innocent G, Grove-White D, Cripps P, McLean WG, Howard CV, Mihm M. Comparing the fatty acid composition of organic and conventional milk. *J Dairy Sci.* 2006;89(6):1938-1950. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72261-5
9. Ferreira GM, Petzer IM. Injectable organic and inorganic selenium in dairy cows – effects on milk, blood and somatic cell count levels. *Onderstepoort J Vet Res.* 2019;86(1):a1664. doi: 10.4102/ojvr.v86i1.1664

10. Górska-Warsewicz H, Rejman K, Laskowski W, Czeczotko M. Milk and dairy products and their nutritional contribution to the average polish diet. *Nutrients*. 2019;11(8):1771. doi: 10.3390/nu11081771
11. Hanus O, Samková E, Křížová L, Hasoňová L, Kala R. Role of fatty acids in milk fat and the influence of selected factors on their variability—a review. *Molecules*. 2018;23(7):1636. doi: 10.3390/molecules23071636
12. Haug A, Høstmark AT, Harstad OM. Bovine milk in human nutrition – a review. *Lipids Health Dis.* 2007;6:25. doi: 10.1186/1476-511X-6-25
13. Ianni A, Bennato F, Martino C, Innosa D, Grotta L, Martino G. Effects of selenium supplementation on chemical composition and aromatic profiles of cow milk and its derived cheese. *J Dairy Sci.* 2019;102(8):6853-6862. doi: 10.3168/jds.2019-16382
14. Juniper DT, Phipps RH, Jones AK, Bertin G. Selenium supplementation of lactating dairy cows: effect on selenium concentration in blood, milk, urine, and feces. *J Dairy Sci.* 2006;89(9):3544-3551. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72394-3
15. Levander OA, Whanger PD. Deliberations and evaluations of the approaches, endpoints and paradigms for selenium and iodine dietary recommendations. *J Nutr.* 1996;126(9 Suppl):2427S-2434S. doi: 10.1093/jn/126.suppl_9.2427S
16. Machado VS, Bicalho MLS, Pereira RV, Caixeta LS, Knauer WA, Oikonomou G, Gilbert RO, Bicalho RC. Effect of an injectable trace mineral supplement containing selenium, copper, zinc, and manganese on the health and production of lactating Holstein cows. *Vet J.* 2013;197(2):451-456. doi: 10.1016/j.tvjl.2013.02.022
17. Mills S, Ross RP, Hill C, Fitzgerald GF, Stanton C. Milk intelligence: Mining milk for bioactive substances associated with human health. *Int Dairy J.* 2011;21(6):377-401. doi: 10.1016/j.idairyj.2010.12.011
18. Mooney D, McCarthy C, Belton O. Effects of conjugated linoleic acid isomers on monocyte, macrophage and foam cell phenotype in atherosclerosis. *Prostaglandins & Other Lipid Mediators.* 2012;98(3-4):56-62. doi: 10.1016/j.prostaglandins.2011.12.006
19. National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle: Seventh revised edition. Washington DS: The National Academies Press; 2001: 405 p. doi: <https://doi.org/10.17226/9825>
20. NRC. Nutrient requirements of beef cattle Washington, DC, USA: National Academy Press; 1996: 242 p.
21. O'Kane SM, Pourshahidi LK, Mulhern MS, Weir RR, Hill S, O'Reilly J, Kmiotek D, Deitrich C, Mackle EM, Fitzgerald E, Lowis C, Johnston M, Strain JJ, Yeates AJ. The effect of processing and seasonality on the iodine and selenium concentration of cow's milk produced in northern ireland (ni): implications for population dietary intake. *Nutrients*. 2018;10(3):287. doi: 10.3390/nu10030287
22. Overton TR, Yasui T. Practical applications of trace minerals for dairy cattle. *J Anim Sci.* 2014;92(2):416-426. doi: 10.2527/jas.2013-7145
23. Potočnik D, Strojnik L, Eftimov T, Levart A, Ogrinc N. Fatty acid and stable carbon isotope composition of Slovenian milk: year, season, and regional variability. *Molecules*. 2020;25(12):2892. doi: 10.3390/molecules25122892
24. Ran L, Wu X, Shen X, Zhang K, Ren F, Huang K. Effects of selenium form on blood and milk selenium concentrations, milk component and milk fatty acid composition in dairy cows. *J Sci Food Agric.* 2010;90(13):2214-2219. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.4073>
25. Robertson CE. McCance and Widdowson's the composition of foods – sixth summary edition. *Nutrition Bulletin.* 2003;28(1):81-83. doi: 10.1046/j.1467-3010.2003.00292.x
26. Shen HM, Yang CF, Ong CN. Sodium selenite-induced oxidative stress and apoptosis in human hepatoma HepG₂ cells. *Int J Cancer.* 1999;81(5):820-828. doi: 10.1002/(sici)1097-0215(19990531)81:5<820::aid-ijc25>3.0.co;2-f

27. Schwarz D, Diesterbeck US, Failing K, König S, Brügemann K, Zschöck M, Wolter W, Czerny CP. Somatic cell counts and bacteriological status in quarter foremilk samples of cows in Hesse, Germany – a longitudinal study. *J Dairy Sci.* 2010;93(12):5716-5728. doi: 10.3168/jds.2010-3223
28. Slavik P, Illek J, Brix M, Hlavicova J, Rajmon R, Jilek F. Influence of organic versus inorganic dietary selenium supplementation on the concentration of selenium in colostrum, milk and blood of beef cows. *Acta Vet Scand.* 2008;50(1):43. doi: 10.1186/1751-0147-50-43
29. Smith KL, Hogan JS, Weiss WP. Dietary vitamin E and selenium affect mastitis and milk quality. *J Anim Sci.* 1997;75(6):1659-1665. doi: 10.2527/1997.7561659x
30. Spears JW, Weiss WP. Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *Vet J.* 2008;176(1):70-76. doi: 10.1016/j.tvjl.2007.12.015
31. Średnicka-Tober D, Barański M, Seal CJ, Sanderson R, Benbrook C, Steinhamn H, Gromadzka-Ostrowska J, Rembiałkowska E, Skwarło-Sońta K, Eyre M et al. Higher PUFA and n-3 PUFA, conjugated linoleic acid, α -tocopherol and iron, but lower iodine and selenium concentrations in organic milk: a systematic literature review and meta- and redundancy analyses. *Br J Nutr.* 2016;115(6):1043-1060. doi: 10.1017/S0007114516000349.
32. Uslu N, Saltik-Temizel I, Demir H, Gürakan F, Özen H, Yüce A. Serum selenium concentrations in cirrhotic children. *Turk J Gastroenterol.* 2010;21(2):153-155. doi: 10.4318/tjg.2010.0074
33. Yayota M, Tsukamoto M, Yamada Y, Ohtani S. Milk composition and flavor under different feeding systems: A survey of dairy farms. *J Dairy Sci.* 2013;96(8):5174-5183. doi: 10.3168/jds.2012-5963

Информация об авторах:

Ирина Николаевна Сычева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры частной зоотехнии, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, тел.: +7-926-394-89-19.

Александр Борисович Оришев, доктор исторических наук, заведующий кафедрой истории, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, тел.: +7-926-677-1860.

Азер Агабала оглы Мамедов, доктор философских наук, и.о. заведующего кафедрой философии, профессор кафедры философии, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, тел.: +7-926-906-10-96.

Ольга Николаевна Ивашова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель, кафедра систем автоматизированного проектирования и инженерных расчетов, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, тел.: +7-905-774-09-18.

Дина Марсельевна Муслюмова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Испытательного центра ЦКП, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-77, e-mail: icvniims@mail.ru

Information about authors:

Irina N Sycheva, Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Particular Zootechnics Department, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127434, tel.: +7-926-394-89-19.

Alexander B Orishev, Dr. Sci. (History), Head of the Department of History, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127434, tel.: +7-926-677-1860.

Azer Agabala oglu Mammadov, Dr. Sci. (Philosophy), Acting Head of the Department of Philosophy, Professor of the Department of Philosophy, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127434, tel.: +7-926-906-10-96.

Olga N Ivashova, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Lecturer, Department of Computer-Aided Design and Engineering Calculations, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127434, tel.: +7-905-774-09-18.

Dina M Muslyumova, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher of the Testing Center of the Central Common Use Center, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8(3532)30-81-77.

Статья поступила в редакцию 09.08.2022; одобрена после рецензирования 18.08.2022; принятая к публикации 12.09.2022.

The article was submitted 09.08.2022; approved after reviewing 18.08.2022; accepted for publication 12.09.2022.