

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 4. С. 184-191.

Научная статья

УДК 637.11:577.17

doi:10.33284/2658-3135-107-4-184

Содержание микроэлементов в молоке дойных коров, получавших глицин-хелатные минеральные добавки

Джордж Влад Гойлян¹, Кристина Теодор Ромео², Дома Александру Октавиан³,
Евгения Думитреску⁴, Михай Фолеску⁵, Флорин Муселин^{6,7}

^{1,2,3,4,5,6} Университет естественных наук «Король Румынии Мишель I» из Тимишоары, Тимишоара, Румыния

⁷ Рабочая группа по ксенобиохимии, Филиал Румынской академии в Тимишоаре, Тимишоара, Румыния

² <https://orcid.org/0000-0002-5420-1516>

³ <https://orcid.org/0000-0001-5252-6969>

⁴ <https://orcid.org/0000-0002-8346-6230>

^{6,7} floin.muselin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2907-4233>

Аннотация. В статье представлены данные о влиянии некоторых микроминеральных добавок на элементный состав молока дойных коров, получавших глицин-хелатные минеральные добавки. Исследование проводилось на тридцати полновозрастных дойных коровах голштинской породы в возрасте около 62±4,5 месяцев, которые случайным образом были разделены на две группы: С – контроль, получавший основной рацион без глицин-минеральной добавки, и одна экспериментальная группа (Е), получавшая глицин-хелатные добавки Cu, Zn, Mn и Fe в следующих количествах: Cu – 15 мг/кг, Mn – 20 мг/кг, Zn – 60 мг/кг и Fe – 100 мг/кг, добавленные в концентрированный корм. Эксперимент проводился с 30-го по 100-й дни лактации. В молоке определяли содержание цинка (Zn), селена (Se), железа (Fe), марганца (Mn) и меди (Cu). В молоке опытной группы на 65-й день лактации наблюдалось значительное ($P \leq 0,05$) увеличение концентрации Se, Mn и Cu и высокодостоверное ($P \leq 0,01$) повышение Zn, Se, Mn и Cu на 100-й день лактации. Содержание Fe увеличивалось во все периоды исследования, но изменения не было статистически значимыми ($P \geq 0,05$). Мы пришли к выводу, что добавка хелатированных минералов дойным коровам способствует увеличению содержания элементов в молоке, что положительно сказывается на здоровье животных.

Ключевые слова: дойные коровы, голштинская порода, кормление, минеральные вещества молока, добавки, минералы, микроэлементы

Для цитирования: Содержание микроэлементов в молоке дойных коров, получавших глицин-хелатные минеральные добавки / Д.В. Гойлян, К.Т. Ромео, Д.А. Октавиан, Е. Думитреску, М. Фолеску, Ф. Муселин // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 4. С. 184-191. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-4-184>

Введение.

Микроэлементы играют важнейшую роль в различных физиологических процессах, в том числе поддержание здоровья, антиоксидантная защита и повышение продуктивности дойных коров (Faulkner MJ and Weiss WP, 2017; Wu G, 2018). Напротив, недостаток микроэлементов может ослабить иммунную систему молочных коров (Spears JW and Weiss WP, 2008).

У жвачных животных часто наблюдается значительный недостаток микроэлементов, таких как кобальт, медь, йод, селен, цинк и марганец (Hidiroglu M, 1979). Их недостаток может существенно повлиять на общее развитие и уровень продуктивности (Mackenzie AM et al., 2001).

Молоко – важнейший продукт, богатый питательными веществами, который на протяжении столетий был неотъемлемой частью рациона человека в различных культурах. Оно является не только важным источником питательных веществ, таких как углеводы, белки и жиры, но и содержит множество биологически активных соединений, включая витамины и минеральные вещества. Среди них – микроэлементы, необходимые для многих физиологических функций и общего состояния здоровья. Они, в том числе железо, цинк, медь, марганец и селен, играют важнейшую роль в процессах метаболизма, иммунной функции и целостности клеток (Maret W, 2020).

В то время как молоко – широко известный источник кальция и витамина D, не менее важен и его микроэлементный профиль. Например, исследования показывают очень высокую биодоступность железа и цинка из молочных продуктов, что способствует удовлетворению потребностей населения всего мира в этих элементах (Hercberg S and Galan P, 2010). Кроме того, микроэлементный состав молока связан с поддержанием здоровья, включая укрепление костей, сохранение иммунитета и снижение риска некоторых хронических заболеваний (Silva BB et al., 2020).

В предыдущих исследованиях, в том числе собственном (Goilean GV et al., 2022), сообщалось о положительном влиянии микроэлементных добавок или использовании различных органических форм микроэлементов на молочных коров. Это положительно сказывается на молочной продуктивности (Rabiee AR et al., 2010), сокращает количество соматических клеток (Kellogg DW et al., 2004), снижает заболеваемость хромотой и улучшает общее состояние конечностей у дойных коров (Nocek JE et al., 2000; Siciliano-Jones JL et al., 2008; Overton TR and Yasui T, 2014).

Цель исследования.

Изучение влияния глицин-хелатных минеральных добавок на уровень отдельных микроэлементов в молоке дойных коров.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Полновозрастные дойные коровы голштинской породы возрастом $62 \pm 4,5$ месяца и живой массой 462 ± 23 кг.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были одобрены Научным комитетом (Решение № 62 /15.11.2020). Кроме того, все процедуры соответствовали Директиве ЕС об экспериментах на животных (Directive 2010/63/EU...).

Схема эксперимента. Коровы содержались в индивидуальных стойлах на привязи в частном сельскохозяйственном предприятии в уезде Бихор, Румыния. 30 коров рандомизировано разделили на 2 группы ($n=15$): контрольная группа (С) получала основной рацион без глицин-минеральной добавки, опытная группа (Е) дополнительно к основному рациону получала глицин-хелатные добавки Cu, Zn, Mn и Fe (E.C.O. Tracer®, Biochem, Germany) в следующих количествах: Cu – 15 мг/кг, Mn – 20 мг/кг, Zn – 60 мг/кг и Fe – 100 мг/кг, которые смешивали с концентрированным кормом.

Опыт продолжался с 30-го по 100-й день лактации. Пробы молока отбирались в начале (30-й день лактации), середине и конце (65-й и 100-й дни лактации) эксперимента. Кормление производилось индивидуально дважды в день по описанной ранее методике (Goilean G et al., 2022). Химический состав рациона кормления представлен в таблице 1.

Таблица 1. Питательная ценность рациона дойных коров

Показатель	Ед. изм.	Значение
Сухое вещество	%	48.2
Сырой протеин	%	16.96
Переваримый протеин	% от сырого протеина	49.5
Обменная энергия	Мкал/ кг	1.65
Ca	%	1.02
P	%	0.31
Mg	%	0.38
K	%	1.07
Na	%	0.33
Cl	%	0.32
Витамин А	МЕ/кг	11 400
Витамин D	МЕ/кг	3100
Витамин E	МЕ/кг	35200
Fe	1‰	208.33
Zn	1‰	26.91
Cu	1‰	9.14
Mn	1‰	24.27
Se	1‰	0.19

Оборудование и технические средства. Содержание основных биоэлементов в молоке – марганца (Mn), селена (Se), цинка (Zn), меди (Cu) и железа (Fe) определяли в печи с пиролитической трубкой для Mn, Se и Cu и анализа пламени – для Zn и Fe методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) на спектрофотометре ContrAA800 (Analytic Jena, Германия). Подготовка образцов проводилась методом микроволнового сбраживания (Anton Paar, Австрия) с добавлением в сосуды для сбраживания: 1 мл образца молока, 10 мл концентрированной азотной кислоты и 2 мл перекиси водорода. Параметры микроволн составляли 10 мин, +120 °С, 800 Вт.

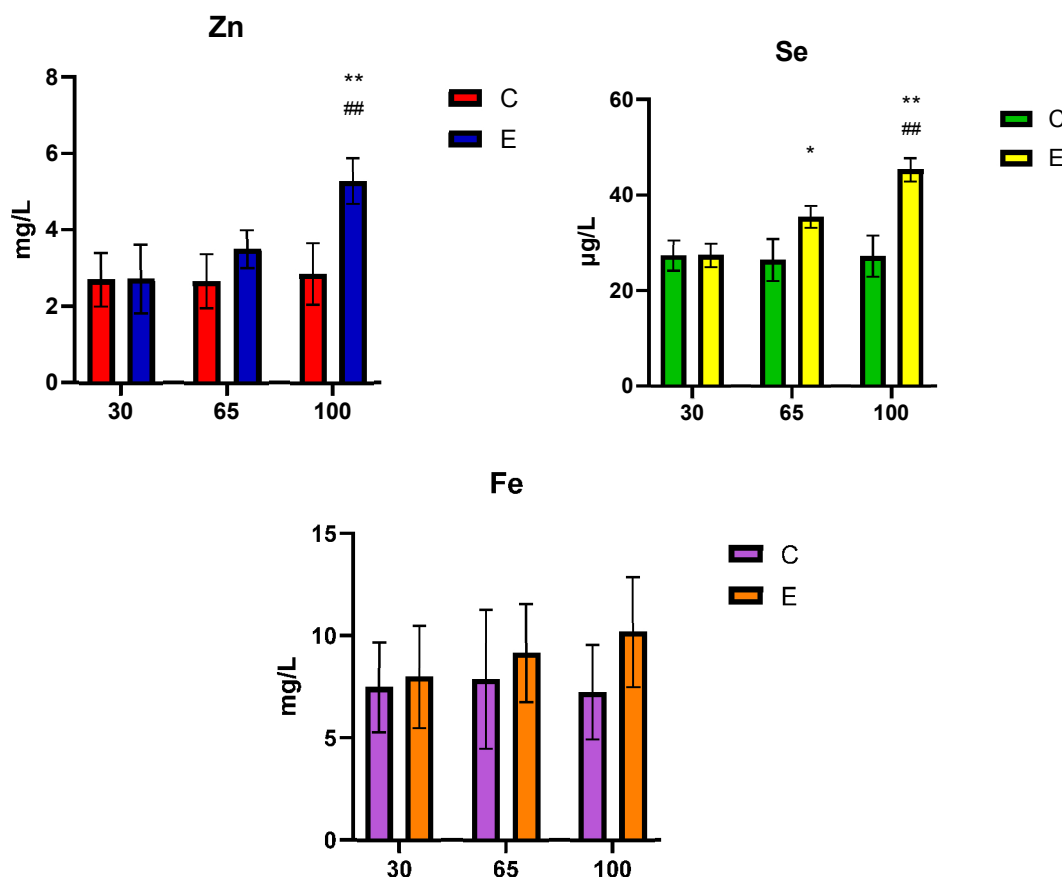
Статистическая обработка. Статистический анализ результатов проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа с поправкой Бонферрони, считая различия статистически достоверными при $P \leq 0,05$ или ниже, все значения выражены как среднее $\pm$ ошибка средней. Использовали программное обеспечение «GraphPad Prism 6.0 for Windows» (GraphPad Software, США).

Результаты исследования и их обсуждение.

Коровье молоко – наиболее распространённый молочный продукт, богатый основными питательными веществами, в том числе минеральными, которые обеспечивают энергией и поддерживают рост всех возрастных групп (Gaucheron F, 2005). Хотя минеральные вещества в молоке содержатся в количестве менее 1 %, они являются ценными источниками электролитов и жизненно важных микроэлементов, необходимых для здорового роста и развития (Reilly C, 2004). Исследования показали, что минеральный состав молока значительно различается у разных пород крупного рогатого скота, а также зависит от физических и экологических факторов (Raynal-Ljutovac K et al., 2008a). Вариабельность содержания электролитов и основных микроэлементов в молоке крупного рогатого скота обусловлена несколькими факторами, в том числе типом скота, его здоровьем, рационом кормления, стадией лактации, экологическими и географическими условиями (Raynal-Ljutovac K et al., 2008a; Navarro-Alarcon M et al., 2011; Chen L et al., 2020).

Как показано на рисунке 1, в нашем исследовании мы наблюдали, что содержание Zn в молоке было почти на одном уровне в начале периода доения (30-й день) в обеих группах (Е/С: +0,74 %), но

на следующих этапах лактации у коров, получавших хелатные минералы, концентрация Zn увеличилась не значительно ($P \geq 0,05$) на 65-й день лактации (E/C: +31,69 %) и значительно ($P \leq 0,01$) – на 100-й день лактации (E/C: +84,91 %). По сравнению с началом периода контрольного доения уровень Zn повышался в группе, получавшей хелатные минералы (E_{65}/E_{30} : +28,78 %, E_{100}/E_{65} : +51,01 %), причём высокосignificant ($P \leq 0,01$) увеличение наблюдалось на 100-й день по сравнению с 30-м днём (E_{100}/E_{30} : +94,46 %).



Сравнение E/C: *– $P \leq 0,05$, **– $P \leq 0,01$ Сравнение 100-го с 30-м и 65-м днями лактации: ###– $P \leq 0,01$

Рисунок 1. Содержание Zn, Se и Fe в молоке дойных коров, получавших глицин-хелатную минеральную добавку

Цинк – важнейший микроэлемент, который поддерживает иммунную систему и участвует в многочисленных ферментативных процессах. По данным Raunat-Ljutovac K с коллегами (2008b), концентрация цинка в молоке коров может различаться между породами, при этом некоторые породы имеют более высокий уровень, обусловленный генетическими факторами и рационом кормления. В некоторых исследованиях (Proskira N et al., 2016) концентрация Zn в молоке джерсейских коров была на уровне 3,7 мг/дм³, а по данным других (Pilarczyk R et al., 2013) у симментальских – 3,02 мг/мл и у голштино-фризских коров – 3,27 мг/мл, что превышало уровень, зафиксированный в нашем исследовании у коров контрольной группы, но уступало коровам, получавшим хелатные минералы, на 100-й день лактации.

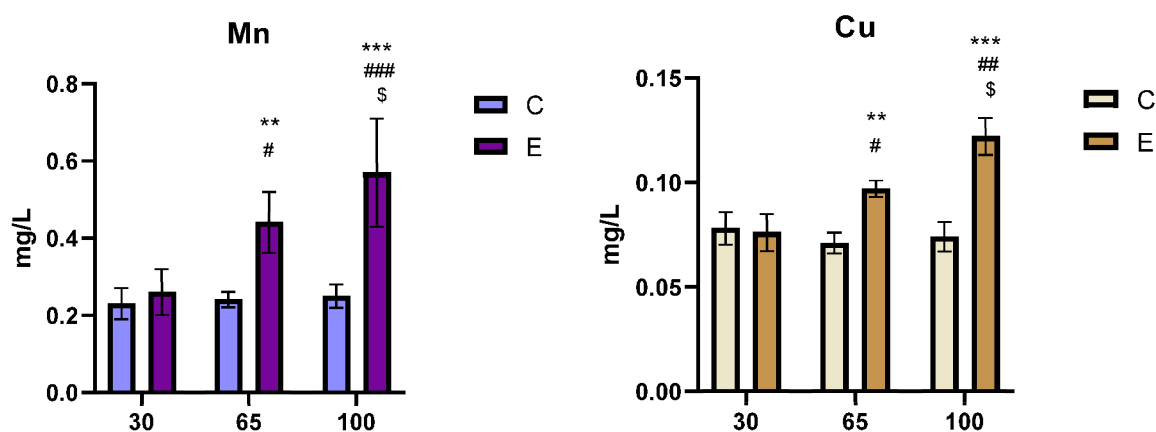
В начале периода контрольного доения (30 день) содержание Se в молоке в обеих группах было на одном уровне (E/C: +0,14 %), на следующих этапах лактации увеличивалось у коров, получавших минеральную добавку, достоверно ($P \leq 0,05$) на 65 день лактации (E/C: +34,19 %) и высокосignificant ($P \leq 0,01$) – на 100 день лактации (E/C: +66,80 %). В опытной группе коров по сравнению

нию с началом периода доения уровень Se увеличился (E_{65}/E_{30} : +29,72 %, E_{100}/E_{65} : +27,45 %), но высокосignificant ($P \leq 0,01$) изменение содержания было зафиксировано на 100-й день по сравнению с 30-м днём (E_{100}/E_{30} : +65,33 %).

Селен – важнейший микроэлемент, играющий ключевую роль в антиоксидантной защите и работе щитовидной железы. Chen L с коллегами (2020) утверждают, что уровень селена в коровьем молоке определяется его содержанием в рационе кормления коров и региона разведения. По данным Министерства сельского хозяйства США (USDA, 2021), содержание селена в коровьем молоке составляет около 0,01 мг на 100 граммов. Однако исследование Naug W с соавторами (2020) показывает, что уровень селена может существенно изменяться: в некоторых образцах молока содержится до 0,03 мг на 100 граммов, что в значительной степени зависит от содержания селена в рационе коров.

При анализе содержания Fe в молоке в начале исследования (30-й день) не было установлено значительной межгрупповой разницы (E/C : +6,82 %). Эти различия увеличивались в течение периода лактации у коров, получавших минеральную добавку, но не достигали статистической значимости ($P \geq 0,05$) на 65-й день лактации (E/C : +16,13 %) и на 100-й день лактации (E/C : +40,91 %). По сравнению с началом учётного периода уровень Fe повышался в опытной группе, получавшей хелатные минералы (E_{65}/E_{30} : +14,53 %, E_{100}/E_{30} : +27,31 %, E_{100}/E_{65} : +11,15 %), но все эти различия не были достоверными ($P \geq 0,05$).

Железо играет важнейшую роль в транспорте кислорода в крови и в общих метаболических процессах. Однако содержание железа в коровьем молоке относительно невелико по сравнению с другими продуктами. Reilly C (2004) отметил, что, хотя коровье молоко не является важным источником железа, оно всё же может внести свой вклад в общее поступление элемента с пищей, особенно в сочетании с другими богатыми железом продуктами. Коровье молоко обычно содержит немного железа: по данным Министерства сельского хозяйства США, около 0,03 мг на 100 граммов (USDA, 2021). Исследование Hurrell RF с коллегами (2019) подтверждает этот вывод и отмечает, что невысокое содержание железа в молоке может вызывать беспокойство у населения, рацион которого в значительной степени основывается на молочной продукции. В исследованиях Gorska A и Oprzadek K (2011) концентрация Fe в молоке коров в период до 100 дня лактации составляла 144 мкг/кг, что значительно ниже наших результатов.



Сравнение E/C: * – $P \leq 0,05$, *** – $P \leq 0,001$ Сравнение 100-го с 30-м днём лактации: # – $P \leq 0,05$, ## – $P \leq 0,01$, ### – $P \leq 0,001$ Сравнение 100-го с 65-м днём: \$ – $P \leq 0,05$

Рисунок 2. Содержание Mn и Cu в молоке дойных коров, получавших глицин-хелатную минеральную добавку

При анализе уровня Mn в молоке в начале эксперимента (30-й день) не выявлено значительных различий между группами (E/C : +13,04 %). В течение лактационного периода у коров опытной группы зафиксировано высокосignificant ($P \leq 0,01$) увеличение содержания Mn на 65-

й день лактации (E/C: +83,33 %) и на 100-й день лактации (E/C: +128,00 %). По сравнению с началом периода контрольного доения уровень Mn повышался (E_{65}/E_{30} : +69,23 %, E_{100}/E_{65} : +29,54 %) в группе, получавшей хелатные минералы, а к 100-му дню по сравнению с 30-м установлено высокодостоверное ($P \leq 0,01$) увеличение (E_{100}/E_{30} : +119,23 %).

Марганец – ещё один важный элемент, содержащийся в коровьем молоке в меньших концентрациях по сравнению с другими минералами. Он играет роль в формировании костей, обмене веществ и антиоксидантной защите. Исследование Navarro-Alarcon M с коллегами (2011) показывает, что содержание марганца в молоке зависит от рациона коров, в частности от минерального состава потребляемых кормов. Содержание марганца в коровьем молоке относительно невелико: по данным Министерства сельского хозяйства США оно составляет около 0,003 мг на 100 граммов (USDA, 2021). В исследовании Kahn SA с соавторами (2019) также отмечается, что коровье молоко не является важным источником марганца, поскольку его уровень гораздо ниже по сравнению с другими продуктами питания. Pilarczyk R с коллегами (2013) приводят концентрацию 0,02 мкг/мл в молоке симментальских и голштино-фризских коров, что почти аналогично нашим данным по контрольной группе коров, но ниже по сравнению с коровами, получавших минеральные добавки, на 65-й и 100-й день лактации.

По меди выявлена схожая с Mn динамика по периодам лактации, в начале эксперимента (30-й день) не было существенных различий между группами (E/C: -2,56 %). На следующих этапах было отмечено высокозначимое ($p < 0,01$) увеличение содержания Cu при использовании хелатной минеральной добавки на 65-й день (E/C: +36,61 %) и на 100-й день лактации (E/C: +64,86 %). По сравнению с началом периода доения уровень Cu повышался в опытной группе (E_{65}/E_{30} : +27,63 %, E_{100}/E_{65} : +25,77 %), а к концу исследования по сравнению с 30-м днем установлено высокодостоверное ($P \leq 0,01$) увеличение (E_{100}/E_{30} : +60,52 %).

Медь жизненно необходима для образования красных кровяных телец и поддержания здоровья соединительных тканей. Исследования свидетельствуют о вариативности содержания меди в коровьем молоке, которое можно повысить использованием кормовых добавок в рационе коров (Gaucheron F, 2011). Это подчеркивает важность сбалансированного рациона для лактирующих коров для обеспечения оптимального элементного состава молока. По данным Министерства сельского хозяйства США в коровьем молоке содержится около 0,02 мг меди на 100 граммов (USDA, 2021). Однако исследование Kelleher SL с коллегами (2020) показало, что содержание меди в молоке может изменяться, причём в некоторых образцах оно достигало 0,05 мг на 100 г. Это свидетельствует о влиянии факторов окружающей среды и корма на содержание меди в молоке. Proskura N с соавторами (2016) выявили концентрацию Zn 18 мкг/дм³ в молоке джерсейских коров, а в исследованиях Pilarczyk R с коллегами (2013) в молоке симментальских его уровень составлял 0,03 мкг/мл, а в молоке голштино-фризских коров – 0,04 мкг/мл, что ниже результатов нашего опыта в группе контрольных коров, а также значительно ниже данных по коровам, получавших минеральные добавки на 65-й и 100-й день лактации.

Заключение.

Таким образом, коровье молоко содержит необходимые минералы, но уровень цинка, меди, селена, железа и марганца может изменяться в зависимости от нескольких факторов, в том числе порода коров, их рацион и условия окружающей среды. Введение добавок с хелатными минералами сопровождалось значительным увеличением концентрации в молоке исследуемых микроэлементов, особенно Mn, Zn и Se.

Список источников

1. Chen Lu, Li Xia, Li Zengmei, Deng L. Analysis of 17 elements in cow, goat, buffalo, yak, and camel milk by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). RSC Advances. 2020;10(12):6736-6742.

2. EUR-Lex. Access to European Union Law [Internet]. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32010L0063> (accessed 20.08.2024).
3. Faulkner MJ, Weiss WP. Effect of source of trace minerals in either forage-or by-product-based diets fed to dairy cows: 1. Production and macronutrient digestibility. *J Dairy Sci.* 2017; 100(7):5358-67. doi: 10.3168/jds.2016-12095
4. Gaucheron F. Milk and dairy products: a unique micronutrient combination. *Journal of the American College of Nutrition.* 2011;30(5 Suppl 1):400S-409S. doi: 10.1080/07315724.2011.10719983
5. Gaucheron F. The minerals of milk. *Reprod Nutr Dev.* 2005;45(4):473-483. doi: 10.1051/rnd:2005030
6. Goilean GV, Cristina RT, Doma AO, Dumitrescu E, Moruzi RF, Degi DM, Orăsan SA, Muselin F. Effects of glycine chelated Zn, Cu, Mn and Fe supplementation on some milk parameters and serum trace elements levels in dairy cows. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2022;105(3):35-39. doi:10.33284/2658-3135-105-3-34
7. Gorska A, Oprzadek K. Concentration of trace elements in raw milk depending on the lactation period and age of cows. *Acta Veterinaria Brno.* 2011;80(2):203-206. doi: 10.2754/avb201180020203
8. Haug W, Lentz K, Schmid H. Variability of selenium content in cow milk and its relationship to dietary intake. *Journal of Dairy Science.* 2020;103(5):4500-4508.
9. Hercberg S, Galan P. Nutritional deficiencies in developing countries: the need for fortified foods. *The Food & Nutrition Bulletin.* 2010;31(2):S317-S328.
10. Hidioglou M. Trace element deficiencies and fertility in ruminants: a review. *J Dairy Sci.* 1979;62(8):1195-206. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(79)83400-1
11. Hurrell RF, Egli I, Reddy MB. Iron bioavailability from cow milk and its implications for human nutrition. *Food & Nutrition Bulletin.* 2019;40(1):45-53.
12. Kahn SA, Smith JA, Jones RL. Mineral content of milk from different breeds of cows. *Dairy Research Journal.* 2019;12(2):123-130.
13. Kelleher SL, McCarthy J, O'Brien M. The influence of diet on copper levels in cow milk. *Journal of Animal Science.* 2020;98(3):1234-1240.
14. Kellogg DW, Tomlinson DJ, Socha MT, Johnson AB. Review: Effects of zinc methionine complex on milk production and somatic cell count of dairy cows: Twelve-trial summary. *Prof. Anim. Sci.* 2004;20(4):295-301. doi: 10.15232/S1080-7446(15)31318-8
15. Mackenzie AM, Moeini MM, Telfer SB. The effect of a copper, cobalt and selenium bolus on fertility and trace element status of dairy cattle. *BSAP Occasional Publication.* 2001;26(2):423-427. doi: 10.1017/S0263967X00034030
16. Maret W. Zinc in cellular regulation: The role of metallothionein and other zinc ligands. *Journal of Biological Inorganic Chemistry.* 2020;25(1):1-18.
17. Navarro-Alarcón M, Cabrera-Vique C, Ruiz-López MD, Olalla M, Artacho R, Giménez R, Quintana V, Bergillos T. Levels of Se, Zn, Mg and Ca in commercial goat and cow milk fermented products: Relationship with their chemical composition and probiotic starter culture. *Food Chemistry.* 2011;129(3):1126-1131. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.05.090
18. Nocek JE, Johnson AB, Socha MT. Digital characteristics in commercial dairy herds fed metal-specific amino acid complexes. *J Dairy Sci.* 2000;83(7):1553-1572. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(00)75028-4
19. Overton TR and Yasui T. Practical applications of trace minerals for dairy cattle. *Journal of Animal Science.* 2014;92(2):416-426. doi: 10.2527/jas.2013-7145
20. Pilarczyk R, Wójcik J, Czerniak P, Sablik P, Pilarczyk B, Tomza-Marciniak A. Concentrations of toxic heavy metals and trace elements in raw milk of Simmental and Holstein-Friesian cows from organic farm. *Environ Monit Assess.* 2013;185(10):8383-8392. doi: 10.1007/s10661-013-3180-9
21. Proskura N, Podlasińska J, Proskura WS, Frost-Rutkowska A, Dybus A, Szydłowski K. Concentrations of macroelements and trace elements in milk of Jersey cows. *Indian Journal of Animal Research.* 2017;51(1):89-92. doi: 10.18805/IJAR.10977

22. Rabiee AR, Lean IJ, Stevenson MA, Socha MT. Effects of feeding organic trace minerals on milk production and reproductive performance in lactating dairy cows: a meta-analysis. *J Dairy Sci.* 2010; 93(9):4239-4251. doi: 10.3168/jds.2010-3058
23. Raynal-Ljutovac K, Lagriffoul G, Paccard P, Guillet I, Chilliard Y. Composition of goat and sheep milk products: an update. *Small Rumin Res.* 2008b;79(1):57-72. doi: 10.1016/J.SMALLRUMRES.2008.07.009
24. Raynal-Ljutovac K, Lagriffoul G, Paccard P, Guillet I, Chilliard Y. Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Research.* 2008a;79(1):57-72. doi: 10.1016/j.smallrumres.2008.07.009
25. Reilly C. The nutritional trace metals. Blackwell Publishing Ltd; 2004: 238 p.
26. Siciliano-Jones JL, Socha MT, Tomlinson DJ, De-Fraen JM. Effect of trace mineral source on lactation performance, claw integrity, and fertility of dairy cattle. *J Dairy Sci.* 2008;91(5):1985-1995. doi: 10.3168/jds.2007-0779
27. Silva BB, Teixeira AR, Ferreira SLC. The role of trace elements in human health: A comprehensive review. *Biological Trace Element Research.* 2020;194(2):451-471.
28. 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
29. USDA. FoodData Central. U.S. Department of Agriculture 2021 [Internet]. Available from: <https://fdc.nal.usda.gov/>
30. Wu G. Principles of animal nutrition, 1th ed. FL, Boca Rato: Taylor 506 & Francis Group, LLC; 2018:800 p.

Информация об авторах:

Джордж Влад Гойлян, аспирант, кафедра токсикологии, факультет ветеринарной медицины, Университет естественных наук «Король Румынии Мишель I» из Тимишоары, 300645, Тимишоара, Румыния, Каля Арадулуй 119.

Кристина Теодор Ромео, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой токсикологии факультета ветеринарной медицины Университета естественных наук «Король Румынии Мишель I» из Тимишоары, 300645, Тимишоара, Румыния, Каля Арадулуй 119.

Дома Александру Октавиан, доктор ветеринарных наук, доцент, Факультет ветеринарной медицины, Университет естественных наук «Король Румынии Мишель I» из Тимишоары, 300645, Тимишоара, Румыния, Каля Арадулуй 119.

Евгения Думитреску, доктор медицинских наук, доктор ветеринарных наук, доцент кафедры фармакологии и фармации, факультет ветеринарной медицины, Университет естественных наук им. короля Румынии Михаила I из Тимишоары, 300645, Тимишоара, Румыния, Каля Арадулуй 119.

Михай Фолеску, аспирант кафедры фармакологии и фармации факультета ветеринарной медицины, Университет естественных наук «Король Румынии Мишель I» из Тимишоары, 300645, Тимишоара, Румыния, Каля Арадулуй 119.

Флорин Муселин, доктор ветеринарных наук, магистр наук, доцент кафедры токсикологии факультета ветеринарной медицины Университета естественных наук «Король Румынии Мишель I» из Тимишоары, 300645, Тимишоара, Румыния, Каля Арадулуй 119; Румынская академия - филиал Тимишоара, 300223, Тимишоара, Румыния, Вв. Михай Витеазу 24.

Статья поступила в редакцию 13.11.2024; одобрена после рецензирования 18.11.2024; принята к публикации 16.12.2024.