

Защитные свойства компонентов нативного молока

Екатерина И. Добриян¹ e_dobriyan@vnimi.org
Анна М. Ильина¹ a_iljina@vnimi.org

¹ Федеральное государственное автономное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, ул. Люсиновская, дом 35, корпус 7, Москва 115093, Россия

Аннотация. Выполнен обзор отечественных и зарубежных источников литературы по антимикробным свойствам компонентов нативного молока. Определен вклад биологически активных сывороточных белков - иммуноглобулинов, лактоферрина, лактопероксидазы, нуклеаз - в поддержание гомеостаза организма. Описан механизм подавления болезнетворных микроорганизмов иммуноглобулинами. Показаны два способа проявления антимикробной активности лактоферрина: один - путем поглощения железа в кишечнике; второй - путем прямого взаимодействия лактоферрина с клеточной стенкой бактерий. Раскрыт принцип ингибирования лактопероксидазой различных клеточных функций микроорганизмов. Описана закономерность разрушения оболочек бактериальных клеток под действием лизоцима. Показана роль ксантиноксидазы в антимикробной активности молока. Рассмотрено действие антимикробных пептидов, вырабатываемых молочнокислыми бактериями. Защитные компоненты молока играют важную физиологическую роль в организме и имеют существенное технологическое значение. Антимикробные вещества выполняют важную функцию во время пассивной иммунизации новорожденного в начальный период жизни новорожденного, когда собственный иммунитет его еще не сформирован. Компоненты пассивного иммунитета защищают организм детеныша от патогенной микрофлоры. Молоко в первые дни после отела имеет максимальное содержание защитных веществ. Во взрослом организме защитные компоненты молока участвуют в коррекции нарушений гомеостаза пищеварительной системы организма. Антимикробные компоненты молока обуславливают бактерицидную фазу молока, что имеет определенное технологическое значение. Наличие в молоке комплекса биологически активных веществ, обладающих выраженными антимикробными свойствами, предопределяет необходимость поиска инновационных методов теплофизического воздействия на молоко, с целью максимального сохранения его нативных свойств.

Ключевые слова: нативное молоко, антимикробные свойства, иммуноглобулины, лактоферрин, лактопероксидаза, функциональные продукты

Protective properties of native milk components

Ekaterina I. Dobriyan¹ e_dobriyan@vnimi.org
Anna M. Ilyina¹ a_iljina@vnimi.org

¹ All-Russian Dairy Research Institute, Lusinovskaya str., 35/7, Moscow, 115093, Russia

Abstract. A review of the antimicrobial properties of native dairy components was done based on local and international sources. The contribution of biologically active whey proteins (immunoglobulins, lactoferrin, lactoperoxidase, nuclease) to maintaining homeostasis of the body is determined. The mechanism of pathogens suppression by immunoglobulins is described. Two ways of lactoferrin antimicrobial activity are shown: one by absorbing iron in the intestine, and the second by direct interaction of lactoferrin with the bacterial cell. The principle of lactoperoxidase inhibition of various cellular functions of microorganisms is disclosed. The destruction pattern of bacterial cell membranes under the lysozyme treatment is described. The role of xanthine oxidase in the antimicrobial activity of milk is shown. The effect of antimicrobial peptides produced by lactic acid bacteria is considered. The protective components of milk play an important physiological role in the body and have significant technological value. Antimicrobial substances fulfill an important function during passive immunization of a newborn in the initial period of a newborn's life, when its own immunity has not yet been formed. The components of passive immunity protect the infant from pathogenic microflora. The protective substances maximum level is observed in the first days after calving. The protective components of milk are involved in correcting digestive system homeostasis disorders at adults organisms. The antimicrobial components of milk determine the bactericidal phase of milk, which has a certain technological value. The described biologically active substances complex with antimicrobial properties is highly valued and innovative methods of heat and physical required to maximize its native properties preservation.

Keywords: native milk, antimicrobial properties, immunoglobulins, lactoferrin, lactoperoxidase, functional products

Введение

Молоко содержит защитные компоненты, которые имеют важное физиологическое значение. Антимикробные вещества выполняют функции защиты организма новорожденного от различных патогенов, что особенно важно в период пассивного иммунитета [1, 2]. У взрослого человека защитные компоненты молока участвуют в поддержании постоянства

микробного сообщества организма. Кроме того, антимикробные компоненты обеспечивают бактерицидную фазу молока, что имеет определенное технологическое значение. Изучение компонентов молока, проявляющих защитные свойства, необходимо для определения перспективных направлений в создании инновационных технологий функциональных продуктов [3,4].

Для цитирования

Добриян Е.И., Ильина А.М. Защитные свойства компонентов нативного молока // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 2. С. 83–87. doi:10.20914/2310-1202-2020-2-83-87

For citation

Dobriyan E.I., Ilyina A.M. Protective properties of native milk components. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 2. pp. 83–87. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-2-83-87

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Основная часть

В значительной мере защитные функции выполняет комплекс биологически активных сывороточных белков: иммуноглобулины, лактоферрин, лактопероксидаза, нуклеазы [1, 2].

Иммуноглобулины – белки, имеющие общие физико-химические свойства и выполняющие функции антител. Вместе с лактоферрином, лактопероксидазой и лизоцимом иммуноглобулины образуют антимикробную систему коровьего молока [1, 5]. Они обеспечивают новорожденному иммунологическую защиту от микробных инфекций и представляют пассивный иммунитет до полного созревания собственной иммунной системы новорожденного [6, 7].

Иммуноглобулины не синтезируются в молочной железе, а переходят в молоко непосредственно из крови животных. Наиболее преобладающим иммуноглобулином в коровьем молоке является иммуноглобулин IgG, содержание которого в молозиве достигает 50–70% от общего содержания белков. В период лактации величина этого показателя находится в пределах 1,9–3,3% [2, 5, 7]. Защитное воздействие иммуноглобулинов проявляется в связывании их молекулами внедрившихся в организм человека чужеродных белков и антигенов. На N-терминальных половинах полипептидных цепей иммуноглобулинов имеются варибельные зоны, к которым пристыковываются антигены. Агглютинация болезнетворных микроорганизмов к поверхности молекул иммуноглобулина ограничивает их подвижность, что приводит к подавлению их жизнедеятельности. Аналогичным образом, происходит обезвреживание патогенных токсинов и вирусов [5, 8, 9].

Лактоферрин вырабатывается и высвобождается эпителиальными клетками слизистой оболочки в большинство экзокринных жидкостей и, особенно, в молоко. Максимальное содержание лактоферрина отмечается в молозиве и составляет 5 мг/л, но, быстро снижается в процессе лактации и составляет около 0,1 мг/мл.

Лактоферрин – связывающий железо гликопротеин с полифункциональными свойствами, в том числе бактериостатическими и бактерицидными. Антимикробная активность лактоферрина обусловлена двумя различными механизмами.

Первый механизм антимикробной активности лактоферрина обусловлен его функцией поглощения железа в кишечнике. Связывая железо, лактоферрин уменьшает доступность свободного железа, необходимого железозависимым патогенам и, тем самым, ингибирует их рост [8, 12, 13]. Кроме того, лактоферрин, при этом, моделирует кишечный микробиом, подавляя рост железозависимых патогенов и,

стимулируя рост бактерий с низкими потребностями в железе, таких как бифидобактерии и лактобациллы [10].

Второй механизм антимикробной активности лактоферрина заключается в прямом взаимодействии лактоферрина с клеточной стенкой бактерий. Лактоферрин связывается с липидной частью на поверхности бактериальных клеток, и вызывает, тем самым, изменение ее проницаемости и высвобождение липополисахарида из бактериальной мембраны. Дестабилизация клеточной мембраны сопровождается лизисом бактериальных клеток [5, 10, 14].

Являясь ключевым фактором врожденного иммунитета млекопитающих, этот белок входит в 1-ю линию защиты организма против патогенных микроорганизмов, включая бактерии, вирусы, грибы, простейшие. Лактоферрин, также, ингибирует стрептококки, холерный вибрион, вирус простого герпеса 1 и 2, синцитиальных вирус, ВИЧ [15].

Лактоферрин обладает способностью соединяться со многими типами клеток, включая макрофаги, моноциты, активированные лимфоциты, которые являются ключевыми компонентами в реакции иммунной системы человека [16]. Отмечена стимуляция лактоферрином природных клеток-киллеров как *in vitro*, так и *in vivo* [17]. Выявлен ряд ингибирующих влияний лактоферрина на различные звенья иммунных и воспалительных реакций [18, 19]. При этом ингибирующее действие находится в обратной зависимости от степени насыщенности его железом.

Под действием кислой протеазы на лактоферрин происходит отщепление от его молекулы лактоферрицина, расположенного в N-концевой области. Лактоферрицин является биологически активным пептидом и проявляет более высокую антимикробную активность, чем интактный лактоферрин [10, 11].

Лактопероксидаза – это врожденный иммунный фактор, который синтезируется и высвобождается из клеток альвеолярного эпителия и нейтрофилы. Среднее содержание лактопероксидазы в молоке коров составляет 30 мг/л [20].

Лактопероксидаза – один из наиболее активных антимикробных ферментов молозива [20, 21]. Он катализирует инактивацию микроорганизмов в лактопероксидазных системах, т. е. в присутствии двух ко-ферментов: перекиси водорода и ионов галогенов или псевдогалогенов [21, 22]. Лактопероксидаза катализирует перекисное окисление тиоцианата и некоторых галогенидов с образованием компонентов, которые вступают в реакцию с микробными сульфгидрильными группами и ингибируют

различные клеточные функции микроорганизмов [23, 24]. Лактопероксидаза катализирует инактивацию широкого спектра микроорганизмов, что способствует профилактике кишечных инфекций у новорожденных [25].

По химической природе лактопероксидаза представляет собой гликопротеин, содержащий гемовую группу (с Fe³⁺) [21].

Лизоцим – относится к неспецифическим антимикробным факторам молока и отличается широтой антибактериального действия. Он стимулирует естественную устойчивость животного организма к инфекциям. Максимальное содержание в молоке коров достигает 2,6 мкг/мл, при среднем содержании его 0,13 мкг/мл [8].

Лизоцим вызывает гибель бактерий вследствие гидролитического расщепления гликозидных связей между N-ацетилглюкозамином и N-ацетилмураминовой кислотой в оболочках бактериальных клеток [26]. Характер воздействия лизоцима на различные штаммы бактерий различен. Наиболее чувствительны к нему грамположительные бактерии, имеющие простое строение клеточной оболочки с высоким содержанием пептидгликана.

Стафилококки и другие виды бактерий более устойчивы к лизоциму. Грамотрицательные бактерии характеризуются более низким содержанием пептидгликана в клеточных оболочках [8, 26]. Эти виды бактерий защищены внешней клеточной оболочкой, состоящей из липополисахаридов, которая препятствует попаданию лизоцима в субстрат клеток. При нарушении целостности этого защитного барьера у грамотрицательных бактерий, повышается чувствительность их лизоциму [26].

Ксантиноксидаза (ксантиноксиредуктаза) – фермент, проявляющий антимикробные свойства [1, 28]. Представляет собой сложный молибдофлавофермент, который встречается в качестве основного белкового компонента оболочек жировых шариков [29, 30]. Общее содержание её в молоке составляет от 3,5 до 16 мг/%. Фермент обладает широкой субстратной специфичностью и способен восстанавливать кислород с образованием активных форм кислорода,

супероксида и пероксида водорода в присутствии гипоксантина или ксантина [31, 32]. Добавление к коровьему молоку гипоксантина (0–400 мкм) ингибирует несколько грамотрицательных грамположительных бактериальных патогенов.

Низин относится к классу бактериоцинов, известных как лантибиотики. Бактериоцины – антимикробные пептиды, вырабатываемые молочнокислыми бактериями, которые присутствуют в молоке (*Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus*) [32]. Бактериоцины проявляют противомикробную активность против грамположительных бактерий. Многие молочнокислые бактерии способны продуцировать бактериоцины. Но, концентрация их в охлажденном молоке не достигает значимых уровней, так как охлаждение молока препятствует развитию микроорганизмов и, следовательно, накоплению бактериоцинов [32].

Олигосахариды – конкурентно связываются с патогенами и предотвращают адгезию патогенов на кишечном эпителии. Уровни олигосахаридов в коровьем молоке не значительные. Наибольшая концентрация обнаруживается в молозиве [32].

Липидные фрагменты (фосфатидилэтанолламин, фосфатидилхолин, сфингомиелин) – продукты гидролиза жирных кислот с длиной цепи от 8 до 12 атомов углерода. Проявляют противовирусные и антибактериальные свойства, особенно в отношении грамположительных бактерий [32].

Белковые фрагменты, пептиды, получаемые из α - и β – казеинов в процессе протеолиза, также, могут проявлять антимикробные свойства [32].

Заключение

Изучение свойств защитных компонентов нативного молока, обладающих выраженными антимикробными свойствами, предопределяет необходимость поиска инновационных методов теплофизического воздействия на молоко, с целью максимального сохранения его нативных свойств, а также, формирует теоретическую основу для моделирования биотехнологических процессов при разработке инновационных технологий функциональных продуктов.

Литература

- 1 Розанцева Л.Э., Розанцев Э.Г. Биохимическая галактика нативного молока // Молочная промышленность. 2013. № 3.С. 74–76.
- 2 Miciński J., Kowalski I.M., Zwierzchowski G., Szarek J. et al. Characteristics of cow's milk proteins including allergenic properties and methods for its reduction // Polish Annals of Medicine. 2013. V. 20. № 1. P. 69 -76.
- 3 Бегунова А.В., Рожкова И.В., Ширшова Т.И., Глазунова О.А. и др. Биосинтез антимикробных бактериоциноподобных соединений штаммом *Lactobacillus reuteri* LR1: оптимизация условий культивирования // Биотехнология. 2019. Т. 35. № 5. С. 58–69.
- 4 Бегунова А.В. Молочнокислые и пропионовокислые бактерии: формирование сообщества для получения функциональных продуктов с бифидогенными и гипотензивными свойствами // Прикладная биохимия и микробиология. 2019. № 6. С. 56–57.
- 5 Abbring S., Hols G., Garssen J., van Esch B.C.A.M. Raw cow's milk consumption and allergic diseases – The potential role of bioactive whey proteins // European Journal of Pharmacology. 2019. V. 843. № 15. P. 55–65.
- 6 Шувариков А.С., Юрова Е.А., Цветкова В.А., Пастух О.Н. Фракционный состав белков верблюжьего, козьего и коровьего молока // Молочная промышленность. 2015. № 7. С. 68.

- 7 Асафов В.А., Танькова Н.Л., Исакова Е.Л., Харитонов В.Д. и др. Некоторые аспекты регулирования микробиологического состава молозива // Пищевая индустрия. 2019. № 4. С. 20–25
- 8 Ильина А.М., Комолова Г.С. Природный консервант – комплексный биологически активный препарат лизоцим-лактопероксидаза // Хранение и переработка сельхозсырья. 2009. № 5. С. 12–14.
- 9 Leyton W.G., Copestake D.E.J., Otter D.E., Indyk H.E. Analysis of bovine immunoglobulin G in milk, colostrum and dietary supplements: a review // Springer Berlin 2007. V. 389. № 1. P. 93–109.
- 10 Бейкер Е.Н., Бейкер Х.М. и др. Лактоферрин: свойства и применение // Молочная промышленность. 2006. № 2. С. 38–39.
- 11 Зобкова З.С. Антимикробные свойства олигопептидов лактоферрина // Молочная промышленность. 2011. № 7. С. 72.
- 12 Gonzales-Chavez S.A., Arévalo-Gallegos S., Rascón-Cruz Q. Lactoferrin Structure, function and applications // International Journal of Antimicrobial Agents. 2009. V. 33. № 3. P. 301–308.
- 13 Зобкова З.С., Гаврилина А.В., Зенина Д.В., Фурсова Т.П. и др. О некоторых параметрах процесса выделения лактоферрина из молока // Молочная промышленность. 2012. № 9. С. 46–47
- 14 Kanwar J.R., Roy K., Patel Y., Zhou Shu-Feng, et al. Multifunctional iron bound lactoferrin and nanomedicinal approaches to enhance its bioactive functions // Molecules. 2015. V. 20. P. 9703–9731.
- 15 Jenssen H., Hancock R.E.W. Antimicrobial properties of lactoferrin // Biochimie. 2009. V. 91. № 1. P. 19–29.
- 16 Mudler A.M., Connellan P.A., Oliver C.J., Morris C.A. et al. Bovine lactoferrin supplementation supports immune and antioxidant status in healthy human males // Nutrition Research. 2008. V. 28. № 9. P. 583–589.
- 17 Hirotsu Y., Ikeda K., Kato R., Myotoku M. et al. Protective effects of lactoferrin against intestinal mucosal damage induced by lipopolysaccharide in human intestinal Caco-2 cells // Yakugaku Zasshi. 2008. V. 128. № 9. P. 1363–1368.
- 18 Hille A.A., Schmidt-Giese E., Hermann R.M., Herrmann M.K. et al. A prospective study of faecal calprotectin and lactoferrin in the monitoring of acute radiation proctitis in prostate cancer treatment // Scand Journal Gastroenterol. 2008. V. 43. № 1. P. 52–58.
- 19 Scarino M.L. A sideways glance: Take in or leave it? The role of lactoferrin in iron sequestration and delivery within the body // Genes & Nutrition. 2007. № 2. P. 161–162.
- 20 Fweja L.W., Lewis M.J., Grandison A.S. Alternative strategies for activation of the natural lactoperoxidase system in cows' milk: trials in Tanzania // Journal Dairy Research. 2007. V. 74. № 4. P. 381–386.
- 21 Fielding A.J., Singh R., Boscolo B., Loewen P.C. et al. Intramolecular electron transfer versus substrate oxidation in lactoperoxidase: investigation of radical intermediates by stopped-flow absorption spectrophotometry and (9–285 GHz) electron paramagnetic resonance spectroscopy // Biochemistry. 2008. V. 47 (37). P. 9781–9792.
- 22 Argues J.L., Rodríguez E., Nuñez M., Medina M. Antimicrobial activity of nisin, reuterin and the lactoperoxidase system on *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in cuajada, a semisolid dairy product manufactured in Spain // Journal Dairy Science. 2008. V. 91. № 1. P. 70–75.
- 23 Clausen M.R., Skibsted L.H., Stagsted J. Inhibition of lactoperoxidase-catalyzed 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) and tyrosine oxidation by tyrosine-containing random amino acid copolymers // Journal of agricultural and food chemistry. 2008. V. 56. № 18. P. 8692–8698.
- 24 Seifu E., Buys E.M., Donkin E.F., Petzer I.-M. Antibacterial activity of the lactoperoxidase system against foodborne pathogens in Saanen and South African Indigenous goat milk // Food Control. 2004. V. 15. № 6. P. 447–452.
- 25 Gurtler J.B., Beuchat L.R. Inhibition of growth of *Enterobacter sakazakii* in reconstituted infant formula by the lactoperoxidase system // Journal of Food Protection. 2007. V. 70. № 9. P. 2104–2110.
- 26 Пономарев А.Н., Мельникова Е.И., Долматова О.И., Ключникова Д.В. Химический состав молока коров разных пород // Молочная промышленность. 2015. № 7. С. 63–65
- 27 Kutta H., Willer A., Steven P., Bräuer L. et al. Distribution of mucins and antimicrobial substances lysozyme and lactoferrin in the laryngeal subglottic region // Journal of anatomy. 2008. V. 213. № 4. P. 473–481.
- 28 Шидловская В.П. Роль ферментов в свободнорадикальном окислении липидов молока // Молочная промышленность. 2017. № 2. С. 30–33.
- 29 Harrison R. Milk xanthine oxidase: Properties and physiological roles // International Dairy Journal. 2006. V. 16. № 6. P. 546–554.
- 30 Fox P.F., Kelly A.L. Indigenous enzymes in milk: Overview and historical aspects-Part 1 // International Dairy Journal. 2006. V. 16. № 6. P. 500–516.
- 31 Silanikova N., Shapiro F., Silanikova N. Distribution of xanthine oxidase and xanthine dehydrogenase activity in bovine milk: Physiological and technological implications // International Dairy Journal. 2007. V. 17. № 10. P. 1188–1194.
- 32 Wendie L.C., Cardoen S., Daube G., Block J.D. et al. Raw or heated cow milk consumption: Review of risks and benefits // Food Control. 2013. V. 31. № 1. P. 251–262.

References

- 1 Rozantseva L.E., Rozantsev E.G. Biochemical galaxy of native milk. Dairy industry. 2013. no. 3. pp. 74–76. (in Russian).
- 2 Miciński J., Kowalski I.M., Zwierzchowski G., Szarek J. et al. Characteristics of cow's milk proteins including allergenic properties and methods for its reduction. Polish Annals of Medicine. 2013. vol. 20. no. 1. pp. 69–76.
- 3 Begunova A.V., Rozhkova I.V., Shirshova T.I., Glazunova O.A. et al. Biosynthesis of antimicrobial bacteriocin-like compounds by *Lactobacillus reuteri* LR1 strain: optimization of cultivation conditions. Biotechnology. 2019. vol. 35. no. 5. pp. 58–69. (in Russian).
- 4 Begunova A.V. Lactic Acid and propionic acid bacteria: forming a community for obtaining functional products with bifidogenic and hypotensive properties. Applied biochemistry and Microbiology. 2019. no. 6. pp. 56–57. (in Russian).
- 5 Abbring S., Hols G., Garssen J., van Esch B.C.A.M. Raw cow's milk consumption and allergic diseases – The potential role of bioactive whey proteins. European Journal of Pharmacology. 2019. vol. 843. no. 15. pp. 55–65.
- 6 Shuvarikov A.S., Yurova E.A., Tsvetkova V.A. Pastukh O.N. Fractional composition of proteins of camel, goat and cow milk. Dairy industry. 2015. no. 7. pp. 68. (in Russian).
- 7 Asafov V.A., Tankova N.L., Isakova E.L., Kharitonov V.D. et al. Some aspects of regulating the microbiological composition of colostrum Food industry. 2019. no. 4. pp. 20–25. (in Russian).
- 8 Ilyina A.M., Komolova G.S. Natural preservative-complex biologically active drug lysozyme-lactoperoxidase. Storage and processing of agricultural raw materials. 2009. no. 5. pp. 12–14. (in Russian).
- 9 Leyton W.G., Copestake D.E.J., Otter D.E., Indyk H.E. Analysis of bovine immunoglobulin G in milk, colostrum and dietary supplements: a review. Springer Berlin 2007. vol. 389. no. 1. pp. 93–109.
- 10 Baker E.N., Baker H.M. et al. Lactoferrin: properties and application. Dairy industry. 2006. no. 2. pp. 38–39. (in Russian).
- 11 Zobkova Z.S. Antimicrobial properties of lactoferrin oligopeptides. Dairy industry. 2011. no. 7. pp. 72. (in Russian).
- 12 Gonzales-Chavez S.A., Arévalo-Gallegos S., Rascón-Cruz Q. Lactoferrin Structure, function and applications. International Journal of Antimicrobial Agents. 2009. vol. 33. no. 3. pp. 301–308.

- 13 Zobkova Z.S., Gavrilina A.V., Zenina D.V., Fursova T.P. et al. On some parameters of the lactoferrin extraction process from milk. Dairy industry. 2012. no. 9. pp. 46–47. (in Russian).
- 14 Kanwar J.R., Roy K., Patel Y., Zhou Shu-Feng. et al. Multifunctional iron bound lactoferrin and nanomedicinal approaches to enhance its bioactive functions. Molecules. 2015. vol. 20. pp. 9703–9731.
- 15 Jenssen H., Hancock R.E.W. Antimicrobial properties of lactoferrin. Biochimie. 2009. vol. 91. no. 1. pp. 19–29.
- 16 Mudler A.M., Connellan P.A., Oliver C.J., Morris C.A. et al. Bovine lactoferrin supplementation supports immune and antioxidant status in healthy human males. Nutrition Research. 2008. vol. 28. no. 9. pp. 583–589.
- 17 Hirotsu Y., Ikeda K., Kato R., Myotoku M. et al. Protective effects of lactoferrin against intestinal mucosal damage induced by lipopolysaccharide in human intestinal Caco-2 cells. Yakugaku Zasshi. 2008. vol. 128. no. 9. pp. 1363–1368.
- 18 Hille A.A., Schmidt-Giese E., Hermann R.M., Herrmann M.K. et al. A prospective study of faecal calprotectin and lactoferrin in the monitoring of acute radiation proctitis in prostate cancer treatment. Scand Journal Gastroenterol. 2008. vol. 43. no. 1. pp. 52–58.
- 19 Scarino M.L. A sideways glance: Take in or leave it? The role of lactoferrin in iron sequestration and delivery within the body. Genes & Nutrition. 2007. no. 2. pp. 161–162.
- 20 Fweja L.W., Lewis M.J., Grandison A.S. Alternative strategies for activation of the natural lactoperoxidase system in cows' milk: trials in Tanzania. Journal Dairy Research. 2007. vol. 74. no. 4. pp. 381–386.
- 21 Fielding A.J., Singh R., Boscolo B., Loewen P.C. et al. Intramolecular electron transfer versus substrate oxidation in lactoperoxidase: investigation of radical intermediates by stopped-flow absorption spectrophotometry and (9–285 GHz) electron paramagnetic resonance spectroscopy. Biochemistry. 2008. vol. 47 (37). pp. 9781–9792.
- 22 Argues J.L., Rodríguez E., Nuñez M., Medina M. Antimicrobial activity of nisin, reuterin and the lactoperoxidase system on *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in cuajada, a semisolid dairy product manufactured in Spain. Journal Dairy Science. 2008. vol. 91. no. 1. pp. 70–75.
- 23 Clausen M.R., Skibsted L.H., Stagsted J. Inhibition of lactoperoxidase-catalyzed 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) and tyrosine oxidation by tyrosine-containing random amino acid copolymers. Journal of agricultural and food chemistry. 2008. vol. 56. no. 18. pp. 8692–8698.
- 24 Seifu E., Buys E.M., Donkin E.F., Petzer I.-M. Antibacterial activity of the lactoperoxidase system against foodborne pathogens in Saanen and South African Indigenous goat milk. Food Control. 2004. vol. 15. no. 6. pp. 447–452.
- 25 Gurtler J.B., Beuchat L.R. Inhibition of growth of *Enterobacter sakazakii* in reconstituted infant formula by the lactoperoxidase system. Journal of Food Protection. 2007. vol. 70. no. 9. pp. 2104–2110.
- 26 Ponomarev A.N., Melnikova E.I., Dolmatova O.I., Klyuchnikova D.V. Chemical composition of milk of cows of different breeds. Dairy industry. 2015. no. 7. pp. 63–65. (in Russian).
- 27 Kutta H., Willer A., Steven P., Bräuer L. et al. Distribution of mucins and antimicrobial substances lysozyme and lactoferrin in the laryngeal subglottic region. Journal of anatomy. 2008. vol. 213. no. 4. pp. 473–481.
- 28 Shidlovskaya V.P. Role of enzymes in free radical oxidation of milk lipids. Dairy industry. 2017. no. 2. pp. 30–33. (in Russian).
- 29 Harrison R. Milk xanthine oxidase: Properties and physiological roles. International Dairy Journal. 2006. vol. 16. no. 6. pp. 546–554.
- 30 Fox P.F., Kelly A.L. Indigenous enzymes in milk: Overview and historical aspects-Part 1. International Dairy Journal. 2006. vol. 16. no. 6. pp. 500–516.
- 31 Silanikova N., Shapiro F., Silanikova N. Distribution of xanthine oxidase and xanthine dehydrogenase activity in bovine milk: Physiological and technological implications. International Dairy Journal. 2007. vol. 17. no. 10. pp. 1188–1194.
- 32 Wendie L.C., Cardoen S., Daube G., Block J.D. et al. Raw or heated cow milk consumption: Review of risks and benefits. Food Control. 2013. vol. 31. no. 1. pp. 251–262.

Сведения об авторах

Екатерина И. Добриян к.т.н., ведущий научный сотрудник, лаборатория ресурсосберегающих процессов и функциональных продуктов, Федеральное государственное автономное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, ул. Люсиновская, 35/7, Москва 115093, Россия, e_dobriyan@vnimi.org

Анна М. Ильина к.т.н., младший научный сотрудник, лаборатория ресурсосберегающих процессов и функциональных продуктов, Федеральное государственное автономное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, ул. Люсиновская, 35/7, Москва 115093, Россия, a_iljina@vnimi.org

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Ekaterina I. Dobriyan Cand. Sci. (Engin.), leading researcher, laboratory of resource-saving technologies functional products, All-Russian Dairy Research Institute, Lusinovskaya str., 35.7, Moscow, 155093 Russia, e_dobriyan@vnimi.org

Anna M. Ilyina Cand. Sci. (Engin.), junior researcher, laboratory of research-saving technologies functional products, All-Russian Dairy Research Institute, Lusinovskaya str., 35.7, Moscow, 155093 Russia, a_iljina@vnimi.org

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 18/05/2020	После редакции 26/05/2020	Принята в печать 03/06/2020
Received 18/05/2020	Accepted in revised 26/05/2020	Accepted 03/06/2020