

Особенности функционального состава козьего молока и его значение в качестве основы для детских смесей

И.Н. Захарова¹, <https://orcid.org/0000-0003-4200-4598>, zakharova-rmapo@yandex.ru

А.Н. Цуцаева^{2,3}, <https://orcid.org/0000-0002-9524-8724>, a.nicolaevnakasjanova@yandex.ru

Л.Я. Климов², <https://orcid.org/0000-0001-7248-1614>, klimov_leo@mail.ru

¹ Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования; 125993, Россия, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1

² Ставропольский государственный медицинский университет; 355017, Россия, Ставрополь, ул. Мира, д. 310

³ Краевая детская клиническая больница; 355029, Россия, Ставрополь, ул. Семашко, д. 3

Резюме

Козье молоко в питании человека имеет долгую историю использования. На сегодняшний день имеется множество исследований, посвященных изучению функциональных свойств и питательной ценности козьего молока и его значения в производстве различных молочных продуктов. Раньше нативное козье молоко широко использовалось в питании детей раннего возраста при отсутствии возможности грудного вскармливания. Однако на сегодняшний день практика кормления немодифицированным козьим молоком, равно как и коровьим, младенцев младше 12 мес. настоятельно не рекомендуется, поскольку это сопряжено с риском нарушения электролитного баланса, дефицита железа, фолиевой кислоты и витамина В₁₂. Коммерческое производство смесей, приготовленных на основе козьего молока, началось в 1980-е гг., и на сегодняшний день имеется множество исследований, демонстрирующих безопасность и эффективность применения данных смесей. В обзоре представлены данные современных исследований о составе и функциональных свойствах отдельных компонентов козьего молока и смесей на его основе. Подробно описан белковый и аминокислотный состав козьего молока, а также особенности его влияния на формирование кишечной микробиоты младенца. Представлены исследования, изучающие олигосахариды козьего молока и их сходство с олигосахаридами женского молока. Продемонстрирована характеристика жирового профиля козьего молока. В качестве примера адаптированной молочной смеси на основе козьего молока представлена формула, разработанная с учетом всех стандартов. Жировой профиль представленной смеси модифицирован за счет включения в состав запатентованного липидного комплекса, состоящего из β-пальмитата. Помимо этого, в состав представленной смеси включены олигосахариды – галакто- и фруктоолигосахариды, благодаря наличию которых обеспечивается формирование оптимальной кишечной микробиоты.

Ключевые слова: козье молоко, заменитель женского молока, молочные смеси, питание детей, олигосахариды, β-пальмитат

Для цитирования: Захарова И.Н., Цуцаева А.Н., Климов Л.Я. Особенности функционального состава козьего молока и его значение в качестве основы для детских смесей. *Медицинский совет.* 2022;16(12):58–63. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-12-58-63>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Features of the functional composition of goat's milk and its importance as the basis for infant formula

Irina N. Zakharova¹, <https://orcid.org/0000-0003-4200-4598>, zakharova-rmapo@yandex.ru

Anna N. Tsutsaeva^{2,3}, <https://orcid.org/0000-0002-9524-8724>, a.nicolaevnakasjanova@yandex.ru

Leonid Ya. Klimov², <https://orcid.org/0000-0001-7248-1614>, klimov_leo@mail.ru

¹ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; 2/1, Bldg. 1, Barrikadnaya St., Moscow, 125993, Russia

² Stavropol State Medical University; 310, Mira St., Stavropol, 355017, Russia

³ Regional Children's Clinical Hospital; 3, Semashko St., 355029, Stavropol, Russia

Abstract

Goat milk has a long history of use in human nutrition. There are currently many studies examining the functional characteristics and nutritional value of goat milk and its importance in the production of various dairy products. Before, native goat milk was widely used for feeding young children if the breastfeeding was impossible. To date, however, the practice of feeding unmodified goat milk, as well as cow milk, to infants under 12 months of age is strongly discouraged, as this leaves them exposed to the risk of electrolyte imbalance, as well as iron, folic acid, and vitamin B12 deficiencies. Commercial production of formulas based on goat milk began in the 1980s, and since then there have been many studies which show the safety and effectiveness of these formulas. The review provides the latest evidenced-based information on the composition and functional properties of individual components of the goat milk and goat milk formulas. The protein and amino acid composition

of goat milk, as well as the features of its effects on the formation of the infant's intestinal microbiota, are described in detail. The studies investigating goat milk oligosaccharides and their similarity to human milk oligosaccharides are presented. The characteristics of the goat milk fat profile have been demonstrated. As an example of an adapted goat milk formula, a formula designed to meet all standards is presented. The fat profile of the presented formula is modified by introducing a patented lipid complex consisting of β -palmitate in its composition. In addition, the presented formula composition includes such oligosaccharides as galacto- and fructo-oligosaccharides, which availability ensure the formation of an optimal intestinal microbiota.

Keywords: goat milk, human milk substitute, milk formulas, infant nutrition, oligosaccharides, β -palmitate

For citation: Zakharova I.N., Tsutsaeva A.N., Klimov L.Ya. Features of the functional composition of goat's milk and its importance as the basis for infant formula. *Meditsinskiy Sovet*. 2022;16(12):58–63. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-12-58-63>.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день одним из наиболее важных направлений современной педиатрии является обеспечение детей оптимальным питанием, соответствующим потребностям организма на разных этапах развития. Концепция ЮНЕСКО «Первые 1000 дней» (270 дней внутриутробного развития и первые два года жизни) подчеркивает важность правильного питания для будущего здоровья ребенка именно в этот период развития. Данное направление обеспечивает не просто оптимальный рост и развитие ребенка в раннем детстве, но также является залогом его будущего здоровья [1–3].

Неопровержимым считается факт преимущества грудного вскармливания, что делает вопросы поддержки грудного вскармливания приоритетными в педиатрии и детской нутрициологии [3, 4]. Однако при отсутствии возможности грудного вскармливания перед педиатром неизбежно встает вопрос выбора заменителя грудного молока, подходящего для конкретного ребенка.

Наиболее привычными в качестве заменителей грудного молока по-прежнему являются смеси на основе коровьего молока. Однако в последнее время все большее распространение в мире и в нашей стране приобретают смеси, приготовленные на основе козьего молока [5–7].

Первая коммерчески доступная формула на основе козьего молока была разработана в конце 1980-х гг. Первоначально существовали опасения по поводу пригодности белка козьего молока для младенцев в основном лишь потому, что общедоступные научные данные об адекватности данных смесей были недостаточными [8]. Но в 2012 г. Европейское управление по безопасности пищевых продуктов (EFSA) пришло к выводу, что козье молоко подходит в качестве источника белка для детского питания и последующих смесей [9].

Безусловно, козье молоко существенно отличается по составу от женского молока, но в то же время при сравнении с привычным коровьим молоком, чаще используемым для изготовления заменителей женского молока, различия минимальны [10–14]. В табл. 1 представлены особенности состава козьего, коровьего и женского молока по ключевым питательным компонентам по данным современных исследований.

● **Таблица 1.** Состав козьего, коровьего и женского молока [10–14]

● **Table 1.** Composition of goat, cow, and human milk [10–14]

Показатель	Козье молоко	Коровье молоко	Женское молоко
Общий белок, г/100 мл	3,3	3,4	0,9
Казеин, %	83	83	27
Сывороточный белок, %	17	17	73
Лактоза, г/100 мл	4,1	4,5	6,5
Олигосахариды, г/л	0,3	0,06	12
Общий жир, г/100 мл	3,5	3	3,4
Насыщенные жирные кислоты, %	66,9	62,8	28,9
Среднецепочечные триглицериды, %	18,6	12,8	4,7
Мононенасыщенные жирные кислоты, %	23,6	25,2	20,6
Полиненасыщенные жирные кислоты, %	9,4	12	50,5
Кальций, мг/100 мл	121	87	26
Фосфор, мг/100 мл	104	76	16

ОСОБЕННОСТИ БЕЛКОВОГО СОСТАВА КОЗЬЕГО МОЛОКА

Концентрации отдельных видов белков также различаются. В сыворотке грудного молока отсутствует β -лактоглобулин, в то же время в козьем и коровьем молоке он составляет примерно 16% от общего белка [10]. При этом из-за структурных различий в строении β -лактоглобулина, которые делают его менее устойчивым к ферментам желудочно-кишечного тракта, сыворотка козьего молока переваривается существенно легче по сравнению с сывороткой коровьего молока. Так, лабораторные исследования демонстрируют, что под действием желудочного и кишечного сока переваривается 77% козьего β -лактоглобулина и только 17% коровьего [15].

Основу казеиновой фракции козьего молока составляет β -казеин, содержание которого более чем в 10 раз выше по сравнению с грудным молоком [16, 17]. Благодаря такому соотношению казеиновой фракции – когда

β -казеин преобладает над α 1-казеином – происходит более равномерное формирование мягкого белкового сгустка в желудке ребенка. Это также способствует более быстрому и легкому перевариванию казеина козьего молока по сравнению с казеином коровьего молока [17–19]. Концентрации α 1-казеина в козьем молоке сильно зависят от генетических полиморфизмов, составляя до 25% от общего белка в молоке коз с аллелями А, В или С, тогда как у коз с аллелями О или N нет α 1-казеина [20, 21]. Напротив, α 1-казеин в коровьем молоке, как правило, более стабилен и составляет в среднем 25% от общего количества белка [22, 23].

В недавнем исследовании, оценивающем влияние белковых фракций козьего и коровьего молока на кишечную микробиоту мышей методом секвенирования гена *16SpPHK*, было продемонстрировано, что содержание β -казеина напрямую коррелирует с бактериями родов *Enterococcus* и *Allobaculum*, в то время как α 1-казеин способствует росту *Akkermansia*, *Bifidobacterium* и *Eubacterium* [24]. Также авторам удалось установить, что при использовании козьего молока формирование микробиоты происходит быстрее. Помимо этого, было показано, что в группе мышей, у которых применялось козье молоко, метаболизм пирувата, нуклеотидов и линолевой кислоты значительно выше по сравнению с группой мышей, питающихся коровьим молоком [24].

Аминокислотная последовательность белков коровьего и козьего молока имеет общую гомологию на 88% [25], но только на 60% гомологична белкам женского молока [26].

В табл. 2 представлена сравнительная характеристика аминокислотного состава разных видов молока [8, 27, 28].

В пересчете на долю общего белка концентрации большинства аминокислот в козьем и коровьем молоке относительно одинаковы. По сравнению с человеческим молоком в козьем и коровьем молоке содержится больше

● **Таблица 2.** Содержание аминокислот в козьем, коровьем и Женском молоке, мг/г [8, 27, 28]

● **Table 2.** Amino acid content in goat, cow and human milk, mg/g [8, 27, 28]

Аминокислота	Козье молоко	Коровье молоко	Женское молоко
Гистидин	186	168	139
Изолейцин	317	318	288
Лейцин	610	625	551
Лизин	520	531	363
Фенилаланин	330	312	205
Треонин	335	300	248
Триптофан	104	93	106
Тирозин	265	318	264
Валин	480	394	305
Цистеин	61	50	126
Метионин	165	168	87

метионина и меньше цистеина, а в коровьем молоке меньше триптофана. Следовательно, оба вида молока требуют корректировки отдельных аминокислот для детского питания [9]. Кормление козьим молоком без модификации отдельных аминокислот также может привести к чрезмерному уровню метионина и фенилаланина у младенцев [9, 29].

ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕВОДНОГО СОСТАВА КОЗЬЕГО МОЛОКА

Углеводный состав козьего молока также практически не отличается от коровьего молока, кроме содержания олигосахаридов. Показано, в частности, что концентрации олигосахаридов в козьем молоке в 10 раз выше, чем в коровьем [30, 31].

В недавнем исследовании S.S. van Leeuwen et al. (2020) продемонстрировано, что в козьем молоке содержание олигосахаридов варьирует от 60 до 350 мг/л в зрелом и от 200 до 650 мг/л в молозиве [32]. А. Martinez-Ferez et al. (2006) установили, что зрелое молоко коз породы Мурсиано-Гранадина содержит 250–300 мг/л олигосахаридов, что примерно в 5 раз выше уровня олигосахаридов коровьего молока (30–60 мг/л) [33]. В другом исследовании молока этой породы коз концентрации олигосахаридов колебались в диапазоне 251–572 мг/л [34]. Общие уровни нейтральных олигосахаридов варьировали от 140 до 315 мг/л, а общие уровни кислых – от 83 до 251 мг/л. Наиболее распространенными олигосахаридами были галактосиллактозы, их значения варьировали от 128,7 до 274,3 мг/л. Авторы получили более высокие уровни 2'-фукозиллактозы (2,2–31,6 мг/л) по сравнению с фукозиллактозамином (3,1–6,15 мг/л). Кроме того, выявлено, что, как и в случае с человеческим молоком, все образцы козьего молозива содержали более высокие концентрации 6'-сиалиллактозы (29–124 мг/л), чем 3'-сиалиллактозы (3–12 мг/л). В то же время в нескольких других исследованиях были показаны противоположные результаты, демонстрирующие преобладание 3'-сиалиллактозы в козьем молоке [35–37].

В целом по данным различных исследований в зрелом козьем молоке было охарактеризовано в общей сложности 40 различных олигосахаридов [34, 38–40]. В исследовании S. Albrecht et al. (2014) в козьем молоке впервые была идентифицирована 3'-фукозиллактоза, являющаяся одним из распространенных олигосахаридов грудного молока [39]. В исследовании A. Leong et al. (2019) изучалось наличие природных олигосахаридов в детских смесях (стартовых и последующих) на основе козьего молока, а также их пребиотические и противоинфекционные свойства. Результаты показали наличие 14 поддающихся количественному определению олигосахаридов в детских смесях на основе козьего молока, что было аналогично количеству олигосахаридов, обнаруженных в свежем козьем молоке. Из них пять (2'-фукозиллактоза, 3'-сиалиллактоза, 6'-сиалиллактоза, лакто-N-гексаоза и лакто-N-неотетраоза) были аналогичны олигосахаридам грудного молока. Помимо этого, авторы установили, что олигосаха-

риды смесей на основе козьего молока значительно усиливают рост бифидобактерий и лактобактерий и снижают адгезию кишечной палочки NCTC 10418 и *S. typhimurium*. В совокупности эти результаты свидетельствуют о том, что олигосахариды, естественным образом присутствующие в детских смесях на основе козьего молока, обладают сильными пребиотическими и антипатогенными адгезионными свойствами и могут принести пользу здоровью кишечника младенцев [40].

Несмотря на то что концентрации олигосахаридов козьего молока выше по сравнению с коровьим молоком, для достижения уровней, сопоставимых с уровнями олигосахаридов грудного молока, требуется дополнительное введение олигосахаридов в молочные формулы на основе козьего молока [30, 31]. Инновации в крупномасштабном производстве олигосахаридов, аналогичных олигосахаридам грудного молока, позволяют добавлять их в молочные смеси на основе коровьего молока [41]. Однако пока не изучен вопрос, будут ли работать в синергии добавленные в формулы на козьем молоке олигосахариды с естественно присутствующими в исходном сырье олигосахаридами.

ЖИРОВОЙ ПРОФИЛЬ КОЗЬЕГО МОЛОКА

Жировой состав козьего молока также является более оптимальным для переваривания незрелыми ферментными системами ребенка по сравнению с коровьим молоком [17]. Как показано в исследованиях, жировые глобулы козьего молока имеют существенно меньший размер, в отличие от глобул коровьего молока, что обеспечивает более легкое воздействие панкреатической липазы [7, 17].

Козье молоко содержит большее количество коротко- и среднецепочечных жирных кислот – капроновой, каприловой, каприновой, лауриновой и миристиновой кислот, которые всасываются в кишечнике непосредственно в венозную сеть, что облегчает усвоение жира [17].

Особого интереса заслуживает пальмитиновая кислота, относящаяся к одноосновным насыщенным жирным кислотам, которая является одной из основных жирных кислот грудного молока. Как известно, пальмитиновая кислота грудного молока в молекуле триглицерида этерифицируется в основном в Sn-2 положении (β -пальмитат) [42, 43]. В то же время в большинстве молочных смесей пальмитиновая кислота этерифицирована до Sn-1, Sn-3 положения триглицерида (α -пальмитат) [44].

Напомним физиологический аспект преимущества β -пальмитата. Первым ферментом, переваривающим жиры, является желудочная липаза, которая к моменту рождения у ребенка уже достаточно хорошо функционирует. В то же время панкреатическая липаза не настолько эффективна ввиду незрелости в течение первых недель жизни экзокринной функции поджелудочной железы. Желудочная липаза стереоспецифична – она подвергает гидролизу эфирные связи в молекуле глицерола в позиции n-3, а липаза поджелудочной железы отщепляет жирные кислоты в позиции Sn-1 и Sn-3, в то время как среднее положение (Sn-2) относительно устойчиво к фер-

ментолитической активности. При поступлении в организм грудного ребенка пальмитиновой кислоты, расположенной в молекуле триглицерида в Sn-1 и Sn-3 положениях, насыщенная пальмитиновая кислота высвобождается из эфирных связей, что при наличии достаточного количества кальция в просвете кишечника создает предпосылки для образования нерастворимых кальциевых мыл, в результате чего биодоступность кальция снижается. Образование в просвете кишечника нерастворимых кальциевых мыл отвечает за более плотный стул. При расположении пальмитиновой кислоты в Sn-2 положении большая часть этого моноглицерида (β -пальмитат) всасывается и поступает в хиломикроны лимфатической системы кишечника [45].

К современным адаптированным смесям на основе козьего молока относится линейка Kabrita® Gold (производство Группы компаний Ausnutria, Голландия), дифференцированная по возрасту. Для оптимизации жирового профиля в молочные смеси Kabrita® Gold включен запатентованный липидный комплекс DigestX®, состав которого близок к жирнокислому составу грудного молока. Особенностью липидного комплекса DigestX® является высокое содержание в нем пальмитиновой кислоты в Sn-2 положении в молекуле триглицерида (β -пальмитат) аналогично грудному молоку. Научные исследования подтвердили безопасность применения DigestX® для производства продуктов детского питания. Помимо этого, молочные смеси Kabrita® Gold обогащены витаминами и минеральными веществами в соответствии с физиологическими потребностями грудных детей, а также пребиотиками – галакто- и фруктоолигосахаридами, что обеспечивает формирование у младенца оптимальной микробиоты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на сегодняшний день доказано, что козье молоко является оптимальным источником белка для детского питания и создания на его основе молочных смесей. Функциональный состав козьего молока обеспечивает возможность создания смесей с максимально приближенным к грудному молоку составом. Обнаруженные в последние годы в козьем молоке и молочных смесях на его основе олигосахариды в количествах, существенно превышающих таковые в коровьем молоке, а также данные об их пребиотических и противомикробных свойствах, являются дополнительными положительными факторами, позволяющими использовать для искусственного вскармливания детей раннего возраста смеси на основе козьего молока в качестве альтернативы традиционным смесям на основе коровьего молока. Примером адаптированных смесей на основе козьего молока являются смеси Kabrita® Gold, изготовленные с учетом всех стандартов и норм качества, а также включающие липидный комплекс DigestX®, приближающий их состав к составу женского молока.



Поступила / Received 07.05.2022
Поступила после рецензирования / Revised 23.05.2022
Принята в печать / Accepted 24.05.2022

Список литературы / References

- Захарова И.Н., Бережная И.В., Мачнева Е.Б., Кучина А.Е., Облогина И.С. Грудное молоко – первый шаг к программированию здоровья в течение последующей жизни. *Вестник Росздравнадзора*. 2018;(1):28–33. Режим доступа: <https://roszdravnadzor.gov.ru/upload/images/2019/11/15/1573800708.79346-1-23051.pdf>.
- Zakharova I.N., Berezhnaya I.V., Machneva E.B., Kuchina A.E., Oblogina I.S. Breast milk is the first step to health programming during the subsequent life. *Vestnik Roszdravnadzora*. 2018;(1):28–33. (In Russ.) Available at: <https://roszdravnadzor.gov.ru/upload/images/2019/11/15/1573800708.79346-1-23051.pdf>.
- Andreas NJ., Kampmann B., Mehring Le-Doare K. Human breast milk: A review on its composition and bioactivity. *Early Hum Dev*. 2015;91(11):629–635. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2015.08.013>.
- Захарова И.Н., Мачнева Е.Б., Облогина И.С. Грудное молоко – живая ткань! Как сохранить грудное вскармливание? *Медицинский совет*. 2017;(19):24–29. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-19-24-29>.
- Zakharova I.N., Machneva E.B., Oblogina I.S. Breast milk is a living tissue! How to preserve breastfeeding? *Meditsinskiy Sovet*. 2017;(19):24–29. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-19-24-29>.
- Украинцев С.Е., Самаль Т.Н. Грудное молоко, каким мы его не знали: хронобиология грудного молока. *Вопросы современной педиатрии*. 2018;17(2):148–151. <https://doi.org/10.15690/vsp.v17i2.1881>.
- Ukrainsev S.E., Samal T.N. Breast milk that we did not know: chronobiology of breast milk. *Current Pediatrics*. 2018;17(2):148–151. (In Russ.) <https://doi.org/10.15690/vsp.v17i2.1881>.
- Казюкова Т.В., Ильенко Л.И., Котлуков В.К. Козье молоко в питании детей грудного и раннего возраста. *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского*. 2017;96(1):75–82. <https://doi.org/10.24110/0031-403X-2017-96-1-75-82>.
- Kazyukova T.V., Ilyenko L.I., Kotlukov V.K. Goat milk in nutrition of infants and young children. *Pediatrics*. 2017;96(1):75–82. (In Russ.) <https://doi.org/10.24110/0031-403X-2017-96-1-75-82>.
- Turck D. Cow's milk and goat's milk. *World Rev Nutr Diet*. 2013;108:56–62. <https://doi.org/10.1159/000351485>.
- Haenlein G. Goat milk in human nutrition. *Small Rumin Res*. 2004;51(2):155–163. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.08.010>.
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Opinion of the scientific panel on dietetic products, nutrition and allergies on a request from the Commission relating to the evaluation of goats' milk protein as a protein source for infant formulae and follow-on formulae. *EFSA J*. 2004;2(3):32. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2004.32>.
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific opinion on the suitability of goat milk protein as a source of protein in infant formulae and in follow-on formulae. *EFSA J*. 2012;10(3):2603. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2603>.
- Liao Y., Weber D., Xu W., Durbin-Johnson B.P., Phinney B.S., Lönnnerdal B. Absolute quantification of human milk caseins and the whey/casein ratio during the first year of lactation. *J Proteome Res*. 2017;16(11):4113–4121. <https://doi.org/10.1021/acs.jproteome.7b00486>.
- Ceballos L.S., Morales E.R., Adarve G.D., Castro J.D., Martínez L.P., Sampelayo M.R. Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *J Food Compos Anal*. 2009;22(4):322–329. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.020>.
- Gidrewicz D.A., Fenton T.R. A systematic review and meta-analysis of the nutrient content of preterm and term breast milk. *BMC Pediatr*. 2014;14:216. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-14-216>.
- Wang L., Li X., Liu L., da Zhang H., Zhang Y., Chang Y.H., Zhu Q.P. Comparative lipidomics analysis of human, bovine and caprine milk by UHPLC-Q-TOF-MS. *Food Chemistry*. 2020;310:125865. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125865>.
- Wang Y., Zhou X., Gong P., Chen Y., Feng Z., Liu P. et al. Comparative major oligosaccharides and lactose between Chinese human and animal milk. *Int Dairy J*. 2020;108:104727. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104727>.
- Almaas H., Cases A.-L., Devold T., Holm H., Langrud T., Aabakken L. et al. In vitro digestion of bovine and caprine milk by human gastric and duodenal enzymes. *Int Dairy J*. 2006;16(9):961–968. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.10.029>.
- Park Y.W. Goat milk-chemistry and nutrition. In: Park W., Park Y.W., Haenlein G.F.W. (eds.). *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals*. Oxford, UK: Blackwell Publishing; 2006, pp. 34–58. <https://doi.org/10.1002/9780470999738.CH3>.
- Тутельян В.А., Конь И.Я. *Детское питание: Руководство для врачей*. 4-е изд. М.: Медицинское формирование агентства; 2017. 784 с.
- Tutelyan V.A., Kon' I.Ya. *Baby food: A guide for physicians*. 4th ed. Moscow: Medical Formation Agency; 2017. 784 p. (In Russ.)
- Inglingsstad R.A., Devold T.G., Eriksen E.K. Comparison of the digestion of caseins and whey proteins in equine, bovine, caprine and human milks by human gastrointestinal enzymes. *Dairy Sci Technol*. 2010;90:549–563. <https://doi.org/10.1051/DST/2010018>.
- Ingham B., Smialowska A., Kirby N.M., Wang C., Carr A.J. A structural comparison of casein micelles in cow, goat and sheep milk using X-ray scattering. *Soft Matter*. 2018;14(17):3336–3343. <https://doi.org/10.1039/c8sm00458g>.
- Clark S., Mora García M.B. A 100-Year Review: Advances in goat milk research. *J Dairy Sci*. 2017;100(12):10026–10044. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13287>.
- Selvaggi M., Laudadio V., Dario C., Tufarelli V. Major proteins in goat milk: an updated overview on genetic variability. *Mol Biol Rep*. 2014;41(2):1035–1048. <https://doi.org/10.1007/s11033-013-2949-9>.
- Martin P., Szymanowska M., Zwierzchowski L., Leroux C. The impact of genetic polymorphisms on the protein composition of ruminant milks. *Reprod Nutr Dev*. 2002;42(5):433–459. <https://doi.org/10.1051/rnd:2002036>.
- Ceballos L.S., Morales E.R., Advare G.T., Castro J.D., Marinez L.P., Sampelayo M.R.S. Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *J Food Compos Anal*. 2009;22(4):322–329. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.020>.
- Wang Z., Jiang S., Ma C., Huo D., Peng Q., Shao Y., Zhang J. Evaluation of the nutrition and function of cow and goat milk based on intestinal microbiota by metagenomic analysis. *Food Funct*. 2018;9(4):2320–2327. <https://doi.org/10.1039/c7fo01780d>.
- Tsabouri S., Douras K., Piftis K.N. Cow's milk allergenicity. *Endocr Metab Immune Disord Drug Targets*. 2014;14(1):16–26. <https://doi.org/10.2174/1871530314666140121144224>.
- Roncada P., Piras C., Soggiu A., Turk R., Urbani A., Bonizzi L. Farm animal milk proteomics. *J Proteomics*. 2012;75(14):4259–4274. <https://doi.org/10.1016/j.jprote.2012.05.028>.
- Rutherford S., Moughan P., Lowry D., Prosser C.G. Amino acid composition determined using multiple hydrolysis times for three goat milk formulations. *Int J Food Sci*. 2008;59(7–8):679–690. <https://doi.org/10.1080/09637480701705424>.
- Zhang Z., Adelman A.S., Rai D., Boettcher J., Lönnnerdal B. Amino acid profiles in term and preterm human milk through lactation: a systematic review. *Nutrients*. 2013;5(12):4800–4821. <https://doi.org/10.3390/nu5124800>.
- Maines E., Gugelmo G., Tadiotto E., Pietrobelli A., Campostrini N., Pasini A. et al. High-protein goat's milk diet identified through newborn screening: clinical warning of a potentially dangerous dietetic practice. *Public Health Nutr*. 2017;20(15):2806–2809. <https://doi.org/10.1017/S1368980017001628>.
- Meyrand M., Dallas D.C., Caillat H., Bouvier F., Martin P., Barile D. Comparison of milk oligosaccharides between goats with and without the genetic ability to synthesize α s1-casein. *Small Rumin Res*. 2013;113(2–3):411–420. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.03.014>.
- Giorgio D., Di Trana A., Claps S. Oligosaccharides, polyamines and sphingolipids in ruminant milk. *Small Rumin Res*. 2018;160:23–30. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.01.006>.
- Van Leeuwen S.S., Schoemaker R.J., Timmer C.J., Kamerling J.P., Dijkhuizen L. Use of Wisteria floribunda agglutinin affinity chromatography in the structural analysis of the bovine lactoferrin N-linked glycosylation. *Biochim Biophys Acta*. 2012;1820(9):1444–1455. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2011.12.014>.
- Martinez-Ferez A., Rudloff S., Guadix A. Goats' milk as a natural source of lactose-derived oligosaccharides: Isolation by membrane technology. *Int Dairy J*. 2006;16(2):173–181. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.02.003>.
- Martin-Ortiz A., Salcedo J., Barile D., Bunyatrachata A., Moreno F.J., Martin-García I. et al. Characterization of goat colostrum oligosaccharides by nano-liquid chromatography on chip quadrupole time-of-flight mass spectrometry and hydrophilic interaction liquid chromatography-quadrupole mass spectrometry. *J Chromatogr A*. 2016;1428:143–153. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2015.09.060>.
- Claps S., Di Napoli M.A., Sepe L., Caputo A.R., Ruffano D., Di Trana A. et al. Sialyloligosaccharides content in colostrum and milk of two goat breeds. *Small Rumin Res*. 2014;121(1):116–119. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.12.024>.
- Claps S., Di Napoli M.A., Caputo A.R., Ruffano D., Sepe L., Di Trana A. Factor affecting the 3' sialyllactose, 6' sialyllactose and dialyllactose content in caprine colostrum and milk: Breed and Parity. *Small Rumin Res*. 2016;134:8–13. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.11.002>.
- Quinn E.M., Slattery H., Thompson A.P., Kilcoyne M., Joshi L., Hickey R.M. Mining milk for factors which increase the adherence of Bifidobacterium longum subsp. infantis to intestinal cells. *Foods*. 2018;7(12):196. <https://doi.org/10.3390/foods7120196>.
- Albrecht S., Lane J.A., Mariño K., Al Busadah K.A., Carrington S.D., Hickey R.M., Rudd P.M. A comparative study of free oligosaccharides in the milk of domestic animals. *Br J Nutr*. 2014;111(7):1313–1328. <https://doi.org/10.1017/S0007114513003772>.
- Aldredge D.L., Geronimo M.R., Hua S., Nwosu C.C., Lebrilla C.B., Barile D. Annotation and structural elucidation of bovine milk oligosaccharides and determination of novel fucosylated structures. *Glycobiology*. 2013;23(6):664–676. <https://doi.org/10.1093/glycob/cwt007>.

40. Leong A., Liu Z., Almshawit H., Zisu B., Pillidge C., Rochfort S., Gill H. Oligosaccharides in goats' milk-based infant formula and their prebiotic and anti-infection properties. *Br J Nutr.* 2019;122(4):441–449. <https://doi.org/10.1017/S000711451900134X>.
41. Vandeplass Y., Berger B., Carnielli V.P., Ksiazyk J., Lagstrom H., Luna M.S., Wabitsch M. Human milk oligosaccharides: 2-fucosyllactose (2-FL) and lacto-N-neotetraose (LNnT) in infant formula. *Nutrients.* 2018;10:1161. <https://doi.org/10.3390/nu10091161>.
42. Havlicekova Z., Jesenak M., Banovcin P., Kuchta M. Beta-palmitate – a natural component of human milk in supplemental milk formulas. *Nutr J.* 2016;17:15–28. <https://doi.org/10.1186/s12937-016-0145-1>.
43. Innis S.M., Dyer R., Nelson C.M. Evidence that palmitic acid is absorbed as sn-2 monoacylglycerol from human milk by breast-fed infants. *Lipids.* 1994;29(8):541–545. <https://doi.org/10.1007/BF02536625>.
44. López-López A., Castellote-Bargalló A.I., Campoy-Folgoso C., Rivero-Urgel M., Tormo-Carnicé R., Infante-Pina D., López-Sabater M.C. The influence of dietary palmitic acid triacylglyceride position on the fatty acid, calcium and magnesium contents of at term newborn faeces. *Early Hum Dev.* 2001;65(Suppl. 2):S83–94. [https://doi.org/10.1016/s0378-3782\(01\)00210-9](https://doi.org/10.1016/s0378-3782(01)00210-9).
45. Rogalska E., Ransac S., Verger R. Stereoselectivity of lipases. II. Stereoselective hydrolysis of triglycerides by gastric and pancreatic lipases. *J Biol Chem.* 1990;265(33):20271–20276. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(17\)30500-8](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(17)30500-8).

Информация об авторах:

Захарова Ирина Николаевна, д.м.н., профессор, заслуженный врач Российской Федерации, заведующая кафедрой педиатрии имени академика Г.Н. Сперанского, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования; 125993, Россия, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1; zakharova-irapo@yandex.ru

Цуцаева Анна Николаевна, к.м.н., ассистент кафедры факультетской педиатрии, Ставропольский государственный медицинский университет; 355017, Россия, Ставрополь, ул. Мира, д. 310; врач-педиатр, Краевая детская клиническая больница; 355029, Россия, Ставрополь, ул. Семашко, д. 3; a.nicolaevnakasjanova@yandex.ru

Климов Леонид Яковлевич, д.м.н., доцент, заведующий кафедрой факультетской педиатрии, Ставропольский государственный медицинский университет; 355017, Россия, Ставрополь, ул. Мира, д. 310; klimov_leo@mail.ru

Information about the authors:

Irina N. Zakharova, Dr. Sci. (Med.), Professor, Honoured Doctor of the Russian Federation, Head of the Department of Pediatrics named after Academician G.N. Speransky, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; 2/1, Bldg. 1, Barrikadnaya St., Moscow, 125993, Russia; zakharova-irapo@yandex.ru

Anna N. Tsutsaeva, Cand. Sci. (Med.), Assistant of the Department of Pediatrics, Stavropol State Medical University; 310, Mira St., Stavropol, 355017, Russia; Pediatrician, Regional Children's Clinical Hospital; 3, Semashko St., 355029, Stavropol, Russia; a.nicolaevnakasjanova@yandex.ru

Leonid Ya. Klimov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Pediatrics, Stavropol State Medical University; 310, Mira St., Stavropol, 355017, Russia; klimov_leo@mail.ru