

Влияние смесей на основе козьего молока на здоровье ребенка

И.Н. Захарова^{1,2✉}, <https://orcid.org/0000-0003-4200-4598>, kafedra25@yandex.ru

Н.Г. Сугян^{1,3}, <https://orcid.org/0000-0002-2861-5619>, narine6969@mail.ru

Я.В. Оробинская^{1,4}, <https://orcid.org/0009-0005-2121-4010>, yanashbook@mail.ru

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

² Детская городская клиническая больница имени З.А. Башляевой; 125373, Россия, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 28

³ Химкинская больница; 141407, Россия, Московская обл., Химки, Куркинское шоссе, д. 11

⁴ Химкинская больница, поликлиника «Мама и малыш»; 141400, Россия, Московская обл., Химки, ул. Родионова, д. 1

Резюме

Грудное молоко – «золотой стандарт» вскармливания детей первых лет жизни, оказывает влияние на здоровье ребенка как в раннем возрасте, так и в последующие периоды его жизни. Однако бывают ситуации, когда грудное вскармливание невозможно – отсутствие молока у женщины, проблемы у нее со здоровьем, отсутствие желания кормить грудью, необходимость выхода на работу и т. д. Возникает закономерный вопрос, как выбрать среди большого числа искусственных смесей для здорового ребенка ту, что подойдет ребенку с учетом его гестационного возраста, а также большого числа индивидуальных «факторов риска» – высоких или низких массо-ростовых показателей, особенностей родов («вагинальные», оперативное родоразрешение) и др. Чаще всего выбор приходится на смеси на основе коровьего молока. В то же время не стоит забывать про альтернативные варианты смесей на козьем молоке. Исторические данные свидетельствуют о том, что козьим молоком кормили больных рахитом, считали, что оно влияет на работу мозга. Интерес к полезным свойствам козьего молока не угасает и на сегодняшний день, учитывая, что биологические активные вещества, содержащиеся в козьем молоке, присутствуют в большем количестве и в молоке женщины. Фракция β -казеина является основным его компонентом, это и делает его максимально схожим по структуре с грудным молоком. Помимо белков, компонентами, определяющими превосходную усвояемость козьего молока, являются жиры. Отличительной особенностью является их меньший размер по сравнению с жирами молока других животных. Данная статья рассматривает все преимущества козьего молока, его влияние на все аспекты здоровья младенцев.

Ключевые слова: дети, грудное молоко, β -казеин, длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты, олигосахариды

Для цитирования: Захарова И.Н., Сугян Н.Г., Оробинская Я.В. Влияние смесей на основе козьего молока на здоровье ребенка. *Медицинский совет.* 2024;18(11):93–99. <https://doi.org/10.21518/ms2024-260>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The effect of goat-milk-based formulas on infant health

Irina N. Zakharova^{1,2✉}, <https://orcid.org/0000-0003-4200-4598>, kafedra25@yandex.ru

Narine G. Sugian^{1,3}, <https://orcid.org/0000-0002-2861-5619>, narine6969@mail.ru

Yana V. Orobinskaya^{1,4}, <https://orcid.org/0009-0005-2121-4010>, yanashbook@mail.ru

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

² Children's City Clinical Hospital named after Z.A. Bashlyaeva; 28, Geroyev Panfilovtsev St., Moscow, 125373, Russia

³ Khimki Hospital; 11, Kurkinskoe Shosse, Khimki, Moscow Region, 141407, Russia

⁴ Khimki Hospital, Mother and Baby Outpatient Clinic; 1, Rodionov St., Khimki, Moscow Region, 141400, Russia

Abstract

Breast milk is the “gold standard” for feeding infants for the first years of life and affects the children health both at an early age and in subsequent periods of their life. However, there are times when women are unable to breastfeed for the following reasons: a woman cannot make milk or has health problems, or lose interest in breastfeeding, or should be back at work, etc. This brings up a legitimate question: how to choose among a large number of infant formulas for healthy infants the one that will fit and be safe for a child to use, taking into account their gestational age, as well as a large number of individual “risk facts” such as high or low body mass and height parameters, features of a childbirth (“vaginal”, operative delivery), etc. Most often, the choice falls on cow-milk-based infant formula. After all, one should not forget about alternative options such as goat-milk-based formulas. Historical evidence shows that patients with rickets were fed with goat milk and it was believed to affect brain functions. Interest in the beneficial effects of goat's milk has been steadily increasing to this day, given that the biological active substances present in goat's milk are also present in women's milk in larger quantities. The β -casein fraction is its main component, which makes it as similar to breast milk in structure as possible. In addition to proteins, fats are components that contribute to the excellent digestibility of goat milk. Their distinctive feature is smaller size as compared to milk fats from other animals. This article explores all the benefits of goat milk and its effect on all aspects of infant health.

Keywords: children, breast milk, β -casein, long-chain polyunsaturated fatty acids, oligosaccharides

For citation: Zakharova IN, Sugian NG, Orobinskaya YaV. The effect of goat-milk-based formulas on infant health. *Meditsinskiy Sovet*. 2024;18(11):93–99. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/ms2024-260>.

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

ВВЕДЕНИЕ

Грудное молоко (ГМ) – сложная видоспецифичная жидкость, адаптированная под потребности в питании быстрорастущего организма ребенка. ГМ способствует созреванию иммунной системы, обеспечивает определенный уровень защиты от болезнетворных микроорганизмов [1]. В случаях, когда грудное вскармливание (ГВ) недоступно, альтернативой считается детская искусственная смесь. Чаще всего для здорового ребенка используют смеси на основе коровьего молока, которые более доступны и дешевле. В настоящее время продукты на основе козьего молока (КМ) становятся все более популярными в силу его полезных и сходных по составу свойств с ГМ. Смеси на основе КМ имеют более высокий уровень олигосахаридов по сравнению с молоком других видов млекопитающих, более низкий уровень казеина α s-1 и др. [2, 3]. Исследования последних лет свидетельствуют о том, что КМ лучше переносится, реже наблюдаются минимальные пищеварительные дисфункции [4].

Первая коммерчески доступная смесь на основе КМ была разработана в конце 1980-х гг. Первоначально были опасения относительно пригодности «козьего» белка для питания младенцев. Причиной этому послужило то, что общедоступные научные доказательства питательной ценности этих молочных смесей были недостаточными [5]. Только когда в 2012 г. Европейское ведомство по безопасности пищевых продуктов (EFSA) опубликовало заключение о допустимости использования КМ в качестве основы для детских смесей, данный продукт стал наиболее распространенной заменой материнского молока [6, 7].

ПРЕИМУЩЕСТВА КОЗЬЕГО МОЛОКА

Интересным фактом является то, что биологические активные вещества (БАВ), содержащиеся в козьем молоке, присутствуют в большем количестве и в молоке женщины. Это связано с одинаковым апокриновым типом секреции, характеризующимся локальным разрушением верхней части клеток желез с выделением БАВ, в то время как коровье молоко продуцируется мерокриновым типом секреции, сохраняя клетки молочной железы целыми. Поэтому козье молоко более богато на содержание полезных веществ [8].

Белки. Фракции молочного белка подразделяются на два основных вида: казеины, представленные в виде взвешенных мицелл, и сывороточные белки. Основными представителями казеиновой фракции являются α s1-казеин, α s2-казеин и β -казеин, а основными сывороточными – β -лактоглобулин и α -лактальбумин. Также в меньших концентрациях присутствуют и другие сывороточные

белки, иммуноглобулины, сывороточный альбумин и лактоферрин [9].

Говоря о козьем молоке, следует отметить, что основные белковые фракции в нем примерно такие же, как и в человеческом молоке. Фракция β -казеина является основным его компонентом, это и делает его максимально схожим по структуре с грудным молоком [10]. Поскольку β -казеин более чувствителен к действию пепсина, данное сходство может объяснить легкую усвояемость козьего молока, т. к. соотношение β -казеина и α -лактальбумина составляет 70:30 [11]. Уникальные казеиновые мицеллы содержат больше кальция и неорганического фосфора, они менее термостойки и легче распадаются [12, 13]. В подтверждение этому в своей работе Y. Park et al. исследовали переваривание козьего и коровьего молока *in vitro* человеческими протеолитическими ферментами и доказали, что козье молоко переваривается быстрее, чем коровье [14].

Белки, содержащиеся в молоке, так же как и другие белки животного происхождения, содержат незаменимые аминокислоты, которые обладают высокой биологической ценностью и необходимы развивающемуся организму младенца [15]. β -казеиновая фракция A2 содержит значительное количество незаменимых аминокислот (52,79%). В частности, в ней много лейцина (11,91%), валина (9,83%) и изолейцина (6,48%). Эти аминокислоты известны как аминокислоты с разветвленной цепью, которые улучшают не только резистентность к инсулину, но и синтез белка [16]. Таким образом, фракция β -казеина A2 из козьего молока может быть полезна в качестве пищевого материала с хорошей усвояемостью, имеющего гипоаллергенные свойства (фракция β -казеина A2 не стимулировала высвобождение гистамина и TNF- α из клетки НМС-1) как для младенцев, так и для пожилых людей и людей с нарушениями обмена веществ [17].

Жиры. Помимо белков, компонентами, определяющими превосходную усвояемость КМ, являются жиры. Состав жировых шариков существенно отличается от молока других видов животных. Отличительной особенностью является их меньший размер. Установлено, что средний размер жировых шариков козьего молока составляет около 3,5 мкм по сравнению, например, с жировым компонентом коровьего молока, размер которого составляет 4,5 мкм [18].

Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты (ДПЖК) и среднецепочечные триглицериды (СЦТ) в КМ составляют 53,95 и 30,83% соответственно. ДПЖК – это высокодоступный субстрат энергии. Следовательно, считается, что КМ, перевариваясь быстрее, образует энергию из-за высокой концентрации ДПЖК. В результате это оказывает значительное энергетическое воздействие, особенно на растущий организм младенца [19, 20]. Говоря

подробнее о СЦТ, таких как каприловая, каприновая и капроновая кислоты, стоит сказать, что они способствуют снижению уровня холестерина, ограничивая его отложение и усиливая мобилизацию в тканях [21]. Исследование I. López-Aliaga показало, что потребление козьего молока вызывает увеличение секреции холестерина желчью наряду со снижением его концентрации в плазме, в то время как значения фосфолипидов желчи, концентрации желчных кислот и индекс литогенности остаются неизменными [22]. Еще одним существенным отличием КМ является количество незаменимых жирных кислот (НЖК) и конъюгированных линолевых кислот (КЛК). Было показано, что НЖК оказывают несколько защитных эффектов на здоровье, таких как антиоксидантное, противовоспалительное, антиканцерогенное, антигипертензивное и антиатерогенное действие, а также некоторые полезные эффекты, такие как иммунная стимуляция и стимуляция роста [23].

Углеводы. Одним из наиболее распространенных классов макронутриентов, содержащихся в молоке, являются углеводы, главным образом лактоза, а также ее производные: лактулоза, лактитол, лактобионовая кислота и олигосахариды [24]. Примечательным является, что в КМ олигосахариды очень похожи по количеству и составу на женское молоко [25]. Эти продукты играют важную роль в качестве пребиотиков, которые стимулируют рост пробиотических бактерий в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ). Они также улучшают всасывание кальция и магния в кишечнике [26].

Олигосахариды играют роль защитников клеток слизистой оболочки кишечника от патогенов и способствуют росту *Lactobacillus*, что необходимо для правильного созревания кишечной микробиоты, особенно у новорожденных [27]. Кроме того, олигосахариды молока улучшают работу мозга и нервной системы и обладают значительными антигенными свойствами [28].

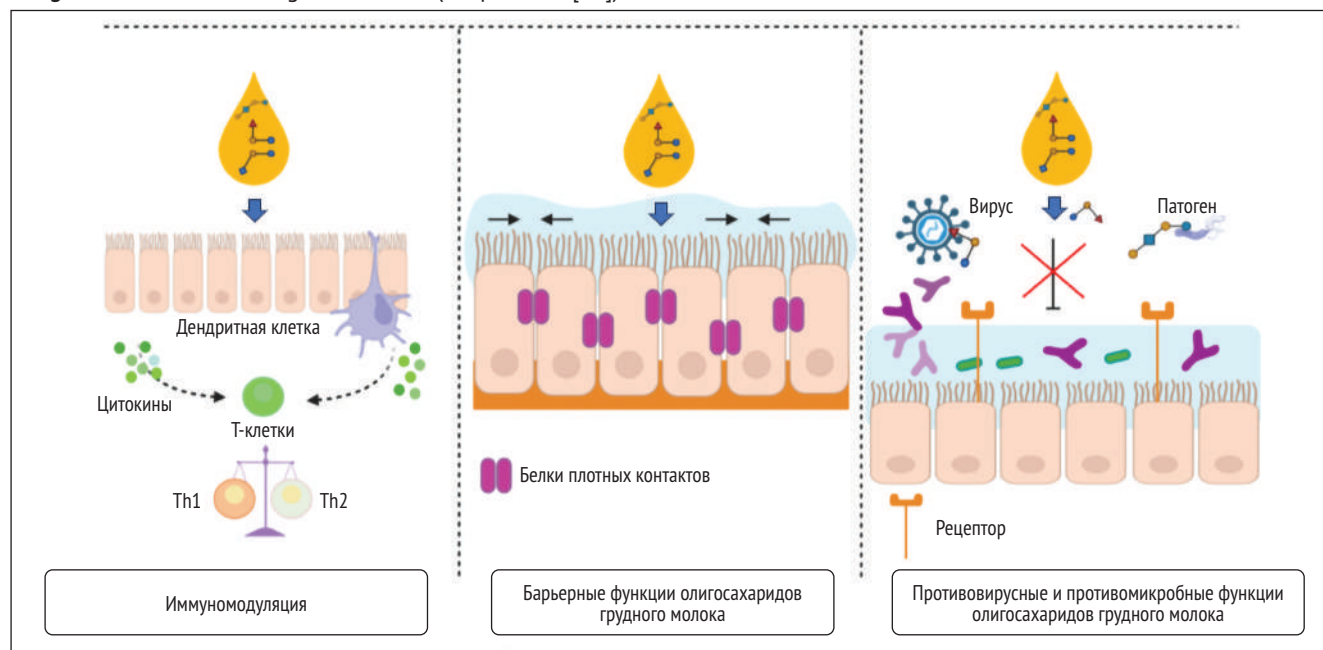
Как упоминалось ранее, олигосахариды козьего молока (ОКМ) близки по структуре и свойствам к олигосахаридам грудного молока. В коровьем молоке олигосахариды практически отсутствуют [29]. Определенные бактерии и вирусы способны распознавать некоторые типы фукозильированных и сиалилированных олигосахаридов, присутствующих в козьем молоке, и прикрепляться к ним, уменьшая их адгезию к клеткам кишечника и, как следствие, снижая риск возникновения инфекции (рис. 1) [30–32].

На рис. 1 наглядно изображены функции ОГМ, их взаимодействие с иммунными клетками и то, что они могут выполнять функцию иммуномодуляции, влияя на экспрессию про-/противовоспалительных цитокинов. ОГМ улучшают функционирование кишечного барьера за счет увеличения экспрессии белков плотных контактов с целью снижения проницаемости кишечного барьера. ОГМ также действуют как противовирусные и антимикробные средства, напрямую связываясь с вирусами и патогенными бактериями, предотвращая их «прилипание» к эпителиальным клеткам кишечника, блокируя их инфекционные свойства [33].

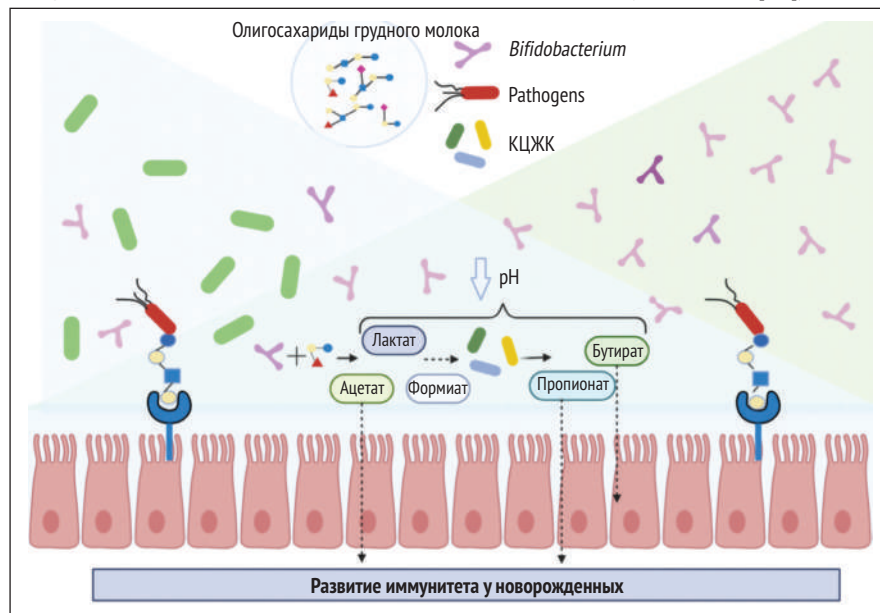
Природные ОКМ способны стимулировать рост *Bifidobacterium infantis* [34]. Данное преимущество особенно значимо в формировании кишечного микробиома, потому что *Bifidobacterium longum subsp. infantis* описан как «чемпион по колонизации кишечника младенцев». Он уникален среди кишечных бактерий. В его потрясающие способности входит поглощать и переваривать олигосахариды молока [35]. Штаммы бифидобактерий *B. longum*, *B. breve*, *B. adolescentis*, *B. bifidum* также обладают доказанной способностью использовать природные олигосахариды в качестве субстратов роста. Инкубация штамма *B. longum subsp. infantis* с ОКМ через 24 ч достоверно коррелирует с увеличением бактериального роста на 104%, а анализ метаболитов также выявил увеличение производство ацетата, лактата, формиата и этанола (рис. 2) [36].

● **Рисунок 1.** Функции олигосахаридов (адапт. из [33])

● **Figure 1.** Functions of oligosaccharides (adapt. from [33])



- **Рисунок 2.** Развитие иммунитета у новорожденных (адапт. из [37])
 ● **Figure 2.** Development of newborn baby's immune system (adapt. from [37])



ОГМ стимулируют колонизацию *Bifidobacterium* в микробиоме кишечника младенца. *Bifidobacterium* производят ацетат, формиат и лактат, которые в дальнейшем могут метаболизироваться в КЦЖК другими резидентными микроорганизмами. КЦЖК реабсорбируются в эпителии кишечника и перераспределяются в периферические ткани, влияя на иммунную систему ребенка.

Витамины и минералы козьего молока. В нескольких исследованиях сообщалось, что КМ обладает более высокой биодоступностью магния, кальция, меди, железа и фосфора, чем коровье молоко [38]. Одним из наиболее существенных различий между минералами козьего и коровьего молока является содержание кальция. В козьем молоке содержится 134 мг/100 г кальция, а в коровьем молоке – 119 мг/100 г. Содержание кальция в козьем молоке намного выше, чем в женском молоке, в котором содержится всего 32 мг/100 г кальция [39]. Что касается витаминов (витамина С, витамина В12, рибофлавина, фолиевой кислоты и витамина D), то, как правило, они содержатся в козьем молоке в более низких концентрациях [40]. Дефицит фолиевой кислоты и витамина В12 вызывает особую озабоченность из-за развития мегалобластной анемии, если младенцев кормят исключительно КМ, не обогащенным этими ингредиентами [41].

ФУНКЦИЯ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА И МИКРОБИОТА КИШЕЧНИКА

В настоящее время известно, что козье молоко может влиять на желудочно-кишечный тракт и метаболизм иначе, чем коровье молоко. Есть несколько сообщений, связывающих КМ с уменьшением симптомов боли в животе, вздутия или диареи [42]. Исследования на грызунах показывают, что КМ может частично защищать кишечник от воспаления [43]. В исследовании G. Paturi на моделях колита у грызунов изучали показатели ферментации короткоцепочечных жирных

кислот в КМ. Представленные данные согласуются с тем, что под действием олигосахаридов козьего происхождения происходит снижение воспалительных реакций, следовательно, КМ потенциально способно снижать риск воспалительных заболеваний кишечника [44]. Также S. Wang et al. проанализировали метаболические пути цикла ТКА и метаболизм пировата, показав, что они были интенсивнее в группе мышей, получавших КМ. В дополнение к этому были представлены результаты того, что казеин, α 1-казеин и β + К-казеин положительно коррелировали с *Enterococcus* и *Allobaculum*, а белок, α 2-казеин и казеин отрицательно – с *Coprococcus*. Это указывает на то, что компоненты молока тесно связаны с кишечной микробиотой [45]. В 2018 г. в исследовании «Корреляционная сеть, основанная на влиянии козьего молока на кишечную микробиоту мышей» группа мышей, получающих КМ, положительно коррелировала с содержанием в кишечнике бактерий родов *Adlercreutzia* ($R = 0,35$), *Flavonifractor* ($R = 0,17$), *Lactobacillus* ($R = 0,58$) и *Turicibacter* ($R = 0,71$), но отрицательно – с энтерококком ($R = -0,22$), *Enterorhabdus* ($R = -0,17$), *Oscillibacter* ($R = -0,28$) и *Oscillospira* ($R = -0,23$) [46]. Более поздние исследования показывают, что КМ также предотвращает адгезию изолята *Escherichia coli* и *Salmonella typhimurium* к клеткам Caco-2, а C. Butts et al. доказали, что КМ значительно увеличивает количество *Bifidobacterium spp.* и *Lactobacillus spp.* и снижает количество *Clostridium perfringens* в слепой и толстой кишке крыс с дисбиозом кишечника [47]. Другая мышиная модель показала, что употребление КМ уменьшило разнообразие и обилие генов резистентности к антибиотикам в кишечнике. Относительное содержание генов устойчивости к фторхинолонам, пептидам, макролидам и β -лактамам в общем количестве микробных генов значительно снизилось после употребления КМ, а также значительно снизило численность патогенных бактерий, таких как *Clostridium bolteae*, *Clostridium symbiosum*, *Helicobacter cinaedi* и *Helicobacter bilis*. Таким образом, потребление КМ может снизить потенциал передачи гена резистентности к антибиотикам патогенным бактериям в кишечнике [48].

ПРЕИМУЩЕСТВА ДЕТСКИХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ КОЗЬЕГО МОЛОКА

Нельзя упускать из вида тот факт, что немодифицированное козье молоко не подходит для грудных детей главным образом из-за высокого содержания белка и минералов, что приводит к существенному риску тяжелой гипернатриемии, азотемии и метаболического ацидоза. Непастеризованное козье молоко имеет дополнительные инфекционные риски, включая Ку-лихорадку, бруцеллез

и токсоплазмоз. Потребление непастеризованного козьего молока также связано с развитием гемолитико-уремического синдрома, связанного с продуцирующей Шига-токсин *Escherichia coli* O157:H7 [41]. Поэтому при выборе альтернативы грудному вскармливанию необходимо сделать корректный выбор в пользу детских молочных смесей, которые содержат все специальные функциональные компоненты.

Опираясь на приведенные выше данные, смеси на КМ могут стать достойной заменой ГМ. Они отличаются более высоким содержанием казеина, следовательно, образуют более крупные белковые агрегаты, следствием чего является их более медленное переваривание [49]. При анализе рандомизированных контролируемых исследований были получены данные, которые сообщали о том, что рост младенцев, которых кормили смесями из КМ, не отличался от роста младенцев, которые были вскормлены грудью [50]. Делая акцент на пищеварении, в проспективном когортном исследовании, выполненном Y. Han, говорится о том, что у младенцев, которых кормили козьими смесями, чаще был более мягкий стул, который больше напоминал стул младенцев, которых кормили ГМ [51]. А в серии исследований у младенцев с симптомами запора при питании смесями на основе белков КМ стул был мягче, содержание жира было ниже, а эпизоды продолжительного плача – меньше [52].

В исследовании «Эволюция младенческой микробиоты под влиянием различных продуктов питания», проведенном в 2021 г., было исследовано 346 здоровых младенцев. Оно показало, что микробиота детей, употребляющих смесь из козьего молока (Kabrita®), сходна с микробиотой детей на грудном вскармливании (корреляция 94,6%). Более значимые результаты говорили о том, что после 6 мес. приема смеси Kabrita® были максимальные темпы роста популяций *Bifidobacterium* [53].

Учитывая, что все больше современных исследований акцентируют внимание на формировании микробиоты у младенцев, анализ литературы показал, что детские смеси на основе КМ избирательно увеличивали относительное содержание *Blautia*, *Roseburia* и *Muribaculum* в кишечнике по сравнению с другими детскими смесями. Идентификация метаболомики показала, что детские смеси на основе козьего молока в основном стимулируют биосинтез желчных кислот, метаболизм арахидоновой кислоты и метаболические пути биосинтеза стероидов. Метаболиты, связанные с этими метаболическими путями, были также положительно связаны с увеличением количества микроорганизмов в детских смесях на основе КМ [54].

Не стоит забывать и о том, что синтезированные олигосахариды (например, галактоолигосахариды (ГОС) и фруктоолигосахариды (ФОС)), которые содержатся

в смесях на основе козьего молока Kabrita®, также способны влиять на формирование кишечного микробиома у младенцев. Численность β-разнообразия, микробная структура кишечника активно изменяются в группе пациентов, использующих смесь, содержащую ФОС. Численность *Bifidobacterium* и *Lactobacillus* заметно увеличивается. Функциональные прогнозы показали, что ФОС снижает количество кишечных бактериальных инфекций и улучшает эндокринную и иммунную системы [55].

Еще одним клинически значимым фактором, влияющим на правильный выбор адаптированной молочной смеси, является высокое содержание β-пальмитата, который не только способствует улучшению состава микробиоты, но и улучшает здоровье костей, качество сна, снижает активность плача, улучшает усвояемость жира и смягчает стул.

Большинство детских смесей содержат немодифицированные растительные жиры. Основное значение имеет то, что они богаты триглицеридами с пальмитиновой кислотой в позициях st-1 и sn-2 и ведут к образованию пальмитата кальция (СР), что снижает усвояемость питательных веществ, а это негативно влияет на здоровье младенца. Данные, представленные в 2020 г., показали, что рост *Faecalibacterium prausnitzii* и нескольких других видов бактерий, доминирующих в микрофлоре кишечника младенцев, был подавлен в среде с различными концентрациями СР вследствие атаки на мембраны бактериальных клеток и функции мембранных белков, а также нарушения целостности клеточной мембраны. В результате этого необходимо сокращение образования СР посредством модификации источника или структуры добавляемых в детские молочные смеси жиров (например, высокое содержание β-пальмитата в смесях Kabrita®), тогда это имеет благоприятное влияние на развитие микробиоты у детей на ИВ [56, 57].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Известные в настоящее время свойства козьего молока ставят его на одно из первых мест при выборе смеси для младенца. Формула молочных смесей линейки Kabrita® GOLD обеспечивает незаметный переход на искусственное вскармливание, а также может являться прекрасным дополнением грудному молоку при смешанном вскармливании. Использование смесей на основе козьего молока обеспечит ребенку быстрый рост и развитие, улучшит пищеварение, позволит сформироваться здоровой микробиоте желудочно-кишечного тракта.



Поступила / Received 15.05.2024
Поступила после рецензирования / Revised 06.06.2024
Принята в печать / Accepted 14.06.2024

Список литературы / References

1. Родригес ХМ. Микробиота женского молока. *Педиатрия. Consilium Medicum*. 2016;(4):35–40. Режим доступа: https://omnidocor.ru/library/izdaniya-dlya-vrachey/pediatryia-consilium-medicum/ped2016/ped2016_4/mikrobiota-zhenskogo-moloka.
Rodriguez JM. The human milk microbiota. *Pediatrics. Consilium Medicum*. 2016;(4):35–40. (In Russ.) Available at: https://omnidocor.ru/library/izdaniya-dlya-vrachey/pediatryia-consilium-medicum/ped2016/ped2016_4/mikrobiota-zhenskogo-moloka.
2. Urashima T, Taufik E. Oligosaccharides in milk: their benefits and future utilization. *Media Peternakan*. 2011;33:189–197. <https://doi.org/10.5398/medpet.2010.33.3.189>.
3. Sanz Ceballos L, Morales ER, de la Torre Adarve G, Castro JD, Martínez LP, Sanz Sampelayo MR. Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *J Food Comp Anal*. 2009;22:322–329. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.020>.

4. Silanikove N, Leitner G, Merin U, Prosser CG. Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects. *Small Rumin. Res.* 2010;89(2-3):110–124. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.033>.
5. Becker W, Brasseur D, Bresson J-L, Flynn A, Jackson AA, Lagiou P et al. 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 Journal.* 2004;30:1–15. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2004.30>.
6. Agostoni C, Bresson J-L, Fairweather-Tait S, Flynn A, Golly I, Korhonen H et al. Scientific Opinion on the suitability of goat milk protein as a source of protein in infant formulae and in follow-on formulae. *EFSA Journal.* 2012;10(3):2603. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2603>.
7. Maryniak NZ, Sancho AI, Hansen EB, Bøgh KL. Alternatives to Cow's Milk-Based Infant Formulas in the Prevention and Management of Cow's Milk Allergy. *Foods.* 2022;11(7):926. <https://doi.org/10.3390/foods11070926>.
8. Холодова ИН, Титова ТА, Кудаярова ЛР, Кулакова ГА, Нечаева ВВ, Фетисова ТГ, Желтухина МА. Смеси на основе козьего молока: возможно ли их использование в питании детей первых месяцев жизни. *Практическая медицина.* 2017;10(35–42). Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/zvhkvf>. Kholodova IN, Titova TA, Kudayarova LR, Kulakova GA, Nechaeva VV, Fetisova TG, Zheltukhina MV. Formulae based on goat's milk: their possible use in feeding infants during the first months of life. *Practical Medicine.* 2017;10(35–42). (In Russ.) Available at: <https://www.elibrary.ru/zvhkvf>.
9. Amigo L, Fontecha J. Goat milk. In: Fuquay JW, Fox PF, McSweeney PLH (eds.). *Encyclopedia of Dairy Sciences.* 2nd ed. Elsevier Ltd., Oxford; 2011. Vol. 3, pp. 484–493. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00313-7>.
10. Muñoz-Salinas F, Andrade-Montemayor HM, De la Torre-Carbot K, Duarte-Vázquez MÁ, Silva-Jarquín JC. Comparative Analysis of the Protein Composition of Goat Milk from French Alpine, Nubian, and Creole Breeds and Holstein Friesian Cow Milk: Implications for Early Infant Nutrition. *Animals (Basel).* 2022;12(17):2236. <https://doi.org/10.3390/ani12172236>.
11. Abdulwahid Jaber Al-Fayad M. Evaluation of Different Chemical and Physical Components of Milk in Cows, Buffalos, Sheep, and Goats. *Arch Razi Inst.* 2022;77(1):477–481. <https://doi.org/10.22092/ARI.2021.356861.1932>.
12. Jenness R. Composition and characteristics of goat milk: review 1968–1979. *Journal of Dairy Science.* 1980;63:1605. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)83125-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)83125-0).
13. Remeuf F, Lenoir J. Relationship between the physicochemical characteristics of goat's milk and its rennetability. *Int Dairy Fed Bulletin.* 1986;XI(2):68.
14. Park YW. Goat Milk-Chemistry and Nutrition. In: Park YW, Haenlein GFW (eds.). *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals.* Blackwell Publishers, Oxford; 2006, pp. 34–58. <https://doi.org/10.1002/9780470999738.ch3>.
15. Бердиева А, Чарыев Х. Молочные белки и его фракции. *CETERIS PARIBUS.* 2023;1(4):43–45. Режим доступа: <https://elibrary.ru/bwymjp>. Berdiyeva A, Charyev KH. Milk proteins and its fractions. *CETERIS PARIBUS.* 2023;1(4):43–45. (In Russ.) Available at: <https://elibrary.ru/bwymjp>.
16. Kawaguchi T, Yamagishi S, Sata M. Branched-chain amino acids and pigment epithelium-derived factor: Novel therapeutic agents for hepatitis c virus-associated insulin resistance. *Curr Med Chem.* 2009;16(36):4843–4857. <https://doi.org/10.2174/092986709789909620>.
17. Jung TH, Hwang HJ, Yun SS, Lee WJ, Kim JW, Ahn JY et al. Hypoallergenic and Physicochemical Properties of the A2 β -Casein Fraction of Goat Milk. *Korean J Food Sci Anim Resour.* 2017;37(6):940–947. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.6.940>.
18. Gantner V, Mijić P, Baban M, Škrtić Z, Turalija A. The Overall and Fat Composition of Milk of Various Species. *Mljekarstvo.* 2015;65(4):223–231. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2015.0401>.
19. Pamukova D, Naydenova N, Mihaylova G. Fatty acid profile and healthy lipid indices of bulgarian goat milk from breeds, pasture-raised in a mountain region. *Trakia Journal of Sciences.* 2018;16(4):313–319. <https://doi.org/10.15547/tjs.2018.04.008>.
20. Attia R, Richter RL. Size Distribution of Fat Globules in Goat Milk. *J Dairy Sci.* 2000;83(5):940–944. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74957-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74957-5).
21. Roncada P, Gaviraghi A, Liberatori S, Canas B, Bini L, Greppi GF. Identification of Caseins in Goat Milk. *Proteomics.* 2002;2(6):723–726. [https://doi.org/10.1002/1615-9861\(200206\)2:6<723::AID-PROT723>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/1615-9861(200206)2:6<723::AID-PROT723>3.0.CO;2-I).
22. López-Aliaga I, Alférez MJ, Nestares MT, Ros PB, Barrionuevo M, Campos MS. Goat milk feeding causes an increase in biliary secretion of cholesterol and a decrease in plasma cholesterol levels in rats. *J Dairy Sci.* 2005;88(3):1024–1030. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72770-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72770-3).
23. Viladomiu M, Hontecillas R, Bassaganya-Riera J. Modulation of inflammation and immunity by dietary conjugated linoleic acid. *Eur J Pharmacol.* 2016;785:87–95. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2015.03.095>.
24. Chatzioannou AC, Benjamins E, Pellis L, Haandrikman A, Dijkhuizen L, van Leeuwen SS. Extraction and Quantitative Analysis of Goat Milk Oligosaccharides: Composition, Variation, Associations, and 2'-FL Variability. *J Agric Food Chem.* 2021;69(28):7851–7862. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c00499>.
25. Park YW. Bioactive components in goat milk. In: Park YW (ed.). *Bioactive Components in Milk and Dairy Products.* Wiley-Blackwell; 2009, pp. 43–81. <https://doi.org/10.1002/9780813821504.ch3>.
26. van Leeuwen SS, Te Poele EM, Chatzioannou AC, Benjamins E, Haandrikman A, Dijkhuizen L. Goat Milk Oligosaccharides: Their Diversity, Quantity, and Functional Properties in Comparison to Human Milk Oligosaccharides. *J Agric Food Chem.* 2020;68(47):13469–13485. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c03766>.
27. Han Y, Ma H, Liu Y, Zhao Y, Li L. Effects of goat milk enriched with oligosaccharides on microbiota structures, and correlation between microbiota and short-chain fatty acids in the large intestine of the mouse. *J Dairy Sci.* 2021;104(3):2773–2786. <https://doi.org/10.3168/jds.2020.19510>.
28. Keunen K, van Elburg RM, van Bel F, Benders MJ. Impact of nutrition on brain development and its neuroprotective implications following preterm birth. *Pediatr Res.* 2015;77(1-2):148–55. <https://doi.org/10.1038/pr.2014.171>.
29. Prosser CG. Compositional and functional characteristics of goat milk and relevance as a base for infant formula. *J Food Science.* 2021;86(2):257–265. <https://doi.org/10.1111/1750-8841.15574>.
30. Simon PM, Goode PL, Mobasser A, Zopf D. Inhibition of *Helicobacter pylori* binding to gastrointestinal epithelial cells by sialic acid-containing oligosaccharides. *Infect Immun.* 1997;65(2):750–757. <https://doi.org/10.1128/iai.65.2.750-757.1997>.
31. Imberty A, Chabre YM, Roy R. Glycomimetics and glycodendrimers as high affinity microbial anti-adhesins. *Chemistry.* 2008;14(25):7490–7499. <https://doi.org/10.1002/chem.200800700>.
32. Thum C, Roy NC, McNabb WC, Otter DE, Cookson AL. In Vitro Fermentation of caprine milk oligosaccharides by bifidobacteria isolated from breast-fed infants. *Gut Microbes.* 2015;6(6):352–363. <https://doi.org/10.1080/19490976.2015.1105425>.
33. Kiely LJ, Busca K, Lane JA, van Sinderen D, Hickey RM. Molecular strategies for the utilisation of human milk oligosaccharides by infant gut-associated bacteria. *FEMS Microbiol Rev.* 2023;47(6):fuad056. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuad056>.
34. Quinn EM, Slattery H, Walsh D, Joshi L, Hickey RM. Bifidobacterium longum subsp. ATCC 15697 and Goat Milk Oligosaccharides Show Synergism In Vitro as Anti-Infectives against *Campylobacter jejuni*. *Foods.* 2020;9(3):348. <https://doi.org/10.3390/foods9030348>.
35. Oliveira DL, Costabile A, Wilbey RA, Grandison AS, Duarte LC, Rosinifantseiro LB. In Vitro Evaluation of the Fermentation Properties and Prebiotic Activity of Caprine Cheese Whey Oligosaccharides in Batch Culture Systems. *BioFactors.* 2012;38(6):440–449. <https://doi.org/10.1002/biof.1043>.
36. Thum C, McNabb WC, Young W, Cookson AL, Roy NC. Prenatal caprine milk oligosaccharide consumption affects the development of mice offspring. *Mol Nutr Food Res.* 2016;60(9):2076–2085. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600118>.
37. Davis EC, Castagna VP, Sela DA, Hillard MA, Lindberg S, Mantis NJ et al. Gut microbiome and breast-feeding: Implications for early immune development. *J Allergy Clin Immunol.* 2022;150(3):523–534. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2022.07.014>.
38. Alférez MJM, López-Aliaga I, Nestares T, Díaz-Castro J, Barrionuevo M, Ros PB, Campos MS. Dietary Goat Milk Improves Iron Bioavailability in Rats with Induced Ferropenic Anaemia in Comparison with Cow Milk. *Int Dairy J.* 2006;16(7):813–821. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.08.001>.
39. Raynal-Ljutovac K, Lagriffoul G, Paccard P, Guillet I, Chilliard Y. Composition of goat and sheep milk products: an update. *Small Rumin Res.* 2008;79(1):57–72. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.07.009>.
40. Mirzaei H, Sharafati Chaleshtori R. Role of fermented goat milk as a nutritional product to improve anemia. *J Food Biochem.* 2022;46(6):e13969. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13969>.
41. Basnet S, Schneider M, Gazit A, Mander G, Doctor A. Fresh goat's milk for infants: myths and realities – a review. *Pediatrics.* 2010;125(4):e973–e977. <https://doi.org/10.1542/peds.2009-1906>.
42. Jerop R, Kosgey IS, Ogola TDO, Opondo FA. Consumers' perceptions towards goat's milk: Exploring the attitude amongst consumers and its implication for a dairy goat breeding programme in Siaya County, Kenya. *Eur J Bus Manag.* 2014;6(28):221–229. Available at: <https://www.iiste.org/Journals/index.php/EJBM/article/view/16021/16699>.
43. de Assis POA, Guerra GCB, de Souza Araújo DF, de Araújo Júnior RF, Machado TADG, de Araújo AA et al. Intestinal anti-inflammatory activity of goat milk and goat yoghurt in the acetic acid model of rat colitis. *Int Dairy J.* 2016;56:45–54. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.11.002>.
44. Paturi G, Butts CA, Hedderley D, Stoklosinski H, Martell S, Dinnan H, Carpenter EA. Goat and cow milk powder-based diets with or without prebiotics influence gut microbial populations and fermentation products in newly weaned rats. *Food Bioscience.* 2018;24:73–79. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.06.001>.
45. 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>.
46. Zhang J, Wang Z, Huo D, Shao Y. Consumption of Goats' Milk Protects Mice From Carbon Tetrachloride-Induced Acute Hepatic Injury and Improves the Associated Gut Microbiota Imbalance. *Front Immunol.* 2018;9:1034. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.01034>.
47. Butts CA, Paturi G, Hedderley DI, Martell S, Dinnan H, Stoklosinski H, Carpenter EA. Goat and cow milk differ in altering microbiota composition

- and fermentation products in rats with gut dysbiosis induced by amoxicillin. *Food Funct.* 2021;12(7):3104–3119. <https://doi.org/10.1039/D0FO02950E>.
48. Liu Y, Zhang F. Changes of antibiotic resistance genes and gut microbiota after the ingestion of goat milk. *J Dairy Sci.* 2022;105(6):4804–4817. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21325>.
 49. Ye A, Cui J, Carpenter E, Prosser C, Singh H. Dynamic in vitro gastric digestion of infant formulae made with goat milk and cow milk: Influence of protein composition. *Int Dairy J.* 2019;97:76–85. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.06.002>.
 50. Jankiewicz M, van Lee L, Biesheuvel M, Brouwer-Brolsma EM, van der Zee L, Szajewska H. The Effect of Goat-Milk-Based Infant Formulas on Growth and Safety Parameters: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients.* 2023;15(9):2110. <https://doi.org/10.3390%2Fnu15092110>.
 51. Han Y, Chang EY, Kim J, Ahn K, Kim HY, Hwang EM et al. Association of infant feeding practices in the general population with infant growth and stool characteristics. *Nutr Res Pract.* 2011;5(4):308–312. <https://doi.org/10.4162%2Fnrp.2011.5.4.308>.
 52. Infante DD, Prosser CG, Tormo R. Constipated patients fed goat milk protein formula: A case series study. *J Nutr Health Sci.* 2018;5(2):203–208. <https://doi.org/10.15744/2393-9060.5.203>.
 53. Wang J, Liu X, Ma H, Yin X, Zhang X, Wen J et al. *The evolution of infants' gut microbiota under different feeding regimes.* 2021. Available at: https://ausnutria-nutrition-institute.com/app/uploads/2021/06/6126_AUSNUTRIA_WCPGHAN_Poster_Microbiota_A0_i.pdf.
 54. Chen Q, Yin Q, Xie Q, Liu S, Guo Z, Li B. Elucidating gut microbiota and metabolite patterns shaped by goat milk-based infant formula feeding in mice colonized by healthy infant feces. *Food Chem.* 2023;410:135413. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135413>.
 55. Han Y, Ma H, Liu Y, Zhao Y, Li L. Effects of goat milk enriched with oligosaccharides on microbiota structures, and correlation between microbiota and short-chain fatty acids in the large intestine of the mouse. *J Dairy Sci.* 2021;104(3):2773–2786. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19510>.
 56. Wang L, Bravo-Ruiseco G, Happe R, He T, van Dijk JM, Harmsen HJM. The effect of calcium palmitate on bacteria associated with infant gut microbiota. *Microbiologyopen.* 2021;10(3):e1187. <https://doi.org/10.1002/mbo3.1187>.
 57. de Goffau MC, Luopajarvi K, Knip M, Ilonen J, Ruotula T, Härkönen T et al. Fecal microbiota composition differs between children with β -cell autoimmunity and those without. *Diabetes.* 2013;62(4):1238–1244. <https://doi.org/10.2337/db12-0526>.

Вклад авторов: авторы внесли равный вклад на всех этапах работы и написания статьи.

Contribution of authors: all authors contributed equally to this work and writing of the article at all stages.

Информация об авторах:

Захарова Ирина Николаевна, д.м.н., профессор, заслуженный врач Российской Федерации, заведующая кафедрой педиатрии имени Г.Н. Сперанского, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования; 125993, Россия, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1; kafedra25@yandex.ru

Сугян Нарине Григорьевна, к.м.н., доцент кафедры педиатрии имени академика Г.Н. Сперанского, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования; 125993, Россия, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1; заместитель главного врача по детству, Химкинская больница; 141407, Россия, Московская обл., Химки, Куркинское шоссе, д. 11; narine6969@mail.ru

Оробинская Яна Владимировна, аспирант кафедры педиатрии имени академика Г.Н. Сперанского, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования; 125993, Россия, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1; врач-педиатр, Химкинская больница, поликлиника «Мама и малыш»; 141400, Россия, Московская обл., Химки, ул. Родионова, д. 1; yanashbook@mail.ru

Information about the authors:

Irina N. Zakharova, Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation, Head of the Department of Pediatrics named after Acad. G.N. Speransky, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; 2/1, Bldg. 1, Barrikadnaya St., Moscow, 125993, Russia; kafedra25@yandex.ru

Narine G. Sugian, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Pediatrics named after Acad. G.N. Speransky, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; 2/1, Bldg. 1, Barrikadnaya St., Moscow, 125993, Russia; Deputy Chief Physician for Children, Khimki Hospital; 11, Kurkinskoe Shosse, Khimki, Moscow Region, 141407, Russia; narine6969@mail.ru

Yana V. Orobinskaya, Postgraduate Student 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; Pediatrician, Khimki Hospital, Khimki Hospital, Mother and Baby Outpatient Clinic; 1, Rodionov St., Khimki, Moscow Region, 141400, Russia; yanashbook@mail.ru