

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-2-114-120>



Поступила 15.03.2022

Поступила после рецензирования 27.04.2022

Принята в печать 06.05.2022

© Симоненко Е. С., Купаева Н. В., Симоненко С. В., Мануйлов Б. М., 2022

<https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

Open access

ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА НА ОСНОВЕ КОБЫЛЬЕГО МОЛОКА

Симоненко Е. С.^{1*}, Купаева Н. В.², Симоненко С. В.¹, Мануйлов Б. М.¹

¹ Научно-исследовательский институт детского питания — филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, Истра, Московская область, Россия

² Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

кисломолочный продукт, кобылье молоко, коровье молоко, антиоксидантная, антимикробная активность, индекс атерогенности

АННОТАЦИЯ

В последние годы заметно возрос интерес к использованию кобыльего молока в питании человека, а также к применению этого продукта для лечения и профилактики таких заболеваний, как, например, гепатит, хронические патологии желудочно-кишечного тракта, туберкулез и пр. Полезные свойства молока кобыл обусловлены в первую очередь его существенными отличиями от повсеместно распространенного коровьего молока. Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что потребление кисломолочных продуктов обеспечивает различные преимущества для здоровья, а использование пробиотических культур в составе заквасок для кисломолочных продуктов позволяет добавить продукту ряд функциональных свойств. Однако единственный доступный на рынке кисломолочный продукт из кобыльего молока — это кумыс. В связи с этим создание новых кисломолочных продуктов на основе кобыльего молока является актуальным и востребованным. Были разработаны кисломолочные продукты на основе кобыльего молока и кобыльего молока с добавлением коровьего с использованием ассоциации, состоящей из закваски для йогурта и пробиотического штамма *L. rhamnosus* F. Целью работы являлось определение функциональных свойств кисломолочных продуктов на основе кобыльего молока и кобыльего молока с добавлением коровьего методами *in vitro*. Доказано, что продукты обладают высокой общей антиоксидантной емкостью, антирадикальной и антимикробной активностями, а также низким значением атерогенности (1,22); отношение общего содержания гипохолестеринемических к гиперхолестеринемическим жирным кислотам составляет 1,40.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Статья подготовлена в рамках выполнения исследований по государственному заданию № 0529–2022–000 Научно-исследовательского института детского питания — филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи.

Received 15.03.2022

Accepted in revised 27.04.2022

Accepted for publication 06.05.2022

© Simonenko E. S., Kupaeva N. V., Simonenko S. V., Manuilov B. M., 2022

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

Open access

STUDY OF FUNCTIONAL PROPERTIES OF A FERMENTED MARE'S MILK PRODUCT

Elena S. Simonenko^{1*}, Nadegda V. Kupaeva², Sergey V. Simonenko¹, Boris M. Manuilov¹

¹ Scientific Research Institute of Baby Food — a branch Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Istra, Moscow region, Russia

² V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems, Moscow, Russia

KEY WORDS:

fermented milk product, mare's milk, cow's milk, antioxidant, antimicrobial activity, atherogenicity index

ABSTRACT

In the last few years, there has been a growing interest in the use of mare's milk for human nutrition as well as in the use of this product for treatment and prevention of diseases such as hepatitis, chronic pathologies of the gastrointestinal tract, tuberculosis and others. The beneficial properties of mare's milk are determined first of all by its significant differences from ubiquitous cow's milk. Many studies show that consumption of fermented milk products offers various advantages for health and the use of probiotic cultures in the composition of starters for fermented milk products allows imparting several functional properties to a product. However, kumis is the only available fermented milk product from mare's milk on the market. Therefore, the development of new fermented milk products based on mare's milk is topical and highly demanded. Fermented milk products were developed based on mare's milk and mare's milk with addition of cow's milk using the association consisted of the starter for yogurt and the probiotic strain *L. rhamnosus* F. The aim of the work was to determine functional properties of fermented milk products based on mare's milk and mare's milk with addition of cow's milk by *in vitro* methods. It was proved that the products had the high total antioxidant capacity, antiradical and antimicrobial activities as well as the low value of atherogenicity (1.22); the ratio of hypocholesterolemic fatty acids to hypercholesterolemic fatty acids is 1.40.

FUNDING: The article was published as part of the research topic No. 0529–2022–000 of the state assignment of the Scientific Research Institute of Baby Food — affiliate of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety.”

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Симоненко, Е. С., Купаева, Н. В., Симоненко, С. В., Мануйлов, Б. М. (2022). Изучение функциональных свойств кисломолочного продукта на основе кобыльего молока. *Пищевые системы*, 5(1), 114–120. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-1-114-120>

FOR CITATION: Simonenko, E. S., Kupaeva, N. V., Simonenko, S. V., Manuilov, B. M. (2022). Study of the functional properties of a fermented milk product based on mare's milk. *Food systems*, 5(1), 114–120. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-1-114-120>

1. Введение

Среди огромного количества различных продуктов животного и растительного происхождения наиболее ценными в пищевом отношении, являются молоко и молочные продукты. Основные компоненты молока: молочный жир, белок и молочный сахар (лактоза) специфичны. Они содержатся только в молоке. Важное место в рационе питания человека занимает коровье молоко. В пищевых целях помимо коровьего молока употребляется овечье, козье, верблюжье, кобылье, оленье, ослиное и молоко некоторых других животных. Молоко различных животных неодинаково по составу, что связано с их видовыми особенностями, условиями обитания и кормления. Определенный интерес вызывает кобылье молоко, которое значительно отличается от молока других сельскохозяйственных животных и наиболее приближено по составу к женскому.

Традиционно кобылье молоко широко применяется у многих народов мира. Его используют в питании людей с пищевой аллергией, в частности аллергией на коровье молоко, а также в технологиях специализированных пищевых продуктов для диетического лечебного и диетического профилактического питания.

Основной продукт молочного коневодства — кумыс. В России в настоящее время производится около пяти тысяч тонн кобыльего молока в год. Широкое его использование в молочной промышленности перспективно [1]. Кобылье молоко значительно отличается от молока других сельскохозяйственных животных по содержанию основных компонентов, специфическому составу молочного жира и белка (Таблица 1).

Таблица 1. Состав молока от различных видов млекопитающих

Table 1. Composition of milk from different mammalian species

Млекопитающее	Общий белок	Казеин	Сывороточные белки	Жиры	Углеводы	Зола
	%	%	%	%	%	%
Человек	1,2	0,5	0,7	3,8	7,0	0,2
Лошадь	2,2	1,3	0,9	1,7	6,2	0,5
Корова	3,5	2,8	0,7	3,7	4,8	0,7
Буйволица	4,0	3,5	0,5	7,5	4,8	0,7
Коза	3,6	2,4	0,9	4,1	4,7	0,8
Овца	5,8	4,9	0,9	7,9	4,5	0,8

Молоко кобылы представляет собой белую жидкость голубоватого оттенка, менее жирное и более жидкое, чем коровье молоко. Имеет сладковатый, несколько терпкий вкус, обусловленный повышенным содержанием сахара. По содержанию молочного сахара, белка, минеральных солей кобылье молоко сходно с женским и существенно отличается от коровьего молока (Таблица 1) [2].

В коровьем молоке из белков преобладает казеин, который составляет около 85% всех белковых веществ, на долю сывороточных белков (альбумина и глобулина) приходится 15%. В коровьем молоке растворимые белки (альбумин, глобулин) составляют 15%, в кобыльем молоке — до 49,3%, в женском молоке — 75,5%. Поэтому коровье молоко относят к казеиновому, а кобылье молоко, как и женское — к альбуминовому [3,4]. Кроме того, казеин коровьего молока при скисании даёт плотный сгусток, а казеин кобыльего и женского выпадает в форме мелких хлопьев, почти не ощутимых на языке и не меняющих консистенцию жидкости. Белки кобыльего молока более полноценны и легкоусвояемы, по химическому составу и биологическим свойствам приближены к белкам женского молока. Кобылье молоко полностью

обеспечивает потребность детей младшего возраста в минеральных веществах, необходимых для растущего организма.

Как по общему количеству, так и по содержанию незаменимых аминокислот белки кобыльего молока настолько же биологически полноценны, насколько белки женского молока. Так, при отсутствии или недостаточном содержании незаменимых аминокислот в организме нарушается образование тканевых белков, ферментов, антител, белков крови, белковоподобных гормонов и других физиологически важных соединений, что приводит к изменению обмена веществ и нарушению жизнедеятельности организма.

Кобылье молоко от коровьего различается по количественному и химическому составу жира. Жировые шарики кобыльего молока имеют несколько меньшие размеры, чем жировые шарики коровьего молока, средний их диаметр — 2,1 мкм, шарики диаметром до 3 мкм составляют 89%, от 3 до 6 мкм — 9%. Жировые шарики коровьего молока имеют диаметр от 0,5 до 22 мкм, основное их количество составляет 2–3 мкм. Поэтому кобылье молоко никогда не отстаивается, т. е. не дает сливок и не сбивается в масло. Благодаря малому размеру жировых шариков кобыльего молока, жир кобыльего молока быстрее гидролизует и лучше усваивается организмом. Качество жира кобыльего молока превосходит качество жира коровьего молока [1,2,4,5]. Жир кобыльего молока богат ненасыщенными кислотами, среди которых преобладают линолевая, арахидоновая и особенно линоленовая кислоты.

Кобыльему молоку характерно соотношение ненасыщенных жирных кислот к насыщенным в липидной фазе 1,3, тогда как у коровьего — 0,45, у него сбалансированный аминокислотный состав и, как следствие, кобылье молоко отличается высокой усвояемостью белков [6,7].

Молочный сахар кобыльего молока содержится в количестве 6,5%, т. е. в полтора раза выше, чем в коровьем молоке. Лактоза кобыльего молока является высокоактивным бифидогенным фактором, что обуславливает его незаменимость в продуктах детского и лечебно-профилактического питания.

Использование культур (*Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* и *Lactobacillus rhamnosus* F) при производстве кисломолочных продуктов, помимо улучшения функционально-технологических свойств продукта, может способствовать повышению сроков хранения и биологической активности продукта. Так, штамм *L. rhamnosus* F обладает выраженной антимикробной активностью против *E. coli*, *S. Aureus* и *S. typhimurium*, *K. pneumoniae* [8,9]; характеризуется природной устойчивостью к широкому спектру антибактериальных препаратов [10]; при сквашивании молока способен высвобождать биоактивные пептиды, обладающие антиоксидантными и гипотензивными свойствами [11]. В клинических исследованиях показано, что *L. rhamnosus* (в капсулах) улучшает чувствительность к инсулину [12].

L. bulgaricus и *L. acidophilus* способствует снижению уровня холестерина в крови пациентов при ежедневном их употреблении в виде капсул в течение 16 недель. В исследованиях *in vitro* установлено, что штаммы лактобацилл *L. acidophilus*, *L. Bulgaricus* и *L. casei* ATCC393 при внесении в среду холестерина, снижают его уровень в среде, что сопровождалось повышением концентрации копростанола. Выявленный гипохолестеринемический эффект обусловлен наличием внутриклеточной и внеклеточной холестеринредуктазы, которая превращает холестерин в копростанол [13]. Также установлено, что *L. bulgaricus* и *L. rhamnosus* обладают гепатопротекторными эффектами и подавляют воспалительные реакции; *L. bulgaricus* способствует улучшению почечной дисфункции и может нейтрализовать секрецию воспалительных факторов,

регулируя сигнальный путь NF-κB, а также предотвращая воспалительное повреждение [14].

Целью проведения исследований являлось определение функциональных свойств кисломолочных продуктов на основе кобыльего молока и кобыльего молока с добавлением коровьего.

2. Объекты и методы

Объектами исследования являлись образцы кисломолочных продуктов на основе кобыльего молока (Образец 1), на основе кобыльего молока с добавлением коровьего молока (Образец 2) и кисломолочный продукт на основе коровьего молока с термофильными бактериями (Образец 3).

Состав продуктов приведен в Таблице 2.

Таблица 2. Основные показатели состава исследуемых продуктов

Table 2. Main indicators of the composition of the studied products

Наименование показателя	Наименование кисломолочного продукта		
	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Массовая доля жира, %	2,0	2,2	3,3
Массовая доля белка, %	2,9	2,8	3,0
Массовая доля углеводов, %	12	6,7	4,7

На основании данных о жирнокислотном составе сырья и продукта на основе кобыльего молока с добавлением коровьего молока (Таблица 3) были рассчитаны индекс атерогенности (ИА) [15,16], отношение общего содержания гипохолестеринемических жирных кислот к гиперхолестеринемическим жирным кислотам (H/H ratio) [17]. Расчеты проводились по формулам, приведенным ниже.

Таблица 3. Жирнокислотный анализ сырья и продукта

Table 3. Fatty acid analysis of the raw material and products

Жирные кислоты, г/100 г	Молоко		Продукт с соотношением кобыльего и коровьего молока
	кобылье	коровье	
Насыщенные:			
Масляная	—	0,11	0,027
Капроновая	следы	0,08	0,02
Каприловая	0,04	0,04	0,04
Каприновая	0,09	0,00	0,06
Лауриновая	0,09	0,1	0,092
Миристиновая	0,11	0,51	0,2
Пальмитиновая	0,30	0,64	0,38
Стеариновая	0,03	0,35	0,1
Мононенасыщенные:			
Пальмитолеиновая	0,1	0,09	0,097
Олеиновая	0,32	0,78	0,43
Полиненасыщенные:			
Линолевая	0,19	0,09	0,16
Линоленовая	0,44	0,03	0,33
Арахидоновая	—	0,09	0,022

На основании данных о жирнокислотном составе сырья и продуктов на основе ККобМ и КобМ/КорМ был рассчитан индекс атерогенности (ИА) [18,19], указывающий на связь между суммой проатерогенных жирных кислот и суммой неатерогенных жирных кислот по формуле:

$$IA = \frac{[C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0]}{\Sigma NЭЖК} \quad (1)$$

Отношение общего содержания гипохолестеринемических жирных кислот к гиперхолестеринемическим ЖК (H/H_{ratio}) рассчитывали по формуле:

$$\frac{H}{H_{ratio}} = \frac{(cis C18:1 + \Sigma ПНЖК)}{(C12:0 + C14:0 + C16:0)} \quad (2)$$

Известно, что антиоксидантными свойствами обладают многие продукты питания, а сами антиоксиданты способны нейтрализовать свободные радикалы путем переноса электрона и/или атома водорода (механизмы SET и HAT, соответственно). Поэтому комплексную оценку антиоксидантного потенциала образцов исследовали двумя методами, позволяющих определить антирадикальную активность, показывающую способность образца ингибировать свободные радикалы, и общую антиоксидантную емкость (ОАЕ), характеризующую концентрацию антиоксидантов в эквиваленте кверцетина.

Антирадикальную активность измеряли методом DPPH (the DPPH radical scavenging activity, RSA%), который считается достоверным и простым анализом для оценки поглощающей активности, поскольку соединение DPPH является стабильным радикалом, и его не нужно генерировать, как в других анализах антирадикальной активности. Метод DPPH является смешанным методом и учитывает все антиоксиданты, действующие по механизму SET (single electron transfer) и по механизму HAT (hydrogen atom transfer). ОАЕ образцов определяли методом FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), учитывающего антиоксиданты, действующие по механизму SET (single electron transfer). Выбор данных методов обоснован тем, что методы DPPH и FRAP являются наиболее применимыми для изучения образцов животного происхождения, тогда как ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) чаще используется для изучения водорастворимых образцов, в частности растительных компонентов, напитков, лекарств, и позволяет определить общую антиоксидантную емкость, выражаемую в эквиваленте trolox. В случае образцов животного происхождения необходимо подбирать методики пробоподготовки, поскольку белковые молекулы способны снижать флуоресценцию, на которой основан данный метод.

Для получения экстрактов образцы кисломолочного продукта тщательно перемешивали до получения гомогенной субстанции, после чего отбирали 10 г образца и смешивали с 10 мл 96% этанола, тщательно перемешивали и выдерживали в течение 20 ч при 22 ± 2 °C. Полученный экстракт фильтровали через фильтровальную бумагу для количественных анализов с массовой долей золы до 0,03% (ФБ-III, ГОСТ 12026–76¹). Экстракты хранили при минус 40 °C.

Общую антиоксидантную емкость образцов кисломолочных продуктов определяли методом FRAP на спектрофотометре СФ-2000 (Спектр, Россия) в соответствии с методикой Benzie и Strain в авторской модификации [20].

Реактив FRAP готовили посредством смешивания 0,3 М ацетатного буфера (pH 3,6), 10 мМ раствора фотометрического реагента 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine (Sigma-aldrich, Швейцария), растворенного в 40 мМ соляной кислоте, и 20 мМ водного раствора хлорида железа (III) (PanReac AppliChem, Испания) в соотношениях 10:1:1.

Для измерения ОАЕ экстрактов кисломолочных продуктов готовили реакционную смесь: 1,45 мл свежеприготовленного реактива FRAP и 50 мкл образца или дистиллированной воды в качестве контрольной пробы. Реакционную смесь инкубировали в течение 30 мин при 37 °C в темноте, после чего регистрировали оптическую плотность при длине волны 594 нм.

¹ ГОСТ 12026–76 «Бумага фильтровальная лабораторная. Технические условия». Москва: Стандартинформ, 2005. — 7 с.

Общую антиоксидантную емкость рассчитывали по градуировочному графику ($R^2 = 0,9988$), для построения которого использовали раствор кверцетина (Sigma-aldrich, Индия) в диапазоне концентраций 1 мкМ–250 мкМ. Результат выражали в нмоль-экв. кверцетина / г продукта.

Антирадикальную активность образцов кисломолочных продуктов определяли методом DPPH в соответствии с методикой [21]. Для проведения анализа к 1,45 мл 75 мкМ раствора DPPH-2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (ChemCruz, Santa Cruz Biotechnology, США) приливали 50 мкл экстракта или метанола в качестве контрольной пробы.

Реакционную смесь инкубировали в течение 30 мин в темноте при температуре 22 ± 2 °С. Оптическую плотность регистрировали при длине волны 517 нм.

Антирадикальную активность рассчитывали по формуле, выражая в процентах активности улавливания свободных радикалов DPPH (RSA%).

$$DPPH\ RSA\ (\%) = \frac{D_k - D_o}{D_k} \times 100\% \quad (3)$$

где D_k — оптическая плотность контрольной пробы,
 D_o — оптическая плотность образца.

Измерения проводили в трех повторностях.

При изучении спектра антимикробной активности разработанного кисломолочного продукта в качестве тест-культур использовали *S. aureus* ATCC 6538, *E. coli* ATCC 25922, *Salmonella typhimurium*. Антимикробную активность определяли диско-диффузионным методом.

Тестируемые штаммы *E. coli* B-125, *S. typhimurium* и *S. aureus* ATCC 6538 культивировали при температуре (37 ± 1) °С в течение 24 ч на скошенном агаре. Затем готовили суспензию клеток, которую в количестве 1% вносили в регенерированную питательную среду СПА при температуре (45 ± 2) °С, тщательно перемешивали и разливали в стерильные чашки Петри так, чтобы высота слоя питательной среды составляла 5 мм. После застывания питательной среды делали лунки стеклянной трубочкой диаметром 5 мм, в которые вносили 50 мкл кисломолочного продукта.

Чашки выдерживали при комнатной температуре в течение 3 ч, затем термостатировали при температуре (37 ± 1) °С. Измерение зон ингибирования проводили через 24 ч.

3. Результаты и обсуждение

В соответствии с приведенными в разделе «Материалы и методы» формулами, индекс атерогенности кобыльего молока составил 0,79; коровьего молока — 2,57; кисломолочного продукта с соотношением кобыльего и коровьего молока — 1,22. Данный показатель указывает на связь между суммой проатерогенных жирных кислот и суммой неэтерифицированных жирных кислот. Чем ниже ИА, тем больше положительный эффект. В соответствии с данными о том, что индекс атерогенности в зависимости от вида сырья может варьировать в диапазоне от 0,03 до 3,58, для продуктов — от 1,42 до 5,13 [22], при этом для молока на разных этапах лактации показан диапазон от 4,08 до 5,13 [23], можно отметить низкие индексы атерогенности как для кобыльего молока, так и для кисломолочного продукта на его основе.

Отношение общего содержания гипохолестеринемических жирных кислот к гиперхолестеринемическим жирным кислотам составляло 1,90 для кобыльего молока; 0,79 — для коровьего молока; 1,40 — для кисломолочного продукта с соотношением кобыльего и коровьего молока. Для молочных продуктов из коровьего молока диапазоны составляют 0,32–1,29, для коровьего молока — 0,34–0,75 [22], для йогуртов — 0,54–1,29 [23]. В соответствии с тем, что данный индекс достаточно точно отражает влияние жирнокислот-

ного состава на риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, и учитывая взаимосвязь низкого индекса с положительным эффектом, можно предположить, что кисломолочный продукт с использованием кобыльего и коровьего молока может оказывать опосредованное влияние на уровень холестерина и его фракций.

Результаты определения общей антиоксидантной емкости образцов кисломолочных продуктов методом FRAP представлены на Рисунке 1 и в Таблице 4.

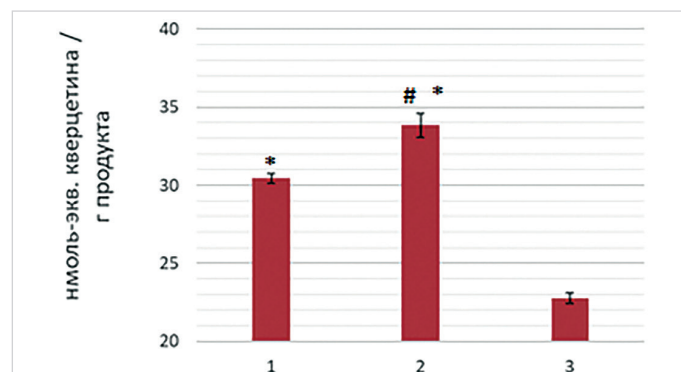


Рисунок 1. Результаты определения общей антиоксидантной емкости кисломолочных продуктов методом FRAP: 1 — образец 1; 2 — образец 2; 3 — образец 3

Figure 1. Results of determination of the total antioxidant capacity of the fermented milk products by the FRAP method: 1 — sample 1; 2 — sample 2; 3 — sample 3

Таблица 4. Общая антиоксидантная емкость кисломолочных продуктов методом FRAP (в нмоль-экв. кверцетина / г продукта)

Table 4. Total antioxidant capacity of the fermented milk products by the FRAP method (in nmol quercetin equivalent/ g product)

Наименование	Характеристика выборки	Значение показателя
Образец 1	ME ± SD	30,44 ± 0,33
	P 25–P75	30,43–30,72
Образец 2	ME ± SD	33,83 ± 0,75
	P 25–P75	33,54–34,28
Образец 3	ME ± SD	22,77 ± 0,33
	P 25–P75	22,67–22,99

Результаты определения антирадикальной активности образцов кисломолочных продуктов методом DPPH представлены на Рисунке 2 и в Таблице 5.

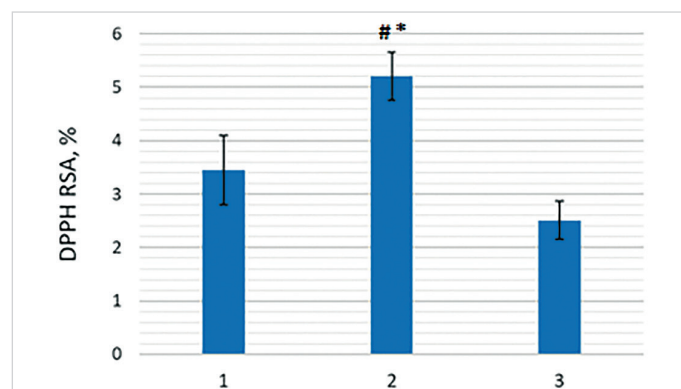


Рисунок 2. Результаты определения антирадикальной активности образцов кисломолочных продуктов методом DPPH: 1 — образец 1; 2 — образец 2; 3 — образец 3

Figure 2. Results of determination of the antiradical activity of the fermented milk product samples by the DPPH method: 1 — sample 1; 2 — sample 2; 3 — sample 3

Таблица 5. Антирадикальная активность
кисломолочных продуктов DPPH RSA (в %)
Table 5. Antiradical activity of the fermented milk products
DPPH RSA (in %)

Наименование	Характеристика выборки	Значение показателя
Образец 1	ME ± SD	3,45 ± 0,64
	P 25-P75	2,62–4,00
Образец 2	ME ± SD	5,21 ± 0,45
	P 25-P75	4,83–5,66
Образец 3	ME ± SD	2,51 ± 0,37
	P 25-P75	2,24–2,95

Таким образом показано, что образцы кисломолочных продуктов 1 и 2 обладали высокими показателями общей антиоксидантной емкости — 30,44 [30,43–30,72] и 33,83 [33,54–34,28] нмоль-экв. кверцетина/г продукта, соответственно, превышая значения образца 3 на 33,7% и 48,6%, соответственно. Наибольшая антирадикальная активность также была выявлена у образцов 1 и 2–3,45 [2,62–4,00] и 5,21 [4,83–5,66] %, соответственно. При этом показатель образца 1 превышал показатель образца 3 на 37,5%, образец 2 превышал значения образцов 1 и 3 на 51,0% и в 2 раза, соответственно.

Антимикробная активность является одним из наиболее важных свойств заквасочных микроорганизмов, используемых при создании кисломолочных продуктов, что позволяет использовать их в разработке функциональных продуктов для улучшения здоровья человека. С этой целью определили спектр антимикробной активности разработанного кисломолочного продукта на основе кобыльего молока. Данные по антимикробной активности разработанных кисломолочных продуктов представлены в Таблице 6.

Таблица 6. Спектр антимикробной активности
разработанного кисломолочного продукта

Table 6. Spectrum of the antimicrobial activity
of the developed fermented milk product

№ п/п	Вид продукта	Диаметр зоны ингибирования роста тест-культуры, мм		
		<i>S. aureus</i> ATCC 6538	<i>E. coli</i> ATCC 25922	<i>Salmonella</i> <i>typhimurium</i>
1	Образец 1	12,5 ± 0,5	14,0 ± 0,5	12,5 ± 0,5
2	Образец 2	13 ± 0,5	15,0 ± 0,5	13 ± 0,5

В результате проведенных исследований установлено, что разработанный кисломолочный продукт на основе кобыльего молока обладает антимикробной активностью, которая незначительно варьируется в зависимости от выбранных условно-патогенных штаммов. Наибольшую антимикробную активность данный кисломолочный продукт проявляет по отношению к *E. coli* ATCC 25922. Диаметр зоны ингибирования *E. coli* ATCC 25922 составляет 14 ± 0,5 мм для продукта на основе кобыльего молока с добавлением сухого кобыльего молока и 15 ± 0,5 мм для продукта на основе кобыльего молока с добавлением сухого коровьего молока. По отношению к *S. aureus* ATCC 6538 и *Salmonella typhimurium* разработанные кисломолочные продукты на основе кобыльего молока показали одинаковую антимикробную активность, диаметр зоны ингибирования роста тест-штаммов составил 12,5–13 мм.

4. Выводы

Кисломолочные продукты на основе кобыльего молока и с добавлением коровьего молока обладали высокими показателями общей антиоксидантной емкости (FRAP) и антирадикальной активности (метод DPPH), значения которых превышали значения кисломолочного продукта на основе коровьего молока на 33,7% и 48,6%, соответственно, а также на 37,5% и в 2 раза, соответственно.

В результате анализа жирнокислотного состава и расчетов индексов для кисломолочного продукта на основе кобыльего и коровьего молока установлены низкие значения индекса атерогенности (1,22). При этом отношение общего содержания гипохолестеринемических жирных кислот к гиперхолестеринемическим жирным кислотам составляло 1,40.

Исследования антимикробной активности кисломолочных продуктов показали наибольшую антимикробную активность разработанных продуктов по отношению к *E. coli* ATCC 25922. Диаметр зоны ингибирования *E. coli* ATCC 25922 составил 14 ± 0,5 мм для продукта на основе ККобМ и 15 ± 0,5 мм для продукта на основе КобМ/КорМ. По отношению к *S. aureus* ATCC 6538 и *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 разработанные КП показали одинаковую антимикробную активность, диаметр зоны ингибирования роста тест-штаммов составил 12,5–13 мм. Наличие зон ингибирования роста условно-патогенных микроорганизмов позволяет свидетельствовать о наличии высокой антимикробной активности разработанных продуктов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ахатова, И.А., Маершина, Н.А., Ахметшина, Г.В. (2008). Поведенческие признаки как объект отбора в молочном коневодстве. Уфа: Гилем, 2008.
- Реабилитация и комплексное лечение больных в кумысолечебном санатории «Юматово» / Под ред. Л. Т. Гильмутдиновой. — Уфа, Юматово, 2004.
- Козлов, С.А., Парфенов, В. А. Коневодство. (2004). СПб.: Издательство «Лань», 2004.
- Сатыев, Б.Х., Махмутов, К.З., Самохвалов, В.И. (2001). Коневодство Башкортостана. Уфа, 2001.
- Твердохлеб, Г.В., Раманаускас, Р.И. (2006). Химия и физика молока и молочных продуктов. М.: ДеЛи принт, 2006.
- Синявский, Ю.А., Якунин, А.В., Торгаутов, А.С., Бердыгалиев, А.Б. (2016). Сравнительная оценка жирнокислотного состава, индексов атерогенности и тромбогенности молока различных видов сельскохозяйственных животных. *Проблемы современной науки и образования*, 7(49), 180–186.
- Симоненко, Е. С., Бегунова, А. В. (2021). Разработка кисломолочного продукта на основе кобыльего молока и ассоциации молочнокислых микроорганизмов. *Вопросы питания*, 90(5), 115–125. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-5-115-125>
- Бегунова, А. В., Рожкова, И. В., Ширишова, Т. И., Крысанова, Ю. И. (2020). Антимикробные свойства *Lactobacillus* в кисломолочных продуктах. *Молочная промышленность*, 6, 22–23. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-06-22-23>
- Fedorova, T. V., Vasina, D. V., Begunova, A. V., Rozhkova, I. V., Raskoshnaya, T. A., Gabrielyan, N. I. (2018). Antagonistic activity of lactic acid bacteria *Lactobacillus* spp. against clinical isolates of *Klebsiella pneumoniae*. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 54(3), 277–287. <https://doi.org/10.1134/s0003683818030043>
- Бегунова, А. В., Рожкова, И. В. (2020). Антибиотикорезистентность молочнокислых бактерий с пробиотическими свойствами. *Молочная промышленность*, 9, 48–50. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-09-48-49>
- Begunova, A. V., Savinova, O. S., Glazunova, O. A., Moiseenko, K. V., Rozhkova, I. V., Fedorova, T. V. (2021). Development of antioxidant and antihypertensive properties during growth of *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus rhamnosus* and *Lactobacillus reuteri* on cow's milk: Fermentation and peptidomics study. *Foods*, 10(1), Article 17. <https://doi.org/10.3390/foods10010017>
- Kim, Y. A., Keogh, J. B., Clifton, P. M. (2018). Probiotics, prebiotics, synbiotics and insulin sensitivity. *Nutrition Research Reviews*, 31(1), 35–51. <https://doi.org/10.1017/S095442241700018X>
- Kumar, M., Nagpal, R., Kumar, R., Hemalatha, R., Verma, V., Kumar, A. et al. (2012). Cholesterol-lowering probiotics as potential biotherapeutics for metabolic diseases. *Experimental Diabetes Research*, 2012, Article 902917. <https://doi.org/10.1155/2012/902917>
- Chen, Y., Li, R., Chang, Q., Dong, Z., Yang, H., Xu, C. (2019). *Lactobacillus bulgaricus* or *Lactobacillus rhamnosus* suppresses NF-κB signaling

- pathway and protects against AFB1 -induced hepatitis: A novel potential preventive strategy for aflatoxicosis? *Toxins*, 11(1), Article 17. <https://doi.org/10.3390/toxins11010017>
15. Santos-Silva, J., Bessa, R. J. B., Santos-Silva, F. (2002). Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*, 77(2–3), 187–194. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00059-3](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00059-3)
 16. Chen, S., Bobe, G., Zimmerman, S., Hammond, E. G., Luhman, C. M., Boylston, T. D. et al. (2004). Physical and sensory properties of dairy products from cows with various milk fatty acid compositions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(11), 3422–3428. <https://doi.org/10.1021/jf035193z>
 17. Федулова, Л. В. (2021). Теоретическая обоснованность и практическая эффективность комплексного подхода к исследованиям специализированных пищевых продуктов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва: ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова, 2021.
 18. Ulbricht, T. L. V., Southgate, D. A. T. (1991). Coronary heart disease: Seven dietary factors. *The Lancet*, 338(8773), 985–992. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M)
 19. Slastin, V.V., Samusieva, E.S., Moskalchuk, L.V., Usatiuk, O.M. (2015). Specific Influence of different food fatty acids on cardiovascular system. *Scientific Works of NUFT*, 21(4), 7–16. (In Ukrainian)
 20. Chernukha, I., Kotenkova, E., Derbeneva, S., Khvostov, D. (2021). Bioactive compounds of porcine hearts and aortas may improve cardiovascular disorders in humans. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14) <https://doi.org/10.3390/ijerph18147330>
 21. Mehlem, A., Hagberg, C. E., Muhl, L., Eriksson, U., Falkevall, A. (2013). Imaging of neutral lipids by oil red O for analyzing the metabolic status in health and disease. *Nature Protocols*, 8(6), 1149–1154. <https://doi.org/10.1038/nprot.2013.055>
 22. Ivanova, S., Angelov, L. (2017). Assessment of the content of dietary trans fatty acids and biologically active substances in cow's milk and curd. *Modern Chemistry*, 5(6), 86–92. <https://doi.org/10.11648/j.mc.20170506.11>
 23. Ahmad, N., Manzoor, M. F., Shabbir, U., Ahmed, S., Ismail, T., Saeed, F. et al. (2020). Health lipid indices and physicochemical properties of dual fortified yogurt with extruded flaxseed omega fatty acids and fibers for hypercholesterolemic subjects. *Food Science and Nutrition*, 8(1), 273–280. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1302>

REFERENCES

1. Akhatova, I.A., Maershina, N.A., Akhmetshina, G.V. (2008). Behavioral traits as an object of selection in dairy horse breeding. Ufa: Gilem, 2008.
2. Rehabilitation and comprehensive treatment of patients in the kumysolechebny sanatorium "Yumatovo" / Edited by L. T. Gilmudinova. Ufa, Yumatovo, 2004.
3. Kozlov, S.A., Parfenov, V.A. (2004). Horse breeding. St. Petersburg: Publishing House "Lan", 2004.
4. Satyev, B.H., Makhmutov, K.Z., Samokhvalov, V.I. (2001). Horse breeding of Bashkortostan. Ufa, 2001.
5. Tverdokhle, G.V., Ramanauskas, R.I. (2006). Chemistry and physics of milk and dairy products. Moscow: Deli Print, 2006.
6. Sinyavskiy, Yu. A., Yakunin, A. V., Torgautov, A. C., Berdygaliev, A. B. (2016). Comparative evaluation of fatty acid composition, atherogenic index and thrombogenicity milk of different species of farm animals. *Problems of Modern Science and Education*, 7(49), 180–186. (In Russian)
7. Simonenko, E. S., Begunova, A. V. (2021). Development of fermented milk product based on mare milk and lactic microorganisms association. 90(5), 115–125. *Problems of Nutrition*, <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-5-115-125> (In Russian)
8. Begunova, A. V., Rozhkova, I. V., Shirshova, T. I., Krysanova, Yu. I. (2020). Antimicrobial properties of lactobacillus in fermented milk products. *Milk Industry*, 6, 22–23. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-06-22-23> (In Russian)
9. Fedorova, T. V., Vasina, D. V., Begunova, A. V., Rozhkova, I. V., Raskoshnaya, T. A., Gabrielyan, N. I. (2018). Antagonistic activity of lactic acid bacteria lactobacillus spp. against clinical isolates of klebsiella pneumoniae. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 54(3), 277–287. <https://doi.org/10.1134/s0003683818030043>
10. Begunova, A. V., Rozhkova, I. V. (2020). Antibiotic resistance of lactic acid bacteria with probiotic properties. *Milk Industry*, 9, 48–50. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-09-48-49> (In Russian)
11. Begunova, A. V., Savinova, O. S., Glazunova, O. A., Moiseenko, K. V., Rozhkova, I. V., Fedorova, T. V. (2021). Development of antioxidant and antihypertensive properties during growth of lactobacillus helveticus, lactobacillus rhamnosus and lactobacillus reuteri on cow's milk: Fermentation and peptidomics study. *Foods*, 10(1), Article 17. <https://doi.org/10.3390/foods10010017>
12. Kim, Y. A., Keogh, J. B., Clifton, P. M. (2018). Probiotics, prebiotics, synbiotics and insulin sensitivity. *Nutrition Research Reviews*, 31(1), 35–51. <https://doi.org/10.1017/S095442241700018X>
13. Kumar, M., Nagpal, R., Kumar, R., Hemalatha, R., Verma, V., Kumar, A. et al. (2012). Cholesterol-lowering probiotics as potential biotherapeutics for metabolic diseases. *Experimental Diabetes Research*, 2012, Article 902917. <https://doi.org/10.1155/2012/902917>
14. Chen, Y., Li, R., Chang, Q., Dong, Z., Yang, H., Xu, C. (2019). Lactobacillus bulgaricus or lactobacillus rhamnosus suppresses NF-KB signaling pathway and protects against AFB1 -induced hepatitis: A novel potential preventive strategy for aflatoxicosis? *Toxins*, 11(1), Article 17. <https://doi.org/10.3390/toxins11010017>
15. Santos-Silva, J., Bessa, R. J. B., Santos-Silva, F. (2002). Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*, 77(2–3), 187–194. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00059-3](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00059-3)
16. Chen, S., Bobe, G., Zimmerman, S., Hammond, E. G., Luhman, C. M., Boylston, T. D. et al. (2004). Physical and sensory properties of dairy products from cows with various milk fatty acid compositions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(11), 3422–3428. <https://doi.org/10.1021/jf035193z>
17. Fedulova, L. V. (2021). Theoretical validity and practical effectiveness of an integrated approach to the research of specialized food products. Author's abstract of the dissertation for the scientific degree of Doctor of Technical Sciences. Moscow: V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems, 2021. (In Russian)
18. Ulbricht, T. L. V., Southgate, D. A. T. (1991). Coronary heart disease: Seven dietary factors. *The Lancet*, 338(8773), 985–992. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M)
19. Slastin, V.V., Samusieva, E.S., Moskalchuk, L.V., Usatiuk, O.M. (2015). Specific Influence of different food fatty acids on cardiovascular system. *Scientific Works of NUFT*, 21(4), 7–16. (In Ukrainian)
20. Chernukha, I., Kotenkova, E., Derbeneva, S., Khvostov, D. (2021). Bioactive compounds of porcine hearts and aortas may improve cardiovascular disorders in humans. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14) <https://doi.org/10.3390/ijerph18147330>
21. Mehlem, A., Hagberg, C. E., Muhl, L., Eriksson, U., Falkevall, A. (2013). Imaging of neutral lipids by oil red O for analyzing the metabolic status in health and disease. *Nature Protocols*, 8(6), 1149–1154. <https://doi.org/10.1038/nprot.2013.055>
22. Ivanova, S., Angelov, L. (2017). Assessment of the content of dietary trans fatty acids and biologically active substances in cow's milk and curd. *Modern Chemistry*, 5(6), 86–92. <https://doi.org/10.11648/j.mc.20170506.11>
23. Ahmad, N., Manzoor, M. F., Shabbir, U., Ahmed, S., Ismail, T., Saeed, F. et al. (2020). Health lipid indices and physicochemical properties of dual fortified yogurt with extruded flaxseed omega fatty acids and fibers for hypercholesterolemic subjects. *Food Science and Nutrition*, 8(1), 273–280. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1302>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
<p>Симоненко Елена Сергеевна — младший научный сотрудник, лаборатория технологий продуктов питания детей и дошкольного и школьного возраста Научно-исследовательский институт детского питания — филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи 143500, Московская область, Истра, ул. Московская, 48 Тел.: +7-498-313-03-96 E-mail: nir@niidp.ru ORCID: http://orcid.org/0000-0002-2878-8069 * автор для контактов</p> <p>Купаева Надежда Владимировна — младший научный сотрудник, Экспериментальная клиника-лаборатория биологически активных веществ животного происхождения, Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова 109316, Москва, ул. Талалихина 26 Тел.: +7-495-676-95-11 (доб. 128) E-mail: n.kupaeva@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1066-5589</p> <p>Симоненко Сергей Владимирович — доктор технических наук, директор, Научно-исследовательский институт детского питания — филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи 143500, Московская область, Истра, ул. Московская, 48 Тел.: +7-498-313-03-96 E-mail: dir@niidp.ru ORCID: http://orcid.org/0000-0002-6999-5048</p> <p>Мануйлов Борис Михайлович — доктор биологических наук, профессор, старший научный сотрудник, лаборатория технологий продуктов геродиетического питания, Научно-исследовательский институт детского питания — филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи 143500, Московская область, Истра, ул. Московская, 48 Тел.: +7-498-313-03-96 E-mail: economy@niidp.ru ORCID: http://orcid.org/0000-0002-8235-8457</p>	<p>Elena S. Simoneko, Junior Researcher, Laboratory of Food Technologies for Children and Preschool and School Age, Scientific Research Institute of Baby Food — a branch Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety 48, Moskovskaya str., Moscow region, 143500, Istra, Russia Tel.: +7-498-313-03-96 E-mail: nir@niidp.ru ORCID: http://orcid.org/0000-0002-2878-8069 * corresponding author</p> <p>Nadezhda V. Kupaeva, Junior Researcher, Experimental Clinic-Laboratory of Biologically Active Substances of Animal Origin, V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems 26, Talalikhina str., 109316, Moscow, Russia Tel.: +7-495-676-95-11 (128) E-mail: n.kupaeva@fncps.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1066-5589</p> <p>Sergey V. Simoneko, Doctor of Technical Sciences, Director, Scientific Research Institute of Baby Food — a branch Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety 48, Moskovskaya str., Moscow region, 143500, Istra, Russia Moscow region, Istra, Moskovskaya str., 48 Tel.: +7-498-313-03-96 E-mail: dir@niidp.ru ORCID: http://orcid.org/0000-0002-6999-5048</p> <p>Boris M. Manuilov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Senior Researcher, Laboratory of Technologies of Herodietic Nutrition Products, Scientific Research Institute of Baby Food — a branch Federal Research Center of Nutrition, Biotechnology and Food Safety 48, Moskovskaya str., Moscow region, 143500, Istra, Russia Tel.: +7-498-313-03-96 E-mail: economy@niidp.ru ORCID: http://orcid.org/0000-0002-8235-8457</p>
Критерии авторства	Contribution
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.	Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.
Конфликт интересов	Conflict of interest
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.	The authors declare no conflict of interest.