

УДК 637.146 + 546.722

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-159-166

А.В. Блинов¹А.В. Самоволов¹ ✉А.С. Аскерова¹А.А. Нагдалян¹А.М. Серов¹М.Б. Ребезов^{2,3}¹Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия²Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия³Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ artem.samovolov@mail.ru

Поступила в редакцию: 01.02.2025

Одобрена после рецензирования: 13.03.2025

Принята к публикации: 27.03.2025

© Блинов А.В., Самоволов А.В., Аскерова А.С., Нагдалян А.А., Серов А.М., Ребезов М.Б.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-159-166

Andrey V. Blinov¹Artyom V. Samovolov¹ ✉Alina S. Askerova¹Andrey A. Nagdalyan¹Alexander M. Serov¹Maksim B. Rebezov^{2,3}¹North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia²Gorbatov Research Center for Food Systems, Moscow, Russia³Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ artem.samovolov@mail.ru

Received by the editorial office: 01.02.2025

Accepted in revised: 13.03.2025

Accepted for publication: 27.03.2025

© Blinov A.V., Samovolov A.V., Askerova A.S., Nagdalyan A.A., Serov A.M., Rebezov M.B.

Исследование влияния хелатного железосодержащего комплекса на качество кисломолочных продуктов

РЕЗЮМЕ

Цель работы — исследование влияния железосодержащего хелатного комплекса (аскорбатоникотината железа) на физико-химические, органолептические и микробиологические показатели кисломолочного продукта.

Синтез аскорбатоникотината железа проводили механохимическим методом. Для получения комплекса использовали следующие реактивы: аскорбиновую кислоту, никотиновую кислоту, сульфат железа (II), бария гидроокись 8-водную. В результате исследования физико-химических характеристик установлено, что внесение аскорбатоникотината железа с различной концентрацией в кисломолочный продукт не оказывает значительно влияния на такие показатели, как активная кислотность среды, титруемая кислотность и вязкость. Изучено влияние концентрации железосодержащего комплекса на органолептические свойства готового продукта. Установлено, что вкус и запах кисломолочного продукта при добавлении аскорбатоникотината железа не изменяются по сравнению с контрольным образцом, кроме образцов с добавлением хелатного комплекса, содержащего 70% и 100% от суточной нормы железа. Наилучшими характеристиками обладают кисломолочные продукты, обогащенные хелатными комплексами, содержащими 10%, 30% и 50% от суточной нормы железа. Установлено, что цвет полученных напитков изменяется от молочно-белого, свойственного обычному кисломолочному продукту (при внесении 10% и 30 % суточной нормы железа) к розоватому оттенку (при внесении 50%, 70% и 100% от суточной нормы железа), что связано с цветом самого хелатного железа. В работе рассмотрена возможность обогащения кисломолочного продукта — аскорбатоникотината железа, что положительно влияет на его качество и свойства. Изучено влияние аскорбатоникотината железа на рост и развитие бактерий *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. Выявлено, что хелатная форма железа оказывает стимулирующее действие на рост и развитие бактерий культур *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* в концентрациях 1,8 мг/л, 5,4 мг/л и 9 мг/л.

Ключевые слова: пробиотики, инкапсулированный пищевой ингредиент, сахарный диабет 2-го типа, функциональный молочный продукт, микроинкапсулирование

Для цитирования: Блинов А.В., Самоволов А.В., Аскерова А.С., Нагдалян А.А., Серов А.М., Ребезов М.Б. Исследование влияния хелатного железосодержащего комплекса на качество кисломолочных продуктов. *Аграрная наука*. 2025; 393(04): 159–166. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-159-166>

The influence of chelated iron-containing complex on the quality of fermented milk products

ABSTRACT

The aim of the work is to study the effect of an iron-containing chelate complex (iron ascorbate) on the physico-chemical, organoleptic and microbiological parameters of a fermented milk product. Iron ascorbate tonicotinate was synthesized by a mechanochemical method. The following reagents were used to obtain the complex: ascorbic acid, nicotinic acid, iron (II) sulfate, barium hydroxide 8-aqueous. As a result of studying the physicochemical characteristics, it was found that the introduction of iron ascorbate tonicotinate with different concentrations into the fermented milk product does not significantly affect such parameters as active acidity of the medium, titratable acidity and viscosity. The effect of the concentration of the iron-containing complex on the organoleptic properties of yogurt was studied. It has been established that the taste and smell of the fermented milk product with the addition of iron ascorbate tonicotinate do not change compared to the control sample, except for samples with the addition of a chelate complex containing 70% and 100% of the daily iron intake. Fermented milk products enriched with chelate complexes containing 10%, 30% and 50% of the daily iron intake have the best characteristics. It has been established that the color of the resulting drinks changes from milky white, typical of a regular fermented milk product (with the addition of 10 and 30% of the daily iron intake) to a pinkish tint (with the addition of 50%, 70% and 100% of the daily iron intake), which is associated with the color of the chelated iron itself. The paper considers the possibility of enriching a fermented milk product with iron ascorbate tonicotinate, which has a positive effect on its quality and properties. The effect of iron ascorbate tonicotinate on the growth and development of *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* bacteria was studied. It was found that the chelated form of iron has a stimulating effect on the growth and development of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* bacteria in concentrations of 1.8 mg/l, 5.4 mg/l and 9 mg/l.

Keywords: iron deficiency, iron ascorbate antonicotinate, fermented milk product, iron chelate

For citation: Blinov A.V., Samovolov A.V., Askerova A.S., Nagdalyan A.A., Serov A.M., Rebezov M.B. Study of the influence of a chelate iron-containing complex on the quality of fermented milk products. *Agrarian science*. 2025; 393(04): 159–166 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-159-166>

Введение/Introduction

Важная роль в организме человека отведена микро- и макронутриентам [1]. Микроэлементы имеют большую значимость для нормального функционирования организма [2]. Эти вещества обладают антиоксидантной активностью, противовоспалительными свойствами и большим терапевтическим потенциалом [3–5]. Они принимают участие в катализе биохимических процессов и активации ферментов, синтезе белка, кроветворении, костеобразовании, иммунной защите организма [6–8]. Эти ферменты влияют на такие процессы, как морфогенез, резорбция и remodelирование тканей, миграция, адгезия, дифференцировка и пролиферация клеток [9]. Таким образом, человеческий организм нуждается в различных микроэлементах для выполнения различных функций организма [10].

Существуют исследования, подтверждающие участие микроэлементов в защите от патогенных микроорганизмов [11]. К числу микронутриентов входят различные металлы (*Cr, Co, Ni, Mn, Cu, Mo, Zn, Fe*) [12–19].

Железо является эссенциальным (жизненно важным) микроэлементом. Оно входит в состав более 100 ферментов организма человека [1, 20]. Данный элемент участвует в процессе формирования красных кровяных телец — эритроцитов [21]. Недостаток железа в организме приводит к уменьшению снабжения клеток кислородом и железодефицитной анемии [22–26]. Компенсация потерь этого микроэлемента имеет огромное значение и происходит за счет абсорбции железа из пищи [27, 28], однако таким способом всасывается лишь 10% микроэлемента [29].

Для восполнения необходимого количества микроэлементов используют обогащение продуктов питания эссенциальными микронутриентами [30, 31]. На данный момент подавляющее количество добавок, используемых для обогащения продуктов питания, составляют неорганические соли железа [32, 33]. Однако такая форма не обладает высокой биодоступностью. Для лучшего усвоения железа используют хелатные формы [34]. Смешаннолигандные комплексы двухвалентного железа с витаминами можно использовать для обогащения пищевых продуктов с целью восполнения дефицита железа [35].

Одним из самых перспективных направлений считается обогащение продуктов массового потребления [36–38], например молочной продукции [39, 40].

Актуальность данного исследования заключается в профилактике железодефицитных состояний у населения за счет обогащения кисломолочных продуктов хелатным железосодержащим комплексом — аскорбатоникотинатом железа.

Ввиду перспективного применения материала целью работы стало исследование физико-химических, органолептических и микробиологических свойств кисломолочного продукта, обогащенного аскорбатоникотинатом железа (II).

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Синтез и исследование образцов аскорбатоникотината железа проводили на базе департамента функциональных материалов и инженерного конструирования ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» в ноябре 2024 года.

Синтез аскорбатоникотината железа проводили путем смешивания никотиновой и аскорбиновой кислот в отношении 1:1, после чего добавляли к полученному раствору гидроокись бария 8-водного, сульфат железа (II) и дистиллированную воду. Затем центрифугировали три раза при 3000 об/мин для удаления побочного продукта (сульфата бария).

Проводили исследование таких физико-химических параметров образцов йогурта, обогащенных аскорбатоникотинатом железа, как:

- активная кислотность среды,
- титруемая кислотность среды,
- вязкость.

Исследование сквашивания молока, обогащенного тройным комплексом железа, проводили с применением культур *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (ФГУП «Экспериментальная биофабрика», г. Углич).

Для приготовления лабораторной закваски использовали 1 дм³ цельного молока, предварительно стерилизовав его при 120 °С в течение 20 минут. Затем молоко охлаждали до температуры 42 ± 2 °С и вносили по 0,5 г заквасочных культур с активностью 0,1 и на 100 л заквашиваемого молока. Разливали его по стаканам объемом 150 см³ и вносили исследуемый образец аскорбатоникотината железа из расчета 10%, 30%, 50%, 70%, 100% (1,8, 5,4, 9,0, 12,6, 18,0 мг) от суточной дозы микроэлемента железа, которую потребляет организм взрослого человека.

Подготавливали контрольный образец пастеризованного коровьего молока с жирностью 3,2% (АО «МКС», г. Ставрополь), в который не был добавлен хелатный комплекс.

Опытный образец молока с добавленной закваской и аскорбатоникотинатом железа инкубировали в термостатах при температуре 42 °С. Сквашивание проводили в течение 4–6 ч. до образования кисломолочного сгустка. Титруемая кислотность образцов на момент окончания процесса сквашивания составила 100 ± 2 °Т. После чего полученные образцы продукта охлаждали и хранили при 4 ± 2 °С до проведения дальнейших исследований.

Исследование влияния аскорбатоникотината железа на органолептические характеристики кисломолочной продукции проводили в соответствии с методиками испытания согласно ГОСТ Р ИСО 22935-2¹.

Активную кислотность среды образцов определяли на рН-метре (иономере) «Эксперт-001» (ООО «Эконикс-Эксперт», Россия), титруемую кислотность образцов — титриметрическим методом согласно ГОСТ 3624².

Исследование вязкости проводили методом ротационной вискозиметрии на приборе IKA ROTAVISC lo-vi (IKA Werke, Германия).

Для исследования воздействия аскорбатоникотината железа на увеличение численности колоний бактерий *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* использовали микроскоп модели ZEISS Axio Imager.A2 (Carl Zeiss, Германия). На приготовленные и окрашенные препараты наносили каплю иммерсионного масла и помещали препарат на предметный столик, после чего проводили микроскопирование при увеличении 90х.

При исследовании влияния аскорбатоникотината железа на увеличение численности колоний бактерий *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* навеску MRS агара тщательно размешали в 1 л дистиллированной воды, довели до кипения до полного расплавления агара, профильтровали через ватно-марлевый фильтр, стерилизовали автоклавированием при температуре $(121 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 15 минут. Охлажденную среду добавили в чашки Петри по 20 мл. В среду внесли по 0,25 мл исследуемого образца в концентрациях 18 мг/л, 12,6 мг/л, 9 мг/л, 5,4 мг/л, 1,8 мг/л.

Для проведения экспериментов готовили суспензию *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* в 10 см³ стерильного физраствора, после чего из полученной суспензии готовили 10-кратные разведения и засеивали по 1 см³ в чашки Петри с MRS агаром с добавлением хелатной формы железа. Стерильным шпателем распределяли по поверхности среды. Засеянные чашки Петри инкубировали в термостате при температуре $(42 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение трех суток и исследовали численность колоний микроорганизмов³.

Микробиологические и физико-химические исследования проводили трижды. Параметры

были проанализированы с помощью Statistica для Windows (Statsoft, Tulsa, USA) с использованием однофакторного дисперсионного анализа и t-критерия Стьюдента ($p < 0,05$).

Исследования органолептических свойств проводили в соответствии с ГОСТ 31981⁴.

Количество привлекаемых экспертов ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» — 10. Исследования проводили в ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

Результаты и обсуждение / Results and discussion

На первом этапе вырабатывали шесть партий кисломолочного продукта:

контрольного;

обогащенных 1,8 мг, 5,4 мг, 9,0 мг, 12,6 мг, 18,0 мг аскорбатоникотината железа, что составляет 10%, 30%, 50%, 70%, 100% от суточной нормы потребления железа соответственно.

В таблице 1 представлены результаты физико-химических параметров.

По результатам, представленным в таблице 1, можно отметить, что разработанный комплекс эссенциального микроэлемента железа не оказывает значимого влияния на физико-химические показатели кисломолочного продукта. Полученные значения находятся в сопоставимом диапазоне по сравнению с контрольным образцом.

Показатели pH в образцах с добавлением различных концентраций аскорбатоникотината железа находятся в пределах 3,99–4,15 при pH контрольного образца 4,05. Титруемая кислотность контрольного образца составляет 108 °Т. Далее титруемая кислотность образцов с различной концентрацией аскорбатоникотината железа возрастала по мере увеличения суточной концентрации

Таблица 1. Результаты некоторых физико-химических параметров кисломолочного продукта, обогащенного аскорбатоникотинатом железа

Table 1. Results of some physicochemical parameters of fermented milk product enriched with iron ascorbate antonicotinate

Наименование образца	pH	Титруемая кислотность, °Т	Вязкость, Па·с
Контрольный образец	4,05 ± 0,24	108,0 ± 6,5	2,20 ± 0,13
Образец кисломолочного продукта с добавлением аскорбатоникотината железа (%10 от суточной нормы железа)	4,14 ± 0,25	111 ± 6,7	2,50 ± 0,15
Образец кисломолочного продукта с добавлением аскорбатоникотината железа (%30 от суточной нормы железа)	4,15 ± 0,25	117,0 ± 7,0	2,40 ± 0,14
Образец кисломолочного продукта с добавлением аскорбатоникотината железа (%50 от суточной нормы железа)	4,07 ± 0,24	122,0 ± 7,3	2,40 ± 0,14
Образец кисломолочного продукта с добавлением аскорбатоникотината железа (%70 от суточной нормы железа)	3,99 ± 0,24	125,0 ± 7,5	2,30 ± 0,14
Образец кисломолочного продукта с добавлением аскорбатоникотината железа (%100 от суточной нормы железа)	4,12 ± 0,25	126,0 ± 7,6	2,30 ± 0,14

¹ ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011 Молоко и молочные продукты. Органолептический анализ. Часть 2. Рекомендуемые методы органолептической оценки.

² ГОСТ 3624-92 Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности.

³ ГОСТ 26670-91 Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов.

⁴ ГОСТ 31981-2013 Йогурты. Общие технические условия.

в продукте от 111 °Т (10% суточной нормы железа) до 126 °Т (100% суточной нормы железа). Данный факт может быть связан с наличием в комплексе аскорбиновой и никотиновой кислот.

Вязкость образцов, обогащенных аскорбатоникотинатом железа с различным содержанием, практически не меняется по отношению к контрольному образцу.

На втором этапе были проведены эксперименты по влиянию концентрации аскорбатоникотината железа на органолептические свойства кисломолочного продукта.

В таблице 2 представлены полученные результаты исследования.

Полученный кисломолочный продукт представляет собой однородную, в меру вязкую, густую жидкость с наличием небольших комочков. Цвет образцов с добавлением аскорбатоникотината железа с концентрациями 10% и 30% от суточной дозы железа схож с цветом контрольного образца. Однако образцы с добавлением от 50 до 100% хелатного железа имеют розоватый цвет, который становится более насыщенным по мере увеличения концентрации хелатного комплекса. В кисломолочном продукте, обогащенном 70% и 100% суточной нормы железа, наблюдается более выраженный кислый запах, что обусловлено повышенной титруемой кислотностью. Вкус и консистенция исследуемых образцов схожи со вкусом контрольного образца.

Далее проводили исследование влияния хелатной формы железа на рост и развитие бактерий *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* на стандартных плотных питательных средах. Количество выросших колоний подсчитывали на каждой чашке. Значения КОЕ в исследуемых образцах представлены в таблице 3.

Для проведения микроскопирования подготовили временные препараты исследуемых образцов. *Streptococcus thermophilus* представлены кокками, часто соединенными в длинные цепочки, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* — длинные и короткие палочки (от 5 до 20 мк).

Микроснимки бактериальных культур представлены на рисунке 1.

Таблица 3. Значение КОЕ *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp.* на питательных средах с добавлением хелатной формы железа в разной концентрации

Table 3. The value of CFU of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii subsp.* on nutrient media with the addition of chelated iron in different concentrations

Концентрация железа в MRS агаре, мг/л	КОЕ в 1 мл
18,0	$1,1 \times 10^7$
12,6	$1,2 \times 10^7$
9,0	$1,3 \times 10^7$
5,4	$1,3 \times 10^7$
1,8	$1,4 \times 10^7$

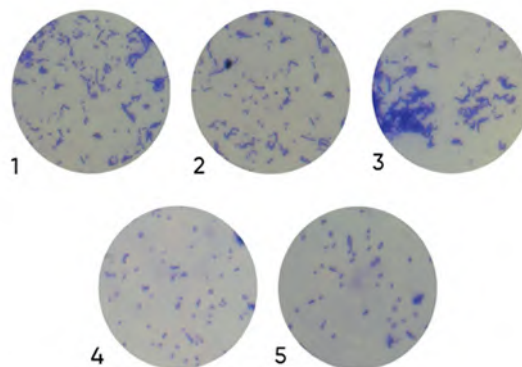
Таблица 2. Результаты исследования органолептических свойств кисломолочного продукта, обогащенного аскорбатоникотинатом железа

Table 2. Results of the study of organoleptic properties of a fermented milk product enriched with iron ascorbate antonicotinate

Наименование показателя	Внешний вид, консистенция	Цвет	Вкус	Запах
Контрольный образец	однородная, в меру вязкая, густая жидкость с наличием небольших комочков	молочно-белый, однородный	чистый, кисломолочный, без посторонних привкусов	чистый, кисломолочный (йогуртовый)
Образец йогурта с добавлением аскорбатоникотината железа (10% от суточной нормы железа)	однородная, в меру вязкая, густая жидкость с наличием небольших комочков	молочно-белый, однородный	чистый, кисломолочный, без посторонних привкусов	чистый, кисломолочный (йогуртовый)
Образец йогурта с добавлением аскорбатоникотината железа (30% от суточной нормы железа)	однородная, в меру вязкая, густая жидкость с наличием небольших комочков	молочно-белый, однородный	чистый, кисломолочный, без посторонних привкусов	чистый, кисломолочный (йогуртовый)
Образец йогурта с добавлением аскорбатоникотината железа (50% от суточной нормы железа)	однородная, в меру вязкая, густая жидкость с наличием небольших комочков	слегка розоватый, однородный	чистый, кисломолочный, без посторонних привкусов	чистый, кисломолочный (йогуртовый)
Образец йогурта с добавлением аскорбатоникотината железа (70% от суточной нормы железа)	однородная, в меру вязкая, густая жидкость с наличием небольших комочков	слегка розоватый, однородный	чистый, кисломолочный, без посторонних привкусов	чистый, кисломолочный (йогуртовый)
Образец йогурта с добавлением аскорбатоникотината железа (100% от суточной нормы железа)	однородная, в меру вязкая, густая жидкость с наличием небольших комочков	розоватый, однородный	чистый, кисломолочный, без посторонних привкусов	чистый, кисломолочный (йогуртовый)

Рис. 1. Микроснимки бактериальных культур *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, культивируемых на питательных средах с добавлением хелатной формы железа в разной концентрации. Концентрация железа в питательной среде: 1) 1,8 мг/л; 2) 5,4 мг/л; 3.) 9 мг/л; 4) 12,6 мг/л; 5) 18 мг/л

Fig. 1. Micrographs of bacterial cultures of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* grown on nutrient media with the addition of chelated iron in different concentrations. Concentration of iron in the nutrient medium: 1) 1.8 mg/l; 2) 5.4 mg/l; 3) 9 mg/l; 4) 12.6 mg/l; 5) 18 mg/l



Хелатная форма железа оказывает стимулирующее действие на рост и развитие бактерий культур *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* в концентрациях 1,8 мг/л, 5,4 мг/л и 9 мг/л. При концентрациях железа 12,6 мг/л и 18 мг/л стимулирующий эффект снижается, соответственно, снижается и количество *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*.

Выводы/Conclusions

В рамках работы было проведено исследование влияния внесения различной концентрации аскорбатоникотината железа на физико-химические и органолептические показатели кисломолочного продукта и на рост бактерий.

Проведен синтез аскорбатоникотината железа с использованием аскорбиновой кислоты, никотиновой кислоты, гидроксида бария, сульфата железа (II) и дистиллированной воды. Изучены pH, титруемая кислотность, вязкость, а

также органолептические свойства кисломолочного продукта, стабилизированного аскорбатоникотинатом железа.

Установлено, что внесение разработанного хелатного комплекса (аскорбатоникотината железа) практически не влияет на физико-химические свойства, однако наблюдается изменение органолептических показателей. При добавлении максимальной дозы хелатного комплекса железа наблюдается изменение цвета на розоватый, что позволяет использовать разработанное соединение в продуктах, в которых цвет не имеет столь важного значения.

Установлено стимулирующее влияние аскорбатоникотината железа на рост и развитие бактерий *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* при внесении концентраций комплекса, соответствующих 10%, 30% и 50% от суточной дозы железа.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-76-10063.
<https://rscf.ru/project/24-76-10063/>

FUNDING

The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 24-76-10063.
<https://rscf.ru/project/24-76-10063/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скальная М.Г., Скальный А.В. Микроэлементы: биологическая роль и значение для медицинской практики. Сообщение 2. Железо. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2015; (2): 19–27. <https://elibrary.ru/ttgqvx>
2. Коробко И.Ю., Журня А.А., Мельникова О.П., Павлова О.С. Микро- и макроэлементы сердечно-сосудистые заболевания. Кардиология в Беларуси. 2018; 10(2): 280–289. <https://elibrary.ru/lblfnt>
3. Кульчавеня Е.В. Роль микроэлементов в здоровье и благополучии человека. Клинический разбор в общей медицине. 2021; 2(1): 58–64. <https://doi.org/10.47407/kr2021.2.1.00033>
4. Трухан Д.И., Друк И.В., Викторова И.А. Не йодом единым. Роль селена, цинка, витаминов А, С, Е в физиологии и патологии щитовидной железы. Клинический разбор в общей медицине. 2024; 5(4): 34–45. <https://doi.org/10.47407/kr2024.5.4.00417>
5. Narayanan L. *et al.* Nutritional and therapeutic potential of bioactive compounds from melons: a mini review. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*. 2024; 14(3): e11877. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.11877>
6. Долгая М.Н. Влияние микроэлементной композиции на физиологический статус организма крыс. Биология животных. 2011; 13(1–2): 98–102 (на укр. яз.). <https://elibrary.ru/rkuvsn>

REFERENCES

1. Skalnaya M.G., Skalny A.V. Trace elements: the biological role and significance for medical practice. Communication 2. Iron. *Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2015; (2): 19–27 (in Russian). <https://elibrary.ru/ttgqvx>
2. Korobko I.Yu., Zhurnya A.A., Melnikova O.P., Pavlova O.S. Microelements and macroelements and cardiovascular disease. *Cardiology in Belarus*. 2018; 10(2): 280–289 (in Russian). <https://elibrary.ru/lblfnt>
3. Kulchavenya E.V. Minerals contributing to human health and well-being. *Clinical review for general practice*. 2021; 2(1): 58–64 (in Russian). <https://doi.org/10.47407/kr2021.2.1.00033>
4. Trukhan D.I., Druk I.V., Viktorova I.A. Not iodine alone. Role of selenium, zinc, vitamins A, C, E in the physiology and pathology of the thyroid gland. *Clinical review for general practice*. 2024; 5(4): 34–45 (in Russian). <https://doi.org/10.47407/kr2024.5.4.00417>
5. Narayanan L. *et al.* Nutritional and therapeutic potential of bioactive compounds from melons: a mini review. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*. 2024; 14(3): e11877. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.11877>
6. Dolgaya M.N. Influence of microelement composition on physiology status in the conditions of rats' organism. *The Animal Biology*. 2011; 13(1–2): 98–102 (in Ukrainian). <https://elibrary.ru/rkuvsn>

7. Филимонов Р.М., Фесюн А.Д., Филимонова Т.Р., Борисевич О.О. Роль микроэлементов питьевых минеральных вод в метаболических процессах желудочно-кишечного тракта. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2022; (8): 179–189. <https://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-204-8-179-189>
8. Atakhodjaeva I., Akramova R., Choriye A., Tóxtayev S., Li V. Study of a protein-containing and keto-dietary product based on local raw materials. *E3S Web of Conferences*. 2023; 401: 03037. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340103037>
9. Artemieva I., Litvinova E., Andrianova E. Actual aspects of the use of metalloproteins in the meat industry for effective resource conservation. *19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. Conference proceedings*. SGEM. 2019; 19: 507–514. <https://www.elibrary.ru/sagwih>
10. Тангатарова С.Б., Жумаева А.Т., Абдуллаева Ж.Д. Биологическая значимость микроэлементов в организме человека. *Бюллетень науки и практики*. 2024; 10(7): 65–69. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/104/08>
11. Спивак Н.Я., Каплуненко В.Г., Косинов Н.В., Скальный А.В. Противовирусная, антиоксидантная и каталитическая активность микроэлементов в низкой степени окисления. *Микроэлементы в медицине*. 2020; 21(3): 3–23. <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2020-21-3-3-23>
12. Renata R.B.N., Arely G.R.A., Gabriela L.M.A., Esther M.L.M. Immunomodulatory Role of Microelements in COVID-19 Outcome: a Relationship with Nutritional Status. *Biological Trace Element Research*. 2023; 201(4): 1596–1614. <https://doi.org/10.1007/s12011-022-03290-8>
13. Музакаева Х.С., Дускаев М.З. Метаболическая роль марганца в организме. *Вестник Медицинского института*. 2024; (1): 55–60. <https://www.elibrary.ru/xxqsxa>
14. Блинов А.В., Рехман З.А., Голик А.Б., Гвозденко А.А., Нагдалян А.А., Ребезов М.Б. Инновационная форма эссенциального микроэлемента меди для обогащения молочной продукции. *Аграрная наука*. 2024; (4): 153–159. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-153-159>
15. Блинов А.В., Рехман З.А., Гвозденко А.А., Голик А.Б., Нагдалян А.А., Ребезов М.Б. Молочный продукт, обогащенный тройным марганецсодержащим комплексом. *Аграрная наука*. 2024; (5): 117–123. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-117-123>
16. Серикова А.С., Асенова Б.К., Смольникова Ф.Х., Конганбаев Е.К., Ребезов М.Б. Исследование минерального состава круп. *Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В.М. Горбатова. М.: Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова*. 2015; 416–419. <https://elibrary.ru/vbdlmcf>
17. Тангатарова С.Б., Хан А.М.А., Жумаева А.Т. Значение химических элементов в организме человека. *Вестник Ошского государственного университета. Медицина*. 2023; (2): 54–59 (на англ. яз.). [https://doi.org/10.52754/16948831_2023_2\(2\)_7](https://doi.org/10.52754/16948831_2023_2(2)_7)
18. Щетинина С.Ю. Значение минеральных веществ для здоровья человека. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2024; (4–4): 27–31. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-4-4-27-31>
19. Кулибаба С.В., Долгая М.Н., Ионов И.А. Влияние скармливания хелатных комплексов микроэлементов на среднесуточный баланс Cu, Zn и Mn в организме коров в период раздоя. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. 2017; 19(79): 58–61 (на укр. яз.). <https://doi.org/10.15421/nvlvet7912>
20. Cadet E., Gadenne M., Capront D., Rochette J. Données récentes sur le métabolisme du fer: un état de transition. *La Revue de Médecine Interne*. 2005; 26(4): 315–324. <https://doi.org/10.1016/j.revmed.2004.09.024>
21. Остапенко В.А. Железо и его роль в организме человека. *Фундаментальные и прикладные исследования в условиях геополитической нестабильности. Материалы XXIII Всероссийской научно-практической конференции*. Ростов-на-Дону: Манускрипт. 2023; 180–184. <https://elibrary.ru/mjzmrp>
22. Sant-Rayn P., Tye-Din J., Muckenthaler M.U., Swinkels D.W. Iron deficiency. *The Lancet*. 2021; 397(10270): 233–248. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32594-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32594-0)
23. Доброхотова Ю.Э., Керчелаева С.Б. Опыт применения препарата железа для лечения железодефицитной анемии у пациенток в послеродовом периоде. *Лечебное дело*. 2022; (2): 38–43. <https://doi.org/10.24412/2071-5315-2022-12804>
24. Полякова О.А., Клепикова М.В., Литвинова С.Н., Исаакян Ю.А., Остроумова О.Д. Проблема дефицита железа и железодефицитной анемии в общей медицинской практике. *Профилактическая медицина*. 2022; 25(12): 127–134. <https://doi.org/10.17116/profmed20222512127>
7. Filimonov R.M., Fesyun A.D., Filimonova T.R., Borisevich O.O. Role of microelements in drinking mineral waters in metabolic processes of the gastrointestinal tract. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2022; (8): 179–189 (in Russian). <https://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-204-8-179-189>
8. Atakhodjaeva I., Akramova R., Choriye A., Tóxtayev S. S., Li V. Study of a protein-containing and keto-dietary product based on local raw materials. *E3S Web of Conferences*. 2023; 401: 03037. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340103037>
9. Artemieva I., Litvinova E., Andrianova E. Actual aspects of the use of metalloproteins in the meat industry for effective resource conservation. *19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. Conference proceedings*. SGEM. 2019; 19: 507–514. <https://www.elibrary.ru/sagwih>
10. Tangatarova S.B., Zhumaeva A.T., Abdullaeva Zh.D. Biological importance of microelements in the human body. *Bulletin of Science and Practice*. 2024; 10(7): 65–69 (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/104/08>
11. Spivak N.Ya., Kaplunenko V.G., Kosinov M.V., Skalny A.V. Antiviral, antioxidant and catalytic activity of trace elements in a low degree of oxidation. *Trace elements in medicine*. 2020; 21(3): 3–23 (in Russian). <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2020-21-3-3-23>
12. Renata R.B.N., Arely G.R.A., Gabriela L.M.A., Esther M.L.M. Immunomodulatory Role of Microelements in COVID-19 Outcome: a Relationship with Nutritional Status. *Biological Trace Element Research*. 2023; 201(4): 1596–1614. <https://doi.org/10.1007/s12011-022-03290-8>
13. Muzakaeva Kh.S., Duskaev M.Z. Metabolic role of manganese in the body. *Vestnik Meditsinskogo instituta*. 2024; (1): 55–60 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xxqsxa>
14. Blinov A.V., Rekhman Z.A., Golik A.B., Gvozdenko A.A., Nagdalyan A.A., Rebezov M.B. An innovative form of the essential trace element copper for fortification of dairy products. *Agrarian science*. 2024; (4): 153–159 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-153-159>
15. Blinov A.V., Rekhman Z.A., Gvozdenko A.A., Golik A.B., Nagdalyan A.A., Rebezov M.B. Dairy product enriched with triple manganese complex. *Agrarian science*. 2024; (5): 117–123 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-117-123>
16. Serikova A.S., Asenova B.K., Smolnikova F.Kh., Konganbaev E.K., Rebezov M.B. Study on the mineral composition of grits. *International scientific and practical conference dedicated to the memory of V.M. Gorbato*. Moscow: V.M. Gorbato Federal Scientific Center for Food Systems. 2015; 416–419 (in Russian). <https://elibrary.ru/vbdlmcf>
17. Tangatarova S.B., Khan A.M.A., Zhumaeva A.T. Importance of chemical elements in the human body. *Journal of Osh State University. Medicine*. 2023; (2): 54–59. [https://doi.org/10.52754/16948831_2023_2\(2\)_7](https://doi.org/10.52754/16948831_2023_2(2)_7)
18. Shchetinina S.Yu. The importance of mineral substances for human health. *International journal of humanities and natural sciences*. 2024; (4–4): 27–31 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-4-4-27-31>
19. Kulibaba S.V., Dolgaya M.N., Ionov I.A. Effect of feeding chelate complexes of trace elements on the average daily balance of Cu, Zn and Mn in the organism of cows during the period of lactation. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. 2017; 19(79): 58–61 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/nvlvet7912>
20. Cadet E., Gadenne M., Capront D., Rochette J. Advances in iron metabolism: a transition state. *La Revue de Médecine Interne*. 2005; 26(4): 315–324 (in French). <https://doi.org/10.1016/j.revmed.2004.09.024>
21. Ostapenko V.A. Iron and its role in the human body. *Fundamental and applied research in conditions of geopolitical instability. Materials of the XXIII All-Russian Scientific and Practical Conference*. Rostov-on-Don: Manuscript. 2023; 180–184 (in Russian). <https://elibrary.ru/mjzmrp>
22. Sant-Rayn P., Tye-Din J., Muckenthaler M.U., Swinkels D.W. Iron deficiency. *The Lancet*. 2021; 397(10270): 233–248. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32594-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32594-0)
23. Dobrokhotova Yu.E., Kerchelaeva S.B. Use of iron drugs for the treatment of iron deficiency anemia in patients in the postpartum period. *Lechebnoye delo*. 2022; (2): 38–43 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2071-5315-2022-12804>
24. Polyakova O.A., Klepikova M.V., Litvinova S.N., Isaakyan Yu.A., Ostroumova O.D. Iron deficiency and iron deficiency anemia in general medical practice. *The Russian Journal of Preventive Medicine*. 2022; 25(12): 127–134 (in Russian). <https://doi.org/10.17116/profmed20222512127>

25. Симион А.Ю., Овсянников Е.С. Влияние железодефицитной анемии на качество жизни пациентов с ишемической болезнью сердца. *Профилактическая медицина*. 2023; 26(5–2): 9. <https://elibrary.ru/qshkqd>
26. Богданов А.Н., Волошин С.В., Тыренко В.В., Поляков А.С. Железодефицитная анемия у пациентов пожилого и старческого возраста. *Успехи геронтологии*. 2020; 33(6): 1150–1157. <https://doi.org/10.34922/AE.2020.33.6.018>
27. Зырянов С.К., Байбулатова Е.А. Выбор препарата железа для парентерального введения при железодефицитной анемии. *Терапевтический архив*. 2024; 96(4): 407–418. <https://doi.org/10.26442/00403660.2024.04.202693>
28. Мартынов А.И. и др. Современный взгляд на лечение дефицита железа и фолиевой кислоты. *Профилактическая медицина*. 2023; 26(7): 80–87. <https://doi.org/10.17116/profmed20232607180>
29. Колосова Н.Г., Баяндина Г.Н., Машукова Н.Г., Геппе Н.А. Обмен железа в организме и пути коррекции его нарушений. *Трудный пациент*. 2011; 9(8–9): 54–58. <https://elibrary.ru/oxftmb>
30. Мазуренко Е.А., Гринченко В.С., Бахмет М.П. Высокие технологии обогащения химического состава пищевых продуктов эссенциальными компонентами. Наука и инновации — современные концепции. Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума. М.: Инфинити. 2020; 1: 112–117. <https://elibrary.ru/tpyach>
31. Третьяк Л.Н., Ребезов М.Б., Антипова А.П., Мордвинова А.О. Анализ потребительских предпочтений при выборе обогащенных кисломолочных продуктов. Региональный аспект. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015; (12-6): 978–982. <https://elibrary.ru/vbunwr>
32. Minzanova S.T. et al. Complexation of pectin with macro- and microelements. Antianemic activity of Na, Fe and Na, Ca, Fe complexes. *Carbohydrate Polymers*. 2015; 134: 524–533. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.07.034>
33. Дубцов Г.Г. и др. Хлебобулочные изделия в профилактике железодефицитной анемии. *Вопросы диетологии*. 2019; 9(1): 5–10. <https://doi.org/10.20953/2224-5448-2019-1-5-10>
34. Wu W., Yang Y., Sun N., Bao Z., Lin S. Food protein-derived iron-chelating peptides: The binding mode and promotive effects of iron bioavailability. *Food Research International*. 2020; 131: 108976. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.108976>
35. Блинов А.В., Маглакелидзе Д.Г., Гвозденко А.А., Голик А.Б., Колодкин М.А., Рехман З.А. Функциональный молочный напиток, обогащенный аскорбатом и лейцином (II). *Индустрия питания*. 2023; 8(3): 87–96. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2023-8-3-9>
36. Михайлина М.А., Шленкин А.К. Микроэлементы — необходимые компоненты пищи. В мире научных открытий. Материалы II Международной студенческой научной конференции. Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет. 2018; 6(2): 149–151. <https://elibrary.ru/ynzszz>
37. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Рисник Д.В. Анализ отечественного и международного опыта использования обогащенных микроэлементами пищевых продуктов и йодирования соли. *Микроэлементы в медицине*. 2015; 16(4): 3–20. <https://elibrary.ru/vsvfgx>
38. Логвинчук Т.М. Выбор микронутриентов — витаминов и минеральных веществ для разработки обогащенных растворимых чайных напитков. Тенденции развития науки и образования. 2022; 84(1): 136–138. <https://doi.org/10.18411/trnio-04-2022-35>
39. Костенко К.В., Блинов А.В., Пойдун Ф.А., Пирогов М.А., Серов А.М., Ребезов М.Б. Функциональный напиток на основе восстановленной сухой молочной сыворотки и тройного хелатного комплекса эссенциального микроэлемента — цинка. *Аграрная наука*. 2024; (12): 158–165. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-158-165>
40. Блинов А.В. и др. Наночастицы селена, стабилизированные хитозаном, для обогащения молочной продукции. *Аграрная наука*. 2024; (9): 130–135. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-386-9-130-135>
25. Simion A.Yu., Ovsyannikov E.S. The impact of iron deficiency anemia on the quality of life of patients with coronary heart disease. *The Russian Journal of Preventive Medicine*. 2023; 26(5–2): 9 (in Russian). <https://elibrary.ru/qshkqd>
26. Bogdanov A.N., Voloshin S.V., Tyrenko V.V., Polyakov A.S. Iron deficiency anemia in elderly and senile patients. *Advances in gerontology*. 2020; 33(6): 1150–1157 (in Russian). <https://doi.org/10.34922/AE.2020.33.6.018>
27. Zyryanov S.K., Baybulatova E.A. Selection of parenteral iron supplement for iron deficiency anemia: A review. *Therapeutic archive*. 2024; 96(4): 407–418 (in Russian). <https://doi.org/10.26442/00403660.2024.04.202693>
28. Martynov A.I. et al. Modern view on treatment of iron and folic acid deficiency. *The Russian Journal of Preventive Medicine*. 2023; 26(7): 80–87 (in Russian). <https://doi.org/10.17116/profmed20232607180>
29. Kolosova N.G., Bayandina G.N., Mashukova N.G., Geppe N.A. Iron exchange in the body and ways of correction of its abnormalities. *Difficult patient*. 2011; 9(8–9): 54–58 (in Russian). <https://elibrary.ru/oxftmb>
30. Mazurenko E.A., Grinchenko V.S., Bakhmet M.P. High technologies for enriching the chemical composition of food products with essential components. *Science and innovation — modern concepts. Collection of scientific articles based on the results of the International Scientific Forum*. Moscow: Infiniti. 2020; 1: 112–117 (in Russian). <https://elibrary.ru/tpyach>
31. Tretyak L.N., Rebezov M.B., Antipova A.P., Mordvinova A.O. The analysis of consumer preferences in choosing enriched fermented milk product. Regional aspect. *International journal of applied and fundamental research*. 2015; (12-6): 978–982 (in Russian). <https://elibrary.ru/vbunwr>
32. Minzanova S.T. et al. Complexation of pectin with macro- and microelements. Antianemic activity of Na, Fe and Na, Ca, Fe complexes. *Carbohydrate Polymers*. 2015; 134: 524–533. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.07.034>
33. Dubtsov G.G. et al. Bread and bakery products in prevention of iron-deficiency anaemia. *Nutrition*. 2019; 9(1): 5–10 (in Russian). <https://doi.org/10.20953/2224-5448-2019-1-5-10>
34. Wu W., Yang Y., Sun N., Bao Z., Lin S. Food protein-derived iron-chelating peptides: The binding mode and promotive effects of iron bioavailability. *Food Research International*. 2020; 131: 108976. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.108976>
35. Blinov A.V., Maglakelidze D.G., Gvozdenko A.A., Golik A.B., Kolodkin M.A., Rekhman Z.A. Functional Milk Drink Enriched with Iron (II) Ascorbate Isoleucinate. *Food Industry*. 2023; 8(3): 87–96 (in Russian). <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2023-8-3-9>
36. Mikhailina M.A., Shlenkin A.K. Trace elements are essential components of food. In the world of scientific discoveries. *Proceedings of the II International student scientific conference*. Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University. 2018; 6(2): 149–151 (in Russian). <https://elibrary.ru/ynzszz>
37. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Risnik D.V. The analysis of domestic and international policy of food fortification with trace elements and salt iodization. *Trace elements in medicine*. 2015; 16(4): 3–20 (in Russian). <https://elibrary.ru/vsvfgx>
38. Logvinchuk T.M. Selection of micronutrients — vitamins and minerals for the development of fortified instant tea drinks. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2022; 84(1): 136–138 (in Russian). <https://doi.org/10.18411/trnio-04-2022-35>
39. Kostenko K.V., Blinov A.V., Poidun F.A., Pirogov M.A., Serov A.M., Rebezov M.B. A functional drink based on reconstituted whey powder and a triple chelate complex of the essential trace element zinc. *Agrarian science*. 2024; (12): 158–165 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-158-165>
40. Blinov A.V. et al. Selenium nanoparticles stabilized with chitosan for fortifying dairy products. *Agrarian science*. 2024; (9): 130–135 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-386-9-130-135>

ОБ АВТОРАХ

Андрей Владимирович Блинов¹

кандидат технических наук, доцент департамента функциональных материалов и инженерного конструирования
blinov.a@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4701-8633>

Артём Владимирович Самоволов¹

ассистент кафедры технологии переработки нефти и промышленной экологии
artem.samovolov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5570-6201>

Алина Салмановна Аскерова¹

лаборант департамента функциональных материалов и инженерного конструирования
vikalinka04@mail.ru <https://orcid.org/0009-0002-9852-3055/>

Андрей Ашотович Нагдалян¹

старший научный сотрудник НИЛ пищевой и промышленной биотехнологии
geniando@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6782-2821>

Александр Михайлович Серов¹

лаборант департамента функциональных материалов и инженерного конструирования
sanyka_stavzan@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-2929-4191>

Максим Борисович Ребезов^{2,3}

• доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник²;
• доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹Северо-Кавказский федеральный университет, ул. им. Пушкина, 1, Ставрополь, 355002, Россия

²Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

³Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Andrey Vladimirovich Blinov¹

PhD, Associate Professor, Department of Functional Materials and Engineering Design
blinov.a@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4701-8633>

Artyom Vladimirovich Samovolov¹

Assistant at the Department of Oil Refining Technology and Industrial Ecology
artem.samovolov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5570-6201>

Alina Salmanovna Askerova¹

Laboratory Assistant at the Department of Functional Materials and Engineering Design
vikalinka04@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0002-9852-3055/>

Andrey Ashotovitch Nagdalyan¹

Senior Researcher at the Institute of Food and Industrial Biotechnology
geniando@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6782-2821>

Alexander Mikhailovich Serov¹

Laboratory Assistant at the Department of Functional Materials and Engineering Design
sanyka_stavzan@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-2929-4191>

Maksim Borisovich Rebezov^{2,3}

• Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher²;
• Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹North Caucasus Federal University, 1 Pushkin Str., Stavropol, 355002, Russia

²Gorbatov Research Center for Food Systems, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

³Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia