

УДК 637.049

Радиопротекторные ингредиенты композиционного молочного продукта

Г. А. Донская, Л. Г. Креккер, Е. В. Колосова, Т. С. Бычкова*, В. К. Карапетян

**Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, г. Москва, Россия;*
e-mail: t_bychkova@vnimi.org, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9539-1600>

Информация о статье Реферат

Поступила
в редакцию
02.04.2024;

получена
после доработки
16.04.2024;

принята
к публикации
22.04.2024

Ключевые слова:

гигиеническое
нормирование,
радиопротекторные
ингредиенты,
расторопша пятнистая,
шрот подсолнечника,
йодонорм,
кисломолочные
продукты

Пищевые продукты, обладающие радиопротекторным действием, которые возможно использовать в случае неблагоприятной радиационной обстановки, вызывают особый интерес. Научно обоснованное нормирование таких продуктов в ежедневном рационе питания позволит эффективно применять их для адаптации организма при повышенной радиации, устранения последствий лучевой нагрузки при лечении или обследовании. Целью представленного этапа исследований является анализ алиментарных и физиологических причин, приводящих к хроническому нутриентному дефициту радиопротекторных микроэлементов в рационе питания, а также изучение качественных и биологических характеристик радиопротекторных ингредиентов для создания противолучевой композиции на молочной основе. Экспериментальная часть исследования связана с изучением минерального состава подобранных ингредиентов и их антиоксидантной активности. Полученные данные свидетельствуют о том, что мука расторопши содержит большое количество кальция, а шрот подсолнечника – калия. По содержанию калия шрот подсолнечника превышает содержание микроэлемента в расторопше на 50 %. Количество кальция в расторопше по сравнению со шротом подсолнечника выше на 67 %. Кроме этого, растительное сырье является источником магния, железа, цинка, меди, фосфора и обладает выраженной антиоксидантной активностью. В результате полученных данных проведено научное обоснование внесения ингредиентов для выработки радиопротекторного кисломолочного продукта и использования его в лечебно-профилактическом питании взрослых в целях профилактики лучевых осложнений и выведения радионуклидов из организма. Нормированное количество ингредиентов для употребления в сутки рассчитано согласно рекомендуемым диетам, пищевой, физиологической ценности, физиологической активности. Установлены нормы обогащающих микронутриентов при производстве радиопротекторного молочного продукта, предназначенного для повышения устойчивости организма к действию свободно-радикальных процессов и усиления антиоксидантной способности в условиях радиационного воздействия.

Для цитирования

Донская Г. А. и др. Радиопротекторные ингредиенты композиционного молочного продукта. Вестник МГТУ. 2024. Т. 27, № 2. С. 193–204. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2024-27-2-193-204>.

Radioprotective ingredients of a composite dairy product

Galina A. Donskaja, Ludmila G. Krekker, Elena V. Kolosova,
Tatiana S. Bychkova*, Varasdat K. Karapetyan

**All-Russian Dairy Research Institute, Moscow, Russia;*
e-mail: t_bychkova@vnimi.org, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9539-1600>

Article info

Received
02.04.2024;

received
in revised form
16.04.2024;

accepted
22.04.2024

Key words:

hygienic standards,
radioprotective
ingredients,
milk thistle,
sunflower meal,
iodoronm,
fermented milk products

Abstract

Food products that have an anti-radiation effect and can be used in conditions of increased radiation are of particular interest. Scientifically based rationing of such products in the daily diet will make it possible to effectively use them to adapt the body to increased radiation and eliminate the effects of radiation exposure during treatment or examination. The purpose of the research presented in the paper is to analyze the nutritional and physiological causes of chronic nutrient deficiency of radioprotective microelements in the diet, to study the qualitative and biological characteristics of radioprotective ingredients to create a milk-based anti-radiation composition. The experimental part of the study has related to researching the mineral composition of selected ingredients and their antioxidant activity. The data obtained indicate that milk thistle flour contains a large amount of calcium, and sunflower meal contains potassium. In terms of potassium content, sunflower meal exceeds the microelement content in milk thistle by 50 %. The amount of calcium in milk thistle is 67 % higher compared to sunflower meal. In addition, plant raw materials are a source of magnesium, iron, zinc, copper, phosphorus and have pronounced antioxidant activity. As a result a scientific substantiation of the addition of ingredients for the production of radioprotective fermented milk product and its use in therapeutic and prophylactic nutrition for adults has been carried out in order to prevent radiation complications and remove radionuclides from the body. The normalized amount of ingredients for consumption per day has been calculated according to recommended diets, nutritional, physiological value, and physiological activity. Standards have been established for enriching micronutrients in the production of a radioprotective dairy product designed to increase the body's resistance to the action of free radical processes and enhance antioxidant capacity under conditions of radiation exposure.

For citation

Donskaya, G. A. et al. 2024. Radioprotective ingredients of a composite dairy product. *Vestnik of MSTU*, 27(2), pp. 193–204. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2024-27-2-193-204>.

Введение

Правильно организованное питание с учетом радиопротекторных ингредиентов способствует нейтрализации потенциальных угроз, источником которых могут быть промышленные, медицинские и военно-промышленные отходы. Сегодня радиоактивные вещества могут попасть в организм каждого из нас с водой, пищей, из воздуха при возникновении чрезвычайных ситуаций на объектах атомной энергетики. Наличие в атмосфере радиоактивных веществ приводит к внешнему облучению человека. Радиационное воздействие испытывают также пациенты, проходящие радиологические исследования, лучевую терапию. Организация питания и нормирование противолучевых ингредиентов может обеспечить радиопротекторную защиту органов и систем, способствовать выведению радионуклидов, инаktivации лучевого поражения (*Bagchi et al., 2000; Креккер и др., 2023*).

В связи с этим особую актуальность представляет разработка рецептуры продукта на молочной основе с радиопротекторными свойствами, позволяющей эффективно использовать его в условиях повышенной радиации. Ингредиенты продукта включают функционально активные радиопротекторные вещества: источник кальция – антагониста стронция, калия – антагониста цезия; йода, препятствующего поступлению его радиоактивного изотопа; силибинина, входящего в состав силимарина расторопши и обладающего антиоксидантным и гепатопротекторным действием; подсолнечного шрота как источника адаптогенных полисахаридов. Разработанный композиционный продукт может быть использован населением в районах с повышенным радиационным фоном, а также в диетическом питании как дополнительный источник микроэлементов, витаминов и антиоксидантов, обладающий общеукрепляющим действием.

Цель исследования – гигиеническое нормирование ингредиентов при выработке радиопротекторного кисломолочного продукта и разработка предложений по использованию готового продукта в качестве лечебно-профилактического питания взрослых, проходящих лучевую терапию или контактирующих с радиоактивными веществами в силу своих профессиональных обязанностей.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись радиопротекторные ингредиенты: цитрат калия (E332), лактат кальция (E327), мука из семян расторопши (ООО "Специалист", СТО 33974444-011-2019¹), мука из шрота подсолнечника (ООО "АнроПетро", ТУ 10.41.41-229-37676459-2018); напитки кисломолочные с использованием радиопротекторных компонентов, выработанные на базе лаборатории технологий функциональных продуктов ФГАНУ "ВНИМИ" (Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, г. Москва). В качестве источника стабильного йода, препятствующего поступлению в организм радиоактивного аналога, использован препарат "Йодонорм".

Содержание минеральных веществ определяли согласно ГОСТ Р ИСО 27085-2012 "Корма для животных. Определение содержания кальция, натрия, фосфора, магния, калия, железа, цинка, меди, марганца, кобальта, молибдена, мышьяка, свинца и кадмия методом ИСП-АЭС" (*Юрова и др., 2021*).

Антиоксидантную активность растительного сырья устанавливали по массовой концентрации антиоксидантов, эквивалентной активности галловой кислоты амперометрическим методом на приборе "ЦветЯуза 01-АА".

Результаты и обсуждение

Нормирование обогащающих ингредиентов для получения радиопротекторного продукта обусловлено такими факторами, как регион проживания, возраст потребителей, коэффициент физической активности, пол и зависящие от них энергетический обмен и потребность в нутриентах. В настоящее время подбор оптимальных количественных и качественных параметров рациона базируется, как правило, на принципах персонализированного питания, но за основу берутся фундаментальные закономерности оптимального рациона, подтвердившие свою эффективность и функциональность.

Методические рекомендации 2.3.1.0253-21 "Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации" являются основополагающим документом при подборе рациона. Нормативы рекомендаций сбалансированы с учетом суточного рациона и могут корректироваться в зависимости от метаболических нарушений в сторону ограничения или увеличения доли отдельных нутриентов. Важно в этом случае, чтобы конечные продукты оказывали специфическое влияние на восстановление нарушенных или утраченных функций организма после облучения, либо способствовали профилактике нарушений метаболических процессов в условиях повышенной радиации и увеличивали адаптивные возможности организма человека.

¹ Информация о нормативных актах и ГОСТах представлена в Приложении.

Персонализация рациона в сторону кардинального изменения состава нутриентов проводится подбором лечебно-профилактического питания на основе результатов медицинского обследования, результатов лабораторных анализов, определения пищевого и метаболического статуса пациента. Например, потребность в молочном белке зависит от образа жизни и физических нагрузок, но в условиях повышенной радиации она неоспорима. Даже при низкой физической активности не рекомендуется занижать количество белка, так как это может способствовать предотвращению риска набора избыточной массы, поскольку белок обладает термогенным эффектом, повышая базальную скорость обмена веществ. Но при повышенных умственных нагрузках у людей с низким коэффициентом физической активности и пожилых людей, доля белка в калорийности должна составлять не менее 14 % от суточной нормы, а для лиц, занятых физическим трудом, – ниже 12 % (МР 2.3.1.0253-21). Недостаток белка в рационе питания может проявляться в изменении показателей протеинового метаболизма сыворотки крови: снижается концентрация общего белка, альбуминов, а также альбумин-глобулиновый коэффициент. Это ведет к снижению активности ферментов, гемоглобина и эритроцитов, уменьшению пула иммуноглобулинов и субстратов системы биотрансформации ксенобиотиков. При хроническом белковом голодании могут наблюдаться признаки распада собственных белков с развитием аутоинтоксикации, что необходимо учитывать в условиях повышенного радиационного воздействия (Гудков, 2022).

В условиях повышенной радиоактивности минеральные вещества необходимы не только для защиты от радиации, но также для построения тканевых структур, поддержания кислотно-щелочного равновесия, водно-солевого обмена (Донская и др., 2023б). Кальций – значимый элемент защиты от радиоактивного стронция. При недостатке кальция поражение организма стронцием увеличивается в разы (Jagetia et al., 2005). Этот макроэлемент минерального баланса костной ткани и профилактики остеопороза участвует в нервной проводимости, влияет на свертываемость крови в условиях радиации. Физиологическая потребность в кальции для взрослых – 1000, для пожилых людей старше 65 лет – 1200 мг/сутки (МР 2.3.1.0253-21). При радиационном воздействии потребность в кальции увеличивается. Оптимальное для всасывания и усвоения кальция соотношение содержания кальция к фосфору в рационе составляет 1 : 1. Использование молочной основы для получения противолучевой композиции позволяет приблизить их соотношения к оптимуму. Для нормального кальциевого баланса в условиях радиации необходимо ежедневно вводить с пищей 0,4–0,5 г кальция взрослым, 0,4–0,7 – подросткам и 1–1,2 г – беременным женщинам (Кузнецов, 2011).

Калий не только блокирует радиоактивный цезий, но и регулирует деятельность скелетных мышц, тканей сердца, почек, активизирует работу печени, важен для поддержания гомеостаза кальция, магния и натрия. Натриево-калиевый обмен – это тонко настроенный механизм, разрушающийся при интоксикации, рвоте и диарее, снижающих уровень калия в организме. С этими изменениями связывают нарушение энергетического обмена, способность организма вырабатывать защитные белки и усваивать углеводы, поддерживать соответствующее осмотическое давление в клетках. Ионы калия принимают участие в образовании ацетилхолина, в процессах проведения нервного возбуждения к мышцам. Это означает, что они могут сохранять правильный баланс жидкости для оптимального функционирования (Болдырев, 2008).

Население большинства районов России, значительно удаленных от океанических побережий, ежедневно испытывает дефицит йода в рационе питания. При появлении радионуклидов йода в атмосфере в щитовидной железе происходит его интенсивное накопление. Установлено, что при 50 % дефиците йода в рационе (до 75 мкг/сутки) интенсивность накопления йода возрастает в 2,7 раза (Трошина, 2022). Радиационные поражения щитовидной железы в этих условиях протекают более тяжело и проявляются на ранних сроках. При наличии гиперфункции (гипертериоз) щитовидной железы накопление происходит быстрее и достигает 50 % от поступления. При гипофункции накопление дозы происходит медленнее и в меньшем количестве – до 15–25 % (Литвицкий, 2012). У большинства людей, длительно испытывающих дефицит йода, начинается микроэлементозный мультидефицит. На фоне гормонального дисбаланса в этом случае не хватает в питании сразу нескольких микроэлементов (Маюрникова и др., 2020).

Неправильное питание, ухудшение экологии, несбалансированный рацион, стрессы приводят к увеличению расхода микро- и макроэлементов для антиоксидантной защиты человека. В связи с этим в рацион подрастающего и стареющего поколения, которые подвержены наибольшему радиационному поражению, рекомендуется обязательно включать продукты, обогащенные молочными белками, полиненасыщенными жирными кислотами, углеводами, витаминами, минеральными солями, в том числе такими важными элементами, как кальций, калий и йод.

В табл. 1 показаны основные причины, являющиеся сегодня основанием для обогащения пищевого рациона микро- и макроэлементами кальция, калия и йода.

Таблица 1. Алиментарные и физиологические причины нутриентного дефицита радиопротекторных минеральных веществ (Коденцова, 2016; Трошина, 2022; Маюрникова и др., 2020; Донская и др., 2024)

Table 1. Alimentary and physiological causes of nutrient deficiency of radioprotective minerals (Kodentsova et al., 2016; Troshina, 2022; Mayurnikova et al., 2020; Donskaja et al., 2024)

Минеральное вещество		
Кальций	Калий	Йод
Неправильная организация питания с недостаточным поступлением кальция и витамина Д	Недостаточное поступление в результате нерационального питания	Недостаточное количество белка в пище, морепродуктов, селена, кобальта, марганца
Низкая масса тела	Голодание, недостаточный вес	Наследственная предрасположенность
Дефицит эстрогенов в условиях облучения в силу преклонного возраста	Нарушение выделительных систем вследствие облучения: почки, кишечник, кожа	Проживание в регионе с низким содержанием йода в почве и воде, районах Крайнего Севера, отдаленных от моря регионах
Наличие вредных привычек	Чрезмерное выведение калия при диарее или рвоте	Наличие вредных привычек
Частые физические нагрузки или падения	Избыток натрия в рационе питания	Отказ от употребления йодированной соли, хлеба
Нарушение сна	Хронический стресс	Наличие очагов инфекции в полости рта и носоглотки
Низкая физическая активность	Высокие физические нагрузки	Бесконтрольный прием антибактериальных препаратов

Роль алиментарных факторов в развитии осложнений после облучения имеет важное, а в некоторых случаях – решающее значение. Среди добавок, применяемых для обогащения пищевых продуктов йодом, предпочтение отдается соединениям йода с белками, в том числе – сывороточными (Донская и др., 2024; Пряничникова и др., 2012).

К разряду безопасных хелатированных соединений йода относят йодказеин (торговое название "Йод-Актив"), который состоит из сухого обезжиренного молока, лактозы моногидрата, йодказеина и кальция стеарата 1-водного. Содержащаяся в нем лактопероксидаза соединялась с молекулой йода, результатом чего являлись йодированные белки молока. После катастрофы на ЧАЭС об этом изобретении вспомнили во Всероссийском научно-исследовательском институте радиологии и агроэкологии Научно-исследовательского центра "Курчатовский институт". В Национальном медицинском исследовательском центре радиологии группа ученых под руководством директора института академика РАМН Анатолия Цыба получила уникальный препарат "Йод-Актив". Йод в казеине связан прочной химической связью с одной из аминокислот – тирозином. Сформированная связь устойчива при длительном хранении и к воздействию температур (Цыб и др., 2001).

Разработаны соединения йода с α -лактальбумином, β -лактоглобулином, их смесями или гидролизатами. В Сколково в рамках Акселератора технологических стартапов в 2022 г. Феликс Дю представил разработку препарата "Йодонорм". Продукт содержит 25–30 г/кг йода (Савлукова и др., 2023). Его второе название – "Биойод 150", имеет в составе белок йодированный молочный, лактозу, крахмал картофельный, кальция стеарат (E470). Как заявляют разработчики, в отличие от йодказеина препарат не содержит свободного йода, он хорошо растворим в воде и не вызывает аллергию. Пищевая добавка "Биойод" предназначена для использования в пищевой промышленности в качестве источника натурального, легкодоступного органически связанного йода для повышения функциональной, биологической и пищевой ценности продуктов питания с целью устранения рисков возникновения йододефицитных состояний человека (Тутельян и др., 2020).

Препарат Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН представляет собой молочный йодированный порошкообразный белок, который получают путем ферментативного йодирования аминокислотных остатков сывороточных белков коровьего молока с последующей дополнительной очисткой от неорганического йода с помощью ультрафильтрации, а также сублимационной или распылительной сушки. Благодаря ковалентной связи йода с белками сухой концентрат "Йодонорм" обладает высокой стабильностью при нагреве, устойчивостью к свету и нагреванию и способен длительно храниться. Это исключает возможность высвобождения йода и его отрицательного воздействия на физико-химические, органолептические характеристики готовой продукции, что позволяет получать продукты с фиксированным содержанием йода. В табл. 2 приведены сравнительные характеристики препаратов.

Таблица 2. Отличительные особенности пищевых форм йода
(Савлукова и др., 2023; Тутельян и др., 2020)
Table 2. Distinctive features of dietary forms of iodine
(Savlukova et al., 2023; Tutelyan et al., 2020)

Характеристика препарата	"Биойод"	"Йодказеин"	"Йодонорм"	KI, KIO ₃
Содержание свободного йода	Не содержит	Может содержать свободный йод и йодиды	Не содержит	Содержат свободный йод, имеющий повышенную способность к комплексообразованию
Наличие органического йода	+	+	+	В составе только неорганические формы йода
Растворимость	Легко растворим в воде	Плохо растворим в воде	Хорошо растворим в воде	Быстрорастворимы
Отношение к pH среды	Инертен по отношению к pH среде	Чувствителен к pH среде	Малочувствителен к свету и pH среде	Зависимы от pH среды
Себестоимость	Невысокая	Высокая	Невысокая	Низкая
Токсичность	Не токсичен в широком диапазоне дозировок	Может иметь токсичные проявления	Не токсичен в большом диапазоне дозировок	Токсичны, имеют побочные эффекты
Биодоступность	Высокая биологическая эффективность и биометаболизм	Средняя биодоступность	Высокая биологическая доступность	Не совместим с биометаболизмом

Анализ источников показал, что наиболее дорогой добавкой является "Йодказеин". Кроме достоинств он имеет недостатки в виде низкой растворимости и вероятности наличия свободного йода. "Йодказеин" не может быть очищен от примесей свободного йодид-иона, молекулярного йода и побочных продуктов реакций по причине того, что порошок казеина в воде не растворяется. При смешивании с водой раствор казеина является не истинным белковым раствором, а мелкодисперсной взвесью микрочастиц казеиновых мицелл, которые набухают в жидкостях и равномерно распределяются в объеме без полного растворения (Тутельян и др., 2020). Неорганические формы йода, несмотря на хорошую растворимость и невысокую цену, отличаются высокой токсичностью и наличием побочных эффектов. Среди представленных на рынке соединений наиболее перспективными добавками являются очищенные от свободного йода "Биойод" или "Йодонорм".

Суточную потребность или рекомендуемую норму потребления йода для взрослого человека – 150 мкг – рассчитывают исходя из МР 2.3.1.0253-21. Верхний предел безопасного уровня потребления йода при отсутствии противопоказаний составляет 1 000 мкг/сут. В молочные продукты йод можно внести в количестве 10–50 % от нормы физиологической потребности человека, что составляет 15–75 мкг йода (согласно ГОСТ Р 52349-2005) на суточную порцию продукта. Внесение в 100 г продукта 75,0 мкг йода обеспечивает 50 % от суточной нормы.

Для йодказеина, "Йодонорма" и "Биойода" разработаны регламенты применения в пищевой отрасли. Для использования в пищевой промышленности йодказеина руководствуются методическими рекомендациями МР 2.3.7.1916-04 "Состояние здоровья населения в связи с состоянием питания. Применение йодказеина для предупреждения йоддефицитных заболеваний в качестве средства популяционной, групповой и индивидуальной профилактики йодной недостаточности". Расход вещества по МР не должен быть более 6,5 г на тонну творога и не более 9 г на тонну сыра. Этапы предварительной подготовки включают растворение в воде или пастеризованном молоке (в 1 000 см³ пастеризованного и подогретого до температуры 50–60 °С молока, вносят 5,0 ± 0,1 г йодказеина, 0,5 % раствор). Далее смесь перемешивают в течение 60–75 мин до растворения и используют сразу, но хранить раствор разрешается не более 3-х суток в холодильнике. Полученный раствор вносят на этапе до или после пастеризации, дозировку производят из расчета 1 л раствора на 1 т готовой продукции.

Содержание йода в пищевой добавке "Йодонорм" составляет 2,5 %. В 1 г добавки содержится 0,025 г йода или 25 000 мкг. На 1 т профилактического молочного продукта вносят 6 г "Йодонорма", что составляет 100 % от суточной потребности. Предварительно его рекомендуется развести в небольшом

количестве пастеризованного молока при температуре 20–30 °С, перемешать до полного растворения в течение 3–5 мин и добавить в молоко перед пастеризацией.

Одним из направлений повышения радиорезистентности организма является стимулирование его собственной антиоксидантной системы. С этой целью помимо прямого источника йода в рецептуру продукта предусмотрено введение ингредиентов растительного происхождения в виде муки из семян расторопши и муки из шрота подсолнечника, взятых в определенном соотношении. При нормировании количества растительного сырья в рецептуре необходимо учитывать содержание таких минеральных веществ, как кальций, калий, йод – антагонистов радионуклидов стронция, цезия и радиоактивного йода соответственно. При этом указанные продукты обладают высокой биологической активностью за счет содержания в них комплекса витаминов, минералов, природных антиоксидантов. В семенах расторопши содержится более 200 компонентов, обладающих высокой биологической активностью (Донская и др., 2023а). В них присутствуют несколько видов флаволигнанов. Это силибин, силидианин, силикрестин, последний является мощным комплексом природных антиоксидантов, блокирующим действие токсинов. Жирные масла расторопши и шрота обеспечивают нормальный процесс деления клеток, защищая их от канцерогенов, положительно влияют на обменные процессы. Флавоноиды растительных ингредиентов нейтрализуют свободные радикалы, укрепляют капилляры, алкалоиды улучшают циркуляцию крови. Органические кислоты выводят вредные вещества из организма. Лигнаны связывают и выводят токсические вещества, регулируют гормональное равновесие, кислородный обмен. Расторопша богата макро- и микроэлементами (Hussain et al., 2022). Наличие селена укрепляет защитные силы организма, повышает антиоксидантную систему, обеспечивает нормальное состояние сосудов. В расторопше содержатся витамины А, Е, К, Д, F и группы В (Shivappa et al., 2022).

Проведенный анализ химического состава радиопротекторных ингредиентов показал целесообразность и возможность их использования при производстве функциональных продуктов (табл. 3).

Таблица 3. Минеральный состав и антиоксидантная активность радиопротекторных ингредиентов
Table 3. Mineral composition and antioxidant activity of radioprotective ingredients

Ингредиенты	Минеральный состав, мг/100 г								
	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Fe	I	АОА
Лактат кальция	14 090,1	–	–	–	–	–	–	–	3,5 ± 0,4
Цитрат калия	–	–	38 195	–	–	–	–	–	2,8 ± 0,6
Мука из семян расторопши	1 006,9	457,2	1 082,7	701,48	1,62	6,07	8,26	–	409 ± 15
Мука из шрота подсолнечника	436,6	765,1	1 692,5	1 266,0	1,93	9,39	16,73	–	450 ± 30
"Йодоном"	–	–	–	–	–	–	–	2 500	

Результаты исследований показали, что ингредиенты растительного происхождения отличаются богатым макро- и микроэлементным составом. При этом лидирующую роль среди минеральных элементов, кроме кальция, занимает мука из шрота подсолнечника. Содержание солей в этом продукте превышает аналогичные показатели в муке расторопши от 1,5 до 2 раз. Значительно, относительно расторопши, увеличена концентрация железа и цинка, играющих важную роль в метаболических и окислительно-восстановительных процессах, повышающих антиоксидантную активность ферментов организма человека. Но концентрация кальция в муке из шрота подсолнечника в 2,3 раза ниже, чем в муке расторопши. Полученные экспериментальные данные показали, что расторопша пятнистая и шрот подсолнечника обладают выраженной антиоксидантной активностью. Ранее проведенные эксперименты показали, что шрот подсолнечника отличается также высоким содержанием белка и сбалансированностью аминокислотного состава (Донская и др., 2023а). Полифенолы подсолнечника, в том числе хлорогеновая кислота, обладают выраженными радиопротекторными свойствами. Подсолнечный шрот богат витаминами группы В, ниацином, рибофлавином, холином, биотином, пантотеновой кислотой, пиридоксином. В нем содержится большое количество витамина Е, являющегося сильнейшим антиоксидантом (Макарова и др., 2004).

Флавоноиды и их метаболиты, входящие в состав ингредиентов растительного происхождения, согласно аналитическим данным (Devi et al., 2000), помимо антиоксидантных свойств выполняют функцию нейропротекторную, кардиопротекторную, противовоспалительную и химиофилактическую. По мнению авторов, флавоноиды могут оказывать моделирующее действие на клеточную систему посредством прямого воздействия на различные сигнальные пути. Флавонолы и флавононы, начиная с концентрации более 10 мкМ, подавляют перекисное окисление липидов, в том числе индуцированных ионизирующим облучением. Радиозащитные эффекты флавоноидов по снижению уровня хромосомных аббераций костного мозга отмечали в экспериментах на мышах при применении их до и после облучения (Bagchi et al., 2000; Galstyan et al., 2019). Применение флавоноидов наиболее эффективно при воздействии ионизирующего

облучения низкой интенсивности, например, в случае проживания на загрязненной радионуклидами местности, когда возможно применение только безопасных профилактических продуктов.

Для включения композиционного продукта в рацион лечебно-профилактического питания необходимо учитывать его нормированное количество в сутки согласно рекомендуемой диете. В настоящее время при составлении лечебно-профилактического рациона диетологи руководствуются рекомендациями приказа Минздрава РФ № 330 от 05.08.2003 г.², содержащего 37 видов различных диет. Молочный продукт, имеющий композиционный состав, обогащенный кальцием, калием и йодом, может стать составляющей диет № 3 и 4 – с повышенным содержанием белка, № 7 – с заболеваниями желез внутренней секреции, № 9 – диеты для людей с заболеваниями нервной системы, № 10 – с заболеваниями печени, № 11 – с заболеваниями пищевода, желудка и 12-перстной кишки, № 13 – с заболеваниями сердца, № 14 – с заболеваниями суставов, № 15 – при диетической терапии и нормальном состоянии органов пищеварения и отсутствии показаний для назначения специализированной диеты, в основных и стандартных диетах.

Разрабатываемый продукт также может быть включен в питание людей, подверженных осложнениям в результате отравления, профессиональных заболеваний, прохождения химиотерапии, свидетельствующих о нарушении питания и повышении потребности в пищевых веществах и энергии (Буянова и др., 2017). Например, при:

- индексе массы тела менее 20 кг/м²; потеря массы тела на 10 % и более за последние 6 месяцев;
- нарушении белково-образовательной и транспортной функций печени;
- низкой концентрации в плазме крови альбумина (менее 35 г/л), трансферрина (менее 2 г/л), преальбумина (менее 180 г/л);
- клинико-лабораторных признаках токсического поражения системы крови: анемии, цитопенических реакциях;
- хронических инфекционных и воспалительных процессах, осложняющих течение основного профессионального заболевания и протекающих с повышенным распадом белка и повышенной потребностью в энергии;
- токсических энцефалопатий с вегетососудистым или нейроэндокринным синдромами с повышением функции щитовидной железы и симпатoadреналовой системы;
- заболеваниях и поражениях органов пищеварительного тракта, сопровождающихся диареей и нарушением всасывания и усвояемости пищи.

Пример нутриентного состава композиционного радиопротекторного продукта представлен в табл. 4.

Таблица 4. Пищевая и энергетическая ценность 100 г композиционного радиопротекторного продукта
Table 4. Nutritional and energy value of 100 g composite radiation protection product

Наименование показателя	Количество
Массовая доля, %	
Белок	3,8 ± 0,5
Жир	3,2 ± 0,3
Углеводы	4,7 ± 0,7
Пищевые волокна	8,4 ± 0,7
Массовая доля макроэлементов, мг/%	
Йод	0,001
Магний	10,49
Кальций	125,20
Железо	0,34
Калий	927,50
Цинк	0,54
Пищевая ценность, ккал	69,10
Энергетическая ценность, кДж	289,06

После необходимой оценки таких показателей, как адекватность энергетической и пластической сторон питания; витаминно-минеральный баланс, результаты лабораторных исследований крови, мочи, и тип лечебно-диетического питания в зависимости от состояния здоровья, продукт потенциально может быть использован как радиопротекторный в рационе людей, подверженных воздействию повышенной лучевой нагрузки, токсическим отравлениям, для снижения внутренней дозы облучения и повышения

² О мерах по совершенствованию лечебного питания в лечебно-профилактических учреждениях Российской Федерации : приказ Министерство здравоохранения РФ от 5 августа 2003 г. № 330. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901871304?ysclid=lw608yjhq7456210118>.

радиорезистентности организма. В табл. 5 представлены рекомендуемые количества продукта в лечебно-диетическом рационе с учетом МР 2.3.1.1915-04 "Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ".

Таблица 5. Рекомендуемые нормы потребления обогащающих микронутриентов и радиопротекторного продукта
Table 5. Recommended intake rates of fortifying micronutrients and radioprotective product

Наименование	Профилактическая доза или адекватный уровень потребления в сутки	Курс приема, дни	Лечебная доза с учетом верхнедопустимого уровня потребления в сутки	Курс приема, дни
Белок*	75–114 г	12–14		18–21
Кальций	1 250 мг	12–14	2 500 мг	18–21
Фосфор	800 мг	12–14	1 600 мг	18–21
Калий	2 000 мг	12–14	4 000 мг	18–21
Йод	150 мкг	12–14	300 мкг	18–21
Радиопротекторный продукт обогащенный**	100 г	12–14	200 г	18–21

Примечание. *Для обеспечения азотистого равновесия минимальная потребность в белке, аминокислотный скор которого с учетом усвояемости соответствует 1,0, составляет 0,83 г на кг массы тела; ** приказ от 19 августа 2016 г. № 614 "Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания"³ – не менее 7 кг в год.

Скорректированный по отдельным показателям в соответствии с рекомендуемыми нормами потребления продукт может быть включен в рацион питания людей, нуждающихся в адаптации организма к условиям повышенной радиации или лучевой нагрузки, рекомендован людям с остеопорозом, для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний и при пониженной функции щитовидной железы.

Заключение

В результате проведенных исследований:

- 1) проанализированы алиментарные и физиологические причины нутриентного дефицита радиопротекторных микроэлементов в рационе питания. Выявлены основные условия, являющиеся основанием для обогащения микронутриентами кальция, калия и йода;
- 2) показаны отличительные особенности пищевых форм йода и приведена их сравнительная характеристика. Теоретически обосновано внесение в композиционный состав кисломолочного продукта пищевой добавки "Йодонорм", содержащей хелатированные формы йода;
- 3) изучен минеральный состав радиопротекторных ингредиентов растительного происхождения, которые могут использоваться в качестве аналогов радионуклидов йода, цезия и стронция при обогащении молочных продуктов;
- 4) установлено, что мука из отборных семян расторопши и шрота подсолнечника обладает выраженной антиоксидантной активностью;
- 5) теоретически обосновано внесение ингредиентов рецептуры при выработке радиопротекторного кисломолочного продукта в качестве диетического лечебного питания взрослых для профилактики лучевых осложнений и выведения радионуклидов из организма;
- 6) рассчитано ориентировочное нормированное количество суточного потребления продукта для включения его в рацион лечебно-профилактического питания согласно рекомендуемым диетам и пищевой ценности;
- 7) показано, что обогащение молочных продуктов натуральными пищевыми добавками, содержащими органические витамины, макро- и микроэлементы, ферменты и другие БАВ, является наиболее физиологичным, безвредным способом, повышающим радиорезистентность организма.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

³ Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания : приказ Министерство здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420374878?ysclid=lw611stmun774990399>.

Библиографический список

- Болдырев А. А. Роль Na/K-насоса в возбудимых тканях (обзор) // Журнал Сибирского федерального университета. Сер. Биология. 2008. Т. 1, № 3. С. 206–225. EDN: КАОРОВ.
- Буянова И. В., Федотова О. Б. Современные технологии упаковывания и хранения молочных продуктов. Кемерово : Кемеровский технологический ин-т пищевой пром-сти, 2017. 121 с.
- Гудков С. В. Частные вопросы радиационной биофизики. Нижний Новгород : ННГУ, 2022. 235 с.
- Донская Г. А., Креккер Л. Г., Дрожжин В. М. Исследование радиопротекторного потенциала шрота подсолнечника как ингредиента молочного продукта // Переработка молока. 2023а. № 11(289). С. 44–49. EDN: NOGJBN.
- Донская Г. А., Креккер Л. Г., Колосова Е. В., Бычкова Т. С. Особенности профилактической защиты от радиоактивного йода // Пищевая промышленность. 2024. № 1. С. 50–55. DOI: <https://doi.org/10.52653/ppi.2024.1.1.009>. EDN: SODLVA.
- Донская Г. А., Креккер Л. Г., Колосова Е. В., Дрожжин В. М. [и др.]. Растительные радиопротекторы в технологии молочных продуктов // Маслоделие и сыроделие. 2023б. № 4. С. 103–108. DOI: <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2023-4-7>. EDN: QCONYA.
- Коденцова В. М. Об обогащении пищевых продуктов витаминами // Вопросы питания. 2016. Т. 85, № 4. С. 87–90. EDN: WHPVBD.
- Креккер Л. Г., Донская Г. А., Колосова Е. В., Карапетян В. К. Радиопротекторные ингредиенты для получения молочных продуктов // Переработка молока. 2023. № 9(287). С. 16–20. DOI: <https://doi.org/10.33465/2222-5455-2023-9-16-20>. EDN: IBFSBY.
- Кузнецов И. Защити себя сам, или ДИЕТА против радиации // Экология и жизнь. 2011. № 5. С. 90–92. EDN: NXPLPR.
- Литвицкий П. Ф. Патология эндокринной системы. Этиология и патогенез эндокринопатий: нарушения функций щитовидной и паращитовидных желез // Вопросы современной педиатрии. 2012. Т. 11, № 1. С. 61–75. DOI: <https://doi.org/10.15690/vsp.v11i1.134>. EDN: OXJANP.
- Макарова М. Н., Макаров В. Г., Зенкевич И. Г. Антирадикальная активность флавоноидов и их комбинации с другими антиоксидантами // Фармация. 2004. № 2. С. 30–32.
- Маюрникова Л. А., Кокшаров А. А., Крапива Т. В., Новоселов С. В. Обогащение пищевых продуктов как фактор профилактики микронутриентной недостаточности // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50, № 1. С. 124–139. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-124-139>. EDN: NPHEOS.
- Пряничникова Н. С., Федотова О. Б., Макеева И. А. Инновационная технология творожного продукта // Пищевая промышленность. 2012. № 9. С. 32–33. EDN: PDHTIN.
- Савлукова Ю. О., Ковалева Е. Г. Получение функционального йогурта, обогащенного йодом в биодоступной форме // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер. Пищевые и биотехнологии. 2023. Т. 11, № 2. С. 83–92. DOI: [10.14529/food230210](https://doi.org/10.14529/food230210). EDN: HMHNLС.
- Трошина Е. А. Устранение дефицита йода – забота о здоровье нации. Экскурс в историю, научные аспекты и современное состояние правового регулирования проблемы в России // Проблемы эндокринологии. 2022. Т. 68, № 4. С. 4–12. DOI: <https://doi.org/10.14341/probl13154>. EDN: GAKKBM.
- Тутельян В. А., Онищенко Г. Г., Гуревич К. Г., Погожева А. В. Здоровое питание : роль БАД / под науч. ред. А. В. Погожевой. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2020. 475 с.
- Цыб А. Ф., Розиев Р. А., Гончарова А. Я., Григорьев А. Н. [и др.]. Функциональная пригодность йодказеина для профилактики йодной недостаточности // Вестник Российской академии медицинских наук. 2001. № 6. С. 17–21. EDN: KWQNKY.
- Юрова Е. А., Кобзева Т. В., Фильчакова С. А. Особенность разработки экспресс-методов определения сроков годности функциональных продуктов на молочной основе длительного хранения // Пищевая промышленность. 2021. № 3. С. 36–39. DOI: [10.24412/0235-2486-2021-3-0026](https://doi.org/10.24412/0235-2486-2021-3-0026). EDN: GKJJML.
- Bagchi D., Bagchi M., Stohs S. J., Das D. K. [et al.]. Free radicals and grape seed proanthocyanidin extract: Importance in human health and disease prevention // Toxicology. 2000. Vol. 148, Iss. 2–3. P. 187–197. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0300-483x\(00\)00210-9](https://doi.org/10.1016/s0300-483x(00)00210-9).
- Devi P. U., Ganasoundari A., Vrinda B., Srinivasan K. K. [et al.]. Radiation protection by the ocimum flavonoids orientin and vicenin: Mechanisms of action // Radiation Research. 2000. Vol. 154, Iss. 4. P. 455–460. DOI: [https://doi.org/10.1667/0033-7587\(2000\)154\[0455:rpbtot\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1667/0033-7587(2000)154[0455:rpbtot]2.0.co;2).
- Galstyan A. G., Turovskaya S. N., Ryabova A. E., Illarionova E. E. [et al.]. Technological additives as an element of dry milk properties directed formation // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 2019. Vol. 4, N 436. P. 95–102. DOI: <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170x.102>. EDN: VHKNW.
- Hussain S. M., Adnan M., Rasul A., Shah M. A. [et al.]. Radioprotective role of natural polyphenols: From sources to mechanisms // Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry. 2022. Vol. 22, Iss. 1. P. 30–39. DOI: <https://doi.org/10.2174/1871520621666210419095829>.

- Jagetia G. C., Reddy T. K. Modulation of radiation-induced alteration in the antioxidant status of mice by naringin // *Life Sciences*. 2005. Vol. 77, Iss. 7. P. 780–794. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.01.015>.
- Shivappa P., Bernhardt G. V. Natural radioprotectors on current and future perspectives: A mini-review // *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*. 2022. Vol. 14, Iss. 2. P. 57–71. DOI: https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_502_21.

References

- Boldyrev, A. A. 2008. The role of the Na/K pump in excitable tissues (review). *Journal of Siberian Federal University. Biology*, 1(3), pp. 206–225. EDN: KAOPOB. (In Russ.)
- Buyanova, I. V., Fedotova, O. B. 2017. Modern technologies for packaging and storage of dairy products. Kemerovo. (In Russ.)
- Gudkov, S. V. 2022. Particular issues of radiation biophysics. Nizhny Novgorod. (In Russ.)
- Donskaya, G. A., Krekker, L. G., Drozhzhin, V. M. 2023a. Study of the radioprotective potential of sunflower meal as an ingredient in a dairy product. *Pererabotka moloka*, 11(289), pp. 44–49. EDN: NOGJBN. (In Russ.)
- Donskaya, G. A., Krekker, L. G., Kolosova, E. V., Bychkova, T. S. 2024. Features of preventive protection against radioactive iodine. *Food Industry*, 1, pp. 50–55. DOI: <https://doi.org/10.52653/ppi.2024.1.1.009>. EDN: SODLVA. (In Russ.)
- Donskaya, G. A., Krekker, L. G., Kolosova, E. V., Drozhzhin, V. M. et al. 2023b. Plant radioprotectors in the technology of dairy products. *Cheese- and Buttermaking*, 4, pp. 103–108. DOI: <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2023-4-7>. EDN: QCOHYA. (In Russ.)
- Kodentsova, V. M. 2016. On the enrichment of food products with vitamins. *Problems of Nutrition*, 85(4), pp. 87–90. EDN: WHPVBD. (In Russ.)
- Krekker, L. G., Donskaya, G. A., Kolosova, E. V., Karapetyan, V. K. 2023. Radioprotective ingredients for the production of dairy products. *Milk Branch Magazine*, 9(287), pp. 16–20. DOI: <https://doi.org/10.33465/2222-5455-2023-9-16-20>. EDN: IBFSBY. (In Russ.)
- Kuznetsov, I. 2011. Protect yourself, or DIET against radiation. *Ekologiya i Zhizn'*, 5, pp. 90–92. EDN: NXPLPR. (In Russ.)
- Litvitsky, P. F. 2012. Pathology of the endocrine system. Etiology and pathogenesis of endocrinopathies: Dysfunction of the thyroid and parathyroid glands. *Current Pediatrics*, 11(1), pp. 61–75. DOI: <https://doi.org/10.15690/vsp.v11i1.134>. EDN: OXJANP. (In Russ.)
- Makarova, M. N., Makarov, V. G., Zenkevich, I. G. 2004. Antiradical activity of flavonoids and their combinations with other antioxidants. *Farmatsiya*, 2, pp. 30–32. (In Russ.)
- Mayurnikova, L. A., Koksharov, A. A., Krapiva, T. V., Novoselov, S. V. 2020. Enrichment of food products as a factor in the prevention of micronutrient deficiency. *Food Processing: Techniques and Technology*, 50(1), pp. 124–139. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-124-139>. EDN: NPHEOS. (In Russ.)
- Pryanichnikova, N. S., Fedotova, O. B., Makeeva, I. A. 2012. Innovative technology of curd product. *Food Industry*, 9, pp. 32–33. EDN: PDHTIH. (In Russ.)
- Savlukova, Yu. O., Kovaleva, E. G. 2023. Preparation of functional yogurt enriched with iodine in a bioavailable form. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Pishchevye i biotekhnologii*, 11(2), pp. 83–92. DOI: 10.14529/food230210. EDN: HMHNL. (In Russ.)
- Troshina, E. A. 2022. Elimination of iodine deficiency is a concern for the health of the nation. An excursion into the history, scientific aspects and the current state of the legal regulation of the problem in Russia. *Problems of Endocrinology*, 68(4), pp. 4–12. DOI: <https://doi.org/10.14341/probl13154>. EDN: GAKKBM. (In Russ.)
- Tutelyan, V. A., Onishchenko, G. G., Gurevich, K. G., Pogozheva, A. G. 2020. Healthy nutrition: The role of dietary supplements. Moscow. (In Russ.)
- Tsyb, A. F., Roziev, R. A., Goncharova, A. Ya., Grigori'ev, A. N. et al. 2001. Functional suitability of iodocasein for the prevention of iodine deficiency. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*, 6, pp. 17–21. EDN: KWQNKY. (In Russ.)
- Yurova, E. A., Kobzeva, T. V., Filchakova, S. A. 2021. Features of the development of express methods for determining the shelf life of functional products on a dairy basis for long-term storage. *Food Industry*, 3, pp. 36–39. DOI: 10.24412/0235-2486-2021-3-0026. EDN: GKJJML. (In Russ.)
- Bagchi, D., Bagchi, M., Stohs, S. J., Das, D. K. et al. 2000. Free radicals and grape seed proanthocyanidin extract: Importance in human health and disease prevention. *Toxicology*, 148(2–3), pp. 187–197. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0300-483x\(00\)00210-9](https://doi.org/10.1016/s0300-483x(00)00210-9).
- Devi, P. U., Ganasoundari, A., Vrinda, B., Srinivasan, K. K. et al. 2000. Radiation protection by the ocimum flavonoids orientin and vicenin: Mechanisms of action. *Radiation Research*, 154(4), pp. 455–460. DOI: [https://doi.org/10.1667/0033-7587\(2000\)154\[0455:rpbtot\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1667/0033-7587(2000)154[0455:rpbtot]2.0.co;2).

- Galstyan, A. G., Turovskaya, S. N., Ryabova, A. E., Illarionova, E. E. et al. 2019. Technological additives as an element of dry milk properties directed formation. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences*, 4(436), pp. 95–102. DOI: <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170x.102>. EDN: VHKHNW.
- Hussain, S. M., Adnan, M., Rasul, A., Shah, M. A. et al. 2022. Radioprotective role of natural polyphenols: From sources to mechanisms. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*, 22(1), pp. 30–39. DOI: <https://doi.org/10.2174/1871520621666210419095829>.
- Jagetia, G. C., Reddy, T. K. 2005. Modulation of radiation-induced alteration in the antioxidant status of mice by naringin. *Life Sciences*, 77(7), pp. 780–794. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.01.015>.
- Shivappa, P., Bernhardt, G. V. 2022. Natural radioprotectors on current and future perspectives: A mini-review. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 14(2), pp. 57–71. DOI: https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_502_21.

Сведения об авторах

Донская Галина Андреевна – ул. Люсиновская, 35/7, г. Москва, Россия, 115093;
Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, д-р биол. наук,
научный консультант;
e-mail: g_donskaya@vnimi.org, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6270-7579>

Galina A. Donskaja – 35/7 Lyusinovskaya Str., Moscow, Russia, 115093;
All-Russian Dairy Research Institute, Dr Sci. (Biology), Scientific Consultant;
e-mail: nitkina@rambler.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6270-7579>

Креккер Людмила Геннадьевна – канд. техн. наук, научный руководитель аспиранта;
e-mail: krekker@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6905-6625>

Lyudmila G. Krekker – Cand. Sci. (Engineering); Scientific Supervisor of Ph.D. Student;
e-mail: krekker@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6905-6625>

Колосова Елена Вячеславовна – ул. Люсиновская, 35/7, г. Москва, Россия, 115093;
Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности,
канд. техн. наук, мл. науч. сотрудник;
e-mail: e_kolosova@vnimi.org, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0944-6346>

Elena V. Kolosova – 35/7 Lyusinovskaya Str., Moscow, Russia, 115093;
All-Russian Dairy Research Institute, Cand. Sci. (Engineering), Junior Researcher;
e-mail: e_kolosova@vnimi.org, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0944-6346>

Бычкова Татьяна Сергеевна – ул. Люсиновская 35/7, г. Москва, Россия, 115093;
Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, канд. техн. наук;
e-mail: t_bychkova@vnimi.org, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9539-1600>

Tatyana S. Bychkova – 35/7 Lyusinovskaya Str., Moscow, Russia, 115093;
All-Russian Dairy Research Institute, Cand. Sci. (Engineering);
e-mail: t_bychkova@vnimi.org, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9539-1600>

Карапетян Варздат Карленович – ул. Люсиновская 35/7, г. Москва, Россия, 115093;
Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, аспирант;
e-mail: varo@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8951-0140>,

Varasdat K. Karapetian – 35/7 Lyusinovskaya Str., Moscow, Russia, 115093;
All-Russian Dairy Research Institute, Ph.D. Student;
e-mail: varo@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8951-0140>

Нормативные документы, использованные в статье

ГОСТ Р ИСО 27085-2012	Корма для животных. Определение содержания кальция, натрия, фосфора, магния, калия, железа, цинка, меди, марганца, кобальта, молибдена, мышьяка, свинца и кадмия методом ИСП-АЭС. М., 2014.
ГОСТ Р 52349-2005	Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. М., 2006.
Методические рекомендации 2.3.1.0253-21	Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации – утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г. URL : https://upp.alregn.ru/pharmaceutical-industry/docs/inaya-poleznaya-informatsiya/MP%202.3.1.0253-21.pdf .
Методические рекомендации 2.3.1.1915-04	Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200037560?ysclid=1w5zw0dg6r790960693 .
Методические рекомендации 2.3.7.1916-04	Состояние здоровья населения в связи с состоянием питания. Применение йодоказеина для предупреждения йоддефицитных заболеваний в качестве средства популяционной, групповой и индивидуальной профилактики йодной недостаточности. М., 2004.
СТО 33974444-011-2019	Мука из семян рапсостебли.
ТУ 10.41.41-229-37676459-2018	Мука из шрота подсолнечника. URL: https://haccpexpert.ru/uslugi/gotovyie-texnicheskie-usloviya-(tu)/tu,ti-na-korma-dlya-neproduktivnyix-zhivotnyix/1023.html .