

СРЕДСТВА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ, ПОВЫШАЮЩИЕ РЕЗИСТЕНТНОСТЬ К РАДИАЦИИ

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Галина Андреевна Донская, д-р биол. наук, старший научный сотрудник
E-mail: g_donskaya@vniimi.org
Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, г. Москва

Представлена характеристика средств биологической защиты от радиационного воздействия – фармакологических веществ и пищевых добавок, повышающих общую резистентность организма к неблагоприятным факторам окружающей среды. Особенности биологических средств защиты являются безвредность, хорошая переносимость, многократность применения. Показана возможность использования природного источника кальция в виде скорлупы куриных яиц в качестве биологической защиты от стронция-90. Изучен состав экстракта зеленого чая в молоке при гидромодуле 1:100. Определена возможность использования экстракта для снижения усвояемости радионуклидов стронция и цезия в организме.

Ключевые слова: радиация, биологические средства защиты, стронций-90, цезий-137, кальций, калий, антиоксиданты

Радиационный фон Земли складывается из трех компонентов: космическое излучение; излучение от рассеянных в земной коре, воздухе и других объектах внешней среды природных радионуклидов; и излучение от искусственных (техногенных) радионуклидов. К основным техногенным радиоактивным источникам относят ядерное оружие, промышленные отходы, АЭС, медицинское оборудование. Проживая вблизи атомных электростанций и промышленных зон, люди могут подвергаться воздействию радионуклидов. Радиоактивные вещества могут попадать в организм с водой, воздухом, пищей.

В текущем году исполняется 37 лет с момента аварии на Чернобыльской АЭС. За это время распалась половина долгоживущих радионуклидов стронция-90 и цезия-137, попавших в атмосферу в результате аварии. Наибольший вклад в радиоактивность молочного сырья после выброса в окружающую среду радиоактивных веществ (РВ) вносил цезий-137. Доля радиостронция была сравнительно низкой. В настоящее время молоко-сырье и молочные продукты, как правило, отвечают требованиям радиационной безопасности.

Однако исследования, проведенные спустя 22 года после аварии, показали наличие стронция-90, инкорпорированного в костной ткани студентов и школьников [1]. С помощью измерительного комплекса «Экспертный бета-гамма СИЧ» в 2008–2011 гг. обследовано 82 студента МГЭУ им. А. Д. Сахарова и 47 школьников из города Дзержинска Минской области. У четверти студентов, рожденных в 1986–1988 годах, обнаружены статистически значимые (в пределах 100 Бк) показатели содержания стронция-90. У 50 % обследованных этот нуклид не был обнаружен. У остальных выявлены

промежуточные значения. Трехкратные обследования студентов в 2010 г. повторили процентное отношение 2008 и 2009 гг. Результаты мониторинга школьников, проводившегося в 2011 г., показали у 21 % детей содержание стронция-90 в костной ткани в пределах 100–400 Бк [1]. Одной из причин могло быть потребление загрязненных продуктов, в том числе молока.

Период полураспада стронция-90 составляет 29 лет, период полувыведения из организма – 20 лет. При действии ионизирующих излучений на организм человека происходят изменения на всех уровнях: молекулярном (повреждение ДНК, РНК, ферментов); клеточном (повреждение мембран клеток, митохондрий, гибель клетки, перерождение ее в злокачественную); тканевом (повреждение кроветворной ткани). Являясь аналогом кальция, радиостронций способен прочно фиксироваться в костной ткани. Длительное воздействие стронция-90 и продуктов его распада приводит к поражению костного мозга, что способствует развитию лучевой болезни, онкологическим заболеваниям кроветворной системы, в том числе повышению риска возникновения лейкемии. Особенно опасен радиостронций для детского организма. Он может привести к деформации костей и суставов, хрупкости костной ткани, нарушению процесса роста.

При дефиците кальция, стронций-90 накапливается в костной ткани более интенсивно. В связи с этим требуется дополнительное введение кальция с рационом питания. В. Б. Спиричев [2] разработал перечень пищевых продуктов массового потребления, рекомендуемых к обогащению витаминами и микроэлементами, который включает молоко и продукты его переработки.



Источник изображения: iStockphoto.com

Согласно аналитическим данным [3], к средствам биологической защиты относятся фармакологические вещества и пищевые добавки, повышающие общую резистентность организма к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды, в том числе к ионизирующему излучению. Такие вещества отличаются хорошей переносимостью, безвредностью, возможностью многократного использования при благоприятном изменении в организме.

Средства биологической защиты особенно актуальны для условий длительного воздействия ионизирующих излучений низкой интенсивности, в том числе при проживании на территориях, загрязненных радиоактивными веществами. В основе патогенетического механизма их действия лежит стимуляция нейроиммунноэндокринной системы с активацией отдельных осей регуляции (гипофиз-адреналовой, гипоталамус-тимической, гипофиз-тиреоидной). Природные антиоксиданты, витамины, нуклеотиды, аминокислоты и другие соединения в виде пищевых добавок участвуют в непосредственном субстратном регулировании антиоксидантной системы и биосинтетических процессов, важных для пострадиационной репарации тканей организма [4].

К природным субстратным стимуляторам биосинтетических процессов относятся производные пиримидина, аденозина, гипоксантина, соли оротовой кислоты, метилурацил, рибоксин. Важным фармакологическим свойством таких соединений является способность повышать эффективность антиоксидантной системы клеток.

Антиоксиданты природного происхождения привлекают особое внимание. В радиобиологических исследованиях антиоксиданты, не влияя на первичные про-

цессы развития лучевых повреждений ДНК клеток, снижают лучевое повреждение мембран и обеспечивают более адекватные адаптивные и репаративные процессы после облучения. При этом установлено, что организм отвечает на лучевое поражение, как на любое стрессорное воздействие мобилизацией антиоксидантной системы. В условиях длительного низкоинтенсивного облучения при истощении антиоксидантной системы организма назначение природных антиоксидантов может играть роль субстратной терапии. Поэтому важно наряду с обогащением молочных продуктов радиопротекторными пищевыми добавками увеличивать в них содержание витаминов, биофлавоноидов, антиоксидантов [5, 6].

Для повышения усвояемости кальция важно присутствие сопутствующих элементов. Особую роль в обеспечении организма кальцием играет витамин D, для нормального всасывания которого в кишечнике требуется наличие в пище достаточного количества жира. Оптимизации кальциевого обмена способствуют витамины С, К, микроэлементы магния, цинка, меди.

К средствам биологической защиты с полным правом можно отнести природный источник кальция в виде скорлупы куриных яиц. По данным исследований, проведенных во ВНИМИ, в 100 г скорлупы содержится 40,5 г кальция; 350,4 мг магния; 62,3 мг калия; 0,045 мг меди; 0,3 мг цинка. Согласно аналитическим данным скорлупа куриных яиц содержит около 30 микроэлементов. Значительное количество таких микроэлементов, как кремний и молибден, обеспечивает протекание биохимических реакций в организме. Введение небольшого количества порошкообразной скорлупы в любой продукт значительно повысит содержание кальция, а следовательно, и степень биологической защиты от радиостронция. Яичная скорлупа препят-



Источник изображения: shutter.com

ствует накоплению стронция-90 в костном мозге. При неблагоприятной радиационной обстановке рекомендуется ее прием в количестве 2–6 г в день.

Разработанная во ВНИМИ паста творожная «Витакальцин» [7], обогащенная природными источниками кальция (яичной скорлупой), витаминами, биофлавоноидами, является алиментарным и биологическим средством защиты от радиостронция. Медико-биологические исследования пасты, проведенные на пациентах, больных остеопорозом, наряду с увеличением кальция в крови показали повышение общей резистентности организма.

К средствам биологической защиты от воздействия радиации относятся экстракты многих растений. Ценность зеленого чая обусловлена высоким содержанием полифенолов, являющихся мощными природными антиоксидантами [7]. Катехины зеленого чая связывают свободные радикалы, образующиеся при радиационном воздействии, препятствуют возникновению воспалительных процессов. Также в состав зеленого чая входят витамины А, С, К, группы В, Р, F; микроэлементы – фтор, каль-

ций, калий, цинк, медь, железо, йод, селен, магний; 20 видов аминокислот, в том числе гамма-аминомасляная кислота, стимулирующая работу мозга; алкалоиды кофеин и L-тианин. Содержание витамина В₂ составляет 55,6 % от нормы физиологического потребления в сутки, РР – 56,6, калия – 99,2, кальция – 49,5, магния – 110, фосфора – 10,3, железа – 455,6, фтора – 103, белка – 26,3, жира – 9,3 %.

Для получения экстракта использовали классический китайский зеленый байховый чай «Принцесса ЯВА традиционный». Чай в молоко экстрагировали при гидромодуле 1:100 с экспозицией 30 мин при 65–70 °С. Активную кислотность и окислительно-восстановительный потенциал определяли на рН-метре-иономере «Эксперт-001»; титруемую кислотность – по ГОСТ Р 54669–2011; массовую долю жира, белка, углеводов, сухого обезжиренного молочного остатка – с использованием прибора «Эксперт Профи»; концентрацию микроэлементов – спектрофотометрическим методом; антиоксидантную активность – амперометрическим методом с использованием прибора «Цвет Яуза-01-АА».

В экстракте по сравнению с молоком незначительно снизилась активная кислотность (см. таблицу). Увеличились окислительно-восстановительный потенциал – на 12,1 %; содержание кальция, калия и магния – на 14,1, 21,5 и 23,0 % соответственно; белка – на 16,9 %; жира – на 10,0 %; углеводов – на 17,4 %. Многократно возросла антиоксидантная активность, что указывает на интенсивный переход водорастворимых антиоксидантов в молоко. Несмотря на

Таблица
Физико-химические показатели молока и экстракта зеленого чая в молоке

Показатель	Молоко	Экстракт 1 % зеленого чая в молоке
Титруемая кислотность, °Т	24,0	36,0
Активная кислотность, ед. рН	6,52	6,35
Окислительно-восстановительный потенциал, mv	102,0	115,0
Антиоксидантная активность, мг/100 г	1,9 ± 0,5	17 ± 5,0
Содержание, мг%:		
калия	160,53	211,89
кальция	117,97	132,48
магния	9,09	12,01
Массовая доля, %:		
жира	2,5	2,75
белка	3,2	3,74
углеводов	4,7	5,45
СОМО	8,56	10,04

увеличение титруемой кислотности, экстракт выдерживает температуру пастеризации 87 ± 2 °C с экспозицией 5–7 мин. Очевидно, за счет перешедших в молоко антиоксидантов поддерживается высокая буферная емкость. Увеличение в экстракте содержания солей кальция и калия – аналогов радионуклидов стронция и цезия будет способствовать снижению усвояемости этих нуклидов в организме.

Экстракт чая в молоке обладал приятным вкусом со слабо выраженной сладостью (за счет присутствия пектиновых веществ), едва уловимой горечью, обусловленной катехиновой фракцией дубильных веществ. Экстракт можно позиционировать как биологическое защитное средство от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды.

При обогащении природным источником кальция напитков можно рассматривать как алиментарное биологическое средство защиты от радиоактивного стронция. Введение в экстракт зеленого чая в молоке 1 % порошка яичной скорлупы значительно повысит содержание кальция. При потреблении одного стакана (200 мл) такого напитка количество поступившего в организм кальция будет практически на уровне суточной физиологической потребности (1000 мг). Добавление в напиток вита-

мина D_3 повысит биодоступность кальция. Имеющиеся в экстракте в большом количестве антиоксиданты будут способствовать сдерживанию процессов свободно-радикального окисления липидов, возникающих под действием радиации, и препятствовать накоплению радиостронция в костной ткани.

ВЫВОДЫ

Аналитические и экспериментальные исследования показали, что биологической защитой от радиационного воздействия, в том числе от долгоживущих радионуклидов стронция и цезия с периодом полураспада 29–30 лет, могут служить молочные продукты, обогащенные природными источниками кальция (порошок скорлупы куриных яиц) и ингредиентами, повышающими его биодоступность или кальцием и калием в совокупности с витаминами и природными антиоксидантами (экстракт зеленого чая в молоке). Обогащение молочных продуктов натуральными пищевыми добавками, содержащими органические витамины, микроэлементы, ферменты и другие биологически активные вещества, является наиболее физиологичным, безвредным биологическим средством, повышающим резистентность организма для защиты от воздействия радиации. ■

Bioprotective Agents of Radioresistance

Galina A. Donskaya

All-Russian Dairy Research Institute, Moscow

ORIGINAL ARTICLE

The article describes various means of biological protection against radiation exposure, i.e., pharmacological substances and food additives that increase the overall resistance to adverse environmental factors. Effective radioresistance agents are safe and multiplex. They cause no side effects and possess favorable tolerability. For instance, chicken egg shells are a natural source of calcium that can serve as a biological agent against strontium-90. Green tea extract with milk can reduce the availability of strontium and cesium radionuclides.

Keywords: radiation, biological means of protection, strontium-90, cesium-137, calcium, potassium, antioxidants

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чешко, Н. Н. Измерение содержания радионуклида стронция в костной ткани человека *in vivo* / Н. Н. Чешко, Е. С. Богачёва, В. А. Чудаков // *Стоматолог.* 2012. № 4. С. 85–86.
2. Спиричев, В. Б. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами: научные принципы и практические решения / В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк // *Пищевая промышленность.* 2010. № 4. С. 20–23.
3. Васин, М. В. Противолучевые лекарственные средства / М. В. Васин. – М.: Российская медицинская академия постдипломного образования Минздрава России, 2010. – С. 8.
4. Федотова, О. Б. О перспективных разработках ВНИМИ / О. Б. Федотова [и др.] // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Научно-практические решения и вопросы технического регулирования производства молочной продукции». – Углич, 2017. С. 7–12.
5. Агаркова, Е. Ю. Белки молочной сыворотки как источники антиоксидантной активности пептидов / Е. Ю. Агаркова // *Сыроделие и маслоделие.* 2021. № 2. С. 38–40.
6. Донская, Г. А. Паста творожная для коррекции метаболизма кальция / Г. А. Донская // *Вестник МГТУ.* 2020. № 3. С. 250–259. <https://www.doi.org/10.21443/1560-9278-2020-23-3-250-259>
7. Донская, Г. А. Продукты долголетия / Г. А. Донская, А. С. Щекочихина, В. М. Дрожжин // *Молочная промышленность.* 2019. № 11. С. 43–44.