

МИКРОНУТРИЕНТЫ-АНТИОКСИДАНТЫ В СОСТАВЕ ОБОГАЩЕННЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

УДК 577.17.049+577.16

Мазо В.К.: заведующий лабораторией физиологии и биохимии пищеварения, д.б.н., профессор;

Коденцова В.М.: заведующий лабораторией витаминов и минеральных веществ, д.б.н., профессор;

Вржесинская О.А.: старший научный сотрудник, к.б.н.;

Пенева В.В.: аспирант

ФГБУ «НИИ питания» РАМН, г. Москва, Россия

ANTIOXIDANT MICRONUTRIENTS IN THE FORTIFIED AND FUNCTIONAL FOODS

Mazo VK; Kodencova VM; Vrzhesinskaja OA; Peneva VV

Введение

Концепция оптимального питания, основанная на последних достижениях фундаментальных физиолого-биохимических и эпидемиологических исследований, как система современных представлений науки о питании сфокусирована на проблеме оздоровительного действия пищи и предполагает необходимость адекватного обеспечения организма человека макро- и микронутриентами. Многочисленными исследованиями показано, что при дефиците или недостаточности микронутриентов в рационе человека имеют место снижение резистентности организма к неблагоприятным факторам окружающей среды (феномен мальадаптации), формирование иммунодефицитных состояний, нарушение эффективного функционирования систем антиоксидантной защиты, повышение риска развития заболеваний, что приводит к снижению качества жизни и эффективности лечебных мероприятий [1–4]. Соблюдение принципа здорового питания, характеризующегося достаточным поступлением в организм как собственно нутриентов, так и минорных компонентов пищи, является важным фактором, во многом определяющим здоровье населения.

Значение антиоксидантов пищи для нормальной жизнедеятельности трудно переоценить, поскольку неконтролируемое перекисное окисление является типовым патогенетическим механизмом развития таких «болезней цивилизации» как сердечно-сосудистые, онкологические, метаболический синдром. Эссенциальность этих микронутриентов разумеется не может быть сведена только к их антиоксидантным функциям, в действительности они существенно шире.

Требованиям эссенциальности в числе других микронутриентов отвечают витамины С, А, Е, В₂, ниацин, бета-каротин и группа микроэлементов, включающая цинк, медь, марганец и селен, которые относят к так называемым облигатным антиоксидантным факторам питания (эндогенным природным неэнзиматическим антиоксидантам) [5, 6].

Витамин Е (α-токоферол) и каротиноиды являются липофильными, витамин С (аскорбиновая кислота) – гидрофильным низкомолекулярными компонентами защитной антиоксидантной системы организма. В последнее время в перечень витаминов-антиок-

сидантов все чаще включают витамин В₂ и ниацин (никотинамидные коферменты).

Витамин Е входит в состав клеточных мембран и плазматических липопротеидов и выступает антиоксидантом по отношению к полиненасыщенным жирным кислотам в липидах, защищая мембраны от действия свободных радикалов. При этом прерывая цепную реакцию свободно-радикального окисления, он сам восстанавливается за счет аскорбиновой кислоты или глутатиона. Тем самым происходит перенос свободно-радикальной реакции из липидного слоя в водную фазу.

Аскорбиновая кислота (витамин С) действует в водной фазе внутри- и внеклеточных жидкостей и способен являться ловушкой для большого количества оксидантов, включая синглетный кислород. В свою очередь аскорбил дезактивируется с помощью НАД-зависимых ферментов. Первичной биологической функцией аскорбиновой кислоты является защита от гипохлорной кислоты, образующейся гранулоцитами, и от ее радикалов, что способствует поддержанию функции фагоцитов и лимфоцитов. Витамин С предупреждает окисление холестерина, липопротеидов и способствует поддержанию уровня витамина Е и бета-каротина.

Витамин В₂ является коферментом глутатионредуктазы, поддерживающей в восстановленном состоянии глутатион, который выступает ловушкой по отношению к супероксид- и гидроксиланионам. Недостаточность витамина В₂ может приводить к нарушению глутатионового цикла, изменяя соотношение восстановленного и окисленного глутатиона.

Антиоксидантные функции цинка, меди, марганца и селена в основном связаны с их нахождением в составе ферментов антиоксидантной защиты системы организма [4, 7, 8].

В настоящее время негативное влияние на неадекватную обеспеченность населения микронутриентами [9] оказывают новые интенсивные технологии, используемые в пищевой промышленности, а также в сельском хозяйстве (как в земледелии, так и животноводстве). Поэтому обогащение пищевых продуктов микронутриентами (витаминами и минеральными веществами) является одним из факторов оптимизации питания и успешно используется при производстве широкого спектра обогащенных пищевых про-

дуктов массового потребления, специализированных пищевых продуктов, функциональных пищевых продуктов, диетических пищевых продуктов (профилактического и лечебного назначения) и биологически активных добавок к пище (БАД). Следует подчеркнуть как определенное сходство, так и наличие существенных отличий для понятий «обогащенный пищевой продукт» и «функциональный пищевой продукт» [10].

Обогащенные пищевые продукты предназначены для улучшения обеспеченности организма витаминами и/или минеральными веществами, ликвидации существующего дефицита микронутриентов, функциональные пищевые продукты помимо этого должны проявлять доказанное благоприятное действие на физиологические функции организма.

Для обеих категорий продуктов допускается использование не только тех микронутриентов, недостаточное потребление и/или признаки дефицита которых реально обнаруживаются у населения, но и более полного набора витаминов, макро- и микроэлементов вне зависимости от того, содержатся ли эти микронутриенты в исходном продукте. В обоих случаях предполагается систематическое потребление пищевого продукта.

Принципиальным отличием обогащенных пищевых продуктов является то, что усредненная суточная порция (100 г (мл) пищевого продукта или 100 ккал высококалорийных пищевых продуктов) содержит 15–50% от нормы физиологической потребности человека в витаминах и минеральных веществах [11], тогда как функциональные пищевые продукты могут содержать от 15 до 100% от рекомендуемого суточного потребления. Различен и спектр микроэлементов, разрешенных для введения в состав обогащенных и функциональных пищевых продуктов [10]. Так, в состав функциональных пищевых продуктов массового потребления не допускается включать микроэлементы медь и селен.

В отличие от обогащенного пищевого продукта на этикетке функционального пищевого продукта указывается не только гарантированное содержание нутриентов (пищевая ценность – nutrition claims), но и заявление о его пользе для здоровья (health claims). Наличие научно обоснованного заявления о пользе

для здоровья (благоприятном влиянии на физиологические функции/функцию организма человека) является главной чертой, отличающей функциональные пищевые продукты от обогащенных пищевых продуктов. При этом следует иметь в виду, что благоприятный эффект при потреблении функциональных ингредиентов в составе обогащенных и функциональных пищевых продуктах достигается только при длительном систематическом их потреблении [12, 13].

В настоящее время в странах Европейского Союза имеется список доказанных заявлений (табл. 1 и 2) об оздоровительных свойствах ряда пищевых веществ [14]. Обращает на себя внимание, что включены в этот список не все витамины и микроэлементы, обладающие антиокислительной способностью. Так, в перечне отсутствуют общепризнанный в качестве витамина-антиоксиданта витамин Е и витамин В₂. Установленное с позиций доказательной медицины заявление о том, что микронутриент «способствует защите клеток организма от окислительного повреждения» разрешено только для витамина С, а также марганца, меди, селена и цинка. Защитное действие витамина А от окислительного повреждения ДНК, белков и липидов не установлено [14]. В отношении других витаминов-антиоксидантов (табл. 1) доказано другое положительное действие.

Есть все основания использовать этот опыт для разработки и утверждения в нашей стране аналогичного документа, определяющего перечень пищевых веществ и соответствующих научно обоснованных заявлений об их оздоровительном действии, которые могут быть использованы для функциональных пищевых продуктов. Не вызывает сомнения, что с ростом наших знаний и на основе доказательной медицины этот список может дополняться. С принятием этого документа обогащенный пищевой продукт может быть позиционирован как функциональный (с соответствующим заявлением о пользе для здоровья) в том случае, если в его составе будут микронутриенты, пищевые волокна или пробиотические микроорганизмы, вошедшие в список для функциональных пищевых продуктов. В свою очередь функциональный пищевой продукт, систематическое потребление которого с позиций доказательной медицины может вести к сни-

Таблица 1. Перечень доказанных заявлений о пользе для здоровья в отношении содержащихся в функциональных пищевых продуктах витаминов-антиоксидантов [14].

Витамин	Ожидаемый благоприятный эффект при систематическом потреблении
А (ретинол)	Способствует поддержанию нормального состояния кожных покровов и слизистых оболочек. Способствует нормализации метаболизма железа. Способствует поддержанию зрения. Способствует нормальному функционированию иммунной системы.
В3 (ниацин)	Способствует нормализации энергетического обмена. Способствует нормальному функционированию нервной системы. Способствует поддержанию нормального состояния кожных покровов и слизистых оболочек.
С	Способствует защите клеток организма от окислительного повреждения. Способствует нормализации образования коллагена и функционирования костей, зубов, хрящей, десен, кожи и кровеносных сосудов. Способствует нормальному функционированию нервной системы. Способствует нормализации энергетического обмена. Способствует нормальному функционированию иммунной системы. Способствует поддержанию нормального функционирования иммунной системы во время и после экстремальных нагрузок.

Таблица 2. Перечень доказанных заявлений о пользе для здоровья в отношении содержащихся в функциональных пищевых продуктах микроэлементов-антиоксидантов [14].

Микроэлемент	Ожидаемый благоприятный эффект при систематическом потреблении
Марганец	Способствует нормализации энергетического обмена. Способствует защите клеток организма от окислительного повреждения. Способствует поддержанию нормального состояния костей.
Медь	Способствует защите клеток организма от окислительного повреждения. Поддерживает нормальное состояние соединительной ткани. Способствует нормальной пигментации кожи и волос.
Селен	Способствует защите клеток организма от окислительного повреждения. Способствует нормальному функционированию иммунной системы.
Цинк	Способствует защите клеток организма от окислительных повреждений. Способствует познавательной деятельности. Способствует поддержанию нормального обмена жирных кислот. Способствует поддержанию нормального зрения. Способствует поддержанию нормального состояния костей. Способствует нормальному функционированию иммунной системы.

жению риска алиментарно-зависимого заболевания, может получить статус профилактического пищевого продукта.

Недостаточная обеспеченность витаминами и эссенциальными микроэлементами, имеющая место в различных регионах нашей страны [9], представляет проблему, решение которой требует комплексного научно обоснованного подхода, включающего, в том числе, и необходимость получения новых пищевых источников эссенциальных микроэлементов, легко усвояемых организмом, эффективных и безопасных. При этом должны предъявляться жесткие требования к форме, в которой микроэлементы могут находиться в составе пищевых продуктов [15]. Очевидно, что в питании человека целесообразно использовать органические формы эссенциальных микроэлементов, так как на протяжении эволюции человека как вида и в его современной жизни именно органические соединения этих микронутриентов употреблялись им в составе растительной и животной пищи, поскольку они входят в состав традиционных продуктов питания растительного и животного происхождения.

В связи с вышеизложенным на протяжении ряда лет сотрудниками ФГБУ «НИИ питания» РАМН совместно со специалистами ряда научно-исследовательских и клинических учреждений проведена серия исследований и опубликованы данные о получении, экспериментальной и клинической оценке новых получаемых биотехнологическим путем пищевых источников органических форм эссенциальных микроэлементов. В их числе автолизаты и ферментативные гидролизаты селенсодержащих пищевых дрожжей, микроводоросли спирулины, обогащенной микроэлементами-антиоксидантами (селеном, цинком, медью, марганцем), комплексов ферментативных гидролизатов пищевых белков с микроэлементами – переходными металлами (цинк, медь, марганец). Подробное обсуждение результатов этих комплексных исследований изложено в монографии [15]. В последнее время определенный интерес в плане возможного использования в качестве функционального пищевого ингредиента вызывает комплекс

цинка с пептидами, полученными ферментативным гидролизом мяса мидий [16]. Было проведено исследование эффективности включения этого нового пищевого источника цинка в органической форме в рацион растущих лабораторных животных (крыс Вистар). На протяжении всего эксперимента животные первой группы получали цинкдефицитный корм (MP Biomedicals, LLC, Франция), а животные второй группы – цинкдефицитный корм с добавлением цинка в составе ферментативного гидролизата мяса мидий. По окончании эксперимента на 21 сутки у животных тестировали проницаемость кишечного барьера к белковому антигену – белку куриного яйца. Содержание всосавшегося модельного белкового антигена в сыворотке крови характеризует состояние защитного барьера желудочно-кишечного тракта и, в первую очередь, целостность эпителиального слоя тонкой и толстой кишки. Несмотря на сравнительно небольшую численность животных в каждой группе (по 8 крыс), согласно критерию Манна-Уитни выявлено статистически достоверное ($p=0,024$) повышение всасывания куриного овальбумина у крыс, получавших цинкдефицитный корм, по сравнению с соответствующим показателем для животных, обеспеченных цинком в органической форме.

При оценке эффективности использования органической формы селена в составе нового лечебного продукта для диетической коррекции пониженной селеновой обеспеченности больных хронической сердечной недостаточностью отмечено статистически достоверное повышение у этих больных селенового статуса [17]. Полученные данные согласуются с результатами оценки эффективности этого же продукта (джем из ламинарии, обогащенный органической формой селена) у больных с ишемической болезнью сердца, гипертонической болезнью I–II стадии и ожирением I–IV степени [18].

Приведенные примеры свидетельствуют о перспективности использования новых органических форм эссенциальных микроэлементов в составе продуктов оздоровительного действия для профилактики и коррекции микроэлементной недостаточности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н., Позняковский В.М. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология. Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. 548 с.
2. Обогащение пищевых продуктов и биологически активные добавки. Технология, безопасность и нормативная база. / П.Б. Оттавей. С.Пб.: Профессия, 2010. 312 с.
3. Вильмс Е.А., Турчанинов Д.В., Турчанинова М.С. Микроэлементозы у детского населения мегаполиса: эпидемиологическая характеристика и возможности профилактики. // Педиатрия. 2011. Т.90, № 1. С. 96–101.
4. Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб.: Наука, 2008. 544 с.
5. Воскресенский О.Н., Бобырев В.Н. Биоантиоксиданты – облигатные факторы питания. // Вопросы медицинской химии. 1992. Т. 38, №4. С. 21–26.
6. Зенков Н.К., Ланкин В.З., Меньшикова Е.Б. Окислительный стресс. Биохимический и патофизиологический аспекты. М.: МАИК «Наука/Периодика», 2001. 343 с.
7. Тутельян В.А., Княжев В.А., Хотимченко С.А., Голубкина Н.А. и др. Селен в организме человека: метаболизм, антиоксидантные свойства, роль в канцерогенезе. М.: Издательство РАМН, 2002. 224 с.
8. Черникова А.А., Цоглин Л.Н., Маркелова А.Г., Зорин С.Н., Мазо В.К., Пронина Н.А. Способность *Spirulina platensis* к накоплению марганца и его распределение в клетке. // Физиология растений. 2006. Т.53, № 6. С. 903–909.
9. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Спиричев В.Б. Изменение обеспеченности витаминами взрослого населения Российской Федерации за период 1987–2009 гг. (к 40-летию лаборатории витаминов и минеральных веществ НИИ питания РАМН). // Вопросы питания. 2010. Т.79, № 3. С. 68–72.
10. Мазо В.К., Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Зилова И.С. Обогащенные и функциональные пищевые продукты: сходство и различия. // Вопросы питания. 2012. Т. 81, № 1. С. 63–68.
11. СанПиН 2.3.2.2804–10 «Дополнения и изменения № 22 к СанПиН 2.3.2.1078–01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов, обогащенных витаминами и минеральными веществами»
12. Коденцова В.М., Вржесинская О.А. Витаминно-минеральные комплексы: соотношение доза – эффект. // Вопросы питания. 2006. № 1. С. 30–39.
13. REGULATION (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers, amending Regulations (EC) No 1924/2006 and (EC) No 1925/2006 of the European Parliament and of the Council, and repealing Commission Directive 87/250/EEC, Council Directive 90/496/EEC, Commission Directive 1999/10/EC, Directive 2000/13/EC of the European Parliament and of the Council, Commission Directives 2002/67/EC and 2008/5/EC and Commission Regulation (EC) No 608/2004 // Official Journal of the European Union. 2011. L 304. V. 54. P. 18–63
14. Apply the Nutrition and Health Claims Regulation. An introduction to the European Nutrition and Health Claims Regulation. EAS. 2010. P. 107–121. (<http://www.eas.eu/Publications.aspx?download=51>)
15. Мазо В.К., Гмошинский И.В., Ширина Л.И. Новые пищевые источники эссенциальных микроэлементов-антиоксидантов. М.: Миклош, 2009. 208 с.
16. Зорин С.Н., Бучанова А.В., Матяш А.И., Пенева В.В., Гмошинский И.В., Мазо В.К. Влияние комплекса органического цинка с ферментативным гидролизатом мяса мидий на всасываемость в желудочно-кишечном тракте потенциально аллергенных пищевых белков. // Вопросы питания. 2010. Т.79, №2. С. 73–77.
17. Селезнев С.В., Якушин С.С., Петруханова А.В., Мазо В.К., Зорин С.Н., Абрамова Л.С., Петров В.С., Зотов Л.А. Обеспеченность селеном при хронической сердечной недостаточности различной этиологии. // Вопросы питания. 2011. Т.80, №6. С. 62–66.
18. Погожева А.В., Дербенева С.А., Зорин С.Н., Бучанова А.В., Абрамова Л.С., Василевская Л.С., Петруханова А.В., Гмошинский И.В., Мазо В.К. Клиническая эффективность использования джема из морской капусты, обогащенного селеном. Вопросы питания. 2009. Т.78, № 1. С. 79–83.

Резюме

При этикетировании функциональных пищевых продуктов, содержащих обладающие антиоксидантными свойствами витамины и микроэлементы, установленное с позиций доказательной медицины заявление о том, что микронутриент «способствует защите клеток организма от окислительного повреждения», разрешено для витаминов С, марганца, меди, селена и цинка.

Ключевые слова: микроэлементы, витамины, антиоксиданты, обогащенные пищевые продукты, функциональные пищевые продукты, заявление о пользе для здоровья.

Abstract

The health claim that the micronutrient “helps to protect cells from oxidative damage” (established in terms of evidence-based medicine) is permitted only for the added vitamin C, manganese, copper, selenium and zinc under labeling of functional foods containing vitamins and trace elements with antioxidant properties.

Key words: trace elements, vitamins, antioxidants, fortified foods, functional foods, health claims.

Контакты:

Мазо Владимир Кимович. E-mail: mazo@ion.ru

Коденцова Вера Митрофановна. E-mail: kodentsova@ion.ru

Вржесинская Оксана Александровна. E-mail: spirichev@ion.ru