

## ПРОБЛЕМНАЯ СТАТЬЯ

# МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА-МИКРОНУТРИЕНТЫ И ЗДОРОВЬЕ ДЕТЕЙ

## MINERAL MICRONUTRIENTS AND THE CHILDREN'S HEALTH

**Л.Н. Третьяк<sup>1</sup>, А.В. Скальный<sup>1,2</sup>, О.В. Богатова<sup>2</sup>**  
**L.N. Tretyak<sup>1</sup>, A.V. Skalny<sup>1,2</sup>, O.V. Bogatova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Оренбургский государственный университет

<sup>2</sup> Российское общество медицинской элементологии, Москва

<sup>1</sup> Orenburg State University, Orenburg, Russia

<sup>2</sup> Russian Society of Trace Elements in Medicine, Moscow, Russia

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** дети, смеси для искусственного вскармливания, витаминный состав, минеральный состав

**KEY WORDS:** infants, formulas for artificial feeding, vitamin content, mineral content

**РЕЗЮМЕ:** Рассмотрена современная ситуация на рынке смесей для детского питания с точки зрения их витаминно-минерального состава. Предложены принципы создания физиологически адаптированных смесей для искусственного вскармливания, оптимизированных по составу и химическим формам микронутриентов.

**ABSTRACT:** Current situation in the market of infant formulas is considered in terms of their vitamin and mineral composition. The principles of development of the physiologically adapted formulas for artificial feeding, optimized by composition and chemical forms of micronutrients, are suggested.

Для гармоничного развития детского организма необходимо постоянно удовлетворять ежесуточные биологические потребности в сбалансированном комплексе биологически незаменимых нутриентов (минералов, микроэлементов, витаминов, пребиотиков) и многочисленного числа веществ, способствующих их усвоению в процессе формирования новых клеток растущего организма.

Исторически сложилось представление, что природа не создала ничего более совершенного и сбалансированного, чем комплекс грудного молока любого млекопитающего или зернового хлеба.

Следуя этому принципу, во всем мире формируют многочисленные питательные смеси — заменители грудного молока, предназначенные для искусственного вскармливания.

К сожалению, создатели этих комплексов внешне добросовестно пытаются смоделировать ион-

ный состав грудного молока в виде солей минеральных кислот, забывая, что в натуральном грудном молоке все ионы, может быть кроме хлорида натрия, находятся в составе солей органических кислот. Замена незначимая по ионному составу, но принципиально ошибочная по биологическим последствиям. Следует ли удивляться большому числу аллергических проявлений у большинства детей-«искусственников»?

В качестве примера рассмотрим возможные последствия использования селенита натрия в составе детских молочных питательных смесей, запатентованных под различными торговыми марками, например, «Нэнни 2» (ООО «Бибиколь», Россия — Новая Зеландия), «Friso Фрисолак» (Friesland foods, Голландия), «Нутрилак Пептиди СЦТ» (ЗАО «Компания Нутритек», Россия) и многие другие.

Чем опасен селенит натрия? В больших концентрациях теми же последствиями, чем опасен яд бледной поганки или мухомора, накапливающих селенит натрия ( $\text{Se}^{+5}$ ) из почвы в концентрациях до 1000 LD<sub>50</sub>. Селен — единственный элемент, который при высоком содержании в растениях может вызвать внезапную смерть животных и человека. Однако организму остро необходим  $\text{Se}^{+2}$  для построения более чем 400 ферментных систем организма. Считается, что смерть человека при отравлении селеном наступает вследствие того, что селен в силу своей биологической близости к сере, но большей химической активности замещает серу в ферментных системах, приводя к необратимым

разрушениям в организме. Ввиду большого сходства физико-химических свойств метионина и селенометионина последний способен замещать первый в белках, включаясь по специфическому для метионина механизму: «соответствующая тРНК<sup>met</sup> «ошибается», принимая за метионин его селеновый аналог» (Sunde, 1990). Показано, что после введения животным внутривенно или перорально меченого селена (<sup>75</sup>Se-метионина) последний включается в большое число белков самой различной молекулярной массы как в плазме и в эритроцитах, так и в различных тканях. В числе этих белков и b-цепь глобина, для которого такое включение весьма характерно (Beilstein, Whanger, 1986). При неспецифическом включении селенометионина в белки не соблюдается строго определенная стехиометрия, что приводит к созданию неполноценных ферментных белков с последствиями еще более неопределенными, чем использование генно-модифицированных продуктов. При этом Se-Met является хорошим источником селена для синтеза специфических селенопротеинов только тогда, когда организм нормально обеспечен серой в форме метионина. Процесс включения Se-Met в тканевые белки и высвобождение из них при протеолизе протекают медленно. С этим обстоятельством связана, по всей видимости, гораздо меньшая токсичность Se-Met в сравнении с селенитом при пероральном поступлении (Bedwal et al., 1993). Часть высвобождаемого Se-Met трансминерируется с образованием аланина и метилгидроселенида, который далее либо метилируется и экскретируется, либо деметилируется до селеноводорода, включаемого в лабильный пул селена организма. Строго определенное количество селена, входящего в состав пула селеноводорода, через стадию селенофосфата включается в высокоспецифический процесс синтеза так называемых Se-специфических селенопротеинов, таких, как глутатионпероксидазы I, II, III, и IV, селенопротеин P, 5-йодотирониндейодиназа, селенопротеин W, тиоредоксинредуктаза и некоторых других (Amberg et al., 1996; Brigelius-Flohe et al., 1997). Перечисленные возможности утилизации селеноводорода в организме ограничены в количественном отношении и при поступлении в организм избыточных количеств неорганического селена он может накапливаться в тканях в форме свободного гидроселениданиона. Эта форма Se чрезвычайно токсична.

Доказано, что органический двухвалентный селен обладает высокой всасываемостью (усваивается 85—95% дозы) и не образует в организме токсичного селенистого водорода (Van der Torre et al., 1991). Органическая форма селена — селенометионин — позволяет микроэлементу в 35 раз активнее включаться в процессы обмена веществ в организме. Поэтому для профилактики селенодефицитных состояний стали использовать органические формы селена. «Нутрикон-Селен» (ООО «НИИ лечебно-оздоровительного питания и новых технологий», Новосибирск) явился первым отечественным специализированным продуктом,

содержащим биоорганическую форму селена. В состав «Нутрикон-Селена» входит обогащенная селеном пищевая микроводоросль спирулина и ряд других растительных антиоксидантов.

Другим источником биодоступного селена являются селеносодержащие пищевые дрожжи, крупномасштабное производство которых освоено в настоящее время отечественной промышленностью. Сравнительно низкая себестоимость делает дрожжи очень перспективным и привлекательным пищевым источником органического селена. Однако широкое использование дрожжей имеет определенные ограничения. Это связано с потенциальной сенсibiliзирующей активностью клеточных оболочек дрожжей. Этим недостатком лишен препарат «Витасилселен», являющийся источником органического селена. «Витасилселен» представляет собой автолизат селеносодержащих хлебопекарных дрожжей, который изготовлен по оригинальной технологии методом биологической трансформации. При этом неорганическая форма селена проходит биотрансформацию в ходе культивирования дрожжевой флоры. Автолизат дрожжей *Sacharomyces*, культивируемых в среде, содержащей селенит натрия, лишен клеточных оболочек и, соответственно, побочных эффектов, присущих цельным дрожжам. В то же время он обогащен органической формой селена (Голубкина и др., 1998).

Согласно мнению участников международного совещания «Проблема преодоления недостаточности селена в Российской Федерации» (Тюмень, 1998 г.), наиболее перспективны БАД, содержащие в своем составе такие «органические формы селена», как селеноцистеин или селенометионин. Под руководством академика РАМН А.Ф. Цыба разработана БАД «Селен-актив», содержащая органическое соединение селена, подобное содержащемуся в пище.

Таким образом, поставку на российский рынок западными фирмами молочных смесей, содержащих селенит натрия, следует рассматривать как посягательство на здоровье нашего подрастающего поколения, а органам Роспотребнадзора следует предъявить соответствующие рекламации поставщикам пищевой продукции, содержащих в своем составе селениты и селенаты.

На страже здоровья детей российские медики стали широко применять молоко, обогащенное витаминами и микроэлементами. Например, ООО «Оренбургский молокозавод» поставляет для школьников молоко жирностью 3,2%, обогащенное витаминами D<sub>3</sub> и С. Разработана технология изготовления молока, обогащенного соединением фтора («Молоко пастеризованное фторированное для детского питания») согласно ТУ 9222-070-00419006-07), для использования в регионах с геохимическими аномалиями и соответственно с геохимически обусловленной нозологией, в виде раннего массового (эндемического) кариеса зубов, вместо или вместе с широким использованием фторосодержащих зубных паст.

В промышленности нарастает направление с попытками введения в состав пищевых продуктов остро необходимых организму минералов-нутриентов, особенно в регионах с доказанными проявлениями геохимических нозологий. Исследователи стремятся придать дефицитным ионам, предлагаемым в виде пищевых добавок, свойства органических соединений, т.е. уже биологически адаптированных животными или растениями для включения в биологический обмен организма человека.

Известен способ получения экстракта ламинарии с повышенным содержанием йода (патент РФ № 2 311 043), предусматривающий проведение экстракции измельченного сырья — ламинарии, отделение экстракта фильтрованием и получение из него йодсодержащего биологически активного комплекса.

Оригинальна разработка селенсодержащей биологически активной кормовой добавки для крупного рогатого скота с целью получения продуктов питания, обогащения органическим селеном (Нимацыренова и др., 2007), а также производство хлеба, обогащенного органическим селеном за счет использования дрожжей, культивированных на средах с минеральным селеном (ТУ 9114-003-3802918-970). Важно отметить, что организм коров, как и аналогичные биопроцессы в клетках дрожжей, переводит токсичные селениты в биобезвредные органические соединения селена, которые можно использовать как биодобавки в пищу детей. Аналогичным образом водоросли типа спирулины, а также часть морепродуктов накапливают многие минеральные вещества в виде безвредных для человека солей органических кислот. К сожалению, в данном направлении отмечены попытки фальсификации с представлением химических композиций микроэлемента и органического соединения как биообработанного, т.е. безвредного органического компонента. Кроме нашедшего «йодказеина» как спасителя от йоддефицитных состояний, можно отметить попытки «обогащения селеном» мелкопорубленной сухой травы донника минеральным селеном с последующей экстракцией уже «органических соединений селена» (Мажурникова и др., 2010).

Со своей стороны мы предприняли попытку смоделировать «идеальную» молочную смесь для детского питания, имитирующую состав грудного (женского) молока. За основу принята естественная композиция 3,2% коровьего молока, обогащенная жизненно незаменимыми минералами и микроэлементами в виде солей органических кислот. Сопоставив композиционный состав грудного и коровьего молока по 24 основным показателям (табл. 1), мы убедились в отсутствии практических совпадений по основным показателям. По существу, состав грудного молока — это состав крови, отфильтрованный от форменных элементов и крупнодисперстных белков.

Бесспорным преимуществом женского молока является близость его белков по качественному составу к белкам сыворотки крови. В грудном

молоке содержатся в основном мелкодисперсные белки-альбумины, которые легко усваиваются в пищеварительном тракте ребенка. Перевариваемость и полнота всасывания белков женского молока достигает 98—99%, для коровьего же молока эта цифра значительно ниже. Но даже эти свойства «коровьего» молочного белка по составу близки к «идеальному белку», удовлетворяющему требованиям ФАО/ВОЗ по соотношению заменимых и незаменимых аминокислот: скорректированный аминокислотный коэффициент усвояемости молочного белка равен 1,0, т.е. максимально возможному значению (Михайлов, Умнищын, 2007).

Существенно различаются по качественному составу также жиры женского и коровьего молока. В женском молоке содержится значительно больше, чем в коровьем, жизненно необходимых полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) — линолевой, линоленовой, арахидоновой. Основная потребность в ПНЖК удовлетворяется за счет линолевой кислоты, которой в женском молоке в 7—8 раз больше, чем в коровьем. Ценность жиров женского молока определяется также содержанием в них большого количества фосфолипидов, имеющих важное физиологическое значение. В женском молоке присутствует значительно меньше (1%), чем в коровьем (до 12%), летучих жирных кислот (капроновой, каприловой, масляной и др.), способных оказывать раздражающее действие на воспаленную слизистую стенку желудка. Кроме того, жир женского молока лучше расщепляется, всасывается и усваивается за счет присутствия фермента липазы, содержащегося в женском молоке. В коровьем молоке активность липазы значительно ниже, а при пастеризации или кипячении она полностью разрушается. В отношении углеводного состава женское молоко превосходит любое другое. Содержащаяся в нем бета-лактоза всасывается медленнее, чем глюкоза, не вызывая опасной гипергликемии. Витамины и витаминоподобные вещества (пребиотики) представляют собой группу разнородных органических веществ, которые не синтезируются в организме или синтезируются в незначительных количествах. В женском молоке содержится больше, чем в коровьем, витаминов А, С, Е, но меньше витаминов В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>. Таким образом, женское молоко значительно превосходит коровье по обеспеченности всеми витаминами. Это не касается только витаминов группы В, физиологическая потребность в которых не обеспечивается грудным молоком. Содержание минеральных веществ в женском молоке ниже, чем в коровьем, однако качественный состав и соотношение их более оптимальные. Содержание кальция в женском молоке в 4—5 раз, а фосфора в 6 раз ниже, чем в коровьем. Однако кальций и фосфор в женском молоке находятся в хорошо усвояемой форме и в наиболее благоприятных соотношениях (2 : 1).

Оказалось, что коровье молоко значительно легче адаптировать по составу и свойствам к грудному молоку, гармонизировав состав с ежедневными биологическими потребностями ребенка, чем при использовании в качестве базы соевого

Таблица 1. Сопоставление состава женского грудного и коровьего молока (на 100 г)

Состав	Грудное молоко	Коровье молоко
Белки, г	0,9—1,3	2,8—3,2
Сывороточные белки, %	65—80	20
Казеин, %	35—20	80
— лактальбумин, мг	26,0	9,0
— лактоглобулин, мг	—	30,0
Жиры, г	3,9—4,5	3,2—3,5
Линолевая кислота, %	13,0	1,6
ПНЖК/НЖК	0,40	0,04
Отношение омега-6/омега-3 ПНЖК	10:1—7:1	0,9:1
Углеводы: лактоза, г	6,5—7	4,8
Минеральные компоненты:		
кальций, мг	34,0	120,0
фосфор, мг	14,0	95,0
кальций/фосфор	2,1—2,4	1,2—1,3
натрий, мг	17,0	77,0
калий, мг	50,0	143,0
железо, мг	0,05	0,04
цинк, мг	0,12	0,40
йод, мкг	6,0	12,0
селен, мкг	1,50—2,00	4,0
Витамины:		
А, мг	0,06	0,03
Е, мг	0,24	0,06
С, мг	5,20	1,10
В <sub>1</sub> , мкг	14,0	43,0
В <sub>2</sub> , мкг	37,0	156,0

Примечание: Состав грудного женского молока взят по электронной публикации «Грудное молоко. Состав и свойства» (<http://www.grandex.ru/medicine/text/9172.html>); состав цельного коровьего молока жирностью 3,2% соответствует ГОСТ Р 52054-2003.

молока, например, типа «Супро», имеющего среди растительных белков самое сбалансированное соотношение аминокислот высокой усвояемости. Хотя ФЗ № 88 «Технический регламент на молоко и молочную продукцию» от 12 июня 2008 г., регламентирующий безопасность молока, допускает использование белков сои при производстве заменителя женского молока.

Однако, на наш взгляд, применение сои недопустимо не только потому, что для импортных поставок сырья требуются доказательства отсутствия в них генно-модифицированных продуктов, что на практике не делается, но и из-за содержащихся в соевом молоке веществ, способных привести к гормональному сбою. В сое содержатся нейротоксины, к которым относятся минеральные соли алюминия, кадмия и фториды. Анализ соевых продуктов показал, что концентрация алюминия в соевом молоке в 100 раз, а кадмия в 8–15 раз превышает содержание этих элементов в обычном материнском молоке. В качестве компонента, разрушающего нормальный обмен веществ в организме, выступает и так называемая «фитокислота сои». Это вещество присутствует в сое в такой форме, которую практически невозможно нейтрализовать. А фитокислота — настоящий пожиратель цинка, недостаток которого в организме приводит к нарушениям клеточного тканевого дыхания. Мы поддерживаем справедливую озабоченность медицинских работников и ученых многих стран проблемой соевых добавок в составе диетического питания (см. например: <http://www.tolk-i-polza.ru/journal/document/1022>). Незаменимым преимуществом коровьего молока над соевым является факт наличия в коровьем молоке иммуноглобулинов. Это глобулярные гликопротеиды, предназначенные для связывания антигенов и реализации гуморальной иммунной защиты организма. В молоке присутствуют следующие гликопротеиды: IgG (0,60 г/дм<sup>3</sup>), IgM (0,12 г/дм<sup>3</sup>), IgA (0,13 г/дм<sup>3</sup>) (Korhonen et al., 2000).

Мы считаем, что коровье молоко, как основу «заменителя грудного молока», следует обогатить минерально-аминокислотным и естественным витаминным комплексом, созданным природой. Мы предлагаем использовать в качестве добавок плазмоллизат пекарных или отработанных пивных дрожжей. В составе плазмоллизата отработанных пивных дрожжей, получаемого по разработанной нами технологии, содержится неповторимый и легкоусвояемый комплекс. Общий состав белка плазмоллизата составляет 83,0±3,0 г/л, из них 40% приходится на протеины, остальное — на аминокислоты (табл. 2). Общий азот в плазмоллизате составляет 1750 мг%, при остаточном азоте 32,25 мг%. Существенное увеличение белковой составляющей напитка несет опасность снижения коллоидной стойкости готового продукта. Для увеличения коллоидной стойкости необходимо применение дополнительных мер стерилизации и предупреждения развития контаминантов. Мы считаем оптимальным техническим решением подвергать плазмоллизат СВЧ-пастеризации. Это обеспечит его

Таблица 2. Аминокислотный состав плазмоллизата остаточных пивных дрожжей

Аминокислоты	Концентрация, мг/л
Незаменимые	
Валин	975
Лизин	900
Изолейцин	730
Лейцин	1130
Метионин	275
Треонин	770
Фениланин	695
Аргинин	910
Гистидин	450
Заменимые	
Глютаминовая кислота	2535
Аспарагиновая кислота	1495
Серин	825
Пролин	735
Глицин	745
Аланин	1135
Цистин	160
Тирозин	545

микробную стерилизацию при сохранении ферментативных и витаминных свойств.

Наши исследования показали (табл. 3), что плазмоллизат отработанных пивных дрожжей является поставщиком кальция, магния, цинка, фосфора, калия и других минералов, особенно необходимых для увеличения биомассы ребенка первых лет жизни.

Основу недостающих добавок могут составить разрешенные Минздравсоцразвития добавки к молочным продуктам (Сарафанова, 2010). В качестве источника витаминов можно было бы использовать современные витаминные премиксы. Например, 730/4, содержащий 12 из 14 жизненно необходимых витаминов. Однако в композиции премикса в качестве источников кальция и фосфора служит костная мука. Мы считаем, что использование такого сочетания для детского продукта недопустимо. Кроме того, существующие витаминные или витаминно-минеральные комплексы не учитывают факта физико-химической несовместимости 4 из 12 водорастворимых витаминов. Например, известно, что витамин С разрушает витамины группы В. С другой стороны, очевидна необходимость обогащения порошка «заменителя грудного молока» комплексом искусственно получаемых ферментов, еще недостаточно продуцируемых органами пищеварительного тракта ребенка, но необхо-

димых для оптимизации усвоения питательных смесей. В первую очередь речь может идти об обогащении смеси ферментами, гидролизующими лактозу. Эти ферменты, в частности лактозофлоризин-гидролаза, серийно выпускаются западными фирмами, как сопровождение сухих детских смесей.

Таким образом, в составе искусственных молочных смесей минеральная составляющая пищевых продуктов для детей должна присутствовать только в виде биологически адаптированных форм или, в соответствии с концепцией биоэлементов, выдвинутой А.В. Скальным (Скальный, 2009; Skalny, 2011), вторичных биоэлементов.

**Таблица 3. Минеральный состав плазмолизата дрожжей 34-й расы**

Компонент	Содержание	
	мкг/г	мг/100 г плазмолизата
Ca	666	130,078
Mg	272	53,125
P	2619	511,523
Si	8,88	1,734
Na	75,62	14,769
K	1564	305,469
Li	0,007	0,0014
Al	0,16	0,031
Fe	12,1	2,363
J	0,03	0,006
Zn	26,26	5,129
Se	0,0536	0,011
Cu	1,56	0,305
Cr	0,0244	0,005
Mn	1,18	0,231
As	0,013	0,003
B	0,13	0,025
Cd	0,01848	0,004
Co	0,03748	0,007
Hg	0,00054	0,00011
Ni	0,28	0,055
Pb	0,00485	0,001
Sn	0,01231	0,002
Sr	1,55	0,303
V	0,0024	0,0005

Примечание: Материалы получены в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Москва, лицензия МДКЗ 18097/9556;77-01-000094).

Всем другим видам соединений жизненно необходимых ионов с неорганическими кислотами для участия в жизнеобеспечении молодого организма необходимо пройти цикл адаптации путем включения в узкоспециализированные буферные депо (пулы) организма. Причем из-за их недостаточной емкости любое превышение концентраций чревато развитием отравлений.

Комплекс жизненно необходимых органических форм минералов в детских питательных смесях должен сочетаться с биологически адаптированными пребиотиками, ферментами и витаминами.

На наш взгляд, сухие молочные смеси должны быть обогащены плазмоллизатом дрожжей, представляющим оптимальный природный минерально-ферментно-витаминный комплекс.

## ЛИТЕРАТУРА

Голубкина Н.А., Гмошинский И.В., Зорин С.Н., Данилина Л.Л., Чистяков А.В., Мазо В.К. Влияние биологически активной добавки автолизата обогащенных селеном пекарских дрожжей на состояние кишечного барьера у крыс при анафилаксии // Вопросы питания. 1998. № 3. С.18—22.

Маюрникова Л.А., Гореликова Г.А., Шигина Е.В., Щипицын С.К. Способ получения растительного экстракта с повышенным содержанием селена. Патент РФ № 2391875, 2010.

Михайлов А.А., Умницын К.Л. Сухая питательная смесь для диетологического питания. Патент РФ № 2306715, 2007.

Нимацуренова Л.Г., Мангутова Е.В., Жамсаранова С.Д. Способ обогащения продуктов питания органической формой селена // Актуальные проблемы технологии живых систем: Материалы II междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. Владивосток, 2007. С. 336—337.

Сарафанова Л.А. Применение пищевых добавок в молочной промышленности. СПб.: Профессия, 2010. 224 с.

Скальный А.В. Развитие концепции биоэлементов и перспективы биоэлементологии // Микроэлементы в медицине. 2009. Т. 10. Вып. 3—4. С. 1—6.

Amberg R., Mizutani T., Wu X.Q., Gross H.J. Selenocysteine synthesis in mammalia: an identity switch from tRNA(Ser) to tRNA(Se) // J Mol Biol. 1996, 263(1):8—19.

Bedwal R.S., Nair N., Sharma M.P., Mathur R.S. Selenium — its biological perspectives // Med Hypotheses. 1993, 41(2):150—159.

Beilstein M.A., Whanger P.D. Deposition of dietary organic and inorganic selenium in rat erythrocyte proteins // J Nutr. 1986, 116(9):1701—1710.

Brigelius-Flohé R., Friedrichs B., Maurer S., Streicher R. Determinants of PHGPx expression in a cultured endothelial cell line // Biomed Environ Sci. 1997, 10(2—3):163—176.

Korhonen H., Marnila P., Gill H.S. Milk immunoglobulins and complement factors // Br J Nutr. 2000, 84(1):75—80.

Skalny A.V. Bioelementology as an interdisciplinary integrative approach in life sciences: terminology, classification, perspectives // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2011, 25(Suppl.1):S3—S10.

Sunde R.A. Molecular biology of selenoproteins // Annu Rev Nutr. 1990, 10:451—474.

Van der Torre H.W., Van Dokkum W., Schaafsma G., Wedel M., Ockhuizen T. Effects of various levels of Se in wheat and meat on blood Se status indices and on Se balance in Dutch men // Brit J Nutr. 1991, 65(1):69—80.