

МИНИСТЕРСТВО ТОРГОВЛИ И МАТЕРИАЛЬНЫХ
РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Красноярский институт советской торговли

В. П. Сургутский

И. Г. Балюта

**Минеральные вещества, их роль
в питании и технологии пищи**

Красноярск 1992

МИНИСТЕРСТВО ТОРГОВЛИ И МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Красноярский институт советской торговли

В.П.Сургутский
И.Г.Балута

Минеральные вещества, их роль
в питании и технологии пищи

Учебное пособие для студентов
технологического факультета.

Под редакцией д.т.н.
профессора Н.И.Ковалева

Красноярск
1992

В.П.Сургутский, И.Г.Балута. Минеральные вещества, их роль в питании и технологии пищи. Учебное пособие. Под ред. д.т.н., профессора Н.И.Ковалева, 1992, 74 с.

Учебное пособие предназначено для студентов технологического факультета торговых вузов.

В учебном пособии дана общая характеристика минеральных веществ и их биологическая роль в организме человека. Рассмотрены основные представители макро- и микроэлементов в пищевых продуктах, источники поступления в организм минеральных веществ, влияние кулинарной обработки на минеральный состав пищевых продуктов. В пособии рассмотрены также некоторые вопросы кислотно-основного равновесия.

В учебном пособии 12 табл.

Рецензенты: к.б.н., доцент Некрасова В.Д.
к.м.н., доцент Макарова Л.Г.

Содержание

1. Общая характеристика минеральных веществ и их биологическая роль	3
2. Макро - и микроэлементы в организме человека	6
3. Пища - основной источник минеральных веществ для организма человека	8
4. Макроэлементы. Их роль в питании Натрий (12), калий (16), кальций (18), магний (20), фосфор (20), сера (22), хлор (23)	12
5. Биомикроэлементы - необходимый компонент пищи Железо (25), цинк (29), медь (31), кобальт (32), никель (33), хром (33), марганец (34)	24
6. Дефицит и токсичность тяжелых металлов	35
7. Микроэлементы VI и VII групп в организме Селен (38), фтор (40), иод (41), бром (44)	38
8. Источники поступления в организм минеральных веществ Мука и продукты на её основе (44); молоко и молочные продукты (46); мясо, рыба, яйца (46); овощи, фрукты и ягоды (48); кондитерские изделия (48); грибы (48); напитки (49); морские водоросли (50)	44
9. Изменение минерального состава в процессе изготовления пищевых продуктов	51
10. Тепловая обработка и минеральный состав пищевых продуктов	53
10.1. Тепловая обработка растительного сырья	53
10.2. Тепловая обработка животного сырья	57

II. Минеральные вещества в обеспечении жизненноважных процессов в организме	60
II.1. Кислотно-щелочное равновесие	60
II.2. Минеральные вещества в системе мембранной регуляции метаболизма	63
II.3. Минеральные вещества в составе металлоферментов, их комплексо- образующая способность	67

I. Общая характеристика минеральных веществ и их биологическая роль

Современная наука о питании отводит минеральным веществам одну из ведущих ролей. Минеральные вещества участвуют во всех физиологических и биохимических процессах. Живой белок не может существовать без минеральных веществ. Они обеспечивают нормальное образование живого вещества, сообщают клеточным и тканевым белкам свойства живой цитоплазмы. Велика их роль в построении костной ткани. Минеральные вещества участвуют в важнейших обменных процессах организма: водно-солевом и кислотно-щелочном. Многие ферментативные процессы невозможны без тех или иных минеральных веществ.

Отличительным признаком жизни, как известно, является обмен веществ. Он имеет две стороны - энергетическую и пластическую, которые между собой тесно связаны.

Существуют разнообразные пути обмена пищевых веществ - обмен белков, углеводов, жиров. Указанные нутриенты являются источником энергии и структурных компонентов тканей живых организмов. Однако этих основных веществ далеко не достаточно для поддержания жизнедеятельности, а также для воспроизведения жизни.

Большое значение в обмене веществ имеет минеральный обмен - совокупность процессов всасывания в желудочно-кишечном канале, превращений в органах и тканях и выделения из организма неорганических соединений, основную часть которых составляют хлористые, серноокислые, углекислые и фосфорнокислые соли натрия, калия, кальция, магния и др.

Несмотря на то, что минеральный обмен в энергетическом отношении не играет роли в организме и имеет лишь ограниченное значение в пластическом отношении, его влияние на процессы жизнедеятельности организма чрезвычайно велико. При лишении организма таких элементов, как $Na, K, Ca, P, Cu, Zn, I, Co$ и др. быстро развиваются различные специфические заболевания, и они часто погибают быстрее, чем при лишении их органических соединений или при полном голодании. Это объясняется тем, что неорганические соединения являются регуляторами ряда физико-химических процессов в организме (поддержание на определенном уровне осмотического давления крови, спинномозговой жидкости, лимфы, внутри-

и внеклеточной тканевой жидкости, сохранение кислотно-щелочного равновесия в организме и поддержание постоянства рН крови и тканей).

Очень большое значение почти для всех процессов обмена веществ в организме имеет функция различных неорганических катионов и анионов как стимуляторов и ингибиторов различных ферментативных реакций. Некоторые катионы (например, Zn^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mo^{6+} и др.) входят в состав металлоферментов, где выполняют коферментную функцию.

Минеральный обмен в организме регулируется нервной и гормональной системой, а также рядом витаминов.

Растворы электролитов придают белкам специфические коллоидные свойства. Некоторые минеральные элементы входят в состав сложных соединений, выполняющих в организме жизненно важные функции: железо входит в состав гемоглобина, йод - в состав белка гормонов щитовидной железы и т.д.

Количество минеральных веществ может определяться зольностью продукта. Зольность рассчитывается после сжигания продукта по формуле:

$$\text{зольность} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \cdot 100 \%, \text{ где}$$

M_1 - навеска продукта до сжигания;

M_2 - навеска продукта после сжигания.

Содержание золы в продуктах может колебаться от 0,1 до 5 %.

Минеральные вещества часто называются зольными и в таблице химического состава пищевых продуктов включаются под названием "минеральные и зольные вещества".

Понятие это несколько условно. Так, например, фосфор в составе пищевых продуктов находится не только в виде солей фосфорных кислот, но и как составная часть сложных органических веществ.

Примерно из 75 различных элементов, входящих в состав ткани организма человека, достаточно изучена физиологическая роль лишь таких элементов, как кальций, фосфор, магний, калий, натрий, хлор и сера (макроэлементы) и 14 микроэлементов, необходимых для жизнедеятельности организма: железо, медь, магний, цинк, кобальт, йод, хром, марганец, молибден, ванадий, никель, стронций, кремний и селен.

В последние годы все большее внимание уделяется микроэлементному составу пищевых рационов. При этом важным является разработка оптимальных сочетаний основных микроэлементов. Опасен как недостаток их, так и избыток. Это объясняется высокой биологической активностью микроэлементов, которые, подобно витаминам и гормонам, участвуют в различных видах обмена, тканевом дыхании, процессах роста и т.д.

Содержание микроэлементов в тканях организма строго сбалансировано и изменение концентрации одного из них влечет за собой сдвиги содержания других.

Условия, способствующие усвоению микроэлементов:

- 1) низкий уровень депонированных микроэлементов в организме;
- 2) высокое содержание в рационах питания белков животного происхождения;
- 3) повышенное содержание микроэлементов в пище и отсутствие компонентов, угнетающих их всасывание (фосфатов, фитата, таннатив, оксалатов и пр.), а также низкое содержание в рационе пищевых волокон, углеводов и кальция;
- 4) необходимость расходования микроэлементов как фактора роста, развития; интенсивная мышечная работа;
- 5) низкая концентрация металлосвязывающих протеинов в клетках кишечника (например, ферритина и металлопротеина). При высокой их концентрации большая часть микроэлементов задерживается, а меньшая трансформируется в кровотоке и органы.

На этом основании W. Мерк выдвинул положение о механизме обратной связи: повышение концентрации микроэлементов в плазме крови стимулирует синтез металлопротеинов в кишечных клетках, а в последующем ведет и к повышенным потерям абсорбированных микроэлементов, а следовательно, и к снижению снабжения тканей микроэлементами. Со снижением концентрации микроэлементов в тканях уменьшается синтез металлосвязывающих протеинов, а количество абсорбированных микроэлементов, предназначенных для транспорта, возрастает.

При поступлении в организм микроэлементов в большом количестве могут нарушаться механизмы всасывания отдельных

микроэлементов вследствие конкуренции между ними за специфические транспортные каналы на уровне кишечных клеток.

Так, повышение дозы железа подавляет всасывание марганца, меди и кобальта. Отрицательное влияние на усвоение марганца могут оказывать также большие дозы кальция и фосфора.

При недостаточном поступлении железа в организм другие металлы со сходными механизмами абсорбции могут усваиваться в избыточном количестве, вплоть до токсических доз (цинк, свинец, кадмий и др.). Имеются и другие примеры, когда повышенные дозы цинка и алюминия снижают уровень железа в крови и ряде органов.

Одним словом, различные металлы могут находиться в антагонистических отношениях. При дефиците одних в пище повышается усвоение других.

Известны и синергические взаимоотношения ряда микроэлементов (например, железа и меди).

Дефицит любого микроэлемента может быть предупрежден или устранен только достаточным поступлением соответствующего элемента с пищей или содержащими микроэлементы препаратами. Различные фармакологические средства (витамины, гормоны, аминокислоты и т.д.) способны улучшить всасывание микроэлементов и утилизацию на разных этапах усвоения, уменьшить их побочное действие, ускорить терапевтический эффект.

2. Макро- и микроэлементы в организме человека

В состав организма человека входит большинство химических элементов периодической системы. 99,4 % атомов человеческого тела - это атомы всего четырех химических элементов: Н - 63 %, О - 25 %, N - 1,4 %, С - 9,5 %. Как видно, в теле человека преобладают легкие элементы.

Другие элементы содержатся в нашем организме в меньших количествах. Различают макро- и микроэлементы. К макроэлементам, кроме отмеченных выше, относятся кальций, фосфор, а также калий, натрий, магний, сера и хлор. Они являются основным строительным материалом, из которого сложены молекулы белков, жиров, углеводов, нуклеиновых кислот.

Элементы, содержание которых в организме меньше 0,01 % называют микробиогенными. Восемь из этих элементов (Mn, Co, Cu, Mo, Zn, Br, I, F) необходимы для жизни. Пять из них - это переходные металлы с большой склонностью к комплексообразованию и переменной валентностью (кроме цинка). В сочетании с белковыми макромолекулами они входят в состав металлоферментов и металлопротеидов, обеспечивают нормальный ход множества биохимических процессов. Из более чем 700 выявленных ферментов свыше четверти - металлоферменты.

В состав комплексов с нуклеиновыми кислотами, передающих наследственную информацию и участвующих в синтезе белка, кроме отмеченных выше элементов, входят ещё многие: Sr, Ba, Al, Cr, Si, Zn, Pb, Mn, Ni и др. В последнее время установлено, что большое значение для функционирования отдельных систем организма имеют и такие элементы, как Li, B, Cd, As, Se, Ti, V. Полагают, что живые существа не могут обойтись также и ещё без следующих элементов: Be, Pb, Ag, W. Содержание всех этих элементов в организме человека ничтожно: - 10^{-4} - $10^{-6}\%$.

Кроме всех перечисленных выше элементов, в организме человека, животных и растений обнаружены Cs, Ga, In, Ge, Sb, Bi, Te, Au, La, Ce, Pr, Nd, Zr, Nb; все благородные газы и даже Ra, Ac, Po, Th, U. Содержание их - от 10^{-4} до $10^{-12}\%$.

Таким образом, различные химические элементы встречаются в организме человека (и животных) в различных количествах. Обычно, если содержание их колеблется в пределах 10^{-2} - $10^{-3}\%$, то их называют макроэлементами, если в пределах 10^{-3} - $10^{-5}\%$, то микроэлементами, и, наконец, если их меньше, чем $10^{-5}\%$, то они называются ультраэлементами.

В настоящее время в теле человека и животных обнаружено свыше 70 химических элементов. В крови человека содержится более 30 элементов, в костях их тоже около 30. Как видно, к элементам жизни можно отнести такие элементы, которые мы традиционно считаем ядами (Pb, Sn, Cd, As). Они токсичны лишь в высоких дозах, в малых же - активируют жизненные процессы.

Источниками пополнения нашего организма минеральными веществами является в первую очередь пища и состав биосферы. В настоящее время принято считать большое биологическое значение всех элементов, в том числе и встречающиеся в самых незначительных количествах.

Значение отдельных химических элементов особенно наглядно выявляется при недостатке или избытке данного элемента. Как то, так и другое влечет за собой резкое нарушение нормальных физиологических и биохимических процессов, что приводит к патологическим нарушениям в организме.

Весьма важен для нормального функционирования нашего организма естественный микроэлементарный состав среды. Особенно это важно в наши дни, когда биосфера все больше и больше загрязняется самыми разными соединениями, происходит перераспределение естественной концентрации ионов металлов, что не может не отразиться на многочисленных биологических процессах в живом организме.

В нашем организме постоянно осуществляется ионный обмен. Очень часто ион какого-либо металла (особенно при его недостатке) в организме может замещаться ионом другого металла, близким по ионному радиусу и химическим свойствам. Например, ионы магния могут замещаться ионами марганца. Но это не означает, что функциональные свойства его равноценны замещенному металлу — они могут быть и различными.

Известны случаи, когда один и тот же фермент активируют ионы 15 различных металлов, другие ионы металлов могут, наоборот, инактивировать тот или иной фермент. Взаимозаменяемые ионы часто отличны по своим свойствам и зачастую не могут обеспечить нормальное функционирование фермента, что отражается на жизненных процессах.

3. Пища — основной источник минеральных веществ для организма человека

Основным источником потребления нашим организмом минеральных веществ является пища. Содержание основных макроэлементов в некоторых пищевых продуктах приведено в табл. I.

Потребность в этих минеральных веществах почти полностью удовлетворяется, если человек придерживается обычного, в меру разнообразного рациона. Однако при некоторых заболеваниях и нарушениях обмена веществ врачи рекомендуют систематически включать в диету определенные продукты, потому что они богаты тем или иным нужным в данном случае, веществом.

Таблица I

Минеральные вещества некоторых пищевых продуктов

Продукт	Минеральные вещества, мг/100 г					
	нат-рий	ка-лий	каль-ций	маг-ний	фос-фор	желе-зо
Капуста цветная	10	210	26	17	51	1,4
Картофель	28	568	10	23	58	0,9
Морковь желтая	65	234	46	36	60	1,4
Редька	17	357	35	22	26	1,2
Тыква	14	170	40	14	25	0,8
Шпинат	62	774	106	82	83	3,0
Щавель	15	500	47	85	90	2,0
Абрикосы	30	305	28	19	26	2,1
Бананы	31	348	8	42	28	0,6
Виноград	26	225	30	17	22	0,6
Изюм	117	860	80	42	129	3
Крыжовник	23	260	22	9	28	1,6
Персики	-	363	20	16	34	4,1
Смородина черная	32	350	36	31	33	1,3
Чернослив	104	864	80	102	83	13
Шиповник	5	23	26	8	8	11,5
Яблоки	26	278	16	9	11	2,2
Гречневая крупа, ядрица	3	380	20	200	298	6,7
Овсяная крупа	35	362	64	116	349	3,9
Перловая крупа	10,8	172	38	40	323	1,8
Говядина I категории	60	315	9	21	198	2,6
Крольчатина	-	364	7	25	246	4,4
Печень говяжья	63	240	5	18	339	9,0
Треска	78	338	39	23	222	0,6
Сыр "Российский"	1000	116	1000	50	540	1,1
Яйца куриные	71	153	55	54	185	2,7

Минеральные вещества в большинстве случаев составляют 0,7 - 1,5 % съедобной части пищевых продуктов. Отдельные виды продуктов могут быть источником поступления в наш организм тех или иных макро- и микроэлементов. Более подробную информацию о минеральном составе многих пищевых продуктов можно получить в капитальной работе "Химический состав пищевых продуктов. Том I, П, III". Под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева (том I, II) и под ред. И.М. Скурихина и В.А. Шатерникова (том III).

Средняя суточная потребность взрослого человека в минеральных веществах по Покровскому А.А. приведена в табл. 2.

Таблица 2

Средняя суточная потребность взрослого человека в минеральных веществах (Покровский А.А., 1976)

Минеральные вещества	Потребность, мг
Кальций	800-1000
Фосфор	1000-1500
Натрий	4000-5000
Калий	2500-5000
Хлориды	5000-7000
Магний	300-500
Железо	15
Цинк	10-15
Марганец	5-10
Хром	0,2-0,25
Медь	2
Кобальт	0,1-0,2
Молибден	0,5
Фториды	0,5-1,0
Иодиды	0,1-0,2

При кулинарной обработке пищевых продуктов минеральные вещества могут претерпевать различные изменения (изменяются формы связи, валентные состояния и пр.). Не исключены и потери. Технологию приходится учитывать эти изменения. В своей работе он предусматривает прежде всего:

- уменьшение потерь микроэлементов за счет диффузии;
- обеспечение нормы минеральных веществ за счет оптимиза-

- или, рецептур районов;
- сохранение оптимального соотношения таких элементов, как кальций, фосфор, магний; калий, натрий и других;
- уменьшение или полная нейтрализация деминерализующих факторов (определяемых некоторыми классами веществ - оксалатами, фитинами и т.д.).

В готовой пище количество солевых элементов зависит от минерального состава сырья, из которого она готовится, а также от рецептуры и схемы технологического процесса. В процессе производства пищевых продуктов, перевозки и хранения они могут загрязняться посторонними минеральными веществами. Таким образом, минеральные вещества готовых продуктов могут быть двойного происхождения: эндогенного и экзогенного.

К эндогенным следует отнести вещества, которые являются естественными составными частями растительных и животных организмов, используемых в качестве сырья для изготовления данного продукта. Эти минеральные вещества по своему происхождению являются биогенными. Содержание биогенных минеральных веществ в одних и тех же пищевых продуктах растительного происхождения связано с почвенными и климатическими особенностями. Большое значение имеют и внесенные удобрения, особенно это касается азотных, избыточное количество которых способствует накоплению в растениях нитратов.

Экзогенными являются минеральные вещества, добавляемые при изготовлении продуктов, а также попадающие в продукты при их изготовлении. Так, основными консервантами (веществами экзогенного происхождения) являются поваренная соль, сода, сульфат натрия и диоксид серы.

Важное значение при проведении технологических процессов приготовления пищевых продуктов имеет качество оборудования и упаковка, особенно это относится к материалам, содержащим медь, свинец, олово и т.д. При этом является немаловажным предусмотреть все обстоятельства, исключающие внесение токсичных тяжелых металлов в пищу.

4. Макроэлементы. Их роль в питании

В первую группу периодической системы входят шесть щелочных металлов. В обмене веществ лития, рубидия, цезия и франция существенной роли не играют. Зато натрий и калий для нормального функционирования нашего организма имеют огромное значение. Несмотря на большое сходство химических свойств эти два элемента по своей роли в организме являются антиподами: если натрий способствует накоплению в тканях воды, то калий — ее выведению, если первый вызывает расслабление мышц, то второй — их сжатие. Много в их функциях и общего.

НАТРИЙ

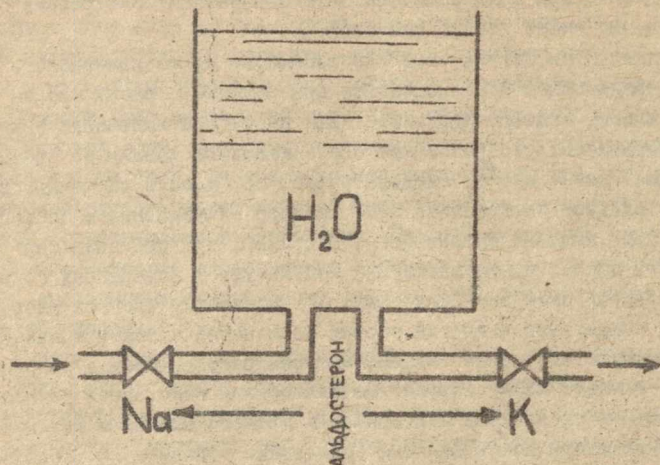
В организме человека содержится около 115 граммов натрия, примерно одна треть этого количества содержится в виде неорганических соединений в костной ткани, две трети — во внеклеточной жидкости. Содержание натрия в крови — 310-340 мг %.

Исключительная роль принадлежит соединениям натрия (гидрокарбонаты, фосфаты) в образовании буферной системы, поддерживающей в нашем организме кислотно-основное равновесие. Ионы натрия вызывают набухание коллоидов ткани и таким образом способствуют задержке в организме свободной воды.

Соединения натрия регулируют внутриклеточный и межтканевый обмен веществ, кислотно-щелочное равновесие, осмотическое давление в клетках, тканях, лимфе и крови, участвуют в водном обмене, способствуя накоплению жидкости в организме, активируют пищеварительные ферменты, участвуют в передаче нервных импульсов.

Поваренная соль, поступающая в организм человека с пищей, пополняет расход NaCl в крови и используется для образования соляной кислоты желудочного сока, а также для синтеза панкреатической железой NaHCO_3 . Присутствием NaHCO_3 объясняется щелочная реакция поджелудочного сока, что является необходимым для расщепления белков пищи ферментом трипсином.

Концентрация ионов натрия в организме регулируется в основном одним из гормонов коры надпочечников — альдостероном. Этот фермент способствует задержанию в тканях ионов натрия и выделению с мочой, слюной и потом ионов калия. Недостаток в пище натрия и избыток калия ведет к повышенному образованию альдостерона.



В природных пищевых продуктах содержание натрия мало. В основном он поступает в организм за счет поваренной соли, употребляемой нами в качестве приправы к пищевым продуктам. В связи с особой значимостью этого компонента пищевых продуктов остановимся на его характеристике более подробно.

Поваренная соль — это минерал галит. Как всякий природный минерал, он не является химически чистым веществом, а содержит до 8 % примесей, состав и количество которых зависят от месторождения и способа получения соли. Чаще всего в ней присутствуют хлористый магний, сернокислый магний, сернокислый калий, углекислый кальций, бромистый магний. В поваренной соли могут также содержаться марганец, железо, никель, медь, фтор, рубидий, стронций, барий, серебро, золото, кобальт, хром, цинк, уран, свинец и другие элементы в пределах 10^{-2} — $10^{-5}\%$ в пересчете на сухое вещество.

Поваренную соль добывают по-разному: подземным способом — каменную, открытым — озерную, выпариванием на солнце морской воды — так называемую бассейновую, вываривая искусственные или естественные рассолы — гренно-выварочную. И во всех этих случаях соль непременно содержит примеси. Меньше всего их (десятичные и сотые доли процента) в соли "Экстра", получаемой вакуум-выварочным способом.

С давних пор было замечено, что поваренная соль разных месторождений имеет разные свойства.

Знания о свойствах соли в зависимости от её химического состава традиционно использовались при засолке рыбы, производстве многих пищевых продуктов. Ещё на рубеже нынешнего века было установлено, что различные соли оказывают различное "водоотнимающее" действие, а, следовательно, при посоле различных видов рыбы следует употреблять соль разного качественного состава.

В ряде пищевых производств, например, при производстве сливочного масла, преимущественно используется поваренная соль высшей степени очистки (соль "Экстра") поскольку избыток хлорнокислых соединений в других сортах соли ведет к обесцвечиванию масла. Присутствие солей железа, которые растворяются в молочной кислоте, придает маслу горький металлический вкус, медь ускоряет окислительные процессы в маргарине, а примеси магния и кальция вызывают каталитические явления (появление горечи).

Консервное производство также использует поваренную соль высшего сорта. Содержание в поваренной соли железа в процессе стерилизации консервов, богатых белковыми веществами, приводит к образованию сульфидов железа, что значительно ухудшает вкусовые качества и внешний вид консервированных продуктов, разрушает витамин С. Содержание в поваренной соли йода вызывает изменение вкуса и запаха консервов, а также потемнение продуктов.

В то же время любая опытная хозяйка знает, что соль "Экстра" для большинства домашних солений - огурцы, капуста, грибов - не годится. Наличие в других сортах соли примесей, в том числе кальция и магния, придает соленным овощам приятный привкус.

При посоле мяса лучше пользоваться не чистой поваренной солью, а солью более низкого качества, поскольку первая не проникает в глубь мяса, слишком просаливая его наружные слои. При действии поваренной соли на белок происходят двоякого рода явления: с одной стороны, соль способствует растворению глобулинов, а с другой - переходу растворимого белка в нерастворимое состояние. Скорость проникновения соли в ткани рыб зависит от её химического состава и определяет качество засолки. При сухом посоле может быть "ожог" рыбы, если соль очень чистая, мелкая и сухая. Обладая высокой гигроскопичностью, она может очень быстро отнять влагу от поверхностных слоев рыбы и вызвать в них свер-

тывание белков, задержать образование рассола.

Не всегда соль высшего сорта более предпочтительнее для нашего питания. Соль, содержащая, кроме хлористого натрия, микро- и макроэлементы, способна частично восполнить их дефицит.

Считают, что наибольшей ценностью обладает соль, полученная из морской воды. Это один из самых древних и традиционных способов добычи соли. Одесские ученые установили, что концентрат морской воды обладает высокой биологической активностью, повышает сопротивляемость организма. По мнению авторов, это объясняется наиболее естественным сочетанием макро- и микроэлементов, аналогичным минеральному составу ряда биологических жидкостей человека.

В нашей стране крайне мало предприятий по добыче бассейновой соли. За последние годы у нас появились попытки разнообразить ассортимент выпускаемой нашей промышленностью поваренной соли: стали выпускать соль, ароматизированную различными приправами и пряностями: лавровым маслом, укропным маслом и др. Однако по-прежнему наша пищевая промышленность нуждается в специальных сортах соли, в том числе для засола масла, рыбы, специальной мелкой для хлебопечения и сыроварения, специальной столовой - с примесью магнезии, крахмала, фосфорнокислых солей кальция и калия, магния. Выпуск этих сортов соли позволил бы сделать наше питание более сбалансированным по элементному составу пищи.

Организм человека поваренную соль получает в основном с пищей. В 100 граммах продукта содержится примерно следующее количество этого вещества (в граммах): хлеб - 1, сыры - 1,5-3,5, вареные колбасные изделия - 2,0-2,5, слабосоленая рыба - 6-10, среднесоленая - 8-14 и т.д.

Умеренное потребление поваренной соли необходимо. Однако чрезмерное потребление соли вредно для организма. Распространению гипертонической болезни и атеросклероза, инфаркта и мозгового инсульта, а также заболеваний почек сопутствует, как правило, избыток поваренной соли.

При чрезмерном употреблении соли в организме задерживается больше жидкости, чем ему нужно, клетки разбухают от ее излишков, сжимают кровеносные сосуды, повышая в них давление. Растет нагрузка на сердце и почки. Происходят изменения и в кровеносных

сосудах — они становятся неровными — с утолщениями и сужениями. Соль вредно действует на нежные почечные фильтры, они не справляются с выводом избытка соли, и часть её откладывается в организме.

Некоторые недуги, например, хроническая почечная недостаточность, острый нефрит требуют строгого ограничения поваренной соли в диете. Однако и бессолевая диета не всегда приемлема, так как при дефиците соли может уменьшиться объем крови и других жидкостей, что также опасно для работы сердца и системы кровообращения. Поэтому для больных вводятся по указанию врача определенные ограничения, а для здорового человека самое разумное — умеренное потребление соли.

Считают, что потребность человека в соли составляет 10-15 г соли в сутки. Однако многие исследователи считают эти цифры завышенными. К тому же эти нормы весьма разноречивы. Тем не менее, рекомендуется учитывать потребление соли при различных заболеваниях, а также лицам пожилого возраста и тучным по своей комплекции. Указанной категории рекомендуется диета с пониженным содержанием соли.

В настоящее время предложены заменители поваренной соли. В их состав входят соли калия и магния, производные лизина. Лизин, как показали эксперименты, защищает организм от избытка соли. В связи с этим следует рекомендовать при повышенных содержаниях соли в диете употребление лизинсодержащих продуктов (например, рыбы).

В ряде стран поваренная соль обогащается некоторыми микроэлементами, витаминами. В скандинавских странах, Японии, ФРГ, США и многих других давно и успешно используют пищевые композиции соленого вкуса, состоящие из смеси различных минеральных и органических веществ. Как правило, в этих смесях присутствуют хлорид калия, сульфат магния, глутамат натрия, нуклеотиды, ароматические вещества.

КАЛИЙ

Соли калия не могут быть заменены в организме человека никакими другими солями. В основном калий содержится в крови и цитоплазме клеток. Богаты калием печень и селезенка.

Значительна роль этого элемента в регулировании деятельности ферментов, в обменных процессах, протекающих в нашем орга-

низме. Большую часть необходимого ему калия человек получает из пищи растительного происхождения. Недостаток калия сказывается на разных системах и органах, а также на обмене веществ.

Организм ребенка требует больше калия, чем организм взрослого человека. Суточная потребность в калии у ребенка составляет 12-13 мг на 1 кг веса, а у взрослого - 2-3 мг, т.е. в 4 раза меньше.

Постоянным источником калия является картофель. По содержанию калия все продукты можно условно подразделить: очень богатые калием (1-2%) - сушеные фрукты, бобовые; богатые калием (0,3-1%) - картофель, чернослив, овсяная крупа, яблоки; бедные калием (0,1-0,3%) - хлеб, молоко, мясо (см. табл. I). Следует отметить, что в растительных продуктах содержание калия во много раз больше, чем в животных.

Калий - жизненноважный внутриклеточный элемент, регулирующий кислотно-щелочное равновесие крови. Считают, что калий обладает защитным действием против нежелательного влияния избытка натрия и нормализует давление крови. По этой причине в некоторых странах поваренную соль выпускают с добавлением хлорида калия.

Калий принимает активное участие в поддержании осмотического давления, он необходим для нормальной деятельности мышц, их сокращения. Особенно важна его роль в сокращении сердечной мышцы.

Калий способствует выведению из организма воды и натрия. При повышении в рациионе количества калия возрастает и потребность организма в натрии.

Калий активизирует деятельность многих ферментов и поэтому принимает участие в важнейших обменных реакциях - углеводном обмене, синтезе белка и др.

Одна из важнейших функций ионов калия - участие в генерации и проведении биоэлектрических потенциалов в нервах и мышцах. Ионы калия способствуют гидратации коллоидов в клетках. В отличие от натрия калий сосредоточен главным образом внутри клеток, а в межклеточной жидкости его много меньше.

Калий и натрий выполняют в основном в организме противоположные функции. Поэтому большое значение имеет соотношение натрия и калия в организме и продуктах питания. Однако попытки свести все многообразие факторов, обуславливающих полноценность пищи и рационов, к простейшим соотношениям, таким, как калий/натрий или кислота/щелочь, не имеет достаточных оснований.

КАЛЬЦИЙ

Кальций составляет (вместе с фосфором) основу костной ткани, активизирует деятельность ряда важных ферментов и гормонов, участвует в поддержании ионного равновесия в организме, влияет на процессы, происходящие в нервно-мышечной и сердечно-сосудистой системах. Он участвует в процессах возбудимости нервной ткани, сократимости мышц и свертывании крови, уменьшает проницаемость в сосудах, является составной частью ядра, мембранных клеток, клеточных тканей.

Кальций необходим для образования рядов клеточных структур, поддержания нормальной проницаемости наружных клеточных мембран. Ионы Ca^{+2} передают возбуждение на мышечное волокно, вызывая его сокращение, увеличивают силу сердечных сокращений, повышают функцию лейкоцитов, активизируют систему защитных белков крови, участвуют в её свертывании.

В клетках почти весь кальций находится в соединении с белками, нуклеиновыми кислотами, фосфолипидами, в комплексах с неорганическими фосфатами и органическими кислотами.

Содержание кальция в крови человека регулируется гормонами паращитовидной и щитовидной желез. Важную роль в этих процессах играет витамин Д. Усвоение кальция ухудшается при снижении кислотности в кишечнике и зависит от соотношения Са, Р и жиров в пище. Желчные кислоты ускоряют его всасывание.

Кальций влияет на кислотно-основное состояние организма, оказывает при этом "щелочное" действие. Ему свойственно противовоспалительное действие и уменьшение явлений аллергии.

В организме его содержится 1-1,5 кг. Кальций является также составной частью крови, входит в состав клеточных мембран. Больше всего кальция содержится в молоке (120 мг/%) и молочных продуктах (сыре, например, около 1000 мг%). Почти 4/5 всей потребности в кальции удовлетворяется молочными продуктами. Обычно всасывается 10-40 % пищевого кальция. Суточная потребность в кальции - 800-1000 мг.

На усвояемость кальция отрицательно сказывается избыточное количество фосфора и магния. Для правильного питания важно не только содержание общего кальция, но и соотношение его с фосфором и магнием. Оптимальным для взрослого человека считается соотношение кальция и фосфора 1:1,5, а кальция и магния 1:0,5.

При избытке фосфора может происходить выведение кальция из костей, при избытке кальция - развивается мочекаменная болезнь. Лучшие соотношения кальция и фосфора имеют место в молочных продуктах и в некоторых овощах и фруктах. Разнообразные сочетания продуктов улучшают соотношения кальция и фосфора, например, каши на молоке, хлеб с сыром, овощные гарниры к мясным и рыбным блюдам и т.д.

В некоторых растительных продуктах содержатся вещества, уменьшающие всасывание кальция. К их числу относятся фитиновые кислоты, содержащиеся в злаковых, и щавелевая кислота - в щавеле и шпинате. В результате взаимодействия этих кислот с кальцием образуются нерастворимые фитаты и оксалаты кальция, и его всасывание затрудняется. Поэтому кальций, содержащийся в хлебе, щавеле, усваивается плохо.

Кальций всасывается из кишечника в виде комплекса с жирными и желчными кислотами. Недостаток и избыток жиров в пище ухудшает усвоение кальция. Избыток жиров, особенно содержащих много насыщенных жирных кислот (баранье, говяжье сало, кулинарные жиры), образует невсасывающиеся кальциевые мыла. Кальций хорошо усваивается, если на 1 г жира пищи приходится около 10 мг кальция. При одинаковом механизме всасывания кальция и магния избыток последнего связывает в кишечнике часть жирных и желчных кислот, необходимых для усвоения кальция. Как указывалось, лучшими соотношениями кальция и магния в пище является 1:0,5. В хлебе, крупах, мясе и картофеле отношение кальция к магнию в среднем равно 1:2, в молоке - 1:0,1, твороге - 1:0,15, треске - 1:0,6, во многих овощах и фруктах - 1:0,5.

При дефиците витамина D всасывание кальция резко ухудшается, и начинается использоваться кальций костей. Как при недостатке, так и избытке белков в рационе ухудшается усвоение кальция.

Потребность в минеральных веществах, в том числе и в кальции, зависит от физиологического состояния организма. Она особенно велика при беременности, при высокой продуктивности молока у коров, во время яйценоскости кур, у растущего организма. Недостаток кальция вызывает в организме деформацию скелета (рахит), ломкость костей и атрофию мышц. Пониженное содержание кальция в плазме крови сопровождается повышением возбудимости генеральной нервной системы, вследствие чего появляются судороги.

МАГНИЙ

В организме содержится около 25 г этого элемента. Магний — жизненно важный элемент, участвует в формировании костей, регуляции работы нервной ткани, обмене углеводов и энергетическом обмене. Он обладает сосудорасширяющим действием, входит в состав ферментов.

Суточная потребность в магнии — 400 мг. Почти половина этой нормы удовлетворяется за счет хлеба и крупяных изделий. В хлебе содержится около 90 мг% магния, овсяной крупе — 116 мг%, ячневой — 50 мг%, горохе — 107 мг%, фасоли — 103 мг%. Из других источников питания следует выделить орехи — 170–230 мг% магния. Молоко (13 мг%), творог (23 мг%) содержат относительно мало магния, но в хорошо усвояемой форме. Большинство овощей бедны магнием (10–40 мг%) (табл. I).

При нормальном питании потребность организма в магнии, как правило, полностью обеспечивается. В некоторых важных процессах магний вступает как антагонист кальция; избыток магния снижает усвояемость кальция. Оптимальные соотношения кальция и магния, как отмечалось, 1:0,5, чего нетрудно добиться обычным подбором пищевых продуктов.

Нарушение магниево-кальциевого равновесия наблюдается при рахите, когда магний из крови переходит в кости, вытесняя из них кальций. Недостаток в пище солей магния нарушает нормальную возбудимость нервной системы.

Магнием богаты растительные продукты. Концентраатами магния являются некоторые водоросли; магний входит в состав зеленого фермента растений — хлорофилла. Для обогащения им диеты используют пшеничные отруби, орехи, сухофрукты, некоторые крупы и овощи, бобовые.

ФОСФОР

Тело человека в среднем содержит около 1,5 кг фосфора. Из этого количества 1,4 кг приходится на кости, около 130 г на мышцы и 12 г — на нервы и мозг. Почти все важнейшие физиологические процессы, происходящие в нашем организме, связаны с превращением фосфоорганических веществ.

Фосфор — важнейший элемент, входящий в состав белков, нуклеиновых кислот, костной ткани. Кроме того, что очень важно, соединения фосфора принимают участие в обмене энергии. Адено-

зинтрифосфатная кислота и креатинфосфат являются аккумуляторами энергии. С их превращениями связаны мышечная и умственная деятельность, жизнеобеспечение организма.

Многие соединения фосфора с белками, жирами образуют комплексные соединения, обладающие высокой биологической активностью. Фосфор присутствует в живых клетках в виде орто- и пирофосфорной кислот и их производных, а также входит в состав нуклеотидов, нуклеиновых кислот, фосфопротеидов, фосфолипидов, фосфорных эфиров углеводов, многих коферментов и других органических соединений.

Благодаря особенностям электронного строения атомы фосфора, подобно атомам серы, способны к образованию богатых энергией связей в макроэргических соединениях: аденозинтрифосфорной кислоте (АТФ), креатинфосфате и др. В процессе биологической эволюции именно фосфорные соединения стали основными, универсальными хранителями генетической информации и переносчиками энергии во всех живых системах. Другая важная роль соединений фосфора в организме заключается в том, что ферментативное присоединение фосфорильного остатка к различным органическим соединениям служит как бы "пропуском" для их участия в обмене веществ, и, наоборот, отщепление фосфорильного остатка исключает эти соединения из активного обмена. Главную роль в превращениях фосфора в организме человека играет печень. Обмен фосфорных соединений регулируется гормонами и витамином Д.

Важнейшая роль фосфора в регуляции обменных процессов обуславливает высокую чувствительность многих ферментных систем живых клеток к действию фосфоорганических соединений. Многие соединения фосфора чрезвычайно токсичны.

Потребность взрослых в фосфоре 1200 мг в сутки. Из продуктов питания особенно богат фосфором желток куриных яиц. Относительно много фосфора находится в рыбе (около 250 мг %), хлебе (около 200 мг %) и мясе (около 180 мг %). Еще больше фосфора содержится в фасоли (480 мг %), горохе (330 мг %), овсяной, перловой, ячневой крупах (320-350 мг %). В сырах его содержание составляет 500-600 мг %. Основное количество фосфора человек потребляет с молоком и хлебом.

Обычно всасывается 50-90 % фосфора. Меньше, если потребляют растительные продукты, так как он в значительной степени находится в них в виде трудноусвояемой фитиновой кислоты.

Усвояемость фосфора связана с усвояемостью кальция, содержанием белка и другими факторами. Наш организм требует постоянного пополнения этого элемента для обеспечения обменных процессов в костных тканях. В состав костей фосфор входит главным образом в виде фосфата кальция. Зубная эмаль — это тоже соединение фосфора. Дефицит фосфора в организме сказывается на функционировании его отдельных органов.

Нужно иметь в виду, что из животных продуктов всасывается в кишечнике 70 % фосфора, из растительных — 40 %. Замачивание круп и бобовых перед кулинарной обработкой улучшает усвоение фосфора. Последнее уменьшается при недостатке в пище белков и избытке кальция.

Фосфор входит в состав липидов и белков. В пище содержание его в виде органических соединений достаточно велико и при обычном смешанном питании покрывается суточная потребность взрослого человека. Дети испытывают часто недостаток в фосфоре, поскольку содержание его в женском молоке невелико, а фосфор, входящий в состав коровьего молока, ими почти не усваивается.

СЕРА

Сера — жизненноважный элемент, значение которого в питании определяется в первую очередь тем, что он входит в состав белков в виде серосодержащих аминокислот (метионина и цистина), а также в состав некоторых гормонов и витаминов.

Содержание серы обычно пропорционально содержанию белков в пищевых продуктах, поэтому её больше в продуктах животного происхождения, чем растительного.

Потребность человека в сере (около 1 г в сутки) удовлетворяется обычным суточным рационом. Содержание серы в некоторых продуктах составляет (мг %): сыр — 26, мясо — 230, рыба — 200, яйцо — 175, молоко — 29.

Все живые организмы нуждаются в сере. У человека потребность в сере удовлетворяется за счет трех основных аминокислот: цистеина, цистина и метионина, из которых затем при их превращении образуются разнообразные серосодержащие вещества, необходимые для нормального развития и жизнедеятельности организма.

Сера (в составе этих кислот) входит в состав белков, активных центров ферментов и ряда гормонов (в том числе инсулина). Биомолекулы, включающие SH-группы, обеспечивают функционирование одного из основных организмов антиокислительной системы.

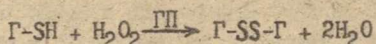
Важную роль играет в организме глутатион-трипептид, образованный аминокислотами: гистеином, глутаминовой кислотой и глицином. Эти сульфгидрильные биомолекулы, выполняя специфические функции в обмене веществ, являются в тоже время важнейшим инструментом противooksидлительной системы.

Антиоксидантное действие глутатиона катализируется специальными ферментами: глутатион-пероксидазы, глутатионредуктазы, глутатион-S-трансферазы).

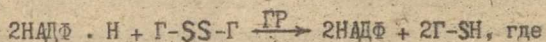
Глутатион присутствует в организме как в окисленной (Г-SS-Г) форме, так и в восстановленной (Г-SH) форме. Последняя форма является преобладающей на 97-99 %.

Перекись водорода, которая образуется на стадии возникновения свободных радикалов и их действия на одну из жирных кислот липидов, очень опасна в организме с точки зрения возможности образования ещё более активных радикалов OH; которые обуславливают повреждение мембранных структур.

Противooksидлительное действие глутатиона можно отразить схемой:



Второй фермент участвует в восстановлении дисульфидной формы:



НАДФ - никотинамиддениндинуклеотидфосфат - кофермент.

Таким образом обеспечивается защита эритроцитов от распада и стабилизация их мембран. И, наконец, третий из названных ферментов предназначен для детоксикации ряда соединений посредством переноса на них атома серы с последующим образованием меркаптидов - соединений серы с металлами, меркаптуровых кислот, а также глутатион - производных чужеродных веществ, которые выводятся из организма.

Можно констатировать, таким образом, что сера, в составе биоконплексов, выполняет жизненно важные процессы.

ХЛОР

Основная масса хлора поступает в организм главным образом в виде хлорида натрия (поваренная соль) и, частично, калия. Поэтому трудно разделить специфическое действие аниона этих солей - хлора и действия самих хлоридов. Специфическая роль хлора заключается в том, что он необходим для обогащения соляной кислоты желудочного сока, концентрация которой в нем достигает 0,4-0,5 %.

Роль соляной кислоты в процессах пищеварения очень велика. Она активизирует ферменты, облегчает расщепление белков, препятствует развитию гнилостной микрофлоры, стимулирует выделение гормонов кишечником. За сутки у человека выделяется до 2 л желудочного сока, содержащего 8-10 г соляной кислоты. Таким образом, клетки слизистой оболочки желудка являются своеобразным небольшим заводом соляной кислоты с годовой производительностью до 3,7 т. Содержится она в желудочном соке как в свободном состоянии, так и в комплексе с белками (около 50 %).

Огромную роль играют хлориды в поддержании осмотического давления плазмы крови, лимфы, спинно-мозговой жидкости, некоторых тканей и регуляции водного обмена. Однако эти функции не являются специфическими для хлора, а характерны для его солей - хлоридов. Так, например, хлорид натрия способствует накоплению влаги в организме, а хлорид калия - её выведению: поэтому в значительной степени регуляция водного обмена зависит не от аниона хлорида, а от катиона.

Суточная потребность взрослого человека в хлоре составляет 2-4 г и покрывается в избытке за счет пищевых продуктов в виде хлоридов натрия и калия.

Б. Биомикроэлементы - необходимый компонент пищи

Биомикроэлементы объединяют значительную группу минеральных веществ, содержащихся в пищевых продуктах в очень небольших количествах, менее $10^{-3}\%$, но характеризующихся выраженным биологическим действием. К биомикроэлементам относятся из неметаллов I, F, остальные представлены металлами, в основном переходными - Fe, Cu, Zn, Mn, Co и др.

Роль этих элементов обусловлена главным образом их способностью образовывать комплексы с разнообразными лигандами, в основном сложными органическими молекулами. При этом данные элементы выступают комплексообразователями, реализуя свои электронно-акцепторные свойства. Вторая особенность этих элементов - участие в окислительно-восстановительных процессах и проявление ими каталитических свойств.

Несмотря на весьма низкое содержание биомикроэлементов в организме человека, значение их в жизненных процессах огромно. Важнейший из этих элементов - железо.

ЖЕЛЕЗО

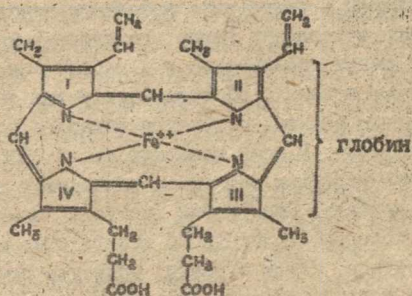
Потребность в железе организма сравнительно велика и поэтому оно занимает промежуточное положение между микро- и макроэлементами. Обычно почти все естественные пищевые продукты содержат железо, но в малых количествах.

Основная масса железа, входящая в состав организма, сосредоточена в красных клетках крови – эритроцитах. Эритроциты содержат дыхательный пигмент гемоглобин, который переносит кислород из легких во все органы и ткани тела. А железо – неперемнная составная часть гемоглобина.

Железо содержится также в близком родственнике гемоглобина – мышечном белке – миоглобине, во многих ферментах, в плазме крови. Кроме того, в мышцах и различных органах тела всегда есть какой-то запас железа, составляющий 18–37 % от его общего количества в организме. Главное депо железа – печень: здесь у взрослого мужчины может быть запасено до грамма железа.

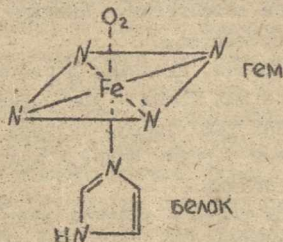
Между всеми тканями и органами, содержащими железо, происходит постоянный обмен с обновлением запаса. Небольшая часть железа расходуется в организме, не обходится и без невозвратных потерь.

Железо играет огромную роль в кроветворении. Простетическая группа в молекуле гемоглобина представлена четырьмя одинаковыми (формула соединения представлена ниже)



Строение гема

железопорфириновыми соединениями ($C_{34}H_{32}O_4N_4Fe$), которые называют гемами. Гемовое железо координационно ненасыщено и 2 дополнительные связи, направленные перпендикулярно плоскости, в которой лежат протопорфирин и атом железа, обеспечивают связь гема с глобином (структурными единицами белкового характера).



Предполагают, что железо образует дополнительные связи с азотом имидазола гистидиновых остатков глобина.

При оксигенации (присоединение гемоглобина к молекулярному кислороду) одна из дополнительных связей железа с имидазолами гистидина в глобине разрывается, при этом возникает связь между железом и молекулярным кислородом (см. рисунок). Так осуществляется перенос кислорода кровью от легких или других органов дыхания к тканям.

Соединение гемоглобина с молекулярным кислородом называется оксигемоглобином. Некоторые группы, например CO, действуют на гемоглобин как яды, поскольку они образуют с железом более прочные комплексы, чем с кислородом. Этим объясняется явление отравления угарным газом, образующимся в результате неполного окисления топлива. Явления частичного отравления газом (головокружение, тошнота, слабость и т.д.) могут наблюдаться и у работников кухни, пользующихся неисправными печами с обогревом открытым огнем.

Миоглобин стал первым белком, структура которого поддавалась пространственной расшифровке. В этой молекуле около 2500 атомов, она состоит из 153 аминокислотных остатков, образующих спираль, свернутую в клубок, — глобулу. Гемоглобин "устроен" значительно сложнее. Его молекула содержит почти 10000 атомов и состоит из 574 аминокислотных остатков, таким образом, молекула гемоглобина почти в четыре раза больше молекулы миоглобина.

Железо содержится не только в дыхательных пигментах, оно содержится также и в птохромах - это гемобелки, принцип действия которых состоит в переносе электронов и (или) водорода в результате обратимого изменения валентности атома железа в геме (в отличие от гемоглобина).

Процесс окисления с помощью птохромов дает побочный продукт, в больших концентрациях губительный для всего живого, - перекись водорода. Организм нуждается в защите от столь опасного агента. Главный защитник - фермент каталаза. Её молекула состоит из четырех субъединиц (наподобие гемоглобина), каждая из которых содержит гем, связанный с полипептидной белковой цепью. Таким образом, и здесь "работают" четыре атома железа.

Еще один железосодержащий фермент участвует в разложении H_2O_2 . Это пероксидаза, содержащаяся в соке поджелудочной железы, печени и почках, лейкоцитах. В молекуле пероксидазы, в отличие от каталазы, лишь один атом железа. Пероксидаза участвует в образовании многих пигментов живого организма.

Железо принимает самое непосредственное участие в реализации и создании защитной системы от радикального окисления липидов. Цепной процесс окисления жирных кислот обрывается за счет взаимодействия свободных радикалов друг с другом и участия ионов Fe^{2+} - они способствуют обрыву цепей окисления липидных молекул. Таким образом, железо принимает самое непосредственное участие в защите липидов мембран от свободнорадикального окисления.

В организм железо поступает с пищей. Однако, чтобы это железо усвоить, организм подвергает его сложным превращениям. Дело в том, что в пищевых продуктах железо находится обычно в трехвалентной форме. Но чтобы попасть в кровь, оно должно миновать естественный барьер - слизистую оболочку кишечника, мембраны клеток которого пропускают железо только в двухвалентной форме - в виде соли $FeCl_2$ и др. Соляная кислота, пепсин, другие кислоты и ферменты, содержащиеся в желудочном соке, способствуют превращению железа в двухвалентное состояние.

Однако из всего железа, находящегося в пище, усваивается от 2 до 20 %. Степень усвоения зависит от многих факторов. Например, если человек плохо пережевывает пищу или ест редко, условия этого процесса резко ухудшаются: кислоты, пепсин и другие реа-

генты просто не успевают восстановить железо, и значительная часть его так и остается в трехвалентной, недоступной для усвоения форме.

Всасывание железа заметно снижается при заболеваниях, связанных с поражениями слизистой оболочки кишечника. Влияет на усвоение железа и состав пищи. Из пшеницы, кукурузы, многих овощей усваивается всего 2-8 % содержащегося в них железа, а из мяса, рыбы, соевых бобов - 15-20 %. Это связано с тем, что зерновые продукты, богатые фосфатами и фитином, образуют с железом труднорастворимые соли и снижают его усвояемость организмом. Чай снижает усвояемость железа в результате связывания его с дубильными веществами в труднорастворимый комплекс. Полезны фрукты, содержащие фруктозу и аскорбиновую кислоту - эти вещества способствуют всасыванию железа, так как образуют с железом хорошо растворимые соединения. Большую роль играют витамины группы В: они стимулируют усвоению белков, которые принимают самое непосредственное участие во всасывании железа.

Потребность в железе у организма мужчины и женщины различна: потребность женщин значительно больше, особенно во время беременности.

Если человек не получает с пищей нужного количества железа, то в ход идут резервные запасы печени. Иногда может оказаться, что резервных возможностей недостаточно, и тогда возникает заболевание - железодефицитная анемия - малокровие. Этому заболеванию больше подвержены женщины (так как у них дефицит железа возникает намного раньше) и дети, особенно в их первый год жизни.

Железодефицитная анемия возникает чаще всего на фоне роста организма при недостаточном поступлении железа с пищей. При железодефицитной анемии (малокровии) уменьшается число эритроцитов в крови и падает гемоглобин. Развитию болезни способствует малая физическая активность и недостаточное пребывание на воздухе. Причиной анемии могут быть приверженность к строгому вегетарианству.

Питание при железодефицитных состояниях должно быть разнообразным. В рацион необходимо включать и растительные и животные продукты. Мясо, рыба, яйца, творог - все это источник хорошо усвояемого железа. Фруктоза, содержащаяся в овощах, фруктах, соках, меде, создает благоприятные условия для усвоения железа, так же, как и аскорбиновая кислота.

Продукты богаты железом (в мг на 100 г съедобной части): говяжья печень - 9, свиная печень - 12, легкое - 10,7, почки - 7-8, яичный порошок - 13, гречневая крупа - 8, пшено - 9, фасоль - 12,4, морская капуста - 16, тахинская халва - 50, черника - 7, пшеничные отруби - 17,3 и т.д.

Всасывание железа зависит от того, в какой из двух форм оно находится: гемовой или ионной. В состав пищи железо входит в виде гидроксидного комплекса, непосредственно связанного с органическими молекулами (белка, аминокислот и т.д.). Перед всасыванием должно произойти расщепление комплекса и восстановление трехвалентного железа. Лучше всего всасывается железо гемоглобина и миоглобина, то есть крови и мышц, поэтому мясо животных и птиц, мясные субпродукты являются лучшими источниками железа.

На усвояемость ионного железа влияет ряд пищевых факторов. Например, с фитатами, оксалатами, фосфатами оно образует нерастворимые соединения, препятствующие всасыванию железа. При добавлении мяса или рыбы к этим продуктам усвоение улучшается, при добавлении молочных продуктов - не меняется, при добавлении яиц - ухудшается.

Гемовое железо связано с порфирином в гемоглобине и миоглобине. В отличие от ионного железа на его всасывание не влияют ни фитаты, ни фосфаты, ни аскорбиновая кислота. Гемовый комплекс всасывается нерасщепленным и расщепляется лишь в клетках эпителия. Гемовое железо всасывается быстрее ионного.

Развитию железодефицитного состояния способствует недостаток в питании белков, витаминов, кроветворных микроэлементов. Так, недостаток белка ухудшает способность железа участвовать в образовании гемоглобина. Этому же способствует преобладание в рационе продуктов, из которых оно плохо усваивается. Дефицит железа в организме возникает при острых и хронических кровопотерях, заболеваниях желудка и кишечника.

ЦИНК

Биологическая роль цинка многообразна. Он участвует в структуре и функционировании ряда ферментов, необходимых для нормальной работы гипофиза, поджелудочной железы. Цинк влияет на проницаемость клеточных мембран, участвует в процессах мембранного транспорта. Он нормализует жировой обмен, повышая скорость распада жиров в организме.

Цинк издавна относят к числу микроэлементов, одинаково важных для организмов растительного и животного происхождения, а следовательно, и для человека. Этот элемент — обязательная составная часть карбоангидразы — фермента, содержащегося в эритроцитах. Число биологических реакций с участием цинка измеряется многими десятками. Вместе с тем точно известно, что избыток цинка в организме вреден.

Значение цинка определяется ещё и тем, что он входит в состав гормона инсулина, участвующего в углеводном обмене. Недостаточность цинка у детей задерживает рост и половое развитие.

В теле взрослого человека в среднем содержится от 1,5 до 2 граммов цинка. Почти две трети этого — не слишком большого количества — находится в мышцах. Из пищи, главным образом из мяса, в организм ежедневно поступает около 14–15 мг цинка. Большая часть его 11–12 мг в сутки — выводится организмом. Выходит, что ежедневно человек получает лишь 2,5–4,0 мг цинка, которые всасываются кишечником, а затем поступают в плазму крови, где связываются с белками и ферментом карбоангидразой. В таком связанном виде цинк циркулирует с кровотоком и из плазмы крови попадает внутрь клеток, а в конечном счете — снова в мышцы.

Множество биохимических реакций нормально протекают в организме лишь в присутствии достаточного количества цинка. Цинк оказался нужен и для нормального деления растущих клеток. Но и раковых, к сожалению, тоже. Сейчас ведутся работы по дальнейшему изучению роли цинка при онкологических заболеваниях, хотя считать избыток цинка в пище причиной ракового заболевания оснований нет. Показано, однако, что ионы цинка принимают активное участие в развитии раковых опухолей.

Велико значение цинка для нормального функционирования органов чувств человека, органов зрения в первую очередь. Оказалось, что лишь при нормальном содержании цинка достаточное количество витамина А переходит из печени в кровь для участия в дальнейших биохимических превращениях, в том числе и для синтеза родопсина, который за счет конформационного превращения обеспечивает зрительное восприятие. В этом процессе принимает участие фермент-ретинолдегидрогеназа. Но в сетчатке наших глаз этот фермент находится в неактивной форме. Переход же его в активную форму и обеспечивает цинк, находясь в организме в достаточном количестве.

Цинк оказывает существенное влияние и на нормальное восприятие вкуса. Как оказалось, околоушная слюнная железа вырабатывает цинксодержащий белок, который играет важную роль в прогрессах вкусовой чувствительности. Этот белок называли густинном. Недостаток цинка в конечном счете может быть причиной структурных нарушений в слюнных железах.

Нарушения вкусовой чувствительности при недостатке цинка сопровождается и ухудшением обоняния, вплоть до его полной потери.

Все состояния, приводящие к той или иной форме недостатка цинка в организме (инфаркт миокарда, ожоги кожи, хронические болезни печени и почек), вызывают одновременное снижение функций зрения, вкуса и обоняния. Правда, у разных больных эти изменения происходят неодинаково, как правило, преобладают нарушения в работе лишь одного органа чувств, чаще всего зрения.

Содержание цинка в пищевых продуктах обычно колеблется в пределах 150-2500 мкг %. Однако в печени и бобовых оно достигает 3100-5000 мкг %. В молоке цинка содержится 2400 мкг %, гречневой крупе - 2050 мкг %, картофеле - 360 мкг %.

Цинк постоянно присутствует в тканях растений и животных. Богаты цинком грибы, особенно ядовитые. Потребность в цинке организм человека покрывает за счет хлебопродуктов, мяса, молока, овощей. Цинком богаты внутренние органы животных, рыба. Основным источником цинка в питании являются продукты животного происхождения. Одним из факторов, понижающим усвоение цинка, может быть связывание его фитином. Снижают усвояемость цинка также продукты реакции Майяра.

Цинк играет защитную роль при токсикации кадмием.

Отдельные микроэлементы способствуют протеканию ферментативных реакций при изготовлении различных продуктов. Например, цинк используется в качестве компонента питательной среды при брожении. При недостатке цинка снижается активность ряда ферментов, замедляется рост дрожжей, повышается содержание некоторых побочных продуктов, увеличивается продолжительность брожения и чувствительность суслу к температуре.

МЕДЬ

Медь обладает высокой биологической активностью, поскольку она, как и многие другие микроэлементы, входит в состав ферментов и влияет на многие физиологические процессы. Поступая с пищей, медь всасывается в кишечнике, связывается с белком сыворотки

крови - альбумином, затем поглощается печенью, откуда в составе белка возвращается в кровь и доставляется к органам и тканям.

Функция меди особенно проявляется в работе оксидаз, в частности в питохромоксидазе. Среди медь-протеинов особое место занимает церулоплазмин, функционирующий как оксидаза, катализируя окисление аминов, а также метионина и аскорбиновой кислоты. Не менее важной функцией церулоплазмينا является его действие в качестве феррооксидазы, которая регулирует высвобождение депонированного железа из печени, выход его в плазму и образование гемоглобина. Медь обеспечивает скорейший синтез гемоглобина и созревание эритроцитов, способствует превращению железа в органически связанную форму и переносу его в костный мозг.

Большие дозы цинка, железа и кадмия подавляют всасывание меди. Заметно снижает всасывание меди превалирование в рационах питания диетических волокон, аскорбиновой кислоты, пищевых солей фитиновой кислоты. Преимущественно углеводное питание обуславливает выведение меди из организма.

Положительное влияние на всасывание меди в кишечнике может оказывать пища, богатая белками. Всасывание меди из белка животного происхождения значительно выше, чем из растительного. Определенную роль могут играть одностороннее предпочтение определенных продуктов - недостаточное поступление меди может возникнуть, например, при вегетарианской диете, значительных потерях меди при приготовлении пищи.

В продуктах животного происхождения концентрация меди выше и она более доступна для усвоения, нежели медь растительной пищи, в которой ее содержание весьма незначительно. Очень мало меди в молоке и молочных продуктах. Богатым источником меди являются мясные продукты, особенно печень, различные виды рыб, какао, орехи, бобовые, сушеные грибы. Лесные ягоды гораздо богаче медью, чем садовые. Наибольшее количество меди содержится в плодах шиповника, рябины, лесной малины и земляники.

Суточная потребность организма в меди 2 мг.

КОБАЛЬТ

Биологическая активность кобальта определяется его участием в построении витамина B_{12} и его коферментных форм. Он влияет на обмен белка и синтез нуклеиновых кислот, на обмен углеводов и жиров, окислительно-восстановительные реакции в живом организме.

Кобальт — мощный активатор кровотообразования. Он является третьим элементом, участвующим в кровотообразовании, активизирует процессы образования эритроцитов и гемоглобина. В небольших количествах кобальт содержится в селезенке и поджелудочной железе. По-видимому, он участвует в образовании инсулина. Кобальт находится в пищевых продуктах в очень небольших количествах (мг %): печень — 0,019, рыба — 0,04, орехи — 0,012, Суточная потребность 100–200 мкг.

НИКЕЛЬ

Биологическая роль этого элемента выяснена недостаточно. Никель проявляет каталитическую активность во многих процессах, в том числе и окислительных, протекающих в организме. Стимулирует образование Р-активных веществ. Содержание никеля в продуктах растительного происхождения связано в основном с содержанием этого элемента в почвах и водоемах.

Потребность человека в никеле составляет 0,6 мг в сутки. Наибольшее количество никеля сосредоточено в печени, почках, гипофизе, поджелудочной и щитовидной железе. Среди овощей особенно высоким содержанием никеля отличаются салат, свекла, чеснок, морковь.

ХРОМ

Хром — один из биогенных элементов, постоянно входящих в состав тканей растений и животных. Участвует в обмене липидов, белков, углеводов (структурный компонент глюкозоустойчивого фактора).

Биологическая активность хрома объясняется главным образом его способностью образовывать комплексные соединения. Особенно сильно такую способность проявляет трехвалентный хром. Например, он участвует в стабилизации структуры нуклеиновых кислот. От присутствия хрома зависит интенсивность тканевого дыхания; он активизирует систему дыхательного фермента питохромоксидазы. Хром входит в состав пищеварительного фермента трипсина — по одному атому на каждую молекулу фермента.

Важное участие принимает хром и в процессах обмена глюкозы: его отсутствие в рационе питания повышает концентрацию глюкозы в крови и моче, что наблюдается при сахарном диабете, когда в организме не вырабатывается в достаточном количестве гормон инсулин. Возможно, что в отсутствии хрома падает активность инсулина.

Основной источник поступления хрома в организм — пища. Снижение содержания хрома в пище и крови приводит к уменьшению скорости роста, увеличению холестерина в крови и снижению чувствительности периферийных тканей к инсулину.

МАРГАНЕЦ

Марганец — активатор ряда ферментов, участвует в процессах дыхания, фотосинтезе, биосинтезе нуклеиновых кислот и других веществ, усиливает действие инсулина и других гормонов, влияет на кроветворение и минеральный обмен.

Функции марганца связаны с деятельностью ряда ферментов, гормонов и витаминов. Марганец оказывает значительное влияние на рост, размножение, кроветворение, иммунитет, обмен веществ.

Наиболее важной стороной влияния марганца на обмен веществ в организме является его участие в окислительно-восстановительных процессах. Активизируя карбоксилазу, марганец участвует в процессах спиртового брожения и аэробного окисления углеводов. Он снижает содержание сахара в крови, усиливает выведение азота из организма, участвует в гемоглобинообразовании. Показана взаимосвязь железа, меди и марганца в кроветворении, возможно за счет синергического действия.

Основным биологическим свойством этого элемента является влияние на состояние костной ткани. Под влиянием марганца повышается активность фосфатаз, стимулируются процессы роста.

Суточное поступление марганца в организм зависит главным образом от компонентов пищи. Основное количество марганца поступает с овощами, фруктами, чаем, зерновыми. Высокое содержание марганца обнаружено в сушеных грибах, черном хлебе, рисе, зеленых листьях овощей. На долю продуктов животного происхождения приходится лишь незначительная часть марганца, поступающего с суточным рационом. При кулинарной обработке пищи теряется до 59 % марганца. При мышечной работе возрастает интенсивность обмена марганца, что может быть восполнено потреблением марганца с пищей. Суточная потребность в марганце — 5-10 мг.

Что касается других микроэлементов (молибден, ванадий, бор и др.), то потребность в них организма человека окончательно не установлена. Возможно, она очень низка и полностью удовлетворяется обычным рационом. Во всяком случае у людей неблагоприятных явлений, связанных с недостатком этих микроэлементов, пока не обнаружено.

6. Дефицит и токсичность тяжелых металлов

Физиологическое действие микроэлементов при поступлении в организм обусловлено не только их количеством, но и формой их связей с содержащимися в пищевом сырье химическими компонентами. Поэтому в пищевых продуктах микроэлементы могут находиться как в легко —, так и в трудноусвояемой форме.

Недостаточное поступление микроэлементов в организм может быть связано с наличием в пище соответствующих веществ, препятствующих утилизации минеральных составляющих пищи, в первую очередь кальция, железа, цинка и меди. К таким веществам относятся природные агенты, образующие с этими металлами труднорастворимые комплексные соединения.

Фитин, или гексафосфорный эфир инозита, имеет химическую структуру, которая особенно благоприятствует образованию прочных комплексных соединений с ионами различных металлов. Помимо лактовых, фитин наиболее распространен в бобовых и некоторых овощах. Его содержание в пшенице, кукурузе, фасоли, горохе составляет около 0,5 %.

Важным деминерализующим фактором пищи является щавелевая кислота. Она образует с кальцием практически нерастворимые в воде соли. Продукты, богатые щавелевой кислотой, способны резко уменьшить усвояемость кальция в организме и тем самым вызвать тяжелые отравления. Наиболее богатыми источниками щавелевой кислоты (от 0,3 до 1 %) являются шпинат, ревень, красная свекла, чай, бобы какао. В большинстве фруктов щавелевой кислоты содержится относительно немного.

Дефицит ряда элементов в организме может быть обусловлен различными факторами, приводящими к усилению процессов распада (катаболизма): ожогами, множественными травмами, голоданием и рядом заболеваний, например, выделение хрома через почки возрастает при диабете, при белковой или углеводной диете.

Потеря минеральных веществ нежелательна в процессе кулинарной обработки, т.к. наш организм лишается необходимых минеральных веществ, крайне необходимых для обеспечения жизненно важных процессов. Однако вреден и их избыток, особенно высокотоксичных, таких, как ртуть, кадмий, свинец, мышьяк. Медь, цинк, железо и олово в избыточных количествах также вредны для организма. Избыток меди, селена, молибдена, бора, никеля, алюминия, хрома,

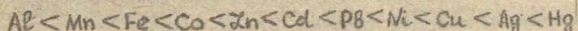
олова, цинка, которые могут возникнуть при выращивании растительных продуктов на почвах, обогащенных этими микроэлементами, также не желателен.

Химический состав пищи и воды в известной мере отображает состав окружающей среды. В районах, основанных на продуктах питания местного производства, недостаток или избыток минеральных компонентов пищи может быть следствием геохимических особенностей региона.

Различные загрязнения при приготовлении пищи также могут вызвать токсические явления. Следует иметь в виду, что в конечный продукт могут переходить некоторые микроэлементы и в технологическом процессе, например, за счет недостаточно качественного оборудования, при хранении консервов с нарушением лакового защитного слоя. Чаще всего такими нежелательными примесями являются железо, олово.

Содержание металлов в готовых продуктах зависит от контакта продукта с металлами при варке. В зависимости от вида посуды дневное потребление человека может колебаться в пределах (мг): II-6 Fe, II-9 Zn, 2-1 Cu, 0,4-0,1 Pb. Содержание металла в готовых блюдах связано также с качеством используемой для варки воды. Водопроводная вода может обеспечивать ежедневное поступление в организм (мг): 32 Fe, 29 Zn, 12 Cu.

В специальной токсикологической литературе представлен ряд токсичности металлов:



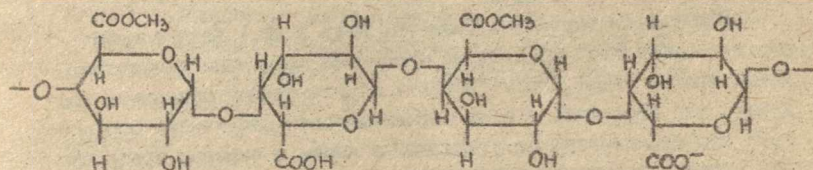
Необходимо отметить, что избыток даже жизненно важных микроэлементов в пище, обусловленный загрязнением окружающей среды или повышенным геохимическим фоном, оказывает вредное воздействие на организм человека. Например, известны тяжелые, в том числе и смертельные отравления, вызванные пищевыми продуктами, которые хранились в оцинкованной или оловянной посуде. Установлено, что при этом образуется хлорид и сульфат цинка, а уже 1 г сульфата цинка может вызвать у человека серьезное отравление.

Немаловажное значение при токсикации организма тяжелыми металлами имеют меры по его защите от их вредного влияния. Отдельные экстрактивные вещества защищают организм от вредного действия тяжелых металлов. Использование чая при отравлении тяжелыми металлами основано на связывании их танинами. Аналогичными

свойствами обладают пектины - компоненты пищевых волокон плодовых и ягодных культур. Пектины способны образовывать комплексы за счет свободных - COOH - групп и выводить тяжелые металлы из организма.

Пектиновые вещества - это группа высокомолекулярных полисахаридов, входящих в состав клеточных стенок и межклеточных образований растений. Основным структурным компонентом пектина является галактуроновая кислота, из молекул которой строится главная цепь, а в состав боковых цепей входят L - арабиноза, D - галактоза и рамноза. Часть кислотных групп этерифицирована метиловым спиртом, часть существует в виде солей.

Ниже представлен участок цепи полигалактуроновой кислоты, в которой часть карбоксильных групп метилирована.



Наибольшее количество пектиновых веществ находится в плодах и корнеплодах. Количество пектиновых веществ в овощах и плодах колеблется от десятых долей процента до 1,1 % (на сырую массу съедобной части).

Пектиновые вещества в растительных продуктах представлены двумя формами: нерастворимой - протопектином и растворимой - пектином. Основную массу пектиновых веществ составляет протопектин (около 75 %).

Степень метилирования пектина в разных продуктах неодинакова (в %): свекла - 72, морковь - 59, капуста - 65, кабачки - 40 и т.д. Карбоксильные группы галактуроновых кислот могут быть частично связаны с катионами поливалентных металлов через солевые мостики (Ca, Mg), часть метилирована, а часть могут быть свободны, сохраняя способность связывать ионы тяжелых металлов. Чем меньше степень метилирования, тем больше свободных карбоксильных групп. Пектины со степенью метилирования меньше 50 % называют низкометилированными, а более - 50 % - высокометилированными.

При варке овощей и фруктов, при их созревании нерастворимый протопектин переходит в растворимый. При этом солевые мостики разрываются, ионы двухвалентных металлов замещаются одновалентными (натрием, калием) и способность связывать ионы тяжелых металлов увеличивается. Эту способность связывать ионы тяжелых металлов характеризует условный показатель – кальцийосадительная способность – (в мг осажденного кальция на 100 г сока). Следует иметь в виду, что связывать ионы тяжелых металлов в пектинах могут только неметилованные карбоксильные группы.

Свойства пектиновых веществ связывать ионы тяжелых металлов, поступающих в организм с пищей в избыточных количествах, используются при подобных токсикациях, а также в профилактических целях и тем самым определяют пищевую ценность овощей, фруктов и продуктов на их основе.

Ряд тяжелых металлов (железо, медь и др.) даже в небольших концентрациях, лежащих за пределами предельно допустимых концентраций (ПДК), могут вызвать нежелательное окисление продукта, что связывается с их каталитическим действием. Особенно ярко это проявляется по отношению к жирам и жировым продуктам – эти металлы вызывают прогоркание их, особенно при длительном хранении.

Показано, что отдельные металлы, обладающие каталитической активностью (Fe^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+}), влияют на степень окисления липидов в свинине, индейке, рыбе и мясе цыплят. Их влияние более выражено в вареном мясе, чем в сыром, по-видимому, вследствие денатурации липопротеидов и дестабилизации структуры мышца. Под действием прооксидантов степень окисления липидов изменялась в следующем порядке: рыба > индейка > мясо цыплят > свинина > говядина > молодая баранина. Предполагается, что такая последовательность отражает степень ненасыщенности фракций триглицеридов.

7. Микроэлементы VI и VII групп в организме

СЕЛЕН

Селен играет важную роль в антиоксидантной системе организма; его дефицит является одним из факторов возникновения опухолей. Селен поступает в организм человека из почвы через растения и продукты животноводства. Среди этих источников важнейшим является пшеница. Содержание селена в ней по некоторым данным может варьировать в пределах 23-516 мкг/кг.

Селен является незаменимым фактором питания. С явлением недостаточности селена связаны такие заболевания, как токсическая дистрофия печени, мышечная дистрофия, экссудативный диатез, размягчение мозга и пр.

По строению атома селен во многом подобен сере. Селен включается в различные клеточные и внеклеточные структуры. Больше всего селен обнаруживается в белках с высоким содержанием тистина. Полагают, что при этом происходит образование селенотрисульфидов, которые, подобно SH-группам мембранных белков, регулирует стабильность и проницаемость биомембран.

Специфический фермент глутатионпероксидаза (ГП) содержит 4 атома селена и участвует в механизме защиты клеточных мембран от токсического действия пероксидов. В процессе обмена веществ возникают определенные взаимоотношения между селеном, витамином Е и серосодержащими аминокислотами, как компонентами антиокислительной системы. Функциональную их взаимосвязь можно представить в виде следующей схемы:

индукторы

ненасыщенные липиды $\xrightarrow{\text{витамины Е}}$ липопероксиды $\xrightarrow{\text{ГП}}$ продукты окисления липидов

$\xrightarrow{\text{повреждение биоструктур}}$
 SH- и ГП (Se)

\uparrow
 S- аминокислоты.

Из схемы видно, что витамин Е ингибирует образование липопероксидов и прерывает цепь свободно-радикального окисления, нейтрализуя свободные радикалы в момент их возникновения. Восстановленный глутатион и селенсодержащая ГП превращают образующиеся при окислении липидов липопероксиды в менее токсичные оксикислоты, предотвращая повреждение биоструктур. При этом пополнение глутатиона осуществляют серосодержащие аминокислоты. Активная синтез глутатиона происходит в процессе превращения метионина в цистеин с участием селена и витамина Е.

Имеются сообщения о способности селена защищать живой организм от токсического действия ртути - этот факт можно связать с той легкостью, с какой селен подвергается метилированию.

Многочисленные данные свидетельствуют о наличии взаимосвязи между пищевой потребностью в селене и витамине Е. Было высказано предположение, что витамин Е предохраняет восстановленный селен от окисления.

ФТОР

Самый активный элемент УП группы - фтор. От всех других представителей группы он отличается рядом аномальных свойств и среди них особенно важно то, что фторид кальция нерастворим. Хлорид, бромид и йодид кальция растворимы в воде и поэтому могут быть основой костной ткани. Что же касается фторида кальция, он не растворим в воде, и поэтому используется организмом для построения костной ткани. Содержание фтора в нашем организме около 100-300 мг на 1 кг массы тела и, следовательно, количество его в теле человека, весящего около 80 кг, составляет 8-24 г.

Органических соединений этого элемента в животных организмах не обнаружено. Основная масса его содержится в виде нерастворимого фторида кальция. Таким образом, роль фтора в нашем организме скорее пассивная, чем активная: он входит в состав костей и, особенно, зубной эмали. Однако костная ткань живая, и хотя не очень активно, но участвует в общем обмене веществ. Поэтому фтор требуется нам не только в период роста и формирования кости скелета и зубов, но и тогда, когда эти процессы закончились. Следовательно, он должен поступать в организм на протяжении всей жизни человека.

Пищевые продукты не могут служить существенными источниками пополнения организма фтором, так как ни в теле животных, ни в растениях нет органических усвояемых соединений фтора (кроме одной из губок), а в зольном остатке содержатся нерастворимые фториды. Главным источником соединений фтора является питьевая вода. Оптимальное содержание в ней фтора около 1-1,5 мг в литре. При недостатке фтора в воде возникает кариес зубов и снижается прочность костей скелета. Конечно, часть фтора может поступить и за счет содержания его в тканевой жидкости продуктов, но основную массу доставляет питьевая вода.

Нерастворимость фторидов кальция, с одной стороны, играет положительную роль, делая его прекрасным и пластичным материалом для формирования костных тканей, но, с другой стороны, она же служит причиной возникновения при избытке фтора тяжелого заболевания - флюроза. Сущность этого расстройства обмена веществ состоит в том, что нерастворимые фториды вытесняют растворимые соединения кальция. В результате кости и зубы делаются хрупкими, на зубной эмали появляются темные пятна, происходит обизвесткование связочного материала суставов.

Так, в данном случае подтверждаются неприменимые законы диалектики: количество переходит в новое качество, Одно свойство соединений фтора переходит в свою противоположность.

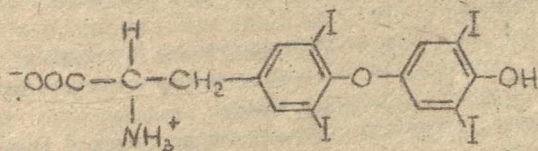
При хронической интоксикации фтором нарушаются не только фосфорно-кальциевый обмен, но и работа печени, почек, сердца, желез внутренней секреции. Имеются данные, что наличие в воде уже 1,5 мг/л фтора вызывает серьезное расстройство функций периферической нервной системы.

Высокие концентрации ионов фтора опасны ввиду их способности к ингибированию ряда ферментативных реакций, а также к связыванию важных в биологических отношениях элементов (P, Ca, Mg и др.), нарушающие их баланс в организме.

Пищевые продукты не накапливают фтора. Для профилактики фторифицируется вода и применяются фторированные зубные пасты. В пищевых продуктах фтора содержится мало. Исключение составляют морская рыба - в среднем 700 мг %, скумбрия - до 1400 мкг %; чай грузинский - 76000 мг %. При заваривании чая 2/3 фтора переходит в раствор, в результате чего в чашке чая может содержаться 0,1-0,2 мг фтора.

Иод

В отличие от двух более легких элементов VII группы периодической системы, йод входит в состав не минеральной, а органической части нашего тела, и роль его в отличие от фтора активная, так как он участвует в образовании гормонов щитовидной железы. В щитовидной железе йод накапливается в виде органических соединений ди- и моноидотирозина, которые, конденсируясь, образуют фермент тетраидотиронин или тироксин - основной фермент гормона щитовидной железы. Гормоны щитовидной железы образуются в результате метаболических превращений тирозина.



тироксин

Этот гормон усиливает основной обмен и тем самым теплопродукцию организма, оказывает влияние на рост тканей, усиливает окислительные процессы, тонизирует мышцы.

Роль йода в жизни человека весьма многогранна. Интересно отметить, что история лечебного применения йода уходит в глубь веков. Целебные свойства веществ, содержащих йод, были известны за 3000 лет до того, как был открыт этот элемент. В древне-китайской рукописи 1567 года до н.э. для лечения зоба рекомендуются водоросли...

В 1854 году француз А.Шатен - химик-аналитик - обнаружил, что распространенность заболевания зобом находится в прямой зависимости от содержания йода в воздухе, почве, в потребляемой людьми пище.

Йод полезен лишь в малых дозах, а в больших он токсичен. Йодиды тоже. Они инактивируют и тормозят действие многих ферментов.

Организм человека не только не нуждается в больших количествах йода, но и с удивительной точностью сохраняет в крови постоянную концентрацию от 10^{-5} до 10^{-6} % йода, так называемое йодное зеркало крови. Если ввести в организм с пищей значительное количество неорганических солей йода, концентрация его в крови может повысится в 1000 раз, но через 24 часа йодное зеркало крови приходит к норме. Уровень йодного зеркала строго подчиняется закономерностям внутреннего обмена.

Недостаток йода вначале приводит лишь к небольшому увеличению щитовидной железы, но, прогрессируя, эта болезнь - эндемический зоб - поражает многие системы организма. В результате нарушается обмен веществ, замедляется рост. В отдельных случаях эндемический зоб может привести к глухоте, кретинизму и т.д. Болезнь чаще встречается в горных районах и в местах, удаленных от моря. Борьба против этой болезни проводится прежде всего средствами профилактики - йодосодержащая диета, в том числе использование йодированной соли.

Развитию болезни способствует преимущественно углеводное питание, недостаток животных белков, витаминов С и А, некоторых микроэлементов, избыточное потребление жиров.

При атеросклерозе, отравлении алкалоидами прописывают йодную настойку как внутреннее.

Иод — элемент достаточно редкий. Его кларк — всего $3 \cdot 10^{-5}\%$ (содержание в земной коре в весовых процентах). Он крайне рассеян в природе. Как и многие другие элементы, йод в природе совершает круговорот, на определенных этапах которого он аккумулируется живыми и растительными организмами и попадает через пищу в наш организм.

В крови происходит постоянное замещение неорганических соединений йода органическими: щитовидная железа захватывает неорганические соединения йода, а из щитовидной железы в кровь поступают органические соединения йода — гормоны.

Основным источником йода для нашего организма является питьевая вода. Поэтому в тех регионах, где содержание его в воде очень мало, может возникнуть дефицит йода, что приводит к развитию заболевания эндемического зоба. К таким регионам относятся зона Нечерноземья, таежно-лесные, пустынные и горные районы. Суточная потребность в йоде $0,1-0,2$ мг в день (около 3 мкг/1 кг массы тела). При беременности и усиленном росте потребность в йоде возрастает. Увеличивается потребность в нем и при охлаждении, так как он стимулирует процессы окисления.

Кроме питьевой воды источником йода служат и пищевые продукты, так как мышцы животных и растений способны аккумулировать йод, поглощая его из окружающей среды. Основные запасы йода сосредоточены в мировом океане, где концентрация его составляет $5 \cdot 10^{-5}$ г в литре. Из морской воды йод поглощают водоросли (фукус, ламинарии и др.), в которых содержание его возрастает в тысячи раз и достигает 1 %. Накапливается йод и в теле морских рыб, беспозвоночных (креветки, мидии). Наибольшее количество йода содержится в морских продуктах, рыбе (до 400 мкг/100 г). Очень богаты йодом морская капуста (0,54 %), продукты на её основе. Содержание йода в обычных пищевых продуктах невелико — $4-15$ мкг%.

При кулинарной обработке и длительном хранении продуктов содержание в них йода уменьшается. Так, при варке картофеля peelными клубнями теряется около 30 % его, а измельченных — до 50 %.

Следует так же напомнить, что при загрязнении окружающей среды продуктами ядерного распада в почву, воздух и пищевые продукты могут попадать радиоактивные изотопы йода. Они быстро внедряются в общую систему обмена крови и накапливаются в щитовидной железе. Особенно опасно их попадание в организм детей, у которых

щитовидная железа очень мала. С целью уменьшения накопления йода в щитовидной железе рекомендуется резко увеличить содержание неактивного йода в рационе и даже принимать йодосодержащие препараты в количестве 100-200 мг в сутки.

БРОМ

Между хлором и йодом в УП группе элементов находится бром, но роль его в нашем организме изучена меньше, чем других галогенов. Поэтому его и не относят к биогенным микроэлементам. Установлено, что он содержится в крови здорового человека в количестве от 0,11 до 2,6 мг в 100 г, накапливается в щитовидной железе, почках и гипофизе.

Препараты брома используются в медицине, так как бром содействует нормализации нервной системы, усиливает процессы торможения в том случае, если они нарушены в результате перенапряжения. Однако при этом нельзя забывать, что бром способен избирательно поглощаться в щитовидной железе, вытесняя соединения йода и этим нарушая течение нормальных обменных процессов.

8. Источники поступления в организм минеральных веществ

Отдельные источники поступления в наш организм минеральных веществ уже отмечались при рассмотрении изложенного выше фактического материала. Пищевая ценность продуктов, однако, определяется иногда не столько содержанием отдельного компонента, сколько их сочетанием. Поэтому представляет интерес рассмотреть этот вопрос по основным видам сырья и продуктов на их основе.

Мука и продукты на её основе. Вопрос о роли минеральных веществ зерна, муки и хлеба в снабжении человеческого организма этими веществами приобретает особую остроту и актуальность при повышенном потреблении хлеба и сравнительно большей дозе зерновых продуктов в диете.

Содержание минеральных веществ в муке и хлебе наиболее высоко в муке из цельного зерна и приготовленном из нее хлебе, а наиболее низко в муке высшего сорта и соответствующем хлебе. Данное обстоятельство объясняется тем, что химические компоненты распределены внутри основных составных частей зерна неодинаково. Так, в эндосперме больше содержание белка, липидов, витаминов, а минеральных веществ - в наружных, примыкающих к алейроновому слою частях. При переработке зерна и получении муки в основном удаляется оболочка зерна и алейроновый слой, что обедняет минеральный

состав муки.

Пищевая ценность любого продукта оценивается в первую очередь количеством усвояемых организмом веществ. Это обстоятельство особенно характерно для зерновых и зернобобовых продуктов. Дело в том, что от 60 до 80 % фосфора в этих продуктах представлено в виде соединений фитиновой кислоты (мисо-инозитгексафосфата), которая не только не усваивается организмом, но со многими минеральными веществами (железо, кальций, магний, цинк, марганец и т.д.) образует нерастворимые соединения, также не усвояемые организмом.

С точки зрения физиологии питания наибольшие значения среди минеральных компонентов зерна имеют кальций, а также фосфор и железо, усвояемость которых в значительной степени снижается из-за образования нерастворимых солей фитиновой кислоты. За счет связывания кальция оптимальное соотношение Ca:P снижается в неблагоприятную сторону.

Исходя из расчета среднего потребления хлеба разного сорта и условной калорийности суточного рациона в 3000 ккал показано, что покрытие потребности микроэлементами составляет (%): кальций - 16,1; фосфор - 51,8; магний - 63,8; железо - 58,7.

Видна явная недостаточность кальция в хлебе. Показано, что хлеб из муки любого выхода и сорта нуждается в обогащении кальцием, а хлеб из пшеничной муки высшего сорта - также и обогащением железом. Больше фитина содержится в хлебе низших сортов; отношение $\text{PO}_4^{3-}:\text{Ca}^{2+}$ можно увеличить введением в хлеб лактата кальция или пищевого мела. При этом усвоение кальция из черного хлеба повышается.

Значительна и роль фитазы как фактора пищевой ценности хлеба, определяющего в значительной степени усвояемость содержащихся в хлебе кальциевых солей. В процессе брожения и на первых стадиях выпечки хлеба происходит расщепление фитатов. Дрожжи способствуют не только созданию оптимальных условий для действия фермента, но и сами содержат активную фитазу.

Неблагоприятное действие фитата может быть ослаблено путем добавления в пищу фосфорнокислого кальция, однако этот препарат отрицательно влияет на качество хлеба. Тем не менее, опыт показывает на необходимость обогащения муки и хлеба кальциевыми солями. Пока же идеальным методом обогащения хлеба кальцием является введение в хлеб обезжиренного молока - натурального продукта высокой

питательности, содержащего все минеральные вещества, витамины и белки.

Повысить содержание железа в хлебе можно либо соответствующим изменением процесса помола, либо добавлением солей этого элемента к муке высшего сорта. Как содержащиеся в зерне натуральные соединения железа, так и добавляемые в муку препараты, хорошо усваиваются из пищеварительного тракта и достаточно эффективно используются организмом.

Молоко и молочные продукты. Что касается минеральных веществ молока и его продуктов, то в них особенно много кальция и магния (в молоке — 120 мг % кальция и 143 мг % магния), причем в легкоусвояемой форме, в виде солей лимонной кислоты. Недаром молочные продукты — главный поставщик кальция в нашем питании. Богато оно и легкоусвояемым фосфором (90 мг %), причем соотношение кальция и фосфора близко к оптимальному. Много кальция и фосфора в сыре и твороге — также в хорошем сочетании кальция и фосфора.

Минеральный состав некоторых продуктов представлен в табл. 4. Следует иметь в виду, что жировые продукты минеральными веществами значительно беднее.

Таблица 4

Содержание некоторых минеральных веществ (мг) в молочных продуктах (в скобках — примерная доля от суточной потребности, %)

Минеральные вещества	Молоко, чайный стакан	Кефир, чайный стакан	Сыр голландский, 100 г	Творог жирный, 100 г
Кальций	303 (38)	300 (38)	1040 (130)	150 (19)
Фосфор	228 (19)	238 (20)	544 (45)	216 (18)
Магний	35 (9)	35 (9)	56 (14)	23 (6)
Железо	0,2(2)	0,2(2)	1,1 (8)	0,5(4)

Большая часть фосфата кальция в молочных продуктах связана с казеином в виде казеинкальцийфосфатного комплекса. Фосфор входит и в состав белков. С белком также связана часть микроэлементов, в том числе цинк, железо, медь.

Мясо, рыба, яйца. Микроэлементная обеспеченность мяса и мясных продуктов видна из табл. 5. Вне всяких сомнений, у мяса высокая, редкостная пищевая ценность. Однако избыток мяса, более 12 % по ка-

лорийности, нежелателен, так как пренебрежение этого может способствовать нарушению минерального обмена (мясо богато фосфором, но бедно кальцием).

Таблица 5

Содержание некоторых минеральных веществ 100 г продуктов (в скобках - примерная доля от суточной потребности)

Продукты	Минеральные вещества, мг			
	Ca	P	Fe	Mg
Говядина отварная	30 (4)	184 (15)	1,4 (10)	
Свинина жареная	22 (2)	180 (16)	1,4 (10)	
Колбаса отдельная	7 (1)	167 (14)	2,1 (15)	
Треска жареная	30 (4)	167 (14)	0,8 (6)	23 (6)
Морской окунь отварной	24 (3)	156 (13)	1,3 (9)	11 (3)
Курица отварная	36 (5)	166 (14)	2,2 (16)	22 (6)
Яйцо всмятку	59 (7)	216 (18)	2,5 (18)	13 (3)

Содержание минеральных веществ в мясе различных видов животных колеблется от 0,8 до 1,3 %. Они представлены (в мг на 100 г): натрием (40-108), калием (189-370), кальцием (6-30), магнием (17-25), фосфором (130-246), железом (1,3-4,4) и другими элементами.

Из табл. 5 следует, что блюда из птичьего мяса и куриных яиц - существенные источники фосфора и железа в питании.

Мясо содержит значительные количества легкоусвояемых форм важнейших минеральных веществ: например, железо усваивается из мясных продуктов в три раза лучше, чем из растительных.

Минеральный состав рыб более разнообразен, чем мяса, в основном благодаря микроэлементам. Если микроэлементов в рыбе примерно столько же, сколько и в мясе (0,2 % фосфора, 0,3 % калия, 0,03 % кальция, 0,1 % натрия), то йода в морской рыбе 50-150 мкг %, фтора - 400-1000 мкг %, а это примерно в 10 раз больше, чем в мясе.

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что рыба и рыбные продукты являются важным источником минеральных веществ в питании. Вместе с тем замечено, что хищные (например, тунцовые) рыбы могут накапливать токсические элементы (ртуть, свинец, кадмий), но эти концентрации соответствуют допустимым уровням ПДК.

Хотя общее содержание макро- и микроэлементов в яйце не отличается существенно от мяса наземных животных (кроме кальция, которого в яйце в 2-3 раза выше), важно то, что все минеральные вещества находятся в легкоусвояемой форме.

Овощи, фрукты и ягоды. Все овощи, фрукты и ягоды – хорошие источники минеральных веществ. Калием особенно богаты картофель (570 мг %), персики, черная смородина, абрикосы, виноград и крыжовник (от 260 до 360 мг %). Железа много содержится в чернике (0,7 мг %), в черной смородине, малине и землянике. Красный виноград накапливает рубидий, груши – кобальт, абрикосы и земляника – марганец, черная смородина – молибден. Пожалуй, наиболее ценным в этих продуктах является их широкий микроэлементный состав.

Общее содержание минеральных веществ в овощах, фруктах и ягодах невелико (0,5–1 %), но они находятся, как правило, в легкоусвояемой форме и поэтому играют заметную роль в питании.

Биологическая ценность плодов и овощей состоит в том, что они являются основными источниками минеральных веществ, главным образом щелочного характера. Если мясо, рыба, яйца, хлебобулочные и крупяные изделия отражаются в организме на кислой среде, то плоды и овощи – на щелочной. Это обуславливается тем, что в плодах и овощах содержатся преимущественно щелочные элементы (60–80 %) – калий, кальций, магний и др. и в меньшей степени минеральные элементы кислотного характера – сера, хлор, фосфор и др.

Кондитерские изделия. Кондитерские изделия, часто нами употребляемые, также имеют соответствующий набор минеральных веществ. Питательная ценность их часто определяется характером используемого сырья и вводимыми добавками. Сахар, карамель мало содержат минеральных веществ. Зато шоколадные конфеты содержат 200–400 мг % калия. Поскольку печенье на 70 % состоит из муки, в него входит соответствующий набор минеральных веществ. Минеральных веществ в пирожных и тортах обычно меньше, чем в печенье. Содержит микроэлементы и мед (натуральный): 0,8 мг % железа; 0,1 мг % фтора; 2,0 мкг % йода.

Грибы. Известно, что грибы обладают высокой питательной ценностью. Но как ни важна питательная ценность грибов, все же такой критерий уходит в прошлое. Ныне специалисты едины в том, что главный грибной дар – биологически активные вещества: витамины, ферменты, антибиотики и микроэлементы.

Главное богатство грибов – микроэлементы. В пище современного человека их часто не хватает, поскольку большая часть микроэлементов теряется при изготовлении продуктов. Зато к грибам это не отно-

сится: кулинарная обработка почти не обедняет их микроэлементный состав.

Грибы — ценный источник железа — важнейшей составной части гемоглобина крови. Особенно богаты им лисичка, масленок, подберезовик. В грибах содержатся также значительные количества меди, цинка, марганца — все они чрезвычайно важны для организма человека. Макроэлементный состав грибов в основном представлен солями калия. В отличие от овощей и плодов в грибах содержится больше железа, серы и фосфора.

Напитки. Важным источником поступления в организм минеральных элементов являются минеральные воды. Они разделяются на три группы: природные столовые, минерализация которых не превышает 0,2 % ("Московская", "Полюстрово" и т.п.); лечебно-столовые с минерализацией 0,2–0,8 % (типа "Боржоми", "Дилижан"); наконец, лечебные, с минерализацией свыше 0,8 % ("Ваталинская", "Дугела" и др.). Лечебные воды, содержащие в больших количествах биологически активные вещества, пьют в строго дозированном количестве и только по назначению врача, иначе можно нанести вред здоровью, лечебно-столовые воды не следует пить часто без медицинских показаний. В "Боржоми", например, содержится около 350 мг % фтора, 480 мг % стронция и 1200 мг % бора, а это нужно и полезно далеко не всем.

Минеральные воды раздражают окончания чувствительных нервов слизистой оболочки рта, желудка, двенадцатиперстной кишки. Действуя на рецепторы, минеральные воды (в первую очередь, содержащие CO_2 , ионы гидрокарбоната HCO_3^- и хлора) стимулируют выделение желудочного сока с повышенным содержанием соляной кислоты, а действие той же воды в двенадцатиперстной кишке вызывает обратный эффект.

При питье углекислых (щелочных) вод происходит некоторое охлаждение организма — уменьшается содержание в нем ионов водорода, необходимых для выработки соляной кислоты.

Минеральные воды чаще используются в лечебных целях, однако в последнее время они все шире используются и просто как столовый напиток.

Общие требования к столовым минеральным водам касаются прежде всего степени их минерализации. Чем больше в воде солей, тем сильнее её действие на организм и тем менее желательно употреблять её как столовую. Для хлоридно-натриевых столовых вод минерализация не должна превышать 4–4,5 г/л, для гидрокарбонатных — примерно 6 г/л,

для вод смешанного состава граница лежит где-то между этими цифрами в зависимости от соотношения хлоридного и гидрокарбонатного ионов. Высокоминерализованные воды не следует употреблять как столовые.

Определенным источником минеральных веществ являются фруктовые газированные напитки, несколько богаче по составу тонизирующие напитки благодаря использованию разнообразных растительных экстрактов. Гораздо полезнее домашние морсы, особенно из сока свежих ягод, а также из варенья и других домашних заготовок.

Богат и разнообразен минеральный состав вина: в нем находится более 20 микроэлементов, в том числе марганец, цинк, рубидий, фтор, ванадий, йод, кобальт и др. Особенно много минеральных веществ в винах, полученных брожением на мезге (выжимках виноградных ягод): катехинских, красных столовых, типа мадеры и др. Более всего они богаты калием (в белых - около 60 мг %, в красных - 140 мг %), фосфором. Токсическое действие сухих виноградных вин минимально.

Современная медицина широко применяет энотерапию (винолечение). Белые вина используются для поддержания ослабленной сердечной деятельности, при атеросклерозе назначают сухие белые вина с минеральными водами. Красные столовые вина рекомендуют при анемии, авитаминозах, заболеваниях костного аппарата. Виноградные вина оберегают от кишечной инфекции. Конечно, есть и противопоказания. Лечиться им можно только по рекомендации врача.

Такой напиток, как пиво, также богат минеральными веществами, экстрагированными из специального ячменного солода. Например, в пиве содержится 44,9 мг % легкоусвояемого магния и кальция.

Морские водоросли. Водоросли (морская капуста, морская трава) древнейшие представители жизни. Морская капуста - это группа бурых водорослей, принадлежащих к семейству ламинариевых (сахаристая, японская, узкая, курчавая ламинарии и другие). Особенно много морской капусты произрастает на прибрежном шельфе морей дальневосточного бассейна. Здесь на глубине 20 и более метров вдоль побережья простираются обширные подводные поля морской капусты.

Развиваясь в морской воде, состоящей из самых разнообразных солей, ламинария всасывает их и избирательно накапливает такие жизненно необходимые организму человека элементы, как йод, калий, натрий, кальций, магний, фосфор, бром, хлор. Особенно удивительна

способность ламинарии накапливать йод. Установлено, что килограмм водоросли содержит столько йода, сколько сто тонн морской воды, иначе говоря, йода в клетках ламинарии в 100 тыс. раз больше, чем в морской воде.

С давних пор водоросли использовались в питании человека.

Морская капуста - ценный пищевой продукт. На всем земном шаре жители прибрежных районов употребляют её в пищу. Особенно широко она используется в Японии. Отсутствие на Японских островах зоба и золотушных заболеваний у детей, низкий уровень нервных заболеваний ученые связывают с употреблением в пищу этой водоросли.

Начала она использоваться как пищевой продукт и у нас в стране. Все большую популярность завоевывает у населения районов, удаленных от морей, сахалинский салат, основу которого составляет морская капуста. Для приготовления блюд водоросль вымачивают в холодной воде, чтобы освободить от избытка йода и солей. Разбухшую капусту шинкуют, варят и готовят из неё целый ряд блюд: она добавляется к супам, мясным блюдам, подается в виде салатов, готовят соус и т.д.

Издавна у многих народов морскую капусту использовали для лечения самых разнообразных заболеваний. Но особенно популярна морская капуста как лучшее средство для лечения заболевания щитовидной железы (зоба). Терапевтический эффект йода усиливается различными органическими компонентами клеток морской капусты и проявляется в несколько иной форме по сравнению с действием элементарного йода.

Морская капуста может быть использована и как природный поливитаминный препарат и как средство, регулирующее обменные процессы в организме человека. Ведь наряду с комплексом витаминов она аккумулирует и множество элементов, растворенных в морской воде. Они-то и входят в большинстве своем в состав ферментов клеток нашего организма, обеспечивают "технологии" всех обменных процессов.

9. Изменение минерального состава в процессе изготовления пищевых продуктов

Продукты из зерна (мука, крупа) получают по разным технологиям. При получении сортовой муки и круп удаляют внешние покровы зерна, для круп используют также шлифование, что ведет к потере минеральных веществ, больше содержащихся в наружных, примыкающих к алейроновому слою частях зерна. Химический состав продуктов переработки зерна изменяется и зависит от технологии. Так, если в среднем в зерне пшени-

ли и ржи зольных элементов содержится около 1,7 %, то в муке в зависимости от сортности от 0,5 (в высшем сорте) до 1,5 % (в обойной). При очистке овощей и картофеля теряется от 10 до 30 % минеральных веществ.

Консервирование может оказывать существенное влияние на микроэлементный состав овощей за счет перераспределения минеральных веществ между плодом и консервируемым раствором.

При изготовлении пищевых продуктов иногда требуется "исправить" минеральный состав исходного сырья. В ряде стран широко практикуется его обогащение различными минеральными добавками, например, обогащенные муки солями кальция и железа.

Практикуется и минерализация хлеба для диетического питания. При этом увеличивается его физиологическая ценность. Для обогащения хлеба минеральными веществами используют молочные продукты, добавки пищевого мела, лактата кальция и другие источники кальция.

Положительное влияние оказывают добавки глюконата кальция: повышается содержание важного для питания минерального элемента, улучшается качество хлеба. Глюконат кальция оказывает положительное влияние на процессы приготовления хлеба вследствие повышения липоксигеназной активности муки; интенсификации газо- и сахарообразования, улучшения физических свойств клейковины и повышения бродильной активности дрожжей. С добавлением 0,5 % глюконата кальция сила муки повышается на 11 %. При этом содержание кальция в хлебе почти удваивается (с 29 до 59 мг/100 г хлеба). Кроме того, эта добавка улучшает усвоение кальция организмом. По этой причине рекомендовано использование диетических сортов хлеба с глюконатом кальция в питании лиц с заболеванием желудочно-кишечного тракта и почечной недостаточностью.

В настоящее время созданы новые виды круп с введением обогаителей (животного и растительного происхождения), что дает возможность повысить в готовом продукте содержание необходимых компонентов (белка, незаменимых аминокислот, витаминов), в том числе и микроэлементов.

Для восполнения минеральных веществ используются различные виды нетрадиционных видов сырья. Предложены, например, белковые концентраты из жмыха томатов, семян кукурузы, шрота льна. Они богаты кальцием, фосфором, железом, медью, марганцем.

Широко используются фосфорнокислые соли для модифицирования пищевых продуктов при организации питания слабых, недоразвитых де-

те, усиливают ими диету для спортсменов. У спортсменов, в связи с большой физической нагрузкой и сильным напряжением нервной системы, потребность в фосфоре особенно велика.

Фосфоросодержащие соединения играют важную физиологическую роль. С несколько иной целью добавляют фосфаты в мясоперерабатывающей промышленности. Здесь, главным образом в производстве колбасных изделий, фосфаты позволяют повысить влагоудерживающую способность мясных продуктов и улучшить их цвет. Они также способствуют лучшему эмульгированию жиров.

Разработаны пищевые продукты с повышенным содержанием натрия для питания лиц, склонных к гипертонии. Потенцируются многочисленные композиции, заменяющие соль и не содержащие Na^+ . Композиции приближаются по вкусу к поваренной соли. Указанные смеси применяют вместо хлористого натрия при изготовлении выпечных изделий, сыров, колбас.

Учитывая большую роль йода для здоровья в районах, в которых вода бедна его соединениями, применяют обогащение поваренной соли йодидом калия. Для этого его добавляют в поваренную соль в количестве 10-25 г на 1 т соли.

10. Тепловая обработка и минеральный состав пищевых продуктов

80 % всех пищевых продуктов проходят в процессе приготовления тепловую обработку. Основными приемами тепловой обработки являются: варка, жарение, припускание, пассерование, тушение.

Тепловая обработка в основном производится с целью размягчения продуктов, повышения усвояемости, обеспечения санитарно-гигиенической безопасности продуктов. При тепловой обработке разрушаются также ингибиторы ферментов; тепловая обработка позволяет разнообразить вкус продуктов, что является немаловажным фактором их усвояемости.

Тепловая обработка, однако, имеет и свои недостатки: разрушаются витамины и некоторые биологически активные вещества, разрушаются белки, жиры, могут образовываться нежелательные вещества. При кулинарной тепловой обработке возможны потери минеральных веществ. Задача рационального приготовления пищи заключается в том, чтобы нужная цель была достигнута при минимальной потере полезных свойств продукта.

10.1. Тепловая обработка растительного сырья

Кулинарная обработка растительного сырья существенно сказывается на содержании минеральных веществ в пищевом продукте. При кули-

нарной тепловой обработке овощей и картофеля их теряется от 10 до 30 %, при обработке мяса - от 5 до 50 %. Однако если обработка мяса ведется в присутствии костей, содержащих кальций, может наблюдаться и увеличение его содержания в мясных продуктах до 20 %.

В процессе варки из овощей и плодов в отвар диффундирует значительная часть растворимых веществ, содержащихся в клетках. Диффузия растворимых веществ при гидротермической обработке овощей и плодов обусловлена тем, что белки цитоплазмы, тенопласта и плазмалеммы денатурируют, вследствие чего мембраны разрушаются и растворимые вещества могут переходить из клеток в окружающую среду. Ткани становятся более проницаемы вследствие разрушения клеточных стенок, что также способствует диффузии. Диффузия начинается с поверхностных слоев, далее, вследствие разницы концентраций в поверхностных и нижележащих слоях, возникает и внутренняя диффузия.

В клеточном соке овощей и плодов содержится примерно 60-80 % минеральных веществ от общего их количества. Соли одновалентных металлов (калия, натрия и др.) практически полностью концентрируются в клеточном соке. Солей же кальция, железа, меди, магния содержится в нем несколько меньше, т.к. они входят в состав других элементов тканей овощей и плодов.

На содержание основных пищевых веществ оказывает влияние способ очистки овощей. При этом потери пищевых веществ могут быть и непропорциональны количеству отходов вследствие неравномерного распределения веществ в клубне. Так, минеральные вещества концентрируются в основном в коре, особенно в верхушечной части клубня. При термических способах очистки общее количество отходов уменьшается примерно в 2 раза. Поэтому полуфабрикаты, полученные после очистки картофеля огнем и паровым способом, содержат минеральных веществ больше по сравнению с полуфабрикатами, полученными при механической обработке.

При хранении в воде очищенные овощи теряют некоторую часть растворимых, в том числе и минеральных веществ, которые диффундируют из поврежденных клеток. В неразрушенных клетках диффузии препятствуют мембраны, поэтому потери растворимых веществ практически невелики. При измельчении овощей и длительном хранении в воде нарезанные овощи могут терять значительную часть минеральных веществ.

Варка неочищенных продуктов (свеклы, моркови, картофеля в кожуре) не отражается на длительности, но приводит к заметному уменьшению потерь минеральных веществ, т.к. плотный поверхностный слой (эпидермис, перидерма) препятствует их диффузии.

При варке неочищенного картофеля потери растворимых веществ незначительны. При варке нарезанных овощей потери минеральных веществ возрастают, что объясняется увеличением удельной поверхности. При варке в воде овощи могут терять от нескольких процентов до половины содержащихся в них минеральных веществ. Так, при варке целых очищенных клубней картофеля теряется от 19 до 38 %, корневой свеклы - от 26 до 42, моркови - от 18 до 46 % минеральных веществ в пересчете на золу, содержащуюся в сыром продукте.

Потери минеральных веществ можно уменьшить, если варку овощей производить в ограниченном объеме и погружая овощи для варки в кипящую воду. В первом случае подавляются диффузионные процессы за счет быстрого насыщения ограниченного объема водной фазы микроэлементами и выравнивания их концентраций в продукте и варочной среде (уменьшается вклад в диффузию концентрационной её составляющей); во втором случае диффузия ограничивается образовавшимся поверхностным слоем клейстеризованного крахмала и ослаблением термодиффузии.

Овощи, особенно картофель, весьма широко применяют в кулинарной практике. Их варят, жарят, тушат, припускают, пассеруют. При этом происходят довольно существенные изменения в составе продуктов. Часть пищевых веществ удаляется из продукта: при варке переходит в бульон, при жарке остается с соком и жиром на жарочной поверхности и т.д.

В табл. 6 представлены обобщенные данные потерь основных минеральных веществ при ряде тепловых кулинарных обработок.

Таблица 6

Потери минеральных веществ при тепловой кулинарной обработке овощей, % (данные И.И.Скурихина)

Процесс	Минеральные вещества					
	Na	K	Ca	Mg	P	Fe
Варка	25	20	10	10	10	10
Жарка	20	20	20	20	20	20
Припускание	6	3	2	2	2	2
Пассерование	6	3	2	3	3	2

Основные потери минеральных веществ овощей связаны главным образом с переходом их в отвар за счет диффузии (в тех случаях когда отвар не используется).

В основном теряются такие элементы, как калий, натрий и фосфор. Потери составляют 20-50 % первоначального содержания их в сырых овсях. Кальция теряется значительно меньше. Например, при варке корнеплодов потери кальция колеблются в пределах от 4 до 12 % первоначального его содержания.

Происходят также потери микроэлементов: железа, меди, марганца, кобальта, цинка. При кулинарной обработке могут теряться значительные количества йода. Он теряется при тепловой обработке на 70 %. Теряется йод и при хранении продуктов. Например, картофель за 7 месяцев хранения теряет 65 % йода.

При варке овощей в подсоленной воде диффузия минеральных веществ замедляется вследствие повышения их концентрации в варочной среде. Однако добавление поваренной соли при варке овощей может усилить диффузию ионов кальция и магния.

Переходя в отвар, минеральные вещества обуславливают его пищевую ценность. Поэтому отвары, получающиеся при варке очищенных клубней - и корнеплодов, а также капустных и других овощей, следует непременно использовать для приготовления супов или соусов. Потери при варке без слива составляют 2-5 % минеральных веществ. При варке со сливом потеря минеральных веществ увеличивается в 2-3 раза.

Варка на пару уменьшает потери минеральных веществ по сравнению с варкой в воде, т.к. экстрагирование идет только с самых поверхностных слоев. Так, картофель, морковь, свекла при варке целыми очищенными клубнями на пару теряют минеральных веществ примерно в 2 раза меньше, чем при варке в воде.

Количество растворимых веществ, которое может перейти в жидкость, где припускают или тушат овощи (вода, бульон, молоко, соус), нельзя относить к потерям, т.к. припущенные и тушеные овощи отпускают вместе с жидкостью, в которой их припускали или тушили.

✓ Таким образом, уменьшить потери минеральных веществ при варке овощей можно несколькими способами:

- уменьшить количество воды, взятой для варки;
- заменить варку припусканием;
- погружать овощи для варки в кипящую воду;
- шире применять варку паром.

Учитывая, что часть минеральных веществ овощей теряется и при первичной обработке не следует хранить очищенные (особенно нарезанные овощи) в воде, рекомендуется использовать паро-воздушную и огневую очистку овощей вместо механической.

10.2. Тепловая обработка животного сырья

При варке мяса и мясных полуфабрикатов в воду переходят и минеральные вещества в количестве до 50 % их содержания в исходном продукте.

На практике установлены оптимальные режимы длительности варки и степени измельчения продукта. Естественно, что с удлинением времени варки пищевых продуктов количество извлекаемых минеральных веществ увеличивается. Если отвариваемый продукт используется без отвара, то устанавливают оптимальный режим варки.

На выделение из мяса и мясопродуктов при варке минеральных веществ влияют технологические факторы: степень разрушения клеточной структуры полуфабриката, масса и размер его, соотношение воды и продукта, температура греющей среды, продолжительность нагрева и конечная температура в центре продукта.

Зная особенности выделения растворимых веществ при варке, можно вести технологический процесс целенаправленно и получить готовый продукт желаемого качества.

С уменьшением размеров кусков увеличивается суммарная поверхность контакта их с водой, что создает благоприятные возможности для диффузии их с растворимых веществ. При этом из мелких кусков их выделяется больше, чем из крупных за одно и то же время тепловой обработки.

Количество веществ, переходящих в бульон при варке, зависит также от состава мяса, его вида.

До 1/3 мясных продуктов в домашних условиях и в общественном питании используется в виде котлет и других рубленых изделий.

В табл. 7 представлены данные по потерям минеральных веществ при наиболее распространенных видах тепловой кулинарной обработки.

Как видно из табл. 7, при варке мяса потеря минеральных веществ выше, чем при жарении, наименьшие потери их происходят при тушении, запекании и при использовании мяса в виде котлет.

Потери минеральных веществ уменьшаются при варке фарша и введении различных добавок (хлеба, крупы, крахмала, белка), если ему придать определенную форму (изготовление котлет, фрикаделек и т.д.).

Таблица 7

Потери минеральных веществ мясных продуктов
при тепловой кулинарной обработке, % (данные
И.М. Скурихина)

Минеральные вещества	Варка	Марка			Тушение
		Котлет	Говядины		
			крупным куском	мелким куском	
Na	40	15	34	8	5
K	45	15	46	6	5
Ca	20	10	16	6	5
Mg	25	10	22	6	5
P	30	15	17	6	5
Fe	20	5	11	4	5

Эти сырые изделия лишены непрерывной соединительно-тканевой основы и обладают повышенной водосвязывающей способностью. Это исключает сжатие изделия при денатурации коллагена, образуется непрерывный пространственный упругий каркас, удерживающий значительную часть воды с растворимыми в ней веществами.

Повышение температуры варочной среды способствует большим потерям минеральных веществ за счет ускорения диффузионных процессов (термодиффузии). Кроме того, при варке при пониженных температурах студни мышечных белков уплотняются меньше, что способствует уменьшению потерь воды и растворимых веществ. Так, телятину, свинину, мозги готовят при температурах 85-90 °С, при этом растворимых веществ теряется меньше.

При припускании и варке на пару потери минеральных веществ также уменьшаются. Для сохранения растворимых веществ мясные продукты необходимо варить при минимально возможном количестве воды. Так, выделение минеральных веществ при варке мяса составляет: на пару - 0,57 %, при соотношении количества мяса и воды 1:5 - 0,9 % массы мяса.

Тепловая обработка рыбы - важнейшая технологическая операция при её употреблении. Основные процессы, происходящие при этой обработке, аналогичны обработке мяса. Особенность рыбного сырья - малое количество соединительных тканей, что определяет её быстрое приготовление. Тем не менее потери пищевых веществ, в том числе и минеральных, существенны. Они заметно зависят от жирности рыбы и типа

тепловой обработки. Минеральных веществ больше всего теряется при варке, а меньше при жарении. Естественно, что наибольшие потери минеральных веществ наблюдаются при изготовлении отварных изделий; использование рыбных бульонов способствует более полному использованию минеральных веществ рыбы.

♦ Подводя итог, следует отметить, что многие процессы, происходящие при тепловой обработке растительных и животных продуктов, имеют много общего, но в то же время и заметно отличаются. В растительных продуктах большая часть пищевых веществ теряется при жарке, животных продуктов — при варке. Следует учитывать характер приготовления блюд (со сливом, без слива), особенности приготовления отдельных видов продуктов, степень измельчения, интенсивность тепловой обработки и т.д.

Потери минеральных веществ определяются также теми физическими процессами, которые осуществляются при тепловой обработке продуктов (клеистеризация, выpressовывание и пр.).

В табл. 8 приведены усредненные данные по потере минеральных веществ растительных, мясных и рыбных продуктов при основных типах тепловой кулинарной обработки.

Таблица 8

Потери минеральных веществ при основных типах тепловой кулинарной обработки продуктов (в %)
(данные И.М. Скуригина и И.М. Волгарева)

Тип обработки	Продукты	Na	K	Ca	Mg	P	Fe
Варка	Растительные без слива со сливом	25	20	10	10	10	10
	Мясные	40	45	20	25	30	20
	Рыбные	60	50	35	60	40	25
Жарка	Растительные	20	20	20	20	20	20
	Мясные	25	25	10	15	15	20
	Рыбные	30	25	20	35	20	15
Тушение	Мясные	5	5	5	5	5	5
Припускание	Растительные	5	3	2	2	2	2
	Рыбные	50	40	30	30	40	25
Запекание	Молочные	10	10	10	10	15	10
Пассерование	Растительные	6	3	2	3	3	2

Приведенные выше данные табл. 8 могут быть полезны для быстрого и приближенного расчета рационов и составления диет, т.к. для этого требуется знание величин суммарных потерь при различных видах тепловой обработки.

II. Минеральные вещества в обеспечении жизненноважных процессов в организме

II.1. Кислотно-щелочное равновесие

В процессе усвоения пищи сложные пищевые компоненты в пищеварительном тракте расщепляются до более простых. Из этих простых веществ синтезируются нужные организму белки, липиды и другие вещества, входящие в ткани тела и нужные нам как источники энергии, для синтеза ферментов и гормонов. Процесс всасывания из пищеварительного тракта расщепленных пищевых веществ, как и все обменные процессы, связан с осмосом — диффузией через мембраны (клеточные оболочки).

Состояние кислотно-щелочного равновесия (pH растворов) влияет на направление и скорость химических реакций вообще и, в частности, в живых организмах, где поддержание постоянства кислотно-щелочного равновесия определяет нормальное течение всех процессов жизнедеятельности.

Значительная часть тканей организма здорового человека имеет слабощелочную реакцию; pH большинства тканевых жидкостей поддерживается на уровне 7,1-7,4. Это постоянство обеспечивается всей системой регуляторов в организме: обмен кислорода и диоксида углерода, карбонатных и хлористых солей, буферные системы крови, удаление избытка минеральных веществ через почки и потовые железы.

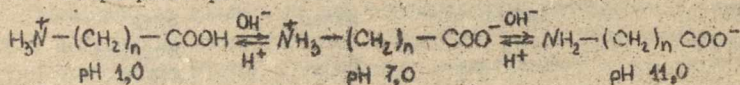
Таким образом, кислотно-щелочное равновесие — это совокупность физико-химических и физиологических процессов, обуславливающих относительное постоянство водородного показателя.

Исключительную роль в обеспечении стабильности внутренней среды организма играет кислотно-щелочное равновесие крови. В сыворотке крови pH колеблется в крайне узких пределах, от 7,33 до 7,51 за счет буферности системы. Значения pH крови, выходящие за указанные пределы (7,33 — 7,51), свидетельствуют о существенных нарушениях в организме, а значения ниже 6,8 и выше 7,8 несовместимы с жизнью.

В регуляции постоянства pH крови принимают участие буферные системы крови (состоят из слабых кислот и их солей, образованных сильными основаниями, например гемоглобин, обладающий свойствами

слабой кислоты и его калиевая соль; угольная кислота H_2CO_3 и гидрокарбонат натрия и др.) и многие физиологические системы организма (деятельность дыхательного аппарата, почек и печени).

В живом организме и в пищевых системах роль буферных веществ играют аминокислоты. Они обладают свойствами образовывать дипольные ионы: $NH_3^+ - (CH_2)_n - COO^-$. Ионизация молекул аминокислоты зависит от pH раствора:



Имея в молекуле одновременно кислотную и основную группу, аминокислоты в водных растворах ведут себя как типичные амфотерные соединения. Поэтому в живом организме аминокислоты играют роль буферных веществ, поддерживающих определенную концентрацию водородных ионов.

Показано, что при неправильном питании, отсутствии разнообразия в рационе система буферности может быть разбалансирована, что ведет к далеко идущим последствиям.

Кислотно-щелочное равновесие определяется в организме прежде всего характером употребляемых пищевых продуктов, содержанием отдельных химических элементов и формой их нахождения в пищевых продуктах. Так, ионы кальция, магния, натрия и калия, заряженные положительно, обуславливают щелочные свойства среды. Напротив, фосфор, сера и хлор способствуют кислотным сдвигам в организме.

Продукты щелочной ориентации — это главным образом растительная пища: овощи, фрукты, ягоды, бобы, а также молоко и молочные продукты. Соли органических кислот, входящие в состав плодов и молока, после превращений и усвоения оставляют в организме необходимый запас щелочных компонентов.

Источники минеральных веществ кислотной ориентации — мясо, рыба, яйцо, хлеб, крупа, макаронные и другие продукты переработки зерна. Ниже приведены пищевые продукты щелочной и кислотной ориентации.

Продукты щелочной ориентации

Сильного действия

Абрикосы	Редька
Апельсины	Свекла
Инжир	Сельдерей
Морковь	Чай
Огурцы	Шпинат
Помидоры	Салат

Слабого действия

Вишня	Кольраби
Горох	Молоко
Грибы	Редис
Груши	Спаржа
Капуста	Фасоль
Картофель	Яблоки

Продукты кислотной ориентации

Сильного действия		Слабого действия	
Пшеничный хлеб	Печень	Ветчина	Сметана
Говядина	Рис	Горох	Сыр
Колбасы	Свинина	Жир	Хлеб ржаной
Кексы	Сельдь	Кефир	Шоколад
Кури	Творог	Пшено	Яйца
Манная крупа	Телятина	Рыба	Ячневая крупа

Учитывая, что в нашем рационе должны преобладать щелочные элементы и пользуясь приведенными данными, технологи могут составлять рационы различных блюд, подбирать гарниры, обеспечивая изменение кислотно-щелочного равновесия.

Организму требуются как щелочные, так и кислотные компоненты, но в разумной пропорции. При сознательном или несознательном потреблении таких продуктов, которые богаты одними минеральными веществами в ущерб других возникает очевидный дисбаланс. Чаше всего мы встречаемся с несознанным потреблением определенной группы продуктов: сейчас в структуре питания преобладают, как правило, те продукты, которые поставляют минеральные вещества кислотной ориентации. Это приводит к сдвигу кислотно-щелочного равновесия в организме. Возникает и развивается так называемый ацидоз. В организме накапливаются кислые компоненты, состояние внутренней среды ухудшается. Алкалоз возникает, напротив, при щелочной ориентации организма.

При ацидозе существенно снижается устойчивость к неблагоприятным внешним факторам, в том числе к инфекциям. При этом устойчивость и защищенность организма падает, осложняется выздоровление после болезни. Для устранения причины ацидоза требуется прежде всего изменение структуры питания. Но эта задача далеко не проста и требует длительного времени. Кроме того, на кислотно-щелочное равновесие влияет не только питание, но и другие, мало изученные, факторы. Твердо установлено, что в зрелом и пожилом возрасте, когда характер питания наиболее отчетливо влияет на кислотно-щелочное равновесие, важное значение приобретает профилактика ацидоза.

Исследования показали, что основные пищевые вещества — белки, жиры и углеводы — воздействуют неодинаково на кислотно-щелочное равновесие в живом организме. Развитию ацидоза способствует преимущественное потребление животных жиров и белков, в то время как углеводы сдвигают равновесие в щелочную сторону. Наиболее отчетливо

это проявляется в стареющем организме, усугубляется это в основном тем, что буферные возможности среды снижаются, снижается и интенсивность обмена веществ. Поэтому для пожилых людей больше необходимо питание щелочной ориентации. Больше овощей и фруктов, больше кефира, простокваши, творога. Хлебобулочные изделия, сладости, может быть, мяса и рыбы следует употреблять умереннее.

Определяющее влияние на кислотно-щелочное равновесие оказывают натрий и калий. И здесь проблема сводится к умеренному потреблению, прежде всего, поваренной соли. Полный отказ от соли невозможен, но умеренность необходима, особенно при гипокинстических состояниях, при избыточной массе тела, развивающемся атеросклерозе, гипертонической болезни и т.д.

Кислотность и щелочность пищи определяется по совокупности многих минеральных и органических веществ. Однако не всегда заведомо кислые продукты вызывают окисление в организме. Скажем, фрукты и овощи, особенно кислая капуста и моченные яблоки, очень богаты органическими кислотами, но в организме эти кислоты проходят такую переработку, что вызывают в конечном счете процессы ощелачивания. А вот сахар — углевод — претерпевает в организме так называемый цикл Кребса, в результате которого образуется молочная и лимонная кислоты, то есть действует окисляюще.

При различных заболеваниях следует придерживаться соответствующего режима питания. Например, при болезни печени рекомендуется пища, предохраняющая печень от жировой инфильтрации (отложения жира): треска, молочные продукты, особенно творог; от жирного мяса, жирных блюд следует отказываться. Гипертоникам следует поменьше употреблять соли, мясные бульоны, вообще жидкости.

II.2. Минеральные вещества в системе мембранной регуляции метаболизма

Исследование межклеточных взаимодействий, механизмов, которые используются клетками при метаболизме, привело к обнаружению новых регуляторов — вторичных посредников или мессенджеров. В роли таких посредников выступают как быстро метаболизирующие соединения, так и неметаболизирующие (стабильные), которые управляют метаболизмом посредством изменения концентрации. Вторичными посредниками такого рода являются, например, Na , K , Ca . Они как-бы "настраивают" клеточный метаболизм, регулируют важнейшие процессы жизнедеятельности.

Важную роль в метаболизме играет мембрана. Они выполняют в клетке большое количество функций. Плазматические мембраны, например,

ограничивают содержимое клетки, а митохондриальные — отделяют митохондриальные ферменты и метаболиты от цитоплазматических. Полупроницаемость мембран позволяет им регулировать поступление в клетку так ионов, так и незаряженных соединений. Протекающий в мембранных структурах процесс окислительного фосфорилирования служит источником энергии для организма.

В организме постоянно осуществляется цикл обмена между ионами различных металлов. Одним из примеров сложной системы регулирования внешней и внутренней среды клетки является обмен между ионами натрия и калия. Нормализация внутренней среды в клетке может быть достигнута только при определенном соотношении натрия и калия в клетках и межклеточной жидкости.

В большинстве клеток животных внутриклеточная концентрация калия равна примерно 0,12 — 0,16 М/литр натрия 0,01 М/литр, а во внеклеточной жидкости наоборот: концентрация натрия — 0,16 М/литр, калия — 0,004 М/литр. Повышенное содержание калия внутри клетки нужно для работы очень многих его систем.

Исключительно большое значение имеет способность клеток поглощать питательные вещества и выделять различные соединения. Небольшие нейтральные молекулы могут проникать через мембраны просто за счет обычной диффузии. Скорость диффузии при этом определяется градиентом концентрации.

Значительно более широко распространен процесс облегченной диффузии. Она зависит от градиента концентрации, для неё характерен эффект насыщения. При облегченной диффузии транспортируемое вещество соединяется с подвижным переносчиком (чаще всего белком). Переносчик далее диффундирует к противоположной стороне мембраны, где освобождается от связанной с ним молекулы или иона.

Наибольший интерес представляет активный транспорт, при котором вещество переносится через мембрану против градиента концентрации, т.е. из области с более низкой концентрацией в область с более высокой концентрацией. Это возможно лишь в том случае, если процесс активного транспорта сочетается с какой-нибудь самопроизвольно протекающей экзергонической реакцией. Такое сопряжение может осуществляться по меньшей мере двумя путями: непосредственного сопряжения с реакцией типа гидролиза АТФ и "накачиванием" растворенного вещества через мембрану и использования энергии электрохимического градиента.

Почти во всех клетках концентрация натрия сравнительно невелика, тогда как калия — достаточно высоко. В настоящее время общепри-

нятой теорией является гипотеза существования в клетках ионного насоса, выкачивающего из клеток ионы Na^+ и накачивающего в них ионы K^+ . Мембранным ионным насосом по-существу является $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ - зависимая АТФаза.

Таким образом, различия в концентрации ионов внутри и вне клетки создаются специальными ферментами, находящимися в клеточных мембранах - ионными насосами. Без перерыва выкачивают они из клетки одни ионы и закачивают в нее другие. За перекачку Na^+ и K^+ ответственность несет $\text{Na, K} - \text{АТФаза}$, и ведет она этот процесс, используя энергию, освобождающуюся при гидролизе универсальной энергетической молекулы живого организма - АТФ. Гидролизует фермент одну молекулу АТФ, и из клетки выбрасывается три иона натрия, а в клетку вводится два иона калия. Разными путями калий снова вытекает, а натрий снова проникает в клетку, и снова АТФаза наводит необходимый порядок, удаляя проникающий натрий и возвращая утраченный калий. И так непрерывно работают ионные насосы, обеспечивая жизнь клетки. Насосов у клетки много: у эритроцитов на одну клетку приходится 100 - 200 $\text{Na, K} - \text{АТФаз}$.

Между клетками и омывающей их межклеточной жидкостью возникает разность потенциалов, обеспечивающая нормальный транспорт питательных веществ. Необходимый уровень потенциала достигается благодаря подбору и концентрации минеральных веществ. Внутри клетки находится главным образом калий, фосфор и кальций, в межклеточной жидкости - натрий, хлор и калий. При сглаживании, сближении потенциалов в клетке повышается концентрация натрия, в омывающей жидкости - концентрация калия. Снабжение клетки питательными веществами нарушается, а то и прекращается, нарушается и удаление из клетки отработанных веществ.

Приведенный цикл обмена между ионами натрия и калия в клетке - это лишь один из примеров сложной системы регулирования внешней и внутренней среды клетки. Подобных процессов в организме осуществляется бесчисленное множество.

При организации питания особого внимания заслуживает содержание в продуктах калия, так как он может оказаться в дефиците. При недостатке калия сбивается работа буферной системы, замедляется выведение из организма натрия и воды. С целью устранения дефицита калия вводят специальные пищевые рационы с высоким содержанием калия - они усиливают диурез и выведение натрия, что способствует лечению сосудистых заболеваний.

Потребность человека в калии весьма высока; она достигает

примерно 2 г/сут. Было высказано предположение, что современное человечество страдает от хронической нехватки калия, возникающей в результате приготовления пищи и варки овощей.

Ионы K^+ и Na^+ имеют первостепенное значение для обеспечения возбудимости мембран. Различные концентрации двух данных ионов по разные стороны от мембраны обеспечивают существование легкодоступного источника энергии для многих, связанных с функционированием мембран, процессов.

Ионы K^+ необходимы для функционирования многих внутриклеточных ферментов (например, катализирующих фосфорилирование карбоксильных групп, реакции аминирования и т.д.).

Изменение "архитектуры" мембран, её повреждение, влечет за собой те или иные нарушения обменных процессов и физиологических функций в клетках, тканях и в целом организме. Обеспечение нормального функционирования мембран и всех обменных процессов, проходящих в организме, возможно лишь при оптимальных условиях внешней и внутренней среды. За счет повреждения мембран возможно, например, нарушение кислотно-щелочного равновесия и в клетке.

Согласно гипотезы лауреата Нобелевской премии Отто Варбурга, перерождение клетки в злокачественную связано с процессами, происходящими внутри ее. При недостатке кислорода гликолиз углеводов (после образования пировиноградной кислоты) приводит к образованию избытка молочной кислоты. Обычно молочная кислота проходит сквозь клеточные мембраны, и её избыток диффундирует из клетки и вымывается током крови.

Однако возможно повреждение мембраны по различным причинам: действие проникающей радиации, вирусов, некоторых химических веществ и т.д.

При повреждении мембраны молочная кислота не может выйти из клетки. Накопление молочной кислоты неминуемо должно привести к тому, что буферная система клетки не справится с такой нагрузкой и pH внутри клетки понизится. Внутри нормальной клетки pH составляет 7,3 - 7,4, а внутри опухолевых всегда составляет около 7,0. Падение pH, вероятно, и служит толчком к тем изменениям в регуляции на ферментативном и генетическом уровнях, которые приводят к превращению нормальной клетки в раковую.

11.3. Минеральные вещества в составе металлоферментов, их комплексо- образующая способность

Ионы металлов играют чрезвычайно важную роль во множестве самых разнообразных биологических процессов. Одни биологические процессы предъявляют весьма жесткие требования к иону металла и осуществляются под действием лишь строго определенных ионов. При этом металл должен быть в такой степени окисления, чтобы соответствовать необходимым каталитическим и структурным требованиям. Другие процессы значительно менее специфичны, и для них возможно замена одного металла другим, хотя активность при этом может снижаться.

Многие процессы, протекающие в организме, регулируются ионами металлов. Значение этих процессов весьма велико, и они отличаются исключительной сложностью. Например, ионы калия, магния, марганца, кобальта, меди, молибдена и цинка входят в состав ферментов, катализирующих такие реакции, как перенос групп, окислительно-восстановительные или гидролитические процессы. Ионы натрия, калия и кальция широко участвуют в механизмах физиологического контроля и в пусковых механизмах, а ионы калия, кальция и магния важны также для поддержания структуры клеточных стенок и контролируют их деятельность. Эти примеры не исчерпывают всех металлов, участвующих в биологических процессах; ионы других металлов, хотя и в значительно меньших количествах, также имеют биологическое значение. Из перечисленных выше ионов металлов Na^+ , K^+ , Mg^{2+} и Ca^{2+} распространены в живой природе значительно шире, чем ионы тяжелых металлов. В целом в организме человека эти четыре катиона составляют около 90 % от общего содержания металлов.

Значительна роль металлов в ферментах и родственных системах. Это особенно относится к ионам переходных металлов, которые определяют механизм действия фермента, благодаря специфике электронного строения.

В живых организмах большинство катионов металлов связано с белками. Ферменты являются белками и ионы металлов выступают в них как активаторы. Системы металл - белок условно можно разделить на две группы:

1) Металлопротеины (включая металлоферменты). В этих системах ион металла и белок прочно связаны друг с другом и ион металла

рассматривается как часть белковой структуры.

2) Белки, активируемые металлами, или комплексы металл-белок. Здесь ион металла связан с белком обратимо и связь слабее, чем в системах первого ряда.

Катализ — результат совместного действия и не сводится исключительно к наличию иона металла. Металл и белок оказывают взаимное влияние друг на друга. Наличие иона металла влияет на электронное и структурное состояние белка, и, таким образом, изменяет его свойства. Однако, с другой стороны, сложный белок оказывает существенное влияние на металлический центр, создает на металле необычную стереохимическую лигандную окружения.

Катионы Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} участвуют в осуществлении ряда пусковых и контролирующих механизмов. За счет комплексообразования с белком происходит селективное распределение этих катионов внутри и вне клетки.

Связанный с белком металл может контролировать конформацию биологических макромолекул. Некоторые ионы металлов стабилизируют двойную спираль ДНК, другие, напротив, благоприятствуют раскручиванию двойной спирали. Связывание ионов металлов вызывает конформационные перестройки в белке, которые приводят к образованию активного центра.

Переходные металлы катализируют изменения валентности элементов. Примером может служить фиксация азота и цикл превращений нитратов. В биологических окислительно-восстановительных процессах наиболее важны такие металлы, как железо, медь, кобальт, в меньшей степени молибден. Эти процессы включают перенос электрона, введение атома кислорода и гидроксильной группы, отщепление атома водорода и т.д.

Концентрация свободных ионов металлов в живых организмах контролируется очень тонко. Этот контроль осуществляется в основном определенными белками и гормонами. При нарушении ионного баланса в системе наступают расстройства.

Повышение концентрации микроэлементов может оказывать токсическое действие. Дефицит же любого металла, например цинка или переходных элементов, ведет к снижению ферментативной активности с нарушением нормального метаболизма. Заболевания могут проявляться как в результате повышенного, так и пониженного содержания ионов металла в организме.

При различных заболеваниях возможны отложения ионов металлов и их локальная концентрация в отдельных органах. Чаще всего встречаются отложения кальция, меди. В таких случаях для лечения болезни подбирается наиболее хелатирующий агент для выведения металлического иона.

В нашем организме постоянно осуществляется разнообразное биохимические и физиологические процессы. Основа их — многообразие процессов, осуществляемых на химическом уровне. При этом часто проявляется конкретное связывание, определяемое свойствами взаимодействующих молекул и ионов. Последнее обычно проявляют свои индивидуальность, которая определяется их электронной структурой. На практике постоянно возникает необходимость оценивать прочность связывания различных молекулярных образований и дать количественную оценку прочности связывания. При этом следует учитывать следующие обстоятельства:

1) Способность образовывать комплексы определяется концентрационными зависимостями взаимодействующих компонентов, максимально эта способность проявляется при достижении степени насыщения. Именно этими обстоятельствами может быть объяснена минимальная потребность организма в микроэлементах. Избыток их может вести к осуществлению побочных процессов, вредных для организма, недостаток — к малой эффективности их влияния на функционирование ферментов.

2) Следует иметь в виду наличие в сложных молекулах нескольких центров связывания, а также учитывать возможность взаимодействия микроэлементов более чем с одной молекулой. При этом осуществляется конкурентное связывание. В ряде случаев конкурентное связывание определяет возможность замены микроэлементов в составе ферментов (в этом случае недостаток микроэлемента может компенсироваться избытком другого), в других случаях такая замена не возможна вследствие специфичности взаимодействия.

3) Важным фактором, влияющим на связывание металла, является основность лиганда, а точнее нуклеофильность, лишь частично определяемая основностью. Сильное влияние на связывание металлов оказывает pH среды.

4) Одним из основных факторов, определяющих средство органических молекул к ионам металла, является хелатный эффект. Под этим термином понимается четко выраженная способность органической моле-

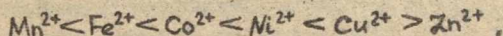
кулы связывать ионы металлов при наличии в ней двух или большего числа групп, способных к комплексообразованию. Хелатный эффект используется, например, при образовании таких важных металлосодержащих молекул, как порфирины, хлорофилл, каталитические белки и т.д.

На образование хелатных комплексов в первую очередь оказывает влияние природа металла (заряд, радиус, степень гидратации, формы его электронных орбиталей). Многозарядные ионы образуют, как правило, более прочные комплексы, чем однозарядные ионы, обладающие меньшей плотностью заряда.

Для образования хелатного эффекта ион металла должен, как правило, потерять большую часть своей гидратной оболочки. По этой причине крупные и менее гидратированные ионы металлов часто связываются с лигандами прочнее, чем небольшие, сильно гидратированные ионы. Такого типа особенности лежат в основе очень важных различий биологического поведения разных ионов.

Особое место занимают в образовании металлоферментов ионы переходных металлов, что объясняется, по-видимому, способностью переходных металлов предоставлять свои d -орбитали для образования координационных связей за счет акцептирования электронов лигандов.

Стабильность хелатных комплексов определяется не только законами электростатики, потенциалами ионизации или электроотрицательностью ионов. Известен, например, ряд металлов первой переходной группы



в котором следовало бы предполагать возрастание устойчивости образуемых комплексов от марганца к цинку. В действительности же самые прочные комплексы с азотсодержащими лигандами образуют ионы Cu^{2+} , что определяется спецификой электронной структуры переходных металлов. Учет этих обстоятельств позволяет оценить с какими лигандами преимущественно связываются ионы в клетках организма. Так, ионы щелочных металлов (Na^+ и K^+) присутствуют в основном в свободном виде, однако часть из них связана со специфическими участками в белках. Аналогично Ca^{2+} и Mg^{2+} существуют как в свободном виде, так и в виде комплексов с присутствующими в клетках многочисленными фосфатными и карбоксилатными ионами. Что же касается ионов более тяжелых металлов (таких, как цинк, медь, железо и другие переходные металлы), то они лучше всего связываются с атомами азота и

серы, часто в таких специфических молекулах, как, например, порфирины. Весьма важным представляется тот факт, что ионы железа, меди и кобальта часто располагаются в центрах специфических азосодержащих структур, например, гема и витамина В₁₂.

5) Многие металлопротеиды содержат особые металлы - связывающие простетические группы, примером которых может служить порфириновая группа в гемоглобине. Иногда специфический центр связывания создается кластерами из карбоксильных, имидазольных или других групп. В качестве одного из лигандов в некоторых белках может выступать NH-группа пептидной связи, которая утратила протон. В специальных кальций - связывающих белках ион Ca^{2+} связан как с амидной группой, так и с кластером карбоксилат-ионов.

Образование хелатных комплексов может обуславливать значительные конформационные изменения в структуре белка за счет сближения некоторых основных групп. Образование таких комплексов делает структуру молекулы более жесткой, что может иметь большое значение для её биологической активности. Причиной изменения конформаций молекул могут быть также электростатистические силы; например, притяжение между группами - COO^- и - NH_3^+ весьма существенно для взаимодействия между молекулами белка. С карбоксильными группами белков и углеводов в растворе часто взаимодействуют ионы кальция, что иногда приводит к переходу растворов этих веществ в гелеобразное состояние (примером может служить агароза). Катион Ca^{2+} , обладающий двойным зарядом, может играть роль "мостика", соединяющего две карбоксильные группы (например, в пектинах).

6) Некоторые процессы проникновения в организм токсичных металлов часто определяются механизмом образования связей между молекулами органического вещества и металлом в той или иной форме. Известна, например, высокая токсичность метилированной ртути и фосфорорганических соединений. Здесь происходит агрегация неполярных групп взаимодействующих компонентов за счет образования гидрофобных связей.

На токсичность сильно влияет форма, в которой находится ион металла. Образование органических комплексов увеличивает жирорастворимость и токсичность ионов. Ионы тяжелых металлов способны образовывать прочные связи с различными биологически активными центрами, предпочтительно с серосодержащими лигандами. Часто они вытесняют естественные ионы и ингибируют металлоферменты. Мышьяк, кадмий, свинец, ртуть, таллий, олово вызывают нарушения поведения,

анемию, изменяют проницаемость мембран, ингибируют окислительное фосфорилирование и синтез белков. Комплексы тяжелых металлов способны связываться с азотистыми основаниями и фосфатными группами, меняя таким образом их структуру.

Большинство способов лечения отравлений металлами подразумевает использование хелатирующих агентов с целью образования и быстрого выведения растворимых стабильных и нетоксичных комплексов. Наиболее распространенные хелатирующие агенты, используемые в настоящее время, это БАЛ [$\text{HSCH}_2\text{CH}(\text{Si}(\text{CH}_2\text{SO}_3\text{Na}))_3$] (доноры - атомы серы), Д - леницилламин (N -, S и O -доноры) и Са ЭДТА (N - и O -доноры). Используются и смешанные хелатирующие лиганды - при этом может проявляться синергический эффект.

В заключение следует отметить, что ионы металлов и анионы неметаллов участвуют в различных формах метаболизма, транспорте, синтезе, контроле, входят в состав ферментов и необходимы организму. Из рассмотренного материала следует, что влияние взаимодействия лигандами и металлами на состояние здоровья неоднозначно. Сбалансировка в содержании микроэлементов может быть связана с проблемами питания. Обычно дефицит ионов металлов наступает вследствие недостатка их в пищевых продуктах, часто устанавливается взаимосвязь между болезненным состоянием организмом и дефицитом определенного элемента. Необходимо ещё раз подчеркнуть исключительно важную роль минеральных веществ в обеспечении жизненноважных процессов, протекающих в нашем организме. Сбалансированность нашего питания по элементному составу, безусловно, способствует нормальному их протеканию, укрепляет наше здоровье, способствует повышению нашей жизнедеятельности.