

Редакційна колегія:

ТРОНЬКО М. Д. (головний редактор),
ВОДНАР П. М., ВОЛЫНОВА О. В., СФІМОВ А. С.
(заступник головного редактора з клінічної ендокринології),
КАРАЧЕНЦЕВ Ю. І., КВАЧЕНЮК А. М.,
КОВАЛЕНКО А. Є., КОВЗУН О. І., КОРПАЧОВ В. В.,
КРАВЧЕНКО В. І., МАНЬКОВСЬКИЙ Б. М., МАРКОВ В. В.,
МИКОША О. С. (заступник головного редактора
з експериментальної ендокринології), НАУМЕНКО В. Г.,
ОЛІЙНИК В. А., ОРЛЕНКО В. Л., ПОЛТОРАК В. В.,
ПУШКАРЬОВ В. М., РЕЗНІКОВ О. Г., ТАРАСЕНКО Л. В.
(відповідальний секретар), ТОМАШЕВСЬКИЙ Я. І.

Редакційна рада:

БОЦЮРКО В. І. (Івано-Франківськ), ВЕНДЗИЛОВИЧ Ю. М.
(Львів), ВЛАСЕНКО М. В. (Вінниця), ВОЙНІЛОВИЧ В. О.
(Чернігів), ГУЛЬЧІЙ М. В. (Київ), ЕПШТЕЙН Б. В. (Київ),
КОМІСАРЕНКО І. В. (Київ), ПАВЛОВСЬКИЙ М. П. (Львів),
ПАВЛЮК П. М. (Київ), СЕЛІВАНОВА К. Ф. (Сімферополь),
СПРИНЧУК Н. А. (Київ), ТКАЧ С. М. (Київ),

Адреса редакції:

ДУ «Інститут ендокринології та обміну речовин
ім. В. П. Комісаренка НАМН України»,
вул. Вишгородська, 69, м. Київ, 04114, Україна
тел.: (044) 430-36-94, 431-02-64
факс: (044) 428-19-96
E-mail: iem_admi@bigmir.net

Address of the Editorial Board:

State Institution «V. P. Komisarenko Institute of Endocrinology
and Metabolism of the National Academy of Medical Sciences
of Ukraine», Vyshgorodska Str., 69, Kyiv, 04114, Ukraine
Tel.: +380 44 430 36 94, +380 44 431 02 64
Fax: +380 44 428-19-96
E-mail: iem_admi@bigmir.net

Рекомендовано до видання вченою радою ДУ «Інститут ендокринології та обміну речовин ім. В. П. Комісаренка НАМН України» 04.10.2011 (протокол № 10)

Редакція не завжди поділяє думки авторів статей. За точність викладеного матеріалу відповідає автор публікації, за зміст реклами – рекламодавець.

ISSN 1680-1466

Свідоцтво про державну реєстрацію – КВ № 14099-3070 ПР від 17.06.2008

Здано до набору 18.11.2011. Підп. до друку 16.12.2011. Формат 70 x 108/16.
Офсетний друк. Ум.-друк. арк. 9,45. Наклад 300 прим.

ТОВ «ДЦА», вул. Васильківська, 4б, м. Київ, 03022, Україна

State Institution «V. P. Komisarenko Institute of Endocrinology and Metabolism of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»

ЕНДОКРИНОЛОГІЯ

ENDOKRYNOLOGIA

2011

Том 16, № 2
Volume 16, No. 2

Науково-практичний журнал
Medical and experimental journal

Заснований у 1996 р.

Founded in 1996

Київ

Kyiv

© ДУ «Інститут ендокринології та обміну речовин ім. В. П. Комісаренка НАМН України», 2011
© V. P. Komisarenko Institute of Endocrinology and Metabolism of the NAMS of Ukraine, 2011

ЗМІСТ

Оригінальні дослідження

Вплив йодної недостатності на фізичний та інтелектуальний розвиток дітей Закарпатської області <i>В. Г. Пирогова, В. І. Кравченко</i>	128
Изменения уровней глюкозы и инсулина в плазме крови у людей разного возраста при повторном приеме стандартных доз глюкозы <i>О. В. Коркушко, В. Б. Шатило, В. П. Чижова</i>	140
Эффективность применения диалипона у больных сахарным диабетом с диабетической полинейропатией и сопутствующим хроническим вирусным гепатитом <i>С. И. Исмаилов, Х. Т. Рустамова, Х. Н. Абдуллаева, М. П. Мирахмедова</i>	149
Вплив навчання самоконтролю на стан цукрового діабету у хворих з сульфаніламідорезистентністю <i>С. М. Ткач, Т. Л. Мілютіна</i>	155
Тестирование противоопухолевой активности нанокмозитного комплекса рекомбинантного цитокиноподобного полипептида ЕМАР-II на ксенотрансплантатах андрогензависимого рака предстательной железы человека <i>Л. В. Чайковская, Л. И. Полякова, О. В. Сачинская, Л. А. Бабенко, А. И. Корнелюк, А. Г. Резников</i>	160
Ендокринна функція та морфологічний розвиток неонатальної оваріальної тканини при алотрансплантації статевозрілим тваринам з експериментальною двохсторонньою оваріектомією <i>В. В. Кірошка, Ю. О. Тищенко, Т. П. Бондаренко</i>	169
Активність калікреїну в крові і тканинах пухлини у хворих з новоутвореннями надниркових залоз <i>І. В. Гончар, О. І. Ковзун, А. Є. Коваленко</i>	178
Дослідження впливу вітаміну D ₃ на вуглеводний обмін у щурів <i>Ю. І. Комісаренко</i>	184
<u>Огляди</u>	
Наукові аспекти вирішення проблеми йододефіциту у населення України <i>М. Д. Тронько, М. О. Полумбрик, В. І. Кравченко, Я. Г. Бальон</i>	189
Сучасні аспекти лікування низькорослості у дітей з передчасним статевим дозріванням (Огляд літератури і власні дані) <i>О. В. Большова, О. Я. Самсон, Н. А. Спринчук, Д. І. Дерев'яно, Г. А. Дерев'яно, О. А. Вишневіська, В. А. Музь, І. В. Лукашук, В. Г. Пахомова, Т. А. Пелешук</i>	200
Інсиденталомі надниркових залоз: проблеми діагностики (Огляд літератури і власні дані) <i>А. М. Кваченюк, Л. А. Луценко, О. І. Галузинська</i>	212

Короткі повідомлення

Роль кінази глікогенсинтази-3 β в опосередкуванні індукованого паклітакселем апоптозу в клітинах анапластичного раку щитоподібної залози 217

*В. М. Пушкарьов, Н. І. Левчук, В. В. Пушкарьов,
О. І. Ковзун, М. Д. Тронько*

Фатальные осложнения инфаркта миокарда у пациентов с сахарным диабетом 2 типа 221

И. В. Шатохина

Новини світової ендокринології

В. М. Пушкарьов 225

**НАУКОВІ АСПЕКТИ ВИРІШЕННЯ
ПРОБЛЕМИ ЙОДОДЕФІЦИТУ У НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ**

М. Д. Тронько, М. О. Полумбрик, В. І. Кравченко, Я. Г. Бальон*

*Державна установа «Інститут ендокринології та обміну речовин
ім. В. П. Комісаренка НАМН України», м. Київ, 04114, Україна.*

**Національний університет харчових технологій, м. Київ, 02192, Україна*

В огляді наведені дані про метаболізм і фізіологічну роль йоду в організмі та описані основні шляхи подолання йодного дефіциту. Докладно описано вплив йодованої солі на якість харчових продуктів та розглянуті методи аналізу йоду в них.

Ключові слова: йод, йододефіцит, йодування продуктів харчування.

Йод – надзвичайно важливий для біосфери елемент, назва якого в перекладі означає фіолетовий, з огляду на колір газу, у вигляді якого він сублімується за кімнатної температури. Йод був вперше відкритий у 1811 році Б. Куртуа за щасливим збігом обставин, а саме при обробці сульфатною кислотою залишків морських водоростей. Це був другий після хлору галоген, який було відкрито, хоча за розповсюдженістю на Землі серед галогенів він посідає останнє місце. Основними джерелами цього елемента є рослини (0,01-1 мг/кг) і світовий океан (50-60 мкг/л), тоді як у питній воді його концентрація невелика і може змінюватись в широких межах – від 0,1 до 100 мкг/л [1]. Йодид-аніони у морській воді швидко окиснюються до молекулярного йоду, який потрапляє в повітря і повертається в ґрунт з атмосферними опадами. Проте йодний цикл в більшості регіонів неповний і занадто повільний, що зумовлює малу концентрацію йоду в питній воді, ґрунті, а також у повітрі.

Недостатнє споживання цього елемента людиною призводить до появи ряду розладів, з яких відомішим є збільшення розмірів щитовидної залози (ЩЗ) – зоб. Воно характерне не лише для людей, але й для тварин. Ще 4000 років тому китайські медики рекомендували вживати морські водорості для лікування зоба, хоча на той час власне йод і не був відомий. У 1831 р. Бусенго передбачив, що зоб можна повністю вилікувати шляхом вживання йодованої води чи мінеральних сполук, які містять цей елемент [2, 3]. У 1896 р. Бауманн визначив взаємозв'язок між споживанням йоду і функціонуванням ЩЗ, а у 1914 р. Кендалл і в 1926 р. Харрінгтон описали комплекси гормонів, які продукуються ЩЗ за участі йоду, який є невід'ємним елементом для розвитку організму людини [1]. Добова потреба в йоді для дорослої людини незначна – всього 150 мкг йоду на добу, для дітей молодшого віку необхідність в йоді удвічі нижча, а для вагітних жінок – майже вдвічі вища (250 мкг йоду на добу). Рекомендації ВООЗ щодо споживання йоду різними верствами населення наведені у таблиці 1.

Зважаючи на те, що концентрація йоду в більшості продуктів невелика, тільки регулярне використання морепродуктів в щоденному раціоні харчування може забезпечити потребу в ньому. Проте таке їх споживання при-

*Адреса для листування (Correspondence): Національний університет харчових технологій, вул. Володимирська, 68, м. Київ, 02192, Україна

Таблиця 1. Рекомендований рівень споживання йоду

Групи населення	Споживання йоду, мкг/день	Концентрація йоду в сечі за адекватного його споживання, мкг/л
Діти 0-5 років	90	100
Діти 6-12 років	120	100-199
Діти 12 років і дорослі	150	100-199
Вагітні жінки	250	150-249
Матері-годувальниці	250	100

таманне тільки декільком країнам світу (Японії, Ісландії), тому на Землі більше 2 млрд людей страждають від недостатнього надходження йоду в організм, з них – 285 млн учнів (36,4 % від загальної кількості) [4]. Найменша кількість осіб, які потерпають від нестачі йоду в організмі, припадає на Північну Америку (10,1 %), а найвищим показник йододефіциту є в країнах Європи (59,9 %). Фактично, нестача цього мікроелемента характерна для значних територій планети, а порушення, що виникають при цьому, стосуються усіх верств населення різного віку – від зародження дитини в утробі матері до осіб похилого віку, та охоплює цілий ряд станів, зумовлених дефіцитом йоду, а саме, гіпотиреоз, неплідність, викидні, мертвонародженість, вроджені вади розвитку, глухонімота, косоокість, підвищена перинатальна та дитяча смертність, кретинізм, затримка фізичного розвитку, порушення психічних функцій у дітей та дорослих, підвищена чутливість до радіоактивного опромінення [1, 3-9]. На жаль, сумний перелік хвороб, викликаних дефіцитом йоду в організмі людини, не обмежується наведеним списком. За деякими даними, йододефіцит також пов'язаний з ожирінням, синдромом дефіциту уваги і гіперактивності, аутизмом, психічними розладами, фіброміалгією, злоякісними пухлинами тощо [3, 10, 11].

Останні дослідження вказують на те, що галогени, включаючи йод, впливають на ензиматичну активність галопероксидаз і зумовлюють продукування великої кількості активних метаболітів в організмі людини. В той час як важливість їх для ЩЗ відома вже доволі тривалий час, результати нещодавно проведених досліджень вказують на додаткову, складнішу роль галогенів, включаючи антиракову і антимікробну активність [1]. Крім того, йод критично важливий для синтезу гормонів ЩЗ – тироксину та трийодотироніну.

Йододефіцит – одна з основних причин неповноцінного розвитку дитини, і в списку біологічних і психологічних ризиків, з якими стикаються діти, йододефіцит посідає «почесне» третє місце [4]. Згідно з даними Міністерства охорони здоров'я України, 80 % українських дітей мають ризик виникнення йододефіциту. Щорічно народжується близько 300 тис дітей, незахищених від незворотних наслідків, викликаних дефіцитом йоду. Дослідження, проведені науковцями ДУ «Інститут ендокринології та обміну речовин ім. В. П. Комісаренка Національної академії медичних наук України» за підтримки Всесвітньої організації охорони здоров'я показали, що йододефіцит різного ступеня тяжкості притаманний населенню всієї території України. Для більшості областей, в тому числі, для м. Києва та Київської області, це йододефіцит легкого ступеня, для ряду територій – середнього (це стосується північних, деяких центральних і південних місцевостей), а для певних – навіть важкого ступеня (західні території України) [12-14].

Метаболізм та фізіологічна роль йоду

Дієтичний йод та неорганічні форми йоду швидко поглинаються в шлунку та кишечнику [1, 3, 6, 8]. Йодат, форма, яку застосовують для йодуван-

ня солі, у шлунково-кишковому тракті відновлюється до йодиду і швидко поглинається кровоносною системою. Йодид вільно в ній циркулює, не зв'язуючись з білками, і уловлюється ЩЗ і нирками. Йодид вилучається з останніх й виводиться з сечею. Організм людини звичайно містить 15-20 мг йоду, 70-80 % якого знаходиться у ЩЗ [1, 8]. До неї він потрапляє за допомогою активного транспорту, відомого як йодний насос, швидко проникаючи всередину фолікулярних клітин та в порожнину фолікулів [1, 6]. Його накопичення регулюється тиреостимулювальним гормоном або тиреотропіном, який синтезується в гіпофізі. Захоплюючи йод, фолікулярні клітини синтезують глікопротеїд тиреоглобулін, який потрапляє у порожнину фолікулів і стає доступним для синтезу гормонів [1, 6]. Тиреоїдна пероксидаза каталізує окиснення йодиду до активної форми I_2 і приєднання його до тирозину та тиреоглобуліну з утворенням моно- і дийодтирозину. Ці сполуки зумовлюють утворення трийодтироніну та тироксину. Зважаючи на значну кількість тиреоглобуліну у фолікулярних клітинах, концентрація йоду в них залишається високою. У формі йодиду знаходиться лише незначна його частка. Хоча концентрація йоду в ЩЗ є вищою, ніж в кровоносній системі, ця дивовижна здатність ЩЗ накопичувати значні кількості йоду дозволяє швидко забезпечити метаболічні потреби у тиреоїдних гормонах [1, 6].

Відокремити роль йоду від комплексної функції ЩЗ доволі складно. Гормони ЩЗ впливають на широке коло фізіологічних функцій різних органів – від печінки і нирок до серця і мозку. Тривалий час вважалося, що роль цих гормонів полягає в регулюванні енергогенеруючої ємності клітин шляхом біохімічних змін у мітохондріях. Нещодавно проведені дослідження вказують, проте, на дію таких гормонів на специфічні генетичні рецептори ядра клітин, можливо, за іншими, позаядерними, механізмами [1, 3, 6].

Тиреоїдні гормони впливають на синтез і секрецію гормону росту, посилюючи транскрипцію генів, що є визначальним у ранньому віці під час швидкого росту плода і для немовлят [1-9]. Вони відіграють важливу роль у секреції гормону росту, рості кісткової тканини та розвитку ембріона.

Тиреоїдні гормони сприяють продукуванню компонента тканин м'язів серця і скелета – міозину. Крім того, ці гормони впливають на скорочення м'язів шляхом генетичної перебудови поглинання кальцію клітиною. Тиреоїдні гормони мають значний анаболічний ефект. Недостатність цих гормонів у плода під час вагітності та в період новонародженості уповільнює ріст скелета. Із сучасних літературних джерел відомо, що дефіцит йоду в довкіллі супроводжується сповільненням фізичного росту людини та впливає на гармонійність фізичного розвитку. На відміну від гормону росту, тиреоїдні гормони контролюють не тільки лінійний ріст, але й диференціювання тканин і, в першу чергу, кісткової, у зв'язку з чим затримка росту за дефіциту тиреоїдних гормонів характеризується диспропорційним розвитком дитини. У клітинах печінки метаболізм вуглеводів, а також ліпогенез зумовлені змінами, індукованими цими гормонами. Гормони ЩЗ залучені у розвиток мозку: в експерименті на тваринах показано, що тиреоїдні гормони впливають на міграцію нейронів, дозрівання аксонів і беруть участь в рості дендритів, проте остаточний механізм їхньої дії ще не визначений [1, 6].

Вміст йоду в організмі залежить від кількості спожитого мікроелемента. У випадку достатнього його споживання вміст йоду в ЩЗ становить 10-20 мг, а при хронічному йододефіциті – до 200 мкг [1, 6, 8].

Шляхи подолання йододефіциту

Основними стратегіями попередження та контролю йододефіциту вважають універсальне йодування солі, збагачення харчових продуктів цим мікроелементом та споживання харчових продуктів, в яких міститься достатня його кількість [1, 3, 8, 9, 16-18]. Їжею, збагаченою йодом, традиційно вва-

жаються морепродукти, менші кількості цього елемента містяться в культурах зернових, які вирощували у ґрунті, збагаченому йодом, та м'ясі тварин, яких пасли на таких ґрунтах. Широкомасштабні дворічні дослідження вмісту йоду в харчових продуктах, які виготовляються в Швейцарії, засвідчили, що найбільша кількість його міститься в морській рибі (0,39-6,9 мкг/г) [18]. Також значна частина йоду присутня у молоці і молочних продуктах (0,15-2,1 мкг/г); яйцях (у жовтку 0,7-2,6 мкг/г), а найнижча його кількість міститься у їжі рослинного походження (0,002-0,7 мкг/г) [18]. З огляду на це, дещо незрозумілими є поради народної медицини, яка рекомендує при захворюваннях ЩЗ вживати овочі і фрукти, збагачені на йод, зокрема редьку, банани, капусту тощо, у яких йод знаходиться у фізіологічно доступній органічній формі. Спекулятивними виглядають також висловлювання деяких спеціалістів про нібито особливі властивості органічного йоду та відсутність негативних наслідків при надмірному його споживанні. Фактичні дані свідчать про тотожність ефектів органічної та неорганічної форми йоду [19-21]. Помірні кількості йоду містять гриби та горіжки, а також заморожені і консервовані продукти, навіть незважаючи на відносно значну кількість йодованої солі, яку застосовують під час їх виробництва [18]. Цікаво, що наявність йоду в сирі не пов'язана з його присутністю у вихідному молоці; зважаючи на перехід основної частини йоду в сироватку при відділенні сиру від кефі [17]. Значний вміст йоду в сирі забезпечує використання йодованої солі. Вміст йоду у питній воді варіює від 0,1-2 мкг/л в ендемічних районах до 2-15 мкг/л у неендемічних. У рафінованому цукрі вміст йоду становить менше 1 мкг/кг, а у неочищеному жовтому його концентрація сягає 30 мкг/кг [1].

В різних країнах кількість йоду, яку отримує людина, різна. Так, у США людина отримує від споживання молочних і м'ясних виробів (включаючи рибу) в середньому 534 і 103 мкг йоду на день відповідно, а у Великій Британії – 92 та 36 мкг йоду на день [1]. Слід визнати, що такий спосіб забезпечення йодом може бути ефективним лише в країнах, де така їжа є доступною для всіх верств населення, а вміст йоду в ній – достатній.

При розробці технологій харчових продуктів, збагачених йодом, намагаються ввести до їх складу й інші активні інгредієнти [3]. Так, в Індії цукор збагачується не лише йодом, а й залізом; у Таїланді до вермішелі крім цих двох мікроелементів додається ще й вітамін А. На Філіппінах маргарин збагачується йодом, залізом, вітамінами А і В₁, ω-3 та ω-6 ненасиченими жирними кислотами [3].

Основними носіями йоду та інших важливих мікроелементів і мікроінгредієнтів у дитячому харчуванні є борошняні кондитерські вироби та безалкогольні напої [3, 8]. З урахуванням нормативів ВОЗ, які для дітей до шкільного віку становлять 90 мкг на день, дітей віком до 12 років – 120 мкг на день, а дітей старшого віку – 150 мкг на день, розроблено технології таких продуктів. Такий підхід до терапії йододефіциту часто ускладнюється з огляду на взаємодію активних компонентів між собою, що неодмінно призводитиме до зменшення як кількості активних речовин, так і їх біодоступності. Крім того, ускладнюється аналітична процедура визначення мікроінгредієнта в харчових продуктах. Загалом цей метод є досить ефективним і забезпечує необхідну кількість йоду для дітей і вагітних жінок [3].

Іншим способом забезпечення населення мікроелементами, включаючи йод, є збагачення харчових продуктів інгредієнтами, які містять значну його кількість. Так, в Україні розроблені технології харчових продуктів із застосуванням морських водоростей [22]. Заслужує на увагу рослина зірочник середній (*Stellaria media*), вміст йоду в якій становить 360-700 мкг на 100 г сухої маси [23]. Розроблені також біологічно активні добавки: «Барба-йод», «Еламін», які з успіхом використовуються в терапії [22]. Проте споживання

цих продуктів і добавок, на жаль, носить спорадичний характер, а вміст в них активного йоду суттєво змінюється в залежності від вихідної сировини. Наведені вище методи забезпечення організму йодом не є універсальними і використовуються лише як доповнення до основного засобу, який полягає у йодуванні харчової солі і використанні її у технологіях різних харчових продуктів.

Йодовану харчову сіль було вперше запропоновано використовувати у 20-х роках минулого століття у США та Швейцарії [2]. Цікаво, що в одних країнах, таких як Канада, йодування є обов'язковим, а в інших, зокрема у США, – добровільним. Йодування солі, яке передбачає збагачення кухонної солі KI та/або KIO₃, вважається найефективнішим методом, зважаючи на зниження частки йодовмісних харчових продуктів, таких як морська риба, і зменшення концентрації йоду в них [3, 8, 9, 22]. ВООЗ надає перевагу KIO₃, завдяки його вищій, порівняно з йодидом калію, стабільності [8]. Молочні вироби істотно покращують йодний профіль лише тоді, коли молоко отримують від корів, які споживали корми, збагачені йодом [8]. Цей спосіб, зокрема, досить ефективний в країнах із високим споживанням молока. Так, в Німеччині 40 % йоду люди отримують при споживанні молочних продуктів. Крім того, на тих підприємствах молочної і хлібопекарської промисловості, на яких застосовують йодофори в якості антисептиків, концентрація йоду в продуктах вища [24]. Слід зазначити, що цей підхід до вирішення проблеми є досить ефективним, адже з 1993 по 2007 рік кількість країн, які потерпають від йододефіциту, зменшилась з 110 до 47 [25]. В тих країнах, де питання йододефіциту почали вирішувати раніше, насамперед, шляхом використання йодованої солі, тобто у скандинавських країнах, Австралії, США та Канаді, до 90-тих років минулого століття вдалось забезпечити адекватне споживання населенням цього мікроелемента [26].

Рівень збагачення солі йодом в різних країнах світу не однаковий. Як видно з таблиці 2, в європейських країнах він становить від 8 до 69 мг йоду на 1 кг солі, а в африканських країнах – 100 мг/кг [8]. Лише в США застосовують KI (0,006-0,01 %) та CuI (до 0,01 %), а також стабілізатори. В якості останніх виступають глюкоза (звичайно, у кількості 0,0374 %) і тіосульфат натрію Na₂S₂O₃·5H₂O (до 0,1 %), а також сода Na₂CO₃ та фосфат кальцію Ca₃(PO₄)₂ [2]. Йодування солі проводиться таким чином, щоб забезпечити щоденне споживання йоду в кількості, принаймні, 100 мкг. Універсальне йодування солі дозволило розробити ефективні стратегії збагачення харчових продуктів цим мікроелементом. Йодування солі передбачає використання йодиду чи йодату калію у кількостях, на декілька порядків менших за гранично допустиму дозу [27].

Враховуючи, що основну кількість солі людина отримує при споживанні хлібобулочних виробів, саме вони часто обираються як носій йоду. Так, використання йодованої солі в технології виробництва хліба дозволило значно покращити йодний профіль у Нідерландах та Данії [28].

Вміст йоду в грудному молоці жінок, які проживають у йододефіцитних регіонах, досить низький і становить 9-32 мкг/л, проте при споживанні йодованої солі концентрація йоду в молоці підвищується [25]. Так, в Німеччині внаслідок йодної профілактики вона збільшилась з 14 мкг/л у 1982 р. до 95 мкг/л у 1996 р. [29, 30]. Вважається, що споживання йодованої солі, яка містить 10-20 мкг KI/кг солі, матерями-годувальницями, подвоює концентрацію цього елемента в грудному молоці [29]. Проте існують публікації, що в деяких країнах, зокрема в Саудівській Аравії, споживання йодованої солі, хоча і веде до збільшення кількості йоду в сечі, не змінює його концентрацію в грудному молоці [30, 31]. На нашу думку, такі дані вимагають більш глибокого осмислення або перевірки.

Таблиця 2. Рекомендований рівень йодування солі в деяких країнах

Країна	Форма йодування	Вміст йоду в солі, мг/кг
Австрія	KI, KIO ₃	20
Австралія	KI, KIO ₃	25-65
Албанія	KI	25
Болгарія	KI	19-32
Боснія і Герцеговина	KI	20-30
Ботсвана	KIO ₃	50
Камерун	KIO ₃	100
Гвінея	KIO ₃	30-50
Греція	KI	40-60
Данія	KI	8-13
Ірландія	KI	25
Італія	KI	30
Іспанія	KI, KIO ₃	51-69
Конго	KIO ₃	80-100
Македонія	KIO ₃	20-30
Нідерланди	KI	50
Польща	KI	20-40
Португалія	KI	20
Румунія	KIO ₃	15-25
Словенія	KI	20-30
Словаччина	KIO ₃	19
США	CuI, KI	75
Угорщина	KIO ₃	15
Фінляндія	KI	21-26
Франція	NaI	10-15
Хорватія	KI	20-30
Чехія	KIO ₃	20-34
Швеція	KI	50
Швейцарія	KI	20

Зниження ефективності вживання йодованої солі в щоденному раціоні харчування пов'язане з: недостатньою обізнаністю населення про негативні наслідки йододефіциту для здоров'я та про необхідність додаткового споживання йоду шляхом використання йодованої солі; ускладненою системою доставки солі до споживача, що унеможлиблює забезпечення нею населення за короткий термін; недостатнім споживанням йодованої солі дітьми та вагітними жінками, які є основними групами ризику. При надлишковому споживанні йоду виникає ряд ускладнень, зокрема автоімунний тиреоїдит, йод-індукований тиреотоксикоз. Крім того, існують ситуації, що вимагають обмеження вживання солі, зокрема гіпертензія та патологічна вагітність. Це викликає дискусію навколо доцільності споживання неорганічних сполук йоду і заміни їх на органічні сполуки, які на думку деяких дослідників, є «зручнішою» формою, при використанні якої організм засвоює лише потрібну йому кількість йоду [3]. Наведені висновки не підкріплені результатами клінічних досліджень. За деякими даними, надлишкове споживання йодоказеїну також може викликати йод-індукований ятрогенний гіпертиреоз [32]. Наявність деяких захворювань, спричинених споживанням йодованої солі, пояснюється насамперед збільшенням кількості спожитої солі, а не неорга-

нічних сполук йоду (йодиду або йодату), які вони містять, що, як відомо, є суттєвим ризиком виникнення і розвитку серцево-судинних і онкологічних захворювань. У випадках обмеження кількості солі компенсація для достатнього надходження йоду в організм досягається шляхом додаткового використання засобів групової йодної профілактики.

Ефективність дії йодованої солі також знижується при споживанні специфічних продуктів, які сприяють розвитку зоба, таких як боби сої та кава, а також дефіциту інших мікроелементів, зокрема селену [3, 33]. Тому крім йодованої солі використовують йодовану воду та йодовані олії, такі як Ліпйодол (йодована макова олія), Йодіол (йодована арахісова олія) [34], соняшникова олія з добавкою йоду.

В Україні середнє споживання йоду становить близько 90 мкг на день, причому для деяких місцевостей воно становить менше 50 мкг на день. Така низька кількість спожитого йоду значно збільшує ризики виникнення зоба, погіршення фізичного та інтелектуального розвитку населення та загального стану його здоров'я.

Слід відмітити, що на певну увагу спеціалістів заслуговує питання щодо токсичності різних харчових добавок, які вміщують йод. Фізіологічні можливості організму щодо цього елемента дуже широкі: від рекомендованої ВООЗ оптимальної дози йоду до 200 мкг та до споживання до 2000-3000 мкг на добу, як це спостерігається в Японії. В умовах ліквідації йододефіциту максимально допустимою дозою йоду вважається 500 мкг на добу.

Вплив йодованої солі на якість харчових продуктів

Солі йоду доволі нестабільні, вони частково руйнуються з виділенням йоду, який втрачається під час обробки при виготовленні харчових продуктів. Частина йоду, яка залишається у таких продуктах, досліджена недостатньо детально. Згідно з висновками ВООЗ [7, 8] вважається, що 20 % йоду втрачається в період від виготовлення йодованої солі до доставки споживачу і 20 % йоду – під час виготовлення харчових продуктів з використанням йодованої солі.

Наведені дані є умовними, усередненими. Для забезпечення щоденного споживання людиною йоду у кількості 150 мкг, його концентрація повинна знаходитись в межах 20-40 мг йоду на 1 кг солі [8].

Втрати йоду, зумовлені процесами обробки харчових продуктів, залишаються предметом дискусій. Групою індійських вчених в ході проведених у 1995 р. досліджень було встановлено, що різні процеси обробки харчових продуктів призводять до втрат від 6 до 37 % йоду [35], а саме: варіння – 37 %; обробка парою – 20 %; випікання під тиском – 20 %; глибоке жарення – 20 %; обжарювання – 6 % втрат.

В інших дослідженнях було показано, що під час варіння втрачається до 70 % йоду [36]. Додавання часнику, перцю чилі, чорного перцю та інших гострих приправ також суттєво знижує частку цього елемента [37]. Проведені у 2011 р. визначення втрат йоду під час використання різних методів обробки сировини при виготовленні харчових продуктів вказують на суттєве зниження кількості цього елемента при застосуванні варіння під тиском (від 40 до 51 %), а найменша кількість йоду втрачається під час обжарювання. На думку авторів, температура обробки практично не впливає на втрати йоду, а найбільше значення має вологість гарячого повітря [38]. За своєю природою сіль гігроскопічна, і, поглинаючи воду з середовища, втрачає йод. Важливим чинником втрати йоду є також тривалість обробки, зростання якої неодмінно призводитиме до суттєвого падіння вмісту йоду в харчових продуктах [38].

Сполуки, які застосовують для йодування солі, а саме йодид та йодат калію, є сильними відновником і окисником, відповідно. Тобто, при виготовленні харчових продуктів ці сполуки потенційно можуть викликати такі

реакції: утворення пігментів, які поглиблюють колір виробів; збільшення швидкості реакцій окиснення, а відтак, зменшення терміну придатності готових виробів; зниження біодоступності йоду та інших важливих харчових речовин [7].

Низка проведених досліджень вказує на слабкий вплив йодованої солі на якість харчових продуктів, які виготовляються за її участі. Так, при отриманні швейцарських сирів Ементаль та Гауда не було помічено жодних змін органолептичних характеристик виробів [8]. Йодована сіль не змінює сенсорні характеристики широкого спектра м'ясних виробів [8, 39]. Вона не впливає на якісні характеристики консервованих продуктів, таких як томатний сік, зелений горошок, солодка кукурудза, звичайна та консервована кисла капуста. Але тіосульфат натрію, який застосовують як стабілізатор йодованої солі, викликає поступову корозію металевих банок [8]. В той же час, додавання до молока йоду у вигляді йодату калію в концентрації 0,127 мМ зумовлює протеоліз казеїну в процесі ультрапастеризації молока. Зниження вмісту йоду до 0,067 мМ дозволяє позбутись цього негативно-го явища [8, 40]. Севенантс та Сандерс знайшли, що під час виготовлення кексів відбувається реакція між йодидом та крезолм, який є основним компонентом лимонного ароматизатора, тому вміст йоду в готових виробах знижується [8, 41].

Аналіз йоду в харчових продуктах

Визначення йоду в різних харчових продуктах (як і в інших біологічних зразках) є надзвичайно складним завданням, яке вимагає як капіталовкладень у технічне оснащення, так і щоденних витрат. Для визначення вмісту йоду в харчових продуктах використовують різні методи, зокрема титриметричний, фотометричний, вольтамперометричний, високоефективної рідинної хроматографії тощо. Зараз для визначення йоду в основному застосовують два нові найточніші методи: нейтронний активаційний аналіз або комбіновану іонну хроматографію з індукційно приєднаним плазмовим мас-спектрометром [8, 42]. Останній достатньо широко застосовують в європейських країнах для аналізу вмісту йоду в харчових продуктах. Проте, всі методи, за виключенням ядерного активаційного аналізу (ЯАА), не є селективними, оскільки на результати визначення накладається ефект впливу інших компонентів, а також вони вимагають проведення процедур концентрування і розділення, що спричиняє втрати йоду. Одним з найперспективніших вважається метод ЯАА, який полягає в опроміненні зразка ядерними частинками з подальшим визначенням виду утворених радіонуклідів за їх періодами напіврозпаду і енергіями опромінення. Зважаючи на відносно невеликий період напіврозпаду ізотопу ^{128}I (25 хв), тривалість опромінення має бути обмежена, інакше, з огляду на ефект Комптона, на точність визначення впливатимуть продукти активації інших елементів, а саме Na, K, Cl, Mn та Br. Це унеможливило визначення малих кількостей йоду в біологічних зразках, та харчових продуктах. Для вирішення цієї проблеми використовується епітермальний ЯАА. Теплові нейтрони, які звичайно становлять 90-95 % нейтронного потоку, поглинаються абсорберами бором та кадмієм. Внаслідок цього залишаються лише епітеплові і швидкі нейтрони. Метод епітермального ЯАА з успіхом застосовують для аналізу різних біологічних зразків, зокрема харчових продуктів, мозку людини, рослин, морських організмів тощо [42].

Цей метод є перспективним для аналізу вмісту йоду в молочних продуктах, продуктах дитячого харчування, оздоровчого і профілактичного призначення та в йодованій солі. Автори вказують на високу чутливість методу. Межі детекції йоду в харчових продуктах становлять 0,02-0,6 мг/кг, а в солі – 5 мг/кг.

Висновки

Дефіцит йоду в організмі є не лише медичною проблемою, але має й негативні соціальні та економічні наслідки. Лише в Бельгії витрати на лікування вузлового зоба становлять 40 млн євро на рік [28]; в Німеччині медичні витрати, пов'язані з лікуванням йододефіциту, становлять 1 млрд доларів на рік; в Україні за деякими даними втрати лише від зниження продуктивності праці, пов'язані з йододефіцитом, складають близько 40 млн гривень на рік.

Йодування солі справедливо вважається основним і ефективним засобом забезпечення організму людини йодом. В літературі часто з'являються досить контрверсійні погляди щодо цього. Широко відомим є висловлювання одного з індійських «спеціалістів» в галузі харчування, який вважав, що йодування солі є ніщо інше, як змова західної цивілізації проти Індії. Інші вважають, що у зв'язку зі збільшенням споживання молочних продуктів, морської риби та водоростей відпала необхідність у споживанні йодованої солі, але світовий досвід підтверджує необхідність масової йодної профілактики.

Вперше йодування солі як метод терапії захворювань ЩЗ почали використовувати майже 100 років тому. Усі європейські сусіди нашої країни визначились з необхідністю йодування солі, а також щодо кількості і форм йодування. На жаль, в Україні до цього часу не прийнято Національну програму боротьби з йододефіцитом, на законодавчому рівні не встановлені межі збагачення йодидом чи йодатом калію харчової солі, що загалом значно звужує можливості профілактики та комплексної терапії цього захворювання. Прийняття такої програми повинно передбачати постійний моніторинг не тільки споживання йоду населенням, але й вмісту його в солі та харчових продуктах. Звичайно на ринку в Україні присутні як йодована сіль, так і харчові продукти, збагачені йодом. Але вміст ефективного йоду в них часто невідомий, а доцільність споживання таких продуктів доволі сумнівна. Крім того, необхідно провести комплексні дослідження вмісту йоду в харчових продуктах в різних регіонах країни з метою встановлення ефективних дієтичних рекомендацій.

Зусилля технологів харчових виробництв в найближчі роки будуть спрямовані на розробку багатофункціональних харчових добавок, які дозволяють одночасно збагатити продукти йодом, а також залізом, селеном, кальцієм тощо. Особливу увагу також необхідно приділити розробці технологій продуктів дитячого харчування, збагачених не лише йодом, а й іншими мікроелементами, зважаючи на їх значення для розвитку людини саме у ранньому віці. Ці вироби також дуже корисні для вагітних жінок. Вплив йодованої солі на якість харчових продуктів, в технології яких її застосовують, незначний, а в більшості випадків – зовсім відсутній. Питання необхідності йодування всіх типів харчової солі піддається дискусії, але зважаючи на дефіцит цього елемента в усіх областях України, такий підхід є виправданим.

Література

1. Encyclopedia of human nutrition. 2nd edition / B. Caballero, L. Allen, A. Prentice (eds). Oxford: Elsevier, 2005. 2000 p.
2. Dasgupta P., Liu Y., Dyke J. V. Iodine nutrition: iodine content of iodized salt in the United States // Environ. Sci. Technol. 2008, 42, 1315-1323.
3. Comprehensive handbook of iodine: nutritional, biochemical, pathological and therapeutic aspects / Preedy V. R., Burrow G. N., Watson R. R. (eds). San Diego: Academic Press, 2009. 1344 p.
4. Melse-Boonstra A., Jaiswal N. Iodine deficiency in pregnancy, infancy and childhood and its consequences for brain development // Best Prac. Res. Clin. Endocrinol. Metab. 2010, 24, 29-38.
5. Costeira M. J., Oliveira P., Santos N. C. et. al. Psychomotor development of children from an iodine-deficient region // J. Pediatr. 2011, 159, 447-453.

6. Паньків В. І. Практична тиреоїдологія. Донецьк: Видавець Заславський О. Ю., 2010. 224 с.
7. WHO Global Database on Iodine Deficiency «Iodine status worldwide». Geneva, 2004. 48 p.
8. Winger R. J., Konig J., House D. A. Technological issues associated with iodine fortification of foods // *Trends Food Sci. Technol.* 2008, 19, 94-101.
9. Zimmermann M. B. Symposium on geographical and geological influences on nutrition. Iodine deficiency in industrialised countries // *Proc. Nutr. Soc.* 2010, 69, 133-143.
10. Verheesen R. H., Schweitzer C. M. Iodine deficiency, more than cretinism and goiter // *Med. Hypotheses.* 2008, 71, 645-648.
11. Sullivan K. M. Iodine deficiency as a cause of autism // *J. Neurol. Sci.* 2009, 276, 202.
12. Tronko M., Kravchenko V., Fink D. et. al. Iodine excretion in regions of Ukraine affected by the Chernobyl accident, experience of the Ukrainian-American cohort study of thyroid cancer and other thyroid diseases // *Thyroid.* 2005, 15, N 11, 1291-1297.
13. Кравченко В. І., Ткачук Л. А., Турчин В. І. та ін. Споживання йодованих продуктів та стан йодної забезпеченості населення України // *Доп. НАН України.* 2005, № 10, 188-194.
14. Лузанчук І. А., Кравченко В. І., Турчин В. І. Ендемія зоба серед дітей Харківської, Дніпропетровської, Донецької областей і Автономної республіки Крим // *Ендокринологія.* 2004, 9, № 2, 246-253.
15. Pandav C. S. Iodine Deficiency Disorders in India: the ICCIDD perspective // *IDD Newsletter.* 2005, 21, 4-6.
16. Report of a WHO expert consultation. «Salt as a vehicle for fortification». Geneva: WHO, 2008. 27 p.
17. Ristic-Medic D., Piskackova Z., Hooper L. et al. Methods of assessment of iodine status in humans: a systematic review // *Am. J. Clin. Nutr.* 2009, 89, 2052s-2069s.
18. Haldimann M., Alt A., Blanc A. et. al. Iodine content of food groups // *J. Food Compos. Anal.* 2005, 18, 461-471.
19. Emdur P. J., Jack M. M. Iodine-induced neonatal hypothyroidism secondary to maternal seaweed consumption: A common practice in some Asian cultures to promote breast milk supply // *J. Paed. Child Health.* 2011, 47, 750-752.
20. Miyai K., Tokushige T., Kondo M. et. al. Suppression of thyroid function during ingestion of seaweed «Kombu» (*Laminaria japonica*) in normal Japanese Adults // *Endocrine J.* 2008, 55, 1103-1108.
21. Muessig K., Thamer C., Bares R. et. al. Iodine-induced thyrotoxicosis after ingestion of kelp-containing tea // *J. Gen. Internat. Med.* 2006, 21, C11-C14.
22. Технологія продуктів харчування функціонального призначення. За ред. М. І. Пересічного. К.: КНТЕУ, 2008. 717 с.
23. Сирохман І. В., Палько Н. С. Тістечка, збагачені йодом // *Наук. праці НУХТ.* 2010, № 33, 48-50.
24. Franke K., Meyer U., Wagner H. et. al. Influence of various iodine supplementation levels and two different iodine species on the iodine content of the milk of cows fed rapeseed meal or distillers dried grains with solubles as the protein source // *J. Dairy Sci.* 2009, 92, 4514-4523.
25. Andersson M., de Benoist B., Rogers L. Epidemiology of iodine deficiency: salt iodisation and iodine status // *Best Prac. Res. Clin. Endocrinol. Metab.* 2010, 24, 1-11.
26. Zimmermann M. B., Jooste P. L., Pandav C. S. Iodine-deficiency disorders // *Lancet.* 2008, 372, 1251-1262.
27. Burgi H., Schaffner T. H., Seiler J. P. The toxicology of iodate: a review of the literature // *Thyroid.* 2001, 11, 449-456.
28. Moreno-Reyes R., van Oyen H., Vandevijvere S. Optimization of iodine intake in Belgium // *Anal. Endocrinol.* 2011, 72, 158-161.
29. Azizi F., Smyth P. Breastfeeding and maternal and infant iodine nutrition // *Clin. Endocrinol.* 2009, 70, 803-809.
30. Meng, W., Schindler A. Nutritional iodine supply in Germany. Results of preventive measures // *Zeitschrift Fur Arztliche Fortbildung Und Qualitätssicherung.* 1997, 91, 751-756.

31. Trabzuni D. M., Ibrahim H. S., Ewaidah, E. H. An assessment of iodine status of Saudi lactating mothers and its relation to iodine intake in Riyadh City // *Ecol. Food Nutr.* 1998, **37**, 297-230.
32. Donega P., Gallerani M., Vigna G. et. al. Reversible hyperthyroidism and cardiomyopathy caused by consumption of iodocasein // *Am. J. Med. Sci.* 2000, **320**, 148-150.
33. Divi R. L., Chang C. H., Doerge D. R. Anti-thyroid isoflavones from soybean. Isolation, characterization, and mechanisms of action // *Biochem. Pharmacol.* 1997, **54**, 1087-1096.
34. Untoro J., Schultink W., Gross R. et.al. Efficacy of different types of iodised oil // *Lancet.* 1998, **351**, 752-753.
35. Goindi, G., Karmarkar M. G., Kapil U. et. al. Estimation of losses of iodine during different cooking procedures // *Asia Pacific J. Clin. Nutr.* 1995, **4**, 225-227.
36. Verma M., Raghuvanshi R. S. Dietary iodine intake and prevalence of iodine deficiency disorders in India // *J. Nutr. Environ. Med.* 2001. **11**, 175-180.
37. Chavasit V., Malaivongse P., Judprasong K. Study on stability of iodine in iodated salt by use of different cooking model conditions // *J. Food Compos. Anal.* 2002, **15**, 265-276.
38. Rana R., Raghuvanshi R. S. Effect of different cooking methods on iodine losses // *J. Food Sci. Technol.* 2011. <http://www.springerlink.com/content/j7273405681w2q72>.
39. Wirth F., Kuhne D. Manufacture of iodinated meat products // *Fleischwirtschaft.* 1991, **71**, 1377-1380.
40. Skudder P. J., Thomas E. L., Pavey J. A. et. al. Effects of adding potassium iodate to milk before UHT treatment. I. Reduction in the amount of deposit on the heated surfaces // *J. Dairy Res.* 1981, **48**, 99-113.
41. Sevenants M. R., Sanders R. A. Anatomy of an off-flavor investigation: the «Medicinal» cake mix // *Anal. Chem.* 1984, **56**, 293-298.
42. Bhagat P. R., Acharaya R., Nair A. G. C et. al. Estimation of iodine in food, food products and salt using ENAA // *Food Chem.* 2009, **115**, 706-710.

Научные аспекты решения проблемы йододефицита у населения Украины

Н. Д. Тронько, М. О. Полумбрик*, В. И. Кравченко, Я. Г. Бальон

ГУ «Институт эндокринологии и обмена веществ им. В. П. Комиссаренко НАМН Украины», г. Киев, 04114, Украина.

**Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, 02192, Украина*

В обзоре приведены данные о метаболизме и физиологической роли йода в организме и описаны основные пути преодоления йодного дефицита. Детально описано влияние йодированной соли на качество пищевых продуктов и рассмотрены методы анализа йода в них.

Ключевые слова: йод, йододефицит, йодирование продуктов питания.

Scientific aspects of solution of iodine deficiency problems in the population of Ukraine

M. D. Tronko, M. O. Polumbryk*, V. I. Kravchenko, Ya. G. Balyon

State Institution «V. P. Komisarenko Institute of Endocrinology and Metabolism, Natl. Acad. Med. Sci. of Ukraine», Kyiv, 04114, Ukraine

**National University of Foodstuff Technologies, Kyiv, 02192, Ukraine*

The authors of the review present data on the metabolism and physiological role of iodine in the body and describe the main ways of eliminating iodine deficiency. They describe in detail the impact of iodized salt on foodstuff quality and review the methods of iodine analysis in foodstuffs.

Key words: iodine, iodine deficiency, foodstuff iodination.

(Надійшла 27.09.2011)