

AGNIESZKA KUROSAD, JÓZEF NICPOŃ, KRZYSZTOF KUBIAK, MARCIN JANKOWSKI,
KRISZTINA KUNGL

Występowanie, obieg i obszary niedoboru jodu oraz główne jego źródła w żywieniu człowieka i zwierząt

Iodine Occurrence, Circulation, Deficiency Region and the Main Iodine Sources in Human and Animal Nutrition

Katedra Chorób Wewnętrznych i Pasożytniczych z Kliniką Chorób Koni, Psów i Kotów Wydziału Medycyny
Weterynaryjnej AR we Wrocławiu

Streszczenie

Jod jest mikroelementem występującym w powietrzu, wodzie, glebie i organizmach żywych. Około miliona lat temu rozmieszczenie jodu na ziemi było w miarę równomierne, dopiero epoki lodowcowe doprowadziły do zmian, w wyniku których powstały obszary bogate w jod (wody morskie wraz z okolicznymi obszarami) i rejony ubogie w ten pierwiastek. Najbogatszym naturalnym źródłem jodu są produkty pochodzenia morskiego: glony, skorupiaki, ryby. Bardzo dobrym źródłem jodu jest również mleko i jego przetwory, a także jaja. Obecnie człowiek wykorzystuje naturalne i sztuczne źródła jodu w żywieniu drobiu, świń, krów mlecznych i bydła opasowego w celu wzbogacenia jaj, mięsa i mleka w ten pierwiastek (*Adv Clin Exp Med 2005, 14, 5, 1019–1025*).

Słowa kluczowe: jod, źródła jodu, żywienie.

Abstract

Iodine is a microelement, occurs in air, water, soil and living organisms. Nearly 1mln years ago the iodine distribution on earth was steady, but subsequent glacial period changed that regularity. The consequence of the ice-ages was the occurrence of areas rich and deficient in iodine. The main iodine sources are ocean products: algae, phytoplankton and fish. Milk, cottage cheese and eggs are also good iodine sources in human nutrition. Nowadays people try to introduce some natural and artificial iodine sources in hens', swine's, and cattle's nourishment to enrich their products in iodine (*Adv Clin Exp Med 2005, 14, 5, 1019–1025*).

Key words: iodine, iodine sources, nourishment.

Jod jest mikroelementem wszechobecnym w przyrodzie, występuje w powietrzu, wodzie, glebie i organizmach żywych. Pierwotnym źródłem jodu są skały bogate w jod (łupki bitumiczne), które ulegając wietrzeniu uwalniają go do mórz i oceanów. Zarówno woda morska, jak i wszelkie produkty pochodzenia morskiego i oceanicznego – glony, skorupiaki i ryby są największym na ziemi magazynem jodu (tab. 1). Jego stężenie w wodzie morskiej jest 10-krotnie wyższe niż w wodzie słodkiej i wynosi około 50 µg/l [1, 2]. W wodzie morskiej występuje przede wszystkim w postaci jodków i jodowanych węglowodorów szeregu meta-

nowego. W obecności światła słonecznego jod utlenia się do jodu elementarnego. Niemniej jednak w powietrzu występuje również jako wolne rodniki, które przyczyniają się do uszkodzenia warstwy ozonowej [3]. Nad oceanami zawartość jodu wynosi do 400 µg/m³, a wraz z oddalaniem się od brzegów w głąb lądu – maleje (średnio w powietrzu znajduje się około 0,7 µg/m³) [4]. Na ilość jodu zawartego w powietrzu ma wpływ nie tylko bliskość słonych wód, kierunek wiatru (najniższa zawartość przy wietrze kontynentalnym), lecz również zanieczyszczenie środowiska (związki siarki, rtęci, ołowiu itp.) [5].

Tabela 1. Średnia zawartość jodu w produktach pochodzących z mórz ($\mu\text{g}/60$ g produktu) [13]

Table 1. Mean iodine content in sea food products ($\mu\text{g}/60$ g product) [13]

Produkt (Product)	Waga (Weight) g	Zawartość jodu (Iodine content) μg
Głony morskie	60	38571,4
Sól jodowana	60	4620
Suszony dorsz	60	70,71
Krewetki	60	25

Jod, jako związek dobrze rozpuszczalny w wodzie, podlega koncentracji w kropelkach mgły oraz kryształach śniegu i powraca na ziemię w postaci opadu atmosferycznego, wzbogacając powierzchniowe warstwy gleby [4, 5]. Warto wspomnieć, że jego zawartość w opadach atmosferycznych jest wyższa niż w powietrzu. Latem, wskutek zwiększonego parowania z powierzchni wód, dochodzi do zwiększenia jego stężenia w powietrzu i w ten sposób następuje zamknięcie obiegu jodu w przyrodzie.

Zawartość jodu w opadach atmosferycznych i glebie ma wpływ na jego ilość w wodach powierzchniowych i gruntowych, skąd jest pobierany przez rośliny. Stężenie w roślinach zależy od ich zdolności absorpcyjnych, zawartości selenu

w glebie i stosowania nawozów azotowych. Zawartość jodu w roślinach lądowych wynosi średnio około 1 mg/kg suchej masy [2, 4]. Kłósówka wełnista (*Holcus lanatus*), powszechnie występująca na pastwiskach, wykazuje małą zdolność wiązania jodu z gleby i powietrza, co przy jednoczesnym niedoborze selenu, mimo prawidłowej zawartości jodu w glebie, stwarza zagrożenie wystąpienia niedoczynności tarczycy u wypasanego bydła [6]. Jony azotanowe i azotynowe natomiast blokują proces organifikacji jodu i tym samym obniżają wydzielanie hormonów tarczycy [3].

Około miliona lat temu rozmieszczenie jodu na Ziemi było w miarę równomierne, dopiero epoki lodowcowe spowodowały zaburzenie równowagi. Zmiana ukształtowania powierzchni ziemi doprowadziła do zubożenia niektórych regionów w ten pierwiastek, a wzbogacenia pozostałych [5]. Proces ten był bardzo powolny, trwał kilkadziesiąt tysięcy lat i nadal, z powodu stale zachodzących ruchów tektonicznych, trzęsień ziemi i wybuchów wulkanów zachodzi. Powstawanie obszarów z niedoborami jodu jest obserwowane w regionach nawiedzanych przez silne opady (obszary górskie) i powtarzające się powodzie. Sprzyja to wypłukiwaniu jodu z gleby, a im starsza jest warstwa powierzchniowa gruntu, tym większy procent jodu jest tracony.

Tereny o małej zawartości jodu w powietrzu, glebie i wodzie, na których stwierdza się związek

Tabela 2. Średnia zawartość jodu w wybranych produktach spożywczych ($\mu\text{g}/100$ g produktu)

Table 2. Mean iodine content in selected food products ($\mu\text{g}/100$ g product)

Grupa produktów (Group of products)	Rodzaj produktu (Food type)	Zawartość jodu (Iodine content) $\mu\text{g}/100$ g
Mleko i przetwory mleczne	mleko spożywcze 2%	7,5
	mleko kobyce	6,3
	jogurt naturalny	7,5
	ser twarogowy ziarnisty*	10
Jaja	jaja kurze całe	21,0
Mięso, wędliny, ryby	cielęcina	2,2
	kurczak – tuszka	0,4
	indyk – tuszka	1,5
	dorsz świeży	110,0
	łosoś świeży	44,0
	węgorz	4,0
	flądra świeża	20
	halibut biały świeży	52
	makreła świeża	45
	makreła wędzona	40
	śledź świeży i marynowany	24,3
	tuńczyk w oleju	25
sardynka w oleju	25	
Ser żółty*	ser gouda tłusty	35
Alkohole*	wino białe półwytrawne	35

* 39,13

Tabela 3. Średnia zawartość jodu w wybranych roślinach**Table 3.** Mean iodine content in selected fruits and vegetables

Źródło jodu (Iodine source)	Zawartość jodu ($\mu\text{g}/\text{kg}$ suchej masy) (Iodine content) ($\mu\text{g}/\text{kg}$ of dry matter)
Jabłko	19
Pomarańcza	24
Pomidor	31
Kalarepa	49
Sałata	237
Liście rzepy	196
Trawa	59
Kukurydza	66
Brukiew	70
Rzepa	87
Marchew pastewna	56
Fasola biała (nasiona suche)*	24

* 39,13

szoną liczbę zmian przerostowych tarczycy u ludzi, określa się mianem rejonów wola endemicznego. Zalicza się do nich: północną część Ameryki Północnej (okolice Wielkich Jezior, północno-zachodnie wybrzeże Pacyfiku, okolice Mississipi, w Kanadzie – Quebec), większą część Ameryki Południowej, Afryki, Azji (Himalaje) oraz Europy (Alpy Szwajcarskie, Półwysp Bałkański, Skandynawia, Szkocja, Niemcy – okolice Monachium) [7].

Na terenie Polski do regionów ubogich w jod zalicza się Pogórze Karpackie (Małopolska) i Pogórze Sudeckie. Jednak z przeprowadzonych przez Szponara [8] i Rysia [9] w 1996 r. badań wynika, że, z wyjątkiem obszaru nadmorskiego, u 10% badanych ludzi stwierdzono występowanie wola endemicznego.

Jod, jako podstawowy składnik hormonów tarczycy, uczestniczy w regulacji metabolizmu organizmu żywego. Należy do niezbędnych mikroelementów, które przede wszystkim są dostarczane w pokarmie i wodzie pitnej [2, 8, 10]. Absorpcję jodu z przewodu pokarmowego u ludzi i psów ocenia się na 80–92% [2], przy czym nieorganiczne związki, takie jak np. jodek potasu, zostają wchłonięte bardzo szybko i niemal całkowicie, a absorpcja organicznych jest ograniczona [2, 3]. Układ oddechowy i skóra są innymi możliwymi drogami wnikania tego pierwiastka do organizmu, niemniej jednak ich znaczenie (z wyjątkiem obszarów nadmorskich, gdzie powietrze jest bogate w jod) jest mniej istotne. Organizm gromadzi jod przede wszystkim w gruczole tarczycy (70–80%) [3], a pozostała część jest magazynowa-

na w śliniankach, błonie śluzowej żołądka, mięśniach szkieletowych, gruczole mlekowym i jajnikach u kobiet, a u szczurów również w naskórku i mieszkach włosowych [2, 11]. Hays, Hsu i Kohatsu [12] opisali dokładnie mechanizm wzbogacania organizmu ludzi i zwierząt (szczury, koty, psy) w jod z użyciem ww. endogennych źródeł tego pierwiastka. Na uwagę zasługuje fakt, że w błonie śluzowej żołądka jod ulega zarówno wchłanianiu, jak i aktywnemu wydzielaniu do światła tego narządu. Jod jest przede wszystkim usuwany przez nerki, a jego ilość wydalona w moczu jest bardzo dobrym wskaźnikiem wysycenia organizmu jodem [2, 13]. Na tej podstawie definiuje się stopień niedoboru jodu występujący u ludzi i opracowuje programy profilaktyki jodowej.

Zapotrzebowanie na jod u ludzi zależy od wieku, płci i trybu życia [2]. Tarczyca dorosłego człowieka wydziela dziennie około 100–200 μg tyroksyny całkowitej, która zawiera 60–120 μg jodu. W wyniku degradacji tego hormonu 20% jodu powraca do gruczołu w celu ponownego wykorzystania. Ilość tego pierwiastka w organizmie jest dodatkowo wzbogacana jodem ze źródeł endogennych (gruczoły ślinowe, błona śluzowa żołądka itp.), a jego utrata z moczem wynosi około 100 μg [7, 12, 13]. Na tej podstawie WHO podała, że minimalna dzienna dawka jodu dla dorosłego człowieka powinna wynosić: 50–70 mg, czyli 1 μg jodu na kg masy ciała, a optymalne zapotrzebowanie 150 μg . W stanach fizjologicznych, takich jak: ciąża i laktacja u kobiet oraz okres wzrostu u dzieci (tab. 4), zapotrzebowanie na jod odpowiednio rośnie. W zależności od stopnia niedoboru jodu, występującego na zamieszkiwanym przez ludzi obszarze (rejon wola endemicznego), składników spożywanego pokarmu (np. czynniki wolotwórcze zawarte w kapuście, brokułach, brukselce, rzemie itp.) i stosowanej diety (niedobory jodu u wegan, którzy usuwają z diety mięso, drób i ryby oraz wszystkie inne produkty pochodzenia zwierzęcego, które mogą stanowić naturalne źródło jodu) oraz zanieczyszczenia wody i powietrza (azotany, związki siarki, ołowiu itp.) dzienna ilość przyjmowanego przez człowieka jodu zmienia się [2, 8, 10, 14, 15].

Głównym źródłem jodu dla ludzi jest pożywienie, szczególnie gdy jest bogate w produkty pochodzenia morskiego (ryby, wodorosty), nabiał i jaja [8–10, 16–19]. Zaledwie 10% zapotrzebowania ludzi na jod pokrywa woda pitna [2]. Niemniej jednak badania prowadzone w Niemczech i Holandii wykazały, iż skażenie wody pitnej azotanami ogranicza wychwyty jodu przez tarczycę, prowadząc do powstania wola [2]. Ponieważ jod jest również stosowany do dezynfekcji wody na terenach w nią ubogich, ważne jest ustalenie takiej dawki, która nie wpływałaby negatywnie na funk-

Tabela 4. Zalecana dzienna norma jodu ($\mu\text{g}/\text{osobę}$) w zależności od wieku, poziomu aktywności fizycznej i stanu fizjologicznego (ciąża, laktacja u kobiet) [39]

Table 4. Recommended daily amount of iodine depending of age, physical activity and specific physiological state (pregnancy, lactation in women) [39]

Zalecana dzienna dawka jodu – $\mu\text{g}/\text{osobę}$ (Recommended daily amount of iodine – $\mu\text{g}/\text{person}$)	
Niemowlęta i dzieci do lat 9	
0–0,5	40
0,5–1,0	50
1–3	70
4–6	90
7–9	120
Dziewczęta i chłopcy do lat 18	
10–15	150
16–18	160
Kobiety i mężczyźni do 25 lat – aktywność fizyczna	
mała	160
umiarkowana	160
duża	160
Kobiety i mężczyźni do 60 lat – aktywność fizyczna	
mała	160
umiarkowana	160
duża	160
Kobiety i mężczyźni powyżej 60 lat	160
Kobiety ciężarne	180
Kobiety karmiące	200

cię tarczycy. Zwykle oscyluje ona wokół górnej dopuszczalnej granicy spożycia jodu przez dorosłego człowieka i wynosi 1–2 mg/d, maksymalnie przez 3 tygodnie [20, 21].

Naturalnym najbogatszym źródłem jodu są glony morskie (tab. 1). Zawierają około 38571,4 μg w przeliczeniu na masę średniej wielkości jaja kurzego (60 g), które zawiera zaledwie 21–29 μg jodu [3]. W Niemczech prowadzono liczne doświadczenia mające na celu wzbogacanie produktów zwierzęcych w jod przez stosowanie dodatku wyciągu z alg do karmy przeznaczonej dla ryb, drobiu, przeżuwaczy i świń. Jedno z doświadczeń, przeprowadzone na pstrągach tęczowych, polegało na podaży dwóm grupom ryb dwóch różnych źródeł jodu: naturalnego wyciągu z alg i jodanu potasu. W czasie eksperymentu badano przyrosty masy ciała i ewentualne negatywne skutki żywienia podawanymi związkami. Pośmiertnie oceniano pH mięsa, kolor, skład chemiczny i koncentrację jodu w mięsie świeżym za pomocą chromatografii gazowej. Stwierdzono, że przy stosowaniu wyciągu z alg w żywieniu ryb koncentracja jodu w świeżym mięsie wzrosła do 7 mg/100 g, co po-

twierdziło hipotezę, iż ich organizm ma dużą zdolność kumulowania jodu zawartego w karmie [19]. Jednak ze względu na zawarte w glonach morskich substancje toksyczne nadal trwają prace nad ilością i czasem ich stosowania w żywieniu człowieka [22]. Z tego też względu podstawowymi źródłami jodu w Polsce są mleko i produkty mleczne, jaja oraz ryby morskie (tab. 2). W naszym kraju tradycja spożywania mięsa ryb morskich nie jest tak powszechna jak np. w krajach śródziemnomorskich, co znacznie ogranicza możliwość ich wykorzystania jako uzupełnienia jodu w diecie człowieka. Istnieją także kraje, np. Japonia, gdzie spożycie produktów pochodzenia morskiego jest tak duże, że może doprowadzić do zatrucia jodem [2, 10]. Dopuszczalna dzienna dawka jodu dla dorosłego człowieka wynosi 1–2 g [20]. Niemniej jednak granica między górną dawką tolerowaną przez organizm a dawką toksyczną jest płynna. Zależy między innymi od właściwości osobniczych, drogi podania i postaci jodu, stanu zdrowia, a także od warunków środowiska (zanieczyszczenia przemysłowe, obecność jonów azotanowych i azotynowych w wodzie pitnej itp.) [3].

Największe spożycie mleka i jego przetworów zanotowano przed 1981 r. w USA i krajach skandynawskich. Produkty te pokrywały wówczas u dzieci do 80% ich dziennego zapotrzebowania na jod, a u dorosłych do 50% [6, 23]. Obecnie obserwuje się spadkową tendencję do spożywania mleka i jego przetworów na obszarze tych państw, co jednocześnie obniża ilość jodu uzyskiwanego z tych źródeł. Badania przeprowadzone w Polsce, na obszarze Małopolski, wykazały, że mleko pokrywa zaledwie 3,4% dziennego zapotrzebowania dzieci na jod [7]. Między innymi z tego względu wszelkie akcje zachęcające do codziennego wypijania szklanki mleka i spożywania jego przetworów są uzasadnione.

U bydła mlecznego około 10% jodu przechodzi do mleka [24]. W badaniach przeprowadzonych przez Millera i Swansona [24] stwierdzono, że przy dawkach do 300 mg jodu na dzień, podawanego krowom, można wykazać liniową zależność między ilością jodu pobraną z paszy a jego zawartością w mleku. Przy większych dawkach nie stwierdzano natomiast już większych zmian. Zawartość jodu w mleku zależy między innymi od rasy krów i okresu laktacji oraz pory roku [25]. Większą ilość jodu w mleku stwierdzono u rasy Holstein niż Guernsey. W miarę trwania laktacji spada produkcja mleka, a zawartość jodu rośnie. W zimie i na wiosnę stosuje się zwykle pasze z dodatkami mikroelementów, a latem i jesienią przeważa żywienie pastwiskowe. Powyższe dane wyjaśniają, dlaczego w zimie zawartość jodu w mleku krów jest dwukrotnie większa niż latem [3, 18].

Nieumiejętne stosowanie środków dezynfekcyjnych zawierających jod do odkażania maszyn udojowych, cystern, baniek na mleko oraz środków używanych do mycia i dezynfekcji wymion prowadzi do wzrostu zawartości jodu w mleku. Hemken [26] podaje, że związki te mogą zwiększać zawartość jodu w mleku o 10–29 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$.

Mechanizm przechodzenia jodu z krwi do mleka nie został dokładnie poznany. Możliwe, że jest on podobny do występującego w tarczycy przezbłonowego transferu jodu, na co wskazuje hamowanie anionem nadchloranowym przechodzenia jodu do gruczołu mlekowego. Ślebodziński [27] podaje, że część trójjodotyroniny T_3 jest generowana z tyroksyny T_4 w samym gruczole mlekowym z udziałem selenozależnych dejodynaz.

Kolejnym ważnym źródłem jodu w pożywieniu człowieka są jaja. Mają zdolność łatwego gromadzenia jodu. Średnia zawartość jodu w jajach wynosi około 21 μg [9]. Podawanie nieskom jodu zwiększa jego koncentrację w jajach, przy czym zawartość w białku jest 18-krotnie niższa niż w żółtku. Jod zawarty w 1 lub 2% wyciągu z alg jest lepiej przyswajalny niż z jodanu potasu. Dopiero po 2 tygodniach żywienia nosek karmą wzbogaconą w jod obserwuje się zwiększoną zawartość tego pierwiastka w jajach, która osiąga wartość maksymalną w 8. tygodniu. Podaż jodu w postaci wyciągu z alg (klep) obniża poziom cholesterolu w żółtku, zwiększa produkcję jaj, polepsza wskaźniki wylęgu i obniża liczbę martwo urodzonych piskląt. Spożywanie „wzbogaconych w jod jaj” obniża poziomu cholesterolu we krwi i jest zalecane u ludzi z chorobami układu krążenia [3, 10].

Jod nie jest pierwiastkiem niezbędnym dla roślin. Najbogatsze w ten pierwiastek są rośliny aluwialnych gleb nad brzegami rzek oraz rosnące na glinach lub piaskach naniesionych przez wody. Owoce i warzywa są ubogim źródłem jodu (tab. 3) [3]. Rośliny, należące do rodziny krzyżowych i traw zawierają tzw. substancje goitrogenne, wpływające ujemnie na funkcję gruczołu tarczowego. Na szczególną uwagę zasługuje soja, która zawiera dwa izoflawonoidy: genisteinę i izoflawnę, działające estrogenizująco u kobiet [28, 29].

Mięso jako źródło jodu nie spełnia swojej funkcji. Jak podano w tabeli 2, jego zawartość w różnych gatunkach mięs jest zróżnicowana, ale w porównaniu do typowych wysokoiodowych produktów (ryby, mleko, jaja) – mała. Wyklucza to udział mięs w grupie pokarmów stanowiących alternatywne źródło jodu w żywieniu człowieka. Niemniej jednak niemieccy naukowcy rozpoczęli prace polegające na zwiększeniu koncentracji jodu w mięsie i niektórych narządach wewnętrznych

(wątroba, nerki) zwierząt rzeźnych. Po wprowadzeniu do diety tuczników dodatkowych ilości jodu w postaci jodanu potasu, uzyskano zwiększoną ilość tego pierwiastka w mięsie i organach wewnętrznych zwierząt [30–32]. Warto również wspomnieć o doświadczeniach przeprowadzonych w Polsce, polegających na wprowadzaniu jodu w postaci jodku potasu lub jodanu potasu do mieszanek peklujących, stosowanych przy produkcji wyrobów mięsnych. Badano również poziom strat jodu w tych produktach po obróbce termicznej i okresie przechowywania w chłodni. Podobne doświadczenia przeprowadzono w przemyśle piekarniczym, gdzie wprowadzono dodatek jodu do wypiekanego chleba pszennego i żytniego oraz szacowano jego straty podczas przechowywania wypieków do 7 dni. Ze względu na dużą popularność wśród dzieci i młodzieży chipsów i prażynek sądzono, że uda się stworzyć zupełnie nowe i w miarę popularne źródło jodu. W procesie produkcyjnym stosowano jodek potasu, a po jego zakończeniu oceniono zawartość jodu w produktach końcowych. Uzyskane wyniki nie były zadowalające, dlatego wycofano się z powyższego projektu [8, 10, 33].

Najprostszym i najbardziej efektywnym uzupełnieniem diety człowieka w jod jest jodowanie soli spożywczej. W tym celu, w Polsce, w 1935 r. zaczęto dodawać jodek potasu (KJ) w ilości 5 mg na kg soli. Było to wynikiem wzrostu potwierdzonych klinicznie przypadków kretynizmu wśród ludności województwa krakowskiego. Podczas II wojny światowej nie kontynuowano rozpoczętej profilaktyki jodowej i dopiero w latach 50. ponownie do niej powrócono. W latach 1976–1986 na obszarach zagrożonych niedoborem jodu zwiększono dawkę jodku potasu do 20 mg na kg NaCl. Obecnie w celu wzbogacenia soli w jod stosuje się jodek potasu w ilości: $30 \pm 10\text{ mg}$ na kg soli [2, 8, 10, 34].

Wśród ludzi zamieszkujących najbiedniejsze kraje świata od lat notuje się największy odsetek chorób wynikających z niedoboru jodu (IDD), takich jak: wole, niedoczynność tarczycy, zaburzenia rozwoju umysłowego (kretynizm, opóźnienie umysłowe, obniżenie ilorazu inteligencji) oraz fizycznego (głównie zaburzenia wzrostu i rozwoju kości) [7, 10, 21]. Zagrożenie niedoborem jodu eliminuje się przez podawanie jodowanego cukru, mąki, wody i olei jadalnych, a w poważnych przypadkach – przez wykonywanie iniekcji lub podawanie tabletek zawierających jod [35–38].

W związku z tym, że problem niedoboru jodu jest nadal aktualny, człowiek ciągle poszukuje jak najbogatszych i łatwo dostępnych naturalnych jego źródeł.

Piśmiennictwo

- [1] **Manz F:** Jodmangel. Grunde, Folgen und Vorbeugemassnahmen. *Prev Vet Med* 1992, 15, 111–117.
- [2] **Ziemlański S, Bulhak-Jachymczyk B, Niedźwiecka-Kącik D, Panczewska-Kresowska B, Wartanowicz M:** Normy Żywienia Człowieka. PZWL, Warszawa 2001.
- [3] **Bobek S:** Profilaktyka jodowa u zwierząt. *Med Wet* 1998, 54, 80–86.
- [4] **Hetzel BS, Marberly GF:** Iodine. Trace elements in human and animal nutrition. Academic Press Inc, London 1986, 5, 139–208.
- [5] **Merke F:** Die Eiszeit als primordiale Ursache des endemischen Kropfes. *Schw Med Wochenschr* 1965, 95, 1183–1192.
- [6] **Blood DC:** Przewodnik lekarza weterynarii. Wyd Lek PZWL, Warszawa 1994, 577–578.
- [7] **Lee SL:** Iodine deficiency. *J Med* 2002, 3, 1–3.
- [8] **Szponar Z, Nauman J, Gembicki M:** Principles, main goals and method of the nationwide program: Investigation on iodine deficiency and model of iodine profilaxis in Poland. *Endokrynol Pol* 1993, 44, 235–240.
- [9] **Ryś R, Wir-Kornaś E, Pyska H, Kuchta M:** The effect of different types and levels of iodine additives in feed on iodine deposition in eggs. *Roczn Nauk Zootech* 1995, 23, 187–190.
- [10] **Kostogryś R, Sikora E, Pisulewski P:** Zagadnienia niedoboru jodu w organizmie człowieka – przegląd badań. *Żyw Człow Metab* 1999, 26, 330–342.
- [11] **Brown-Grant K:** Extrathyridal iodide concentrating mechanism. *Physiol Rev* 1961, 41, 189–213.
- [12] **Hays M T, Hsu L, Kohatsu S:** Transport of the thyroid hormones across the feline gut wall. *Thyroid* 1992, 2, 45–50.
- [13] **Dunn JT, Crutchfield E, Gutekunst R, Dunn A D:** Two simple methods for measuring iodine in urine. *Thyroid* 1993, 3, 119–123.
- [14] **Lightowler H J, Davies G J:** Assessment of iodine intake in vegans: weighted dietary record vs duplicate portion technique. *Eur J Clin Nutr* 2002, 56, 765–770.
- [15] **Lightowler H J, Davies G J:** Iodine intake and iodine deficiency in vegans as assessed by duplicate-portion technique and urinary iodine excretion. *Br J Nutr* 1998, 80, 529–535.
- [16] **Binnerts WT:** Milk consumption in people. *J Neth Milk Dairy* 1979, 33, 12–18.
- [17] **Brzóška F:** Żywieniowe metody modyfikacji składu i jakości mleka pod kątem wymagań konsumenta. Materiały z Seminarium. Kraków 1996.
- [18] **Christeinsen VL, Donaldson WE:** Iodine deposition in cow's milk. *J Endocrinol Invest* 1988, 11, 625–629.
- [19] **Schmidter A:** Algae as natural source of iodine in the feeding of the freshwater fish. Materiał z sympozjum: New strategy to increase supply for man. Ludwig – Maksymilian Uniwersytet, Monachium 2002.
- [20] **Backer H, Hollowell J:** Use of iodine for water disinfection: iodine toxicity and maximum recommended dose. *Environ Health Perspect* 2000, 108, 679–684.
- [21] **Hollowell JG, Staehning NW, Hannon H, Flanders DW, Gunter EW, Marberly GF, Braverman IE, Pino S, Miller DT, Rabe PL, De Lozier DM, Jackson R:** Iodine nutrition in the US. Trends and Public Health Implication: Iodine Excretion Data from National Health and Nutrition Examination Surveys I and II. *J Clin Endocrinol Metab* 1998, 83, 3401–3408.
- [22] **Plinski M:** Cyjano- i algotoksyny zagrożeniem dla zwierząt. *Życie Wet* 2001, 76, 201–204.
- [23] **Pennington JA:** Composition of core foods of the US food supply. *J Dairy Sci* 1990, 73, 3421–342.
- [24] **Miller JK, Swanson EW, Spalding GE:** Iodine absorption, excretion, recycling and tissue distribution in the dairy cow. *J Dairy Sci* 1975, 58, 1578–1582.
- [25] **Cohen SB, Weetman AP:** Iodine contents in cow's milk. *J. Endocrinol Invest* 1988, 11, 625–630.
- [26] **Hemken RW:** Factors that influence the iodine contents of milk and meat: A review. *J Anim Sci* 1979, 48, 981–987.
- [27] **Ślebodziński AB:** Endokrynologia zwierząt domowych. PWN, Warszawa 1979, 170–192.
- [28] **Court MH, Freeman LM:** Identification and concentration of soy isoflavones in commercial cat foods. *Am J Vet Res* 2002, 63, 181–185.
- [29] **Doerge DR:** Goitrogenic and estrogenic activity of soy isoflavones in commercial cat foods. *Am J Vet Res* 2002, 110, 349–353.
- [30] **Rambeck WA, Kaufmann S, Feng J, Hollowich W, Arnold R:** Improving the human iodine supply by iodination of swine feed. *Tierärztl Prax* 1997, 25, 312–315.
- [31] **Schone F, Ludke H, Jahreis G, Hennig A:** Effects of iodine, copper and zinc supplements to rations with a high quota of rapeseed extract meal on the growth and thyroid function of fattening swine. The effects on weight and histomorphometric findings in the thyroid and serum T₃ and T₄ concentrations. *Arch Tierernahr* 1986, 36, 371–380.
- [32] **Schone F:** Iodine deficiency, iodine requirement and iodine excess of farm animals – experiments on growing pigs. *Berl Münch Tierärztl Wochenschr* 1999, 112, 64–70.
- [33] **Janitz W, Szymandera-Buszk K:** Wzbogacanie żywności w jod. *Przemysł Spożywczy* 1997, 7, 12–14.
- [34] Zarządzenie MZiOS z dn. 24.07.1996 r. w sprawie zakazu produkcji i wprowadzania do obrotu w celach spożywczych niektórych rodzajów soli. *Monitor Polski* z dn. 9.08.1996, nr 48, poz. 462.
- [35] **Eltom M, Elnagar B, Sulieman E A, Karlsson F A, Van Thi HV, Bourdoux P, Gebre-Medhin M:** The use of sugar as a vehicle for iodine fortification in endemic iodine deficiency. *Int J Food Sci Nutr* 1995, 46, 281–289.
- [36] **Harris M J, Jooste P L, Charlton K E:** The use of iodized salt in the manufacturing of processed foods in South Africa: bread and bread premixes, margarine and flavourants of salty snacks. *Int J Food Sci Nutr* 2003, 54, 13–19.

- [37] **Kapil U, Singh J, Sunderesan S, Ramachadran S, Tandon M:** Status of universal iodisation of salt programme in selected districts of Bihar. *Indian J Matern Child Health* 1997, 8, 90–91.
- [38] **Kirchner S, Stelz A, Muskat E:** Contribution of natural mineral water to the iodine supply of the population. *Z Lebensm Unters Forsch* 1996, 203, 311–315.
- [39] **Kuchnatowicz H, Nadolna I, Przygoda B, Iwanow K:** Tabele wartości odżywczej produktów spożywczych. Wyd. IŻŻ, Warszawa 1998, 85.

Adres do korespondencji:

Agnieszka Kurosad
Katedra Chorób Wewnętrznych i Pasożytniczych z Kliniką Chorób Koni, Psów i Kotów
Wydział Medycyny Weterynaryjnej AR
pl. Grunwaldzki 47
50-366 Wrocław
e-mail: aniesanies@poczta.onet.pl

Praca wpłynęła do Redakcji: 19.11.2004 r.

Po recenzji: 23.03.2005 r.

Zaakceptowano do druku: 23.03.2005 r.

Received: 19.11.2004

Revised: 23.03.2005

Accepted: 23.03.2005