

Jod w mleku spożywczym w Polsce oraz jego rola w profilaktyce zdrowotnej człowieka

Franciszek Brzóska¹, Zbigniew Szybiński², Bogdan Śliwiński¹

*¹Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy,
Dział Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa, 32-083 Balice k. Krakowa
²Uniwersytet Jagielloński, Collegium Medicum,
Katedra i Klinika Endokrynologii, ul. Kopernika 17, 31-501 Kraków*

Wstęp

Jod jest niezbędnym dla diety człowieka i zwierząt pierwiastkiem śladowym (Anke i in., 1993; Schöne i in., 2009). Jego niedobór w diecie ludzi występuje na wielu kontynentach, w tym w Europie (Vitti i in., 2001; Delange, 2002; WHO, 2004; Zimmermann i Andersson, 2012). W Afryce osoby upośledzone umysłowo z powodu braku jodu w diecie określa się jako „door watching people” – ludzi patrzących w otwór drzwiowy. Przeważający model profilaktyki jodowej w Europie jest oparty na jodowaniu soli kuchennej, jakkolwiek spośród 40 krajów europejskich tylko 13 wdrożyło je obowiązkowo. Jodowanie soli zostało zapoczątkowane w XIX w. przez lekarza austriackiego w rejonach silnie niedoborowych w jod w miejscowościach alpejskich. Przed I wojną światową austriackie komisje wojskowe w rejonie Podhala dyskwalifikowały 10% poborowych jako niezdolnych do służby wojskowej ze względu na niedorozwój umysłowy, wywołany niedoborem jodu w diecie. Polski model profilaktyki jodowej składa się z kilku elementów: obowiązkowego jodowania soli kuchennej (20–40 mg/kg) w oparciu o decyzję Ministerstwa Zdrowia, wprowadzonego w 1996 r., obowiązkowego jodowania odżywek dla niemowląt (10 µg I/100 ml mleka) i stosowania farmakoterapii w ilości 150 µg I/dzień dla kobiet ciężarnych i matek karmiących (Szybiński, 1997; 2012).

Programy badawcze, prowadzone w ostatnich latach, wykazały szkodliwy wpływ na zdrowie człowieka nadmiernego spożycia soli.

W Polsce jest ono niemal 2-krotnie wyższe niż w Unii Europejskiej-27 i szacowane jest na około 10–11 g/dobę. Sól jest powszechnie używana w konserwowaniu produktów mięsnych, serów dojrzewających oraz wielu innych produktów. Stosowana jest jako dodatek do chleba i do gotowania ziemniaków. Nieporozumieniem jest stosowanie soli w paluszkach piekarniczych i czipsach. Powszechnie przyjęte jest podawanie soli stołowej. Tak wysokie spożycie soli skutkuje rozwojem nadciśnienia tętniczego od wczesnych lat życia, czego dalszą konsekwencją są zawały naczyń krwionośnych, występujące u ludzi w średnim wieku (Jarosz i in., 2011). Wobec konieczności ograniczenia spożycia soli, weryfikacji wymaga obowiązujący w Polsce model profilaktyki jodowej na drodze jodowania soli kuchennej. Lekarze endokrynolodzy uznali potrzebę wykorzystania mleka spożywczego jako dobrego źródła jodu pokarmowego ze względu na jego powszechne użycie.

Fakt ten skłonił nas do podjęcia współpracy z Katedrą i Kliniką Endokrynologii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz badań nad metabolizmem jodowym krów mlecznych, a także poziomem jodu w mleku spożywczym w Polsce.

Zawartość jodu w mleku w Polsce

Zawartość jodu w mleku krów i kóz zależy od ilości tego pierwiastka pobieranego w dawce pokarmowej. Elementem decydującym o funkcjonowaniu gruczołu tarczycy u człowieka jest podaż jodu do organizmu. Cząsteczki jodu atomowego, wędrujące z krwią, w gruczole tar-

czycy ulegają redukcji do jodu jonowego i dalej zostają połączone z aminokwasem tyrozyną, tworząc hormony tarczycowe – jedno- dwu- i trójiodotyroninę oraz tyroksynę. Hormony tarczycowe są uwalniane do krwiobiegu, regulując procesy metabolizmu tkankowego i bilans energetyczny ssaków. Tarczyca gromadzi zapas hormonów, poprzez łączenie ich z białkiem globuliną, na związek kompleksowy tyreoglobulinę, wypełniającą pęcherzyki gruczołu tarczycy. Związek ten jest kontrolowany przez hormon tyreotropowy TSH, wydzielany przez przysadkę podwzgórza mózgu. Niedobór jodu i hormonów tarczycowych we krwi wyzwała aktywność przysadki i wydzielanie hormonu tyreotropowego TSH do krwiobiegu, co skutkuje uwolnieniem hormonów tarczycowych. Nadmiar hormonów tarczycowych we krwi zwalnia funkcję przysadki i hamuje wydzielanie hormonu TSH, co jest typowym przykładem funkcjonowania w organizmie sprzężenia zwrotnego (Ślebodziński, 1979).

W Polsce pierwszy monitoring zawartości jodu w mleku został wykonany w latach 60. XX w. przez profesora Instytutu Zootechniki i Wyższej Szkoły Rolniczej w Krakowie Zygmunta Ewy'ego. Mleko pobierane z samochodów cystern, zwożących mleko z punktów skupu do zakładów przetwórczych od Wrocławia do Przemyśla, zawierało 20–40 µg jodu w kilogramie (Ewy i in., 1962, 1966). Monitoring mleka, powtórzony 30 lat później w 1995 r., wykazał niemal identyczny poziom tego pierwiastka (Brzóska i in., 1998). Niski poziom jodu w mleku wskazywał, że krowy nie otrzymywały w dawkach pokarmowych dodatków mineralnych, zawierających ten pierwiastek, a jod w mleku pochodził wyłącznie z pasz objętościowych, zielonki pastwiskowej, siana i kiszzonek (Schöne i Rajkumar, 2009). Niski poziom jodu w mleku był spowodowany brakiem świadomości hodowców co do celowości stosowania mineralnych dodatków paszowych w żywieniu krów, przy ich wydajności sporadycznie przekraczającej wówczas 4–5 tys. kg/rok. Już wówczas produkowano w Zakładach Polfa Kutno mineralno-witaminowe dodatki paszowe (premiksy) do żywienia zwierząt, lecz w przeważającej części były one eksportowane. W doju krów nie stosowano wówczas preparatów dezynfekujących wymiona i urządzenia udojowe, a w skupie mleka nie obowiązywała kontrola

ilości komórek somatycznych. Skup małej ilości mleka od dostawcy i prymitywny sposób jego kolekcji oraz transport konny powodowały, że do zakładów mleczarskich trafiał surowiec o obniżonej jakości.

W latach 80–90. XX w. w Instytucie Zootechniki, w ówczesnym Zakładzie Paszoznawstwa i Surowców Pochodzenia Zwierzęcego, a później Dziale Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa w Zakładzie Doświadczalnym Lipowa, wykonano serię 6 doświadczeń żywieniowych na krowach mlecznych w celu określenia możliwości zwiększenia zawartości jodu w mleku. Badania poprzedzono rozpoznaniem jego zawartości w paszach w Polsce, w tym w ziarnie zbóż, sianie i kiszonkach, czemu poświęcono pracę, wykonaną w ramach rozprawy doktorskiej (Strzetelski, 2005). Poziom jodu w mieszankach paszowych i mineralnych deklarowany jest przez ich producentów na etykietach. W ramach wykonanych badań określono:

- wpływ poziomu jodu w dawkach pokarmowych na jego zawartość w mleku,
- wpływ formy chemicznej jodu w dawkach pokarmowych na jego zawartość w mleku,
- wpływ podawania jodu w lizawkach solnych na jego zawartość w mleku,
- wpływ podawania jodu w lizawkach solnych i mieszankach mineralnych (premikсах) na jego zawartość w mleku.

Podjęto współpracę z Uniwersytetem Jagiellońskim, Katedrą i Kliniką Endokrynologii, zajmującej się od wielu lat podażą jodu dla człowieka i leczeniem schorzeń wynikłych z jego niedoboru. Nawiązano również współpracę z Kopalnią Soli Kłodawa, celem wdrożenia jodowania lizawek solnych dla zwierząt. Współpraca zaowocowała uruchomieniem produkcji tzw. lizawek solnych mineralizowanych, zawierających jod, magnez, cynk i kobalt. Podjęto rozmowy z producentami dodatków paszowych w sprawie optymalizacji poziomu jodu w mieszankach mineralno-witaminowych. Po 2000 r. nastąpiły głębokie zmiany w produkcji mleka w Polsce. Wyeliminowano drobnych dostawców, wprowadzono schładzanie mleka oraz wzrosła świadomość i wiedza hodowców o potrzebach pokarmowych krów. Wzrosła sprzedaż dodatków mineralnych, w tym premiksów i mineralizowanych lizawek solnych dla krów.

W latach 2007–2008 wykonano kolejny monitoring poziomu jodu w mleku spożywym, po procesie przerobu i pasteryzacji, zatem w mleku konsumowanym przez Polaków. Próbki mleka w postaci kartonów pobrano z 13 sklepów wielkopowierzchniowych w miastach wojewódzkich. Poziom jodu w mleku wynosił średnio 100 µg/l latem i 147 µg/l zimą (Brzóska i in., 2009). Wyniki te wskazują na zmiany w zakresie żywienia bydła mlecznego, zaistniałe od czasu poprzednich monitoringów. Zmiany te uwzględniają zwią-

zone zużycie mieszanek paszowych, zawierających jod, mieszanek mineralno-witaminowych i lizawek solnych z jodem.

Wytwórcy mieszanek paszowych konkurują na rynku paszowym o odbiorców, a wytwórcie mieszanek mineralno-witaminowych i lizawek solnych pokrywają potrzeby krajowe, a część produkcji eksportują.

W latach 2011–2012 wykonano kolejny monitoring zawartości mleka w Polsce. Wyniki przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Tabela 1. Zawartość jodu w mleku spożywym w Polsce w µg/l (Śliwiński i in., 2015 a)
Table 1. Iodine content of drinking milk in Poland, µg/litre (Śliwiński et al., 2015 a)

Wyszczególnienie <i>Item</i>	Lato – <i>Summer</i>		Zima – <i>Winter</i>	
	n	średnia – <i>mean</i>	n	średnia – <i>mean</i>
Szczecin	6	196 a	6	182 abc
Olsztyn	6	163 ba	–	–
Gorzów Wlkp.	6	160 cba	6	168 bc
Warszawa	6	160 cba	6	210 ab
Wrocław	6	155 cba	6	185 abc
Bydgoszcz	6	158 cba	–	–
Siedlce	6	149 cba	–	–
Katowice	6	145 cba	6	236 a
Poznań	6	143 cba	6	189 abc
Lublin	6	140 cb	6	180 abc
Gdańsk	6	140 cb	6	168 bc
Łódź	6	123 cb	6	186 abc
Opole	6	126 cb	6	200 abc
Rzeszów	6	123 cb	6	179 abc
Kraków	6	109 cb	5	141 c
Kielce	6	103 c	6	150 bc
Średnio – <i>Mean</i>	96	143	77	183
SD		31		5
CV%		44		26
Zakres – <i>Range</i>		103–196		141–236

a, b, c – średnie z tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $P \leq 0,05$.

a, b, c – means with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$.

SD – odchylenie standardowe – *standard deviation*; CV – współczynnik zmienności – *coefficient of variation*.

Zawartość jodu w mleku spożywym w Polsce od czasu monitoringu z lat 2007–2008 zwiększyła się o około 20–30% i kształtuje się na dobrym poziomie europejskim. Mleko nabywane w dużych miastach pochodziło z kilku regionów kraju, bardzo często oddalonych od siebie. Tiry załadowane paletami z mlekiem przemierzają Polskę wzdłuż i wszerz. Linie wykre-

ślone pomiędzy miejscem pochodzenia mleka a miejscem jego sprzedaży dały konglomerat krzyżujących się wykresów. Z ekonomicznego punktu widzenia koszty transportu podrażają produkcję mleka spożywczego, a w warunkach silnej konkurencji na rynku zaniżają zyski mleczarni. W tabeli 2 pokazano miejsca pochodzenia badanego mleka według regionów.

Tabela 2. Zawartość jodu w mleku spożywczym zależnie od regionu pochodzenia w $\mu\text{g/l}$ (Śliwiński i in., 2015 a)
 Table 2. Iodine content of drinking milk depending on region of origin, $\mu\text{g/litre}$ (Śliwiński et al., 2015 a)

Wyszczególnienie <i>Item</i>	Lato – <i>Summer</i>		Zima – <i>Winter</i>	
	n	średnia – <i>mean</i>	n	średnia – <i>mean</i>
Wielkopolska	4	167 abc	3	149 cd
Kujawy–Pomorze	14	155 abc	11	241 bc
Zachodnie Pomorze	2	157 abc	3	179 bcd
Lublin	2	152 abc	–	–
Łódź	21	146 bc	19	175 bcd
Podlasie	46	134 bc	35	175 bcd
Mazowsze	3	91 c	3	115 d
Warmia i Mazury	–	–	1	158 cd
Średnio – <i>Mean</i>	92	143		170
SD		31		47
CV%		44		26
Zakres – <i>Range</i>		91–167		115–241

a, b, c – średnie z tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $P \leq 0,05$.

a, b, c – means with the same letters are not significantly different at $P \leq 0.05$.

SD – odchylenie standardowe – standard deviation; CV – współczynnik zmienności – coefficient of variation.

Z tabeli 2 wynika, że w Polsce ukształtowały się regiony, dominujące w produkcji mleka, w tym rejon Łomży, Łodzi, Kujaw i Pomorza. W rejonie Łomży specjalizacja w produkcji mleka została zapoczątkowana ponad 30 lat temu eksperymentem rządu Holandii, w rejonie Podlasia.

Czynniki wpływające na poziom jodu w mleku

Zawartość jodu w mleku krów zależy od poziomu tego pierwiastka podawanego w dawce pokarmowej. Stwierdzono, że 70–90% jodu dawki pokarmowej jest absorbowane w żwaczu (Miller i in., 1975). Poziom jodu w dawce zależy od jego zawartości w roślinach pastewnych i paszach oraz mieszankach paszowych i dodatkach mineralnych, podawanych krowom, a także od jego przyswajalności z dawek pokarmowych. Jego ilość występująca w pobieranym powietrzu i wodzie posiada marginalne znaczenie. Zawartość jodu w roślinach pastewnych, pochodzących z gleb aluwialnych, spływowch, jest wyższa jak z gleb pływających na podłożu skalistym, stąd niedobór tego pierwiastka w diecie występuje szczególnie w rejonach gór. Wykazano, że w miarę oddalania się od morza zawartość jodu w roślinach maleje (Anke i in., 1993). Analiza jego zawartości w polskich paszach wykazała średnio 113 mg oraz 48 mg na kilogram suchej

masy w ziarnie zbóż (Strzetelski, 2005). Podawanie krowom dawki pokarmowej, zawierającej 16–18 kg suchej masy na dobę, głównie pasz objętościowych, z dodatkiem 2–4 kg śruty lub otrąb zbożowych, niezbilansowanej białkiem i składnikami mineralnymi, skutkowało zawartością 20–40 $\mu\text{g I/kg}$ mleka (Ewy i in., 1962, 1966; Brzóska i in., 1998).

Istotne znaczenie w podaży jodu dla krów posiadają mieszanki paszowe, zbilansowane pod względem energii, białka trawionego w jelicie i składników mineralnych. W Niemczech, Stanach Zjednoczonych i Kanadzie zużycie mieszanek paszowych na statystyczną krowę mieści się w zakresie 1,0–2,0 t/rok lub laktację. W Polsce, przy produkcji około 900 tys. t pasz przemysłowych dla bydła, zużycie pasz treściwych zbilansowanych jest wielokrotnie niższe, co skutkuje mniejszym pobraniem jodu. Brytyjska Komisja Badań Rolniczych (British Agricultural Research Council) już w latach 60. XX w. rekomendowała użycie w żywieniu krów mlecznych 30 mg jodu/dobę, co odpowiadało 2 ppm (μg) w suchej masie dawki pokarmowej. Zalecenia Unii Europejskiej podają maksymalną zawartość tego pierwiastka w mieszankach paszowych na poziomie 5 mg/kg (EU, 2003, 2005). Przy średniej dobowej wydajności 25–30 kg mleka, pobraniu 24–26 kg SM, w tym 6–10 kg

paszy treściwej na dobę, daje to spożycie 30–50 mg jodu w mieszance treściwej i około 35–55 mg łącznie z paszami objętościowymi. W 2013 r. rekomendowano 2 mg jodu na kilogram suchej masy jako maksymalną jego zawartość w dawkach pokarmowych dla krów i mniejszych przeżuwaczy (EFSA, 2013). Oznacza to, że krowy o wydajności szczytowej 40 kg/dobę, pobierające około 24–26 kg suchej masy dawki pokarmowej, powinny spożywać 48–52 mg I/dobę. Szacujemy, że około 60% mleka spożywanego jest w Polsce produkowane w stadach liczących 20–30 krów, a 40% – w stadach liczących ponad 100 krów.

Zawartość jodu w mleku zależnie od formy chemicznej, sezonu i regionu kraju

Przepisy prawa w Unii Europejskiej dopuszczają stosowanie 4 form chemicznych jodu w żywieniu krów: jodku potasowego (KI), jodku sodowego (NaI), bezwodnego jodanu wapniowego ($\text{Ca}[\text{IO}_3]_2$) i uwodnionego jodanu wapniowego ($\text{Ca}[\text{IO}_3]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). W USA powszechnie jako źródło jodu stosowany jest etylenodwuamino-dwuhydro-jodan (EDDI). Związki te są podawane krowom w mieszankach mineralno-witaminowych, po wymieszaniu z pozostałymi komponentami paszy treściwej lub w brykiecie solnym. Badania amerykańskie (Pennington, 1990) oraz krajowe (Brzóska i in., 2009; Śliwiński i in., 2015 a,b) wskazały na znaczne różnice w zawartości jodu w mleku zależnie od pory roku i sposobu żywienia krów. Latem zawartość jodu w mleku była mniejsza niż w sezonie jesienno-zimowym. Badania wykazały, że zwiększenie pobrania jodu przez krowy w zakresie od 5,8 do 53,3 mg/dobę zwiększało poziom tego pierwiastka od 20,6 do 217,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ mleka (Brzóska i in., 2000). Dalsze badania, w których podawano krowom lizawki solne, zawierające 300 mg I/kg, skutkowały poziomem 181,2 μg I/kg mleka (Brzóska i in., 2001 a,b). Pobranie soli z brykietów solnych w okresie lata określiło na 65 g/dobę (Brzóska i in., 2000).

Badania nie wykazały negatywnego wpływu pobrania jodu na wydajność mleczną, zawartość tłuszczu i białka w mleku oraz kwasowość, krzepliwość i gęstość mleka (Brzóska i in., 2001 a,b; Wiewióra i in., 2004). Wyższa zawartość jodu w mleku zimą w porównaniu z latem może posiadać związek z fazą laktacji

krów. Krowy z reguły cielą się wczesną wiosną i osiągają najwyższą mleczność latem. A zatem, jeśli poziom wydzielania jodu jest stały, a być może zależny od masy ciała krów, wyższa ich mleczność skutkuje większym rozcieńczeniem jodu w mleku w sezonie letnim. Trudno ocenić, bez ukierunkowanych badań, który z czynników jest odpowiedzialny za wydalanie jodu w mleku przez krowy. W innych badaniach stwierdzono, że status jodowy krów wpływa na ich rozrodczość. Badania wykonane w Finlandii na krowach mlecznych wykazały, że suplementacja jodu obniża ilość nieregularnych owulacji (Lambert, 1986), a jego niedobór u cielnych krów może prowadzić do niedorozwoju płodu i powstawania zniekształconych płodów (Schöne i Rajkumar, 2009).

Obecne i wcześniejsze badania wykazały, że zawartość jodu w mleku zmienia się w poszczególnych regionach kraju. W okresie letnim najwyższą jego zawartość stwierdzono w Wielkopolsce, a najniższą na Mazowszu. W sezonie zimowym najwyższą odnotowano w regionie kujawsko-pomorskim, a najniższą w regionie Mazowsza (tab. 2). Mogło to wynikać z wielkości stad krów i ich żywienia w poszczególnych regionach Polski. Regułą jest, że w stadach o mniejszej liczebności krów stosuje się mniej mieszanek treściwych i dodatków mineralnych w żywieniu, a świadomość i wykształcenie zootechniczne właścicieli i kadry zarządzającej oraz potrzeba stosowania mineralnych dodatków paszowych w żywieniu jest wyższa w rejonach, w których utrzymywane są większe stada krów mlecznych.

Poziom jodu w mleku a higiena wymienia i urządzeń udojowych

Odbiorcy mleka surowego od hodowców krów wymagają, aby było ono schłodzone, nie zawierało ponad ustalone normy komórek somatycznych i bakterii. Istotnym źródłem jodu w mleku może być stosowanie preparatów jodowych do higieny wymienia i urządzeń udojowych. Był taki okres, kiedy przetwórcy mleka sprzeciwiali się stosowaniu jodu do dezynfekcji, określając normę na zawartość tzw. substancji hamujących rozwój bakterii mlekowych w mleku. Obecnie dostępne są preparaty dezynfekcyjne o zróżnicowanym składzie chemicznym, w tym jodowe, niezbędne do pozyskiwania wy-

sokiej jakości mleka surowego. W badaniach, wykonanych w Instytucie Zootechniki PIB stwierdzono, że zawartość jodu w mleku krów nie otrzymujących jego dodatku w diecie, a także tych, u których dezynfekcję strzyków (dipping) wykonywano preparatem bezjodowym, wynosiła 45 µg/kg mleka. U krów doświadczalnych, gdzie do blokowania kanału strzykowego po doju używano preparatu jodowego o zawartości 3 g I/kg, zawartość jodu w mleku wzrosła do 65 µg/kg mleka (Śliwiński i in., 2015 b). Wyniki te są zgodne z danymi, uzyskanymi przez Flachowsky'ego i in. (2007). Badaniom nad wpływem dippingu na poziom jodu w mleku sporo uwagi poświęcono w Stanach Zjednoczonych (Iwarsson i Ekman, 1978; Conrad i Hemken, 1978; Berg i Padgitt, 1985). Preparaty jodowe zawierają jod w formie jodanowej (Gelda i in., 1962). Uzyskuje się je poprzez rozpuszczenie związków jodu z czynnikami aktywnymi powierzchniowo, które przylegają do ścian węży i pomp, zwiększając ich moc dezynfekcyjną (Twomey, 1968–1969). Zawartość jodu w mleku może wzrastać poprzez niestaranne płukanie urządzeń udojowych. Zjawisko to obserwowaliśmy szczególnie w gospodarstwach mlecznych nie posiadających dostatecznych źródeł wody, szczególnie po wprowadzeniu opłat za korzystanie z płatnej wody gminnej (wyniki niepublikowane). Około 80–90% jodu w mleku to jod nieorganiczny, rozpuszczony we frakcji płynnej mleka (Bretthauer i in., 1972). Pozostała jego część zawarta w mleku to jod organiczny, głównie hormony – tyroksyna i trójdotyronina oraz tyreoglobulina, przechowywane i uwalniane z gruczołu tarczycy w postaci kompleksów hormonalno-białkowych.

Jod w mleku a żywienie człowieka

Zawartość jodu w mleku spożywym posiada implikacje zdrowotne dla żywienia człowieka. Jest on odpowiedzialny za rozwój osobniczy ssaków, w tym człowieka w okresie prenatalnym. Stwierdzono, że dzieci rodzące się z niedoborem jodu i jego deficytem w pierwszych dwóch latach życia rozwijają się wolniej, a głęboki deficyt jodu może prowadzić do uszkodzenia centralnego układu nerwowego i schorzenia, określanego jako matołectwo lub kretynizm (Delange, 2002). Już ponad 30 lat temu wprowadzono w Polsce monitoring rodzących się niemowląt,

badając poziom hormonu tyreotropowego (TSH) w krwi obwodowej. Jod z krwi obwodowej matki swobodnie przenika przez barierę łożyskową płodu, dlatego poziom hormonu jest skorelowany z zasobnością tego pierwiastka w organizmie niemowlęcia i matki. Pozwala to w przypadku niskiego jego poziomu podjąć działanie zapobiegawcze o charakterze medycznym (Ołtarzewski i Szymborski, 2003). Niedobór jodu w diecie człowieka, a także bydła prowadzi do przerostu tkanki tarczycy. Szczególnie niebezpieczne jest, kiedy tarczyca rozrasta się w klatce piersiowej, pod mostkiem. Deficyt jodu może powodować gruźlicowatość tarczycy, z których część wykazuje tendencję do rakowacenia (Szybiński i in., 2003). Operacyjne usunięcie tarczycy skutkuje obowiązkiem stałego przyjmowania hormonów tarczycowych. W medycznych badaniach populacyjnych stwierdzono zależność pomiędzy profilaktyką jodową a malejącą częstotliwością występowania raka żołądka (Gołkowski i in., 2007).

Wyniki programów medycznych rzucają nowe światło na profilaktykę jodową w warunkach wysokiego spożycia soli. Światowa Organizacja Zdrowia ONZ w wydanym raporcie podkreśla, że nadmierne spożycie soli jest ryzykiem nadciśnienia tętniczego, arteriosklerozy, zawałów mięśnia sercowego, a także wybranych rodzajów nowotworów i powinno być restrykcyjnie ograniczone (WHO, 2007; Szybiński i in., 2010).

Ze względu na optymalizację profilaktyki schorzeń z niedoboru jodu u ludzi, niemieckie, austriackie i szwajcarskie towarzystwa naukowe (DACH, 2008) ustaliły górny dopuszczalny poziom jodu w mleku spożywym na poziomie 500 µg/kg mleka. Eksperci ze światowej organizacji zdrowia ONZ (WHO, UNICEF, ICCIDD, 2001) przyjęli poziom pobrania jodu przez osoby dorosłe na 1000 µg I/dzień, a amerykańska Komisja Żywności i Żywienia podaje 1100 µg jodu na dobę jako górny poziom jego pobrania przez człowieka (US Food and Nutrition Board, 2002). W świetle tych danych, Europejskie Biuro Bezpieczeństwa Żywnościowego (EFSA) zaleciło obniżenie zawartości jodu w mieszankach treściwych dla krów z 10 do 5 mg/kg, co przy dziennym pobraniu 8–10 kg mieszanki paszowej przez krowy o wydajności powyżej 8 tys. kg mleka na laktację, pokrywa zapotrzebowanie na 40–50 mg jodu na dobę i skutkuje jego zawartością w mleku na pozio-

mie 150–200 µg/kg (EFSA, 2013; EU 2003, 2005; Jahreis i in., 2001; Schöne i in., 2003).

Badania wykonane w końcu 1980 r. w Stanach Zjednoczonych wykazały, że mleko w USA zawierało od 160 do 340 µg I/kilogram, przy znacznych różnicach sezonowych i regionalnych (Pennington, 1990). Wysokie spożycie mleka w USA wynikać może z faktu, że na stołach w czasie obiadu często pojawia się dzbanek schłodzonego mleka. W Wielkiej Brytanii mleko i produkty mleczne są głównym źródłem jodu dla mieszkańców. Jego zawartość w mleku wahała się pomiędzy 130 a 200 µg/kg (Lee i in., 1994). Mleko i jajka są głównym źródłem tego pierwiastka ludności w Finlandii. Tylko 20% jodu spożywczego w tym kraju pochodzi z soli jodowanej (Lamberg, 1986). W Norwegii zawartość jodu w mleku wynosiła od 88 µg/kg latem do 232 zimą (Dahl i in., 2003). Badania wykonane w Irlandii w latach 1992–1995 na 69 próbkach niepasteryzowanego mleka, zebranego z cystern wykazały, że poziom jodu wahał się w ekstremalnych wartościach – od 2 do 435 µg/kg (Rogers, 1999). Deficyt jodu występuje w całych Niemczech, podobnie jak w Polsce, a w największym nasileniu w regionie górskim (Anke i in., 1993). Badania 28 bawarskich zakładów mleczarskich, wykonane na 368 próbkach mleka przed pasteryzacją, wykazały 111 (15–290) µg I/kg mleka (Bader i in., 2005).

Podsumowanie

Mleko o zawartości 100–200 µg I/kg może być w Polsce ważnym składnikiem diety i nowym elementem profilaktyki schorzeń z nie-

doboru jodu. Z tego względu picie mleka, szczególnie przez dzieci i młodzież, a także kobiety w ciąży i karmiące, powinno być zalecane.

Badania wykonane w Instytucie Zootechniki PIB w Krakowie wykazały, że w żywieniu krów mlecznych w okresie 40 lat zaszły korzystne zmiany, nie tylko dotyczące zwiększenia wydajności mlecznej, ale również poziomu jodu w mleku w stosunku do stanu stwierdzonego w Niemczech, Wielkiej Brytanii, Finlandii i USA. Proces ten przebiegał systematycznie, w miarę wzrostu wiedzy i świadomości producentów mleka, a także zwiększającego się spożycia mieszanek paszowych i jodowanych lizawek solnych w żywieniu krów.

Średnia zawartość jodu w mleku spożywczym w Polsce, po uwzględnieniu jego ubytków w wyniku pasteryzacji, przyjmuje wartości zadowalające – na poziomie około 100–200 µg/l, jakkolwiek nadal występują znaczne różnice pomiędzy regionami kraju i wytwórcami mleka spożywczego. Stąd, lekarze skupieni w Polskiej Komisji Schorzeń z Niedoboru Jodu (PCCIDD) sugerują wprowadzenie na etykiety mleka spożywczego informacji o zawartości tego pierwiastka.

Wyniki omówionych badań mogą być użyteczne dla specjalistów żywienia człowieka w celu przewartościowania baz danych składu i wartości pokarmowej żywności i bilansów pobrania jodu przez mieszkańców Polski. Wskazują również, że mleko może być w Polsce ważnym elementem w profilaktyce schorzeń z niedoboru jodu, wobec potrzeby ograniczenia spożycia jodowanej soli.

Literatura

- Anke M., Groppe B., Bauch K.H. (1993). Iodine in the food chain. In: Iodine deficiency in Europe, Delange F. (ed.). Plenum Press, New York, USA, pp. 151–157.
- Bader N., Möller U., Franke K., Jahreis G. (2005). Tendency of increasing iodine content in human milk and cow's milk. *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes*, 113: 8–12.
- Berg J.N., Padgett D. (1985). Iodine concentrations in milk from iodophor teat dips. *J. Dairy Sci.*, 68: 457–461.
- Brethauer E.W., Mullen A.L., Moghissi A.A. (1972). Milk transfer comparisons of different chemical forms of radioiodine. *Health Phys.*, 22: 257–263.
- Brzóska F., Bobek S., Kamiński J., Pyska H. (1998). Iodine concentration of cow's milk in south part of Poland after 30 years (in Polish). *Rocz. Nauk. Zoot.*, 25: 63–71.
- Brzóska F., Pyska H., Brzóska B., Wiewióra W. (2000). Effect of iodine in daily ration on iodine content in milk and iodine status of dairy cows. *Rocz. Nauk. Zoot. – Ann. Anim. Sci.*, 27: 103–116.
- Brzóska F., Łojewska A., Brzóska B., Zyzak W. (2001 a). Salt licks with micronutrients in dairy cow's feeding. *Ann. Warsaw. Agr. Univ., Anim. Sci., Special Number*, pp. 318–325.

- Brzóška F., Łojewska A., Brzóška B., Zyzak W. (2001 b). The effect of salt licks with microelements on their level in cow's blood serum and cow's milk (in Polish). *Rocz. Nauk. Zoot.*, 28: 83–92.
- Brzóška F., Szybiński Z., Śliwiński B. (2009). Iodine concentration in Polish milk – variations due to season and region. *Endokrynol. Pol.*, 60: 449–454.
- Conrad L.M., Hemken R. (1978). Milk iodine as influenced by an iodophor teat dip. *J. Dairy Sci.*, 61: 776–780.
- DACH (2008). Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 1. Aufl., 3. Korr. Nachdruck. Umschau Brans GmbH Verlagsgesellschaft. Frankfurt/M., ss. 179–184.
- Dahl L., Opsahl J.A., Meltzer H.M., Julshamm K. (2003). Iodine concentration in Norwegian milk and dairy products. *Br. J. Nutr.*, 90: 679–685.
- Delange F. (2002). Iodine deficiency in Europe and its consequences: an update. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.*, 29, Suppl. 2: S404–S416.
- EFSA (2013). Opinion of the safety and efficacy of iodine compounds (E2) as feed additives: calcium iodate anhydrous, based on a dossier submitted by Calibre Europe SPRL/BVBA. *EFSA J.*, 11: 3100–3134.
- EU (2003). EU-European Union. Regulation (EC) No. 1831/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 on additives for use in animal nutrition. *OJEU*, 46, L268/29–L268/43.
- EU (2005). EU-European Union. Regulation (EC) No. 1459/2005 of the European Parliament and of the Council of 8 September 2005 amending the conditions for authorization of a number of feed additives belonging to the group of trace elements. *OJEU*, 48, L233/8–L233/10.
- Ewy Z., Bobek S., Kamiński J. (1962). Investigation of iodine deficiency of animals in Kraków voivodeship (in Polish). *Rocz. Nauk Roln.*, 79, B–3: 311–334.
- Ewy Z., Bobek S., Kamiński J. (1966). Concentration of iodine in water and milk of Katowice region (in Polish). *Rocz. Nauk Roln.*, 88, B–2: 131–136.
- Flachowsky G., Schöne F., Leiterer M., Bemann D. (2007). Influence of an iodine depletion period and teat dipping on the iodine concentration in serum and milk of cows. *J. Anim. Feed Sci.*, 16: 18–25.
- Gelda C.S., Thomas E.I., Jezenski J.J., Mizuno W.G., Berglund E.D. (1962). Effect of added iodine on milk and some of its components. *J. Dairy Sci.*, 45: 633–637.
- Gołkowski F., Szybiński Z., Rachtan J., Sokolowski A., Buziak-Bereza M., Trofimiuk M., Hubalewska-Dydejczyk A., Przybylik-Mazurek E., Huszno B. (2007). Iodine prophylaxis – the protective factor against stomach cancer. *Eur. J. Nutr.*, 46: 251–256.
- Iwarsson K., Ekman L. (1978). The effect of a post-milking teat dip on the iodine concentration of bulk herd milk. *Acta. Vet. Scand.*, 14: 338–340.
- Jahreis G., Hausmann W., Kiessling G., Franke K., Leiterer M. (2001). Bioavailability of iodine from normal diets rich in dairy products – results of balance studies in women. *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes*, 109: 3, 163–167.
- Jarosz M., Sekuła W., Rychlik E., Ołtarzewski M. (2011). Spożycie soli a choroby układu krążenia i rak żołądka. *Zywnie Człowieka i Metabolizm*, 38: (6), 297–406.
- Lamberg B.A. (1986). Endemic goitre in Finland and changes during 30 years of iodine prophylaxis. *Endocrinol. Exp.*, 20: 35–47.
- Lee S.M., Lewis J., Buss D.H., Holcombe G.D., Lawrence P.R. (1994). Iodine in British foods and diets. *Br. J. Nutr.*, 72: 435–446.
- Miller J.K., Swanson E.W., Spalding G.E. (1975). Iodine absorption, excretion, recycling, and tissue distribution in the dairy cow. *J. Dairy Sci.*, 58 (10): 1578–1593.
- Ołtarzewski M., Szyborski J. (2003). Neonatal hypothyroid screening in monitoring of iodine deficiency and iodine supplementation in Poland. *J. Endocrinol. Invest.*, 26, Suppl. 20: 27–31.
- Pennington J.A.T. (1990). Iodine concentrations in US milk: variation due to time, season and region. *J. Dairy Sci.*, 73: 3421–3427.
- Rogers P.A.M. (1999). Iodine supplementation of cattle. Teagasc, Grange Research Centre, Dunsany, Co. Meath. End of Project Report, No. 4381.
- Schöne F., Rajkumar R. (2009). Iodine in farm animals. In: *Comprehensive handbook of iodine*, Victor R. Preedy, Gerard N. Burrow, Ronald Watson (eds). Oxford, Academic Press, pp. 151–170.
- Schöne F., Leiterer M., Hartung H., Kinast C., Greiling A., Böhm U., Jahreis G. (2003). Trace elements and further nutrition-related constituents of milk and cheese. *Milchwissenschaft*, 58: 486–490.
- Schöne F., Leiterer M., Lebzien P., Bemann D., Spolders M., Flachowsky G. (2009). Iodine concentration of milk in a dose-response study with dairy cows and implications for consumer iodine intake. *J. Trace Elem. Med. Biol.*, 23: 84–92.
- Strzetelski P. (2005). Iodine content of green fodder and cereal crops in Poland. *Ann. Anim. Sci.*, 1: 171–180.
- Szybiński Z. (1997). New model of iodine prophylaxis of Poland. *Pol. J. Endocrinol.*, 48: 7–16.

- Szybiński Z. (2012). Work of the Polish Council for Control of Iodine Deficiency Disorders and the model of iodine prophylaxis in Poland. *Pol. J. Endocrinol.*, 63: 156–160.
- Szybiński Z., Huszno B., Zemła B., Bandurska-Stankiewicz E., Przybylik-Mazurek E., Nowak W., Cichoń S., Buziak-Bereza M., Trofimiuk M., Szybiński P. (2003). Incidence of thyroid cancer in the selected areas of iodine deficiency in Poland. *J. Endocrinol. Invest.*, 26, Suppl. 2: 63–70.
- Szybiński Z., Jarosz M., Hubalewska-Dydejczyk A., Stolarz-Skrzypek K., Kawecka-Jaszcz K., Traczyk I., Stoś K. (2010). Iodine-deficiency prophylaxis and the restriction of salt consumption – a 21st century challenge. *Pol. J. Endocrinol.*, 61: 135–140.
- Ślebodziński A. (1979). *Zarys endokrynologii zwierząt użytkowych*. PWN, Warszawa.
- Ślebodziński A. (1983). *Zarys endokrynologii zwierząt użytkowych*. Wyd. 2. PWN, Warszawa (Łódź: ZGWN). ISBN 83-01-04896-4.
- Śliwiński B., Brzóska F., Szybiński Z. (2015 a). Iodine concentration in Polish consumer milk. *Ann. Anim. Sci.*, 15 (3): 799–810.
- Śliwiński B., Brzóska F., Węglarzy K., Szybiński Z., Kłopotek E. (2015 b). The effect of iodised salt licks and teat dipping on the iodine content of cow's milk and blood plasma. *Polish J. Endocrinol.*, 66 (3): 244–250.
- Twomey A. (1968–1969). Iodophors: their physical, chemical and bactericidal properties, and use in the dairy industry – a review. *Australian J. Dairy Technol.*, 23: 162–166; 24: 29–34.
- US Food and Nutrition Board IOM (2002). *Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, boron, chromium, nickel, silicon, vanadium, and zinc*. Washington, DC, National Academy Press, pp. 258–289.
- Vitti P., Rago T., Aghini-Lombardi F., Pinchera A. (2001). Iodine deficiency disorders in Europe. *Public Health Nutr.*, 4: 529–535.
- WHO, UNICEF, ICCIDD (2001). *Assessment of the iodine deficiency disorders and monitoring their elimination*. Geneva, WHO publ., WHO/NHD/01.1., pp. 1–107.
- WHO (2004). *Iodine status worldwide*. WHO Global Database on Iodine Deficiency. WHO Geneva.
- WHO (2007). *WHO Forum and Technical Meeting on Reducing Salt Intake in Population*. Paris, France, October 2006. Report of a WHO Expert Consultation Salt as a Vehicle for Fortification, Luxembourg, 21–22.03.2007, 5.
- Wiewióra W., Brzóska F., Brzóska B., Pietras M. (2004). Iodine and selenium concentration in cow milk and plasma and its relations to milk yield, mineral content and selected metabolic parameters. *Ann. Anim. Sci.*, 4: 79–90.
- Zimmermann M.B., Andersson M. (2012). Update on iodine status worldwide. *Thyroid*, 19: 382–387.

IODINE IN CONSUMER MILK IN POLAND AND ITS ROLE IN DISEASE PREVENTION IN HUMANS

Summary

Milk that contains 100–200 µg I/kg could be an important component of the diet and a new element in the prevention of iodine deficiency disorders in Poland. For this reason, it would be advisable that milk is drunk particularly by children and young people, as well as by pregnant and breast-feeding women. Research conducted at the National Research Institute of Animal Production in Kraków showed that over the last 40 years dairy cow nutrition has undergone some favourable changes regarding the increase not only in milk yield but also in milk iodine levels in comparison with the values reported in Germany, Great Britain, Finland and the USA. This process developed gradually with the growing knowledge and awareness of milk producers, also with the increasing consumption of feed mixtures and iodine-fortified salt licks by the cows. The average iodine content of consumer milk in Poland, after deducting the losses due to pasteurization, is satisfactory (about 100–200 µg/l), although there is still significant variation among Poland's regions and producers of consumer milk. Therefore, doctors affiliated with the Polish Council for Control of Iodine Deficiency Disorders (PCCIDD) suggest labeling milk with information about the content of this element. The results of the above study could be useful for human nutritionists to re-evaluate databases of food composition and nutritive value as well as iodine intakes by the inhabitants of Poland. The findings also indicate that milk could play an important role in Poland in preventing iodine deficiency disorders, considering the need to reduce the consumption of iodized salt.