



# Występowanie rtęci w różnych rodzajach miodów

## Occurrence of mercury in various types of honey

Barbara Brodziak-Dopierała<sup>1,A,D-F</sup>, Paulina Mendak-Oleś<sup>1,B-C</sup>, Agnieszka Fischer<sup>1,B,E-F</sup>

<sup>1</sup> Śląski Uniwersytet Medyczny, Polska

A – Koncepcja i projekt badania, B – Gromadzenie i/lub zestawianie danych, C – Analiza i interpretacja danych, D – Napisanie artykułu, E – Krytyczne zrecenzowanie artykułu, F – Zatwierdzenie ostatecznej wersji artykułu

Brodziak-Dopierała B, Mendak-Oleś P, Fischer A. Występowanie rtęci w różnych rodzajach miodów. Med Srod. doi: 10.26444/ms/138310

### ■ Streszczenie

**Wprowadzenie i cel pracy.** Medycyna naturalna w obecnych czasach przeżywa dynamiczny rozkwit. Uważana jest w większości za tanią, łatwo dostępną i bezpieczną. Należy do niej apiterapia – leczenie z wykorzystaniem surowców pszczelich (propolis, miód). Surowce te wytwarzane są przez pszczoły, które wykorzystują w tym celu różne rodzaje roślin, co niesie ryzyko, iż są one zanieczyszczone metalami ciężkimi, w tym rtęcią. Celem niniejszej pracy było określenie zawartości rtęci w różnych rodzajach miodów. Oszacowano ilość rtęci pobranej podczas spożycia badanych miodów.

**Materiał i metody.** W badaniach wykorzystano 32 próbek miodów zebranych na terenie Polski w obrębie kilku województw: lubuskiego, małopolskiego, śląskiego, podkarpackiego i świętokrzyskiego. Były to różne rodzaje miodów. Z każdej próbki odważono łącznie 100 mg miodu i oznaczono zawartość rtęci z wykorzystaniem spektrometru absorpcji atomowej AMA 254.

**Wyniki.** Badania wykazały, że rtęć była obecna we wszystkich próbkach poddanych analizie. Średnia zawartość rtęci w próbkach wynosiła 0,37 µg/kg. Największą ilość rtęci oznaczono w miodzie spadziowym – 1,55 µg/kg, a najmniejszą w miodzie nawłociowym – 0,02 µg/kg. Wyliczono dzienną dawkę rtęci dostarczaną z pożywieniem. W żadnym z przypadków nie została przekroczona wartość tolerowanego dziennego pobrania (TWI).

**Wnioski.** W badanych próbkach miodów nie została przekroczona dopuszczalna zawartość rtęci. Ze względu na wciąż rosnące zanieczyszczenie środowiska konieczne jest dokładniejsze monitorowanie zawartości rtęci w miodach i innych produktach pszczelich, aby zapewnione było całkowite bezpieczeństwo spożywania ich przez ludzi.

### Słowa kluczowe

miód, rtęć

### WSTĘP

Rozwój gospodarki, a w szczególności przemysłu, przyczynił się do zwiększenia komfortu życia człowieka, ale również do zanieczyszczenia środowiska przez metale ciężkie. Coraz częściej pojawiają się także doniesienia o możliwości ich obecności w miodach i innych produktach pochodzenia pszczelego [1].

Adres do korespondencji: Barbara Brodziak-Dopierała, Śląski Uniwersytet Medyczny, ul. Jagiellońska 4, 41-200, Sosnowiec, Polska  
E-mail: bbrodziak@sum.edu.pl

### ■ Abstract

**Introduction and objective.** At the present time, natural medicine is flourishing. This branch of medicine is generally considered as cheap, easily accessible and safe. Apitherapy is the type of natural medicine which uses honey bee products (propolis, honey), collected by bees from various types of plants. This is the reason why honey can be potentially contaminated by heavy metals, e.g. mercury. The aim of the study was evaluation of mercury content in various types of honey. The intake of Hg during the consumption of the examined types of honey was estimated.

**Materials and method.** The study included 32 honey samples collected in several provinces in Poland: Zielona Góra, Kraków, Katowice, Rzeszów, and Kielce. These were different types of honey. From each sample 100 mg of honey was weighted and mercury content determined by atomic absorption spectrometer AMA 254.

**Results.** The study confirmed the presence of mercury in all examined samples; mean value 0.32 µg/kg. The highest content of mercury was found in honeydew honey – 1.55 µg/kg, while the lowest in goldenrod honey – 0.02 µg/kg. The daily dose of mercury consumed with diet was calculated. The TWI value was not exceeded in any of the samples.

**Conclusions.** The allowable mercury content was not exceeded in the examined honey samples. Due to constantly increasing environmental pollution it is necessary to more thoroughly monitor the content of mercury in honey and other bee products, in order to ensure total safety of their consumption by humans.

### Key words

honey, mercury

Rtęć jest jednym z metali ciężkich, zaliczanych do dziesięciu czołowych zanieczyszczeń [2]. Jony rtęci wykazują działanie toksyczne, głównie za sprawą swojego silnie utleniającego charakteru oraz interakcji z grupami sulfhydrylowymi. Są one składnikiem białek wchodzących w skład błon komórkowych oraz enzymów. Skutkiem takiego oddziaływania jest zanik integralności błon komórkowych oraz zahamowanie większości procesów enzymatycznych zachodzących w organizmie. Rtęć indukuje zmiany w mitochondriach komórkowych, zaburza fosforylację oksydacyjną i transport elektronów, co prowadzi do peroksydacji lipidów oraz śmierci

komórki. Posiada również powinowactwo do seleniu, może wiązać się do miejsc aktywnych selenoenzymów i hamować ich działanie [3–5]. Zmniejsza stężenie glutationu, cysteiny i homocysteiny, wywołując stres oksydacyjny. Obniża również aktywność pomp jonowych:  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPazy}$ ,  $\text{Mg}^{2+} - \text{ATPazy}$ ,  $\text{Ca}^{2+} - \text{ATPazy}$  i  $\text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+} - \text{ATPazy}$  oraz syntezę ATP, powodując zaburzenia rozmieszczenia jonów w przestrzeni komórkowej i pozakomórkowej [6].

Rtęć w formie zmetylowanej wykazuje dużą zdolność do przenikania przez bariery biologiczne organizmu [7]. Ta postać ma zdolność do wiązania się z glutationem – naturalnym antyoksydantem występującym w komórkach. Dochodząca do tego postępująca dysfunkcja mitochondriów i zmiany przepuszczalności struktur komórkowych (m.in. białek, lipidów, DNA) wywoływane ekspozycją na rtęć, mogą prowadzić do powstawania stresu oksydacyjnego w organizmie [8, 9]. Metylortęć bardzo łatwo przenika przez barierę krew–mózg poprzez duże transportery obojętnych aminokwasów typu L oraz dzięki dużemu powinowactwu do struktur lipidowych, co prowadzi do gromadzenia się jej w mózgu i neurotoksyczności [10, 11]. Głównym źródłem rtęci dla człowieka jest pożywienie pochodzenia morskiego, głównie ryby drapieżne długożyjące, np. tuńczyk, oraz owoce morza.

Obecność rtęci w miodzie może być spowodowana zanieczyszczeniem środowiska, zarówno powietrza, gleby jak i wody, jak też stosowaniem oprysków z pestycydów na rośliny miododajne. Istnieje korelacja między kumulacją metali ciężkich w glebie i roślinach a zawartością metali ciężkich w produktach pszczelich. Miód może być przydatnym wskaźnikiem jakości środowiska w obrębie obszaru zbierania pyłku przez pszczoły, który wynosi ok. 7 km<sup>2</sup> [10, 12].

Celem pracy była ocena zawartości rtęci w miodach otrzymywanych z różnych rodzajów roślin, zbieranych w latach 2018–2020 na terenie kilku województw Polski (lubuskiego, małopolskiego, śląskiego, podkarpackiego i świętokrzyskiego). Przeprowadzenie badań było motywowane faktem coraz większego w obecnych czasach zainteresowania medycyną naturalną i produktami naturalnymi pochodzenia pszczeliego. Miody wobec rosnącego ich spożycia i zainteresowania apiterapią pochodzą z bardzo różnych miejsc, państw, dlatego warto zwrócić uwagę na zawartość metali ciężkich w tych produktach.

Określono również, czy ilość rtęci znajdującej się w miodzie mieści się w zakresie dopuszczalnym, a zatem czy jest to ilość bezpieczna dla organizmu człowieka.

## MATERIAŁY I METODY

Materiał do badań stanowiły próbki 32 miodów zebrane z pasiek na terenie kilku województw Polski. Były to miody jedno- i wielokwiatowe, o różnych stopniach płynności. W największej ilości występował miód wielokwiatowy – n = 9, kolejny był miód gryczany – n = 7, następny – miód lipowy – n = 5, dalej: miód nawłociowy/rzepakowy/spadziowy – n = 3, najmniej było próbek miodu akacjowego – n = 2. Próbkę miodów z województwa śląskiego były najbardziej liczne – n = 16, następne były te z województwa małopolskiego – n = 5, taka sama liczba próbek – n = 4 – pochodziła z województwa podkarpackiego i świętokrzyskiego, zaś najmniejsza – z województwa lubuskiego – n = 3. Miody przechowywano w temperaturze pokojowej, w zaciemnionym miejscu. Sposób przechowywania oraz pobierania próbek miodu

wykluczał możliwość jego potencjalnego zanieczyszczenia rtęcią. Próbkę miodów do analizy pobierano z opakowań (słoików), w których zostały kupione, za pomocą porcelanowej łyżeczki. Z każdej próbki pobrano 3 razy po 50 mg danego miodu i oznaczono zawartość rtęci, wykorzystując spektrometr absorpcji atomowej AMA 254. Przed każdym pomiarem aparat był czyszczony powietrzem i wodą dejonizowaną. Przed wykonaniem oznaczeń próbek badanych sporządzono i oznaczono próby ślepe.

Badanie zawartości rtęci zostało przeprowadzone z wykorzystaniem spektrometru absorpcji atomowej AMA 254. Rtęć bardzo łatwo uwalnia się z połączeń nieorganicznych i organicznych, ulegając przekształceniu w formę atomową, dzięki czemu przy zastosowaniu analizatora rtęci AMA 254 możliwe jest oznaczenie jej całkowitej ilości w badanym materiale, bez względu na pierwotną postać, w której występuje. Niewątpliwą zaletą tej metody jest brak konieczności wykonywania mineralizacji badanej próbki. Umożliwia to skrócenie czasu analizy, redukcję kosztów oraz zmniejszenie ryzyka przypadkowego zanieczyszczenia próbki.

Na pomiar zawartości rtęci w próbce składają się następujące etapy:

1. Rozkład (dekompozycja) – próbka w formie stałej ulega rozkładowi termicznemu do postaci gazowej po umieszczeniu jej w komorze spalania i ogrzaniu do temperatury ok. 750°C.
2. Zbieranie – pary rtęci transportowane są z użyciem gazu nośnego (tlenu) przez kolumnę katalityczną do amalgamatora. Jest to szklana rurka, zawierająca pokrytą warstwą złota ceramiczny materiał, która ulega rozgrzaniu do temperatury ok. 900°C. Umożliwia to przekazanie par rtęci systemowi detekcji.
3. Detekcja – w kuwecie następuje segregacja par rtęci na dwie części. Przez pierwszą część kuwety dostarczana jest próbka gazu nośnego do ścieżki optycznej, która sprzyja analizowaniu niewielkiej koncentracji rtęci. Druga część kuwety dostarcza nośny gaz rtęci do ścieżki optycznej zoptymalizowanej dla wysokiego stopnia koncentracji. Wykorzystanie podwójnego systemu umożliwia rozszerzenie dynamicznego zakresu dla wyników o różnych poziomach koncentracji rtęci.

Spektrometr wyposażony jest w diodę UV z krzemowego materiału (detektor) oraz lampę rtęciową emitującą promienie świetlne o długości fali 253,7 nm, na drodze której znajduje się kuweta. Lampa posiada rtęciową katodę wewnętrzną. Atomy rtęci znajdujące się w stanie podstawowym mają zdolność do absorbowania promieniowania emitowanego przez lampę, co powoduje zmniejszenie natężenia promieniowania podstawowego. Zjawisko jest rejestrowane przez detektor spektrometru, a wartość zmniejszenia wykazuje zależność proporcjonalną do liczby atomów rtęci w parach uwolnionych ze związków [12, 13]. Sterowanie analizatorem możliwe jest dzięki połączeniu z zewnętrznym komputerem, który posiada specjalistyczne oprogramowanie.

Analizę statystyczną uzyskanych wyników badań przeprowadzono z wykorzystaniem programu Statistica ver. 13.0 (Statsoft, Kraków, Polska) oraz Microsoft Excel. Wyniki analizowano jako średnią arytmetyczną trzech oznaczeń z każdej próbki miodu. Najpierw zbadano normalność rozkładu rtęci w badanych próbkach miodu przy zastosowaniu testu W Shapiro-Wilka. Rozkład był prawostronnie rozwinięty

i odbiegał od rozkładu normalnego. Kolejne analizy przeprowadzono na podstawie testów nieparametrycznych. Do analizy i opisanie wyników użyte zostały wartości średniej arytmetycznej, zakresu zmian (minimum i maksimum), odchylenia standardowego, mediany i współczynnika zmienności. W celu oceny zależności pomiędzy wieloma grupami (rodzaj miodu, miejsce zbioru) zastosowano test ANOVA rang Kruskala-Wallisa.

## WYNIKI

Wyniki analizy statystycznej badanych próbek miodów zostały zebrane w tab. 1. Zakres zmian dla wszystkich badanych miodów wynosił 0,02–1,55 µg/kg. Średnia arytmetyczna wszystkich próbek miodów wyniosła 0,37 µg/kg, a odchylenie standardowe 0,33 µg/kg. Największa zawartość rtęci została oznaczona w próbce miodu spadziowego i wynosiła średnio 1,55 µg/kg. Dużą zawartość stwierdzono też w miodzie lipowym (0,97 µg/kg). Najmniejsza ilość rtęci występowała w miodzie nawłociowym – 0,05 µg/kg.

Analizując zawartość rtęci w poszczególnych rodzajach miodów, zwraca uwagę największą wartość średniej arytmetycznej – 1,02 µg/kg – dla miodów spadziowych. Następnie są miody lipowe z zawartością 0,52 µg/kg, kolejno: rzepakowe, akacjowe, wielokwiatowe i gryczane. Najmniejsza zawartość rtęci występowała w miodach nawłociowych – 0,04 µg/kg. Różnica zawartości Hg w poszczególnych gatunkach miodów była istotna statystycznie,  $p = 0,014$ , do oceny wykorzystano test ANOVA rang Kruskala-Wallisa.

**Tabela 1.** Analiza statystyczna zawartości rtęci w zależności od rodzaju miodu [µg/kg]

Rodzaj miodu	n	Średnia arytmetyczna	Odchylenie standardowe	Mediana	Zakres zmian		Współczynnik zmienności [%]
					min.	max.	
Wszystkie miody	32	0,37	0,33	0,28	0,02	1,55	91
Lipowy	5	0,52	0,31	0,55	0,16	0,97	59
Wielokwiatowy	9	0,31	0,21	0,28	0,06	0,70	68
Akacjowy	2	0,33	0,04	0,33	0,30	0,36	13
Nawłociowy	3	0,04	0,04	0,02	0,02	0,09	87
Rzepakowy	3	0,37	0,30	0,22	0,18	0,71	79
Spadziowy	3	1,02	0,49	0,93	0,59	1,55	48
Gryczany	7	0,19	0,11	0,15	0,07	0,35	55

Miody wykorzystane w badaniach zbierane były na terenie kilku województw Polski. Największą średnią ilość rtęci oznaczono w miodzie pochodzącym z województwa świętokrzyskiego (1,55 µg/kg), a najmniejszą w miodzie pochodzącym z województwa śląskiego (0,02 µg/kg). Analizując zawartość rtęci w miodach zależnie od miejsca zbioru, odnotowano, iż najmniejsza występuje w próbkach pobranych z województwa śląskiego (0,22 µg/kg) oraz podkarpackiego (0,28 µg/kg), następnie lubuskiego (0,38 µg/kg), małopolskiego (0,59 µg/kg) i świętokrzyskiego (0,74 µg/kg). Jednak różnice w zawartości rtęci zależnie od miejsca zbioru nie były istotne statystycznie:  $p = 0,06$ . Znacznie większą średnią ilość tego pierwiastka obserwowano w miodach pochodzących z województwa małopolskiego (0,53 µg/kg) w porównaniu do tych z województwa śląskiego (0,24 µg/kg).

**Tabela 2.** Analiza statystyczna zawartości rtęci w zależności od miejsca zbioru [µg/kg]

Miejsce zbioru (województwo)	n	Średnia arytmetyczna	Odchylenie standardowe	Mediana	Zakres zmian		Współczynnik zmienności [%]
					min.	max.	
Lubuskie	3	0,38	0,45	0,06	0,62	0,29	76
Małopolskie	5	0,59	0,55	0,30	0,93	0,24	41
Śląskie	16	0,22	0,20	0,02	0,70	0,17	76
Podkarpackie	4	0,28	0,22	0,07	0,59	0,22	80
Świętokrzyskie	4	0,74	0,65	0,10	1,55	0,65	88
Miejsca zbioru łącznie	32	0,37	0,33	0,28	0,02	1,55	91

Źródło: badania własne

Ponieważ w obecnych czasach spożycie naturalnych produktów znacząco wzrasta i cieszą się one coraz większą popularnością, wykonano analizę, pokazującą, jaka ilość rtęci hipotetycznie przyjmowana jest wraz ze spożywanymi miodami. Przyjęto założenie, że każdego dnia spożywane jest 10 g miodu (ok. 1 łyżeczka). Masę ciała, którą uwzględniono przy przeliczeniu, to 70 kg. Średnie hipotetyczne tygodniowe spożycie rtęci z miodem wynosiło 0,0259 µg. Dla każdego z rodzajów miodów obliczono wartość tygodniowego pobrania rtęci oraz odsetek TWI (tolerowanego pobrania tygodniowego). Norma TWI dla związków nieorganicznych rtęci [14] to 4 µg/kg masy ciała. Wyniki przedstawiono w tab. 3. Średni odsetek TWI dla badanych miodów wyniosła 0,65%. Największą wartość procentową TWI stwierdzono w przypadku spożycia miodów spadziowych (1,79%), a najmniejszą przy spożyciu miodów nawłociowych (0,07%).

**Tabela 3.** Hipotetyczne tygodniowe pobranie rtęci przy spożyciu badanych miodów oraz odsetek TWI (tolerowane dzienne pobranie)

Rodzaj miodu	Ilość rtęci w 10 g miodu [µg]	Tygodniowe pobranie	TWI [%]
Wszystkie badane miody	0,0037	0,00037	0,65
Lipowy	0,0052	0,00052	0,91
Wielokwiatowy	0,0031	0,00031	0,54
Akacjowy	0,0033	0,00033	0,58
Nawłociowy	0,0004	0,00004	0,07
Rzepakowy	0,0037	0,00037	0,65
Spadziowy	0,0102	0,00102	1,79
Gryczany	0,0019	0,00019	0,33

TWI dla związków nieorganicznych rtęci to 4 µg/kg m.c.

Źródło: [14]

## DYSKUSJA

Lecznictwo za pomocą naturalnych produktów w obecnych czasach staje się coraz bardziej popularne. Jest to spowodowane przekonaniem ludzi o ewentualnej szkodliwości i licznych działaniach niepożądanych leków syntetycznych. Produkty naturalne charakteryzują się również szerszą dostępnością i nie wymagają wizyty w gabinecie lekarskim. Panuje również przekonanie, że naturalny produkt jest zdrowy i bezpieczny. Nie należy jednak zapominać, że produkty naturalne nie są lekami. Mogą wykazywać szereg działań wspomagających, wzmacniających oraz mogą być użyte jako środki pomocnicze

w leczeniu wielu chorób, jednak nie należy zastępować nimi leków stosowanych z przepisu lekarza w leczeniu schorzeń organizmu. Do medycyny naturalnej zaliczana jest apiterapia, czyli leczenie z wykorzystaniem produktów pszczelich takich jak miód. Ma on liczne właściwości wykorzystywane w lecznictwie (w zależności od rodzaju rośliny, z której został otrzymany), a także ceniony jest ze względu na walory smakowe. Miód jest produktem spożywczym łatwo dostępnym, można go kupić w pasiekach, sklepach ogólnospożywczych oraz ze zdrową żywnością. Może być stosowany wspomagająco w infekcjach górnych dróg oddechowych, zaburzeniach czynnościowych przewodu pokarmowego oraz układu moczowego. W zależności od odmiany miód wykazuje różnorodne właściwości, jednak najważniejsze z nich to działania: przeciwzapalne, przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe i przeciwgrzybiczne. Pomimo niewątpliwych właściwości leczniczych miody mogą również zawierać zanieczyszczenia.

Wraz ze wzrostem zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi, m.in. rtęcią, może dochodzić do akumulacji tego pierwiastka w glebie, skąd następnie rtęć pobierana jest wraz z wodą i składnikami mineralnymi przez rośliny. Pszczoły do produkcji miodu wykorzystują pyłek i spadź pozyskiwane z roślin, czego konsekwencją jest możliwość zanieczyszczenia wytwarzanych miodów związkami rtęci.

Maksymalna zawartość rtęci w miodach została określona w Rozporządzeniu Komisji UE 2018/73 z dnia 16 stycznia 2018 roku zmieniającym załączniki II i III do rozporządzenia (WE) nr 396/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady [15] i wynosi 10  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Średnia zawartość rtęci oznaczona w badanych miodach nie przekraczała dopuszczalnych norm w żadnej z próbek. Zakres zmian dla badanych próbek mieścił się w przedziale 0,02–1,55  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , a średnia zawartość rtęci wyniosła 0,37  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

Zawartość rtęci w miodach pochodzących z pasiek z terenu Polski odnotowana przez B. Madras-Majewską i wsp. [16] była zbliżona do wartości otrzymanych w badaniach własnych i wyniosła 0,27  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Ta sama grupa badaczy [17] oznaczyła zawartość rtęci w pyłku pszczelim; zakres zmian wynosił 0,18–7,59  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , największą zawartość rtęci stwierdzono w pyłku z województwa zachodniopomorskiego – 2,28  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . W badaniach M. Dżugan i wsp. [18] zawartość rtęci znajdowała się poniżej granicy oznaczalności (< 1 ppm) zarówno w miodach, jak i w organizmach pszczół z województwa podkarpackiego.

W miodach z terenu Włoch średnia zawartość rtęci w 72 próbkach wyniosła 0,19  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , a zakres zmian mieścił się w przedziale 0,04–1,46  $\mu\text{g}/\text{kg}$  [19]. Odnosząc to do uzyskanych wyników, należy stwierdzić, że wartość średnia jest mniejsza o ok. 40%, natomiast zakres zmian jest większy. T. Toth i wsp. [20] badali zawartość rtęci w miodach pochodzących ze wschodniej Słowacji. W miodach z Koszyc zawartość rtęci wyniosła 0,083  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , a ze wsi Rozhanovce – 0,079  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Nie występowały istotne statystycznie różnice pomiędzy miodami pochodzącymi z terenów miejskich oraz wiejskich. Wyniki te były zbliżone do rezultatów otrzymanych w badaniach własnych. A.D. Maggid i wsp. [21] oznaczyli natomiast średni poziom rtęci w miodach pochodzących z dwóch wiosek w Tanzanii oraz Londynu, który wynosił odpowiednio 16,19; 7,63 i 7,02  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Zawartość rtęci w miodach pochodzących z terenów wiejskich była wyższa niż w tych zebranych z obszarów miejskich, co przeczy ogólnemu przekonaniu o znacznie większym zanieczyszczeniu miast i pochodzącej z nich żywności. W przypadku badań własnych również

najmniejszą zawartość rtęci odnotowano w miodach z terenu województwa śląskiego, które uznaje się za najbardziej uprzemysłowione i najbardziej zanieczyszczone.

W badaniach zrealizowanych na terenie Czech [22] poziom rtęci dla miodów pozyskanych z terenów zanieczyszczonych mieścił się w przedziale 50–212  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , a z terenów niezanieczyszczonych – w przedziale 1–3  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Odnotowana w tych badaniach zawartość rtęci była na znacznie wyższym poziomie niż w badaniach własnych.

Wyniki badań przeprowadzonych w Iranie pokazują, że zawartość rtęci w miodach pochodzących z tego kraju jest bardzo wysoka i wynosi 3030  $\mu\text{g}/\text{kg}$  [23]. W miodach z terenów Grecji zawartość rtęci była poniżej 50  $\mu\text{g}/\text{kg}$  [24]. Podobnie rzecz się ma w przypadku miodów pochodzenia chińskiego [25]. Wyniki badań przeprowadzonych w tym kraju znacząco różniły się od uzyskanych w badaniach własnych – uzyskane wartości były kilkukrotnie większe.

Q.M. Ru i wsp. [25] przeprowadzili badania zawartości rtęci w różnych rodzajach miodu. Średnia zawartość rtęci w miodzie akacjowym wyniosła 2,51  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , w miodzie lipowym – 4,00  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , a w miodzie wielokwiatowym – 2,23  $\mu\text{g}/\text{kg}$  [25]. Odpowiednio w naszych badaniach wartości te wynosiły: 0,33; 0,52 i 0,31  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Największą zawartość rtęci w miodach z terenu Chin stwierdzono w miodzie lipowym (4,00  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), a najmniejszą w miodzie otrzymanym z jubyby pospolitej (0,34  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) [25]. Również w badaniach przeprowadzonych przez Bilandžić i wsp. [26] średnia zawartość rtęci była znacząco większa – 2,72  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

Kolejnym etapem analizy było przeliczenie ilości rtęci przyjmowanej hipotetycznie podczas tygodniowego spożycia miodu, przy założeniu spożywania ok. 10 g miodu dziennie. W żadnym z badanych przez nas miodów nie zostały przekroczone dopuszczalne normy. Średnie tygodniowe spożycie rtęci wyniosło 0,0259  $\mu\text{g}$  i było znacznie niższe niż w danych dostępnych w literaturze. W badaniach A.D. Maggid i wsp. [21] spożycie rtęci znajdującej się w miodach wyniosło maksymalnie 15,98  $\mu\text{g}/\text{osobę}/\text{tydzień}$ . W badaniu H.S. Lee i wsp. [27] ilość rtęci przyjmowanej z pożywieniem oszacowano na poziomie 11,27  $\mu\text{g}/\text{tydzień}$ .

Podsumowując wyniki uzyskane w niniejszej pracy, w żadnym z miodów wykorzystanych w badaniu nie stwierdzono zawartości rtęci przekraczających dopuszczalną normę. Należy mieć jednak na uwadze, że coraz większe zanieczyszczenie środowiska, postępujące wraz z dynamicznym rozwojem przemysłu, stwarza ryzyko zwiększania się ilości rtęci w miodzie i innych produktach wytwarzanych przez pszczoły. Konieczna jest zatem większa dbałość o czystość środowiska, co pozwoliłoby zminimalizować ryzyko zanieczyszczenia produktów pszczelich. Niezbędne byłoby również zwiększenie liczby badań pod kątem zawartości rtęci i innych metali ciężkich w tych produktach w celu zapewnienia całkowitego bezpieczeństwa spożywania ich przez ludzi.

## WNIOSKI

W badanych próbkach miodów nie została przekroczona dopuszczalna zawartość rtęci. Najmniejsza zawartość rtęci została oznaczona w miodach nawłociowych, a największa w miodach spadziowych. Występowały istotne statystycznie różnice w zawartości rtęci zależnie od rodzaju miodu, natomiast biorąc pod uwagę miejsca zbioru, takich różnic nie odnotowano.

Ilość rtęci przyjmowanej wraz ze spożywanymi miodami nie przekracza dopuszczalnej wartości procentowej TWI.

Ze względu na ciągle rosnące zanieczyszczenie środowiska konieczne jest dokładniejsze monitorowanie zawartości rtęci w miodach i innych produktach pszczelich, aby zapewnić całkowite bezpieczeństwo ich spożycia przez ludzi.

## PIŚMIENICTWO

1. Cyran M. Wpływ środowiskowego narażenia na rtęć na funkcjonowanie organizmu człowieka. *Med Srod.* 2013; 16(3): 55–58.
2. Zhou F, Yin G, Gao Y, Liu D, Xie J, Ouyang L, Fan Y, Yu H, Zha Z, Wang K, Shao L, Feng Ch, Fan G. Toxicity assessment due to prenatal and lactational exposure to lead, cadmium and mercury mixtures. *Environ Int.* 2019; 133: 105192. doi: 10.1016/j.envint.2019.105192
3. Klassen CD, Watkins JB. Casarett and Doull Casarett & Doull's Essentials of toxicology, Third Edition. 2015 McGraw-Hill Education-Europe.
4. Wang H, Chen B, He M, Yu X, Hu B. Selenocystine against methyl mercury cytotoxicity in HepG2 cells. *Sci Rep.* 2017; 7: 147.
5. Takahashi T, Shimohata T. Vascular dysfunction induced by mercury exposure. *Int J Mol Sci.* 2019; 20(10): 2435. doi: 10.3390/ijms20102435
6. Rojas-Franco P, Franco-Colín M, Torres-Manzo AP, Blas-Valdivia V, Thompson-Bonilla MDR, Kandir S, Cano-Europa E. Endoplasmic reticulum stress participates in the pathophysiology of mercury-caused acute kidney injury. *Ren Fail.* 2019; 41(1): 1001–1010.
7. Piontek M, Fedyczak Z, Łuszczynska K, Lechów H. Toksyczność miedzi, cynku oraz kadmu, rtęci i ołowiu dla człowieka, kręgowców i organizmów wodnych. *Zeszyty Naukowe. Inżynieria Środowiska / Uniwersytet Zielonogórski* 2014; 155(35): 70–83.
8. Yabana T, Sato K, Shiga Y, Himori N, Omodaka K, Nakazawa T. The relationship between glutathione levels in leukocytes and ocular clinical parameters in glaucoma. *PLoS One* 2019; 14 (12): e0227078. doi: 10.1371/journal.pone.0227078
9. Nogueira LS, Vasconcelos CP, Mitre GP, da Silva Kataoka MS, Lima MO, de Oliveira EHC, Lima RR. Oxidative damage in Human Periodontal Ligament Fibroblast (hPLF) after methylmercury exposure. *Longevity OMAC.* 2019; 2019(7). doi: 10.1155/2019/8470857
10. Creed JH, Peeri NC, Anic GM, Thompson RC, Olson JJ, LaRocca RV, Chowdhary SA, Brockman JD, Gerke TA, Nabors LB, Egan KM. Methylmercury exposure, genetic variation in metabolic enzymes, and the risk of glioma. *Sci Rep* 2019; 9: 10861. doi: 10.1038/s41598-019-47284-4
11. Zhang W, Jiang X, Zhao S, Zheng X, Lan J, Wang H, Ng TB. A polysaccharide-peptide with mercury clearance activity from dried fruiting bodies of maitake mushroom *Grifola frondosa*. *Sci Rep.* 2018; 8(1): 17630. doi: 10.1038/s41598-018-35945-9
12. Lepretre G. Setting up an atomic absorption spectrometer (AAS) for determining heavy metals (Hg, Cd, Pb) in food. *Master Analyse & Controle* 2012, 38.
13. <http://www.spectro-lab.pl/produkt/analizator-rteci-ama-254/> (dostęp: 13.11.2020).
14. *Dziennik EFSA* 2012; 10 (12): 2985.
15. Rozporządzenie komisji UE 2018/73 z dnia 16 stycznia 2018 r. zmieniające załączniki II i III do rozporządzenia (WE) nr 396/2005 Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości związków rtęci w określonych produktach oraz na ich powierzchni.
16. Madras-Majewska B, Jasiński Z. The content of mercury in bee bread originating from different region of Poland. *J Apicultural Sci.* 2005; 49: 69–73.
17. Madras-Majewska B, Jasiński Z, Zajdel B, Gąbka J, Ochnio M, Petryka W, Kamiński Z, Ściegosz J. Zawartość wybranych pierwiastków toksycznych w produktach pszczelich. *Przegląd Hodowlany* 2014; 82(3): 49–51.
18. Džugan M, Wesołowska M, Zaguła G, Kaczmarski M, Czernicka M, Puchalski C. Honeybees (*Apis mellifera*) as a biological barrier for contamination of honey by environmental toxic metals. *Environ Monit Assess.* 2018; 190: 101. doi: 10.1007/s10661-018-6474-0
19. Quinto M, Miedico O, Spadaccino G, Paglia G, Mangiacotti M, Li D, Centonze D, Chiaravalle AE. Characterization, chemometric evaluation, and human health-related aspects of essential and toxic elements in Italian honey samples by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2016; 23(24): 25374–25384. doi: 10.1007/s11356-016-7662-5
20. Toth T, Kopernicka M, Sabo R, Kopernicka T. The evaluation of mercury in honey bees and their products from eastern Slovakia. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies* 2016; 49(1): 257–260.
21. Maggid AD, Kimanya ME, Ndakidemi PA. The contamination and exposure of mercury in honey from Singida, Central Tanzania. *Am J Res Comm.* 2014; 2(10): 127–139.
22. Toporcák J, Legáth J, Kul'ková J. Levels of mercury in samples of bees and honey from areas with and without industrial contamination. *Vet Med (Praha)* 1992; 37(7): 405–412.
23. Akbari B, Gharanfoli F, Khayyat MH, Khashyarmansh Z, Rezaee R, Karimi G. Determination of heavy metals in different honey brands from Iranian markets. *Food Additives and Contaminants* 2012; 5(2): 105–111.
24. Maragou NC, Pavlidis G, Karasali H, Hatjina F. Cold vapor atomic absorption and microwave digestion for the determination of mercury in honey, pollen, propolis and bees of greek origin. *Global NEST J.* 2016; 18(4): 690–696.
25. Ru QM, Feng Q, He JZ. Risk assessment of heavy metals in honey consumed in Zhejiang province, southeastern China. *Food Chem Toxicol.* 2013; 53: 256–262. doi: 10.1016/j.fct.2012.12.015
26. Bilandžić N, Dokić M, Sedak M, Kolanović BS, Varenina I, Končurat A, Rudan N. Determination of trace elements in Croatian floral honey originating from different regions. *Food Chem.* 2011; 128: 1160–1164.
27. Lee HS, Cho YH, Park SO, Kye SH, Kim BH, Hahm TS, Kim M, Lee JO, Kim CI. Dietary exposure of the Korean population to arsenic, cadmium, lead and mercury. *J Food Compos Anal.* 2006; 19: 31–37.