



# Stężenie rtęci w próbkach tuńczyka świeżego i przetworzonego

Mercury concentration in samples of fresh and (processed) canned tuna fish

Daria Dworak<sup>1, A–F</sup>, Sara Krakowiak<sup>1, C–D</sup>, Joanna Bem<sup>1, B</sup>, Agnieszka Fischer<sup>1, A, C, E–F</sup>

<sup>1</sup> Wydział Farmaceutyczny z Oddziałem Medycyny Laboratoryjnej w Sosnowcu, 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

Dworak D, Krakowiak D, Bem J, Fischer A. Stężenie rtęci w próbkach tuńczyka świeżego i przetworzonego. Med Środ. 2019; 22(1–2): 24–28.  
doi: 10.26444/ms/124157

## ■ Streszczenie

**Wprowadzenie.** Bardzo istotnym elementem zbilansowanej diety, zgodnie z wytycznymi ustalonymi przez Instytut Żywności i Żywienia w Warszawie, jest spożywanie ryb oraz przetworów rybnych. Są one niezwykle cennym źródłem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, pełnowartościowego białka, witamin i składników mineralnych. Ze względu na zanieczyszczenie wód organizmy w nich żyjące mogą także stanowić potencjalne źródło substancji toksycznych. Tuńczyk ma szczególną zdolność do kumulacji rtęci (Hg) w postaci pochodnych organicznych. W pracy przebadano stężenie rtęci w próbkach tuńczyka świeżego oraz przetworzonego – pochodzącego z puszki. Uzyskane wyniki odniesiono do prawnie obowiązujących norm. Przeanalizowano także, czy na stężenie Hg w próbkach ryb wpływa postać produktu (świeży/przetworzony w puszcze) oraz region ich pochodzenia.

**Materiały i metody.** Analizie poddano 35 próbek tuńczyka świeżego oraz przetworzonego (w puszcze) zakupionych w popularnych sklepach na terenie Polski południowej (woj. śląskie). Oznaczenie całkowitego stężenia Hg w próbkach tuńczyka wykonano metodą AAS (analyzer AMA 254).

**Wyniki.** Stężenie Hg w badanych próbkach tuńczykach wynosiło: średnia arytmetyczna 0,1634 ppm, mediana 0,1282 ppm. Próbkę świeżej ryby zawierały większe stężenie tego metalu niż pochodzące z puszki. Stężenie Hg w większości badanych produktów nie przekraczało norm obowiązujących w Unii Europejskiej.

**Wnioski.** Tuńczyk może stanowić źródło narażenia na rtęć dla człowieka. Dotyczy to osób spożywających ryby w dużej ilości lub szczególnie wrażliwych na ekspozycję na Hg, głównie dzieci.

## ■ Słowa kluczowe

rtęć, tuńczyk, AAS

## ■ Abstract

**Introduction.** According to the guidelines of the Food and Nutrition Institute in Warsaw, the consumption fish and fish preserves is an essential element of a balanced diet. They are an extremely valuable source of polyunsaturated fatty acids, protein, vitamins and minerals. Unfortunately, due to water pollution organisms living therein, they can be a potential threat to human health. Tuna fish accumulates a significant amount of mercury (Hg) as organic derivatives. Mercury concentration was investigated in fresh and processed (canned) tuna samples. The obtained results were referred to legally binding standards. It was also analyzed whether the Hg concentration in fish samples is affected by the form of the product (fresh/processed in cans) and their region of origin.

**Materials and method.** The analysis included 35 samples of fresh and processed (canned) tuna purchased in popular stores in the Silesian Province of southwest Poland. The AAS method (AMA 254 analyzer) for the total Hg concentration in tuna was used.

**Results.** The concentration of Hg in the examined samples was: 0.1634ppm (arithmetic mean) and 0.1282ppm (median). The Hg concentration was higher in fresh (non-canned) tuna samples than in the canned fish. Fresh tuna fish contained more metal than that from cans. The level of mercury in most of the analyzed samples did not exceed the legal standards of the European Union.

**Conclusion.** Tuna fish can be a potential source of exposure to mercury, especially for people consuming large amounts of the fish or being more vulnerable to Hg, mainly children.

## ■ Key words

mercury, tuna, AAS

## WPROWADZENIE

Spożywanie ryb oraz przetworów rybnych bez wątpienia jest bardzo istotnym elementem zbilansowanej diety. Według zaleceń Instytutu Żywności i Żywienia w Warszawie należy ograniczyć konsumpcję mięsa na rzecz ryb spożywanych

minimum dwa razy w tygodniu. Wraz z rosnącą świadomością konsumentów oraz coraz większym propagowaniem zdrowego trybu życia zwiększa się grono osób stosujących się do tych wytycznych [1].

Wielonienasycone kwasy tłuszczowe są uznawane za ważny element prawidłowej diety. Ponieważ nie są syntetyzowane przez organizm, w całości muszą być dostarczane ze źródeł egzogennych. Ryby jako produkt żywnościowy są właściwym źródłem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z szeregu omega-3: kwasu dokozaheksaenowego (DHA) oraz kwasu

Adres do korespondencji: Agnieszka Fischer, Wydział Farmaceutyczny z Oddziałem Medycyny Laboratoryjnej w Sosnowcu, Śląski Uniwersytet Medyczny, Polska  
e-mail: afischer@sum.edu.pl

eikozapentaenowego (EPA). Na przykład porcja świeżego tuńczyka o masie 100 g dostarcza do organizmu ok. 1000 mg kwasów z szeregu omega-3. W organizmie kwasy DHA oraz EPA są prekursorami dla eikozanoidów, które wykazują właściwości przeciwzapalne, wazodylatacyjne i przeciwzakrzepowe [2]. Uważa się, że konsumpcja ryb przez kobiety w ciąży jest wyjątkowo istotna, gdyż stanowią one optymalne źródło DHA i EPA dla płodu, które są niezbędne dla jego prawidłowego rozwoju [3, 4]. Przyjmuje się, że regularne spożycie ryb odgrywa także kluczową rolę w profilaktyce miażdżycy oraz w zmniejszaniu ryzyka śmierci z przyczyn sercowo-naczyniowych. Tuńczyk jest również cennym źródłem innych niż wielonienasycone kwasy tłuszczowe składników odżywczych, takich jak pełnowartościowe białko, witaminy oraz jod [5].

Niestety ryby nie są wyłącznie źródłem cennych składników odżywczych. Zanieczyszczenie wód powoduje, iż różnorodne substancje chemiczne mogą być wchłaniane przez żyjące w nich organizmy [6]. Tuńczyk, jako drapieżnik o dużych rozmiarach oraz względnie długim czasie życia, wyróżnia się wysokim poziomem zanieczyszczenia rtęcią (Hg) w postaci pochodnych organicznych [7, 8].

Głównym źródłem globalnej emisji Hg pochodzenia antropogenicznego jest spalanie węgla kamiennego oraz paliw płynnych. Metal ten w postaci nieorganicznej może być transportowany na odległe dystanse [9]. W wodzie, dzięki aktywności mikroorganizmów, przekształcany jest w pochodne organiczne, w tym najbardziej toksyczną metylortęć (MeHg). Na skutek przemian dochodzi do biomagnifikacji i biokumulacji MeHg w morskim łańcuchu pokarmowym, na końcu którego jest tuńczyk [7, 9].

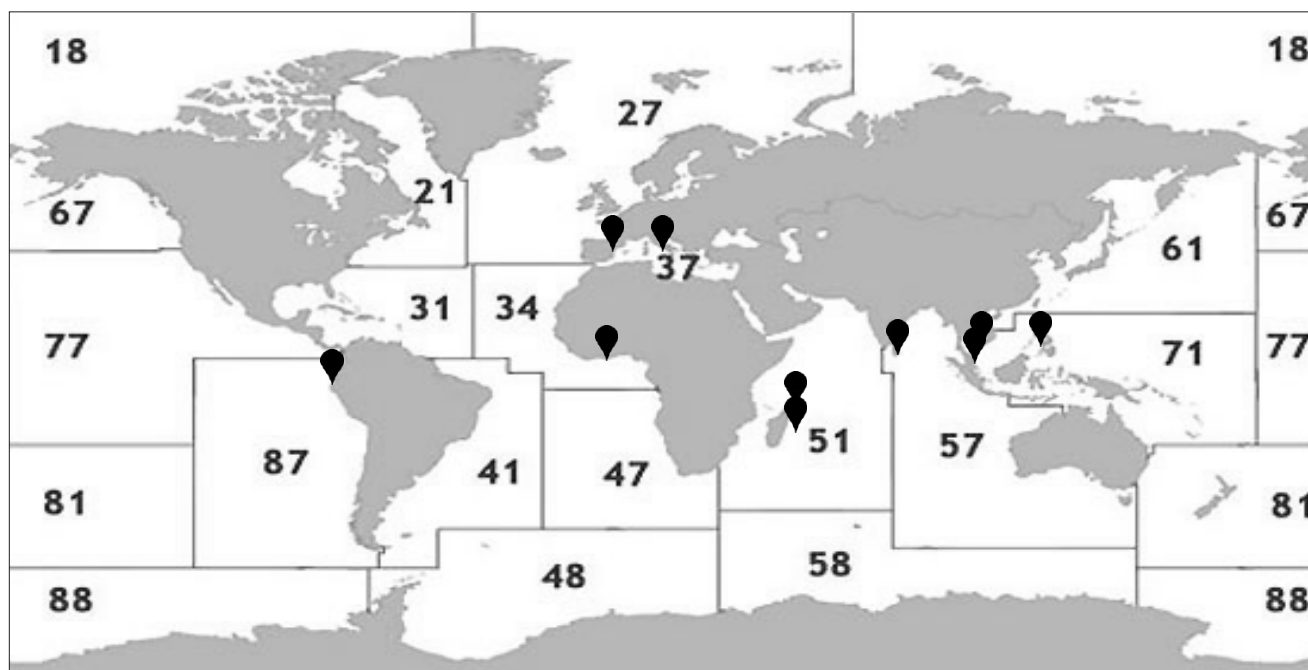
Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) umieszcza rtęć w wykazie dziesięciu związków lub grup substancji chemicznych o dużym znaczeniu dla zdrowia ze względu na ich toksyczność [10]. Szacuje się, że ponad 95% spożytej MeHg jest absorbowane w przewodzie pokarmowym. Organiczne pochodne rtęci są łatwo wchłaniane do organizmów żywych. Następnie kumulują się one w mózgu, wątrobie, nerkach [7, 9]. Działanie toksyczne związków rtęci dotyczy głównie

układu nerwowego. Pierwszymi objawami zatrucia są parestezje w obrębie kończyn, warg i języka. Pojawiające się zaburzenia wynikają ze zwyrodnienia neuronów w mózgu oraz zaniku kory. MeHg charakteryzuje się także wysokim powinowactwem do hemoglobiny płodowej. Narażenie kobiet w ciąży na ekspozycję na rtęć może skutkować nieprawidłowym rozwojem dziecka. U niemowląt obserwuje się symptomy podobne do objawów porażenia mózgowego [9]. Ponadto rtęć wywołuje stres oksydacyjny, peroksydację lipidów, zaburzenie funkcji mitochondriów, zakłócenie transmisji synaptycznej oraz formowanie mikrotubul, co może powodować problemy neurorozwojowe [11]. Dodatkowo związki tego metalu mogą również negatywnie wpływać na układ krążenia. W wyniku uszkodzenia mechanizmów antyoksydacyjnych narażenie na Hg może powodować m.in.: nadciśnienie tętnicze, miażdżycę naczyń krwionośnych, zaburzenia pracy serca, a nawet zawał mięśnia sercowego czy udar naczyniowy mózgu. Dlatego też osoby z zaburzeniami układu sercowo-naczyniowego powinny zwracać szczególną uwagę na wybór produktów spożywczych, będących potencjalnymi źródłami tego toksycznego metalu [12, 13].

W związku z tym, iż produkty pochodzenia morskiego, oprócz dostarczania wartościowych składników odżywczych, mogą być źródłem narażenia na składniki toksyczne, w tym rtęć, w pracy przebadano stężenie tego metalu w próbkach tuńczyka świeżego oraz przetworzonego – pochodzącego z puszek. Uzyskane wyniki odniesiono do prawnie obowiązujących norm. Przeanalizowano także, czy na stężenie Hg w próbkach ryb wpływa postać produktu (świeży/przetworzony w puszcze) oraz region ich pochodzenia (połowu).

## MATERIAŁY I METODY

Materiał do badań stanowiło 35 próbek tuńczyka pochodzących, wg deklaracji producenta lub importera, z różnych obszarów połowu określonych przez Organizację Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (ryc. 1)



Rycina 1. Region pochodzenia badanych próbek tuńczyka [12]

[14]. Analizie poddano ryby pochodzące z puszek, w tym z zalewy olejowej ( $n = 15$ ) (olej słonecznikowy i sojowy) oraz wodnej ( $n = 15$ ), a także 5 próbek tuńczyka w postaci nieprzetworzonej – świeżej. Wszystkie produkty zostały zakupione w sklepach na terenie Polski (woj. śląskie, miasta Zagłębia Dąbrowskiego). W tab. 1 przedstawiono charakterystykę badanych próbek.

**Tabela 1** Charakterystyka badanych próbek tuńczyka

Lp.	Postać	Zalewa	Pochodzenie
1	Puszka	Olej słonecznikowy	Mauritius
2	Puszka	Olej sojowy	Tajlandia
3	Puszka	Olej sojowy	Tajlandia
4	Puszka	Olej słonecznikowy	Seszele
5	Puszka	Olej sojowy	Tajlandia
6	Puszka	Olej sojowy	Filipiny
7	Puszka	Olej sojowy	Tajlandia
8	Puszka	Olej słonecznikowy	Mauritius
9	Puszka	Olej sojowy	Tajlandia
10	Puszka	Olej słonecznikowy	Mauritius
11	Puszka	Olej sojowy	Filipiny
12	Puszka	Olej sojowy	Tajlandia
13	Puszka	Olej sojowy	Tajlandia
14	Puszka	Olej słonecznikowy	Mauritius
15	Puszka	Olej sojowy	Tajlandia
16	Puszka	Woda	Hiszpania
17	Puszka	Woda	Tajlandia
18	Puszka	Woda	Ekwador
19	Puszka	Woda	Mauritius
20	Puszka	Woda	Ekwador
21	Puszka	Woda	Tajlandia
22	Puszka	Woda	Ekwador
23	Puszka	Woda	Ekwador
24	Puszka	Woda	Seszele
25	Puszka	Woda	Ghana
26	Puszka	Woda	Indonezja
27	Puszka	Woda	Tajlandia
28	Puszka	Woda	Tajlandia
29	Puszka	Woda	Tajlandia
30	Puszka	Woda	Włochy
31	Świeży	-	Ghana
32	Świeży	-	Ghana
33	Świeży	-	Hiszpania
34	Świeży	-	Sri Lanka
35	Świeży	-	Hiszpania

Przed analizą próbki tuńczyka odsączało z zalewy i osuszano na bibule. Z każdej przeznaczonej do badania porcji ryby, po wstępnym rozdrobnieniu i uśrednieniu za pomocą plastikowych narzędzi, odważano po trzy porcje o masie  $100 \pm 1,0822$  mg (waga analityczna RADWAG, Poland). W odważce oznaczano stężenie Hg przy użyciu analizatora

AMA 254 (prod. Altec, Czechy) (granica oznaczalności rtęci 0,003 ng).

Zastosowany aparat służy do oznaczania całkowitego (niezależnej od formy występowania) stężenia rtęci w próbach metodą AAS (absorpcyjnej spektrofotometrii atomowej).

Pomiar stężenia Hg w badanej próbce przebiega trzypiętowo:

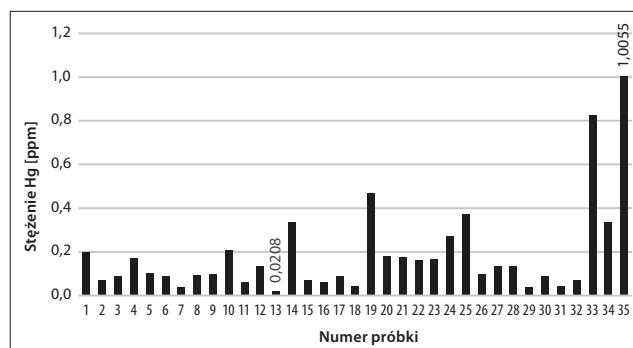
1. Dekompozycja – termiczny ( $750^{\circ}\text{C}$ ) rozkład związków rtęci znajdujących się w próbce.
2. Zbieranie – transport par Hg przez gaz nośny (tlen) do amalgamatora.
3. Detekcja – pary Hg dostarczane są do ścieżki optycznej, która umożliwia analizę pełnego zakresu koncentracji rtęci (stężenia zarówno niskie, jak i wysokie).

Spektrometr wyposażony jest w lampę rtęciową, emitującą falę o długości 253,7 nm oraz krzemową diodę UV, służącą jako detektor. Wolne atomy Hg w stanie podstawowym pochłaniają promieniowanie wysyłane przez lampę. Skutkuje to zmniejszeniem pierwotnego natężenia, co jest rejestrowane przez urządzenie. Wielkość redukcji jest wprost proporcjonalna do obecnych w badanej próbce atomów Hg [15].

Pomiar stężenia Hg w każdej z przygotowanych próbek tuńczyka wykonano trzykrotnie. Wyniki uśredniono i opracowano przy użyciu programów Microsoft Excel oraz Statistica ver. 13.1 (StatSoft). Analizę wyników przeprowadzono na podstawie wartości średniej arytmetycznej dla każdej badanej porcji ryby, będącej wynikiem 3 sporządzonych z niej prób badanych oraz 3 wykonanych oznaczeń. Do porównania wyników wykorzystano wartość mediany. Istotność statystyczną określono za pomocą testów nieparametrycznych (testu U Manna-Whitneya dla porównania dwóch grup i ANOVA rang Kruskala-Wallisa dla większej liczby grup). Za statystycznie znamienne przyjęto poziom  $p < 0,05$ .

## WYNIKI

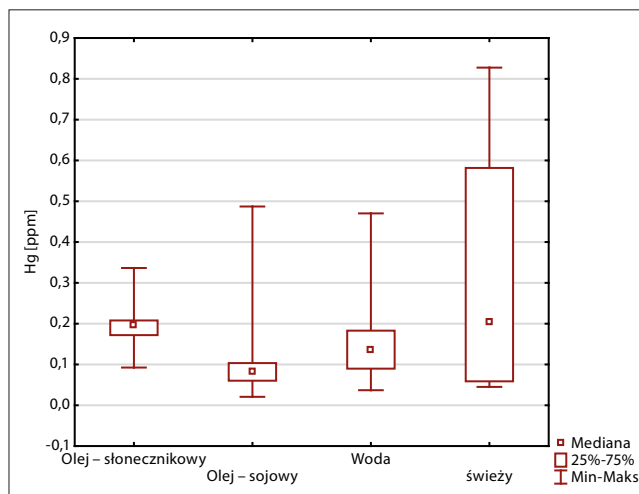
Przeciętne stężenie rtęci w analizowanych próbkach tuńczyka wynosiło: 0,1634 ppm (średnia arytmetyczna), mediana: 0,1282 ppm. Najwyższe stężenie (1,0055 ppm Hg) oznaczono w próbce nr 35 (świeża ryba, kraj pochodzenia – Hiszpania, obszar połowu – 37). Najniższe stężenie (0,0208 ppm Hg) cechowało próbkę nr 13 (tuńczyk z puszek, w zalewie oleju sojowego, kraj pochodzenia – Tajlandia, obszar połowu – 57) – ryc. 2. Próbkę świeżej ryby miały większe stężenie Hg w porównaniu do produktów przetworzonych, pochodzących z puszek. Przeciętny poziom stężenia tego metalu



**Rycina 2.** Średnie stężenie Hg w badanych próbkach tuńczyka

w rybie nieprzetworzonej wynosił 0,2042 ppm Hg, natomiast z puszkki 0,1153 ppm Hg.

Średnie stężenie Hg w różnych rodzajach analizowanych produktów z tuńczyka przedstawiono na ryc. 3. Różnice w stężeniu Hg w rybie z puszkki (różne rodzaje zalewy) i świeżej nie były statystycznie istotne ( $p=0,226$ ). Najwyższe stężenie Hg stwierdzono w próbkach ryby z oleju słonecznikowego (0,2011 ppm), najniższe z oleju sojowego (0,0777 ppm). Ryby z zalewy wodnej zawierały średnio 0,1660 ppm Hg – ryc. 3.



Rycina 3. Średnie stężenie Hg zależnie od formy przetworzenia tuńczyka

Biorąc pod uwagę tylko próbki tuńczyka przetworzonego, należy stwierdzić, że analiza stężeń Hg w zależności od regionu pochodzenia ryb (deklarowanego przez producenta na opakowaniu) wskazała najwyższe stężenie tego metalu w rybach złowionych w okolicach Sri Lanki (obszar połowu – 57) (0,3359 ppm) i Mauritiusa (obszar połowu – 51) (0,2608 ppm). Spośród wszystkich badanych próbek największe stężenie Hg odnotowano w tych pochodzących z Hiszpanii (0,6311 ppm). Różnice w stężeniu Hg w zależności od miejsca połowu nie były statystycznie istotne ( $p=0,23$ ).

## DYSKUSJA

Propagowanie zdrowego stylu życia oraz racjonalnego odżywiania się powoduje, że coraz więcej osób chętniej włącza ryby do swojego jadłospisu. W roku 2017 średnia konsumpcja ryb w Polsce wynosiła 12,4 kg/osobę, co stanowi ok. połowy średniej europejskiej. Ilość ta jest mniejsza o ok. 5% w porównaniu do roku 2016, co wynika z niższych cen drobiu i wieprzowiny (tab. 2) [16]. Według prognoz import do Polski zagranicznych produktów pochodzenia morskiego ma wzrastać. Na polski rynek sprowadzane są głównie surowe ryby, które następnie są przetwarzane przez lokalnych producentów. Tuńczyk najczęściej jest spożywany przez Polaków w formie puszkowanej [16].

Tabela 2. Spożycie ryb i owoców morza w Polsce w latach 2013–2017 [kg/osobę] [14]

Źródło	Rok				
	2013	2014	2015	2016	2017
Ryby i owoce morza	12,2	13,4	12,5	13,1	12,4
Tuńczyk	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5

Ryby są źródłem cennych składników odżywczych, jednakże ich spożycie stanowi także istotne źródło narażenia człowieka na metylortęć. Liczne badania potwierdziły korelację pomiędzy konsumpcją ryb a podwyższonym poziomem rtęci w organizmie [17, 18]. W Szanghaju po zbadaniu poziomu rtęci we włosach dzieci oraz porównaniu tych wyników z ich nawykami żywieniowymi stwierdzono, że tuńczyk stanowi wysoki czynnik ryzyka narażenia na Hg [18]. Specjalistyczne analizy zostały przeprowadzone także z udziałem pacjentów klinik należących do Stony Brook Medical Center w Nowym Jorku (USA). Badani, którzy spożywali ryby bogate w rtęć, częściej uskarżali się na zmęczenie aniżeli pozostali [17]. Ekspozycja na Hg u dorosłych może powodować zaburzenia ośrodkowego układu nerwowego, parestezje, zaburzenia słuchu i widzenia. Jest to metal szczególnie niebezpieczny, jeśli jest spożywany przez kobiety w ciąży lub karmiące piersią. MeHg z łatwością przenika barierę łożyskową i przedostaje się do mleka matki. Rozwijające się organizmy są niezwykle wrażliwe na zanieczyszczenia środowiskowe. W wielu badaniach udowodniono, iż ekspozycja na rtęć może skutkować zaburzeniami kognitywnymi [17–20].

Unia Europejska, zgodnie z rozporządzeniem Komisji Europejskiej (EC) No. 629/2008, ustala maksymalne stężenie rtęci w tkankach spożywczych ryb drapieżnych na poziomie 1,0 mg/kg. Norma dla pozostałych ryb wynosi 0,5 mg/kg [21]. W Stanach Zjednoczonych ogłoszona przez Food and Drug Administration (FDA) norma tego metalu w tuńczyku jest taka sama jak w Unii Europejskiej, jednak US Environmental Protection Agency (USEPA) orzekła, że bezpieczne stężenie dla człowieka wynosi 0,5 mg Hg/kg [22, 23].

Wyniki przeprowadzonych przez nas badań wykazały obecność Hg w każdej z analizowanych próbek tuńczyka. Jedna z nich nieznacznie przekraczała dopuszczalne stężenie rtęci określone przez obowiązujące normy Unii Europejskiej. Wartości rtęci obecnej w dwóch z pięciu świeżych ryb wykroczyły poza bezpieczny poziom tego metalu wyznaczony dla człowieka zgodnie z zaleceniami USEPA (ryc. 2). Największe stężenie Hg zanotowano w próbkach ryb nieprzetworzonych – świeżych (ryc. 3). Jest to niezwykle istotne, ponieważ porcja żywnościowa produktu spożywana w tej formie jest zazwyczaj większa niż produktu w postaci przetworzonej. Świeże ryby przeznaczone do konsumpcji najczęściej stanowią główny składnik posiłku, a zatem jednorazowo mogą być spożywane w większej ilości niż te w postaci konserwowanej, które stanowią zazwyczaj dodatek. Wymaga także podkreślenia faktu, że na opakowaniach zakupionych do badań tuńczyków, zarówno świeżych, jak i przetworzonych, nie znajdowała się żadna informacja o możliwej zawartości rtęci. Wskazuje to na potrzebę wprowadzenia dodatkowych regulacji, aby zwiększyć świadomość konsumentów i zwrócić ich uwagę na możliwe zagrożenia.

Pomimo mniejszej liczby przebadanych próbek ryb z grupy nieprzetworzonej uzyskane wyniki, wskazujące na większe stężenie Hg w rybach świeżych niż tych pochodzących z puszkki, można uznać za wiarygodne. Inne badania potwierdzają, że w wyniku procesów przetwórczych stężenie Hg w produktach pochodzenia morskiego zmniejsza się [22]. Niestety wraz z zniwelowaniem poziomu zanieczyszczeń obniża się także wartość odżywcza produktu. Porcja świeżego tuńczyka o wadze 100 g zawiera ok. 1000 mg kwasów z szeregu omega-3, podczas, gdy wyniku procesu konserwowania wartość ta obniża się do ok. 150 mg [5]. Badania nie wykazały, aby w przypadku produktów pochodzących



z puszki rodzaj stosowanej zalewy, w której znajdują się ryby, wpływał istotnie na poziom stężenia Hg.

Przyjmując normy wyznaczone przez WHO, iż tygodniowe spożycie rtęci nie powinno przekraczać 1,6 µg/kg masy ciała, należy stwierdzić, że wyniki naszych badań wskazują, że osoba o masie 70 kg może spożyć zaledwie 111 g tuńczyka świeżego o najwyższym oznaczonym przez nas stężeniu. Jeśli chodzi o rybę z puszki, to najwyższy zbadany poziom metalu wynosił ok. 0,47 ppm Hg, co oznacza, że można spożyć maksymalnie 2 puszki tygodniowo. Ilości te powinny być zredukowane w przypadku dzieci, ponieważ ich masa ciała jest mniejsza. Uzyskane wyniki badań sygnalizują potrzebę zamieszczania informacji o stężeniu Hg na opakowaniach sprzedawanych ryb. Należy również uświadaczać społeczeństwo odnośnie do racjonalnego nabywania żywności oraz podkreślić konieczność zwracania uwagi na pochodzenie i rodzaj spożywanych ryb [24].

Atmosfera jest najważniejszą drogą transportu Hg na duże odległości od źródła pochodzenia oraz istotnym czynnikiem ryzyka. Dane wskazują, że emisja rtęci znacząco zmniejszyła się między rokiem 1990 a 2014, głównie dzięki wprowadzeniu Konwencji w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości (Konwencja LRTAP) [25]. Według danych Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska w krajach Unii Europejskiej w 2015 roku wyemitowano 62,7 MgHg. Ponad 80% tej ilości pochodziło z Polski, Niemiec, Włoch, Grecji, Hiszpanii, Wielkiej Brytanii, Francji, Czech i Rumunii [26]. Fakt ten może być powodem tego, że w przeprowadzonych badaniach najwyższe zmierzone stężenie Hg posiadała próbka tuńczyka pochodząca z Hiszpanii.

Badania wskazują, iż stężenia rtęci w wodach morskich są bardzo zróżnicowane [9]. Najniższe stężenia Hg (0,5–3,0 ng/l) notuje się w wodach otwartych, natomiast przy brzegu i w okolicach zatok stężenie tego metalu może osiągać poziom nawet 65 ng/l [27]. Ponadto wyższe stężenia rtęci obserwuje się w Morzu Śródziemnym oraz w północnej części Atlantyku w porównaniu do Oceanu Antarktycznego. Modele matematyczne wskazują, iż poziom Hg w wodach oceanicznych będzie wzrastał przez następne lata, co może skutkować większym stężeniem organicznych połączeń rtęci w produktach pochodzenia morskiego [23].

## WNIOSKI

1. Rtęć obecna była we wszystkich badanych próbkach tuńczyka – średnie jej stężenie wynosiło  $0,1634 \pm 0,1579$  ppm.
2. Świeża ryba zawiera większe stężenie Hg niż tuńczyk w puszcze.
3. Jedna z analizowanych w badaniach próbek tuńczyka przekraczała normy obowiązujące w Unii Europejskiej (EC No. 629/2008) [19].
4. Tuńczyk może być źródłem narażenia na rtęć i stanowić potencjalne źródło zagrożenia dla zdrowia konsumentów, szczególnie dla osób spożywających jego duże ilości oraz dla dzieci. Należy również zwrócić uwagę na konsumpcję tej ryby przez kobiety w ciąży i karmiące piersią, mając na uwadze bezpieczeństwo niemowląt.

## PIŚMIENNICTWO

1. <http://www.izz.waw.pl/pl/zasady-prawidowego-ywienia> (dostęp: 2.06.2018).
2. Saini RK, Keum YS. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: Dietary sources, metabolism, and significance – A review. *Life Sci.* 2018; 203: 255–267.
3. Abelson A, Vanderlinden LD, Scott F, Archbold JA, Brown TL. Healthy fish consumption and reduced mercury exposure. *Can Fam Physician.* 2011; 57: 26–30.
4. Covington MB. Omega-3 Fatty Acids. *Am Fam Physician.* 2004; 70(1): 133–140.
5. Kołodziejczyk M. Consumption of fish and fishery products in Poland – analysis of benefits and risks. *Roczn. PZH* 2007; 58(1): 287–293.
6. Abolghait SK, Garbaj AM. Determination of cadmium, lead and mercury residual levels in meat of canned light tuna (*Katsuwonus pelamis* and *Thunnus albacares*) and fresh little tunny (*Euthynnus alletteratus*) in Libya. *Open Vet J.* 2015; 5(2): 130–137.
7. Silbernagel SM, Carpenter DO, Gilbert SG. Recognizing and Preventing Overexposure to Methylmercury from Fish and Seafood Consumption: Information for Physicians. *J Toxicol.* 2011; 2011: 1–7.
8. Laird MJ, Henao JJA, Reyes ES, Stark KD, Low G, Swanson HK, et al. Mercury and omega-3 fatty acid profiles in freshwater fish of the Decho Region, Northwest Territories: Informing risk benefit assessments. *Sci Total Environ.* 2018; 637–638: 1508–1517.
9. Nordberg GF, Fowler BA, Nordberg M. *Handbook on the toxicology metals.* Elsevier, USA; 2007; 675–729.
10. Sheehan MC, Burke TA, Navas-Acien A, Breyse PN, McGready J, Fox MA. Global methylmercury exposure from seafood consumption and risk of developmental neurotoxicity: a systematic review. *Bull World Health Organ* 2014; 92 254–269.
11. Polańska K, Jurewicz J, Hanke W. Review of current evidence on the impact of pesticides, polychlorinated biphenyls and selected metals on attention deficit/hyperactivity disorder in children. *Int J Occup Med Environ.* 2013; 26(1): 16–38.
12. Genchi G, Sinicropi MS, Carocci A, Lauria G, Catalano A. Mercury Exposure and Heart Diseases. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2017; 14(1): 74.
13. Takahashi T, Takayoshi Shimohata T. Vascular Dysfunction Induced by Mercury Exposure. *Int J Mol Sci.* 2019; 20(10): 2435.
14. <http://www.fao.org/3/a-az126e.pdf> (dostęp: 19.10.2018.).
15. Różycka K, Rolka G. Zastosowanie techniki ASA do oznaczania rtęci na przykładzie badań surowców używanych w przemyśle materiałów budowlanych. *Prace ICiMB* 2015; 21: 58–66. 16. Report: 2017 Fish and Seafood Market in Poland. *USDA Foreign Agricultural Service: Warszawa; 2018.*
16. Kothari S, Kruse D, Karimi R, Silbernagel S, Gursoy N, Jaber R. High mercury seafood consumption associated with fatigue at specialty medical clinics on Long Island, NY. *Prev Med Rep.* 2015; 2: 798–802.
17. Jin Y, Zhen YG, Ju W, Yan CH. Hair Mercury Levels and Their Relationship with Seafood Consumption among Preschool Children in Shanghai. *Biomed Environ Sci.* 2017; 30(3): 220–223.
18. Gerstenberger SL, Martinson A, Klamer JL. An evaluation of mercury concentrations in three brands of canned tuna. *Environ Toxicol Chem.* 2009; 29(2): 237–242.
19. Damsky WE., Duncan E, Flanagan N, Fromhold K, Dung H, Meyer R. Public Awareness of Mercury in Fish: Analysis of Public Awareness and Assessment of Fish Consumption in Vermont. *MJM* 2009; 12(2):39–41.
20. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1881-20180319&qid=1539289414026&from=EN> (dostęp: 2.06.2018).
21. Garcia MA, Nunez R, Alonso J, Melgar MJ. Total mercury in fresh and processed tuna marketed in Galicia (NW Spain) in relation to dietary exposure. *Environ Sci Pollut Res.* 2016; 23: 24960–24969.
22. Gworek B, Bemowska-Kalabun O, Kijeńska M, Wrzosek-Jakubowska J. Mercury in Marine and Oceanic Waters – a Review. *Water Air Soil Pollut.* 2016; 227(10): 371.
23. McGuire J, Kaplan J, Lapolla J, Kleiner J. The 2014 FDA assessment of commercial fish: practical considerations for improved dietary guidance. *Nutrition J.* 2016; 16(66).
24. [http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/tackling\\_mercury\\_pollution\\_EU\\_and\\_worldwide\\_IR15\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/tackling_mercury_pollution_EU_and_worldwide_IR15_en.pdf) (dostęp: 2.06.2018).
25. Raport: Ocena zanieczyszczenia powietrza rtęcią na stacjach tła regionalnego w Polsce za 2016 rok, Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa 2017.
26. Kabata-Pendias A, Mukherjee AB. *Trace Elements from Soil to Human.* Springer, 2007.