

OLGA JANUSZKO, JOANNA KAŁUŻA

*Katedra Żywienia Człowieka
Wydział Nauki o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa
E-mail: olga_januszko@sggw.pl*

ZNACZENIE RYB I PRZETWORÓW RYBNYCH W ŻYWIENIU CZŁOWIEKA – ANALIZA KORZYŚCI I ZAGROŻEŃ

WPROWADZENIE

W 2016 r. Instytut Żywności i Żywienia (IŻŻ) opublikował zaktualizowaną wersję Piramidy Zdrowego Żywienia i Aktywności Fizycznej dla osób dorosłych (JAROSZ 2016). Rok później po raz pierwszy przedstawił w tej formie zalecenia skierowane do osób starszych (JAROSZ 2017b), natomiast w 2019 r. ukazała się Piramida Zdrowego Żywienia i Stylu Życia dla dzieci i młodzieży (JAROSZ 2019). Piramida żywienia stanowi graficzny opis odpowiednich proporcji różnych grup produktów spożywczych, które powinny znaleźć się w codziennej diecie; przy czym im wyższe piętro piramidy tym mniejsza częstotliwość i ilość spożycia produktów z danej grupy. Zgodnie z zasadami prawidłowego żywienia promowanymi przez IŻŻ, bez względu na grupę wiekową, ryby powinny być spożywane minimum dwa razy w tygodniu.

Spożycie ryb i owoców morza jest zalecane ze względu na ich wysoką wartość odżywczą. Jednak zanieczyszczenie środowiska sprawia, że poza niezbędnymi składnikami odżywczymi, mogą być one także źródłem substancji szkodliwych. W związku z tym w niniejszym artykule przedstawiono korzyści i zagrożenia wynikające ze spożycia ryb, przetworów rybnych i owoców morza.

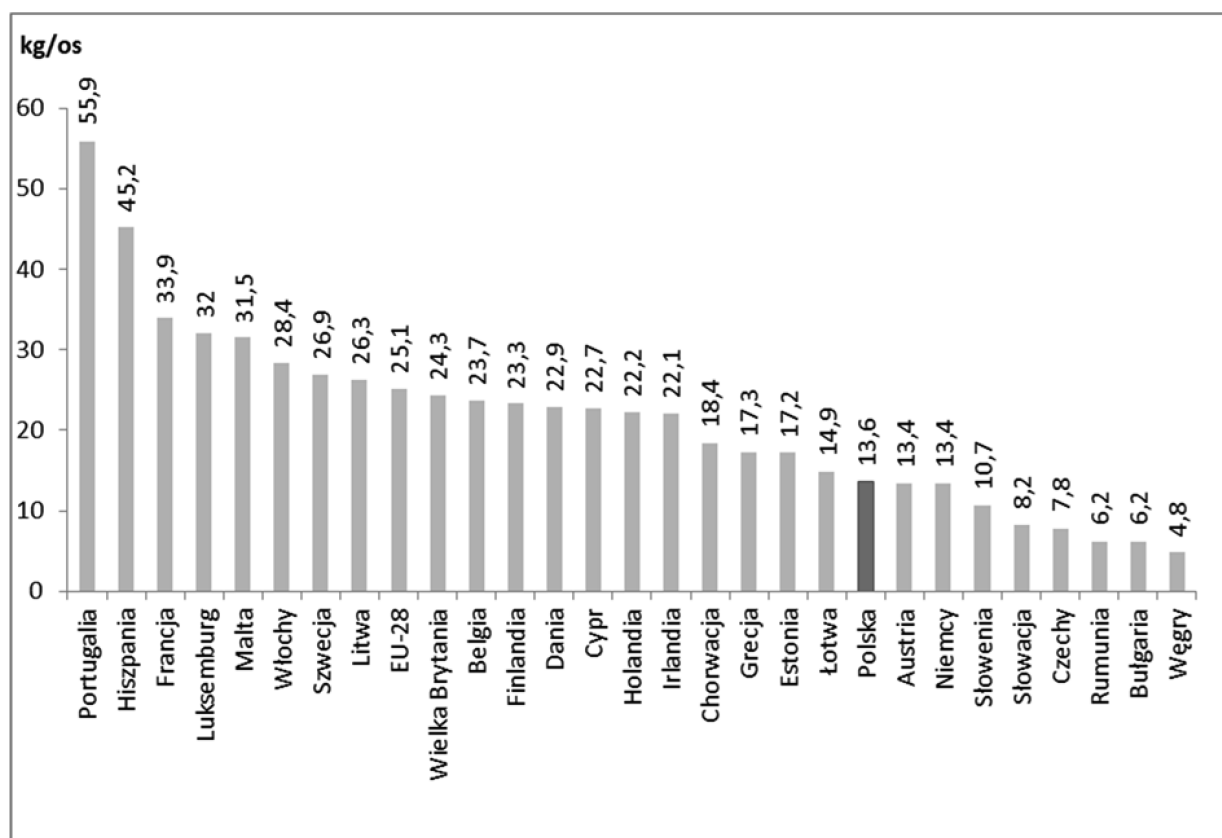
WIELKOŚĆ I STRUKTURA SPOŻYCIA

Polska należy do krajów o niskim spożyciu ryb i owoców morza. Spożycie produktów rybołówstwa w Polsce, na tle innych krajów

europejskich, przedstawiono na Ryc. 1. Według danych Organizacji Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (ang. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) liderami w konsumpcji tej grupy produktów są Portugalia (55,9 kg/osobę) oraz Hiszpania (45,2 kg/osobę). Średnia spożycia w państwach UE-28 wynosi 25,1 kg, natomiast w Polsce jest ona blisko dwukrotnie niższa od średniej unijnej (13,6 kg/osobę) (FAO 2015).

Według danych Instytutu Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej (IERiGŻ) od kilku lat spożycie produktów rybołówstwa w kraju kształtuje się na podobnym poziomie, tj. około 12–14 kg na mieszkańca rocznie.

W 2017 r. spożycie ryb i owoców morza w Polsce wyniosło 12,5 kg/mieszkańca i było o 5% mniejsze, niż w roku poprzednim. Zmniejszenie spożycia dotyczyło wyłącznie ryb morskich i dwuśrodowiskowych (spożycie obniżone o 9%), przy jednoczesnym wzroście konsumpcji owoców morza (o 16%) i ryb słodkowodnych (o 9,5%). Wśród ryb morskich w największym stopniu zmniejszył się popyt na łososia, tuńczyka i dorsza, co było spowodowane wzrostem cen surowców importowanych i w konsekwencji cen detalicznych oraz znacznego pogorszenia relacji cen tych ryb do cen mięsa zwierząt rzeźnych, a szczególnie drobiu. Wśród ryb słodkowodnych zmniejszyła się konsumpcja karpia i pstrąga. Powodem był spadek importu tych gatunków. Zahamowana została tendencja spadkowa spożycia pangii (0,5 kg/



Ryc. 1 Spżycie ryb i owoców morza w państwach członkowskich UE-28 w 2015 r. (kg masy żywej/mieszkańca/rok) (FAO 2015).

mieszkańca), natomiast skokowo zwiększył się popyt na tilapię (0,3 kg/mieszkańca). Należy zaznaczyć, że zarówno panga, jak i tilapia dostępne są na rynku krajowym wyłącznie w postaci mrożonych filetów z Chin oraz Wietnamu. Spośród owoców morza istotnie zwiększyło się spżycie krewetek (o 15,4%) wynosząc 0,3 kg/mieszkańca.

Ze względu na niską dynamikę cen detalicznych ryb i owoców morza przewiduje się wzrost spżycia tych produktów w najbliższym czasie, zakładając jednocześnie podobny do obecnego poziomu import podstawowych gatunków ryb (IERIGŻ-PIB 2018).

ZALECENIA ŻYWIENIOWE

Aktualne rekomendacje różnych grup ekspertów dotyczące spżycia ryb i owoców morza przedstawiono w Tabeli 1. Spżycanie ryb co najmniej 2 razy w tygodniu dla zdrowych osób dorosłych zalecane jest przez żywieniowców na całym świecie. Jednak ze względu na występowanie w tych produktach zanieczyszczeń chemicznych, dla grup wrażliwych, to jest kobiet w ciąży, karmiących piersią i dzieci wprowadzono pewne ograniczenia, jednocześnie podkreślając, że

korzyści zdrowotne ze spżycia umiarkowanych ilości ryb jako źródła kwasów n-3 przez kobiety w ciąży jednoznacznie przeważają nad ryzykiem (MOJSKA i współaut. 2017).

Instytut Żywności i Żywienia (JAROSZ 2017a) w opracowaniu *Normy żywienia dla populacji Polski* opublikował wykaz gatunków ryb zalecanych do spżycia przez osoby klasyfikowane do tzw. grup wrażliwych (Tabela 2), dodatkowo rekomendując ograniczenie spżycia ryb pochodzących z akwenów o wysokim stopniu zanieczyszczenia metalami ciężkimi oraz ryb drapieżnych (MOJSKA i współaut. 2017).

Według Instytutu Matki i Dziecka (WEKER i współaut. 2014) ryby do diety niemowląt należy wprowadzać w 7-8. miesiącu życia, przy czym powinny one być spżywane przynajmniej raz lub dwa razy w tygodniu. Podawanie ryb w okresie niemowlęcym sprzyja rozwojowi tolerancji immunologicznej i zmniejsza ryzyko wystąpienia alergii. Ze względu na możliwość zanieczyszczenia ryb substancjami szkodliwymi, szczególnie rtęcią czy dioksynami, nie zaleca się podawania niemowlętom ryb drapieżnych, takich jak rekin, miecznik, makrela królewska czy płatecznik.

Tabela 1. Zalecenia dotyczące spożycia ryb i owoców morza na podstawie rekomendacji różnych grup ekspertów.

Grupa populacyjna	Zalecenia
Food Standards Australia New Zealand (FSANZ 2011)	
Dzieci do 6 r.ż. (1porcja = 75g)	2-3 porcje ryb i owoców morza/tydzień bez wymienienia gatunku lub 1 porcja gardłosza atlantyckiego / tydzień
Kobiety w ciąży/planujące ciążę (1porcja = 150g)	lub 1 porcja rekina, miecznika lub marlina / 2 tygodnie
Pozostałe grupy populacyjne (1porcja = 150g)	2-3 porcje ryb i owoców morza/tydzień bez wymienienia gatunku lub 1 porcja rekina, miecznika lub marlina / tydzień
Food and Drug Administration (FDA 2017)	
Dzieci i młodzież 2-18 lat	1-2 porcje ryb i owoców morza/tydzień, gatunki zalecane jako najlepszy ¹ lub dobry wybór ²
Kobiety w ciąży	2-3 porcje ryb i owoców morza/tydzień, gatunki zalecane jako najlepszy wybór ¹ lub 1 porcja ryb i owoców morza /tydzień, gatunki dobrego wyboru ²
Instytut Żywności i Żywienia (JAROSZ 2017a)	
Populacja cała	2 porcje ryb/tydzień, w tym łosoś do 100 g, śledź do 400 g
European Food Safety Authority (EFSA 2010, 2012b, 2014) i Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO 2010)	
Dzieci i młodzież 2-18 lat	2 porcje ryb/tydzień, w tym 1 porcja ryb tłustych
Kobiety w ciąży/karmiące piersią	2 porcje ryb/tydzień, w tym 1 porcja ryb tłustych + 100-200 mg DHA/dobę
Osoby dorosłe	2 porcje ryb/tydzień, w tym 1 porcja ryb tłustych

¹najlepszy wybór – anchois, dorsz, flądra, homar, kałamarnica, krab, krewetki, langusta, łosoś, łupacz, makrela atlantycka, małże, mintaj, morszczuk, okoń, ostrygi, przegrzebki, pstrąg słodkowodny, ryba maślana, sardynki, sum, śledź, tilapia i in.; ²dobry wybór – halibut, karp, makrela hiszpańska, tuńczyk biały, żabnica i in.

Tabela 2. Wykaz wybranych gatunków ryb i owoców morza zalecanych i niezalecanych w diecie kobiet planujących ciążę, kobiet ciężarnych, kobiet karmiących piersią oraz małych dzieci (MOJSKA i współaut. 2017).

Zalecane	Dopuszczalne ¹	Niezalecane
Łosoś norweski, hodowlany	Karp	Miecznik
Szprot	Halibut	Rekin
Sardynki	Marlin	Makrela królewska
Sum	Okoń	Tuńczyk
Pstrąg hodowlany	Żabnica	Węgorz amerykański
Flądra	Makrela hiszpańska	Płytecznik
Krewetki	Śledź	Łosoś bałtycki wędzony
Przegrzebki		Szprotki wędzone
Ostrygi		Śledź bałtycki wędzony
Dorsz		Szczupak
Krab		Panga
Ryba maślana		Tilapia
Makrela atlantycka		Gardłosz atlantycki
Morszczuk		
Langusta		

¹od czasu do czasu w ograniczonej ilości (maksymalnie 1 porcja/tydzień)

Tabela 3. Zawartość tłuszczu ogółem, wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) oraz kwasów eikozapentaenowego (EPA) i dokozaheksaenowego (DHA) w 100g części jadalnych najczęściej spożywanym w Polsce gatunków ryb i ich przetworów (KUNACHOWICZ i współaut. 2017).

Nazwa produktu	Zawartość tłuszczu (g)	Zawartość PUFA (g)	Zawartość DHA (g)	Zawartość EPA (g)
Mintaj świeży	0,6	0,22	0,12	0,06
Śledź świeży	10,7	1,87	0,62	0,67
Śledź solony	15,4	2,67	0,89	0,96
Śledź w oleju	26,5	6,67	0,63	0,68
Makreła świeża	11,9	2,63	1,12	0,63
Makreła wędzona	15,5	3,79	1,70	1,00
Sardynka świeża	9,6	1,6	0,10	0,90
Dorsz świeży	0,7	0,22	0,12	0,06
Łosoś świeży	13,6	4,79	2,15	0,71
Łosoś wędzony	8,4	1,94	0,93	0,34
Karp świeży	4,2	0,70	0,08	0,08
Pstrąg tęczowy świeży	9,6	3,15	1,76	0,60
Morszczuk świeży	2,2	0,75	0,32	0,17
Tuńczyk świeży	4,6	1,36	0,68	0,32
Tuńczyk w oleju	9,0	4,53	0,14	0,01

KORZYŚCI WYNIKAJĄCE ZE SPOŻYCIA RYB

WIELONIENASYCONE KWASY TŁUSZCZOWE N-3

Ryby, zwłaszcza morskie, oraz produkty rybne, ze względu na zawartość długołańcuchowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (ang. long chain polyunsaturated fatty acids, LC-PUFA), zalecane są w diecie osób zdrowych (Tabela 3). Jest to grupa produktów bogatych w kwasy tłuszczowe z rodziny n-3, czyli kwas eikozapentaenowy (EPA, C20:5) i dokozaheksaenowy (DHA, C22:6).

Kwasom tłuszczowym n-3 przypisuje się wiele właściwości prozdrowotnych:

- obniżenie ryzyka rozwoju choroby niedokrwiennej serca (ChNS) oraz częstości występowania choroby wieńcowej, udarów i zgonów w następstwie ChNS (HE i współaut. 2004, ESC/EAS 2016, LANDS 2016);

- zmniejszenie częstości występowania przewlekłych chorób o podłożu zapalnym, m.in. reumatoidalnego zapalenia stawów, wrzodziejącego zapalenia jelita grubego, łuszczycy i migrenowego bólu głowy (MOJSKA i współaut. 2017);

- udział w profilaktyce i leczeniu cukrzycy typu 2 (FAO 2010, EFSA 2010) oraz nadwagi i otyłości (EFSA 2010);

- obniżenie ryzyka zachorowania na raka jelita grubego, prostaty, piersi i śluzówki

macicy (FAO 2010, KANTOR i współaut. 2014, BRASKY i współaut. 2015);

- obniżenie ryzyka rozwoju choroby Alzheimera, demencji (MOHAJERI i współaut. 2015), a także poprawę funkcji poznawczych zarówno u osób zdrowych w średnim wieku, jak i wśród osób chorych (EFSA 2010, YURKO-MAURO i współaut. 2015).

Wielu autorów sugeruje, że działanie przeciwnowotworowe kwasów n-3 wiąże się z ich wpływem na właściwości fizykochemiczne błon komórkowych (wzrost płynności i przepuszczalności) oraz działaniem przeciwzapalnym, antyoksydacyjnym i immunomodulującym.

Ponadto udowodniono działanie antydepresyjne kwasów z rodziny n-3. Spożywanie ich w odpowiedniej ilości wiąże się z obniżeniem ryzyka wystąpienia depresji (GROSSO i współaut. 2016), w tym depresji poporodowej (PARKER i współaut. 2015, MARKHUS i współaut. 2013). Antydepresyjny efekt działania kwasów n-3 związany jest z ich właściwościami przeciwzapalnymi, neuroprotektoryjnymi i z modulacją neuro-endokrynną.

Długołańcuchowe wielonienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-3 odgrywają kluczową rolę w prawidłowym rozwoju w okresie prenatalnym, m.in. optymalizują czas trwania ciąży, zapobiegają przedwczesnemu porodowi oraz obniżają ryzyko urodzenia noworodka z niską masą urodzeniową (EFSA 2010, CARLSON i współaut. 2013).

PAWLIK i współaut. (2011) wykazali, że u dzieci urodzonych przedwcześnie występowało obniżone stężenie DHA w osoczu krwi; w pierwszych godzinach życia dzieci urodzonych w terminie jego stężenie wynosiło 164,7 $\mu\text{mol/l}$, natomiast u dzieci urodzonych przedwcześnie zaledwie 15,9 $\mu\text{mol/l}$. W mózgu i siatkówce oka stężenie kwasu DHA jest stosunkowo duże, co jest związane z jego wpływem na prawidłowy rozwój układu nerwowego i funkcji poznawczych u niemowląt i małych dzieci, w tym mowy i narządu wzroku (EFSA 2008, 2014). Łożysko i płód syntetyzują bardzo małe ilości LC-PUFA, dlatego muszą być one dostarczane z organizmu matki. W trzecim trymestrze ciąży następuje znaczne nasilenie gromadzenia kwasu DHA w tkankach płodu, co skorelowane jest z intensywnym rozwojem układu nerwowego. To właśnie wówczas należy zwracać szczególną uwagę na prawidłową podaż tego składnika z dietą (REES i współaut. 2014). Niedostateczne spożycie żywności pochodzenia morskigo (<340 g/tydz.) przez matki wiąże się ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia niższego ilorazu inteligencji werbalnej oraz gorszych wyników zachowań prospołecznych u dzieci, a także rozwoju społecznego w zakresie motoryki i komunikacji (HIBBELN i współaut. 2007). Holenderscy naukowcy stwierdzili zależność między większym spożyciem LC-PUFA n-3 w okresie ciąży a rzadszym wystąpieniem problemów emocjonalnych u dzieci (STEENWEG-DE GRAAFF 2015). Działanie kwasów z rodziny n-3, szczególnie EPA, ma istotny udział w leczeniu zespołu nadpobudliwości z deficytem uwagi (ADHD) (COOPER 2016). HIBBELN i współaut. (2006) podkreślają, że małe spożycie ryb w czasie ciąży i w okresie karmienia piersią może skutkować predyspozycjami do agresji i depresji u dzieci, jednocześnie twierdząc, że zapewnienie optymalnego spożycia kwasów tłuszczowych n-3 we wczesnym okresie rozwoju organizmu zmniejsza ryzyko zaburzeń zachowania emocjonalnego wśród dzieci.

Korzystny wpływ LC-PUFA n-3 wiąże się z obniżeniem ryzyka rozwoju alergii u dzieci poprzez hamowanie nadmiernej odpowiedzi immunologicznej i osłabienie procesów zapalnych (EFSA 2014, BEST i współaut. 2016). Niskie stężenie wymienionych kwasów w mleku matki i diecie małych dzieci może być przyczyną rozwoju astmy, alergicznego nieżytu nosa, a także atopowego zapalenia skóry u niemowląt i małych dzieci (NAFSTAD i współaut. 2003, EFSA 2004b). Stwierdzono, iż kobiety, które spożywały ryby w czasie ciąży i karmienia piersią szybciej decydowały się na wprowadzanie tego produktu do diety swoich dzieci (NAFSTAD i współaut. 2003).

PEŁNOWARTOŚCIOWE BIAŁKO

Mięso ryb pod względem jakości oraz ilości białka nie ustępuje mięsu zwierząt rzeźnych i drobiu. Zawartość białka w zależności od gatunku ryby wynosi 13-24%, z czego jedynie 3-5% stanowi niepełnowartościowe białko tkanki łącznej, podczas gdy w mięsie zwierząt rzeźnych wartość ta może sięgać nawet 16% (GAWECKI i WOŹNIEWICZ 2010). Skład aminokwasowy białka mięsa ryb jest bardzo korzystny pod względem żywieniowym i przewyższa skład białka wzorcowego ustalonego przez Komitet Ekspertów FAO/WHO w 1991 r. (FAO/WHO 1991). Potwierdzają to badania POLAKA-JUSZCZAK i ADAMCZYK (2009), które wykazały, iż zawartość niezbędnych aminokwasów występujących w białku ryb z Zalewu Wiślanego była wyższa niż w białku wzorcowym. Szczególnie korzystne były ilości lizyny oraz metioniny i cysteiny, które w stosunku do białka wzorcowego, wynosiły od 145 do 240%. Dodatkowo, białko ryb jest łatwostrawne, gdyż jego strawność wynosi 97% (BORUCKA i WIECZOREK 2003). Warto też wspomnieć, iż podaż białka z mięsa ryb jest duża przy jednocześnie małej podaży energii. Najbogatsze w białko są ryby świeże, szczególnie halibut, sardynka oraz tuńczyk (zawierają ok. 20% białka) (KUNACHOWICZ i współaut. 2017).

Przy jednoznacznych, niewątpliwych korzyściach zdrowotnych wynikających ze spożycia mięsa ryb, w ostatnich latach zaobserwowano wyraźny wzrost częstości występowania objawów alergii pokarmowej o różnym stopniu nasilenia wywołanej białkami rybiami (KHAN i współaut. 2011). Pierwszym znanym alergenem była parwalbumina, białko wyizolowane z tkanki mięśniowej dorsza. Białko to obecne jest także w innych rybach, dlatego osoby uczulone na jeden gatunek, powinny unikać spożywania wszystkich pozostałych. Obróbka termiczna tylko w nieznacznym stopniu zmniejsza alergenicność tego białka (JĘDRUSEK-GOLIŃSKA 2014). Za występowanie objawów alergii w Europie odpowiadają głównie: dorsz bałtycki, łosoś atlantycki, flądra, śledź, tuńczyk i karp (LOPATA i współaut. 2010).

WITAMINY

Ryby, zarówno chude, jak i tłuste, są dobrym źródłem witamin. Ryby tłuste (śledź, łosoś, pstrąg, makrela) zawierają znaczne ilości witaminy A i witaminy D (Tabela 4), natomiast ryby chude (szczupak, okoń) witamin z grupy B.

Niedobór witaminy D jest ważnym i powszechnym problemem zdrowotnym w Polsce (RUSIŃSKA i współaut. 2018). Źródłem tej witaminy dla człowieka, poza endogenną syntezą skórą, mogą być tłuste ryby i

Tabela 4. Zawartość witaminy D w wybranych gatunkach ryb i ich przetworach (KUNACHOWICZ i współaut. 2017).

Nazwa produktu	Zawartość witaminy D ($\mu\text{g}/100\text{ g}$ części jadalnych)
Śledź w oleju	20,2
Śledź świeży	19,0
Pstrąg tęczowy, świeży	13,6
Łosoś świeży	13,0
Łosoś wędzony	13,0
Sardynka świeża	11,0
Śledź solony	9,2
Makreła wędzona	8,4
Tuńczyk świeży	7,2
Makreła świeża	5,0
Karp świeży	5,0
Halibut świeży	5,0
Dorsz świeży	1,0
Mintaj świeży	0,1

oleje rybne. Jednak pokrycie zapotrzebowania na tę witaminę poprzez spożycie ryb wydaje się niemożliwe. Według szacunków przeprowadzonych przez MALESE-CIEĆWIERZ i USYDUS (2015), żeby dostarczyć dziennie 20 μg witaminy D należałoby rocznie zjeść około 68 kg śledzia lub 26 kg łososia, natomiast rzeczywiste roczne spożycie wynosi odpowiednio około 1,3 i 0,4 kg/osobę. Znaczenie witaminy D w regulacji homeostazy wapnia i fosforanów oraz metabolizmie tkanki kostnej znane jest od dziesięcioleci. Natomiast w ostatnich latach prowadzono szereg badań, które dowodzą, iż witamina ta wykazuje również działanie plejotropowe, uczestnicząc w regulacji kilkuset genów genomu człowieka. Wykazano, że kalcytriol wspomaga proliferację i różnicowanie komórek należących do układu immunologicznego. Niedobór witaminy D częściej występuje u pacjentów z chorobami zapalnymi jelit, reumatoidalnym zapaleniem stawów i w chorobach tarczycy. Wiele badań wskazuje na istnienie związku między niskim stężeniem 25(OH)D w surowicy krwi a zwiększonym ryzykiem zachorowania na stwardnienie rozsiane (GALANT i współaut. 2016). Wykazano dłuższą przeżywalność pacjentów z przewlekłą chorobą nerek, którzy przyjmowali suplementy witaminy D, a nie byli poddawani dializoterapii oraz mniejszą śmiertelność z przyczyn chorób sercowo-naczyniowych u pacjentów poddawanych hemodializie i jednocześnie przyjmujących suplementy witaminy D, w stosunku do osób niesuplementujących swojej diety (WAWRZY尼亚K i współaut. 2015).

Wyniki licznych badań świadczą, że odpowiednie stężenie witaminy D stanowi ważny czynnik w prewencji rozwoju insulinooporności oraz cukrzycy typu 1 i 2. Ważnym jest zapewnienie odpowiedniej podaży (suplementację) tej witaminy już od pierwszego roku życia. W badaniu obejmującym grupę ponad 12 tysięcy dzieci, stwierdzono zmniejszone ryzyko wystąpienia cukrzycy typu 1 o 80% u tych dzieci, które otrzymywały suplementy witaminy D w pierwszym roku życia, w stosunku do ryzyka populacyjnego (GALANT i współaut. 2016).

Badania epidemiologiczne wykazały, że witamina D ma także działanie przeciwnowotworowe. Prawidłowy stan zaopatrzenia organizmu w witaminę D zmniejsza ryzyko rozwoju nowotworów, m.in. okrężnicy, piersi, jajnika, trzustki, prostaty, nerek, mózgu, jelita grubego i białaczki (RUSIŃSKA i współaut. 2018).

W wielu badaniach stwierdzono związek pomiędzy niskim stężeniem witaminy D w osoczu a zwiększonym ryzykiem wystąpienia chorób ośrodkowego układu nerwowego, w szczególności pogorszeniem funkcji poznawczych, wyższym ryzykiem choroby Alzheimera i demencji (WAWRZY尼亚K i współaut. 2015).

SKŁADNIKI MINERALNE

Ryby, ich przetwory oraz owoce morza są produktami bogatymi w składniki mineralne. Ilość niektórych makroelementów, takich jak fosfor, potas czy magnez w rybach jest większa niż w surowcach mięsnych, a w przypadku ryb drobnoościstych (śledź) i

marynat również większa jest w nich zawartość wapnia (GAWEŃSKI i WOŹNIEWICZ 2010). Do wartych wyróżnienia mikroelementów należą przede wszystkim fluor, jod (szczególnie gatunki ryb morskich) i selen. Zawartość jodu w filetach ryb morskich jest zróżnicowana. Najwięcej tego składnika stwierdzono w dorszu świeżym (110 µg/ 100 g części jadalnych) i mintaju (103 µg/ 100 g części jadalnych), natomiast najmniej w okoniu (4 µg/ 100 g części jadalnych) i karpniu (1,5 µg/ 100 g części jadalnych) (KUNACHOWICZ i współaut. 2017). Ryby, w porównaniu do mięsa zwierząt rzeźnych, zawierają kilkakrotnie więcej fluoru, przy czym ryby morskie odznaczają się większą jego zawartością niż ryby słodkowodne, średnio jest to 5,1 mg/ kg świeżej masy. Pierwiastek ten przede wszystkim kumuluje się w skórze i ościach ryby (KOŁAKOWSKA i KOŁAKOWSKI 2001). Badania nad zawartością makro- i mikroelementów w produktach rybnych wyprodukowanych i dostępnych na polskim rynku przeprowadzone przez Morski Instytut Rybacki w Gdyni (POLAK-JUSZCZAK i USYDUS 2006) wykazały, że średnia zawartość fluoru w konserwie ze szprotów wynosiła 20,4 mg/kg, podczas gdy wystarczające dobowe spożycie (norma na poziomie AI; ang. adequate intake) tego pierwiastka równe jest 3 mg dla kobiet i 4 mg dla mężczyzn (JAROSZ 2017a). Badane konserwy zawierały 0,58 mg/kg jodu i 0,11 mg/kg selenu, podczas gdy wystarczające spożycie jodu przez osoby dorosłe wynosi 0,15 mg/dobę, a zalecane spożycie (ang. recommended dietary allowance, RDA) selenu 0,055 mg/dobę (JAROSZ 2017a).

Produkty rybne są ważnym źródłem selenu. Pierwiastek ten odgrywa istotną rolę w procesach detoksykacyjnych organizmu, wchodzi w skład selenoenzymów chroniących tkanki przed uszkodzeniami oksydacyjnym. Dodatkowo, selenoenzymy wpływają na metabolizm metylortęci obniżając, jako naturalny antagonist, jej toksyczność. Duże powinowactwo metylortęci do selenu sprawia, iż tworzą się trwałe, całkowicie nieprzyswajalne przez organizm połączenia (MANIA i współaut. 2012). Udowodniono, że zawartość selenu w racji pokarmowej opóźnia pojawienie się niektórych objawów neurologicznych przy długotrwałym narażeniu na związki metylortęci (HEATH i współaut. 2010). Z drugiej strony, metylortęć hamuje korzystny wpływ selenu na organizm. Dlatego sugeruje się, aby wybierać ryby słonowodne, w których zawartość selenu jest wyższa niż metylortęci. Selen wykazuje także działanie antydepresyjne i przeciwnowotworowe (szczególnie w odniesieniu do nowotworów płuc, skóry i prostaty). Odpowiedni stan odżywienia tym pierwiastkiem hamuje rozwój chorób układu

krażenia, układu odpornościowego, chorób tarczycy czy zaburzeń reprodukcji (BYKOWSKI 2011). Jednak zarówno niedobór, jak i nadmiar tego pierwiastka wywiera szkodliwe działanie na organizm, co wynika z wąskiego marginesu bezpieczeństwa.

Niektóre gatunki ryb i ich przetwory, a także owoce morza mogą być dobrym źródłem cynku, mikroelementu również istotnego dla zdrowia. W rybach wędzonych średnie stężenie cynku mieści się w zakresie 4,0-32,5 mg/kg. Najmniej tego pierwiastka zawiera wędzony łosoś norweski (4,0 mg/kg), najwięcej szprot (32,5 mg/kg) (POLAK-JUSZCZAK 2008). Spośród ryb świeżych bogate w cynk są śledź i węgorz, które zawierają odpowiednio 11,2 mg/kg i 17,5 mg/kg tego pierwiastka (KUNACHOWICZ i współaut. 2017). Wśród owoców morza pod względem zawartości cynku wyróżnia się mięso kraba (97 mg/kg) i homara (42,7 mg/kg) (ROGACKA i współaut. 2003). Porcja 100 g kraba pokrywa dzienne zalecane spożycie (norma RDA) na ten pierwiastek zarówno dla kobiet, jak i mężczyzn, które wynosi odpowiednio 8 mg i 11 mg (JAROSZ 2017a).

Należy podkreślić, że dieta uboga w cynk, zwłaszcza w wieku rozwojowym, może skutkować niedostatecznym rozwojem gonad męskich, impotencją i pogorszeniem parametrów nasienia (JEZNACH-STEINHAGEN i CZERWONOGRODZKA-SENCZYNA 2013). Udowodniono, iż cynk wpływa także na prawidłowy proces owulacji i cykl menstruacyjny kobiety oraz metabolizm hormonów żeńskich. Jego niewystarczająca podaż może także prowadzić do nieprawidłowego kształtowania się płodu i przedwczesnego porodu (BOJANOWSKA i KOSTECKA 2018).

ZAGROŻENIA WYNIKAJĄCE ZE SPOŻYCIA RYB

Ryby i ich przetwory oraz owoce morza, podobnie jak inne produkty spożywcze, zawierają substancje niepożądane w żywieniu człowieka. Ich obecność wynika głównie z zanieczyszczenia środowiska wodnego, dlatego też ryby stanowią wskaźnik skażenia środowiska ich bytowania. Ryby i inne organizmy wodne są zdolne do kumulowania metali ciężkich, przede wszystkim rtęci, ołowiu, kadmu i arsenu. Są to nie tylko pierwiastki toksyczne, ale wpływają one również niekorzystnie na przyswajalność składników mineralnych niezbędnych dla organizmu człowieka, takich jak magnez, żelazo, cynk, miedź, selen.

METYLORTEĆ

Rtęć może występować w środowisku w postaci elementarnej oraz połączeń nieorga-

nicznych i organicznych, przy czym te drugie charakteryzują się największą toksycnością. Do głównych źródeł narażenia człowieka na organiczne związki rtęci należy żywność pochodzenia morskiego, w tym ryby i owoce morza (EFSA 2004a).

Szacuje się, że 75-95% rtęci w rybach i owocach morza ma formę metylortęci (MeHg). Stężenie jej w rybach jest bardzo zróżnicowane i zależy od wielu czynników. Ważny jest aspekt geograficzny związany z obszarem bytowania określonego gatunku ryby i jakością dostępnego pokarmu, jak również czynnik biologiczny wynikający z cech gatunkowych, takich jak wielkość organizmu i ilość tkanki mięśniowej oraz mechanizm wchłaniania. Duże drapieżne ryby, takie jak miecznik, rekin czy tuńczyk, gromadzą większe ilości metylortęci w związku z dużym spożyciem wynikającym z długiego okresu życia (KOT i współaut. 2016). Metylortęć, która dostaje się do organizmu człowieka głównie z pożywieniem w wyniku spożywania ryb i ich przetworów, jest szczególnie niebezpieczna dla kobiet ciężarnych oraz małych dzieci. Okres połowicznego wydalania tej silnej neurotoksyny, w porównaniu do nieorganicznych związków rtęci, jest dwukrotnie dłuższy i wynosi ponad 70 dni (CHMIELNICKA 2005). Głównymi miejscami kumulacji rtęci w organizmie człowieka jest kora mózgowa i mózdzek (KOT i współaut. 2016). W przypadku kobiet w ciąży metylortęć z łatwością przenika barierę krew-łożysko i gromadząc się w mózgu płodu, uszkadzając przede wszystkim ośrodkowy układ nerwowy. Przy dużych dawkach metylortęć powoduje bardziej rozległe uszkodzenia, podobne do objawów porażenia mózgowego (MANIA i współaut. 2012). Zawartość MeHg w krwinkach płodu jest o około 30% większa niż w krwinkach matek (CHMIELNICKA 2005). Nawet stosunkowo małe ilości dostające się do płodu w czasie ciąży mogą powodować u dzieci poważne zaburzenia w chodzeniu, mówieniu, słyszeniu czy pisaniu. Zauważono również korelację pomiędzy masą urodzeniową dziecka a stężeniem rtęci we krwi pępowinowej oraz łożysku i błonie płodowej (SUPREWICZ i KOZIKOWSKA 2014). Ponadto, niemowlęta mogą być narażone na działanie metylortęci w wyniku karmienia piersią. Environmental Protection Agency (EPA) w USA szacuje, że na świecie około 7 milionów kobiet i dzieci regularnie spożywa ryby zanieczyszczone metylortęcią powyżej poziomu uznawanego za bezpieczny (LEŚNIEWSKA i współaut. 2009).

Niektórzy badacze sugerują, że związki rtęci wpływają na powstawanie lub zaostrzenie objawów stwardnienia rozsianego, stwardnienia zanikowego bocznego, choroby Alzheimera i choroby Parkinsona (CLARKSON

i współaut. 2003). Dyskusyjnym wciąż jest powiązanie zatrucia rtęcią i jej związkami a występowaniem autyzmu dziecięcego (PALMER i współaut. 2009).

Eksperci Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA 2012a) oraz Wspólnego Komitetu Ekspertów FAO/WHO ds. Dodatków do Żywności wydali opinię dotyczącą występowania rtęci w żywności i zatwierdzili tolerowane tygodniowe pobranie (ang. tolerable weekly intake, TWI) na poziomie 4,0 µg/ kg masy ciała/tydzień dla związków nieorganicznych rtęci oraz nie więcej niż 1,3 µg/ kg masy ciała/tydzień dla metylortęci (EFSA 2012a).

Maksymalne dopuszczalne poziomy metali ciężkich w żywności zostały opublikowane w Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1881/2006 z późniejszymi zmianami. Najwyższy dopuszczalny poziom rtęci ustalono jedynie dla ryb i produktów rybołówstwa w zakresie od 0,5 do 1,0 mg/kg świeżej masy (w zależności od gatunku) oraz suplementów diety 0,1 mg/kg (ROZPORZĄDZENIE 1881, 2006).

KADM

Kadm wykazuje działanie mutagenne, genotoksyczne i rakotwórcze (MARTYNOWICZ i SKOCZYŃSKA 2004). Zatrucia ostre dużymi dawkami kadmu zdarzają się rzadko, natomiast zatrucia przewlekłe prowadzą do zaburzeń układu pokarmowego, oddechowego, nerwowego i krążenia krwi. Pierwiastek ten gromadzi się głównie w wątrobie i nerkach (KREJPCIO i KRÓL 2014). Wyniki kilkuletnich badań monitoringowych prowadzonych zarówno w Polsce, jak i w innych krajach Unii Europejskiej wykazują coraz wyższe zanieczyszczenie kadmem glonów morskich, ryb i owoców morza. Jednak uwzględniając spożycie poszczególnych grup produktów, największy udział w całkowitym pobraniu kadmu z żywnością mają zboża i produkty zbożowe, warzywa oraz ziemniaki (WOJCIECHOWSKA-MAZUREK i współaut. 2010). Na początku 2009 r. Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności określił wartość tolerowanego tygodniowego pobrania kadmu na poziomie 2,5 µg/kg masy ciała/tydzień. Wartość ta jest 2,8 razy niższa od wartości tymczasowego tolerowanego tygodniowego pobrania (ang. provisional tolerable weekly intake PTWI) ustalonej w 1988 r. i potwierdzonej w 2005 r. przez Wspólny Komitet Ekspertów FAO/WHO ds. Dodatków do Żywności, wynoszącej 7 µg/kg masy ciała/tydzień (EFSA 2009). Zgodnie z obowiązującym ustawodawstwem najwyższy dopuszczalny poziom kadmu wynosi 0,05 mg/kg dla mięsa (z wyłączeniem podrobów); 0,2 mg/kg dla warzyw liściastych, otrębów, ryżu i nasion soi; od 0,05

mg/kg do 0,3 mg/kg dla ryb w zależności od gatunku; oraz od 0,5 mg/kg do 1,0 mg/kg dla owoców morza (ROZPORZĄDZENIE 1881/2006).

RODZINA DIOKSYN

Rodzina dioksyn to duża grupa związków organicznych z grupy polichlorowanych węglowodorów. Powstają jako przemysłowe produkty uboczne m.in. podczas spalania, przy niedostatecznym dopływie tlenu, komunalnych i przemysłowych odpadów zawierających chlor, podczas pożarów lasów, spalania olejów napędowych zawierających chlor oraz w zwykłych paleniskach domowych. Dioksyny są stosunkowo trwałe, dobrze rozpuszczają się w tłuszczach, natomiast słabo w wodzie. Występują powszechnie w środowisku naturalnym i odznaczają się wysoką zdolnością do kumulacji w łańcuchu pokarmowym. Przedostają się do środowiska wodnego głównie z atmosfery oraz ze ściekami podczas m. in. produkcji papieru i celulozy, w której wykorzystywane są chloroorganiczne związki aromatyczne. Kumulują się w osadach dennych i stąd dostają się do organizmów ryb. Dioksyny są obecne w rybach i przetworach rybnych w większych stężeniach niż w innych produktach żywnościowych.

Dioksyny są substancjami silnie toksycznymi, osłabiają układ odpornościowy, zaburzają gospodarkę hormonalną, wykazują działanie mutagenne, kancerogenne i teratogenne (KREJPCIO i KRÓL 2014). Zawartość dioksyn w żywności jest także regulowana przez Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1259 (ROZPORZĄDZENIE 1259/2011) zmieniające rozporządzenie nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów w środkach spożywczych dioksyn, polichlorowanych bifenyli o działaniu podobnym do dioksyn i polichlorowanych bifenyli o działaniu niepodobnym do dioksyn. Wyniki raportu z 2017 r. badań kontrolnych (przeprowadzonych przez Krajowe Laboratorium Referencyjne ds. Dioksyn, Zakład Radiobiologii PIWet-PIB, Puławy) dotyczących stężeń dioksyn, furanów, dioksyopodobnych polichlorowanych bifenyli (PCB) i niedioksyopodobnych PCB w tkankach zwierząt i w produktach pochodzenia zwierzęcego, wykazały niskie, nieprzekraczające zawartości dopuszczalnych (w tym w rybach bałtyckich oraz z akwakultury) stężenia tych związków, a tym samym niestanowiące ryzyka dla zdrowia ludzi (PIWET-PIB 2018).

W 2018 r. Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) wyznaczył nowy poziom dopuszczalnego tygodniowego spożycia (TWI) dioksyn i dioksynopochodnych

PCB obecnych w żywności równy 2 pg/kg masy ciała. Jest on siedem razy niższy od dotychczasowego unijnego limitu ustalonego przez Komitet Naukowy ds. Żywności Komisji Europejskiej w 2001 r. (EFSA 2018).

POLICHLOROWANE BIFENYLE

Polichlorowane bifenyli (PCB) obejmują około 200 związków, z których część wykazuje zbliżone do dioksyn działanie toksyczne. Związki te powstają podczas pożarów lasów, spalania materii organicznej i odpadów oraz uwalniają się do środowiska ze zużytych urządzeń termicznych, m.in. kondensatorów i transformatorów. Do środowiska wodnego PCB przedostają się głównie ze ściekami przemysłowymi i komunalnymi z obszarów zanieczyszczonych, z opadami atmosferycznymi oraz z farbami używanymi do malowania statków i łodzi. Wiele z nich deponuje się w mułach i osadach dennych (ROSIŃSKA i DĄBROWSKA 2011). PCB, podobnie jak dioksyny, są dobrze rozpuszczalne w tłuszczach i mają zdolność kumulacji we wszystkich ogniwach łańcucha pokarmowego. Do głównych źródeł PCB w diecie należą produkty zwierzęce (ryby, mięso, mleko), których udział w całkowitym pobraniu stanowi nawet 90%. Na uwagę zasługują ryby morskie i słodkowodne, które zawierają znacznie wyższe stężenia tych związków niż inne grupy produktów spożywczych. Ich zawartość w produktach jest ściśle związana ze skażeniem środowiska naturalnego.

W Polsce już od ponad 40 lat Państwowy Instytut Weterynaryjny w Puławach prowadzi regularnie badania zawartości PCB w tkankach zwierząt i żywności pochodzenia zwierzęcego. Przeciętne pobranie tych związków z dietą w krajach Unii Europejskiej nie przekracza dopuszczalnych poziomów, regulowanych przez Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1259/2011 z dnia 2 grudnia 2011r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów w środkach spożywczych dioksyn, polichlorowanych bifenyli o działaniu podobnym do dioksyn i polichlorowanych bifenyli o działaniu niepodobnym do dioksyn (KREJPCIO i KRÓL 2014). NIEWIADOWSKA i współaut. (2012) stwierdzili obecność PCB we wszystkich badanych próbach ryb pochodzących z polskich obszarów połowowych Morza Bałtyckiego. Jednak oznaczone stężenia tych związków nie stanowiły zagrożenia dla zdrowia konsumentów, ponieważ były niższe od dopuszczalnych i uznanych za bezpieczne.

WIELOPIERŚCIENIOWE WĘGLOWODORY AROMATYCZNE (WWA)

Jest to duża grupa związków, do których zalicza się m.in. benzo[a]piren (BaP), benzo[a]antracen, naftalen i chryzen. Związki te powstają w procesach termicznego rozkładu materii organicznej. Wykazują zdolność do kumulacji w organizmie człowieka, a wiele z nich ma działanie genotoksyczne, mutagenne i rakotwórcze. Do żywności WWA przenikają z powietrza, gleby i wody, a także mogą powstawać w procesach termicznej jej obróbki, podczas pieczenia, smażenia, grillowania oraz wędzenia. Szczególnie niekorzystne jest grillowanie lub wędzenie produktów bezpośrednio nad płomieniem lub żarem, kiedy ściekający tłuszcz ulega degradacji, a powstałe WWA osadzają się na produkcie (KREJPCIO i KRÓL 2014). Ponadto, ryby mogą być narażone na obecność tych związków w wodzie i osadach dennych (PIETRZAK-FIEĆKO i współaut. 2015).

Największy udział w dostarczaniu WWA mają produkty pochodzenia zwierzęcego bogate w tłuszcz (mięso i ryby) oraz oleje roślinne. Przeciętne pobranie związków z grupy WWA w krajach UE nie przekracza dopuszczalnych poziomów (KREJPCIO i KRÓL 2014).

Od 1 września 2014 r. obowiązują nowe najwyższe dopuszczalne poziomy benzo[a]pirenu oraz sumy benzo[a]pirenu, chryzenu, benzo[a]-antracenu i benzo[b]fluorantenu w produktach spożywczych – wynoszą one odpowiednio 2,0 i 12,0 µg/kg dla ryb wędzonych oraz 5,0 i 30,0 µg/kg dla szprot wędzonych (ROZPORZĄDZENIE 835, 2011).

Stosowane w ostatnim okresie kontrolowane sposoby wędzenia doprowadziły do zmniejszenia ilości benzo[a]pirenu w rybach wędzonych. Według badań PIETRZAK-FIEĆKO i współaut. (2015) największą średnią zawartość BaP stwierdzono w mięsie karpia (1,03 µg/kg) i sielawy (0,85 µg/kg). Średnia zawartość sumy czterech wskaźnikowych WWA była zróżnicowana i mieściła się w zakresie od 2,73 µg/kg mięsa pstrąga do 8,32 µg/kg mięsa karpia. W żadnej z analizowanych próbek mięsa pstrąga, karpia, sielawy i węgorza nie zostały przekroczone obowiązujące najwyższe dopuszczalne poziomy zawartości WWA w środkach spożywczych.

ZANIECZYSZCZENIA RYB STWIERDZANE W RAMACH SYSTEMU RASFF

W ostatnich latach w ramach systemu wczesnego ostrzegania o niebezpieczeństwie pochodzącym z żywności lub pasz (ang. rapid alert system for food and feed, RASFF)

systematycznie rośnie liczba powiadomień alarmowych dla produktów rybołówstwa. W 2017 r. odnotowano 135 takich powiadomień (RASFF 2018). Przyczyny powiadomień w przypadku ryb i ich przetworów są różne, jednak największe zagrożenie stanowi wysoki poziom metali ciężkich (63% ogółu powiadomień), w tym głównie rtęci i jej najbardziej toksycznej formy metylortęci oraz w mniejszym stopniu kadmu. Na kolejnym miejscu znajdują się drobnoustroje chorobotwórcze (19% powiadomień) i zanieczyszczenia biologiczne (15%). Jedną z powtarzających się przyczyn powiadomień w systemie RASFF było wykrycie w produktach zbyt dużych ilości histaminy. Związek ten powstaje na skutek psucia się mięsa ryb w drodze przemian histydyny, aminokwasu obecnego w dużych ilościach zwłaszcza w rybach śledziowatych, makrełowatych, tuńczykowatych i łososiowatych (GAWECKI i WOŹNIEWICZ 2010). Im wyższa temperatura, tym szybciej zachodzi proces, więc aby go opóźnić ryby i ich przetwory powinny być przechowywane w warunkach chłodniczych (FAO/WHO 2012).

PODSUMOWANIE

Ryby, przetwory rybne i owoce morza są produktami bogatymi w wielonienasycone kwasy tłuszczowe n-3, pełnowartościowe białko oraz jod, selen i fluor, a także witaminę D. Mimo występującego ryzyka związanego ze spożyciem ryb, przetworów rybnych i owoców morza, spowodowanego zanieczyszczeniem tych produktów metylortęcią i dioksynami, korzyści zdrowotne wynikające z ich umiarkowanego spożycia przewyższają ryzyko.

Streszczenie

Ryby i owoce morza są ważnym elementem prawidłowo zbilansowanej diety, na każdym etapie rozwoju i życia człowieka. Spożywanie ryb co najmniej 2 razy w tygodniu zalecane jest przez żywieniowców na całym świecie w celu profilaktyki choroby niedokrwiennej serca i nowotworów. Jednak ze względu na istnienie ryzyka zanieczyszczenia tych produktów m.in. metylortęcią i dioksynami, dla grup wrażliwych (kobiet w ciąży, karmiących piersią oraz dzieci) wprowadzono pewne ograniczenia ich spożycia. Jednocześnie podkreśla się, że korzyści zdrowotne wynikające ze spożycia umiarkowanych ilości ryb przez kobiety w ciąży przewyższają ryzyko. W wielu krajach podjęto działania edukacyjne w zakresie zaleceń żywieniowych, dotyczące ograniczenia spożycia określonych gatunków ryb morskich ze względu na zawartość w nich metylortęci. Istotną wydaje się być edukacja kobiet ciężarnych, karmiących piersią oraz w wieku rozrodczym dotycząca spożycia ryb, ich wartości odżywczej oraz wyboru odpowiednich gatunków.

LITERATURA

BEST K. P., GOLD M., KENNEDY D., MARTIN J., MAKRIDES M., 2016. *Omega-3 long-chain PUFA*

- intake during pregnancy and allergic disease outcomes in the offspring: a systematic review and meta-analysis of observational studies and randomized controlled trials. *Am. J. Clin. Nutr.* 103, 128-143.
- BOJANOWSKA M., KOSTECKA M., 2018. *Dieta i styl życia jako czynniki wpływające na płodność*. Kosmos 67, 425-439.
- BORUCKA I., WIECZOREK C., 2003. *Ryby i bezkręgowce morskie w technologii gastronomicznej*. [W:] *Podstawy technologii gastronomicznej*. ZAŁEWSKI S. (red.). Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa, 178-181.
- BRASKY T. M., RODABOUGH R. J., LIU J., KURTA M. L., WISE L. A., ORCHARD T. S., COHN D. E., BELURY M. A., WHITE E., MANSON J. E., NEUHOUSER M. L., 2015. *Long-chain ω -3 fatty acid intake and endometrial cancer risk in the Women's Health Initiative*. *Am. J. Clin. Nutr.* 101, 824-834.
- BYKOWSKI P., 2011. *Żywność pochodzenia morskogo korzyści dla zdrowia konsumenta*. *Przem. Spoż.* 12, 31-33.
- CARLSON S. E., COLOMBO J., GAJEWSKI B. J., GUSTAFSON K. M., MUNDY D., YEAST J., GEORGIEFF M. K., MARKLEY L. A., KERLING E. H., SHADY D. J., 2013. *DHA supplementation and pregnancy outcomes*. *Am. J. Clin. Nutr.* 97, 808-815.
- CHMIELNICKA J., 2005. *Toksyczność metali i półmetali (metaloidów)*. [W:] *Toksykologia współczesna*. SEŃCZUK W. (red.). Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa, 360-446.
- CLARKSON T. W., MAGOS L., MYERS G. J., 2003. *The toxicology of mercury – current exposures and clinical manifestations*. *N. Engl. J. Med.* 349, 1731-1737.
- COOPER R. E., TYE C., KUNTSI J., VASSOS E., ASHERSON P., 2016. *The effect of omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on emotional dysregulation, oppositional behaviour and conduct problems in ADHD: A systematic review and meta-analysis*. *J. Affect. Disord.* 190, 474-482.
- EFSA, 2004a. *Scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to mercury and methylmercury in food*. *EFSA J.* 34, 1-14.
- EFSA, 2004b. *Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the presence of trans fatty acids in foods and the effect on human health of the consumption of trans fatty acids*. *EFSA J.* 81, 1-49.
- EFSA, 2008. *Scientific opinion DHA and ARA and development of brain and eyes - Scientific substantiation of a health claim related to Docosahexaenoic Acid (DHA) and Arachidonic Acid (ARA) and support of the neural development of the brain and eyes pursuant to Article 14 of Regulation (EC)*. *EFSA J.* 794, 1-11.
- EFSA, 2009. *Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium in food*. *EFSA J.* 980, 1-139.
- EFSA, 2010. *Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol*. *EFSA J.* 8, 1461.
- EFSA, 2012a. *Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food*. *EFSA J.* 10, 1-241.
- EFSA, 2012b. *Scientific Opinion on the Tolerable Upper Intake Level of eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA) and docosapentaenoic acid (DPA)*. *EFSA J.* 10, 7, 2815.
- EFSA, 2014. *Scientific Opinion on the essential composition of infant and follow-on formulae*. *EFSA J.* 12, 7, 3760.
- EFSA, 2018. *Scientific Opinion on the risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in feed and food*. *EFSA J.* 16, 11, 5333.
- ESC/EAS, 2016. *Guidelines for the management of dyslipidaemias: The task force for the management of dyslipidaemias of the European Society of Cardiology (ESC) and European Atherosclerosis Society (EAS)*. *Atherosclerosis* 253, 281-344.
- FAO, 2010. *Fats and fatty acids in human nutrition*. Report of an expert consultation. Rome.
- FAO, 2015. *Consumption of fisheries and aquaculture products*. https://ec.europa.eu/fisheries/6-consumption_en.
- FAO/WHO, 1991. *Protein quality evaluation*. Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation. FAO Food and Nutrition Paper 51. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO/WHO, 2012. *Public Health Risks of Histamine and other Biogenic Amines from Fish and Fishery Products*.
- FDA, 2017. *Eating fish: What pregnant women and parents should know*. <https://www.fda.gov/food/resourcesforyou/consumers/ucm393070.htm>
- FSANZ, 2011. *Mercury in fish*. http://www.foodstandards.gov.au/consumer/chemicals/mercury/documents/mercury_in_fish_brochure_lowres.pdf.
- GALANT K., BARG E., KAZANOWSKA B., 2016. *Witamina D a choroby metaboliczne, autoimmunologiczne i nowotworowe*. *Pediatr. Endocrinol. Diabetes Metab.* 1, 31-37.
- GAWIECKI J., WOŹNIEWICZ M., 2010. *Produkty spożywcze jako źródło składników odżywczych*. [W:] *Żywność człowieka. Podstawy nauk o żywieniu*. GAWIECKI J. (red.). Wyd. PWN, Warszawa, 339-366.
- GROSSO G., MICEK A., MARVENTANO S., CASTELLANO S., MISTRETTA A., PAJAK A., GALVANO F., 2016. *Dietary n-3 PUFA, fish consumption and depression: A systematic review and meta-analysis of observational studies*. *J. Affect. Disord.* 205, 269-281.
- HE K., SONG Y., DAVIGLUS M. L., LIU K., VAN HORN L., DYER A. R., GOLDBOURT U., GREENLAND P., 2004. *Fish consumption and incidence of stroke: a meta-analysis of cohort studies*. *Stroke* 35, 1538-1542.
- HEATH J. C., BANNA K. M., REED M. N., PESEK E. F., COLE N., LI J., NEWLAND M. C., 2010. *Dietary selenium protects against selected signs of aging and methylmercury exposure*. *Neurotoxicology* 31, 169-179.
- HIBBELN J. R., FERGUSON T. A., BLASBALG T. L., 2006. *Omega-3 fatty acid deficiencies in neurodevelopment, aggression and autonomic dysregulation: opportunities for intervention*. *Int. Rev. Psychiatry.* 18, 107-118.
- HIBBELN J. R., DAVIS J. M., STEER C., EMMETT P., ROGERS I., WILLIAMS C., GOLDING J., 2007. *Maternal seafood consumption in pregnancy and neurodevelopmental outcomes in childhood (ALSPAC study): an observational cohort study*. *Lancet* 369, 578-585.
- IERIGŻ-PIB, 2018. *Rynek ryb stan i perspektywy*. IERIGŻ-PIB, MIR-PIB, ARR, MRWiR, Warszawa, 29.

- JAROSZ M., 2016. *Piramida zdrowego żywienia i aktywności fizycznej dla osób dorosłych*. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa, 1-9.
- JAROSZ M., 2017a. *Normy żywienia dla populacji Polski*. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa.
- JAROSZ M., 2017b. *Piramida zdrowego żywienia i aktywności fizycznej dla osób w wieku starszym*. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa, 1-12.
- JAROSZ M., 2019. *Piramida zdrowego żywienia i stylu życia dla dzieci i młodzieży*. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa, 1-12.
- JĘDRUSEK-GOLIŃSKA A., 2014. *Alergie i nietolerancje pokarmowe*. [W:] *Bezpieczeństwo żywności i żywienia*. GAWĘCKI J., KREJPCIO Z. (red.). Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań, 97-110.
- JEZNACH-STEINHAGEN A., CZERWONOGRODZKA-SEN-CZYNA A., 2013. *Postępowanie dietetyczne jako element leczenia zaburzeń płodności u mężczyzn z obniżoną jakością nasienia*. *Endokrynol. Otyłość* 9, 14-19.
- KANTOR E. D., LAMPE J. W., PETERS U., VAUGHAN T. L., WHITE E., 2014. *Long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acid intake and risk of colorectal cancer*. *Nutr. Cancer* 66, 716-727.
- KHAN F., ORSON F., OGAWA Y., PARKER C., DAVIS C. M., 2011. *Adult seafood allergy in the Texas medical Center: A 13-year experience*. *Allergy Rhinol.* 2, 71-77.
- KOŁAKOWSKA A., KOŁAKOWSKI E., 2001. *Szczególne właściwości żywieniowe ryb*. *Przem. Spoż.* 6, 10-13.
- KOT K., KOSIK-BOGACKA D., ŁANOCHA-ARENDARCZYK N., CIOSEK Ż., 2016. *Wpływ związków rtęci na organizm człowieka*. *Farm. Współcz.* 9, 210-216.
- KREJPCIO Z., KRÓL E., 2014. *Chemiczne i fizyczne zanieczyszczenia żywności oraz substancje dodatkowe*. [W:] *Bezpieczeństwo żywności i żywienia*. GAWĘCKI J., KREJPCIO Z. (red.). Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań, 35-62.
- KUNACHOWICZ H., PRZYGODA B., NADOLNA I., IWANOW K., 2017. *Tabele składu i wartości odżywczej żywności*. Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa.
- LANDS B., 2016. *Benefit-risk assessment of fish oil in preventing cardiovascular disease*. *Drug Saf.* 39, 787-799.
- LEŚNIEWSKA E., SZYŃKOWSKA M. I., PARYJCZAK T., 2009. *Główne źródła rtęci w organizmach ludzi nie narażonych zawodowo*. *Rocz. Ochr. Środ.* 11, 403-419.
- LOPATA A. L., O'HEHIR R. E., LEHRER S. B., 2010. *Shellfish allergy*. *Clin. Exp. Allergy* 40, 850-858.
- MALESA-CIEĆWIERZ M., USYDUS Z., 2015. *Vitamin D: can fish food-based solutions be used for reduction of vitamin D deficiency in Poland?* *Nutrition* 31, 187-192.
- MANIA M., WOJCIECHOWSKA-MAZUREK M., STARSKA K., REBENIAK M., POSTUPOLSKI J., 2012. *Ryby i owoce morza jako źródło narażenia człowieka na metylortęć*. *Rocz. Państw. Zakł. Hig.* 63, 257-264.
- MARKHUS M. W., SKOTHEIM S., GRAFF I. E., FRØYLAND L., BRAARUD H. C., STORMARK K. M., MALDE M. K., 2013. *Low omega-3 index in pregnancy is a possible biological risk factor for postpartum depression*. *PLoS One* 8, e67617.
- MARTYNOWICZ H., SKOCZYŃSKA A., 2004. *Toksyczność kadmu. Kadm i nadciśnienie tętnicze*. *Pol. Arch. Med. Wew.* 2, 243-248.
- MOHAJERI M. H., TROESCH B., WEBER P., 2015. *Inadequate supply of vitamins and DHA in the elderly: implications for brain aging and Alzheimer-type dementia*. *Nutrition* 31, 261-275.
- MOJSKA H., KŁOSIEWICZ-LATOSZEK L., JASIŃSKA-MELON E., GIELECIŃSKA I., 2017. *Kwasy omega-3*. [W:] *Normy żywienia dla populacji Polski*. JAROSZ M. (red.). Wyd. IŻŻ, Warszawa, 76-91.
- NAFSTAD P., NYSTAD W., MAGNUS P., JAAKKOLA J. J., 2003. *Asthma and allergic rhinitis at 4 years of age in relation to fish consumption in infancy*. *J. Asthma* 40, 343-348.
- NIEMIADOWSKA A., KILJANEK T., SEMENIUK S., ŻMUDZKI J., 2012. *Zawartość pestycydów chloroorganicznych i kongenerów polichlorowanych bifenyli w rybach bałtyckich*. *Med. Wet.* 68, 114-118.
- PALMER R. F., BLANCHARD S., WOOD R., 2009. *Proximity to point sources of environmental mercury release as a predictor of autism prevalence*. *Health Place* 15, 18-24.
- PARKER G., HEGARTY B., GRANVILLE-SMITH I., HO J., PATERSON A., GOKIERT A., HADZI-PAVLOVIC D., 2015. *Is essential fatty acid status in late pregnancy predictive of post-natal depression?* *Acta Psychiatr. Scand.* 131, 148-156.
- PAWLIK D., LAUTERBACH R., WALCZAK M., HURKALA J., 2011. *Docosahexaenoic acid (DHA) concentration in very low birth weight newborns receiving a fish-oil based fat emulsion from the first day of life*. Preliminary clinical observation. *Med. Wieku Rozw.* 15, 312-317.
- PIETRZAK-FIECKO R., PAROL J., KUBIAK M.S., 2015. *Porównanie zawartości wielopięścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w wędzonych tradycyjnie rybach słodkowodnych*. *Nauka Przyr. Technol.* 9, 3, 1-9.
- PIWET-PIB, 2018. *Raport z badań kontrolnych dioksyn, furanów, dioksypodobnych polichlorowanych bifenyli (dl-PCB) i niedioksypodobnych PCB (ndl-PCB) u zwierząt i w produktach pochodzenia zwierzęcego przeprowadzonych w 2017r.* Państwowy Instytut Weterynaryjny – Państwowy Instytut Badawczy Zakład Radiobiologii, Puławy, 1-24.
- POLAK-JUSZCZAK L., 2008. *Zawartość składników mineralnych w rybach wędzonych*. *Rocz. Państw. Zakł. Hig.* 59, 187-196.
- POLAK-JUSZCZAK L., ADAMCZYK M., 2009. *Jakość i skład aminokwasowy białka ryb z zalewu Wiślanego*. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 3, 75-83.
- POLAK-JUSZCZAK L., USYDUS Z., 2006. *Makro i mikroelementy w konserwach ze szprotów*. *Rocz. Państw. Zakł. Hig.* 57, 347-354.
- RASFF, 2018. *The Rapid Alert System for Food and Feed Annual Report 2017*. European Union, Luxembourg, 1-58.
- REES A., SIROIS S., WEARDEN A., 2014. *Maternal docosahexaenoic acid intake levels during pregnancy and infant performance on a novel object search task at 22 months*. *Child Dev.* 85, 2131-2139.
- ROGACKA M., WASZCZUK-JANKOWSKA M., CIESIELSKI T., SZEFER P., 2003. *Owoce morza jako źródło mikro i makroelementów*. *Bromat. Chem. Toksykol.* 36 (Suppl.), 55-60.
- ROSIŃSKA A., DĄBROWSKA L., 2011. *PCB i metale ciężkie w wodzie i osadach dennych zbiornika Kozłowa Góra*. *Arch. Environ. Prot.* 37, 61-73.
- ROZPORZĄDZENIE 1881, 2006. *Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych*. *Dz. U. UE* nr L364/5 z

- dnia 20.12.2006 z późn. zm. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=cele-x:32006R1881>.
- ROZPORZĄDZENIE 835, 2011. *Rozporządzenie Komisji (UE) nr 835/2011 z dnia 19 sierpnia 2011 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 odnośnie do najwyższych dopuszczalnych poziomów wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w środkach spożywczych*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/ALL/?uri=CELEX:32011R0835>.
- ROZPORZĄDZENIE 1259, 2011. *Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1259/2011 z dnia 2 grudnia 2011 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów dioksyn, polichlorowanych bifenyli o działaniu podobnym do dioksyn i polichlorowanych bifenyli o działaniu niepodobnym do dioksyn w środkach spożywczych*. Dz. U. UE nr L 320 z dnia 3.12.2011 z późn. zm. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32011R1259>
- RUSIŃSKA A., PŁUDOWSKI P., WALCZAK M., BORSZEWSKA-KORNACKA M., BOSSOWSKI A., CHLEBNA-SOKÓŁ D., CZECH-KOWALSKA J., DOBRZAŃSKA A. i współaut., 2018. *Zasady suplementacji i leczenia witaminą D – nowelizacja 2018r*. Post. Neonatol. 1, 1-24.
- STEENWEG-DE GRAAFF J. C., TIEMEIER H., BASTEN M. G., RIJLAARSDAM J., DEMMELMAIR H., KOLETZKO B., HOFMAN A., JADDOE V. W., VERHULST F. C., ROZA S.J., 2015. *Maternal LC-PUFA status during pregnancy and child problem behavior: the Generation R Study*. Pediatr. Res. 77, 489-497.
- SUPREWICZ K., KOZIKOWSKA I., 2014. *Stężenie ręci w łożysku i błonie płodowej kobiet oraz we krwi pępowinowej a masą urodzeniową noworodków*. Episteme 22, 271-279.
- WAWRZYŃIAK A., MINCER-CHOJNACKA I., KALICKI B., LIPIŃSKA-OPALKA A., JOBS K., STELMASIAK A., 2015. *Pleiotropowe działanie witamin D i K*. Pediatr. Med. Rodz. 4, 374-381.
- WEKER H., DYLAĞ H., BARAŃSKA M., 2014. *Schemat żywienia dzieci w pierwszym roku życia*. Żywnienie niemowląt i małych dzieci. [W:] *Zasady postępowania w żywieniu zbiorowym*. WEKER H., BARAŃSKA M. (red.). Instytut Matki i Dziecka, Warszawa, 17-28.
- WOJCIECHOWSKA-MAZUREK M., MANIA M., STARSKA K., OPOKA M., 2010. *Kadm w środkach spożywczych – celowość obniżenia limitów*. Przem. Spoż. 64, 45-48.
- YURKO-MAURO K., ALEXANDER D. D., VAN ELSWYK M. E., 2015. *Docosahexaenoic acid and adult memory: A systematic review and meta-analysis*. PLoS One 10, e0120391.

KOSMOS Vol. 68, 2, 269–281, 2019

OLGA JANUSZKO, JOANNA KALUŻA

Department of Human Nutrition, Faculty of Human Nutrition and Consumer Sciences, Warsaw University of Life Sciences – SGGW, 159C Nowoursynowska Str., 02-766 Warszawa, E-mail: olga_januszko@sggw.pl

FISH AND FISH PRODUCTS IN HUMAN NUTRITION – ANALYSIS OF BENEFITS AND RISKS

Summary

Fish and seafood are important elements of a properly balanced diet at every stage of human development and life. Generally, consuming of fish at least twice a week is recommended by nutritionists in the world to prevent ischemic heart disease and cancer. However, due to the risk of contamination of these products by such compounds as methylmercury and dioxin, for vulnerable groups (pregnant women, breastfeeding mothers and children), some restrictions on their consumption were introduced. At the same time, it is emphasized that the health benefits of moderate fish consumption by pregnant women outweigh the risks. In many countries, educational activities have been undertaken regarding nutritional recommendations to limit the intake of certain marine fish species due to a high level of contamination by methylmercury. Education regarding fish consumption, their nutritional value and selection of appropriate species of pregnant women, breastfeeding and in childbearing age women seems to be very important.

Key words: consumption, dioxins, long chain polyunsaturated fatty acids, fish, methylmercury, nutritional value, seafood, vitamin D