

Ćwiczenie 5. Oszacowanie pobrania zanieczyszczeń z racją pokarmową i wybranymi potrawami

1. Wiadomości wprowadzające

Niekorzystne skutki zdrowotne wynikające z pobierania chemicznych zanieczyszczeń zawartych w żywności pojawiają się najczęściej po kilku miesiącach lub latach od ekspozycji organizmu na substancje szkodliwe. W celu oceny ryzyka wystąpienia niekorzystnych skutków zdrowotnych wynikających z narażenia na chemiczne zanieczyszczenia żywności należy określić wielkość pobrania substancji szkodliwych z żywnością. W tym celu stosuje się dwie metody:

- a) analizę chemiczną racji pokarmowej
- b) metodę szacunkową.

Do oszacowania pobrania zanieczyszczeń z żywnością niezbędne są dane dotyczące struktury spożycia produktów żywnościowych oraz zawartości w nich zanieczyszczeń. W zależności od celu badań, szacując pobranie poszczególnych zanieczyszczeń z żywnością można przyjąć jedno z trzech poziomów skażeń:

- a) najbardziej prawdopodobny (przy szacowaniu pobrania jednorazowego bądź przez krótki okres np. tydzień);
- b) średni (przy szacowaniu pobrania skażeń przez dłuższy okres);
- c) skrajnie wysoki - najczęściej 90 percentyl rozkładu stężeń lub średnia z 10% wyników o największej wartości (przy spożywaniu produktów z jednego źródła, gdy żywność pochodzi z terenów silnie uprzemysłowionych bądź jest wytwarzana i przechowywana w niewłaściwy sposób);

Aby określić stopień zagrożenia dla zdrowia człowieka, oszacowanie pobrania substancji szkodliwych porównuje się z odpowiednimi limitami spożycia – dopuszczalnym dziennym pobraniem ADI i tymczasowym tolerowanym tygodniowym pobraniem PTWI (dla pierwiastków toksycznych).

1.1. Główne źródła skażenia żywności metalami ciężkimi

1.1.1. Kadm (Cd)

W żywności najniższe ilości kadmu oznacza się w mięsie i mleku (0,01 mg Cd/kg), najwyższe zaś w produktach zbożowych, owocach morza i warzywach (1,00 mg Cd/kg). Wody pitne zawierają zwykle poniżej $5\mu\text{g}/\text{dm}^3$. Zawartość Cd, podobnie jak i innych metali ciężkich w pożywieniu zależy od jego ilości w wodzie, powietrzu i glebie. Duże ilości Cd gromadzą się w roślinach korzeniowych oraz w zbożach uprawianych na terenach silnie uprzemysłowionych. Niektóre rośliny kumulują go również w liściach (szpinak, sałata) bądź w nasionach (słonecznik, len).

Ilość Cd pobieranego z żywnością zależy od: postaci chemicznej, dawki, czasu narażenia, wieku, płci, a także składu diety, m.in. zawartości białka, błonnika, cynku, miedzi, wapnia i żelaza. Wykazano, że wraz ze wzrostem ilości błonnika w diecie maleje jego kumulacja w organizmie.

1.1.2. Ołów (Pb)

Pb do żywności pochodzenia roślinnego i zwierzęcego dostaje się ze skażonego środowiska. Zawartość tego metalu w roślinach zależy głównie od skażenia gleby i wody. Największe ilości Pb w roślinach jadalnych występuje głównie na terenach uprzemysłowionych. Duże ilości tego pierwiastka występują w produktach zbożowych i wyrobach cukierniczych (do 0,700 mg/kg), najmniejsze - w owocach oraz mleku i jego przetworach (0,0026 i 0,004 mg Pb/kg). W Polsce największe ilości Pb stwierdzano w ziemniakach oraz mleku krowim, dlatego te produkty powinny być pod stałą kontrolą sanitarno-epidemiologiczną.

Zawartość Pb w żywności wpływa na jego stężenie we krwi następująco: spożycie 1 kg pożywienia zawierającego 1 µg Pb powoduje wzrost stężenia tego pierwiastka we krwi średnio o 0,4 µg/l u ludzi dorosłych, a u dzieci aż o 1,6 µg/l. Ta sama zależność dotyczy wody pitnej, która ze względu na dobrą kontrolę sanitarno-epidemiologiczną nie stanowi jednak istotnego czynnika środowiskowego narażenia na Pb.

1.1.3. Arsen (As)

Ponad połowa związków As dostaje się do organizmu z wodą, a 35 – 40% z pożywieniem. W wielu krajach na świecie np. w Chinach, Korei, Tajwanie, Bangladeszu, Argentynie i Chile stężenie As w wodach gruntowych jest bardzo duże i uwarunkowane geologicznie. Przewlekłe narażenia na związki As może prowadzić do rozwoju nowotworów skóry, płuc, nerek, wątroby oraz pęcherza moczowego. W krajach europejskich As w wodzie występuje w znacznie niższych stężeniach. Dopuszczalna zawartość tego pierwiastka w wodzie przeznaczonej do spożycia w Polsce wynosi 0,010 mg/l.

W żywności pochodzenia zwierzęcego (z wyjątkiem ryb) As występuje w małych ilościach. Największe ilości As w całodziennej racji pokarmowej pochodzą z ryb i owoców morza oraz z wody pitnej.

1.1.4. Rtęć (Hg)

Najbardziej szkodliwe dla człowieka (zwłaszcza dla płodu i małych dzieci) są organiczne związki metylortęciowe, ponieważ uszkadzają m.in. ośrodkowy układ nerwowy. Mechanizm toksycznego działania Hg opiera się na hamowaniu aktywności wielu enzymów, ze względu na duże powinowactwo do grup - SH białek i błon komórkowych. Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA, European Food Safety Authority) stwierdził, że ilości Hg wykrywane w produktach żywnościowych innych niż ryby i owoce morza nie stanowią zagrożenia dla zdrowia człowieka, a ponadto pierwiastek ten występuje w nich zwykle w postaci innej niż metylortęć. W tkankach mięśni ryb ilości Hg mogą być bardzo duże – nawet milion razy wyższe niż jej stężenie w wodzie. Największe ilości Hg kumulują się w takich rybach jak tuńczyk czy miecznik. Przyjmuje się, że 75 – 95% Hg zawartej w rybach i owocach morza występuje w postaci metylortęci.

1.2. Dioksyny w żywności

Spośród produktów spożywczych, znaczny udział w narażeniu organizmu na zatrucie dioksynami ma mleko. Stwierdzono, że dioksyny zawarte w tym produkcie spożywczym mogą stanowić nawet do ok. 23% dziennej wartości równoważnika toksyczności (TEQ, Toxic Equivalents). Obecność dioksyn w mleku spożywczym wynika w głównej mierze z narażenia krów na te związki znajdujące się w skażonym środowisku. Inne przetwory mleczarskie, takie jak sery czy masło zawierają mniej dioksyn niż mleka. Źródło narażenia na dioksyny stanowi także konsumpcja ryb. Wg Światowej Organizacji Zdrowia (WHO, World Health Organization) spożycie ryb stanowi ok. 32% całkowitego dziennego pobrania dioksyn. Szczególnie dużo tych związków zawierają tłuste ryby: łosoś, śledź.

Produkty pochodzenia roślinnego zawierają bardzo mało dioksyn. Śladowa ich obecność w warzywach i owocach wynika najprawdopodobniej z niskiej zawartości tłuszczu. Również w wodzie stężenie tych substancji jest niewielkie. Dioksyny kumulują się natomiast w organizmach wodnych: skorupiakach, ślimakach, glonach i jak wspomniano wyżej – rybach.

1.3. Akrylamid w żywności

Akrylamid (2-propenamid, amid kwasu 2-propenowego (akrylowego) jest organicznym związkiem chemicznym należący do amidów. Akrylamid w żywności powstaje w wyniku reakcji zachodzącej między cukrami redukującymi – glukozą i fruktozą a aminokwasami, głównie asparaginą.

W badaniach prowadzonych w wielu krajach Europy stwierdzono, że przeciętna zawartość akrylamidu w żywności waha się w granicach od < 30 do > 3500 pg/kg. Najwięcej akrylamidu zawierają produkty pochodzenia roślinnego: przetwory ziemniaczane (frytki, smażone i pieczone ziemniaki, chipsy) i zbożowe (chleb, płatki śniadaniowe, różnego rodzaju musli), a także kawa i produkty czekoladowe, produkowane w wysokiej temperaturze. Szczególnie wysoka zawartość akrylamidu występuje w żywności o znikomej zawartości tłuszczów, bogatej w węglowodany i białka, poddanej smażeniu, pieczeniu lub ekstruzji w temperaturze powyżej 120°C .

W wielu krajach świata dopuszczalne zawartości akrylamidu w wodzie pitnej wynoszą $< 0,5$ pg/dm³, natomiast krajach UE w 2003 r. przyjęto, że dopuszczalna zawartość tego związku w wodzie do picia wynosi $< 0,1$ pg/dm³. Dawka NOAEL (najwyższa dawka nie wywołująca objawów szkodliwych) dla akrylamidu wynosi 0,5 mg/kg m.c.

2. Część praktyczna

2.1. Oszacowanie pobrania metali ciężkich z racją pokarmową

Celem ćwiczenia jest oszacowanie pobrania metali ciężkich z przykładową racją pokarmową dorosłej osoby oraz ocena w jakim stopniu ilość ta może być niebezpieczna dla zdrowia.

Przebieg ćwiczenia

Korzystając z załączonej tabeli należy określić średnie dzienne pobranie oraz 90 percentyl dziennego pobrania metali ciężkich z przykładową racją pokarmową. Następnie należy podać % wypełnienia PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake – tymczasowe tygodniowe dopuszczalne pobranie), przyjmując przeciętną masę ciała jako 70 kg.

PTWI Pb = 0,025 mg/kg m.c./tydz.

PTWI As = 0,015 mg/kg m.c./tydz.

PTWI Hg = 0,005 mg/kg m.c./tydz.

PTWI Cd = 0,007 mg/kg m.c./tydz.

Tabela 1. Oszacowanie pobrania metali ciężkich z wybranymi grupami produktów spożywczych

Produkty spożywcze	Średnie stężenie w produkcie [mg/kg świeżego produktu]				90 percentyl stężenia w produkcie [mg/kg świeżego produktu]			
	Pb	Cd	Hg	As	Pb	Cd	Hg	As
Pieczywo i produkty zbożowe	0,036	0,029	0,003	0,016	0,110	0,037	0,006	0,030
Mięso	0,024	0,002	0,002	0,002	0,038	0,003	0,004	0,004
Ryby i przetwory rybne	0,040	0,011	0,035	0,520	0,090	0,025	0,062	1,310
Mleko i przetwory	0,004	0,001	0,001	0,001	0,008	0,001	0,001	0,001
Sery	0,095	0,030	0,042	< 0,001	0,400	0,070	0,172	0,020
Jaja	0,024	0,020	0,01	0,001	0,072	0,05	0,016	0,003
Oleje i pozostałe tłuszcze	0,060	0,002	< 0,001	< 0,001	0,080	0,005	0,001	0,005
Owoce	0,026	0,003	0,002	0,017	0,006	0,007	0,005	0,027
Warzywa	0,040	0,012	0,003	0,021	0,100	0,032	0,006	0,042
Cukier, dżem i inne wyroby cukiernicze	0,048	0,011	0,002	0,018	0,112	0,029	0,005	0,030
Wody mineralne i źródlane	0,004	0,001	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001	0,002
Napoje bezalkoholowe	0,013	0,002	0,001	0,008	0,030	0,003	0,002	0,022

Przykład obliczeń:

I Śniadanie: Jajecznica z dwóch jaj (100 g) na maśle (15 g)

Chleb razowy (50 g)

Pomidor (50 g)

Herbata (250 g) z cukrem (10g)

Oszacowanie pobrania Pb ze śniadaniem:

Jaja (Jaja)

0,024 mg – 1000 g

x mg - 100 g

x = 0,0024 mg Pb

Masło (Mleko i przetwory):

0,004 – 1000 g

x - 15 g

x = 0,00006 mg Pb

Chleb razowy (Pieczywo i produkty zbożowe):

0,036 mg – 1000 g

x mg – 50 g

x = 0,0018 mg Pb

Pomidor (Warzywa):

0,040 mg – 1000 g

x mg – 50 g

x = 0,002 mg Pb

Herbata (Napoje bezalkoholowe):

0,013 mg – 1000 g

x mg – 250 g

x = 0,00325 mg Pb

Cukier (Cukier):

0,048 – 1000 g

x mg – 10 g

x = 0,00048 mg Pb

2.2. Oszacowanie pobrania dioksyn z wybranymi potrawami

Celem ćwiczenia jest oszacowanie pobrania dioksyn z wybranymi zestawami produktów

i ocena w jakim stopniu może ono stanowić zagrożenie dla zdrowia człowieka.

Przebieg ćwiczenia

Przyjmując najwyższe dopuszczalne zawartości sumy dioksyn wg Dziennika Urzędowego Unii Europejskiej, Rozporządzenia Komisji (WE) nr 199/2006 z dnia 3 lutego 2006 r., zmieniającego rozporządzenie (WE) nr 466/2001 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy dla niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych w odniesieniu do dioksyn i dioksynopodobnych PCB, L32/34, 4.02.2006 (tab. 3), należy obliczyć sumę zawartości dioksyn w wybranych potrawach. Obliczyć, jaki procent PTWI stanowi suma dioksyn, pobranych z powyższymi zestawami produktów.

PTWI dla dioksyn i dioksynopochodnych PCB = 14 pg/kg m. c./tydz. Obliczenia należy wykonać dla osoby o masie ciała 70 kg.

Tabela 3. Najwyższe dopuszczalne poziomy dioksyn w wybranych produktach spożywczych [Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1259/2011]

Produkty spożywcze	Suma dioksyn	Suma dioksyn i dioksynopodobnych PCB
Mięso i produkty mięsne:		
- przeżuwaczy: bydło, owce	2,5 pg/g tłuszczu	4,0 pg/g tłuszczu
- drobiu i dziczyzny hodowlanej	1,75 pg/g tłuszczu	3,0 pg/g tłuszczu
- świń	1,0 pg/g tłuszczu	1,25 pg/g tłuszczu
Wątroba i produkty pochodne	4,5 pg/g tłuszczu	10 pg/g tłuszczu
Mięso mięśni ryb i produktów rybołówstwa z wyjątkiem węgorza	3,5 pg/g tłuszczu	6,5 pg/g tłuszczu
Mięso mięśni węgorza	3,5 pg/g tłuszczu	10,0 pg/g tłuszczu
Mleko i przetwory mleczne, w tym tłuszcz maślany	2,5 pg/g tłuszczu	5,5 pg/g tłuszczu
Kurze jaja i produkty jajeczne	2,5 pg/g tłuszczu	5,0 pg/g tłuszczu
Oleje i tłuszcze:		
- tłuszcz zwierzęcy przeżuwaczy	2,5 pg/g tłuszczu	4,5 pg/g tłuszczu
- z drobiu i dziczyzny hodowlanej	1,75 pg/g tłuszczu	4,0 pg/g tłuszczu
- ze świń	1,0 pg/g tłuszczu	1,5 pg/g tłuszczu
- mieszany tłuszcz zwierzęcy	2,0 pg/g tłuszczu	3,0 pg/g tłuszczu
- olej roślinny i tłuszcze	0,75 pg/g tłuszczu	1,5 pg/g tłuszczu
- olej zwierząt morskich	2,0 pg/g tłuszczu	10,0 pg/g tłuszczu

Tabela 4. Przykładowa tabela do obliczeń

Zestaw produktów	Masa produktu (g)	Zawartość tłuszczu w 100 g produktu (g)	Zawartość tłuszczu w spożytym produkcie (g)	Najwyższy dopuszczalny poziom sumy dioksyn (pg/ g tłuszczu)	Zawartość dioksyn w spożytym tłuszczu z produktem (pg)
Wątroba	50	3,4	1,7	6	10,2
Olej roślinny	10	99,5	9,95	0,75	7,46
Ogółem:					22,9

22,9 pg dioksyn spożył człowiek o masie 60 kg.

22,9 pg - 60 kg

x pg - 1 kg

x = 0,38 pg/kg masy ciała

Dopuszczalne tygodniowe pobranie PWTI dla dioksyn wynosi 14 pg.

Dopuszczalne dzienne pobranie ADI - 14: 7 = 2 pg/ kg m.c./dzień.

2 pg/ kg m.c./dzień – 100%

0,38 pg/kg m.c. - x

x = 19%

2.3.Oszacowanie pobrania akrylamidu z racją pokarmową

Celem ćwiczenia jest oszacowanie pobrania akrylamidu z przykładową racją pokarmową i ocena w jakim stopniu może ono stanowić zagrożenie dla zdrowia.

Przebieg ćwiczenia

W oparciu o tabelę 2 należy określić dzienne pobranie akrylamidu z przykładową racją pokarmową przy średnim oraz skrajnym skażeniu produktów, a także podać % wypełnienia NOAEL przyjmując przeciętną masę ciała jako 70 kg.

Tabela 2. Zawartość akrylamidu w wybranych produktach spożywczych

PRODUKT SPOŻYWCZY	ZAWARTOŚĆ AKRYLAMIDU (µg/kg)
Chipsy ziemniaczane	50 - 3500
Pieczywo	30 - 162
Biszkopty, krakersy, tosty, przekąski	30 - 3200
Wyroby piekarnicze	50 - 450

Płatki śniadaniowe	30 - 1346
Chrupki ryżowe	110 -2400
Chrupki kukurydziane	34 - 416
Kawa	17 - 230
Piwo	<30
Kakao	<50-100
Mięso, drób	30 - 64
Ryby	30 - 39
Inne produkty	<30-60

Zakres wiadomości wymaganych do kolokwium wprowadzającego:

1. Występowanie metali ciężkich, dioksyn i akrylamidu w żywności
2. Wartości PTWI dla ołowiu, kadmu, arsenu, rtęci i dioksyn oraz wartość NOAEL dla akrylamidu

Opracowano na podstawie:

1. Biernat J. Orzeł D. (red.) Wybrane zagadnienia z toksykologii żywności. Wydawnictwo
2. Brzeski Z. Dioksyny i furany w środowisku i ich wpływ na organizm. Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu, 2011, 17(3), 161-164
3. Brzozowska A. Toksykologia żywności. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2010
4. Czeczot H.Skrzycki M. Kadm – pierwiastek całkowicie zbędny dla organizmu. Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej 2012, 64, 38-49
5. Krzywy I. Krzywy E. Pastuszek-Gabinowska M. Brodkiewicz A. Ołów – czy jest się czego obawiać? Roczniki Pomorskiej Akademii Medycznej w Szczecinie. 2010, 56, 118-128
6. Leśniewska E. Szykowska M. I. Paryjczak T. Główne źródła rtęci w organizmach ludzi nie narażonych zawodowo. Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska 2009, 11, 403 – 419
7. Szkoda J. Żmudzki J. Nawrocka A. Kmiecik M. Arsen w żywności zwierzęcego pochodzenia – ocena narażenia. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych. 2009, 41, 128 – 134
7. Tam I. Dieta jako źródło narażenia ludzi na działanie polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn (PCDD). Roczniki PZH, 1999, 50(3), 241 - 251