



**WYBRANE ZAGADNIENIA
Z EKOTOKSYKOLOGII, TOKSYKOLOGII
ŚRODOWISKA I TOKSYKOLOGII ŻYWNOSTCI.
MONOGRAFIA NAUKOWA**

Dr hab. n. med. Mateusz Maciejczyk

Dr n. biol. Ewa Żebrowska

Prof. dr hab. Małgorzata Żendzian-Piotrowska

Mateusz Maciejczyk, Ewa Żebrowska,
Małgorzata Żendzian-Piotrowska

**WYBRANE ZAGADNIENIA
Z EKOTOKSYKOLOGII, TOKSYKOLOGII
ŚRODOWISKA I TOKSYKOLOGII ŻYWNOSTCI.
MONOGRAFIA NAUKOWA**

Zakład Higieny, Epidemiologii i Ergonomii
Wydział Nauk o Zdrowiu
Uniwersytet Medyczny w Białymstoku

Białystok 2023

Recenzenci

Małgorzata Knaś, *Wydział Nauk o Zdrowiu, Państwowa Wyższa Szkoła
Informatyki i Przedsiębiorczości w Łomży*

Natalia Marcińczyk, *Zakład Biofarmacji, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku*

Elżbieta Supruniuk, *Zakład Fizjologii, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku*

ISBN – 978-83-67454-25-4

Wydanie II poprawione

Białystok 2023

Spis treści

1. Regulamin BHP zajęć laboratoryjnych	6
2. Podstawy toksykologii	7
2.1. Zagadnienia do przygotowania	7
2.2. Słowo wprowadzające	7
2.3. Część praktyczna	8
2.3.1. <i>Porównywanie toksyczności względnej substancji</i>	
2.3.2. <i>Obliczanie LD50 na podstawie danych doświadczalnych</i>	
2.3.2.1. <i>Obliczanie LD50 metodą Behrensa</i>	
2.3.2.2. <i>Obliczanie LD50 metodą Krabera</i>	
2.3.2.3. <i>Obliczanie LD50 metodą Thompsona</i>	
2.4. Pytania kontrolne	9
2.5. Literatura	10
3. Czym zajmuje się ekotoksykologia?	11
3.1. Zagadnienia do przygotowania	11
3.2. Słowo wprowadzające	11
3.3. Część praktyczna	12
3.3.1. <i>Biokoncentracja i bioakumulacja metali ciężkich</i>	12
3.4. Pytania kontrolne	20
3.5. Literatura	23
4. Losy ksenobiotyków w organizmie	24
4.1. Zagadnienia do przygotowania	24
4.2. Słowo wprowadzające	24
4.3. Część praktyczna	25
4.3.1. <i>Wchłanianie ksenobiotyku</i>	25
4.3.2. <i>Retencja ksenobiotyku</i>	25
4.4. Pytania kontrolne	26
4.5. Literatura	28
5. Człowiek i środowisko	41
5.1. Zagadnienia do przygotowania	41
5.2. Słowo wprowadzające	41
5.3. Część praktyczna	41
5.3.1. <i>Ocena jakości wody pitnej</i>	42
5.3.1.1. <i>Ocena zapachu wody</i>	43
5.3.1.2. <i>Ocena mętności wody</i>	
5.3.1.3. <i>Ocena pH wody</i>	
5.3.1.4. <i>Ocena twardości wody (węglanowej, niewęglanowej i ogólnej)</i>	
5.3.1.5. <i>Ocena zawartości chlorków metodą Mohra</i>	
5.3.1.6. <i>Ocena zawartości jonów amonowych metodą Nesslerera</i>	

5.3.1.7.	<i>Ocena przewodnictwa elektrolitycznego metodą konduktometryczną</i>	
5.3.2.	<i>Ocena jakości gleby</i>	
5.3.2.1.	<i>Pomiar pH gleby za pomocą kwasomierza glebowego</i>	
5.3.2.2.	<i>Pomiar pH gleby za pomocą pH-metru</i>	
5.3.2.3.	<i>Oznaczanie zawartości jonów ołowiu (II)</i>	
5.3.2.4.	<i>Oznaczanie zawartości próchnicy</i>	
5.3.2.5.	<i>Oznaczanie sumy kationów kwasowych metodą Kappena</i>	
5.3.2.6.	<i>Oznaczanie sumy zasad wymiennych metodą Kappena i całkowitej pojemności sorpcyjnej gleby</i>	
5.3.3.	<i>Kwaśne deszcze</i>	
5.3.3.1.	<i>Wpływ kwaśnych deszczy na zawartość chlorofilu</i>	
5.4.	Pytania kontrolne	48
5.5.	Literatura	51
6.	Toksykologia żywności	41
6.1.	Zagadnienia do przygotowania	41
6.2.	Słowo wprowadzające	41
6.3.	Część praktyczna	41
6.3.1.	<i>Oszacowanie pobrania metali ciężkich wraz z dietą</i>	
6.3.2.	<i>Oszacowanie pobrania dioksyn wraz z dietą</i>	
6.3.3.	<i>Oszacowanie pobrania wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych wraz z dietą</i>	
6.3.4.	<i>Pasożyty obecne w żywności</i>	
6.3.5.	<i>Identyfikacja barwników syntetycznych w produktach spożywczych</i>	
6.3.6.	<i>Wykrywanie kwasu benzoesowego oraz salicylowego w produktach owocowo-warzywnych</i>	
6.3.7.	<i>Wykrywanie obecności sacharyny w żywności</i>	
6.4.	Pytania kontrolne	48
6.5.	Literatura	49
7.	Wzór sprawozdania	50
8.	Literatura podstawowa	54
9.	Literatura uzupełniająca	55

1. Regulamin BHP zajęć laboratoryjnych

1. Studentom zabrania się:

- spożywania posiłków i napojów oraz palenia tytoniu w sali ćwiczeń,
- przeprowadzania jakichkolwiek doświadczeń niezwiązanych z tematyką ćwiczeń,
- wnoszenia i wnoszenia jakichkolwiek odczynników z sali i do sali ćwiczeń,
- wnoszenia z dygestorium stężonych kwasów i zasad,
- samodzielnego zapalania palników gazowych/spirytusowych.

2. Studentom nakazuje się:

- podczas przebywania w sali ćwiczeń nosić adekwatną odzież ochronną,
- natychmiast zawiadomić asystenta o zdarzeniu mogącym zagrozić zdrowiu i życiu studentów, a w razie zagrożenia pożarowego natychmiast zawiadomić asystenta, a następnie w razie potrzeby także straż pożarną,
- pracować wyłącznie pod wyciągiem, jeżeli w czasie pracy mogą wydzielać się lotne substancje toksyczne,
- zachować szczególną ostrożność podczas rozcieńczania stężonych kwasów oraz ogrzewania cieczy,
- natychmiast usunąć rozlany kwas lub zasadę przez wielokrotne zbieranie, w rękawicach ochronnych, zmoczoną ścierką,
- utrzymywać przydzielone miejsce pracy i otoczenie w czystości,
- usuwać odpady stałe, roztwory soli metali ciężkich i substancje organiczne do odpowiednich pojemników,
- myć ręce przed opuszczeniem laboratorium.

NIEPRZESTRZEGANIE POWYŻSZYCH ZASAD MOŻE SPOWODOWAĆ ZAGROŻENIE DLA ZDROWIA, A NAWET ŻYCIA I STWORZYĆ NIEBEZPIECZEŃSTWO DLA OTOCZENIA!

2. Podstawy toksykologii

2.1. Zagadnienia do przygotowania

- 2.1.1. Toksykologia jako nauka.
- 2.1.2. Dziedziny toksykologii.
- 2.1.3. Podstawowe pojęcia w toksykologii.
- 2.1.4. Czynniki wpływające na toksyczność trucizn.

2.2. Słowo wprowadzające

Toksykologia jest dziedziną nauki zajmującą się aktualnym lub potencjalnym niebezpieczeństwem związanym z działaniem substancji chemicznych (trucizn) na organizmy żywe oraz całe ekosystemy. Toksykologia jako interdyscyplinarna nauka o truciznach bada nie tylko mechanizmy ich działania, ale także opracowuje sposoby zapobiegania, rozpoznawania oraz leczenia zatruć. Współcześnie wyróżnia się następujące dziedziny toksykologii: toksykologię analityczną, toksykologię kliniczną, toksykologię środowiskową, ekotoksykologię, toksykologię żywności, toksykologię kosmetyków, nanotoksykologię, toksykologię sądową, toksykologię weterynaryjną oraz toksykologię sądową.

Pierwszą definicję trucizny sformułował Paracelsus. Według niego „wszystko jest trucizną i nic nie jest trucizną. Tylko dawka czyni, że dana substancja nie jest trucizną”. Współczesna definicja określa truciznę jako substancję chemiczną, która wprowadzona lub wytworzona w organizmie powoduje zaburzenia jego funkcjonowania lub śmierć. Toksyczność trucizny zależy od budowy cząsteczki oraz właściwości fizyko-chemicznych substancji toksycznej. Zależy ona również od szeregu aspektów biologicznych i środowiskowych.

Antonimem trucizny jest substancja lecznicza (lek).

Dawka określa siłę działania trucizny lub siłę efektu toksycznego przez nią wywołanego. Jest to ilość substancji chemicznej dostarczonej do organizmu określoną drogą warunkującą brak lub wystąpienie danego efektu biologicznego, wyrażonego odsetkiem organizmów odpowiadających na tę dawkę. Wyróżnia się dawkę progową (graniczną; *dosis minima*, DM), dawkę toksyczną (*dosis toxica*, DT), dawkę leczniczą (*dosis curativa*, DC), dawkę śmiertelną (letalną; *dosis letalis*, DL) oraz medialną dawkę śmiertelną (LD₅₀).

Opracowana przez Hodge'a i Sternera skala toksyczności wyróżnia 6 stopni toksyczności:

Stopień toksyczności	Klasa toksyczności	LD ₅₀ (mg/kg; szczur)
I	Nadzwyczaj toksyczna	<1
II	Silnie toksyczna	1-50
III	Średnio toksyczna	50-500
IV	Słabo toksyczna	500-5000
V	Praktycznie nietoksyczna	5000-15000
VI	Stosunkowo nieszkodliwa	>15000

Zatruciem określa się proces chorobowy przebiegający z określonymi objawami klinicznymi spowodowany egzogenną (lub rzadziej endogenną) substancją chemiczną. Zatrucia ostre charakteryzują się szybkim przebiegiem (tj. szybkim rozwojem szkodliwych zmian w organizmie) po wprowadzeniu jednorazowej dawki trucizny. Zatrucia podostre powstają po podaniu jednorazowej lub kilkakrotnej dawki trucizny, a wykrycie zmian patologicznych w organizmie możliwe jest jedynie po wykonaniu badań czynnościowych. Zatrucia przewlekłe powstają na skutek działania małych dawek trucizny, które zwykle kumulują się w organizmie. Mają najczęściej charakter przypadkowy.

2.3. Część praktyczna

2.3.1. Porównywanie toksyczności względnej substancji

Porównaj toksyczność względną poniższych ksenobiotyków u szczurów stada Wistar przy narażeniu doustnym. Do której z klas toksyczności należą te substancje?

Substancja	LD ₅₀ (mg/kg; szczur)
Aspiryna (C ₉ H ₈ O ₄)	1500
Arsenian sodu (NaAsO ₂)	40
Dioksyna (C ₁₂ H ₄ Cl ₄ O ₂)	0,035
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	13000
Nikotyna (C ₁₀ H ₁₄ N ₂)	55
Sól kuchenna (NaCl)	3800

2.3.2. Obliczanie LD₅₀ na podstawie danych doświadczalnych

Na podstawie poniższych danych oblicz LD₅₀ dla wybranego przez prowadzącego ksenobiotyku. Zastosuj metodę Behrensa, Krabera oraz Thompsona. Przedstaw obliczenia, a następnie wyciągnij wnioski. Do której z klas toksyczności należą analizowane ksenobiotyki?

Lp.	Ksenobiotyk	Dawka* (liczba zwierząt przeżywających)**	
		Metoda Behrensa i Krabera	Metoda Thompsona
1.	Amygdalina (C ₂₀ H ₂₇ NO ₁₁)	200(6); 230(5); 264,5(5); 304,2(2); 350(2); 402(2)	264,5(5); 304,2(2); 350(2); 402(2)
2.	Butylohydroksytoluen (BHT, C ₁₅ H ₂₄ O)	900(6); 1125(6); 1406(4); 1738(3); 2197(1); 2796(2)	1125(6); 1406(4); 1738(3); 2197(1)
3.	Chlorek fenylortęci (C ₆ H ₅ ClHg)	13,6(6); 15,0(5); 16,5(3); 18,2(3); 20,0(3); 22,0(2); 24,2(0)	16,5(3); 18,2(3); 20,0(3); 22,0(2)
4.	Chlorfenwinfos (C ₁₂ H ₁₄ Cl ₃ O ₄ P)	180(6); 207(4); 238(3); 274(2); 315(1); 362(0)	207(4); 238(3); 274(2); 315(1)

5.	Falloidyna (C ₃ H ₄₈ N ₈ O ₁₁ S)	1,00(6); 1,20(5); 1,44(4); 1,73(4); 2,07(4); 2,49(3); 2,99(1)	1,73(4); 2,07(4); 2,49(3); 2,99(1)
6.	Fosfamidon (C ₁₀ H ₁₉ ClNO ₅ P)	3,00(6); 3,2 1(5); 3,43(4); 3,68(2); 3,93(2); 4,20(1); 4,50(0)	3,2 1(5); 3,43(4); 3,68(2); 3,93(2)
7.	Patulina (C ₇ H ₆ O ₄)	30,0(4); 37,5(4); 46,9(3); 58,6(2); 73,2(2); 9 1,6(0)	37,5(4); 46,9(3); 58,6(2); 73,2(2)
8.	Tlenek kadmu (CdO)	153(6); 176(5); 202(5); 232 (2); 267 (2); 307(0)	176(5); 202(5); 232 (2); 267 (2)

*8mg/kg masy ciała

**liczebność zwierząt na początku doświadczenia wynosiła 6 sztuk w każdej grupie

2.3.2.1. Obliczanie LD₅₀ metodą Behrensa

Założeniem metody Behrensa jest łączne traktowanie wszystkich zwierząt, pomimo otrzymywania przez nie różnych dawek ksenobiotyku. Zakłada się, że jeżeli zwierzę przeżywa wyższą dawkę, to przeżyłoby wszystkie niższe dawki, natomiast jeżeli pada przy niższej dawce, to padłoby także przy dawkach wyższych. W metodzie tej oblicza się procentową śmiertelność dla każdej z dawek, tj. stosunek liczby padłych zwierząt do liczby zwierząt wyliczonych dla danej dawki x 100%.

Dawka (mg/kg)	Liczba zwierząt		Wyliczona liczba zwierząt			Śmiertelność (%)
	Przeżywających	Padłych	Przeżywających daną dawkę i wyższą	Padłych przy danej dawce i niższych	Całkowita dla danej dawki	

2.3.2.2. Obliczanie LD₅₀ metodą Krabera

Założenia metody są takie same jak w metodzie Behrensa. Niezbędne jest jednak zastosowanie wielu dawek, wśród których znajduje się dawka powodująca śmierć u wszystkich osobników oraz dawka nie działająca.

LD₅₀ wylicza się ze wzoru:

$$LD_{50} = D_{max} - \frac{\sum zd}{n}$$

gdzie:

D_{max} – dawka, przy której padły wszystkie zwierzęta;

z – połowa sumy padłych zwierząt przy dwóch następujących po sobie dawkach;

d – różnica wartości liczbowych dwóch następujących po sobie dawek;

n – liczebność zwierząt w grupie.

Dawka (mg/kg)	Liczba zwierząt padłych	z	d	zd
Suma				

2.3.2.3. Obliczanie LD₅₀ metodą Thompsona

Założeniem metody Thompsona jest podawanie zwierzętom ksenobiotyku w dawkach wzrastających w sposób geometryczny (4 poziomy dawkowania). LD₅₀ wylicza się z wykorzystaniem współczynnika z tabeli Weila korzystając ze wzoru:

$$\log LD_{50} = \log D_{min} + (\log M)(f + 1)$$

gdzie:

D_{min} – najmniejsza zastosowana dawka ksenobiotyku;

M – mnożnik różnicujący poziom dawkowania ksenobiotyku (tj. liczba informująca, ile razy kolejna dawka jest większa od poprzedniej);

f – współczynnik odczytany z tabeli Weila.

Fragment tabeli Weila:

r	f	r	f
0,1,5,4	0,78	1,3,4,5	0,25
0,2,3,5	0,8	1,4,4,4	0
0,2,3,4	1,0	2,0,6,5	0,33333
0,2,5,6	0,16667	2,2,3,5	0,66667
1,0,6,6	0,4	2,3,3,5	0,33333
1,1,4,4	1	3,1,5,5	0
1,2,4,4	0,66667	3,2,4,5	0
1,2,4,6	0,4	3,3,3,4	0
1,2,5,4	0,33333	3,4,2,4	1
1,2,5,6	0,2	4,2,2,6	0,5

r – liczba zwierząt padłych przy kolejnych dawkach

2.4. Pytania kontrolne

- 2.4.1. Zdefiniuj toksykologię jako dyscyplinę naukową.
- 2.4.2. Omów zadania współczesnej toksykologii.
- 2.4.3. Opisz związek między rozwojem toksykologii a rozwojem innych dziedzin nauki.
- 2.4.4. Wyjaśnij pojęcia: toksykologia, ksenobiotyk, trucizna, narażenie (ekspozycja), efekt, efekt szkodliwy, narząd krytyczny, stężenie krytyczne, działanie toksyczne, QSAR,

dawka, DM, DC, DT, DL, LD₅₀, zatrucia ostre, zatrucie podostre, zatrucia przewlekłe, zatrucia rozmyślne, zatrucia przypadkowe.

- 2.4.5. Omów główne drogi i miejsca ekspozycji na substancje toksyczne w organizmie.
- 2.4.6. Podaj definicję prawa Haberscha (Habera) i omów jego znaczenie praktyczne.
- 2.4.7. Omów różnice między toksycznością ostrą i przewlekłą.
- 2.4.8. Przedstaw na schemacie związek budowy i właściwości substancji z jej aktywnością biologiczną.
- 2.4.9. Omów wpływ budowy chemicznej cząsteczki oraz właściwości fizykochemicznych na toksyczność ksenobiotyku.
- 2.4.10. Wymień grupy funkcyjne, których wprowadzenie do cząsteczki węglowodoru powoduje zwiększenie lub zmniejszenie toksyczności ksenobiotyku.
- 2.4.11. Omów na przykładach wpływ zjawiska izomerii na toksyczność ksenobiotyków.
- 2.4.12. Omów wpływ czynników biologicznych na toksyczność ksenobiotyków.
- 2.4.13. Omów wpływ czynników środowiskowych na toksyczność ksenobiotyków.
- 2.4.14. Dokonał podziału klinicznego zatruc występujących u ludzi.
- 2.4.15. Omów normatywy higieniczne wyznaczane do oceny narażenia na działanie ksenobiotyku (DNEL, NOAEL, LOAEL). Zależności przedstaw na rycinie.

2.5. Literatura

- 2.5.1. *Toksykologia*. Jurowski K., Piekoszewski W. Wydawnictwo Naukowe PZWL (2020).
- 2.5.2. *Toksykologia współczesna*. Seńczuk W. Wydawnictwo Naukowe PZWL (2020).
- 2.5.3. *Toksykologia środowiska*. Manahan S. Wydawnictwo Naukowe PWN (2012).
- 2.5.4. *Toksykologia żywności*. Brzozowska A. Wydawnictwo SGGW (2010).

3. Czym zajmuje się ekotoksykologia?

3.1. Zagadnienia do przygotowania

- 3.1.1. Ekotoksykologia jako nauka.
- 3.1.2. Metody badawcze w ekotoksykologii.
- 3.1.3. Podstawowe terminy w ekotoksykologii.
- 3.1.4. Biokoncentracja i bioakumulacja.
- 3.1.5. Wpływ ksenobiotyków na procesy zachodzące w ekosystemach.

3.2. Słowo wprowadzające

Ekotoksykologia to dziedzina nauki zajmująca się badaniem wpływu ksenobiotyków na organizmy żywe oraz konsekwencjami tych oddziaływań ujawniającymi się na poziomach organizacji wyższych niż pojedynczy organizm (tj. na poziomie populacji, biocenozy, ekosystemu, biomu czy biosfery). Ekotoksykologia zajmuje się głównie zanieczyszczeniami środowiska naturalnego powstałymi w wyniku działalności antropogenicznej.

Jednym z najważniejszych procesów będących obiektem zainteresowania współczesnej ekotoksykologii jest biokoncentracja i bioakumulacja. Stopień biokoncentracji podaje się w postaci współczynnika biokoncentracji (BCF; ang. *bioconcentration factor*), który określa, ile razy stężenie substancji chemicznej w organizmie (C_n) przewyższa jej stężenie w otaczającym środowisku (C_o):

$$BCF = \frac{C_n}{C_o}$$

Jeżeli do wzrostu stężenia ksenobiotyku dochodzi między kolejnymi poziomami troficznymi, to zjawisko takie określa się biomagnifikacją. Współczynnik biomagnifikacji (BMF; ang. *biomagnification factor*) definiuje się podobnie jak BCF,

z tą różnicą, że stężenia ocenianych substancji podaje się dla dwóch kolejnych poziomów troficznych:

$$BMF = \frac{C_{n+1}}{C_n}$$

Biokoncentracja ksenobiotyków może zachodzić na drodze dyfuzji biernej lub transportu ułatwionego, podczas gdy biomagnifikacja jest wyłącznie skutkiem określonej struktury troficznej ekosystemu.

3.3. Część praktyczna

3.3.1. Biokoncentracja i bioakumulacja metali ciężkich

Biomonitoring (monitoring biologiczny) to działania polegające na ocenie stanu środowiska naturalnego za pomocą biowskaźników (bioidentyfikatorów).

W biomonitoringu ekosystemów wodnych coraz częściej wykorzystuje się rośliny wodne i glony, których mierzalne zmiany morfologiczne i czynnościowe pod wpływem ksenobiotyku mogą wskazywać na stopień zanieczyszczenia środowiska. Na podstawie oceny stężenia wybranych metali ciężkich w próbkach wody i rzęsy wodnej określ jej właściwości bioakumulacyjne. Wartości współczynnika BCF > 1000 wskazują na bardzo dobre właściwości akumulacyjne metali ciężkich w badanych elementach bioty.

Miejsce pomiaru	Cu		Pb		Hg		BCF
	W	M	W	M	W	M	
1	<0,005	30,24	0,031	25,65	<0,005	5,83	
2	<0,005	27,45	0,04	18,83	<0,005	10,75	
3	0,0051	31,43	0,026	29,74	<0,005	6,94	
4	<0,005	28,45	0,038	16,93	<0,005	9,34	
5	<0,005	33,59	0,04	21,06	<0,005	7,43	
Średnia							

W – stężenie [mg/dm³] badanych metali ciężkich w próbkach wody

M – stężenie [mg/kg s.m.] badanych metali ciężkich w próbkach rzęsy wodnej

- 3.3.1.1. Wylicz współczynnik BCF dla badanych metali ciężkich.
- 3.3.1.2. Oceń czy rzęsa wodna może być wykorzystana w biomonitoringu środowisk wodnych. Odpowiedź uzasadnij.
- 3.3.1.3. Omów czym jest monitoring biologiczny.
- 3.3.1.4. Omów wady i zalety biomonitoringu.

3.4. Pytania kontrolne

- 3.4.1. Zdefiniuj ekotoksykologię jako dyscyplinę naukową.
- 3.4.2. Omów zadania współczesnej ekotoksykologii.
- 3.4.3. Wyjaśnij różnice między ekotoksykologią ekosystemową i populacyjną.
- 3.4.4. Opisz związek między rozwojem ekotoksykologii a rozwojem innych dziedzin nauki.
- 3.4.5. Wyjaśnij w jaki sposób ekotoksykologia może być wykorzystana w profilaktyce chorób środowiskowych oraz w ochronie bioróżnorodności przyrody.
- 3.4.6. Wyjaśnij pojęcia: biogeny, makroelementy, mikroelementy, biokoncentracja, bioakumulacja, współczynnik biokoncentracji, współczynnik bioakumulacji.
- 3.4.7. Dokonaj podziału substancji toksycznych pod kątem ich oddziaływania na organizmy żywe.
- 3.4.8. Omów rolę diety w narażeniu organizmów żywych na ksenobiotyki.
- 3.4.9. Czy farmakoterapia może być źródłem narażenia na toksyny środowiskowe?
- 3.4.10. Omów miary toksyczności wykorzystywane we współczesnej ekotoksykologii.
Czy należy stosować wskaźniki używane w toksykologii?
- 3.4.11. Omów wpływ substancji toksycznych na zespoły organizmów oraz na procesy zachodzące w ekosystemach.
- 3.4.12. Omów metody monitoringowe wykrywania zanieczyszczeń środowiskowych.
- 3.4.13. Omów metody badania wpływu substancji toksycznych na populacje.

- 3.4.14. Jak badać i oceniać efekty współoddziaływania ksenobiotyków na organizmy żywe?
- 3.4.15. Omów losy substancji zanieczyszczających i skażających środowisko naturalne – atmosferę, wodę i glebę.
- 3.4.16. Omów związek między skażeniem środowiska a zachorowalnością na choroby środowiskowe.

3.5. Literatura

- 3.5.1. *Podstawy ekotoksykologii*. Walker C., Hopkin S. Sibly R., Peakall D. Wydawnictwo Naukowe PWN (2002).
- 3.5.2. *Ekologia*. Krebs C. Wydawnictwo Naukowe PWN (2011).
- 3.5.3. *Ochrona środowiska przyrodniczego*. Kietczewski D., Dobrzańska B., Dobrzański G. Wydawnictwo Naukowe PWN (2008).

4. Losy ksenobiotyków w organizmie

4.1. Zagadnienia do przygotowania

- 4.1.1. Wchłanianie ksenobiotyków.
- 4.1.2. Dystrybucja ksenobiotyków.
- 4.1.3. Biotransformacja ksenobiotyków.
- 4.1.4. Wydalanie ksenobiotyków.
- 4.1.5. Mechanizmy działania toksycznego ksenobiotyków.
- 4.1.6. Interakcje ksenobiotyków.

4.2. Słowo wprowadzające

Losy ksenobiotyku w ustroju opisuje akronim **ADME**. Egzogenna substancja chemiczna ulega następującym procesom w organizmie żywym:

- absorpcji (ang. *absorption*) – wchłanianie ksenobiotyku;
- dystrybucji (ang. *distribution*) – rozmieszczenie ksenobiotyku;
- metabolizmu/biotransformacji (ang. *metabolism/biotransformation*) – przemiany biochemiczne ksenobiotyku;
- eliminacji (ang. *excretion*) – usunięcie ksenobiotyku z ustroju lub jego kumulacja.

Ksenobiotyki wywołują zmiany zarówno na poziomie cząsteczkowym (molekularnym), komórkowym, jak i narządów i układów całego organizmu.

Do mechanizmów działania toksycznego ksenobiotyków zaliczamy między innymi:

- wpływ na procesy biofizyczne ustroju;
- niedotlenienie tkanek oraz zaburzenia wytwarzania energii w komórce;
- inhibicję reakcji enzymatycznych;
- wzmożone wytwarzanie wolnych rodników oraz indukcję stresu oksydacyjnego;
- tworzenie wiązań kowalencyjnych przez aktywne metabolity;

- kancerogenezę chemiczną;
- zaburzenia pracy układu immunologicznego.

4.3. Część praktyczna

4.3.1. *Wchłanianie ksenobiotyku*

Równanie Hendersona-Hasselbalcha opisuje ilościowy podział ksenobiotyku będącego słabym kwasem lub słabą zasadą w zależności od stopnia jonizacji roztworu.

<i>Słaby kwas</i>	$pH - pK_a = \log \frac{[forma\ zdycocjowana]}{[forma\ niezdysocjowana]}$
<i>Słaba zasada</i>	$pK_a - pH = \log \frac{[forma\ zdycocjowana]}{[forma\ niezdysocjowana]}$

Na podstawie odpowiednich obliczeń ustal, czy fenobarbital sodu ($pK_a = 7,3$) będzie przenikać z żołądka do krwi ($pH = 7,4$).

4.3.2. *Retencja ksenobiotyku*

Retencja to wyrażona w procentach ilość zatrzymanego w drogach oddechowych ksenobiotyku, która zazwyczaj waha się między 30 a 90%. Można ją wyliczyć ze wzoru:

$$R = \frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100\%$$

gdzie:

R – retencja ksenobiotyku;

C_i – stężenie par ksenobiotyku w wdychanym powietrzu;

C_e – stężenie par ksenobiotyku w wydychanym powietrzu.

Skład powietrza wdychanego u pracownika elektrociepłowni przedstawia się następująco: 78% objętościowych azotu, 19% tlenu i 3% innych gazów, w tym 0,5% dwutlenku węgla, natomiast skład powietrza wydychanego – 78% azotu, 16% tlenu i 6 % innych gazów, w tym 3% dwutlenku węgla.

Na podstawie odpowiednich obliczeń ustal retencję dwutlenku węgla w drogach oddechowych i oceń, czy doszło do zatrucia tym gazem.

4.4. Pytania kontrolne

- 4.4.1. Wyjaśnij pojęcia: toksykokinetyka, toksodynamika, toksykometria, ADME, frakcja respirabilna, dostępność biologiczna, objętość dystrybucji, cytochrom P40, efekt pierwszego przejścia, retencja ksenobiotyku, system oporności wielolekowej (MDR), klirens, biologiczny okres półtrwania, biomarkery ekspozycji, biomarkery efektu, biomarkery wrażliwości.
- 4.4.2. Wymień czynniki endogenne i egzogenne wpływające na proces wchłaniania ksenobiotyków.
- 4.4.3. Porównaj drogi wchłaniania ksenobiotyków w ustroju.
- 4.4.4. Opisz transport ksenobiotyków przez błony biologiczne.
- 4.4.5. Omów rolę bariery krew-mózg, bariery łożyskowej i bariery krew-jądro w procesie wchłaniania ksenobiotyków.
- 4.4.6. Omów rolę warstwy rogowej przy ekspozycji organizmu na substancje toksyczne.
- 4.4.7. Porównaj wchłanianie transdermalne i transfolikularne ksenobiotyków.
- 4.4.8. Omów wskaźniki biotoksykokinetyczne używane do oceny procesu absorpcji ksenobiotyków.
- 4.4.9. Opisz dystrybucję ksenobiotyków w ustroju.
- 4.4.10. Omów wskaźniki biotoksykokinetyczne używane do oceny procesu dystrybucji ksenobiotyków.
- 4.4.11. Jak wiązanie ksenobiotyku z białkami wpływa na jego toksyczność?
- 4.4.12. Omów na przykładach kumulację ksenobiotyków w tkance tłuszczowej i kostnej.

- 4.4.13. Omów cele biotransformacji ksenobiotyków.
- 4.4.14. Porównaj reakcje pierwszej i drugiej fazy biotransformacji.
- 4.4.15. Podaj po trzy przykłady induktorów i inhibitorów enzymatycznych.
- 4.4.16. Omów biotransformację etanolu w organizmie człowieka.
- 4.4.17. Omów czynniki wpływające na biotransformację ksenobiotyków.
- 4.4.18. Opisz procesy detoksykacji i demutagenyzy ksenobiotyków.
- 4.4.19. Opisz wydalanie ksenobiotyków z ustroju.
- 4.4.20. Omów mechanizmy toksycznego działania ksenobiotyków.
- 4.4.21. Wymień po trzy przykłady ksenobiotyków, które: (1) mogą przenikać przez barierę krew-mózg, (2) tworzyć połączenia z grupami tiolowymi białek, (3) uszkadzać strukturę kwasów nukleinowych.
- 4.4.22. Omów zależność działania toksycznego ksenobiotyku w zależności od jego dawki.
- 4.4.23. Opisz mechanizmy uszkodzeń wątroby na przykładzie wybranych hepatotoksyn.
- 4.4.24. Opisz na przykładach mechanizmy działania nefrotoksycznego ksenobiotyków.
- 4.4.25. Omów na przykładach działanie kancerogenne i teratogenne ksenobiotyków.
- 4.4.26. Omów toksyczność wybranych metali ciężkich (Cd, Cu, Pb, Hg, As, Cr, Ni) na organizm człowieka.
- 4.4.27. Omów toksyczność azotanów, azotynów i nitrozoamin na organizm człowieka.
- 4.4.28. Omów toksyczność pestycydów na organizm człowieka.
- 4.4.29. Omów toksyczność policyklicznych węglowodorów aromatycznych na organizm człowieka.
- 4.4.30. Omów wpływ ksenoestrogenów na organizm człowieka.
- 4.4.31. Omów toksyczność dymu papierosowego.
- 4.4.32. Omów toksyczność alkoholu etylowego.
- 4.4.33. Omów synergistyczne oddziaływania dymu papierosowego i alkoholu na organizm człowieka.
- 4.4.34. Omów konsekwencje palenia i spożywania alkoholu na organizm człowieka.
- 4.4.35. Omów modele stosowane do oceny interakcji ksenobiotyków.

- 4.4.36. Opisz mechanizmy odpowiedzialne za występowanie zjawiska interakcji ksenobiotyków.
- 4.4.37. Opisz wpływ ksenobiotyków na wartości laboratoryjnych parametrów biochemicznych i hematologicznych stosowanych w diagnostyce laboratoryjnej.
- 4.4.38. Opisz konsekwencje wieloczynnikowego narażenia na ksenobiotyki w środowisku pracy.

4.5. Literatura

- 4.5.1. *Toksykologia I.* Jurowski K., Piekoszewski W. Wydawnictwo Naukowe PZWL (2020).
- 4.5.2. *Toksykologia w zadaniach. Część I.* Jurowski K., Piekoszewski W. Wydawnictwo Naukowe PZWL (2020).
- 4.5.3. *Toksykologia współczesna.* Seńczuk W. Wydawnictwo Naukowe PZWL (2020).
- 4.5.4. *Toksykologia środowiska.* Manahan S. Wydawnictwo Naukowe PWN (2012).

5. Człowiek i środowisko

5.1. Zagadnienia do przygotowania

- 5.1.1. Antropopresja.
- 5.1.2. Toksykologia środowiskowa.
- 5.1.3. Ochrona środowiska.
- 5.1.4. Zdrowie środowiskowe.

5.2. Słowo wprowadzające

Antropopresja to całokształt oddziaływania człowieka na środowisko naturalne, których skutkiem są zmiany jakościowe i ilościowe formacji roślinnych i zwierzęcych na terenach opanowywanych przez człowieka. Czynniki antropopresji, czyli czynniki antropogeniczne, można podzielić na czynniki mechaniczne, organizacyjne, fizyczne, chemiczne i biologiczne.

Skutkami antropopresji są rozmaite przemiany środowiska (np. zatrucie wody, wyjąłowanie gleby czy zmniejszenie bioróżnorodności). Aby temu zapobiegać stosuje się racjonalne kształtowanie środowiska i gospodarowanie jego zasobami zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju, przeciwdziałanie zanieczyszczeniom, utrzymywanie i przywracanie elementów przyrodniczych do stanu właściwego, jak również recykling. Nauka o ochronie środowiska to sozologia.

Zdrowie środowiskowe, zgodnie z definicją Światowej Organizacji Zdrowia, to wszystkie „*aspekty zdrowia człowieka, w tymi jakością życia, które są determinowane przez czynniki biologiczne, chemiczne, fizyczne, psychiczne i społeczne środowiska; obejmuje też założenia teoretyczne i praktykę w zakresie oceny, eliminacji i zapobiegania obecności w środowisku tych czynników, które mogą oddziaływać negatywnie na zdrowie obecnego i przyszłych pokoleń*”.

5.3. Część praktyczna

5.3.1. Ocena jakości wody pitnej

Oceń jakość pobranych próbek wody. Wszystkie oznaczenia wykonaj w próbach podwójnych. Zapisz wyniki oraz wyciągnij wnioski.

5.3.1.1. Ocena zapachu wody

Materiały	woda wodociągowa, woda destylowana, woda ze studni
Sprzęt	2 kolby stożkowe, 2 szkiełka zegarkowe, łaźnia wodna, termometr
Wykonanie	Do dwóch kolb wlać po 100 ml wody z kranu. Kolbę I ogrzać do temperatury pokojowej Kolbę II ogrzać w łaźni wodnej do 60 °C Następnie każdą z kolb przykryć szkiełkiem zegarkowym i wąchać zapach przy wylocie kolby. Określić rodzaj zapachu i jego intensywność (na podstawie tabeli). Wszystkie czynności powtórzyć z użyciem wody ze studni i dla porównania wody destylowanej.

Wyróżniamy następujące rodzaje zapachu wody:

R - roślinny: siana, ziemi, torfu, mchu, kwiatów, traw,

G - gnilny: pleśni, siarkowodoru, fekaliiów, stęchlizny,

S - specyficzny: chloru, fenolu, nafty, acetonu, smoły

Punktowa ocena zapachu wody

intensywność zapachu	wyczuwalność zapachu
0	brak zapachu
1	bardzo słaby zapach
2	słaby zapach
3	wyraźny zapach
4	silny zapach
5	bardzo silny zapach

Ze względu na rodzaj i intensywność zapachu wody naturalne dzieli się na 3 klasy czystości:

klasa I – do 2R

klasa II – od 3R lub 2G

klasa III – do 1S,

przy czym woda wodociągowa powinna mieć zapach określony jako **3R**.

5.3.1.2. Ocena mętności wody

Materiały	woda wodociągowa, woda destylowana, woda ze studni
Odczynniki	wzorcowy roztwór SiO_2 (500 mg/l) utrwalony 1g HgCl_2
Sprzęt	cylindry Nesslera 100 ml na badane próbki wody i wzorce
Zasada metody	Do oceny mętności wody wykorzystuje się metodą wizualną turbidymetryczną. Porównuje się natężenie światła przechodzącego przez badaną próbkę wody w odniesieniu do roztworów wzorcowych SiO_2 (od 0 do 5 mg SiO_2/l).
Wykonanie	Badaną wodę wlewamy do cylindra i odstawiamy na kilka minut do wydzielenia się pęcherzyków powietrza, następnie porównujemy ją z przygotowanymi wcześniej wzorcami. W tym celu porównujemy mętność badanej próbki do wzorca – trzymając cylindry na wysokości wzroku, na tle światła. W przypadku, gdy mętność próby badanej przewyższa wzorec o najwyższej mętności, należy ją rozcieńczyć wodą destylowaną i powtórzyć oznaczenie. Wyniki podać w jednostkach $\text{mg SiO}_2/\text{dm}^3$.

Mętność wody do picia nie powinna przekraczać 1 $\text{mg SiO}_2/\text{dm}^3$.

5.3.1.3. Ocena pH wody

Materiały	woda wodociągowa, woda destylowana, woda ze studni
Sprzęt	probówki szklane, bagietki, uniwersalne papierki wskaźnikowe
Wykonanie	Probówki przepłukać wodą destylowaną i napętnić badaną wodą. Zanurzyć w wodzie papierkę wskaźnikową. Odsączyć nadmiar wody, odczekać chwilę i odczytać wartość pH ze skali na opakowaniu. Korzystając z tabeli wykonać ocenę jakościową pomiaru pH wody.

Ocena jakościowa wody na podstawie wartości pH

pH	Ocena jakościowa
6,5-7,5	doskonała
6,0-6,5; 7,5-8,0	dobra
5,5-6,0; 8,0-8,5	odpowiednia
<5,5 lub >8,5	niska

5.3.1.4. Ocena twardości wody (węglanowej, niewęglanowej i ogólnej)

Materiały	woda wodociągowa, woda destylowana, woda ze studni
Odczynniki	oranż metylowy, 0,1 M HCl, mieszanina Warthy-Pfeifera
Sprzęt	kolby stożkowe, biureta, sączki filtracyjne, lejki szklane, łaźnia wodna
Wykonanie	Twardość węglanowa: Do trzech kolb odmierzyć po 100 ml badanej wody, następnie dodać po 3 krople oranżu metylowego. Próby miareczkować 0,1 M roztworem HCl aż do zmiany barwy wskaźnika z żółtej na pomarańczowo-cebulkową. Próbki pozostawić do oznaczenia twardości ogólnej i niewęglanowej! Obliczyć twardość węglanową (Tw_w) wg wzoru: $Tw_w = V_{HCl} [mval/l]$ V_{HCl} - objętość roztworu HCl zużyta do zmiareczkowania próbki [ml] Korzystając z tabeli przeliczyć twardość podaną w jednostce fizycznej [mval/l] na stopnie niemieckie. Twardość ogólna i niewęglanowa: W próbach po oznaczeniu twardości węglanowej, usunąć CO₂ przez gotowanie (3 min). Po dodaniu 25 ml mieszaniny Warthy-Pfeifera, próby ponownie gotować przez 3 minuty (wytrącenie soli wapnia i magnezu). Roztwory schłodzić i przelać do cylindrów miarowych (razem z osadem), a następnie dopełnić wodą destylowaną do 250 ml. Próby przesączyć sączkiem filtracyjnym umieszczonym na lejku, a z przesączu pobrać 100 ml, dodać 3 krople oranżu metylowego i miareczkować 0,1 M HCl. Następnie wykonać tzw. próbę ślepą przez miareczkowanie 25 ml mieszaniny Warthy-Pfeifera.

Obliczyć twardość węglanową (Tw_o) wg wzoru: $Tw_o = V_1 - 2,5 V_2 \text{ [mval/l]}$ V_1 - objętość HCl zużyta na zmiareczkowanie mieszaniny Warthy-Pfeifera [ml] V_2 - objętość HCl zużyta na zmiareczkowanie próbki – suma obydwu zmiareczkowań [ml] 2,5 - współczynnik rozcieńczenia Korzystając z tabeli przeliczyć twardość podaną w jednostce fizycznej [mval/l] na stopnie niemieckie. Obliczyć twardość niewęglanową (Tw_n) z różnicy twardości ogólnej i węglanowej: $Tw_n = Tw_o - Tw_w$ Określić twardość poszczególnych próbek korzystając z tabeli twardości wody.
--

Tabela przeliczeniowa jednostek twardości wody

jednostka	fizyczna [mval/l]	między- narodowa [mmol/l]	mg CaCO₃ [mg CaCO ₃ /l]	stopnie niemieckie [°d]	stopnie francuskie [°f]	stopnie angielskie [°e]
fizyczna [mval/l]	1	0,5	50	2,8	5	3,5
między- narodowa [mmol/l]	2	1	100	5,61	10	7,02
mg CaCO₃ [mg CaCO ₃ /l]	0,02	0,01	1	0,056	0,1	0,07
stopnie niemieckie [°d]	0,356	0,178	17	1	1,78	1,25
stopnie francuskie [°f]	0,2	0.1	10	0,56	1	0,7
stopnie angielskie [°e]	0,286	0,143	14	0,8	1,43	1

Skala twardości wody

	mg CaCO₃ [mg CaCO ₃ /l]	jednostka fizyczna [mval/l]	stopnie niemieckie [°d]
woda bardzo miękka	<100	<2	5,6
woda miękka	100 – 200	2–4	5,6–11,2
woda średnio twarda	200 – 350	4–7	5,6–11,2
woda twarda	350 – 550	7–11	19,6–30,8
woda bardzo twarda	> 550	>11	>30,8

Zgodnie z zaleceniami Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) oraz normami (Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 11 grudnia 2017 r., Dz.U. 2017 poz. 2294) twardość ogólna wody do picia powinna wynosić 60-500 mg CaCO₃/l. Wody powierzchniowe mają mniejszą twardość (zwłaszcza niewęglanową) niż wody podziemne.

5.3.1.5. Ocena zawartości chlorków metodą Mohra

Materiały	woda wodociągowa, woda destylowana, woda ze studni
Odczynniki	0,1 M roztwór chromianu potasowego (K ₂ CrO ₄), 0,05 M roztwór azotanu srebra (AgNO ₃)
Sprzęt	kolby stożkowe (ok. 200 ml), biureta, cylindry szklane (100 ml), pipety automatyczne
Zasada metody	Metoda Mohra polega na miareczkowaniu chlorków azotanem srebra wobec wskaźnika – chromianu potasowego. Z roztworu zawierającego jony chlorkowe wytrąca się osad – chlorek srebra. Po wytrąceniu całej ilości Cl ⁻ , nadmiar azotanu srebra reaguje z chromianami tworząc chromian srebra, a zabarwienie roztworu zmienia się z żółtozielonego na czerwono-brunatne, co wskazuje na zakończenie miareczkowania.
Wykonanie	Do trzech kolb odmierzyć po 100 ml badanej wody, następnie dodać po 1ml 0,1 M K ₂ CrO ₄ i miareczkować 0,05M AgNO ₃ aż zabarwienie zmieni się na żółto-brunatne.

	Zawartość chlorków obliczyć, korzystając ze wzoru: $Cl^- = ((x - 0,3) \times 1000) / V \text{ [mg Cl}^-/\text{l]}$ gdzie: <i>x</i> - objętość zużytego do miareczkowania roztworu AgNO₃ (ml), <i>V</i> - objętość próbki wody użytej do oznaczenia (100 ml), 0,3 - objętość roztworu AgNO₃, zużyta na wytworzenie chromianu srebra w objętości 100 ml wody destylowanej (ml).
--	--

Dopuszczalna zawartość chlorków w wodzie pitnej wynosi do 250 mg/l.

5.3.1.6. Ocena zawartości jonów amonowych metodą Nesslera

Materiały	woda wodociągowa, woda destylowana, woda ze studni
Odczynniki	roztwór wzorcowy chlorku amonu (zawierający 0,01 mg/ml NH ₄ Cl), odczynnik Nesslera
Sprzęt	kolby miarowe na 50 i 100 ml, pipety automatyczne, płytki wielodołkowe, czytnik płytek UV-VIS
Zasada metody	Metoda polega na reakcji jonów amonowych z odczynnikiem Nesslera (K ₂ [HgI ₄]) w silnie zasadowym środowisku, w wyniku której powstaje bezpostaciowy, czerwono-brunatny osad (żółto-pomarańczowe zabarwienie roztworu w przypadku niskiej zawartości jonów amonowych; intensywność barwy jest proporcjonalna do stężenia jonów)
Wykonanie	Przygotowanie krzywej wzorcowej: Do kolb miarowych (na 100 ml) odmierzyć odpowiednio po: 0; 0,5; 1; 2,5; 5; 10 i 15 ml roztworu wzorcowego chlorku amonu i dodać po 1 ml odczynnika Nesslera (pomiar każdego wzorca musi być wykonany dokładnie po 10 minutach od chwili jego dodania!). Uzupełnić wodą destylowaną do 100 ml i dokładnie wymieszać. Przenieść po 100 µl każdego z roztworów (w 3 powtórzeniach) na płytkę wielodołkową i zmierzyć absorbancję przy długości fali 400 nm (wobec wody destylowanej jako próby ślepej). Przygotowanie próbek: Badane próbki wody (po 10 ml) przenieść do kolb miarowych (50 ml), dodać po 1 ml odczynnika Nesslera i dokładnie wymieszać. Uzupełnić wodą destylowaną do 50 ml i powtórnie wymieszać (oznaczenie wykonać w 3 powtórzeniach). Przenieść po 100 µl każdego z roztworów na płytkę wielodołkową i zmierzyć absorbancję przy długości fali 400 nm (po 10 minutach od dodania odczynnika Nesslera). Zawartość jonów amonowych w próbach odczytać z krzywej wzorcowej.

Dopuszczalna zawartość jonów amonowych w wodzie pitnej wynosi do 0,50 mg/l.

5.3.1.7. Ocena przewodnictwa elektrolitycznego metodą konduktometryczną

Materiały	woda wodociągowa, woda destylowana, woda ze studni
Sprzęt	zlewki szklane 25 ml, konduktometr, bibuła
Wykonanie	Próbki badanej wody wlać do kilkakrotnie przepłukanych wodą destylowaną zlewek, po zanurzeniu sondy wynik pomiaru odczytać na urządzeniu. Pomiedzy pomiarami elektrodę opłukać wodą destylowaną i osuszyć. Oznaczenia wykonać w 3 powtórzeniach (wyciągnąć średnią z wykonanych pomiarów).

Przewodnictwo wody pitnej wynosi około 100 – 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

5.3.2. Ocena jakości gleby

Oceń jakość próbek gleby z użytków zielonych oraz gleb organicznych. Wszystkie oznaczenia wykonaj w próbach podwójnych. Zapisz wyniki oraz wyciągnij wnioski.

5.3.2.1. Pomiar pH gleby za pomocą kwasomierza glebowego

Materiały	próbki gleby
Odczynniki	płyn Helliga
Sprzęt	glebomierz
Wykonanie	Wsyp niewielką ilość gleby do większego wgłębienia na płytce glebomierza i lekko ją ugnieć. Dodawaj kroplami płyn Helliga aż do momentu, gdy płyn wsiąknie i nad powierzchnią gleby utworzy się cienka warstwa cieczy. Odczekaj około 1 minutę, a następnie przechyl płytkę w taki sposób, by nadmiar płynu przepłynął do drugiego wgłębienia. Porównaj zabarwienie płynu ze skalą kolorów na płytce oraz odczytaj wartość pH. Większość gleb w Polsce posiada pH w zakresie 3,0-8,5.

5.3.2.2. Pomiar pH gleby za pomocą pH-metru

Materiały	<i>próbki gleby</i>
Odczynniki	<i>woda destylowana</i>
Sprzęt	<i>moździerz, zlewki szklane 50 ml, cylindry szklane 25 ml, pH-metr</i>
Wykonanie	<i>Suchą próbkę gleby rozetrzyj w moździerzu, a następnie odważ 10 g i przenieś do zlewki o pojemności 50 ml. Dodaj 25 ml wody destylowanej i dokładnie wymieszaj, aż uzyskasz jednorodną zawiesinę. pH próbek oceń za pomocą pH-metru. Pomiar wykonaj trzykrotnie, po każdym z nich przepłukując elektrodę wodą destylowaną.</i>

5.3.2.3. Oznaczanie zawartości jonów ołowiu (II)

Materiały	<i>próbki gleby</i>
Odczynniki	<i>woda destylowana, azotan (V) ołowiu (II) o stężeniu 2 mg/l, 0,5% chlorek potasu i 0,5% diwodoroortofosforan (V) wapnia</i>
Sprzęt	<i>zlewki szklane 500 ml, kolby stożkowe 200 ml, cylindry szklane 100 ml, suszarka laboratoryjna, łaźnia laboratoryjna, lejki Buchnera, wytrząsarka</i>
Wykonanie	<i>Próbkę gleby wysusz do suchej masy w suszarce laboratoryjnej w temperaturze 100°C. Do zlewki o pojemności 500 ml odważ 20 g wysuszonej gleby i dodaj 100 ml roztworu azotanu ołowiu. Dokładnie wymieszaj zawartość zlewki. Mieszaninę ogrzej do wrzenia, ostudź, a następnie przesącz pod ciśnieniem używając lejku Buchnera. Uzyskany osad przemyj 100 ml wody destylowanej i za pomocą wagi podziel na 4 równe części. Każdą porcję wprowadź do kolbek stożkowych zawierających po 100 ml: wody destylowanej, 0,5% roztworu chlorku potasu i 0,5% roztworu diwodoroortofosforanu (V) wapnia. Zawartość kolbek wytrząsaj przez 15 minut. Mieszaninę ogrzej do wrzenia, ostudź, a następnie przesącz pod ciśnieniem używając lejku Buchnera. Zmierz absorbancję roztworów przy długości fali 520 nm. Stężenie jonów ołowiu (II) określ z krzywej wzorcowej dla roztworów chlorku ołowiu (II) (0; 0,01; 0,025; 0,05; 0,075; 0,1; 0,125 mg/ml).</i>

5.3.2.4. Oznaczanie zawartości próchnicy

Materiały	próbki gleby
Odczynniki	woda dejonizowana, 2N roztwór $K_2Cr_2O_7$, stężony kwas siarkowy, stężony kwas ortofosforowy, NaF, dwufenyloamina, $FeSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$
Sprzęt	kolbki stożkowe, cylindry miarowe na 100 ml, szkiełka zegarkowe, biureta, pipety automatyczne
Wykonanie	Przygotować naważki suchej i przesianej gleby (po ok. 0,2 g) w kolbach stożkowych. Jako próbę kontrolną przygotować 50 ml wody dejonizowanej. Do wszystkich kolb dodać po 5 ml dwuchromianu potasu, wymieszać i od razu dodać 5 ml kwasu siarkowego (pod dygestorium, ciągle mieszając). Próby przykryć szkiełkami zegarkowymi i zostawić pod dygestorium na 30 min (mieszając co jakiś czas). Po tym czasie, próby uzupełnić wodą dejonizowaną do objętości 100 ml i dodać kolejno: 2,5 ml kwasu ortofosforowego, szczyptę NaF; 7 kropli dwufenyloaminy (próby zmieniają kolor na brązowozielony). Następnie, nadmiar dwuchromianu potasu odmiareczkować 0,5 N roztworem siarczanu żelazawoamonowego (do zmiany zabarwienia na wyraźnie zielony kolor). Obliczyć zawartość procentową węgla organicznego: $C\% = ((V_1 - V_2) \times n \times 0,003) / m \times 100$ V_1 – objętość [ml] siarczanu żelazawoamonowego zużyta do miareczkowania próby kontrolnej V_2 – objętość [ml] siarczanu żelazawoamonowego zużyta do miareczkowania próbki glebowej n – miano roztworu siarczanu żelazawoamonowego 0,003 - miligramorównoważnik węgla m – masa próbki gleby gleby Następnie, obliczamy zawartość próchnicy stosując współczynnik przeliczeniowy: $\text{zawartość próchnicy} = C\% \times 1,724$

5.3.2.5. Oznaczanie sumy kationów kwasowych metodą Kappena

Materiały	próbki gleby
Odczynniki	woda dejonizowana, 1 M octan wapnia, 0,1 M NaOH, 1% fenoloftaleina
Sprzęt	butelki polietylenowe, cylindry miarowe na 100 ml, kolbki stożkowe, sączki filtracyjne, lejki szklane, biureta, wytrząsarka
Wykonanie	Przygotować naważki suchej i przesianej gleby (po ok. 20 g) w butelkach z polietylenu, dodać 100 ml octanu wapnia i wytrząsać przez 30 minut.

	Następnie przesączyć i przenieść po 25 ml przesączu do kolbek, dodać po 2 krople fenoloftaleiny i miareczkować NaOH do słabo różowego zabarwienia utrzymującego się przez ok. 30 s. Obliczyć sumę kationów kwasowych (H) obliczając liczbę cmoli NaOH, użytą na zmiareczkowanie przesączu: $H = V \times C_{NaOH} \times 20 \times 1,5 \text{ [cmolH}^+/\text{kg]}$ <i>V</i> – objętość NaOH użyta podczas miareczkowania <i>C_{NaOH}</i> – stężenie molowe NaOH [mol/l] 20 – przelicznik na 100 g gleby 1,5 – współczynnik Kappena
--	--

5.3.2.6. Oznaczanie sumy zasad wymiennych metodą Kappena i całkowitej pojemności sorpcyjnej gleby

Materiały	próbki gleby
Odczynniki	woda dejonizowana, 0,1 M HCl, 0,1 M NaOH, 1% fenoloftaleina
Sprzęt	butelki polietylenowe, cylindry miarowe na 100 ml, kolbki stożkowe, sączki filtracyjne, lejki szklane, biureta, wytrząsarka
Wykonanie	Przygotować naważki suchej i przesianej gleby (po ok. 10 g) w butelkach z polietylenu, dodać 100 ml HCl i wytrząsać przez 30 minut. Następnie przesączyć i przenieść po 25 ml przesączu do kolbek, dodać po 2 krople fenoloftaleiny i miareczkować NaOH do słabo różowego zabarwienia utrzymującego się przez ok. 30 s. Jako „próbę ślełą” zmiareczkować 25 ml roztworu HCl z fenoloftaleiną. Obliczyć sumę zasad wymiennych (S): $S = ((x_2 - x_1) \times C_{NaOH}) \times 200 / (10 \times V/V_{HCl}) \text{ [cmol}_{c+}/\text{kg]}$ <i>x₁</i> – objętość NaOH użyta podczas miareczkowania ekstraktu glebowego [ml] <i>x₂</i> – objętość NaOH użyta podczas miareczkowania „próby ślepej” [ml] <i>V</i> – objętość ekstraktu glebowego użyta do miareczkowania [ml] <i>V_{HCl}</i> – objętość roztworu 0,1 M HCl użytego do ekstrakcji gleby, <i>C_{NaOH}</i> – stężenie molowe NaOH [mol/l] 200/(10 × <i>V/V_{HCl}</i>) – przeliczenie na 100 g gleby Następnie obliczyć całkowitą pojemność sorpcyjną gleby (T): $T = H + S$ H – suma kationów kwasowych (oznaczona wg 4.3.2.5) S – suma zasad wymiennych

5.3.3. Kwaśne deszcze

Kwaśne deszcze to opady atmosferyczne o odczynie kwaśnym ($\text{pH} < 5,6$).

5.3.3.1. Wpływ kwaśnych deszczy na zawartość chlorofilu

Materiały	próbki liści i igieł
Odczynniki	woda destylowana, stężony kwas solny, stężony kwas azotowy (V) i kwas siarkowy (VI), stężony aceton
Sprzęt	zlewki szklane 500 ml, pipety Pasteura, pH-metr, waga techniczna, parafilm, moździerz, pipety automatyczne, płytki 96-dołkowe, czytnik płytek UV-VIS, wytrząsarka, kolby miarowe 20 ml, folia aluminiowa
Wykonanie	Pod wyciągiem przygotuj rozcieńczone roztwory kwasu solnego, kwasu azotowego (V) i kwasu siarkowego (VI) o pH ok. 4-5 dodając za pomocą pipety Pasteura niewielką objętość stężonego kwasu (kilka ml) do zlewki z 500 ml wody destylowanej. Zawartość zlewek ostrożnie wymieszaj, a pH roztworów sprawdź za pomocą pH-metru. Zachowaj szczególną ostrożność przy pracy ze stężonymi kwasami! Za pomocą wagi technicznej odważ próbki liści i igieł o masie ok. 3 g. Naważki przenieś do zlewek i zalej roztworami kwasów lub wodą destylowaną (grupa kontrolna), tak aby całkowicie pokryć próbki liści/igieł. Zlewki przykryj parafilmem i pozostaw na 7 dni. Po upływie 7 dni, ostrożnie wylej płynną zawartość zlewek. Wyjmij próbki liści/igieł i dokładnie osusz za pomocą bibuły. Następnie odważ 2 g każdej z próbek i rozetrzyj w moździerzu z 5 ml wody destylowanej. Zawiesinę przenieś do kolby miarowej o pojemności 20 ml i dodaj do kreski miarowej roztwór acetonu. Kolbę zabezpiecz przed działaniem światła za pomocą folii aluminiowej. Kolbę mieszaj na wytrząsarce przez 10 minut, a następnie przesącz jej zawartość na lejku z bibułą filtracyjną. Do oznaczeń zachowaj klarowny filtrat. Oznacz zawartość chlorofilu w liściach przenosząc za pomocą pipety automatycznej 200 μl próby na płytkę 96-dołkową. Próby nanieś na mikropłytkę w trzech powtórzeniach. Zmierz absorbancję roztworów przy długości fali 660 nm, stosując jako próbę ślepą wodę destylowaną. Wyciągnij średnią z uzyskanych pomiarów. Wyniki przedstaw na wykresie, sformułuj obserwacje oraz wyciągnij wnioski.

5.4. Pytania kontrolne

- 5.4.1. Co to jest monitoring środowiska? Jakie są cele i podsystemy Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ)?
- 5.4.2. Omów sposób określania dawek i efektów toksycznych w ocenie skażeń środowiska. Wyjaśnij czym są bioindykatory.
- 5.4.3. Podaj charakterystykę porostów wykorzystywanych w bioindykacji.
- 5.4.4. Opisz testy stosowane do oceny toksyczności zanieczyszczeń.
- 5.4.5. Omów rodzaje i źródła zanieczyszczeń fizycznych środowiska.
- 5.4.6. Omów rodzaje i źródła zanieczyszczeń chemicznych środowiska.
- 5.4.7. Omów rodzaje i źródła zanieczyszczeń biologicznych środowiska.
- 5.4.8. Wymień najważniejsze gazy cieplarniane oraz omów źródła ich emisji. Wyjaśnij, w jaki sposób gazy cieplarniane przyczyniają się do globalnego ocieplenia.
- 5.4.9. W jaki sposób globalne ocieplenie wpływa na poziom mórz, wielkość opadów, organizmy żywe (w tym człowieka) i produkcję żywności?
- 5.4.10. Co to jest wzmocniony efekt cieplarniany?
- 5.4.11. Dlaczego wykres zmian zawartości CO₂ w atmosferze ma kształt "piły"?
- 5.4.12. Na czym polegają kontrowersje wokół efektu cieplarnianego i bilansu węgla w biosferze?
- 5.4.13. Porównaj rolę ozonu w niższych warstwach atmosfery oraz rolę ozonu w stratosferze.
- 5.4.14. W jaki sposób zachodzi rozpad ozonu?
- 5.4.15. Czym jest dziura ozonowa? Jakie są konsekwencje dziury ozonowej dla organizmów żywych?
- 5.4.16. W jaki sposób freony wpływają na niszczenie ozonu w stratosferze oraz na globalne ocieplenie?
- 5.4.17. Czym jest smog? Opisz jego przyczyny i konsekwencje dla zdrowia człowieka.
- 5.4.18. Porównaj rodzaje smogu. Opisz efekty oddziaływania różnych rodzajów smogu na organizmy żywe.

- 5.4.19. Omów wpływ ozonu, tlenków węgla, NO_x i SO_x na człowieka i środowisko.
- 5.4.20. Omów pierwotne i wtórne metody ochrony powietrza.
- 5.4.21. Omów toksyczność metali ciężkich na człowieka i środowisko.
- 5.4.22. Omów toksyczne oddziaływanie pestycydów, dioksyn i polichlorowanych bifenyli na człowieka i środowisko.
- 5.4.23. Omów wpływ czynników fizykochemicznych, biologicznych oraz środowiskowych na toksyczność związków chemicznych.
- 5.4.24. Czym są odpady? Jakie znasz ich rodzaje? Omów możliwości ponownego wykorzystania odpadów.
- 5.4.25. Opisz wskaźniki stosowane do oceny jakości wód powierzchniowych.
- 5.4.26. Na czym polega i jak przebiega proces uzdatniania wód powierzchniowych?
- 5.4.27. Omów rodzaje ochrony przeciwpowodziowej wraz z obiektami i środkami ochrony.
- 5.4.28. Wymień rodzaje nawozów i podstawowe zasady ich stosowania w rolnictwie.
- 5.4.29. Czym jest eutrofizacja?
- 5.4.30. Omów rodzaje i źródła zanieczyszczeń gleby, wody i powietrza pochodzenia rolniczego.
- 5.4.31. Omów sposoby ograniczenia zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego.
- 5.4.32. Jakie są założenia rolnictwa ekologicznego?
- 5.4.33. Czym jest GMO? Podaj przykłady roślin modyfikowanych genetycznie stosowanych w rolnictwie.
- 5.4.34. Czy inżynieria genetyczna ma zastosowanie w biotechnologii środowiskowej?
- 5.4.35. Podaj przykłady wykorzystania procesu fermentacji metanowej do usuwania zanieczyszczeń środowiska.
- 5.4.36. Opisz odnawialne źródła i zasoby energii.
- 5.4.37. Podaj definicję zdrowia środowiskowego i medycyny środowiskowej.
- 5.4.38. Opisz wpływ zanieczyszczeń powietrza na zdrowie człowieka.
- 5.4.39. Opisz wpływ zanieczyszczeń wody na zdrowie człowieka.
- 5.4.40. Opisz wpływ zanieczyszczeń gleby na zdrowie człowieka.

- 5.4.41. Opisz wpływ zanieczyszczeń żywności na zdrowie człowieka.
- 5.4.42. W jaki sposób działalność człowieka przyczynia się do spadku różnorodności biologicznej?
- 5.4.43. Omów zmiany relacji człowiek-środowisko na różnych etapach rozwoju społeczno-gospodarczego.
- 5.4.44. Podaj argumenty na poparcie stwierdzenia: *zanieczyszczenie środowiska jako naruszenie prawa do prywatności człowieka*.

5.5. Literatura

- 5.5.1. *Wybrane zagadnienia z ekologii i ekologii człowieka. Skrypt do ćwiczeń.* Maciejczyk M., Żendzian-Piotrowska M. Wydawnictwo Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku (2020).
- 5.5.2. *Biologia.* Solomon E., Berg L., Martin D. Wydawnictwo Multico (2019).
- 5.5.3. *Ćwiczenia Laboratoryjne z Chemii Wody.* Gomółka B., Gomółka E. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej (1992).
- 5.5.4. *Ćwiczenia z Podstaw Chemii Środowiska.* Wachowski L., Kirszensztejn P. Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (1999).
- 5.5.5. *Ekologia.* Krebs C. Wydawnictwo Naukowe PWN (2011).
- 5.5.6. *Ekologia człowieka. Tom 1.* Wolański N. Wydawnictwo Naukowe PWN (2006).
- 5.5.7. *Ekologia człowieka. Tom 2.* Wolański N. Wydawnictwo Naukowe PWN (2006).
- 5.5.8. *Ekologia. Krótkie Wykłady.* Mackenzie A., Ball A., Virdee S. Wydawnictwo Naukowe PWN (2009).
- 5.5.9. *Medycyna stylu życia.* Śliż D., Mamcarz A. Wydawnictwo Naukowe PWN (2009).
- 5.5.10. *Ochrona środowiska przyrodniczego.* Kiełczewski D., Dobrzańska B., Dobrzański G. Wydawnictwo Naukowe PWN (2018).
- 5.5.11. *Życie i ewolucja biosfery.* Weiner J. Wydawnictwo Naukowe PWN (2020).

6. Toksykologia żywności

6.1. Zagadnienia do przygotowania

- 6.1.1. Żywnienie a zdrowie człowieka.
- 6.1.2. Toksykologia żywności a toksykologia żywieniowa.
- 6.1.3. Substancje antyodżywcze w żywności.
- 6.1.4. Substancje dodatkowe w żywności.
- 6.1.5. Zanieczyszczenia żywności.

6.2. Słowo wprowadzające

Toksykologia żywności (ang. *food toxicology*) to dziedzina nauki badająca wpływ szkodliwych substancji naturalnych występujących w produktach spożywczych oraz wytwarzających się w nich wskutek działania czynników biologicznych, chemicznych i fizycznych, jak również w wyniku interakcji z pozostałymi składnikami żywności.

Toksykologia żywieniowa (ang. *nutritional toxicology*) to dziedzina nauki zajmująca się badaniem wpływu odżywienia organizmu, niedoborów i nadmiarów pokarmowych na toksyczne działanie ksenobiotyków, jak również wpływu ksenobiotyków na wartość odżywczą składników diety.

Zgodnie z ustawą o bezpieczeństwie żywności i żywienia z dnia 25.08.2006 r., zanieczyszczenie żywności stanowi każda substancja nieumyślnie dodana do żywności, która jest obecna w niej jako rezultat produkcji (w tym działalności związanej z gospodarką roślinną i zwierzęcą oraz działaniami w zakresie weterynarii), wytwarzania, przetwarzania, przygotowywania, obróbki, pakowania, opakowywania, transportu lub przechowywania takiej żywności, lub jako rezultat skażenia środowiska. Wyróżnia się zanieczyszczenia biologiczne, chemiczne i fizyczne żywności.

6.3. Część praktyczna

6.3.1. Oszacowanie pobrania metali ciężkich wraz z dietą

Na podstawie tabel dostarczonych przez prowadzącego zajęcia oszacuj codzienne pobranie metali ciężkich wraz z dietą (uwzględnij wszystkie posiłki z wczorajszego jadłospisu). Uzyskane wyniki porównaj z rozporządzeniem komisji UE nr 1881/2006 z 19.12.2006 r. ustalającym najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. Czy oszacowana zawartość ołowiu, kadmu, rtęci i cyny mieści się w granicach normy?

Środki spożywcze		Najwyższe dopuszczalne poziomy (mg/kg świeżej masy)
3.1	Ołów	
3.1.1	Surowe mleko, mleko poddane obróbce cieplnej i mleko służące do wytwarzania produktów na bazie mleka	0,020
3.1.2	Preparaty dla niemowląt i preparaty pochodne	0,020
3.1.3	Mięso (z wyłączeniem podrobów) wołowe, baranina, wieprzowina i mięso drobiowe	0,10
3.1.4	Podroby wołowe, baranie, wieprzowe i drobiowe	0,50
3.1.5	Mięso ryb	0,30
3.1.6	Skorupiaki, z wyłączeniem brązowego mięsa kraba oraz mięsa z głowy i tułowia homara i innych podobnych dużych skorupiaków (<i>Nephropidae</i> i <i>Palinuridae</i>)	0,50
3.1.7	Małże	1,5
3.1.8	Głownogi (bez trzewi)	1,0
3.1.9	Zboża i rośliny strączkowe	0,20
3.1.10	Warzywa, z wyłączeniem warzyw kapustnych, warzyw liściastych, świeżych ziół i grzybów. W przypadku ziemniaków najwyższy dopuszczalny poziom stosuje się do obranych ziemniaków	0,10

3.1.11	Warzywa kapustne, warzywa liściaste i grzyby uprawne	0,30
3.1.12	Owoce, z wyłączeniem jagód i małych owoców	0,10
3.1.13	Jagody i małe owoce	0,20
3.1.14	Tłuszcze i oleje, w tym tłuszcz mleczny	0,10
3.1.15	Soki owocowe, koncentraty soków owocowych po rozcieńczeniu wodą oraz nektary owocowe	0,050
3.1.16	Wino (w tym wino musujące, z wyłączeniem wina likierowego), jabłecznik, wino gruszkowe i wino owocowe	0,20
3.1.17	Wina aromatyzowane, aromatyzowane napoje winopochodne i aromatyzowane koktajle winopodobne	0,20
3.2	Kadm	
3.2.1	Mięso (z wyłączeniem podrobów) wołowe, baranina, wieprzowina i mięso drobiowe	0,050
3.2.2	Konina, z wyłączeniem podrobów	0,20
3.2.3	Wątroba wołowa, barania, wieprzowa, drobiowa i końska	0,50
3.2.4	Nerki wołowe, baranie, wieprzowe, drobiowe i końskie	1,0
3.2.5	Mięso ryb, z wyjątkiem gatunków wymienionych w pkt 3.2.6 i 3.2.7	0,050
3.2.6	Mięso następujących ryb sardela (gatunki <i>Engraulis</i>) pelamida (<i>Sarda sarda</i>) amarel (<i>Diplodus vulgaris</i>) węgorz (<i>Anguilla anguilla</i>) cefal morski (<i>Mugil labrosus labrosus</i>) ostrobok (gatunki <i>Trachurus</i>) louvar lub luvar (<i>Luvarus imperialis</i>) sardynka (<i>Sardina pilchardus</i>) sardynops (<i>Sardinops species</i>) tuńczyk (gatunki <i>Thunnus</i> , gatunki <i>Euthynnus</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i>) sola piaszczyca (<i>Dicologlossa cuneata</i>)	0,10
3.2.7	Mięso włócznika (<i>Xiphias gladius</i>)	0,30

3.2.8	Skorupiaki, z wyłączeniem brązowego mięsa kraba oraz mięsa z głowy i tułowia homara i innych podobnych dużych skorupiaków (<i>Nephropidae</i> i <i>Palinuridae</i>)	0,50
3.2.9	Małże	1,0
3.2.10	Głównonogi (bez trzewi)	1,0
3.2.11	Zboża, z wyłączeniem otrębów, zarodków, pszenicy i ryżu	0,10
3.2.12	Otręby, zarodki, pszenica i ryż	0,20
3.2.13	Nasiona soi	0,20
3.2.14	Warzywa i owoce, z wyłączeniem warzyw liściastych, świeżych ziół, grzybów, warzyw łodygowych, orzeszków piniowych, warzyw korzeniowych i ziemniaków	0,050
3.2.15	Warzywa liściaste, świeże zioła, grzyby uprawne i seler	0,20
3.2.16	Warzywa łodygowe, warzywa korzeniowe i ziemniaki, z wyłączeniem selera. W przypadku ziemniaków najwyższy dopuszczalny poziom stosuje się do obranych ziemniaków	0,10
3.3	Rtęć	
3.3.1	Produkty rybołówstwa i mięso ryb, z wyłączeniem gatunków wymienionych w pkt 3.3.2. Najwyższy dopuszczalny poziom stosuje się do skorupiaków, z wyłączeniem brązowego mięsa kraba oraz mięsa z głowy i tułowia homara i innych podobnych dużych skorupiaków (<i>Nephropidae</i> i <i>Palinuridae</i>)	0,50
3.3.2	Mięso następujących ryb: żabnica (gatunki <i>Lophius</i>) zębacz smugowy (<i>Anarhichas lupus</i>) pelamida (<i>Sarda sarda</i>) węgorz (gatunki <i>Anguilla</i>) gardłosz (gatunki <i>Hoplostethus</i>) grenadier (<i>Coryphaenoides rupestris</i>) halibut (<i>Hippoglossus hippoglossus</i>) marlin (gatunki <i>Makaira</i>) smuklica (gatunki <i>Lepidorhombus</i>) barwena (gatunki <i>Mullus</i>) szczupak (<i>Esox lucius</i>) orcyn (<i>Orcynopsis unicolor</i>) karlik (<i>Tricopterus minutes</i>)	1,0

	koleń iberyjski (<i>Centroscymnus coelolepis</i>) raja (gatunki <i>Raja</i>) karmazyn (<i>Sebastes marinus</i> , <i>S. mentella</i> , <i>S. viviparus</i>) żaglica (<i>Istiophorus platypterus</i>) pałasz ogoniasty (<i>Lepidopus caudatus</i> , <i>Aphanopus carbo</i>) morlesz (gatunki <i>Pagellus</i>) rekin (wszystkie gatunki) gempel lub kostropak (<i>Lepidocybium flavobrunneum</i> , <i>Ruvettus pretiosus</i> , <i>Gempylus serpens</i>) jesiotr (gatunki <i>Acipenser</i>) włócznik (<i>Xiphias gladius</i>) tuńczyk (gatunki <i>Thunnus</i> , gatunki <i>Euthynnus</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i>)	
3.4	Cyna (nieorganiczna)	
3.4.1	Żywność w puszkach z wyłączeniem napojów	200
3.4.2	Napoje w puszkach, w tym soki owocowe i warzywne	100
3.4.3	Produkty w puszkach dla niemowląt i produkty w puszkach dla niemowląt i małych dzieci na bazie przetworów zbożowych z wyłączeniem produktów suszonych i w postaci proszku	50
3.4.4	Preparaty w puszkach do początkowego żywienia niemowląt i preparaty w puszkach do dalszego żywienia niemowląt, w tym początkowe mleko dla niemowląt i mleko następne dla niemowląt, z wyłączeniem produktów suszonych i w postaci proszku	50
3.4.5	Dietetyczne produkty spożywcze specjalnego przeznaczenia medycznego w puszkach, przeznaczone specjalnie dla niemowląt, z wyłączeniem produktów suszonych i sproszkowanych	50

6.3.2. **Oszacowanie pobrania dioksyn wraz z dietą**

Na podstawie tabel dostarczonych przez prowadzącego zajęcia oszacuj dzienne pobranie dioksyn wraz z dietą (uwzględnij wszystkie posiłki z wczorajszego jadłospisu). Uzyskane wyniki porównaj z rozporządzeniem komisji UE nr 1881/2006 z 19.12.2006 r. ustalającym najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. Czy oszacowana zawartość dioksyn mieści się w granicach normy?

Środki spożywcze		Najwyższe dopuszczalne poziomy	
		Suma dioksyn	Suma dioksyn i polichlorowanych bifenyli o właściwościach podobnych do dioksyn
5.1	Mięso i produkty mięsne (z wyłączeniem jadalnych podrobów) następujących zwierząt		
	bydło i owce	3,0 pg/g tłuszczu	4,5 pg/g tłuszczu
	drób	2,0 pg/g tłuszczu	4,0 pg/g tłuszczu
	świnie	1,0 pg/g tłuszczu	1,5 pg/g tłuszczu
5.2	Wątroba zwierząt lądowych, o których mowa w pkt 5.1 i produkty z niej pochodzące	6,0 pg/g tłuszczu	12,0 pg/g tłuszczu
5.3	Mięso ryb i produkty rybołówstwa oraz produkty z nich pochodzące, z wyłączeniem węgorza. Najwyższy dopuszczalny poziom stosuje się do skorupiaków, z wyłączeniem brązowego mięsa kraba oraz mięsa głowy i tułowia homara i innych podobnych dużych skorupiaków (<i>Nephropidae</i> i <i>Palinuridae</i>)	4,0 pg/g świeżej masy	8,0 pg/g świeżej masy
5.4	Mięso z węgorza (<i>Anguilla anguilla</i>) i produkty z niego pochodzące	4,0 pg/g świeżej masy	12,0 pg/g świeżej masy
5.5	Surowe mleko i produkty mleczne, w tym masło	3,0 pg/g tłuszczu	6,0 pg/g tłuszczu
5.6	Jaja kurze i wyroby z jaj	3,0 pg/g tłuszczu	6,0 pg/g tłuszczu
5.7	Tłuszcz z następujących zwierząt:		
	bydło i owce	3,0 pg/g tłuszczu	4,5 pg/g tłuszczu

	drób	2,0 pg/g tłuszczu	4,0 pg/g tłuszczu
	świnie	1,0 pg/g tłuszczu	1,5 pg/g tłuszczu
5.8	Mieszane tłuszcze zwierzęce	2,0 pg/g tłuszczu	3,0 pg/g tłuszczu
5.9	Oleje i tłuszcze roślinne	0,75 pg/g tłuszczu	1,5 pg/g tłuszczu
5.10	Oleje ze zwierząt morskich (olej z ryb, olej z wątroby rybnej i oleje z innych morskich organizmów przeznaczone do spożycia przez ludzi)	2,0 pg/g tłuszczu	10,0 pg/g tłuszczu

6.3.3. **Oszacowanie pobrania wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych wraz z dietą**

Na podstawie tabel dostarczonych przez prowadzącego zajęcia oszacuj dzienne pobranie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych wraz z dietą (uwzględnij wszystkie posiłki z wczorajszego jadłospisu). Uzyskane wyniki porównaj z rozporządzeniem komisji UE nr 1881/2006 z 19.12.2006 r. ustalającym najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. Czy oszacowana zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych mieści się w granicach normy?

Środki spożywcze		Najwyższe dopuszczalne poziomy (µg/kg świeżej masy)
6.1	Benzo(a)piren	
6.1.1	Oleje i tłuszcze (z wyłączeniem masła kakaowego) przeznaczone do bezpośredniego spożycia przez ludzi lub do stosowania jako składnik w produktach spożywczych	2,0

6.1.2	Mięso wędzone i produkty mięsne wędzone	5,0
6.1.3	Mięso ryb wędzone i produkty rybołówstwa wędzone z wyłączeniem małży dwuskorupowych. Najwyższy dopuszczalny poziom stosuje się do wędzonych skorupiaków, z wyłączeniem brązowego mięsa kraba oraz mięsa z głowy i tułowia homara i innych podobnych dużych skorupiaków (Nephropidae i Palinuridae)	5,0
6.1.4	Mięso ryb, innych niż wędzone	2,0
6.1.5	Skorupiaki, głowonogi, inne niż wędzone. Najwyższy dopuszczalny poziom stosuje się do skorupiaków, z wyłączeniem brązowego mięsa kraba oraz mięsa z głowy i tułowia homara i innych podobnych dużych skorupiaków (Nephropidae i Palinuridae)	5,0
6.1.6	Małże	10,0
6.1.7	Przetworzona żywność na bazie zbóż oraz żywność dla niemowląt i małych dzieci	1,0
6.1.8	Preparaty do początkowego żywienia niemowląt i preparaty do dalszego żywienia niemowląt, w tym początkowe mleko dla niemowląt i mleko następne	1,0
6.1.9	Produkty dietetyczne specjalnego przeznaczenia medycznego, przeznaczone specjalnie dla niemowląt	1,0

6.3.4. Pasożyty obecne w żywności

Zapoznaj się z instrukcją użytkowania mikroskopu optycznego. Następnie, dokonaj obserwacji mikroskopowych (4x, 10x, 40x) następujących preparatów trwałych: *Giardia lamblia* – trofozoit, cysta; *Entamoeba histolytica* s. lato – trofozoit, cysta; *Trichomonas vaginalis* – trofozoit; *Plasmodium spp.* – śródkrwinkowe stadia rozwojowe; *Toxoplasma gondii* – trofozoit; *Taenia solium* – jajo, skoleks, proglotyd maciczny; *Echinococcus granulosus* s. lato – protoskoleksy, przekrój przez ścianę cysty; *Enterobius vermicularis* – samica, jajo; *Ascaris lumbricoides* – jaja zapłodnione, niezapłodnione; *Trichinella spiralis* s. lato – larwa; *Ixodes ricinus* – larwa, nimfa.

Wykonaj rysunek poglądowy oraz odpowiedz na pytania.

- 6.3.4.1. Omów chorobotwórczość oraz cykle rozwojowe oglądanych pasożytów.
- 6.3.4.2. Opisz interakcje w układzie ofiara-żywiciel w odniesieniu do człowieka i oglądanych pasożytów.
- 6.3.4.3. Jakie zachowania człowieka sprzyjają rozprzestrzenianiu się pasożytów w antropocenozie?
- 6.3.4.4. Omów środowiskowe uwarunkowania chorób pasożytniczych.

6.3.5. Identyfikacja barwników syntetycznych w produktach spożywczych

Materiały	<i>napoje owocowe, wyciągi barwników</i>
Odczynniki	<i>1% NH₄OH, 1% NaCl, woda destylowana, stężony kwas siarkowy, stężony kwas solny, 10% NaOH</i>
Sprzęt	<i>probówki typu Falcon 50 ml, paski bibuły do chromatografii, porcelanowe płytki wielomiejscowe</i>
Wykonanie	<i>Do probówek wlać po ok. 5 ml NH₃, NaCl lub wody destylowanej (w zależności od rodzaju barwnika, zgodnie z instrukcją prowadzącego).</i> <i>Na bibułę nanieść kroplę wyciągu barwników i umieścić w probówce do rozwinięcia (ok. 1-2 godziny). Chromatogramy wysuszyć i wyciąć paski zabarwione jedną barwą. Na podstawie reakcji barwnych z różnymi odczynnikami przeprowadzić identyfikację barwników. Wycięte paski bibuły rozdzielić na cztery części i każdą z nich zanurzyć w kilku kroplach wody destylowanej na płytce i odczytać barwę roztworu.</i> <i>Dodać po 3 krople odpowiednio: II dołek – stężony kwas siarkowy III dołek – stężony kwas solny IV dołek – NaOH oraz określić barwę, a następnie wyniki porównać z tabelą w celu ustalenia jakie barwniki występują w badanych produktach.</i> <i>Korzystając z „Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 22.10.2010 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych” stwierdzić, czy barwniki te mogą być stosowane.</i>

Reakcje roztworów wodnych syntetycznych barwników żywnościowych

nazwa barwnika i oznaczenie w UE	barwa			
	roztwór wodny (I dołek)	roztwór wodny		
		+ stężony H_2SO_4 (II dołek)	+ stężony HCl (III dołek)	+ 10% $NaOH$ (IV dołek)
amarant E 123	amarantowa	amarantowa	ciemnoamarantowa	brunatno- malinowa
azorubina E 122	różowa	fioletoworóżowa	fioletoworóżowa	bladoróżowa
 błękit brylantowy E 133	jaskrawoniebieska	zielonkawooliwkowa	żółta	niebieska
czern brylantowa E 151	granatowofioletowa	zielona	niebieskoszara	fioletowoszara
czwień koszenilowa E 120	czerwona	malinowoczerwona	malinowa	jasnobrązowa
erytrozyna E 127	intensywnie różowa	brzoskwiniowomorelowa	brzoskwiniowomorelowa	intensywnie różowa
indygotyna E 132	niebieska	niebieska	niebieska	żółta
tatracyyna E 102	Żółta	cytrynowożółta	żółta	żółta
zieleń S E 142	turkusowa	jasnobrunatnożółta	jasnobrunatnożółta	niebieska
żółcień chinolinowa E 104	cytrynowa	żółta	bladożółta	cytrynowozielon- kawa
żółcień pomarań- czowa E 110	pomarańczowa z odcieniem czerwonym	różowopomarańczowa	pomarańczowobrzowa	pomarańczowa

6.3.6. Wykrywanie kwasu benzoesowego oraz salicylowego w produktach owocowo-warzywnych

Materiały	przetwory owocowo-warzywne
Odczynniki	woda destylowana, 1% FeCl ₃
Sprzęt	zlewki szklane, cylindry miarowe 20 ml, łaźnia wodna, porcelanowe płytki wielomiejscowe, sączki filtracyjne, lejki szklane
Wykonanie	Odważyć w zlewkach po 5 g badanych próbek, dodać 20 ml wody destylowanej, wymieszać, podgrzać w łaźni wodnej, przesączyć przez sączek i wymieszać. Następnie kilka kropli przesączu przenieść na płytkę i dodać 1 kroplę FeCl ₃ . Jeśli pojawi się brudnopomarańczowe zabarwienie, świadczy to o obecności kwasu benzoesowego, z kolei fioletowa barwa oznacza dodatek kwasu salicylowego – substancji nie dopuszczonej w Polsce do utrwalania żywności.

6.3.7. Wykrywanie obecności sacharyny w żywności

Materiały	przetwory owocowe
Odczynniki	płyn Lugola
Sprzęt	probówki szklane, zakraplacz
Wykonanie	Do probówek wlać po 2 ml badanych próbek i dodać po kropli płynu Lugola. Jeśli pojawią się igiełkowate, ciemne kryształy – świadczy to o obecności sacharyny w badanej próbce.

6.4. Pytania kontrolne

- 6.4.1. Wyjaśnij różnice między toksykologią żywieniową i toksykologią żywności.
- 6.4.2. Podaj definicję zanieczyszczeń żywności oraz dokonaj ich klasyfikacji.
- 6.4.3. Podaj definicję zafałszowanej żywności oraz dokonaj jej klasyfikacji.
- 6.4.4. Opisz metody stosowane do oceny toksyczności substancji chemicznych znajdujących się w żywności.
- 6.4.5. Scharakteryzuj substancje toksyczne i antyodżywcze występujące w żywności.
- 6.4.6. Omów źródła i rodzaje substancje obcych w żywności pochodzących z powietrza atmosferycznego.

- 6.4.7. Omów toksyczność dodatków do żywności.
- 6.4.8. Omów toksyczność metyloksantyn obecnych w kawie i herbatce.
- 6.4.9. Omów toksyczność azotanów i nitrozoamin zawartych w żywności.
- 6.4.10. Scharakteryzuj wpływ zanieczyszczeń żywności substancjami organicznymi (WWA, PCB, PCT, dioksyny, akrylamid, HAA) na zdrowie człowieka.
- 6.4.11. Scharakteryzuj wpływ zanieczyszczeń żywności metalami ciężkimi na zdrowie człowieka.
- 6.4.12. Scharakteryzuj wpływ zanieczyszczeń żywności pestycydami na zdrowie człowieka.
- 6.4.13. Omów toksyczność związków endokrynnie czynnych dostających się do żywności i wody pitnej.
- 6.4.14. Omów rodzaje i źródła zanieczyszczeń biologicznych żywności.
- 6.4.15. Omów wpływ zanieczyszczeń biologicznych żywności na zdrowie człowieka.
- 6.4.16. Omów skutki skażenia radiacyjnego żywności na zdrowie człowieka.
- 6.4.17. Omów systemy nadzoru nad jakością zdrowotną żywności w Polsce i Europie.

6.5. Literatura

- 6.5.1. *Toksykologia żywności*. Brzozowska A. Wydawnictwo SGGW (2010).
- 6.5.2. *Wybrane zagadnienia z ekologii i ekologii człowieka. Skrypt do ćwiczeń*. Maciejczyk M., Żendzian-Piotrowska M. Wydawnictwo Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku (2020).
- 6.5.3. *Toksykologia współczesna*. Seńczuk W. Wydawnictwo Naukowe PZWL (2020).
- 6.5.4. *Toksykologia środowiska*. Manahan S. Wydawnictwo Naukowe PWN (2012).
- 6.5.5. *Ćwiczenia Laboratoryjne z Chemii Wody*. Gomółka B., Gomółka E. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej (1992).
- 6.5.6. *Ćwiczenia z Podstaw Chemii Środowiska*. Wachowski L., Kirszensztejn P. Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (1999).
- 6.5.7. *Medycyna stylu życia*. Śliż D., Mamcarz A. Wydawnictwo Naukowe PWN (2009).

7. Wzór sprawozdania z zadań rachunkowych/ćwiczeń laboratoryjnych

Imię i Nazwisko	Data wykonania ćwiczenia (nie data przygotowania sprawozdania)
Nr grupy	
TYTUŁ ĆWICZENIA	
1. CEL ĆWICZENIA <i>Zdanie opisujące główny cel i cele poboczne (jeśli są obecne).</i>	
2. CZĘŚĆ TEORETYCZNA (10-15 zdań) <i>Krótkie nawiązanie do tematyki zagadnienia, potrzeby wykonania badania, celowości wybranej metodyki i jej ograniczeń.</i>	

3. CZĘŚĆ METODYCZNA

Najważniejsze etapy pracy, wskazanie mas naważek i stężeń, które należy potem użyć do obliczeń.

4. WYNIKI

Stabelaryzowane lub graficznie przedstawione wyniki wraz z obliczeniami. Nawiązanie do norm, wcześniejszych wyników (dane literaturowe, raporty), porównanie wyników pomiędzy sobą. Jeżeli nie podano inaczej, wyniki przedstawić w formie średnich i odchyleń.

5. WNIOSKI

Wnioski wynikające z ćwiczenia wraz z krótkim komentarzem.

6. ZALICZENIE

Data i podpis prowadzącego

8. Literatura podstawowa

- 8.1.1. *Podstawy ekotoksykologii*. Walker C., Hopkin S. Sibly R., Peakall D. Wydawnictwo Naukowe PWN (2002).
- 8.1.2. *Wybrane zagadnienia z ekologii i ekologii człowieka. Skrypt do ćwiczeń*. Maciejczyk M., Żendzian-Piotrowska M. Wydawnictwo Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku (2020).
- 8.1.3. *Toksykologia*. Jurowski K., Piekoszewski W. Wydawnictwo Naukowe PZWL (2020).
- 8.1.4. *Toksykologia współczesna*. Seńczuk W. Wydawnictwo Naukowe PZWL (2020).
- 8.1.5. *Toksykologia środowiska*. Manahan S. Wydawnictwo Naukowe PWN (2012).
- 8.1.6. *Toksykologia żywności*. Brzozowska A. Wydawnictwo SGGW (2010).

9. Literatura uzupełniająca

- 9.1.1. *Ochrona środowiska przyrodniczego*. Kietczewski D., Dobrzańska B., Dobrzański G. Wydawnictwo Naukowe PWN (2018).
- 9.1.2. *Ćwiczenia z Podstaw Chemii Środowiska*. Wachowski L., Kirszensztejn P. Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (1999).
- 9.1.3. *Ćwiczenia Laboratoryjne z Chemii Wody*. Gomółka B., Gomółka E. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej (1992).
- 9.1.4. *Medycyna stylu życia*. Śliż D., Mamcarz A. Wydawnictwo Naukowe PWN (2009).
- 9.1.5. *Życie i ewolucja biosfery*. Weiner J. Wydawnictwo Naukowe PWN (2020).
- 9.1.6. *Biologia*. Solomon E., Berg L., Martin D. Wydawnictwo Multico (2019).
- 9.1.7. *Ekologia*. Krebs C. Wydawnictwo Naukowe PWN (2011).
- 9.1.8. *Ekologia człowieka. Tom 1*. Wolański N. Wydawnictwo Naukowe PWN (2006).
- 9.1.9. *Ekologia człowieka. Tom 2*. Wolański N. Wydawnictwo Naukowe PWN (2006).
- 9.1.10. *Ekologia. Krótkie Wykłady*. Mackenzie A., Ball A., Virdee S. Wydawnictwo Naukowe PWN (2009).
- 9.1.11. *Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych. Chemia zanieczyszczeń środowiska*. Uniwersytet Gdański (2018).

