

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Ryby – pozitiva a negativa jejich konzumace

Bakalářská práce

Jan Sokol

Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů

Ing. Matyáš Orsák, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Ryby – pozitiva a negativa jejich konzumace" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26. 4. 2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Matyáši Orsákovi, Ph. D. za vedení mé bakalářské práce, jeho trpělivost, ochotu, věcné připomínky k ní a cenné rady v průběhu celého studia. Dále bych také poděkoval své rodině a kamarádům za podporu v průběhu celého studia.

Ryby – pozitiva a negativa jejich konzumace

Souhrn

Ryby představují významnou součást živočišné říše a zásadní prvek v mnoha ekosystémech po celém světě. Tato bakalářská práce popisuje rozdělení, složení a hodnocení pozitivních a negativních aspektů konzumace sladkovodních a mořských ryb.

Práce základně popisuje různorodost ryb podle druhového zařazení a jejich složení, včetně obsahu bílkovin, esenciálních lipidů, minerálních látek a vitaminů. Ryby jsou zdroj nutričních složek, které jsou nezbytné pro lidské zdraví a jsou významným zdrojem kvalitních proteinů, které obsahují všechny esenciální aminokyseliny potřebné pro lidské tělo. Kromě toho jsou bohaté na omega-3 a omega-6 mastné kyseliny, zejména EPA a DHA, které hrají důležitou roli v prevenci kardiovaskulárních onemocnění a podporují zdraví mozku a očí. Ryby jsou také zdrojem mnoha důležitých vitaminů, včetně vitaminů A, D a některých vitaminů skupiny B, které podporují energetický metabolismus, nervový systém a zdravou funkci imunitního systému.

Ryby také poskytují důležité minerální látky jako fosfor, draslík, jód a vápník a mnoho dalších, které jsou klíčové pro udržení zdravé kostní struktury a činnosti žláz s vnitřní sekrecí. Jód je důležitý pro správné fungování štítné žlázy. Vápník je důležitý pro zdraví kostí a svalové funkce.

V práci jsou rovněž zmíněny v rámci nutričních hodnot obsahy jednotlivých minerálních látek. Dále jsou zde zmíněny obsahy stopových látek, energetická hodnota a dietetické účinky ryb zabývají se pozitivními účinky na lidské zdraví.

Práce popisuje negativní dopady spojené s konzumací ryb. Jedním z hlavních rizik spojených s konzumací ryb je akumulace těžkých kovů a toxických látek, které mohou být přítomny v mořských i sladkovodních ekosystémech. Tyto kontaminanty se mohou akumulovat v těle ryb. Nadměrná konzumace ryb tak může být příčinou vážných zdravotních problémů např. neurologických poruch a zvýšeného rizika rakoviny.

Práce také popisuje aspekty rybolovu, které zahrnují problémy spojené s nadměrným rybolovem vedoucím k degradaci vodních ekosystémů, snížení biodiverzity a udržitelného rybolovu, který by mohl minimalizovat negativní dopady na životní prostředí.

Klíčová slova: bílkoviny; dietetické účinky; lipidy; nutriční hodnota; těžké kovy; toxické látky; vitaminy

Fish – the positives and negatives of consuming them

Summary

Fish are a significant part of the animal kingdom and an essential element in many ecosystems around the world. This bachelor's thesis describes the distribution, composition and evaluation of positive and negative aspects of consumption of freshwater and marine fish.

The work basically describes the diversity of fish according to species classification and their composition, including the content of proteins, essential lipids, minerals and vitamins. Fish are a source of nutritional components that are essential for human health and are an important source of quality proteins that contain all the essential amino acids needed by the human body. In addition, they are rich in omega-3 and omega-6 fatty acids, especially EPA and DHA, which play an important role in preventing cardiovascular disease and supporting brain and eye health. Fish is also a source of many important vitamins, including vitamins A, D and some B vitamins, which support energy metabolism, the nervous system and healthy immune system function. Fish also provide important minerals such as phosphorus, potassium, iodine and calcium and many others, which are key to maintaining healthy bone structure and endocrine gland activity. Iodine is important for the proper functioning of the thyroid gland. Calcium is important for bone health and muscle function.

The contents of individual mineral substances are also mentioned in the work as part of the nutritional values. The contents of trace substances, energy value and dietary effects of fish are also mentioned here, dealing with positive effects on human health.

The thesis describes the negative effects associated with the consumption of fish. One of the main risks associated with eating fish is the accumulation of heavy metals and toxic substances that can be present in both marine and freshwater ecosystems. These contaminants can accumulate in the fish's body. Excessive consumption of fish can thus be the cause of serious health problems, such as neurological disorders and an increased risk of cancer.

The work also describes aspects of fishing that include problems associated with overfishing leading to degradation of aquatic ecosystems, reduction of biodiversity and sustainable fishing that could minimize negative environmental impacts.

Keywords: proteins; dietary effects; lipids; nutritional value; heavy metals; toxic substances; vitamins

Obsah

1	Úvod	8
2	Cíl práce	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Ryby	10
3.1.1	Anatomie	10
3.1.2	Druhy ryb	10
3.1.3	Čeledi ryb podle prostředí, kde žijí	11
3.1.3.1	Sladkovodní ryby	11
3.1.3.2	Mořské ryby	12
3.2	Složení rybího masa	13
3.2.1	Voda	13
3.2.2	Bílkoviny	14
3.2.3	Lipidy	14
3.2.4	Minerální látky	15
3.2.4.1	Jód	15
3.2.4.2	Vápník	16
3.2.4.3	Fosfor	16
3.2.4.4	Sodík	16
3.2.4.5	Draslík	17
3.2.5	Vitaminy	17
3.2.5.1	Vitamin A (retinol)	17
3.2.5.2	Vitamin D (kalciferol)	18
3.2.5.3	Vitaminy skupiny B	18
3.2.6	Sacharidy	20
3.3	Pozitiva konzumace ryb	20
3.3.1	Nutriční hodnota	20
3.3.2	Dietetické účinky	21
3.4	Negativa konzumace ryb	22
3.4.1	Toxické látky	23
3.4.1.1	Polychlorované bifenoly (PCB)	23
3.4.1.2	Mikroplasty	24
3.4.2	Těžké kovy	25
3.4.2.1	Rtuť	26

3.4.2.2	Kadmium	27
3.4.2.3	Arsen	28
3.5	Rybolov	29
3.5.1	Udržitelný rybolov.....	30
3.5.2	Nadměrný rybolov	30
4	Závěr	31
5	Literatura.....	32
5.1	Knižní zdroje.....	32
5.2	Internetové články	33
5.3	Internetové články	38
6	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	39

1 Úvod

Ryby jsou běžnou potravinou v mnoha kulturách a jsou konzumovány pro svou chuť, nutriční hodnotu a zdravotní přínosy. Ryby jsou bohaté na bílkoviny, lipidy, vitaminy, minerální látky, omega-3 a omega-6 mastné kyseliny. Proto jsou důležitou součástí vyvážené stravy. Konzumace ryb však není bez rizik. Ryby mohou obsahovat těžké kovy, toxické látky a další kontaminanty, které mohou být škodlivé pro lidské zdraví. Tento příspěvek podrobně prozkoumává pozitiva a negativa konzumace ryb se zaměřením na dietetické účinky, nutriční hodnotu, těžké kovy, toxické látky a vitaminy. Konzumace ryb je spojována se snižováním rizika různých nežádoucích zdravotních stavů, včetně srdečních chorob a mrtvice.

2 Cíl práce

Z literárních zdrojů zajistit dostatečný počet validních informací k vypracování bakalářské práce. V práci se zaměřit především na obsahové látky v rybách, v jejich požitelných částech a na pozitiva a negativa jejich příjmu. U nejdůležitějších se též zmínit o možnostech jejich stanovení.

3 Literární rešerše

3.1 Ryby

Ryby jsou vodní obratlovci, kteří tvoří významnou část živočišné říše. Zatím bylo popsáno přes 33 000 druhů ryb, což z nich dělá nejrozmanitější skupinu obratlovců. Z tohoto celkového počtu asi 60 % připadá na mořské ryby a zbytek na ryby sladkovodní (Hanel et Andreska 2013).

Ryby jsou základním zdrojem potravy pro člověka a jiná zvířata. Hrají zásadní roli v ekosystémech světových oceánů, řek a jezer. Některé druhy ryb, jako je losos a pstruh, jsou indikátory zdraví sladkovodních ekosystémů. Ryby jako predátoři a kořist pomáhají kontrolovat populace jiných vodních organismů, čímž přispívají k celkovému zdraví a biologické rozmanitosti ekosystému (Pipová et al. 2006).

3.1.1 Anatomie

Ryby mají řadu adaptací, které jim umožňují prospívat ve svém životním prostředí. Mají systém bočních linií, který detekuje vibrace a pohyby ve vodě, pomáhá jim najít kořist a vyhnout se predátorům. Ryby mají také plavecký měchýř, vnitřní orgán regulující jejich vztlak ve vodě. Mají dvoukomorové srdce, které pumpuje krev přes žábry, kde dochází k jejímu okysličení (Adámek et al. 2015).

Ryby mají aerodynamický tvar těla, který je uzpůsoben pro efektivní plavání. Mají také ploutve, které jim pomáhají manévrovat ve vodě. Ryby mají různé ploutve, včetně hřbetních, řitních, prsních, pánevních a ocasních. Mají silný svalový systém, který je uzpůsoben k plavání. Ryby mají také specializované svaly nazývané myomery, které jsou uspořádány v sérii klikatých pásů ve tvaru W a poskytují primární sílu pro pohyb ve vodě. (Dvořák et al. 2020).

3.1.2 Druhy ryb

Ryby se dělí do tří skupin: ryby bez čelistí, chrupavčité ryby a kostnaté ryby. Ryby bez čelistí, jako jsou mihule a hagfish (sliznatky), nemají žádné čelisti a sají potravu z těla kořisti. Chrupavčité ryby, jako jsou jeseteři, mají kostru tvořenou z chrupavky místo kostí. Kostnaté ryby, jako jsou losos a pstruh, mají kostru tvořenou kostmi a jsou nejrozmanitější skupinou ryb (Hanel et Andreska 2013). Ryby můžeme rozdělovat také dle prostředí ve kterém žijí, a to na sladkovodní a mořské. Některé druhy ryb mohou žít jen ve slané vodě, jiné jen ve sladké vodě. Některé druhy mohou žít ve slané i sladké vodě (*Od agamy po žraloka* 1974).

3.1.3 Čeledi ryb podle prostředí, kde žijí

3.1.3.1 Sladkovodní ryby

Sladkovodní ryby obývají sladkovodní ekosystémy, mezi které řadíme např. jezera, rybníky a řeky. V dnešní době existuje na celém světě mnoho rybích farem a chovů, kde jsou sladkovodní ryby chovány a následně prodávány na trzích (Ingr 2010).

3.1.3.1.1 Kaprovití

Buchtová (2001) uvádí, že čeleď kaprovití (*Cyprinidae*) je jedna z nejrozmanitějších a nejrozsáhlejších čeledí sladkovodních ryb. Zahrnuje známé druhy jako kapr obecný (*Cyprinus carpio*), cejn (*Abramis*), karas (*Carassius*) a mnoho dalších (Pipová 2006). Adámek et al. (2015) říkají, že je pro ně charakteristická adaptabilita a schopnost přežít v různých vodách. Kaprovití (*Cyprinidae*) mají charakteristicky protáhlé až robustní tělo, které je pokryto šupinami, ale u některých druhů mohou být velmi malé nebo nepatrné. Jejich ploutve nejsou tuhé a nejsou vybaveny ostny. Okolo úst mývají vousky nazývané barbely, které využívají k hledání potravy na dně vod, štěrků nebo bahně.

Kaprovití (*Cyprinidae*), zejména kapr obecný (*Cyprinus carpio*) jsou často chováni v rybářských chovech a akvakultuře pro svou výživovou hodnotu. V některých částech světa je jejich lov důležitou součástí ekonomiky a jejich využití chovu a akvakultuře má dlouhou historii (Hanel et Novák 2002).

3.1.3.1.2 Sumcovití

Čeleď sumcovití (*Siluriformes*) je rozmanitá skupina sladkovodních ryb rozšířená po celém světě. Sumcovití (*Siluriformes*) mají menší oči, za to dobře vyvinuté vousky, které používají k rozpoznání vodního dna a potravy v kalných vodách nebo při lovení v noci. Jsou to ryby žijící převážně u dna a mnoho sumců nemá tělo pokryto šupinami. Charakteristickým znakem je obrovská ocasní ploutev a malá tuková ploutvička (Hanel et Novák 2002).

Sumcovité (*Siluriformes*) ryby jsou oblíbené v mnoha kulturách jihovýchodní Asie a Jižní Ameriky pro své chutné maso, které je dobrým zdrojem proteinů a malým počtem kostí. Jsou také oblíbené ve sportovním rybolovu jako cenné trofeje (Hanel 1998).

3.1.3.1.3 Lososovití

Čeď lososovití (*Salmonidae*) jsou více rozšířena v chladnějších vodách severní polokoule, včetně severní Evropy, Asie a Severní Ameriky (Hanel 2000). Mnoho druhů migruje mezi mořem a řekami. Tento životní cyklus známý jako anadromní migrace, kdy tráví většinu života ve slaných vodách a poté putují zpátky do sladkých vody, aby založily další generaci. Lososovití (*Salmonidae*) mají protáhlá a dlouhá těla, aby mohli efektivně plavat v rychlých vodách a mohli překonávat překážky při cestě do rodných řek. Jejich barva se liší v závislosti na druhu, pohlaví a životním cyklu. V moři jsou lososi na bocích zbarveni stříbrno-modře a při návratu do sladkých vod jejich tělo postupně tmavne do tmavě modré barvy (le Francois et al. 2010).

Jejich maso je ceněno, pro svoji texturu a dobré chuťové vlastnosti, obsah minerálních látek a omega-3 mastným kyselinám, které jsou prospěšné pro zdraví mozku a srdce. Z gastronomického hlediska je maso lososovitých ryb velmi ceněno pro svou výraznou, ale ne moc silnou chuť, a pro variabilitu zpracování. (Buchtová 2001).

3.1.3.2 Mořské ryby

Mořské ryby jsou důležitou součástí celosvětového obchodu s rybami a jsou oblíbené kvůli svému výživnému a chutnému masu. Mořské ryby se dělí na mnoho čeledí, mezi nejvýznamnější patří čeď treskovití (*Gadidae*), makrelovití (*Scombridae*), sled'ovití (*Clupeidae*), pražmovití (*Bramidae*), úhořovití (*Anguillidae*) a mnoho dalších čeledí (Hanel et Andreska 2013).

3.1.3.2.1 Treskovití

Čeď treskovitých (*Gadidae*) je nejvíce rozšířena v severní části Atlantského oceánu (Pipová 2006). Treskovití (*Gadidae*) mají jednoduchou a účinnou ploutevní soustavu, díky které se mohou rychle a efektivně pohybovat ve vodě a jsou charakterističtí dlouhým tělem se širokým ocasem (Hanel 2000). Buchtová (2001) dodává, že mezi nejznámější druhy treskovitých ryb patří např. treska obecná (*Gadus morhua*) a treska tmavá (*Pollachius virens*).

3.1.3.2.2 Makrelovití

Konečný et Pavlíček (1997) uvádí, že čeď makrelovití (*Scombridae*) zahrnují okolo 45 druhů mořských ryb a mohou dorůstat délky od 30 cm až do 2 metrů. Makrely jsou charakteristické dlouhým tělem a štíhlou hlavou. U velké části těchto ryb se svalovina vyznačuje tmavým odstínem. Maso tuňáka se svým odstínem podobá masu hovězímu. Mají silné, ale úzké ploutve, které jim umožňují rychlý pohyb ve vodě (Hanel 2000). Buchtová (2001) dodává, že mezi jejich nejznámější druhy řadíme např. tuňáka obecného (*Thunnus thynnus*), makrelu obecnou (*Scomber scombrus*) a tuňáka modroploutvého (*Thunnus thynnus*).

3.1.3.2.3 Sled'ovití

Čeď sled'ovitých (*Clupeidae*) zahrnuje okolo 200 druhů mořských ryb. Sled'ovití (*Clupeidae*) mají krátkou hlavu a protáhlé tělo s výrazným bokem (Buchtová 2001). Jejich charakteristické rysy jsou velké oči a ústa, která jsou vybavena malými zuby (Hanel et Andreska 2013). Mezi nejznámější druhy sled'ovitých ryb patří např. sled' obecný (*Clupea harengus*), sardinka obecná (*Sardina pilchardus*), šprot obecný (*Sprattus sprattus*) (Buchtová 2001).

3.1.3.2.4 Úhořovití

Pipová et al. (2006) uvádí, že čeď úhořovití je tvořena zhruba 150 druhy, která je rozšířena v mořských i sladkých vodách. Jejich zástupcem je např. úhoř evropský. Úhoři se vyznačují dlouhým hadovitým tělem s absencí břišní ploutve. Žijí v mořských, sladkých i brakických vodách (Hanel 2000).

Buchtová (2001) dodává, že maso úhořů je ceněno pro svou vysokou kvalitu, jemnost masa, tučnost a chuť. Jejich maso má tmavou barvu, silnou rybí chuť a vůni.

3.2 Složení rybího masa

Rybí filety se skládají především z vody (70-80%) a bílkovin (18%), také obsahují 1-20% tuků, 1,2% minerálních látek, 1% sacharidů a vitaminy A, B, D. Tento podíl se může lišit v závislosti na druhu ryby a na způsobu jejího zpracování. Složení rybího masa může být ovlivněno mnoha různými faktory (Simeonovová et al. 2003).

Egerton et al. (2020) uvádí složení tří druhů mořských ryb treska modrá (*Micromesistius poutassou*), drsnatec obecný (*Capros aper*) a sled' obecný (*Clupea harengus*), které obsahovali 16-17% bílkovin, 4-11% tuku a 2-6% minerálních látek (obsah v popelu).

3.2.1 Voda

Buchtová (2001) uvádí že, voda tvoří přibližně 50-83% hmotnosti rybího masa.

Simeonovová et al. (2003) říká že, obsah vody v mase ryb může být ovlivněn různými faktory. Jeden z hlavních faktorů je druh ryby, a životní cyklus ve kterém se ryba nachází. Například tuňák obecný (*Thunnus thynnus*) má nižší obsah vody než kapr obecný (*Cyprinus carpio*) (Buchtová 2001). Simeonovová et al. (2003) dodává, že ryby, které mají vyšší obsah tuku, mají obvykle nižší obsah vody než ryby s nižším obsahem tuku. Pipová (2006) dále, říká že obsah vody v rybě se liší podle anatomické části těla. Obsah vody v mase blíže oblasti ocasu je vyšší než z oblasti blíže hlavy.

3.2.2 Bílkoviny

Bílkoviny neboli proteiny řadíme mezi makromolekuly, které jsou složeny z jednoho nebo více dlouhých řetězců aminokyselin spojených peptidickou vazbou – CO-NH-. Podle počtu aminokyselin navázaných na molekule rozlišujeme oligopeptidy (2-10 aminokyselin), polypeptidy (11-100 aminokyselin) a vlastní bílkoviny-proteiny (více než 100 aminokyselin). Bílkoviny také můžeme rozlišovat dle tvaru molekuly na globulární (peptidická vazba je svinuta do klubíčka) a fibrilární (vláknité) (Sewald et Jakubke 2015).

Strukturální bílkoviny v rybím masu tvoří aktomyozin, myozin, tropomyozin a aktin. Sarkoplazmatické bílkoviny v rybím masu jsou například myoalbumin a globulin (Pipová 2006). Rybí maso obsahuje pojivové tkáně, konkrétně kolagen (Simeonovová et al. 2003). Rybí maso neobsahuje elastin a díky tomu je kulinární úprava velmi snadná oproti jiným druhům masa (Buchtová 2001).

3.2.3 Lipidy

Havlík et Marounek (2013) je definují: „Lipidy jsou velkou skupinou látek různého složení, které jsou nerozpustné ve vodě a dobře rozpustné v nepolárních rozpouštědlech. Jsou důležitou částí potravy. Mají vysokou energetickou hodnotu (1 g odpovídá 37 kJ = 9 kcal), patří k nim esenciální mastné kyseliny a umožňují vstřebání lipofilních vitaminů. Podle skupenství při pokojové teplotě se dělí na tuhé a kapalné oleje.“

Esenciální mastné kyseliny jsou kyseliny, které si naše tělo nedokáže samo vyrobit, a proto je musíme získávat ze stravy nebo doplňků (Velíšek et Hajšlová 2009a).

Tuk v potravě se skládá přibližně z 98% triacylglycerolu, složených z jedné molekuly glycerolu, tří molekul mastných kyselin a menšího množství fosfolipidů a sterolů (Svačina et al. 2013).

Mastné kyseliny se rozdělují do následujících kategorií:

1. Nasyčené mastné kyseliny,
2. cis-nenasycené mastné kyseliny:
 - a) cis – mononenasycené mastné kyseliny,
 - b) cis – polynenasycené mastné kyseliny (omega-3, omega-6),
3. trans-formy mastných kyselin,
4. konjugovaná kyselina linolová
(Svačina et al. 2013).

U ryb jsou nejvýznamnější polynenasycené mastné kyseliny (PUFA). Dvě hlavní omega-3 mastné kyseliny obsažené v rybím tuku jsou eikosapentaenová kyselina (EPA) a dokosahexaenová kyselina (DHA). Tyto tuky mohou pomoci snížit hladinu cholesterolu a snížit riziko srdečních onemocnění, jsou-li konzumovány s mírou jako součást vyvážené stravy. Na tyto kyseliny jsou nejbohatší např. tuňák (*Thunnus*), losos (*Salmo*), makrela (*Scomber*), sled' (*Clupea*) a další (Arens 1998).

Obsah omega-3 mastných kyselin se u ryb může lišit v závislosti na prostředí, kde žijí a druhu ryb. Pstruzi a lososi žijící ve sladké vodě jsou dobrým zdrojem omega-3 mastných kyselin (Svačina et al. 2013). Na EPA a DHA jsou bohaté mastné mořské ryby jako např. makrela (*Scomber*) a tuňák (*Thunnus*) (Merten 2012).

Nejvýznamnější omega-6 mastné polynenasycené mastné kyseliny:

- 18:2 linolová kyselina
- 18:3 γ -linolenová kyselina
- 20:3 dihomogamma-linolenová kyselina
- 20:4 arachnidonová kyselina

Zatímco omega-3 mastné kyseliny působí protizánětlivě a antitrombicky, tak kyselina arachnidonová má protichůdné účinky. Za optimální poměr omega-6 a omega-3 mastných kyselin je možno považovat 1-1,5:1 nebo 4:1 (Havlík et Marounek 2013).

Rozdělení ryb dle tuku obsahu:

- tučné ryby – obsah tuku je více než 10 % (např. tuňák (*Thunnus*) a makrela (*Scomber*))
- středně tučné ryby – obsah tuku je 2-10 % (např. pstruh (*Salmo*) a kapr (*Cyprinus*))
- libové ryby – obsah tuku je méně než 2 % (např. štika (*Esox*) a candát (*Sander*)) (Simeonovová et al. 2003).

3.2.4 Minerální látky

Minerální látky jsou neorganické látky, které jsou důležitou součástí pro fungování lidského těla. Můžeme je získávat konzumací různých potravin, včetně ryb nebo jako doplňky stravy (Buchtová 2001). Tyto látky jsou významné pro správnou funkci a regeneraci svalů, kostí, nervů a mnoha dalších buněk a orgánů v těle člověka. Minerální látky můžeme rozdělit do dvou kategorií na makroprvky a mikroprvky. Makroprvky jsou minerály, které lidské tělo potřebuje ve větším množství např. hořčík, vápník, fosfor, sodík, draslík. Zatímco mikroprvky jsou minerální látky, které potřebujeme v menším množství. Patří sem např. selen, zinek, jód, železo a další (Velíšek et Hajšlová 2009b).

Ryby jsou významným zdrojem mnoha důležitých minerálních látek obou kategorií. Obsahují například selen, jód, fosfor, hořčík vápník a mnoho dalších minerálních látek (Buchtová 2001).

3.2.4.1 Jód

Jód je kovově lesklá tuhá látka šedočerné nebo tmavě fialové barvy, která za normální teploty sublimuje ("Jód" 2009). V přírodě se vyskytuje pouze ve sloučeninách a je omezeně rozpustný ve vodě. Přírodní zdroje jódu jsou mořská voda, mořské řasy, naleziště ledku a dusičnanu v Chile (Zbigniew 2017).

Nedostatek jódu může způsobit řadu zdravotních problémů, neboť je důležitý pro fungování štítné žlázy (Kohout et Kotrlíková 2009). Mezi zdravotní problémy, které může způsobit, patří např. hypotyreóza (nízká hladina hormonů štítné žlázy), kretenismus (duševní a fyzická retardace zapříčiněna nedostatkem jódu v raném stádiu dětství nebo v průběhu těhotenství) a struma (zvětšení štítné žlázy). Je podstatné si uvědomit, že i příliš vysoký příjem jódu může být nebezpečný a způsobit též zdravotní onemocnění (Sullivan 1998). Nejvíce se projevuje u lidí, s již nemocnou štítnou žlázou nebo náchylností k její nemoci (Velíšek et Hajšlová 2009b). Doporučená denní dávka jódu je 0,1-0,2 mg (Havlík et Marounek 2013).

3.2.4.2 Vápník

Jde o významný prvek z kovů alkalických zemin. V přírodě vytváří pouze vápenaté ionty Ca^{2+} (“Vápník” 2009).

Vápník má klíčovou funkci při udržování zdraví zubů a kostí v těle člověka. Můžeme ho získat z mnoha potravin včetně ryb nebo doplňků stravy (Sullivan 1998). Kromě toho, že je vápník důležitý prvek pro zuby a kosti, plní také významnou funkci při regulaci svalových a nervových funkcí v lidském těle. Jeho nedostatek může vést ke zhoršení zdraví kostí, úbytku hmotnosti kostí a vede k riziku vzniku osteoporózy (Velíšek et Hajšlová 2009b). Člověk by měl denně přijmout 1000-1200 mg vápníku. Zvýšený příjem mají mít těhotné ženy a malé děti (Čermák 2002).

3.2.4.3 Fosfor

Fosfor je nekovový prvek, který se v přírodě vyskytuje přirozeně z 99% ve formě anorganického fosfátu nebo jako organické fosfátové estery (“Fosfor” 2009).

Fosfor tvoří kostní hmotu společně s vápníkem a fluorem. V rybím mase se nachází především ve formě fosforečnanů, které mají vliv na mnoho biologických funkcí v lidském těle např. regulace kyselosti, udržení silných kostí a zubů (Velíšek et Hajšlová 2009b). Doporučená denní dávka fosforu pro dospělého člověka je 700 mg (Kohout et Kotrlíková 2009).

3.2.4.4 Sodík

Sodík je měkký, lesklý, stříbrobílý, neušlechtilý kov hojně zastoupený v zemské kůře, mořské vodě a živých organismech. Sodík je v přírodě vázán na sloučeniny, ve kterých se vyskytuje ve formě jednomocného kationtu. Sodík je šestý nejrozšířenější prvek a čtvrtý nejrozšířenější kov na zemi. Důležitým minerálem sodíku je halit (kamenná sůl) (“Sodík” 2009).

Velíšek et Hajšlová (2009b) uvádí, že sodík společně s draslíkem mají vliv na osmotický tlak v organismu. Sodík má také vliv na acidobazickou rovnováhu a jeho nadměrný příjem může způsobit hypertenzi. Doporučený příjem sodíku je 230 mg, což odpovídá 6 g soli (Havlík et Marounek 2013).

3.2.4.5 Draslík

Draslík je lesklý, měkký stříbrný neušlechtilý kov a je druhý nejlehčí kov na zemi. V přírodě je draslík vázaný ve sloučeninách ("Draslík" 2009). Při běžné středoevropské stravě je příjem draslíku 2-3 g/den (Havlík et Marounek 2013).

3.2.5 Vitaminy

Vitaminy jsou organické látky, které si vyšší organismy musejí získávat z potravy. V potravě jsou přítomny v malém množství a tím se liší od jiných nepostradatelných látek jako jsou některé mastné kyseliny a esenciální aminokyseliny. Mají funkci katalyzátorů při biochemických reakcích a lidské tělo si je nedokáže všechny syntetizovat, proto je musí přijímat z potravy (Sullivan 1998). Vitaminy dělíme na rozpustné ve vodě, které plní v organismu funkci kofaktoru různých enzymů, a vitaminy rozpustné v tucích (Velíšek et Hajšlová 2009a).

- Vitaminy rozpustné ve vodě: C, H, B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₁₂
- Vitaminy rozpustné v tucích: A, D, E, K

(Velíšek et Hajšlová 2009a).

Dodržování správné dávky denního příjmu vitaminů je důležitý pro správný chod metabolismu. Nedostatek (avitaminóza) nebo naopak nadbytek (hypervitaminóza) může způsobit různé zdravotní problémy a nemoci (Velíšek et Hajšlová 2009a).

3.2.5.1 Vitamin A (retinol)

Vitamin A je vitamin rozpustný v tucích a vyskytuje se ve formě vitaminu A₁ (retinol) a A₂ (3,4-didehydroretinol). Vitamin A má vliv na zdraví zraku, kůže, sliznic a zlepšení imunitních funkcí (Velíšek et Hajšlová 2009). Můžeme ho získat jak z potravin živočišného původu, jako jsou játra, mléčné výrobky a z ryb ve formě retinolu, tak i z rostlinného původu z provitaminu B-karotenu, který si organismus přetvoří v retinol (Čermák 2002).

Kohout et Kotlíková (2009) uvádí, že vitamin A řadíme mezi antioxidant. Jeho nadbytek může vést až k otravě, která se projevuje příznaky jako je zvracení, nevolnost, bolest hlavy a únava. Dále dodávají, že působí neurotoxicky, teratogenně a hepatotoxicky. Sullivan (1998) uvádí že jeho doporučená denní dávka je 0,8 až 1,0 mg.

Tučné ryby s vysokým obsahem tuku jsou dobrým zdrojem tohoto vitaminu, hlavně kvůli svému velkému obsahu rybího oleje, který je přirozeně bohatý na vitaminy rozpustné v tucích (Svačina et al. 2013). Rybí maso obsahuje 0,7 mg•kg⁻¹ provitaminu A a 0,5 mg•kg⁻¹ vitaminu A (Velíšek et Hajšlová 2009a).

3.2.5.2 Vitamin D (kalciferol)

Vitamin D je skupina několika steroidních látek, z nichž hlavní jsou vitamin D2 (ergokalciferol) a vitamin D3 (cholecalciferol) (Kohout et Kotlíková 2009). Phillips et al. (2018) uvádí že, vitamin D je základní živinou pro zdraví kostí a je stále více uznáván jako faktor modulace imunitního systému, muskuloskeletálního zdraví, rakoviny a dalších aspektů zdraví.

Kalciferol si oproti jiným vitaminům lidské tělo může syntetizovat vlivem působení ultrafialového záření a kůže (Čermák 2002). Proto může být někdy označován jako „sluneční vitamin“. Obě formy se v těle přeměňují na aktivní formu vitaminu D. Nedostatek vitaminu D může způsobit výskyt osteoporózy, zvyšuje riziko infekčních a autoimunitních onemocnění, oslabení a špatný růst kostí (Velíšek et Hajšlová 2009a). Dobrým zdrojem vitaminu D jsou vejce, játra, máslo, mléko, ryby a rybí tuk (Arens 1998). Doporučená denní dávka vitaminu D je 5 µg (Havlík et Marounek 2013).

3.2.5.3 Vitaminy skupiny B

Sladkovodní a mořské ryby jsou také významným zdrojem vitaminů skupiny B, které jsou nezbytné pro energetický metabolismus a udržení zdravého nervového systému (Čermák 2002). Mezi vitaminy skupiny B, které se nacházejí v čerstvých rybách, patří thiamin (B1), riboflavin (B2), niacin (B3), kyselina pantotenová (B5), pyridoxin (B6) a kobalamin (B12) (Velíšek et Hajšlová 2009).

3.2.5.3.1 Vitamin B1 (thiamin)

Vitamin B1 neboli thiamin se skládá ze dvou heterocyklických sloučenin pyrimidinu a thiazolu. Jeho aktivní formou je thiaminpyrofosfát (Velíšek et Hajšlová 2009a). Nedostatek vitaminu B1 postihuje kardiovaskulární a nervový systém. Denní příjem vitaminu B1 je 1-1,5 mg (Havlík et Marounek 2013).

3.2.5.3.2 Vitamin B2 (riboflavin)

Vitamin B2 známý jako riboflavin je tvořen heterocyklickým jádrem a alkoholovým cukrem ribitolem. Je koenzymem mnoha oxidačně redukčních reakcí, při nichž přijímá redukční ekvivalenty ve vazbě na proteiny (flavoproteiny) a je součástí dýchacího řetězce (Kohout et Kotlíková 2009). Má také důležitou roli v ochraně buněk před poškozením volnými radikály a při tvorbě červených krvinek (Sullivan 1998). Jeho doporučená denní dávka pro dospělého člověka je 1-1,5 miligramu (Havlík et Marounek 2013).

3.2.5.3.3 Vitamin B3 (niacin)

Vitamin B3 zvaný niacin nebo kyselina nikotinová či dle staršího názvu vitamin PP (z anglického Pellagra Preventive factor) přispívá ke správnému uvolňování energie z potravin. Kyselina nikotinová zamezuje uvolňovat mastné kyseliny a snižuje množství cholesterolu v krvi. V metabolismu je využíván pro syntézu nikotinamidedanindinukleotidu (NAD) a nikotinamidadenindinukleotidfosfátu (NADP) (Kohout et Kotrlíková 2009). Niacin může být syntetizován v těle z aminokyselin tryptofanu nebo přijímán z potravy (Čermák 2002). Významným zdrojem vitamínu B3 jsou rybí játra a tučné ryby (Ingr 2010). Doporučená denní dávka niacinu je 1,3 mg (Havlík et Marounek 2013).

3.2.5.3.4 Vitamin B5 (kyselina pantothenová)

Vitamin B5 – kyselina pantothenová je součástí koenzymu A, jedné z hlavních sloučenin metabolismu sacharidů, tuků a aminokyselin. K nedostatku kyseliny pantothenové dochází zřídka, protože její dostupnost z potravin je vysoká (Čermák 2002). Zdrojem vitamínu B5 jsou např. lososi (*Salmo*) a pstruzi (*Salmo*) (Ingr 2010). Doporučená denní dávka je 4-15 mg (Havlík et Marounek 2013).

3.2.5.3.5 Vitamin B6 (pyridoxin)

Vitamin B6 je přítomen v potravě jako pyridoxin (PN), pyridoxal (PL) a pyridoxamin (P) buď ve volné formě, nebo vázaný na fosfáty, glykosidy nebo proteiny (Čermák 2002). Kohout et Kotrlíková (2009) uvádí, že vitamin B6 se účastní výroby arachidonové kyseliny. Čermák (2002) dále dodává, že z ryb jsou dobrým zdrojem sardinky (*Sardina*) nebo lososi (*Salmo*). Navíc Ingr (2010) dodává, že i sled', pstruh (*Salmo*) a tuňák (*Thunnus*) jsou kvalitním zdrojem vitamínu B6. Denní dávka vitamínu B6 je 1-2 mg (Havlík et Marounek 2013).

3.2.5.3.6 Vitamin B12 (kobalamin)

Vitamin B12 – kobalamin je složitá sloučenina obsahující atom kobaltu, který je vázán mezi čtyřmi pyrrolovými jádry na způsob vazby železa v hemoglobinu (Velíšek et Hajšlová 2009a). Vitamin B12 je syntetizován pouze mikroorganismy nikoliv rostlinami a živočichy (Bito et al. 2018).

Zejména tučné ryby jako sledi (*Clupea*), makrely (*Scomber*) a lososi (*Salmo*), obsahují větší množství tohoto vitamínu (Ingr 2010). V mořském prostředí je vitamin B12 koncentrován v těle ryb díky planktonu v potravním řetězci (Bito et al. 2018). Jeho nedostatek se může projevit hubnutím, horší svalovou koordinací, chudokrevností, mravenčením v končetinách a anémií (Kohout et Kotrlíková 2009). Denní dávka vitamínu B12 je 2-3 µg (Havlík et Marounek 2013).

3.2.6 Sacharidy

Sacharidy jsou chemické sloučeniny, které obsahují molekuly uhlíku, vodíku a kyslíku v poměru 1:2:1. Mezi sacharidy patří cukry, alkoholické cukry, škroby a glykogen. Sacharidy jsou polymery jednoduchých cukrů spojené vazbami. Složené sacharidy rozdělujeme na disacharidy, oligosacharidy a polysacharidy. Mezi nejrozšířenější jednoduché sacharidy v přírodě patří glukóza, fruktóza a galaktóza (Velíšek et Hajšlová 2009a).

„Svalovina ryb obsahuje málo glykogenu, např. treska (*Gadus*) 10 až 60 mg v 100 g svaloviny (svalovina skotu 50 až 180 mg). „Proto tuhne velmi rychle a úplného rigoru dosahuje do jedné hodiny post mortem. U pstruha (*Salmo*) a kapra (*Cyprinus*) nastupuje ztuhlost během půl hodiny po zabítí a uvolňuje se za 10 až 15 hodin. Příkladem velmi pomalého tuhnutí je rigor mortis u okouníka mořského (*Sebastes marinus*), u něhož se za srovnatelných teplotních podmínek plně rozvine za 22 hodin po usmrcení.“ (‘‘Mikrobiologie potravin’’ 2019). V tělech živočichů se nachází v játrech a kosterním svalstvu (Roach 2002).

3.3 Pozitiva konzumace ryb

Ryby jsou bohatým zdrojem omega-3 a mastných kyselin, u kterých byly prokázány četné přínosy pro zdraví srdce. Omega-3 mastné kyseliny mohou snížit riziko srdečních onemocnění snížením triglyceridů, snížením zánětu a prevencí tvorby krevních sraženin (Velíšek et Hajšlová 2009b). Kromě toho může protein v rybách pomoci snížit krevní tlak a snížit riziko srdečních onemocnění. Strava bohatá na ryby může snížit riziko srdečních onemocnění (Arens 1998).

3.3.1 Nutriční hodnota

Nutriční (výživová) hodnota potravin se vyjadřuje pomocí údajů o množství obsažených látek, do jaké míry je potravina pro výživu člověka významná, prospěšná či nežádoucí (‘‘Nutriční hodnota’’ 2009).

Ryby jsou významným zdrojem vitaminů A, B, D, minerálních látek. Zejména mořské ryby obsahují především jód, zinek, hořčík a fosfor (Čermák 2002). Ryby jsou významným zdrojem omega-3 a omega-6 mastných kyselin (Merten 2012).

Rybí maso je plnohodnotným zdrojem bílkovin, protože obvykle obsahuje všech devět esenciálních aminokyselin potřebných pro lidské zdraví (Ingr 2010). Esenciální aminokyseliny jsou aminokyseliny, které si naše tělo nedokáže samo vyrobit, proto je musíme získávat ze stravy nebo doplňků (Velíšek et Hajšlová 2009a). Pipová (2006) dodává, že obsah proteinu v rybím mase se pohybuje mezi 15-27%.

Hassoun et al. (2019) uvádí, že ryby jsou velmi rychle se kazící potraviny a jejich kvalita během posmrtného skladování rychle klesá kvůli růstu mikrobiálních bakterií a enzymatické autolýze, aby si ryby zachovaly svoji nutriční hodnotu. K prodloužení jejich trvanlivosti se používají konzervační prostředky, vakuové balení nebo balení v modifikované atmosféře.

- Vápník: Průměrný obsah vápníku ve svalovině ryb je 79 mg/100 g v rozsahu 19-881 mg/100 g (*WHO* c2004). Ve svalovině sladkovodních ryb je obsah vápníku 11-97 mg/100 g (Ingr 2010).
- Fosfor: Průměrný obsah fosforu ve svalovině ryb je 190 mg/100 g v rozsahu 68-500 mg/100 g (*WHO* c2004). Ve sladkovodních rybách je až 248 mg/100 g fosforu dle druhu ryb (Ingr 2010).
- Sodík: Průměrný obsah sodíku ve svalovině ryb je 72 mg/100 g v rozsahu 30-134 mg/100 g (*WHO* c2004). Svalovina sladkovodních ryb obsahuje přibližně 30-70 mg/100 g sodíku (Ingr 2010).
- Draslík: V rybí svalovině je průměrný obsah draslíku 278 mg/100 g v rozmezí 19-502 mg/100 g (*WHO* c2004). Svalovina sladkovodních ryb obsahuje v průměru 217-319 mg draslíku (Ingr 2010).
- Jód: V mořských rybách je průměrně 140 µg/100 g jódu (Buchtová 2001).
- Hořčík: V rybí svalovině je průměrný obsah hořčíku 38 mg/100 g v rozsahu 4,5 – 452 mg/100 g (*WHO* c2004). České sladkovodní ryby obsahují 16-39 mg hořčíku na 100 g svaloviny (Ingr 2010).
- Polynenasycené masné kyseliny: Průměrný obsah PUFA se pohybuje okolo 200-1700 mg/100 g rybího masa (Merten 2012).

Z dalších stopových prvků obsahují mořské ryby na 100 g svaloviny 0,136 – 2,51 mg zinku, 0,135 – 1,9 mg železa a 0,0065-0,201 mg mědi (Guérin et al. 2011). České sladkovodní ryby obsahují na 100 g svaloviny 0,53 – 1,45 mg zinku, 0,4 – 0,38 mg železa a 0,017 – 0,0113 mg mědi dle druhu ryb (Ingr 2010).

Energetická hodnota rybího masa se pohybuje mezi 440-1370 kJ (Čermák 2002).

3.3.2 Dietetické účinky

Dietetický účinek je vliv vyvážené stravy na organismus.

Větší konzumace ryb a jejich častější zařazení do jídelníčku přispívá k větší pestrosti stravy a může mít pozitivní vliv na zdraví a psychiku člověka, díky bohatému obsahu živin. Ryby tak mohou obohatit stravu konzumenta a nabídnout alternativní zdroje živočišných bílkovin, které člověk přijímá z vepřového, drůbežího nebo hovězího masa (Svačina et al. 2013).

Ryby jsou významným zdrojem polynenasycených mastných kyselin. Z dietárního hlediska není důležité jen jejich množství, ale i jejich poměr (Kotrlíková et Kohout 2009). Tocher et al. (2019) dodávají, že EPA a DHA jsou dobře přijímány jako esenciální složky zdravé vyvážené stravy, které mají příznivé účinky na vývoj a zmírnění řady patologických stavů. Havlík et Marounek (2013) říkají, že za optimální poměr omega-6 a omega-3 mastných kyselin je možné považovat 1-1,5:1 nebo 4:1.

Djuricic et Calder (2021) uvádí, že polynenasycené mastné kyseliny (PUFA) mohou regulovat antioxidační účinky, jaterní metabolismus lipidů a fyziologické reakce jiných orgánů včetně srdce.

Parletta et al. (2017) říkají, že zvýšené množství omega-6 a omega-3 mastných kyselin bylo spojeno se snížením stresu, úzkosti a zlepšením duševního zdraví.

Hu et al. (2019) dodávají, že omega-3 mastné kyseliny významně snižují riziko kardiovaskulárního onemocnění

Djuricic et Calder (2021) dále dodávají, že zvýšený příjem arachidonové kyseliny (až 1500 mg/den) nemá nepříznivý vliv na agregaci krevních destiček a srážení krve, imunitní funkce a markery zánětu, ale může prospět svalům a kognitivním výkonům.

Ryby, včetně zpracovaných rybích produktů jsou významným zdrojem vysoce kvalitních bílkovin. Z mořských plodů stravitelnost většiny proteinů přesahuje 90%, a proto jsou esenciální aminokyseliny z mořských proteinů vysoce využitelné. (Dale et al. 2019). Pro člověka jsou bílkoviny nezbytnou součástí výživy, protože jsou zdrojem esenciálních aminokyselin. Svačina et al. (2013) uvádí: „Esenciální aminokyseliny si lidský organismus není schopný vytvořit“. Esenciální aminokyseliny jsou leucin, lysin, izoleucin, histidin, methionin, threonin, fenylalanin, valin a tryptofan (Velíšek et Hajšlová 2009a).

Z konzumace ryb jsou pro člověka také prospěšné minerální látky. Vápník je pro člověka z rybího masa dobře vstřebatelný tzn. že je lidské tělo snadno využije. Jeho nedostatek může způsobit kardiovaskulární problémy a oslabení kostí. Sodík má vliv na regulaci krevního tlaku. Jeho nedostatek může způsobit slabost, vyčerpání a křeče ve svalech. Draslík má vliv na fungování svalů, snižuje riziko srdečních chorob a reguluje krevní tlak. Naopak jeho nedostatek může způsobit únavu a svalové křeče (Merten 2012). Draslík má vliv na fungování svalů, činnost srdce a krevní tlak. Naopak jeho nedostatek může způsobit únavu a svalové křeče (Velíšek & Hajšlová 2009).

Rybí maso je tedy vhodné pro lidi s diabetickým onemocněním nebo pro lidi, kteří se snaží omezit příjem sacharidů či jsou na nízkosacharidových dietách (Pipová 2006).

3.4 Negativa konzumace ryb

Přestože konzumace ryb má mnoho zdravotních přínosů, existují také určité obavy a negativa, která je třeba brát v úvahu (Buchtová 2001). Některé druhy ryb mohou obsahovat kontaminanty z životního prostředí jako je rtuť a PCB (“Rtuť v rybách” 2009).

3.4.1 Toxické látky

Toxické látky jsou chemické látky, které mohou poškodit nebo zhoršit tělesné funkce (Velíšek et Hajšlová 2009b).

Tyto látky jsou spojovány se zvýšeným rizikem rakoviny, reprodukčních problémů a dalších zdravotních problémů (Adeola 2020).

3.4.1.1 Polychlorované bifenyly (PCB)

Oziolor et al. (2018) uvádí, že PCB jsou organické sloučeniny obsahující chlor. Jsou složeny z dvou aromatických jader (bifenyly), spojených dvěma uhlíky, na kterých jsou navázány chlorové substituenty. Tyto chlorované deriváty bifenyly mohou mít různý počet chlorových atomů na molekule. To ovlivňuje jejich vlastnosti a toxický potenciál.

Mikolajczyk et al. (2020) říkají, že tyto látky jsou známé svou stálou chemickou strukturou, která jim přidává na škodlivosti a odolnosti vůči rozkladu. To vede k jejich dlouhodobé přítomnosti v životním prostředí. PCB jsou persistentní organické polutanty, které mají schopnost akumulovat se v tělech organismů a přenášet se potravním řetězcem. Jsou toxické pro životní prostředí a mají potenciálně škodlivé účinky na živé organismy.

Polychlorované bifenyly se historicky používaly v průmyslových aplikacích jako např. v izolačních materiálech a chladicích kapalinách. PCB se v minulosti běžně používaly v elektrických zařízeních např. v transformátorech a kondenzátorech (Ngoubeyou et al. 2022).

PCB byly používány v průmyslových procesech, včetně výroby elektroniky, strojírenství a chemického průmyslu (Pipová 2006). Ngoubeyou et al. (2022) dále uvádí, že odtoky z těchto průmyslových zařízení mohou obsahovat PCB, které se poté mohou dostat do vodních toků. PCB mají tendenci se hromadit v půdě a sedimentech vodních toků a nádrží. Tyto znečištěné sedimenty mohou být následně rozptýleny do vody působením vodních toků nebo lidskou aktivitou. Buchtová (2001) dodává, že dalším způsobem je atmosférická depozice, kdy může dojít ke transportu na dlouhé vzdálenosti.

3.4.1.1.1 Vliv PCB na ryby

Berninger a Tillitt (2019) ve své studii zjišťovali množství PCB ve vodním prostředí a vodních živočiších. Koncentrace PCB ve vzorcích sedimentu se pohybovaly mezi 0,08% až 3,63%, zatímco koncentrace PCB v rybách byly 0,24% až 3,07%. PCB mohou u ryb způsobit poškození jater a ledvin, poruchy reprodukčního systému a poruchy imunitního systému.

3.4.1.1.2 Vliv PCB na lidské zdraví

Mikolajczyk et al. (2020) říkají, že PCB se mohou akumulovat v tělech lidí, což může mít negativní vliv na zdraví. Může například dojít k intoxikaci jater, tj. poškození jater, a narušena může být také jejich správná funkce. Důsledkem může být chronické onemocnění jater či zvýšení rizika hepatitidy. Expozice PCB může oslabit imunitní systém a zvýšit náchylnost k infekcím. Některé druhy PCB jsou karcinogenní a mohou zvyšovat riziko vzniku rakoviny. Buchtová (2001) dodává, že tyto příznaky mohou nastat i při dlouhodobé expozici nízkými koncentracemi PCB. Judd et al. (2004) dodávají, že některé skupiny např. domorodí Američané a obyvatelé Asie, mohou konzumovat 10krát více ryb a mořských plodů. Tato větší spotřeba může znamenat větší expozici a riziko z kontaminantů v rybách.

Limity pro obsah PCB v rybách se liší v závislosti na zemi a regionu. Tyto limity jsou stanoveny na základě bezpečnostních standardů a regulací týkajících se ochrany lidského zdraví. V rámci EU jsou maximální povolené hladiny PCB v rybách stanoveny na 75 µg/kg pro sumce (*Silurus*) a 50 µg/kg pro ostatní druhy ryb, vyjma rybího tuku, který má limit 200 µg/kg (Oziolor et al. 2018)

3.4.1.2 Mikroplasty

Smith et al. (2018) uvádí, že mikroplasty jsou malé částice plastů o velikosti od 1 mikrometru do 5 milimetrů, které jsou nerozpustné ve vodě a mohou se vyskytovat jako primární produkty nebo vznikat sekundárně z rozpadu větších plastových předmětů.

Mikroplasty mohou obsahovat dva typy chemikálií: 1. přísady a 2. polymerní suroviny pocházející z plastů. Případně mohou obsahovat chemikálie absorbované z okolního prostředí. Mezi přísady patří např. změkčovadla, antioxidanty, UV stabilizátory, lubrikanty a barviva. Z polymerů se nejčastěji vyskytují polyethylentereftalát (PET), polyethylen (PE), polypropylen (PP) a polyvinylchlorid (PVC). Z prostředí mohou mikroplasty přijímat nebezpečné chemikálie např. těžké kovy a organické sloučeniny (Silva et al. 2018).

Wang et al. (2018) uvádí, že mikroplasty mají primární původ v kosmetických produktech a výrobě plastových výrobků, kde jsou záměrně vytvářeny jako mikroperly plastů nebo používány jako suroviny. Sekundární mikroplasty vznikají rozpadem větších plastových předmětů jako jsou lahve a textilie. To vše pod vlivem slunečního záření, teploty a mechanického působení. Silva et al. (2018) dodávají, že jejich škodlivost spočívá v možnosti jejich požití živočichy a následné akumulaci v živočišném těle.

Mikroplasty se do vodního ekosystému dostávají zejména přímým odtokem odpadních vod z průmyslových zařízení a městských kanalizací, které přenáší mikroplasty z domácností, továren a komerčních oblastí do řek, jezer a moří. Dalším způsobem je eroze a rozpad větších plastových předmětů např. obaly, lahve a textilie, které se postupně rozpadají na menší částice a putují vodními toky do ekosystému (Foley et al. 2018).

3.4.1.2.1 Vliv mikroplastů na ryby

Wang et al. (2020) uvádí ve své studii výskyt mikroplastů ve vodním prostředí a přehled hodnot, které byly naměřeny u jednotlivých druhů ryb. Například u stříbrného ostena (*Barbodes gonionotus*) byla koncentrace PVC v rozmezí 0,2–1,0 mg/l. U kapra obecného (*Cyprinus carpio*) byla koncentrace PE v rozmezí 1–1,2 mg/L položek mikroplastů na rybu. Sumec africký (*Clarias gariepinus*) měl koncentraci mikroplastů v rozmezí 50–500 µg/l. Zebřička (*Danio rerio*) měla koncentraci PS v rozmezí 20–2000 µg/l.

Bessa et al. (2018) říkají, že expozice mikroplastů snižuje u vodních živočichů rychlost růstu, reprodukci i přežití organismů, přičemž nejsilnější účinky byly pozorovány na organismech nižší trofické úrovně, které slouží jako základní potrava vodním živočichům vyšší trofické úrovně. Zooplankton je mezi všemi skupinami nejcitlivější na expozici mikroplastů.

3.4.1.2.2 Vliv mikroplastů na lidské zdraví

Smith et al. (2018) uvádí, že lidské zdraví může být ovlivněno mikroplasty v mnoha směrech. Zejména po požití člověkem. K tomu dochází při konzumaci kontaminovaných potravin – často to bývají mořské plody či ryby, které absorbují mikroplasty z vody. Po požití se mohou mikroplasty hromadit v trávicím traktu. Problémem jsou také toxické chemikálie, které mikroplasty obsahují a mohou být uvolněny v těle, což může mít toxické účinky.

3.4.2 Těžké kovy

Těžké kovy jsou přirozeně se vyskytující kovy s atomovým číslem vyšším než 20 a elementární hustotou větší než 5 g•cm³ (Ali et Khan 2018).

Těžké kovy jsou přirozenou součástí půdy, ale v mnohem větší míře se do životního prostředí a do potravního řetězce dostávají z lidské činnosti. Zejména plynnými zplodinami z průmyslu a odpadními vodami (“Těžké kovy” 2009).

Yang et al. (2021) měřili ve vzorcích rybí svaloviny koncentraci stopových prvků Fe, Mn, Cu, Zn, Se, Cr, Ni, As, Cd a Pb pomocí hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Tato metoda se také používá při stanovení hladiny těžkých kovů ve vzorcích ryb.

3.4.2.1 Rtuť

Rtuť je těžký lesklý kov stříbrobílé barvy a za pokojové teploty je v kapalném skupenství (“Rtuť” 2009).

Rtuť se vyskytuje v životním prostředí v různých formách, ať už jako součást uhlí nebo popílku. (Zulaikhah et al. 2020). Rtuť byla využívána v lékařství, průmyslu, zemědělství, elektrotechnice, léčivech, kosmetice a jako fungicid. Avšak kvůli své toxicitě a negativním dopadům na zdraví lidí a životní prostředí bylo její použití omezeno a regulováno. Důvody škodlivosti rtuti spočívají v její toxicitě a schopnosti bioakumulace v potravním řetězci. To může vést k vážným zdravotním problémům u lidí a ekologickým rizikům v ekosystémech (Raj et Maiti 2019).

Rtuť se uvolňuje do vodního prostředí z různých zdrojů např. spalováním uhlí, průmyslovými aktivitami a dalšími antropogenními činnostmi. Tento proces probíhá především skrze atmosférickou depozici tzn. že část rtuti se dostává z atmosféry přímo do vodních systémů (Lim et al. 2022).

Wang et al. (2019) dodávají že, rtuť se také může uvolňovat z půdy do vody, zejména v oblastech kontaminovaných těžbou rtuti nebo používáním pesticidů obsahujících rtuť. Rtuť může pronikat do vodních ekosystémů také prostřednictvím splachu z povrchu znečištěné půdy do řek, potoků nebo jezer. Dalšími zdroji rtuti ve vodě mohou být také průmyslové úniky, skládky odpadů, či přímý výtok odpadních vod obsahujících rtuť.

3.4.2.1.1 Vliv rtuti na ryby

De Almeida Rodrigues et al. (2019) uvádí, že vysoká koncentrace rtuti v rybích tkáních může způsobit neurologické problémy, poruchy vývoje a další zdravotní komplikace u ryb. Totéž může vzniknout u lidí, kteří konzumují znečištěné ryby. Navíc rtuť může ovlivnit celkovou ekologii vodních ekosystémů tím, že ovlivňuje chování populací ryb a dalších organismů

Mořské ryby mají vyšší hladinu rtuti ve srovnání se sladkovodními evropskými rybami. Mladé ryby zase vykazují významně vyšší hladinu rtuti než ryby starší. Ryby žijící v blízkosti substrátu a bentických sedimentů (sedimenty dna vodních ploch) mají vyšší hladinu rtuti než ryby žijící na jiných stanovištích (Zupo et al., 2019). Například Mils et al. (2018) uvádí, že u kultivovaného kapra (*Cyprinus*) se pohybuje hladina rtuti okolo 39 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ve svalstvu. Sedláčková et al. (2014) dodávají, že u ryb v řekách České republiky nepřekračuje množství rtuti a methyl rtuti ve svalovině legislativní limit 0,5 mg/kg^{-1}

3.4.2.1.2 Vliv rtuti na lidské zdraví

Rtuť u člověka je spojena se zvýšeným rizikem hypertenze, infarktu myokardu, koronární dysfunkce a aterosklerózy. Rtuť může být absorbována střešní stěnou a může proniknout do krevního oběhu, a dokonce překročit placentární bariéru. To může mít teratogenní účinky a způsobit poruchy nervového systému (Zulaikhah et al. 2020). Raj et Maiti (2019) dodávají, že rtuť může inhibovat enzymy a způsobit poškození DNA a proteinové struktury.

3.4.2.2 Kadmium

Kadmium je lesklý těžký kov bílé barvy, který je měkký a velmi tažný ("Kadmium" 2009).

Kadmium se přirozeně vyskytuje v zemské kůře. Jedná se o vysoce toxický kov, který může mít vážné dopady na lidské zdraví a životní prostředí. Kadmium se používá v mnoha průmyslových procesech včetně baterií, pigmentů a galvanického pokovování. Lze jej nalézt také v některých hnojivech a cigaretovém kouři. K expozici kadmia může dojít vdechnutím, požitím nebo kontaktem s kůží (Byrne et al., 2009).

Kadmium se dostává do vodního ekosystému z různých zdrojů, včetně přírodních a antropogenních. Přirozené zdroje zahrnují geologické procesy, erozi půdy a sopečnou činnost. Antropogenní zdroje zahrnují průmyslové aktivity a zemědělské postupy jako je používání fosfátových hnojiv a odpadní vody z různých průmyslových procesů. Tyto zdroje přispívají k uvolňování kadmia do životního prostředí, kde se může šířit do vodních ekosystémů skrze erozi půdy, splachování a odtok odpadních vod (Mahmood et al., 2019).

3.4.2.2.1 Vliv kadmia na ryby

Liu et al. (2022) uvádí, že akumulace a distribuce kadmia v rybách je biologicky specifická, což způsobuje rozdíly v tkáních a vážně poškozuje integritu struktury a funkce tkání, antioxidační obranný systém, reprodukční regulační systém a imunitní systém.

Koncentrace kadmia v rybách může být různá a závisí na mnoha faktorech, včetně druhu ryby, místa, kde ryba žije. Například, podle studie Nakayama et al. (2013) se ukázalo, že masožravé ryby jako *Serranochromis thumbergi* mají obvykle nižší hladiny kadmia ve svých tkáních. Tyto ryby mají tendenci akumulovat nižší množství kadmia ve srovnání s rybami na nižším trofickém stupni. Na druhou stranu, studie Croteau et al. (2005) naznačují, že toxické účinky kadmia jsou pravděpodobné s narůstajícím trofickým postavením. To naznačuje, že ryby na vyšším trofickém stupni mohou mít tendenci akumulovat vyšší množství kadmia. (Mondal et al., 2018).

Liu et al. (2022) dodávají, že koncentrace kadmia v rybách může být v řádu stopových množství, v rozmezí 0,01 až 0,1 mg/kg a v oblastech s vysokým obsahem znečištění může koncentrace kadmia v rybách dosahovat až několika mg/kg.

Například Yang et al. (2021) uvádí, že průměrná hladina kadmia u mořských a sladkovodních byla 0,005 a 0,024 µg/g.

3.4.2.2.2 Vliv kadmia na lidské zdraví

Biologický poločas rozpadu kadmia v lidském těle se pohybuje v průměru od 16 do 30 let. Předpokládá se, že některá plicní onemocnění jako je např. astma, bronchitida a vysoký krevní tlak souvisí s pomalou otravou kadmiem. Příznaky otravy kadmiem se mohou lišit v závislosti na době expozice, typu stravy, věku a zdravotním stavu osob. Pro nekuřáky a osoby, které nejsou vystaveny vyšší přítomnosti kadmia ve svém okolí, je jediným zdrojem expozice strava. FAO/WHO doporučuje, aby tolerovatelný příjem kadmia pro dospělého byl přibližně 0,4–0,5 mg/týden (60–70 µg denně) (Charkiewicz et al. 2023).

3.4.2.3 Arsen

Arsen je známý v několika formách: polokovový šedý α -As, amorfní (nekrystalizující) hnědý nebo černý β -As nebo krystalický žlutý měkký γ -As (“Arsen” 2009).

V zemské kůře se arsen vyskytuje pouze v nepatrném množství (asi 1 mg/kg), ale v přírodě se vyskytuje jako hlavní složka ve více než 300 minerálech. Z toho asi 60% jsou arsenáty, 20% jsou sulfidy a sulfosalí, 10% jsou oxidy a zbytek jsou arsenity, arsenidy, přírodní prvky a slitiny kovů (Rahman et al., 2019).

Tabelin et al. (2018) uvádí, že arsen byl historicky využíván v různých průmyslových procesech, včetně metalurgie, výroby pesticidů a léčiv. Dříve byl také používán v kosmetice a umění. Dnes se arsen již nepoužívá jako běžná součást výrobků, které jsou určeny pro lidskou spotřebu. Nicméně se stále vyskytuje v některých průmyslových procesech např. je výroba elektroniky, sklářství a v chemickém průmyslu. Jedinou významnou aplikací arseničnanů je jejich využití v některých léčivech a v kosmetice, ale kvůli své toxicitě je použití arseničnanů v těchto produktech stále více omezeno. Rahman et al. (2019) dodávají, že škodlivost arsenu spočívá v jeho vysoké toxicitě pro živé organismy, včetně lidí. Arsen má schopnost se hromadit v těle a postupně vyvolávat zdravotní problémy.

Arsen se dostává do vodního prostředí převážně z antropogenních zdrojů např. průmyslové emise, používání pesticidů a herbicidů obsahujících arsen, zemědělské postřiky a odpadní vody z průmyslových a městských zdrojů. Dalšími zdroji arsenové kontaminace vody mohou být geologické formace obsahující přirozené zásoby arsenu, tj. eroze hornin a sedimentů obsahujících arsen nebo zvýšené úrovně arsenových minerálů v horninách. Tyto zdroje mohou způsobit kontaminaci podzemních vod, povrchových toků a řek, čímž ohrožují vodní ekosystémy a lidské zdraví (Raju 2022).

3.4.2.3.1 Vliv arsenu na ryby

Ryby chované v kontaminovaném prostředí akumulují arsen v různých tkáních s velkou variabilitou. Množství arsenu bylo naměřeno u několika druhů ryb a z výsledků bylo zjištěno, že různé druhy ryb mají různé hladiny akumulace arsenu v tkáních. Například ryba *Ctenopharyngodon idella* akumuluje nejnížší množství arsenu, zatímco nejvyšší hladiny byly zaznamenány u ryby *Oreochromis mossambicus*. Rozdíly v akumulaci arsenu mezi jednotlivými druhy ryb mohou být důsledkem jejich stravovacích návyků, biotopu, věku, mobility, rychlosti metabolismu a ontogeneze. Ukázalo se, že býložravé ryby mají tendenci akumulovat více arsenu než masožravci nebo všežravci (Santhana et al. 2022).

Vliv Arsenu na zdraví ryb může zahrnovat změny v chování, metabolismu, reprodukci nebo imunitním systému. Tyto změny mohou vést k oslabení ryb a zvýšení jejich náchylnosti k nemocem (Santhana et al. 2022).

Yang et al. (2022) uvádí, že koncentraci arsenu ve svalovině ryb měřil pomocí hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Koncentrace u arsenu u sladkovodních ryb byla v rozsahu 0,040–0,089 $\mu\text{g/g}$ a 0,852–2,26 $\mu\text{g/g}$ u mořských ryb. Koncentrace arsenu v rybí svalovině se dá také změřit pomocí atomové absorpční spektrofotometrie.

3.4.2.3.2 Vliv arsenu na lidské zdraví

Rahmen et al. (2019) uvádí, že arsen svou vysokou toxicitou může mít vážné dopady na lidské zdraví. Akutní otrava arsenem při vysokých koncentracích je dobře známá a může být fatální. Dokonce i při nízkých koncentracích může dlouhodobá expozice arsenu způsobovat chronickou toxicitu. To může vést k různým zdravotním problémům. Tabelin et al. (2018) dodávají, že chronická toxicita arsenu byla spojena s výskytem onemocnění jako je Blackfoot, onemocnění periferních cév a různé typy rakoviny, včetně rakoviny kůže, plic, jater, močového měchýře a ledvin. Arsenická otrava je spojena s řadou zdravotních problémů, včetně kožních onemocnění, hlavně keratózou.

3.5 Rybolov

Rybolov je významnou ekonomickou složkou po celém světě, ale může mít vážné důsledky pro oceánské ekosystémy. Nadměrný rybolov může vést k poklesu rybích populací, což postihuje nejen ryby, ale i další mořské druhy, které jsou na nich závislé (Shakouri et al. 2010). Udržitelný rybolov se zaměřuje na řešení těchto rizik například podporováním udržitelných rybích chovy, které upřednostňují ochranu mořských ekosystémů, jako je používání selektivnějších lovných zařízení, stanovení omezení odlovu a zřízení chráněných mořských oblastí (Kolding & Van Zwieten 2014).

3.5.1 Udržitelný rybolov

Udržitelný rybolov představuje základní strategii pro ochranu sladkovodních i mořských ekosystémů, udržení jejich velké rozmanitosti, podporu ekonomické stability rybářských komunit, kde rybolov tvoří podstatnou část ekonomiky a zajištění celoroční dostupnosti rybích zdrojů. Klíčové aspekty udržitelného rybolovu se zabývají limitem odlovu ryb a dodržování kvót, snížení počtu vedlejší úlovků nechtěných ryb a jiných mořských živočichů, jako například delfini a mořské želvy. Zabývá se také snížením enviromentálního zatížení lidskou činností, podpory biodiverzity, která zabraňuje dominanci jednotlivých druhů a umožňuje větší rozmanitosti druhů ryb a dalších vodních organismů ve vodních ekosystémech. Dalším důležitým aspektem udržitelného rybolovu je ochrana vodních habitatů, aby nebyli narušeny životní a reprodukční cykly ryb. Hlavním cílem udržitelného rybolovu je přispívání k ochraně vodních ekosystémů, udržení jejich biodiverzity a zabránění ohrožení rybích populací nebo dokonce jejich vyčerpání či vyhubení (Kolding & Van Zwieten 2014).

3.5.2 Nadměrný rybolov

Nadměrný rybolov představuje vážný celosvětový problém a má hluboké dopady na sladkovodní a mořské ekosystémy, rybí populace a rybářské komunity které jsou na něm v některých částech světa závislé a tvoří velkou část jejich příjmu potravy a ekonomické složky (Shakouri et al. 2010). Narušení rybích ekosystémů může způsobit změny v potravním řetězci, jako je například nadměrný lov ryb vyšších trofických úrovní, což může způsobit změnu biodiverzity v celém ekosystémů přemnožením jejich kořisti. Ovlivňuje to tak biologickou rozmanitost rybích populací ve vodních ekosystémech, což může mít za následky nejen zvýšené riziko vymizení některých druhů, ale také jejich schopnost se adaptovat na změny prostředí (Möllmann & Diekmann 2012).

Celosvětová rostoucí poptávka a každodenní dostupnost po čerstvých sladkovodních i mořských produktech a specifických produktech jako například žraločí ploutve, přispívá k nadměrnému rybolovu, aby uspokojili trh a spotřebitele. Nelegální a neregulovaný rybolov a slabé vynucování zákonů a horší mezinárodní spolupráce napomáhá neregálnému rybolovu a rybářským skupinám vyčerpávat zdroje ryb (Shakouri et al. 2010).

Mezi nejvíce poškozené oblasti nadměrným rybolovem patří Severní Atlantik, Západní Afrika, která je vystavena intenzivnímu sportovnímu a komerčnímu rybolovu, který často provozují lodní flotily. Další poškozená oblast je okolo Japonska v Tichém oceánu. Mezi nejvíce ohrožené mořské a sladkovodní druhy ryb důsledkem nadměrného rybolovu patří tuňáci, tresky, lososy a jeseteři například (Möllmann & Diekmann 2012).

4 Závěr

Rybí maso je zajímavé pro své jedinečné vlastnosti, jako je například absence elastinu, variabilita obsahu tuku u sladkovodních a mořských ryb nebo složení jejich mastných kyselin. Ryby jsou ceněny pro svůj obsah polynenasycených mastných kyselin, zejména Eikosapentaenové (EPA) a dokosahexaenová (DHA) kyselina. Ryby jsou rovněž zdrojem, bílkovin vitamínů jako A, D a vitamíny skupiny B, minerálních látek jako například jód, vápník nebo draslík. Ryby jsou rovněž zdrojem, bílkovin vitamínů jako A, D a vitamíny skupiny B, a minerálních látek jako například jód, vápník nebo draslík. Mořské ryby jsou ceněny jako významný zdroj jodu, který je důležitý pro správnou funkci štítné žlázy.

Konzumace ryb je však také spojena s riziky, zejména kvůli možnosti kontaminace environmentálními toxiny, které se v životním prostředí vyskytují přirozeně nebo důsledku lidské činnosti. Mezi nejčastější zdroje například rtuť a polychlorované bifenyly (PCB), používané v průmyslu, představují vážnou hrozbu. Tyto kontaminanty se mohou akumulovat v potravním řetězci, zvláště u dravých ryb což, může způsobit negativní dopad na lidské zdraví.

I přesto pravidelná konzumace ryb může, efektivně přispět k prevenci řady zdravotních problémů jako například srdečních onemocnění a vysokého krevního tlaku. Díky vysokému podílu nutričně bohatých látek jsou ryby doporučovány jako součást vyvážené a zdravé stravy.

Práce se také zabývala udržitelným rybolovem, který mohl pomoci minimalizovat negativní dopady na vodní ekosystémy.

5 Literatura

5.1 Knižní zdroje

Adámek Z, Andreska J, Dubský K, Eldemann Z, Hanel L, Henzély P, Hartvich P, Tomáš K, Křivanec K, Kučera M, Lusk S, Navrátilová J, Tomi P, Tychler M, Stupka P, Vostradovský J. 2015. Rybářství a rybolov Vydání třetí. Český rybářský svaz, Praha.

Arens U. 1998. Jídlo jako jed, jídlo jako lék: [abecední průvodce bezpečnou a zdravou výživou]. Reader's Digest Výběr, Praha.

Buchtová H. 2001. Hygiena a technologie zpracování ryb a ostatních vodních živočichů: Alimentární onemocnění z ryb; Mrazírenství. Veterinární a farmaceutická univerzita, Brno.

Čermák B. 2002. Výživa člověka. Jihočeská univerzita, České Budějovice.

Dvořák P, Pyszko M, Velíšek J, Dvořáková-Líšková Z, Andreji J. 2020. Anatomie a fyziologie ryb2. aktualizované vydání. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany.

FAO, world health organization. c2004. Vitamin and mineral requirements in human nutrition2nd ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations], Rome.

Hanel L. 1998. Ryby. Albatros, Praha.

Hanel L. 2000. Ryby. Albatros, Praha.

Hanel L, Novák J. 2002. České názvy živočichů, 2nd edition. Národní muzeum, Praha.

Hanel L, Andreska J. 2013. Ryby evropských vod v ilustracích Květoslava Híska. Aventinum, Praha.

Havlík J, Marounek M. 2013. Živiny a živinové potřeby člověka: učebnice pro studenty ČZU v Praze2. vyd. Česká zemědělská univerzita, V Praze.

Ingr I. 2010. Jakost a zpracování ryb2., nezměn. vyd. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

Kohout P, Kotlíková E. 2009. Základy klinické výživy. Forsapi, Praha.

Konečný S, Pavlíček J. 1997. Mořské ryby. Self, Ostrava.

le Francois NR, Jobling M, Blier PU, Savoie A. 2010. Finfish Aquaculture Diversification, 1st edition. cabi.

Merten M. 2012. Zpracování ryb2., přeprac. vyd. Informatorium, Praha.

Od agamy po žraloka: Velký ilustrovaný slovník zvířat. 1974., 1st edition. Artia, Praha.

Pipová M. 2006. Hygiena a technológia spracovania sladkovodných a morských rýb, 1st edition. Univerzita veterinárskeho lekárstva, Košice.

Simeonovová J, Gajdůšek S, Ingr I. 2003. Zpracování a zbožiznalství živočišných produktů. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, V Brně.

Sullivan KE. 1998. Vitamíny a minerály v kostce. Slovart, Praha.

Sewald N, Jakubke H-D. 2015. Peptides: Chemistry and Biology, 2nd edition. WILEY-VCH.

Svačina Š, Müllerová D, Bretšnajdrová A. 2013. Dietologie pro lékaře, farmaceuty, zdravotní sestry a nutriční terapeutů2., upr. vyd. Triton, Praha.

Velíšek J, Hajšlová J. 2009a. Chemie potravin Rozš. a přeprac. 3. vyd. OSSIS, Tábor. ISBN 978-80-86659-16-9.

Velíšek J, Hajšlová J. 2009b. Chemie potravin Rozš. a přeprac. 3. vyd. OSSIS, Tábor. ISBN 978-80-86659-15-2.

5.2 Internetové články

Adeola FO. 2020. Global Impact of Chemicals and Toxic Substances on Human Health and the Environment. 1-30 in Handbook of Global Health, 1st edition.. Springer International Publishing, Cham. Available at https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-05325-3_96-1 (accessed April 21, 2024).

Ali H, Khan E. 2018. What are heavy metals? Long-standing controversy over the scientific use of the term ‘heavy metals’ – proposal of a comprehensive definition. Toxicological & Environmental Chemistry **100**:6-19. Available at <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02772248.2017.1413652> (accessed April 18, 2024).

Berninger JP, Tillitt DE. 2019. Polychlorinated biphenyl tissue-concentration thresholds for survival, growth, and reproduction in fish. Environmental Toxicology and Chemistry **38**:712-736. Available at <https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.4335> (accessed April 21, 2024).

Bessa F, Barriá P, Neto JM, Frias JPGL, Otero V, Sobral P, Marques JC. 2018. Occurrence of microplastics in commercial fish from a natural estuarine environment. Marine Pollution

- Bulletin **128**:575-584. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X18300547> (accessed April 21, 2024).
- Bito T, Tanioka Y, Watanabe F. 2018. Characterization of vitamin B12 compounds from marine foods. *Fisheries Science* **84**:747-755. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s12562-018-1222-5> (accessed April 17, 2024).
- Byrne C, Divekar SD, Storchan GB, Parodi DA, Martin MB. 2009. Cadmium — A metallo hormone? *Toxicology and Applied Pharmacology* **238**:266-271. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0041008X09001434> (accessed April 18, 2024).
- de Almeida Rodrigues P, Ferrari RG, dos Santos LN, Conte Junior CA. 2019. Mercury in aquatic fauna contamination: A systematic review on its dynamics and potential health risks. *Journal of Environmental Sciences* **84**:205-218. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1001074218325609> (accessed April 21, 2024).
- Dale HF, Madsen L, Lied GA. 2019. Fish-derived proteins and their potential to improve human health. *Nutrition Reviews* **77**:572-583. Available at <https://academic.oup.com/nutritionreviews/article/77/8/572/5498140> (accessed April 19, 2024).
- Djuricic, I., and P. Calder. 2021. Beneficial Outcomes of Omega-6 and Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Human Health: An Update for 2021. *Nutrients* **13**:2421.
- Egerton, S., D. Mannion, S. Culloty, J. Whooley, C. Stanton, and R. Ross. 2020. The proximate composition of three marine pelagic fish: blue whiting (*Micromesistius poutassou*), boarfish (*Capros aper*) and Atlantic herring (*Clupea harengus*). *Irish Journal of Agricultural and Food Research* **59**.
- Foley CJ, Feiner ZS, Malinich TD, Höök TO. 2018. A meta-analysis of the effects of exposure to microplastics on fish and aquatic invertebrates. *Science of The Total Environment* **631-632**:550-559. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969718307630> (accessed April 21, 2024).
- Guérin T, Chekri R, Vastel C, Sirot V, Volatier J-L, Leblanc J-C, Noël L. 2011. Determination of 20 trace elements in fish and other seafood from the French market. *Food Chemistry* **127**:934-942. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814611001488> (accessed April 20, 2024).
- Hu, Y., F. Hu, and J. Manson. 2019. Marine Omega-3 Supplementation and Cardiovascular Disease: An Updated Meta-Analysis of 13 Randomized Controlled Trials Involving 127 477 Participants. *Journal of the American Heart Association* **8**.
- Hassoun, A., A. Sahar, L. Lakhal, and A. Aït-Kaddour. 2019. Fluorescence spectroscopy as a rapid and non-destructive method for monitoring quality and authenticity of fish and meat products: Impact of different preservation conditions. *LWT* **103**:279-292.

Charkiewicz AE, Omeljaniuk WJ, Nowak K, Garley M, Nikliński J. 2023. Cadmium Toxicity and Health Effects—A Brief Summary. *Molecules* **28**:16. Available at <https://www.mdpi.com/1420-3049/28/18/6620> (accessed April 20, 2024).

Judd N, Griffith WC, Faustman EM. 2004. Contribution of PCB exposure from fish consumption to total dioxin-like dietary exposure. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* **40**:125-135. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0273230004000923> (accessed April 14, 2024).

Kolding J, Van Zwieten P. 2014. Sustainable fishing of inland waters. *Journal of Limnology* **73**. Available at <http://www.jlimnol.it/index.php/jlimnol/article/view/jlimnol.2014.818> (accessed April 14, 2024).

Lim KP, Lim PE, Yusoff S, Sun C, Ding J, Loh KH. 2022. A Meta-Analysis of the Characterisations of Plastic Ingested by Fish Globally. *Toxics* **10**. Available at <https://www.mdpi.com/2305-6304/10/4/186> (accessed April 21, 2024).

Liu Y, Chen Q, Li Y, Bi L, Jin L, Peng R. 2022. Toxic Effects of Cadmium on Fish. *Toxics* **10**. Available at <https://www.mdpi.com/2305-6304/10/10/622> (accessed April 18, 2024).

Mahmood Q, Asif M, Shaheen S, Hayat MT, Ali S. 2019. Cadmium Contamination in Water and Soil. 141-161 in *Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants*. Elsevier. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128148648000061> (accessed April 20, 2024).

Mills N, Cashatt D, Weber MJ, Pierce CL. 2018. A case study and a meta-analysis of seasonal variation in fish mercury concentrations. *Ecotoxicology* **27**:641-649. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s10646-018-1942-4> (accessed April 20, 2024).

Mikolajczyk S, Warenik-Bany M, Maszewski S, Pajurek M. 2020. Dioxins and PCBs – Environment impact on freshwater fish contamination and risk to consumers. *Environmental Pollution* **263**:12. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749119376973> (accessed April 21, 2024).

Möllmann C, Diekmann R. 2012. Marine Ecosystem Regime Shifts Induced by Climate and Overfishing. 303-347 in *Global Change in Multispecies Systems Part 2*. Elsevier. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123983152000041> (accessed March 21, 2024).

Mondal K, Ghosh S, Haque S. 2018. A review on contamination, bioaccumulation and toxic effect of cadmium, mercury and lead on freshwater fishes. *Int. J. Zool. Stud* **3**(2): 153-159.

Ngoubeyou PSK, Wolkersdorfer C, Ndibewu PP, Augustyn W. 2022. Toxicity of polychlorinated biphenyls in aquatic environments – A review. *Aquatic Toxicology* **251**:16. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166445X22002107> (accessed April 21, 2024).

Oziolor EM, Apell JN, Winfield ZC, Back JA, Usenko S, Matson CW. 2018. Polychlorinated biphenyl (PCB) contamination in Galveston Bay, Texas: Comparing concentrations and profiles in sediments, passive samplers, and fish. *Environmental Pollution* **236**:609-618. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749117350625> (accessed April 21, 2024).

Parletta, N. et al. 2017. A Mediterranean-style dietary intervention supplemented with fish oil improves diet quality and mental health in people with depression: A randomized controlled trial (HELFIMED). *Nutritional Neuroscience* **22**:474-487.

Phillips, K., P. Pehrsson, and K. Patterson. 2018. Survey of vitamin D and 25-hydroxyvitamin D in traditional native Alaskan meats, fish, and oils. *Journal of Food Composition and Analysis* **74**:114-128.

Rahman Z, Singh VP. 2019. The relative impact of toxic heavy metals (THMs) (arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr)(VI), mercury (Hg), and lead (Pb)) on the total environment: an overview. *Environmental Monitoring and Assessment* **191**. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s10661-019-7528-7> (accessed April 20, 2024).

Raj D, Maiti SK. 2019. Sources, toxicity, and remediation of mercury: an essence review. *Environmental Monitoring and Assessment* **191**:203. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s10661-019-7743-2> (accessed April 21, 2024).

Raju NJ. 2022. Arsenic in the geo-environment: A review of sources, geochemical processes, toxicity and removal technologies. *Environmental Research* **203**:15. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013935121010768> (accessed April 21, 2024).

Roach P. 2002. Glycogen and its Metabolism. *Current Molecular Medicine* **2**:101-120. Available at <http://www.eurekaselect.com/openurl/content.php?genre=article&issn=1566-5240&volume=2&issue=2&spage=101> (accessed April 18, 2024).

Santhana K, Raman RK, Talukder A, Mahanty A, Sarkar DJ, Das BK, Bhowmick S, Samanta S, Manna SK, Mohanty BP. 2022. Arsenic Bioaccumulation and Identification of Low-Arsenic-Accumulating Food Fishes for Aquaculture in Arsenic-Contaminated Ponds and Associated Aquatic Ecosystems. *Biological Trace Element Research* **200**:2923-2936. Available at <https://link.springer.com/10.1007/s12011-021-02858-0> (accessed April 20, 2024).

Shakouri B, Soheila khoshnevis Yazdi, Fashandi A. 2010. Overfishing. 229-234 in 2010 2nd International Conference on Chemical, Biological and Environmental Engineering. IEEE. Available at <http://ieeexplore.ieee.org/document/5649533/> (accessed April 14, 2024).

Sedláčková L, Kružiková K, Svobodová Z. 2014. Mercury speciation in fish muscles from major Czech rivers and assessment of health risks. *Food Chemistry* **150**:360-365. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814613014751> (accessed April 25, 2024).

Smith M, Love DC, Rochman CM, Neff RA. 2018. Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health. *Current Environmental Health Reports* **5**:375-386. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s40572-018-0206-z> (accessed April 21, 2024).

Silva AB, Bastos AS, Justino CIL, da Costa JP, Duarte AC, Rocha-Santos TAP. 2018. Microplastics in the environment: Challenges in analytical chemistry - A review. *Analytica Chimica Acta* **1017**:1-19. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003267018302587> (accessed April 21, 2024).

Tabelin CB, Igarashi T, Villacorte-Tabelin M, Park I, Opiso EM, Ito M, Hiroyoshi N. 2018. Arsenic, selenium, boron, lead, cadmium, copper, and zinc in naturally contaminated rocks: A review of their sources, modes of enrichment, mechanisms of release, and mitigation strategies. *Science of The Total Environment* **645**:1522-1553. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969718325476> (accessed April 21, 2024).

Tocher, D., M. Betancor, M. Sprague, R. Olsen, and J. Napier. 2019. Omega-3 Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids, EPA and DHA: Bridging the Gap between Supply and Demand. *Nutrients* **11**:89.

Wang F, Wong CS, Chen D, Lu X, Wang F, Zeng EY. 2018. Interaction of toxic chemicals with microplastics: A critical review. *Water Research* **139**:208-219. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135418302835> (accessed April 21, 2024).

Wang F, Outridge PM, Feng X, Meng B, Heimbürger-Boavida L-E, Mason RP. 2019. How closely do mercury trends in fish and other aquatic wildlife track those in the atmosphere? – Implications for evaluating the effectiveness of the Minamata Convention. *Science of The Total Environment* **674**:58-70. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969719316225> (accessed April 20, 2024).

Wang W, Ge J, Yu X. 2020. Bioavailability and toxicity of microplastics to fish species: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* **189**:109913. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0147651319312448> (accessed April 21, 2024).

Yang, L., M. Guo, C. Xin, X. Ren, L. Wang, and Y. Liu. 2021. Comparison of trace element concentrations in freshwater fish and marine fish consumed in Shandong Province, China, and their potential risks to human health. *Marine Pollution Bulletin* **165**:112114.

Zbigniew S. 2017. Role of Iodine in Metabolism. *Recent Patents on Endocrine, Metabolic & Immune Drug Discovery* **10**:123-126. Available at <http://www.eurekaselect.com/node/149397/article> (accessed April 18, 2024).

Zulaikhah ST, Wahyuwibowo J, Pratama AA. 2020. Mercury and its effect on human health: a review of the literature. *International Journal of Public Health Science (IJPHS)* **9**:103-114. Available at <http://ijphs.iaescore.com/index.php/IJPHS/article/view/20416> (accessed April 20, 2024).

Zupo V, Graber G, Kamel S, Plichta V, Granitzer S, Gundacker C, Wittmann KJ. 2019. Mercury accumulation in freshwater and marine fish from the wild and from aquaculture ponds. *Environmental Pollution* **255**. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749119313302> (accessed April 20, 2024).

5.3 Internetové články

Arsen. 2009. www.prvky.com. Available at <http://www.prvky.com/33.html> (accessed March 25, 2024).

Draslík. 2009. www.prvky.com. Available at <http://www.prvky.com/19.html> (accessed March 25, 2024).

Fosfor. 2009. www.prvky.com. Available at <http://www.prvky.com/15.html> (accessed March 25, 2024).

Jód. 2009. www.prvky.com. Available at <http://www.prvky.com/53.html> (accessed March 25, 2024).

Kadmium. 2009. www.prvky.com. Available at <http://www.prvky.com/48.html> (accessed March 25, 2024).

Mikrobiologie potravin. 2019. www.vovcr.cz. Available at <https://www.vovcr.cz/odz/tech/307/page00.html> (accessed March 25, 2024).

Nutriční hodnota. 2009. www.bezpecnostpotravin.cz. Available at <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/nutricni-hodnota/> (accessed March 25, 2024).

Rtuť. 2009. www.prvky.com. Available at <http://www.prvky.com/80.html> (accessed March 25, 2024).

Rtuť v rybách. 2009. www.bezpecnostpotravin.cz. Available at <https://bezpecnostpotravin.cz/rtut-v-rybach/> (accessed March 25, 2024).

Sodík. 2009. www.prvky.com. Available at <http://www.prvky.com/11.html> (accessed March 25, 2024).

Těžké kovy. 2009. www.bezpecnostpotravin.cz. Available at <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/tezke-kovy/> (accessed March 25, 2024).

Vápník. 2009. www.prvky.com. Available at <http://www.prvky.com/20.html> (accessed March 25, 2024).

6 Seznam použitých zkratk a symbolů

EPA – kyselina eikosapentaenová

DHA – kyselina dokosahexaenová

PUFA – Polynenasycené mastné kyseliny

n-3 – omega-3

n-6 – omega 6

PCB – polychlorované bifenyly

OC – organický uhlík

PE – polyethylen

PET – polyethylentereftalát

PP – polypropylen

PVC – polyvinylchlorid

WHO – world health organization (světová zdravotnická organizace)

PN – pyridoxin

PL – pyridoxal

P – pyridoxamin

UV – ultraviolet

