

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Nutriční hodnota vybraných mořských ryb a jejich
spotřeba u studentů**

Diplomová práce

**Bc. Lukáš Hrabě
Výživa a potraviny**

doc. Ing. Jan Pánek, CSc.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Nutriční hodnota vybraných mořských ryb a jejich spotřeba u studentů“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13.4.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Janu Pánkovi, CSc. za jeho cenné rady a věcné připomínky, které mi pomohly tuto práci zkomplementovat. Také bych chtěl poděkovat všem vysokoškolským studentům, kteří se zúčastnili sociologického průzkumu této práce.

Nutriční hodnota vybraných mořských ryb a jejich spotřeba u studentů

Souhrn

Literární přehled této práce se zabýval nutričním a toxikologickým profilem pěti mořských ryb nejběžněji dostupných na potravinářském trhu v ČR. Za pomoci vědeckých článků a ověřených nutričních databází byl u zkoumaných ryb stanoven průměrný obsah vysoce nenasycených mastných kyselin eikosapentaenové (EPA) a dokosahexaenové (DHA), dále jódu, selenu a vitamínu D. U všech těchto nutrientů byl taktéž popsán jejich vliv na zdraví člověka a byla k nim zmíněna i schválená zdravotní tvrzení dle Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (EFSA). Popisován byl zejména preventivní účinek uvedených živin na snížení rizika vzniku onemocnění s četným výskytem u české populace, ale také důvody, proč může být u Čechů příjem těchto nutrientů suboptimální. Z toxikologického hlediska byla u ryb zjišťována variabilita v koncentracích rtuti. Hlavní náplní praktické části této diplomové práce byl sociologický průzkum, který měl za cíl mapovat u vysokoškolských studentů Prahy, Brna a Plzně celkovou spotřebu mořských ryb, preference pro jednotlivé druhy ryb a rybích výrobků a příčiny potenciálně nízkého příjmu této komodity. Výsledky ukázaly, že 70 % studentů konzumuje tuto potravinářskou komoditu méně než 1× týdně a přes 88 % studentů považuje svou spotřebu mořských ryb za nedostatečnou. Ze získaných výsledků a s pomocí nutričního složení byl následně odhadnut reálný příjem mastných kyselin EPA a DHA u studentů a výsledky byly porovnány s nutričními doporučeními. Ukázalo se, že adekvátní příjem EPA a DHA dle doporučení EFSA splňuje pouze 43 % studentů. Zkoumány byly také znalosti studentů ohledně významných nutrientů ryb. Uspokojivě dokázalo popsat zdravotní benefity konzumace EPA a DHA pouze necelých 35 % studentů. Dále bylo statisticky vyhodnoceno, zda dietární příjem EPA a DHA u studentů závisí na jejich znalostech zdravotních benefitů spojených s konzumací těchto nutrientů. Mezi těmito proměnnými byla prokázána statisticky významná závislost. Jednalo se o slabou přímou závislost ($C = 0,122$). Pokud byl student dostatečně obeznámen se zdravotními benefity konzumace EPA a DHA, byla u něho také vyšší pravděpodobnost, že se bude snažit přijímat těchto nutrientů dostatek. Nicméně závislost mezi uvedenými proměnnými byla pouze slabá, což znamená, že do tohoto vztahu vstupují i další důležité faktory, které studentům brání v dostatečném příjmu omega-3 mastných kyselin. Tím nejzásadnějším faktorem se zdály být nedostatečné finanční možnosti studentů.

Klíčová slova: losos; makrela; sardinka; sled'í; tuňák

Nutritional value of selected marine fish and their consumption by students

Summary

The literature review of this work dealt with the nutritional and toxicological profile of the five most commonly available marine fish on the food market in the Czech Republic. According to scientific articles and verified nutritional databases, the content of the highly unsaturated fatty acids eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA), as well as iodine, selenium and vitamin D was determined in the examined fish. For all these nutrients, their effect on human health was described and approved health claims according to European Food Safety Authority (EFSA) were also mentioned. In particular, the preventive effect of these nutrients on reducing the risk of developing diseases with numerous occurrences in the Czech population was described, but also the reasons why the intake of the mentioned nutrients may be suboptimal among Czechs. From a toxicological point of view, variability in mercury concentrations was determined in fish. The main content of the practical part of this thesis was a sociological survey, which aimed to map the total consumption of marine fish among university students of Prague, Brno and Pilsen, preferences for individual types of fish and fish products and the causes of potentially low intake of this commodity. The results showed that 70 % of the students consume this food commodity less than once a week and over 88 % of the students consider their consumption of marine fish to be insufficient. From the obtained results and with the help of the nutritional composition, the students' real intake of EPA and DHA fatty acids was subsequently estimated, and the results were compared with nutritional recommendations. It turned out that only 43 % of students meet the adequate intake of EPA and DHA according to the EFSA recommendations. Students' knowledge of important fish nutrients was also examined. Only less than 35 % of students were able to satisfactorily describe the health benefits of consuming EPA and DHA. It was then statistically evaluated whether the dietary intake of EPA and DHA among students depends on their knowledge of the health benefits associated with the consumption of these nutrients. A statistically significant relationship was demonstrated between these variables. It was a weak direct dependence ($C=0.122$). If the student was sufficiently familiar with the health benefits of consuming EPA and DHA, he was also more likely to try to get enough of these nutrients. However, the dependence between the mentioned variables was only weak, which means that there are other important factors that prevent students from getting enough omega-3 fatty acids. The most fundamental factor seemed to be the lack of financial resources of the students.

Keywords: salmon; mackerel; sardine; herring; tuna

Obsah

1 Úvod	8
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	9
2.1 Cíle práce	9
2.2 Hypotézy	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Významné nutrienty mořských ryb	10
3.1.1 Lipidy.....	10
3.1.1.1 Omega-3 mastné kyseliny.....	12
3.1.1.2 Vliv omega-3 mastných kyselin na lidské zdraví	13
3.1.2 Vitamin D	18
3.1.3 Jód.....	20
3.1.4 Selen	21
3.2 Mořské ryby využívané na trhu v ČR	23
3.2.1 Losos atlantský (<i>Salmo salar</i>)	23
3.2.1.1 Výskyt a morfologie	24
3.2.1.2 Nutriční a toxikologický profil	25
3.2.2 Makrela obecná (<i>Scomber scombrus</i>).....	27
3.2.2.1 Výskyt a morfologie	27
3.2.2.2 Nutriční a toxikologický profil	28
3.2.3 Sardinka obecná (<i>Sardina pilchardus</i>)	29
3.2.3.1 Výskyt a morfologie	29
3.2.3.2 Nutriční a toxikologický profil	31
3.2.4 Sled' obecný (<i>Clupea harengus</i>)	31
3.2.4.1 Výskyt a morfologie	32
3.2.4.2 Nutriční a toxikologický profil	33
3.2.5 Tuňák pruhovaný (<i>Katsuwonus pelamis</i>)	34
3.2.5.1 Výskyt a morfologie	34
3.2.5.2 Nutriční a toxikologický profil	36
4 Metodika	37
4.1 Sociologický průzkum	37
4.1.1 Sběr dat a distribuce dotazníku.....	37
4.1.2 Struktura dotazníku.....	37
4.2 Vyhodnocení dat	41
4.2.1 Vyhodnocení příjmu EPA a DHA	41
4.2.2 Statistické vyhodnocení	43

5	Výsledky.....	45
5.1	Sociologický průzkum.....	45
5.1.1	Sběr dat a distribuce dotazníku	45
5.1.2	Odpovědi respondentů	45
5.2	Vyhodnocení dat.....	57
5.2.1	Vyhodnocení příjmu EPA a DHA	57
5.2.2	Statistické vyhodnocení	58
6	Diskuze.....	60
6.1	Spotřeba a preference mořských ryb	60
6.2	Znalosti studentů.....	61
6.3	Příjem mastných kyselin EPA a DHA.....	62
6.4	Limitace výzkumu	63
7	Závěr	64
8	Literatura.....	65
9	Seznam použitých zkratk a symbolů	75

1 Úvod

V posledních letech se ve vědecké literatuře objevuje stále více studií, které potvrzují, že konzumace mořských ryb má pozitivní dopad na zdraví člověka. Dnes je již známo, že hlavní benefity dietárního příjmu této potravinářské komodity pramení zejména z unikátnosti chemické kompozice tuku, který je v rybách obsažen (Kwasek et al. 2020). Rybí olej totiž přirozeně koncentruje významná množství dvou zdraví prospěšných omega-3 nenasycených mastných kyselin, eikosapentaenové a dokosahexaenové. Těchto bioaktivních kyselin, které zásadně ovlivňují fyziologické procesy, si lidský organismus není schopen vytvářet dostatek a je tedy odkázán na jejich příjem potravou (Liu & Ralston 2021).

Observační a epidemiologické studie, avšak opakovaně potvrzují, že konzumace mořských ryb není u obyvatel České republiky dostatečná (Oseeva et al. 2019). Češi totiž nakupují ryby a výrobky z nich poměrně málo. Roku 2018 vynaložili pouhých 9 % výdajů na nákup ryb či plodů moře z celkových výdajů na veškeré živočišné potraviny (Temesi et al. 2020). Tato skutečnost je na jednu stranu pochopitelná, protože ČR patří mezi vnitrozemské státy Evropy a nemá tak přístup k mořím, na druhou stranu je ale chronicky nízký příjem omega-3 mastných kyselin z hlediska zdraví velmi problematický a dává se do spojitosti se zvýšeným rizikem rozvoje různých patologií (Saini & Keum 2018).

Nutriční intervence, jež přispívá k navýšení množství omega-3 mastných kyselin ve stravě, je v dnešní době prokázanou a efektivní metodou, která u lidí vede ke snížení rizika rozvoje kardiovaskulárních chorob (Abdelhamid et al. 2020). A protože Česká republika patří mezi státy s četným výskytem těchto onemocnění, je na místě se o problematiku konzumace ryb více zajímat. U obyvatel ČR byly totiž v roce 2019 ischemické choroby srdeční nejčastější příčinou úmrtí a tou druhou nejčastější příčinou smrti byla mozková mrtvice (IHME 2023). Nicméně na zmírnění komplikací cévních onemocnění mají vliv i jiné živiny obsažené v mořských rybách, zejména selen (Xiang et al. 2020), což je podle observačních studií pravděpodobně další nedostatečně zastoupený mikronutrient ve stravě mnoha Čechů (Batápiová et al. 2005). Podobně deficitní je u české populace také vitamin D (Jakobsen et al. 2019), jehož dobrým zdrojem jsou právě tučné mořské ryby.

Z výše uvedených důvodů tedy vyplývá, že je zapotřebí zjišťovat, zda jsou Češi adekvátně obeznámeni s potenciálními zdravotními benefity spojovanými s dostatečnou konzumací mořských ryb, a speciálně těch tučných, které obsahují větší podíl omega-3 mastných kyselin. Další neméně důležitá snažení by měla vést také k identifikaci překážek, které obyvatelům ČR nejvíce brání v dostatečné konzumaci této nutričně hodnotné potravinářské komodity. Na základě zjištěných informací bude možné v nadcházejících letech podniknout účelné kroky, které povedou k eliminaci těchto problémů.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

2.1 Cíle práce

1. S využitím většího počtu kvalitních literárních zdrojů mapovat nutriční hodnotu mořských ryb využívaných na trhu ČR.
2. Na rozsáhlém vzorku respondentů – studentů vysokých škol – zjistit pomocí dotazníkového šetření (sociologického průzkumu) celkovou spotřebu mořských ryb, preference pro jednotlivé druhy ryb a rybích výrobků a příčiny potenciálně nízkého příjmu této komodity.
3. Ze získaných výsledků a s pomocí nutričního složení odhadnout reálný příjem eikosapentaenové a dokosahexaenové mastné kyseliny u studentů a výsledky porovnat s nutričními doporučeními. V případě výrazných odchylek navrhnout způsob nutriční intervence.

2.2 Hypotézy

1. Znalosti studentů o významných nutrientech ryb jsou velmi dobré. Minimálně 50 % studentů dokáže popsat zdravotní význam vysoce nenasycených mastných kyselin EPA a DHA.
2. Příjem omega-3 mastných kyselin je u studentů dostatečný. Minimálně 60 % studentů splňuje příjem EPA a DHA doporučený Evropským úřadem pro bezpečnost potravin.
3. Dietární příjem mastných kyselin EPA a DHA u studentů závisí na znalostech zdravotních benefitů spojených s konzumací těchto nutrientů.

3 Literární rešerše

3.1 Významné nutrienty mořských ryb

Nutriční profil mořských ryb vyniká především složením tuku, který obsahuje značná množství vysoce nenasycených mastných kyselin, a to primárně z dieteticky velmi důležité podskupiny omega-3 mastných kyselin. Z esenciálních biogenních prvků se v mořských rybách významně koncentruje zejména jód a selen, což jsou minerální látky, které jsou proporcčně poněkud méně zastoupené v ostatních potravinářských komoditách (Larsen et al. 2011). Oproti většině potravin obsahují tučné mořské ryby v nutričně zajímavých koncentracích také lipofilní vitamin D (Hu & Chan 2020).

3.1.1 Lipidy

Procentuálně nejzastoupenější a také dieteticky nejpodstatnější složkou konzumovaných lipidů jsou triacylglyceroly. Jádrem jejich chemické struktury je trojsytný alkohol glycerol, na který jsou esterifikační vazbou připojeny zpravidla tři mastné kyseliny. Nutriční význam tuků je nejčastěji posuzován dle chemické struktury těchto mastných kyselin, a to konkrétně podle nasycenosti jejich uhlíkových vazeb. Nasycené mastné kyseliny (SFA z angl. Saturated fatty acids) nemají v uhlíkatém řetězci žádnou násobnou vazbu. Mononenasycené kyseliny (MUFA z angl. Monounsaturated fatty acids) obsahují vždy jednu dvojnou vazbu mezi uhlíky a polynenasycené (PUFA z angl. Polyunsaturated fatty acids) čítají v uhlíkatém řetězci minimálně dvě dvojně vazby. Poměr nenasycených a nasycených mastných kyselin v tucích zásadně ovlivňuje jejich fyzikální (bod tuhnutí a tání), chemické (náchyllost k oxidaci) a fyziologické vlastnosti (Lunn & Theobald 2006).

V závislosti na dané potravíně se v příslušných tucích vyskytuje různě nakombinované spektrum odlišných mastných kyselin. Každá mastná kyselina je tvořena různě dlouhým uhlíkatým řetězcem, s lišící se nasyceností, který je zakončen karboxylovou skupinou. Pro zjednodušení popisu této struktury lze každou mastnou kyselinu zapsat pomocí dvoučíselného kódu. Například kyselina palmitová se bude označovat kódem 16:0, který znázorňuje počet uhlíků v řetězci kyseliny (16) a počet dvojných vazeb v řetězci (0). Toto označení nicméně nebere v potaz chemickou konfiguraci sloučeniny (izomerii cis-trans) (Saini & Keum 2018). Tabulka 1 uvádí nejběžnější mastné kyseliny zastoupené v konzumovaných tucích a jejich chemickou strukturu. V tabulce je znázorněno především rozdělení polynenasycených mastných kyselin do tříd, ke kterým náleží.

PUFA se totiž rozděluje podle pozice první dvojně vazby od konce uhlíkatého řetězce na dvě skupiny: omega-3 a omega-6 mastné kyseliny. Názvy těchto skupin jsou odvozeny od posledního písmena řecké abecedy „omega“ (představující poslední uhlík mastné kyseliny) a příslušného čísla, které označuje první uhlík řetězce kyseliny, který je propojen dvojnou vazbou. Pro zkrácení se v literatuře omega běžně nahrazuje písmenem n (tzn. n-3 či n-6).

Tab. 1: Struktura a rozdělení nejběžnějších mastných kyselin ve stravě:

SFA	MUFA	n-3 PUFA	n-6 PUFA
Palmitová (16:0)	Palmitoolejová (16:1)	α -linolenová (18:3) (ALA)	Linolová (18:2)
Stearová (18:0)	Olejová (18:1)	Eikosapentaenová (20:5) (EPA)	Arachidonová (20:4)
		Dokosapentaenová (22:5) (DPA)	
		Dokosaheptaenová (22:6) (DHA)	

(Saini & Keum 2018; doplněno)

Všechny konzumované tuky obsahují vždy nasycené i nenasycené mastné kyseliny, nicméně poměry těchto kyselin se u různých tuků velmi liší. Bod tání tuku roste s vyšší nasyceností a délkou řetězce jeho mastných kyselin. To je důvodem, proč některé tuky (např. kokosový nebo mléčný) zachovávají pevné skupenství i při pokojové teplotě (Abbas et al. 2009). Naopak bod tání tuků klesá s jeho vyšší nenasyceností, kdy rybí olej a většina rostlinných olejů zůstávají z důvodu vysokého obsahu PUFA v tekutém skupenství i v chladírenských podmínkách (Caballero et al. 2003).

Tučné mořské ryby představují jeden z nejvýznamnějších zdrojů vysoce nenasycených mastných kyselin. Rybí olej je svou kompozicí poměrně unikátní, protože většina jeho PUFA je ve formě omega-3 mastných kyselin, které jsou pro člověka z dietetického hlediska velmi žádoucí (Lunn & Theobald 2006). Poměr jednotlivých druhů mastných kyselin v rybím tuku závisí na mnoha faktorech. Jde především o primární zdroj potravy dané ryby, ale má vliv i druhová příslušnost či odlišný habitat. Procentuální kompozice mastných kyselin v tučích je obecně proměnlivá. U zvířat je složení tuku ovlivněno především výživou a způsobem chovu, u rostlin kompozici oleje ovlivňují podmínky pěstování (Özogul et al. 2009). Tabulka 2 vyobrazuje procentuální zastoupení mastných kyselin v rybím oleji v porovnání s jinými tuky.

Tab. 2: Orientační procentuální zastoupení mastných kyselin v tučích a olejích:

	Vepřové sádlo	Olivový olej	Máslo	Rybí olej
SFA (%)	43	15	65	22
MUFA (%)	46	72	32	57
PUFA* (%)	11	13	3	21
z toho omega-3	2	0	1	20
z toho omega-6	9	13	2	1

(Lunn & Theobald 2006; Abbas et al. 2009; upraveno)

*Pozn. Poměr n-3/n-6 PUFA se může výrazně lišit v závislosti na zdroji potravy zvířete

Z tabulky je patrné, že rybí olej obsahuje převážně nenasycené mastné kyseliny a má vysoký podíl PUFA. Nasycené mastné kyseliny (SFA) jsou v rybím oleji doporučeně zastoupeny méně, než je tomu u tuku terestrických zvířat. Oleje ryb obsahují většinou více MUFA než SFA. Najdou se ale i výjimky, kdy např. tresce příbuzná ryba, štikozubec tichooceánský (*Merluccius*

productus), obsahuje zpravidla více SFA než MUFA. Podobně tomu může být i u sardinek, makrel a sardelí, u kterých bývá poměr SFA:MUFA spíše vyrovnaný (Abbas et al. 2009). Důležitým odlišením rybiho oleje od ostatních tuků je ale především jeho značný obsah PUFA, a to zejména omega-3 mastných kyselin, které procentuálně výrazně převažují nad kyselinami řady omega-6. Toto je velmi neobvyklé a u naprosté většiny konzumovaných tuků je tomu obráceně, tedy jejich PUFA jsou ve prospěch omega-6 a naopak omega-3 jsou zastoupeny pouze minoritně (Abbas et al. 2009; Hosomi et al. 2012; Saini & Keum 2018).

Z hlediska celkového obsahu tuku se ryby rozdělují do čtyř základních tříd. Obvyklou procentuální tučností běžně konzumovaných mořských ryb znázorňuje tabulka 3. S rostoucí tučností se většinou zvyšuje také množství omega-3 mastných kyselin v rybě (Liu & Ralston 2021). Čistý obsah n-3 mastných kyselin se tak podle tučnosti pohybuje v rozmezí 0,2-3 % z celkové hmotnosti dané ryby (Gil & Gil 2015).

Tab. 3: Rozdělení ryb podle tučnosti:

Třída	Celková tučnost	Zástupci
Netučné ryby	Méně než 2 %	Treska, tuňák pruhovaný a žlutoploutvý, platýs
Nízkotučné ryby	2-5 %	Tuňák modroploutvý, sardel, parmice
Tučné ryby	5-10 %	Sleď, sardinka
Velmi tučné ryby	Více než 10 %	Makrela, losos

(Liu & Ralston 2021; upraveno)

3.1.1.1 Omega-3 mastné kyseliny

Kyselina α -linolenová (ALA) je základní mastná kyselina z řady omega-3, obsahující tři dvojně vazby, kterou syntetizují autotrofní organismy. Významně se koncentruje v semenech některých rostlin (len, ořech) (Larsen et al. 2011; Saini & Keum 2018). Jedná se pro člověka o esenciální mastnou kyselinu, což znamená, že si ji lidský organismus není schopen sám syntetizovat a je tedy odkázán na její přísun stravou. V těle slouží primárně jako výchozí látka pro tvorbu omega-3 mastných kyselin s vyšším stupněm nenasycení. Z kyseliny α -linolenové je možné v lidském organismu vytvořit pomocí elongace (prodloužení uhlíkatého řetězce) a desaturace (zvýšení počtu dvojných vazeb) kyselinu eikosapentaenovou (EPA), která obsahuje pět dvojných vazeb. Stejným postupem se utváří z EPA kyselina dokosaheptaenová (DHA), jež čítá šest dvojných vazeb (Shahidi & Ambigaipalan 2015). Nicméně je nutné podotknout, že konverze ALA na EPA a následně DHA je v lidském těle velmi neefektivní a dosahuje často jen jednotky procent (Liu & Ralston 2021). Na tuto skutečnost upozorňuje stále více studií a poukazují na to, že by měl být upřednostněn příjem EPA a DHA z živočišných zdrojů před konzumací ALA, jež se nachází primárně v rostlinných potravinách (Tocher 2003; Lunn & Theobald 2006; Shahidi & Ambigaipalan 2015; Saini & Keum 2018). Larsen et al. (2011) dokonce uvádí intervenční studie, které zaznamenaly, že i konzumace vysokého

množství ALA u zdravých lidí měla pouze slabý vliv na zvýšení hladiny EPA a téměř žádný efekt na zvýšení hladiny DHA v krevní plazmě.

EPA a DHA jsou mastné kyseliny řady omega-3, které se ukládají ve významných množstvích zejména v tuku mořských ryb (Hosomi et al. 2012). Tyto dvě mastné kyseliny dohromady představují ve většině ryb Tichého oceánu více než 80 % všech n-3 mastných kyselin v jejich tkáních (Abbas et al. 2009). Podstatně méně je zastoupena kyselina dokosapentaenová (DPA), která je meziproduktem při syntéze DHA z EPA (Saini & Keum 2018). Významná koncentrace těchto kyselin v mořských rybách je dána tím, že oceánský fytoplankton a řasy efektivně syntetizují EPA a DHA, které se následně po potravinovém řetězci dostávají do ryb a jiných mořských živočichů, kde se inkorporují do jejich lipidů (Shahidi & Ambigaipalan 2015). Vzhledem k obsahu vysoce nenasycených mastných kyselin řady omega-3, jsou mořské ryby Americkou kardiologickou organizací označovány jako ten nejdůležitější zdroj těchto nutrientů v lidské stravě (Abbas et al. 2009).

Tělesný tuk přežvýkavců či jejich mléko také obsahují EPA a DHA. Volně se pasoucí zvířata pojmají ve svých tucích vyšší koncentrace těchto kyselin, což je dáno především vyšším příjmem ALA z konzumovaných travních porostů. Naopak jadrné krmivo, které je podáváno ustájeným zvířatům, ALA, prekurzor pro syntézu EPA a DHA, ve významných koncentracích neobsahuje. Nicméně vzhledem k tomu, že celkové množství PUFA je v těchto potravinářských komoditách poměrně nízké, tak by jich člověk musel konzumovat značná množství, aby přijal dostatek EPA a DHA, což by se nevyhnutelně pojilo i s navýšeným kalorickým příjmem (Abbas et al. 2009; Saini & Keum 2018). Tuky monogastrických zvířat (drůbež, prasata) nejsou bohatým zdrojem mastných kyselin řady omega-3. Je to dáno především jejich stravou, která obsahuje majoritní podíl obilovin či olejnin. Semena většiny rostlin totiž slouží jako úložiště kyseliny linolové, což je hlavní zástupce mastných kyselin řady omega-6 (Saini & Keum 2018). Nutriční intervence v krmivářství tedy zásadně ovlivňuje výsledný poměr vysoce nenasycených mastných kyselin ve vyprodukovaných živočišných výrobcích (Kwasek et al. 2020).

Saini & Keum (2018) uvádí, že mořské ryby chované v akvakulturách mají zpravidla nižší obsah EPA a DHA v tuku, protože jsou krmeny především zrninami a olejninami (zdroje omega-6 mastných kyselin). Naopak volně lovené ryby, jejichž strava je založená primárně na fytoplanktonu a zooplanktonu mají obsah n-3 mastných kyselin vyšší. Na druhou stranu některé studie došly i k opačnému závěru (Lundebye et al. 2017; Liu & Ralston 2021). Nicméně není zcela zřejmé, jestli fortifikace krmné dávky kyselinou α -linolenovou vede také k navýšení EPA a DHA v tuku ryb. Kwasek et al. (2020) zmiňují intervenční studii, kdy přidání lněného oleje (zdroj ALA) do krmné dávky ryb vedlo pouze k navýšení ALA v jejich mase, ale obsah EPA a DHA byl dokonce snížen. Zdá se tedy, že krmivo je velmi důležitým faktorem, který rozhoduje nejen o celkovém množství omega mastných kyselin v chovaných rybách, ale také přímo o jejich druhu (Lunn & Theobald 2006; Özoglu et al. 2009; Kwasek et al. 2020).

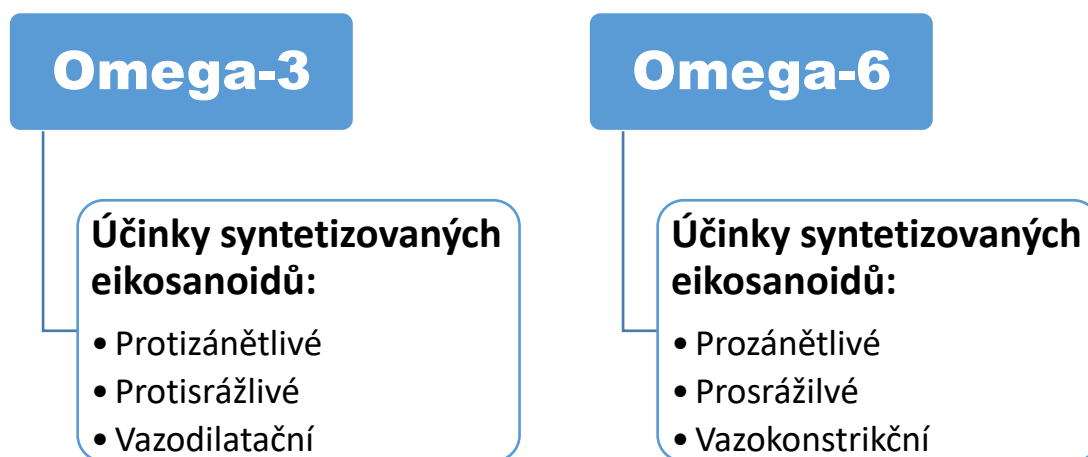
3.1.1.2 Vliv omega-3 mastných kyselin na lidské zdraví

Polynenasycené mastné kyseliny ze stravy se po absorpci ukládají v lidském organismu. Jsou inkorporovány do buněčných membrán, kde ovlivňují jejich fyzikální fluiditu (tekutost), což má následně vliv na fyziologické fungování tělních buněk. Nedostatečné množství polynenasycených mastných kyselin uvnitř buněčných membrán tak zvyšuje jejich rigiditu

(tuhost), čímž se zhoršuje fyzikální flexibilita těchto membrán. To může negativně ovlivňovat funkci různých buněčných receptorů či kanálů, které vyčnívají z membrány a zprostředkovávají základní pochody v buňce. Novodobé studie zjišťují, že právě přílišná rigidita buněčných membrán je jedním z mnoha faktorů přispívajících ke komplexním patologiím některých onemocnění (Kwasek et al. 2020; Djuricic & Calder 2021).

Složení stravy člověka určuje poměr polynenasycených mastných kyselin (n-3:n-6) v jeho tělních tkáních. Výzkumy poukazují na to, že tento poměr přímo koreluje s mírou incidence některých chorob (Hosomi et al. 2012). Řada studií proto považuje vyvážený poměr polynenasycených mastných kyselin (s důrazem na navýšení poměru ve prospěch n-3 m. k.) ve stravě jako důležitou prevenci proti vzniku kardiovaskulárních (Abdelhamid et al. 2020), imunologických (Gutiérrez et al. 2019), neurologických (Wysoczański et al. 2016) či dokonce nádorových onemocnění (Saini & Keum 2018).

Polynenasycené mastné kyseliny slouží v lidském těle jako prekurzory (výchozí látky) a dávají vzniknout signálním molekulám, tzv. tkáňovým hormonům, které se označují pojmem eikosanoidy. Mezi eikosanoidy se řadí zejména prostaglandiny, leukotrieny a tromboxany. Tyto sloučeniny se významně podílejí na fyziologické regulaci především zánětlivých reakcí, vazokonstrikce a vazodilatace, ale také bronchokonstrikce a bronchodilatace či krevní srážlivosti. Omega-3 a omega-6 mastné kyseliny spolu soutěží o stejné transformační enzymy jejichž působením vznikají eikosanoidy příslušné řady mastných kyselin. Je tak nezbytné původ těchto signálních molekul rozlišovat, protože jak znázorňuje obrázek 1, mají na fyziologické pochody opačný účinek (Saini & Keum 2018).



Obr. 1: Fyziologické účinky eikosanoidů v závislosti na jejich výchozím prekurzoru (Zdroj: Saini & Keum 2018; upraveno)

Jedním z prvních kroků k objasnění zdravotních benefitů omega-3 mastných kyselin bylo objevení velmi nízké incidence kardiovaskulárních chorob u populace grónských Inuitů, jejichž strava založená primárně na mořských živočiších poskytovala významná množství n-3 a zároveň minimum n-6 mastných kyselin (Larsen et al. 2011). Později se jinými epidemiologickými studiemi zjistilo, že kardiovaskulární onemocnění sužují podstatně více

americkou populaci než tu japonskou. Stravovací zvyklosti se v těchto zemích zásadně liší a s nimi i poměr polynenasycených mastných kyselin (n-3:n-6) ve stravě, který u Američanů dosahuje dle některých studií až hodnot 1:20 (Simopoulos 2008). Naopak u Japonců, kteří konzumují více mořských ryb, se poměr blíží spíše pomyslné absolutní rovnováze a dosahuje hodnot 1:4 (Sugano & Hirahara 2000). V této problematice se angažují také antropologicky zaměřené studie, které předkládají hypotetické předpoklady tohoto poměru mastných kyselin ve stravě paleolitického člověka. Dochází k závěrům, že u pravěkých předků mohl být poměr dokonce obrácený a sice 1:0,79. Tedy ve prospěch omega-3 mastných kyselin (Eaton et al. 1998; Simopoulos 2008). Nicméně názory vědců na optimální poměr polynenasycených mastných kyselin (n-3:n-6) ve stravě člověka se liší. Aktuální studie se však většinou shodují v tom, že pro adekvátní zdraví by lidé měli usilovat o dostatečnou konzumaci tuků s vysokým obsahem n-3 mastných kyselin (zejména EPA a DHA) a naopak být spíše střídmejší v konzumaci tuků s vysokým obsahem n-6 mastných kyselin (Saini & Keum 2018; DiNicolantonio & O'Keefe 2021). Výrazný nepoměr polynenasycených mastných kyselin (ve prospěch omega-6) v jídelníčku novodobého člověka se přisuzuje zejména technologickému pokroku, který umožnil vysoce efektivní extrakci a rafinaci rostlinných olejů (což významně prodlužuje jejich skladovatelnost), které se tudíž začaly v posledních 150 letech podstatně více používat v potravinářství i gastronomii (Simopoulos 2008).

Poměr polynenasycených mastných kyselin (n-3:n-6) v těle reguluje hodnoty krevního tlaku. To dokládá meta-analýza zahrnující přes 70 klinických studií z roku 2022 (Zhang et al.), která zkoumala vliv dietárního příjmu n-3 mastných kyselin na změny tlaku krve. Autoři dospěli k závěru, že příjem omega-3 mastných kyselin efektivně snižuje krevní tlak. Určité deriváty kyselin řady omega-3 mají totiž vazodilatační účinek (rozšíření průsvitu cév), zatímco analogické deriváty produkované z kyselin řady omega-6 mají efekt vazokonstrikční (zúžení průsvitu cév). Obdobně je tomu u syntézy trombotických (srážlivých) faktorů z nenasycených mastných kyselin. Eikosanoidy z omega-3 mastných kyselin mají antitrombotický efekt, naopak ty, z řady omega-6 působí protromboticky. Poměr těchto kyselin v těle tedy ovlivňuje i srážlivost krve (Saini & Keum 2018). Vznik trombů (krevních sraženin) je jedním z rizikových faktorů kardiovaskulárních chorob, který může teoreticky vyústit až v infarkt myokardu či mozkovou mrtvici (Lunn & Theobald 2006). Nicméně problematika krevní srážlivosti je velmi komplexní a u těchto multifaktoriálních fyziologických pochodů je na místě vyvarovat se přílišnému zobecnění (Saini & Keum 2018). Novější studie také poukazují na to, že omega-3 mastné kyseliny mohou mít preventivní účinek na vznik srdeční arytmie. Je to dáno inkorporací těchto kyselin do membrán buněk srdeční svaloviny, kde následně zvyšují jejich fluiditu, což ve výsledku ovlivní funkčnost iontových kanálů, které zásadně regulují kontrakci a relaxaci srdeční svaloviny (Watanabe & Tatsuno 2019). Pro důvody uvedené výše je snížení poměrového rozdílu (n-3:n-6) polynenasycených mastných kyselin ve stravě doporučované preventivní opatření, s dnes již robustním vědeckým podkladem, které vede k redukci rizika vzniku kardiovaskulárních onemocnění (Abdelhamid et al. 2020).

V uplynulých letech bylo také vyzorováno, že omega-3 mastné kyseliny hrají důležitou roli při správném vývoji plodu v období těhotenství. Nedostatečný příjem n-3 mastných kyselin u gravidních matek se dává do spojitosti s předčasným porodem a také nízkou porodní váhou dítěte. To je zřejmě zapříčiněno změnami v koncentraci některých prostaglandinů, které ovlivňují fyziologické mechanismy související s předčasnou iniciací

porodu. Zároveň eikosanoidy utvořené právě z řady n-3 mastných kyselin podporují vazodilataci, čímž zvyšují průtok krve do placenty, kam následně proudí více nutrientů od matky (Lunn & Theobald 2006). DHA se nachází v tuku lidského mateřského mléka a je nezbytná pro optimální vývin mozku a zraku kojenců (Shahidi & Ambigaipalan 2015). Ve vědecké literatuře se dokonce uvádí, že množství omega-3 mastných kyselin, které budoucí matka konzumuje, může mít vliv na prenatální vývoj kognitivních funkcí jejího dítěte (Djuricic & Calder 2021). Autoři jiné studie, která zkoumala různé zrakové parametry u inuitských dětí, došli k závěru, že vysoký prenatální příjem (tj. příjem matkami) těchto kyselin měl pozitivní vliv na vývoj zrakových funkcí, který byl u dětí pozorovatelný až do jejich školního věku (Jacques et al. 2011).

V literatuře je vliv omega-3 mastných kyselin (zejména DHA) na zachování adekvátních zrakových funkcí dobře zdokumentován. DHA je významně zastoupena v sítnici a její množství v oku ovlivňuje ostrost přijímaných zrakových vjemů u novorozenců (Lunn & Theobald 2006). Querques et al. (2011) uvádí, že vysoká koncentrace DHA v oku udržuje integritu sítnice a na buněčné úrovni zvyšuje fluiditu fotoreceptorových membrán, což má ve výsledku vliv na zachování normální zrakové funkce. Oční zrakový pigment, rodopsin, totiž potřebuje DHA pro iniciaci optimální reakce na přijímané vizuální podněty (Djuricic & Calder 2021). Jsou dokonce publikovány studie, které poukazují na to, že zvýšení dietárního příjmu EPA a DHA může mít u dospělé populace protektivní efekt vůči vzniku krátkozrakosti, což je celosvětově nejběžnější zrakové postižení (Pan et al. 2021). Také meta-analýza 17 klinických studií došla k závěru, že suplementace n-3 mastných kyselin snižuje symptomy tzv. syndromu suchých očí, dalšího běžného oftalmologického onemocnění, jež postihuje zejména starší populaci (Giannaccare et al. 2019).

Mozek patří mezi nejučtější orgány lidského těla a není tedy divu, že v sobě také uchovává značnou koncentraci omega-3 mastných kyselin. Dighriri et al. (2022) uvádí, že až 35 % všech tuků v mozku jsou zástupci řady n-3, zejména DHA či EPA. DHA je dokonce nejzastoupenější nenasycená mastná kyselina v šedé hmotě mozkové (Shahidi & Ambigaipalan 2015). Podílí se zde na optimálním fungování mnoha fyziologických procesů. Především DHA umožňuje zachovávat dostatečnou membránovou fluiditu u nervových buněk a tím tak v nervové tkáni napomáhá zprostředkovat základní operace jako jsou přenosy nervových vzruchů (neurotransmise), ale je rovněž důležitá při tvorbě neuroplastických změn ve struktuře mozku (Saini & Keum 2018; Djuricic & Calder 2021). Také se zdá, že n-3 mastné kyseliny udržují integritu hematoencefalické bariéry a nedostatečný příjem těchto nenasycených kyselin se dává do souvislosti s jejím narušením. Snížená integrita této selektivní bariéry, která odděluje mozkovou tkáň od cévních kapilár, negativně ovlivňuje biochemii mozku a v konečném důsledku tak může prohlubovat patologie různých neurodegenerativních onemocnění (Barnes et al. 2021). Vědecká evidence rovněž často zdůrazňuje, že specifické metabolity odvozené z n-3 mastných kyselin (neuroprotektiny, resolviny a maresiny) mají v nervové tkáni velmi důležitou ochrannou funkci vůči oxidačnímu stresu, zánětlivým reakcím či ischemii (Healy-Stoffel & Levant 2018; Saini & Keum 2018). Dále bylo vyzpořováno, že při deficitu n-3 mastných kyselin v mozku dochází také ke snížení serotoninové a dopaminové signalizace. Výsledkem je pak určitá nerovnováha v neurotransmiterových přenosech, což se dnes považuje za jeden z hlavních faktorů přispívajících k rozvoji psychiatrických onemocnění (DiNicolantonio & O'Keefe 2020). Na základě těchto poznatků byla provedena meta-analýza

26 placebem kontrolovaných klinických studií, které se zbývaly tím, zda má suplementace n-3 mastných kyselin vliv na zmírnění symptomů u pacientů s diagnostikovanou depresí. Statistická analýza studií opravdu potvrdila, že suplementace omega-3 mastných kyselin má pozitivní vliv na zmírnění symptomů deprese. Nicméně efektivita byla prokázána pouze u těch doplňků stravy, které obsahovaly minimálně 60 % n-3 mastných kyselin ve formě EPA. Přípravky obsahující převážně DHA požadovaný antidepresivní efekt nevykazovaly (Liao et al. 2019). K tomu, že zvýšený příjem n-3 mastných kyselin má pozitivní vliv také na zmírnění symptomů úzkosti, dospěla jiná meta-analýza klinických studií (Su et al. 2018). Nutno podotknout, že anxiolytický efekt byl pozorován pouze po podávání vyšších dávek n-3 PUFA (alespoň 2000 mg/den). V neposlední řadě se nedostatečný dietární příjem omega-3 mastných kyselin dává do spojitosti se zvýšeným rizikem rozvoje autismu a hyperaktivní poruchy u dětí (DiNicolantonio & O'Keefe 2020).

Imunitní systém je rovněž pozitivně ovlivněn stravou bohatou na omega-3 mastné kyseliny. EPA a DHA optimalizují funkci buněk nespecifické (vrozené) imunity, ale podílejí se rovněž na regulaci specifické (získané) imunity (Djuricic & Calder 2021). Metabolity syntetizované z těchto kyselin vstupují do komplexní kaskády reakcí, které se podílí na usměrňování zánětlivých procesů, především na jejich tlumení. To je důležité, protože optimální citlivost zánětlivé odpovědi v organismu je jedním ze základních pilířů nezbytných ke správnému fungování imunitního systému a určitá dysregulace v této citlivosti je typická pro mnoho imunitních patologií (DiNicolantonio & O'Keefe 2021). Kromě ovlivnění zánětlivosti v těle, zvyšuje dietární příjem n-3 mastných kyselin také fagocytickou aktivitu makrofágů i neutrofilů. Umožnění správné diferenciaci T-lymfocytů je jedním z dalších mechanismů imunomodulace (Gutiérrez et al. 2019). V posledních letech se proto ukazuje, že dostatečný příjem těchto mastných kyselin může představovat důležitý nutriční faktor, který má vliv nejen na prevenci vzniku, ale také na zmírnění symptomů onemocnění imunologického charakteru. Navýšení příjmu n-3 mastných kyselin se proto doporučuje pro pacienty s alergiemi, astmatem nebo pro ty, jež trpí autoimunitními chorobami. Nedávná meta-analýza 17 kontrolovaných klinických studií zjistila, že doplnění n-3 mastných kyselin se jeví jako efektivní strategie pro zmírnění symptomů autoimunitního onemocnění kloubů, revmatoidní artritidy (DiNicolantonio & O'Keefe 2021). Jiná meta-analýza observačních a klinických studií došla k závěru, že pokud ženy v těhotenství mají dostatečný příjem EPA a DHA, tak tím snižují pravděpodobnost vzniku alergií u svých potomků (Best et al. 2016). Zdá se, že právě ovlivňováním imunitních funkcí vstupují omega-3 mastné kyseliny také do procesů, které hrají roli v karcinogenezi. Kaskádou reakcí se podílí na snížení proliferace rakovinných buněk a rovněž aktivaci jejich apoptické destrukce (tzv. buněčné smrti). Zároveň také eikosanoidy z těchto kyselin snižují zánětlivé procesy v organismu, čímž tlumí vznik reaktivních volných radikálů, které přispívají k četným patofyziologickým pochodům pojících se nejen s karcinogenezí (Saini & Keum 2018).

Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA – z angl. European Food Safety Authority) ustanovil doporučený příjem součtu nenasycených mastných kyselin EPA a DHA v rozmezí 250–500 mg/den. Doporučený denní příjem nebyl specifikován podle věku. Maximální tolerovatelná dávka n-3 mastných kyselin nebyla stanovena. V této věci dospěl vědecký posudek EFSA k závěru, že příjem součtu mastných kyselin EPA a DHA v množství 5 g denně nepředstavuje pro dospělou populaci žádné bezpečnostní riziko (Agostoni et al. 2012).

V době psaní této práce eviduje EFSA následujících 9 schválených zdravotních tvrzení, které se týkají n-3 nenasycených mastných kyselin EPA či DHA, zatímco bylo schváleno pouze jedno zdravotní tvrzení vztahující se ke kyselině α -linolenové (ALA) (EFSA 2023):

1. *DHA přispívá k udržení normální činnosti mozku.*
2. *DHA přispívá k udržení normálního stavu zraku.*
3. *DHA přispívá k udržení normální hladiny triglyceridů v krvi.*
4. *Příjem kyseliny dokosahexaenové (DHA) matkou přispívá k normálnímu vývoji mozku plodu a kojených dětí.*
5. *Příjem kyseliny dokosahexaenové (DHA) matkou přispívá k normálnímu vývoji očí u plodu a kojených dětí.*
6. *Příjem kyseliny dokosahexaenové (DHA) přispívá k normálnímu vývoji zraku kojenců až do 12 měsíců věku.*
7. *DHA a EPA přispívají k udržení normálního krevního tlaku.*
8. *DHA a EPA přispívají k udržení normální hladiny triglyceridů v krvi.*
9. *DHA a EPA přispívají k udržení normální činnosti srdce.*
10. *ALA přispívá k udržení normální hladiny cholesterolu v krvi.*

Z důvodu evidovaných zdravotních tvrzení vztahujících se k omega-3 mastným kyselinám zavedl Evropský úřad pro bezpečnost potravin povinnou fortifikaci DHA do přípravků určených pro náhradní kojeneckou výživu (Djuricic & Calder 2021).

Pozoruhodná je ale skutečnost, že EFSA doposud neeviduje žádné schválené zdravotní tvrzení, které by se týkalo vlivu omega-3 mastných kyselin na činnost imunitního systému i přes robustnost dosavadní vědecké evidence.

3.1.2 Vitamin D

Vitamin D je jedním z nejméně studovaných vitaminů vůbec. Sice se řadí mezi vitaminy, ale tato definice není zcela přesná, protože si ho lidské tělo dokáže samo syntetizovat z cholesterolu při vystavení povrchu kůže UV záření. Nicméně se ukazuje, že v zimních měsících tato syntéza není dostatečná, a to nejen pro obyvatele evropských zemí mírného podnebného pásma (Holick & Chen 2008). Předpokládá se, že deficitem tohoto vitamínu trpí až 40 % evropské populace (Jakobsen et al. 2019). Na základě těchto výzkumů se doporučuje v zimních měsících vitamin D suplementovat v podobě doplňku stravy. Tento lipofilní nutriente je totiž ve většině potravin zastoupen pouze v minimálních množstvích. Zajímavou výjimkou jsou právě některé tučné ryby moře. Nicméně koncentrace vitamínu D v mořských rybách není přímo korelována s jejich tučností a bývá velmi variabilní. V závislosti na různých faktorech se hodnoty vitamínu D pohybují v rozmezí 3-20 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ryby (tj. ekvivalentně v jiných měrných jednotkách: 120-800 IU/100 g) (Gil & Gil 2015). Ryby z farmového chovu mívají spíše méně, ale není to pravidlem. Hlavním faktorem je především to, zda byl vitamin fortifikován do krmné dávky a v jaké koncentraci. Naopak volně žijící ryby získávají vitamin D primárně konzumací korýšů a jiných živočichů. Potrava ryb se tak zdá být tím nejdůležitějším faktorem, který určuje

konečné množství vitamínu D v jejich organismu. Endogenní syntéza tohoto vitamínu je totiž u ryb spíše méně významná (Jakobsen et al. 2019).

Vědecká literatura popisuje vitamin D především jako pleomorfní steroidní hormon, který zásadně ovlivňuje značné množství fyziologických pochodů v organismu (Basit 2013). To je vysvětlováno tím, že své působení zprostředkovává skrz vazbu na jaderný receptor buněk (tzv. VDR – z angl. Vitamin D receptor), které ho mají. Vazba vitamínu D na tyto receptory vyvolává změny v genové expresi buněk, což následně ovlivní jejich fungování. Značné množství VDR se nachází v kostech, zubech, ledvinách a ve střevech, kde jejich aktivace způsobuje primárně změny v metabolismu vápníku a fosforu. Vitamin D se tak zásadně podílí na vstřebávání těchto minerálních látek z potravy, ale pomáhá také regulovat jejich nadměrné vylučování ledvinami. VDR se běžně nachází v bílých krvinkách a orgánech imunitního systému, kde jeho aktivace následně vede k regulaci rozmanitých imunitních funkcí (Charoenngam & Holick 2020). V posledních letech se ale objevuje stále více studií, které nacházejí receptory pro vitamin D i v různých dalších tkáních těla. Slinivka břišní, kosterní svalovina, mozek ani pohlavní orgány nejsou výjimkou (Wang et al. 2012).

Optimální krevní hladina tohoto mikronutrientu se zdá být pro lidské zdraví velmi důležitá. Patologická manifestace dlouhodobého deficitu vitamínu D je označována u dětí jako křivice (rachitida) a u dospělých jako osteomalacie. Jedná se o onemocnění, která se projevují nedostatečnou mineralizací kostí z důvodu snížené resorpce vápníku a fosforu ze střev (Charoenngam & Holick 2020). Dalším běžným klinickým symptomem deficitu jsou také bolesti svalů, svalová slabost a jiné myopatie. Tyto příznaky jsou zřejmě zapříčiněny nedostatečnou saturací VDR v kosterní svalovině (Agostoni et al. 2010).

K dnešnímu dni bylo ve vědeckých databázích publikováno mnoho studií, které dávají do souvislosti nedostatek vitamínu D s různými onemocněními člověka. Spousta z nich se zabývá tímto nutrientem ve spojitosti s imunitním systémem. Ukazuje se, že lidé s deficitem vitamínu D jsou náchylnější k chřipkovým nákazám (Zhu et al. 2022). Jiní badatelé (Hahn et al. 2022) publikovali rozsáhlou placebem kontrolovanou studii čítající přes 25 000 účastníků, která sledovala dlouhodobý (5 let) vliv suplementace vitamínu D (2000 IU/den) na riziko vzniku autoimunitních onemocnění. Autoři studie dospěli k závěru, že tato intervence vedla ke snížení rizika vzniku autoimunitních chorob o 22 %. Ve vědecké literatuře jsou dostupná také data o tom, že suplementace vitaminem D má pozitivní vliv na zmírnění symptomů, ale i na snížení rizika vzniku určitých neurologických poruch. Tuto problematiku shrnuje meta-analýza klinických studií zabývající se depresí (Xie et al. 2022). Přehledové vědecké články také často zmiňují, že má deficit této vitální látky vliv i na zvýšení rizika vzniku kardiovaskulárních a nádorových onemocnění (Zmijewski 2019; Charoenngam & Holick 2020).

Evropský úřad pro bezpečnost potravin ustanovil jednotný doporučený příjem vitamínu D pro dospělé i pro děti (1-17 let) 15 µg (600 IU) denně. Pro kojence doporučuje 10 µg (400 IU) denně. Dále uvádí, že v závislosti na rozsahu kožní syntézy vitamínu může být jeho potřeba ve stravě nižší nebo dokonce nulová (Bresson et al. 2016). Vitamin D se v těle ukládá a jeho nadbytek může zapříčinit zvýšenou hladinu vápníku v krvi, hyperkalcemii. EFSA proto stanovil maximální tolerovatelnou denní dávku 100 µg (4000 IU) pro dospělé, 50 µg (2000 IU) pro děti od 11-17 let a 25 µg (1000 IU) pro kojence. Nicméně vědecká komise si v tomto ohledu není zcela jistá a pro úplnost uvádí, že jsou publikovány i studie, které u lidí nepozorovaly žádné

toxické projevy ani při dávkách 250 µg/den (10 000 IU) po dobu několika měsíců (Agostoni et al. 2012).

EFSA pro vitamin D schválil následujících 7 zdravotních tvrzení (EFSA 2023):

1. *Vitamin D přispívá k normálnímu vstřebávání/využití vápníku a fosforu.*
2. *Vitamin D přispívá k normální funkci imunitního systému.*
3. *Vitamin D přispívá k normální hladině vápníku v krvi.*
4. *Vitamin D přispívá k udržení normálního stavu kostí.*
5. *Vitamin D přispívá k udržení normálního stavu zubů.*
6. *Vitamin D přispívá k udržení normální činnosti svalů.*
7. *Vitamin D se podílí na procesu dělení buněk.*

3.1.3 Jód

Pro člověka esenciální biogenní prvek, jód, je nezbytný komponent chemické struktury dvou hormonů štítné žlázy. Trijodtyronin a tetrajodtyronin, hormony produkované v této důležité endokrinní žláze, která se nachází v přední oblasti krku, se nenahraditelně podílí na regulaci metabolismu v těle. Jejich působení je zprostředkováno vazbou na jaderný receptor buněk různých tkání v organismu. Aktivace tohoto receptoru následně vede k ovlivnění genové exprese. Výsledkem je poté urychlení metabolických procesů v buňkách, což se projeví mimo jiné zvýšením proteosyntézy, spotřeby kyslíku i termogeneze (Winder et al. 2022).

Při nedostatečném dietárním příjmu jódu nedokáže lidské tělo vytvářet zmiňované hormony štítné žlázy. V takovém případě dochází po čase k rozvoji četných patologických stavů. Onemocnění způsobené zpomalením metabolických procesů v buňkách organismu, vlivem nedostatku hormonů štítné žlázy, je známo pro názvem hypothyreóza. Tato nemoc se u dospělých projevuje zejména zvýšenou únavou, spavostí, zimomřivostí, ale také zvýšenými sklony k depresím z důvodu zpomaleného metabolického obratu v mozku (Hatch-McChesney & Lieberman 2022). Často se objevuje také nadváha, která pramení ze snížení klidového (bazálního) metabolického výdeje těla. Typickým projevem je zbytnění štítné žlázy (tzv. struma). To je způsobeno snahou endokrinní žlázy maximálně zefektivnit vychytávání jódu z krve, kde tohoto nutrientu není dostatek (Štefánek 2011). Nekompenzovaná snížená činnost štítné žlázy se může v raném dětství manifestovat jako tzv. kretenismus. Jedná se o závažnou poruchu fetálního vývoje, která se projevuje primárně ireverzibilní mentální retardací. Doprovodnými symptomy jsou hluchota, poruchy chůze a suchá kůže s otokem v podkoží. Hlavní příčinou vzniku tohoto onemocnění je suboptimální dietární příjem jódu především u gravidních žen, případně u kojících matek, které v důsledku deficitu jódu produkují mateřské mléko chudé na tento kritický nutrient (Hatch-McChesney & Lieberman 2022).

Hypothyreóza, způsobená nedostatečným příjmem jódu, byla v minulosti poměrně běžné onemocnění, zejména ve vnitrozemských oblastech, oproti těm přímořským, kde byla potřeba jódu saturována díky stravě, která obsahovala mořské živočichy nebo řasy. Významné preventivní opatření, jež vedlo k eradikaci kretenismu ve vyspělých zemích, bylo zavedení monitoringu a povinného obohacování kuchyňské soli jódem. V České republice, respektive v tehdejší Československu, začala tato fortifikace již roku 1947 (Heniková et al. 2021).

Na rozdíl od většiny zemědělských půd pevniny, je jód významně koncentrován v oceánech, a proto jsou považovány potravinářské komodity z mořských ryb za jeden z nejlepších zdrojů tohoto prvku v lidské dietě (Liu & Ralston 2021; Winder et al. 2022). Mezi další důležité zdroje patří zmiňovaná jodizovaná sůl, mořské řasy, minerální vody či v menší míře mléčné produkty a vejce (díky obohacování krmných dávek) (Heniková et al. 2021).

Evropský úřad pro bezpečnost potravin ustanovil doporučený příjem jódu pro děti v rozmezí 70–130 µg/den, pro dospělé 150 µg/den a 200 µg/den pro těhotné či kojící ženy. EFSA stanovil také maximální tolerovatelnou dávku jódu, která činí 600 µg/den pro dospělé. U dětí se toto množství pohybuje v rozmezí 200-500 µg/den v závislosti na jejich věku (1-17 let). Z předešlých studií totiž vyvstávají obavy z toho, že vyšší příjem jódu může způsobovat patologické změny štítné žlázy (Agostoni et al. 2014).

EFSA pro jód eviduje následujících 6 schválených zdravotních tvrzení (EFSA 2023):

1. *Jód přispívá k normální činnosti štítné žlázy a normální tvorbě hormonů štítné žlázy.*
2. *Jód přispívá k normálnímu energetickému metabolismu.*
3. *Jód přispívá k normální činnosti nervové soustavy.*
4. *Jód přispívá k normálním rozpoznávacím funkcím.*
5. *Jód přispívá k udržení normálního stavu pokožky.*
6. *Jód přispívá k normálnímu růstu dětí.*

3.1.4 Selen

Polokov selen je jedním z dalších biogenních prvků, které musí člověk přijímat potravou pro zachování optimálního zdraví. V těle se totiž nachází několik důležitých proteinů obsahujících selen ve své struktuře (tzv. selenoproteiny) a pokud člověk nepřijímá tohoto prvku dostatek, tak následně tyto proteiny nejsou selenem adekvátně saturované, což vede k jejich dysfunkci (Barchielli et al. 2022). Klíčovým selenoproteinem v lidském organismu je glutathionperoxidáza. Jedná se o antioxidantní enzym, který v buňkách umožňuje přeměnu peroxidu vodíku na kyslík a vodu. Zprostředkovává tak reakci, která se významně podílí na minimalizaci vzniku reaktivních forem kyslíku a dusíku. Reaktivní formy těchto prvků mohou snadno narušovat buněčné membrány a následně způsobovat rozmanité poškození buněčných komponent. Podstatně nebezpečné jsou zejména jejich interakce s buněčnou DNA, čímž mohou poškozovat genetickou informaci. Tato skutečnost se může promítnout do vzniku mutací DNA, které mohou být v krajích případech příčinnou karcinogeneze. Nicméně reaktivní formy kyslíku a dusíku hrají roli i v patogenezi mnoha dalších onemocnění, a proto si lidský organismus utvořil komplexní obranné mechanismy pro jejich eliminaci. V této obranné kaskádě se uplatňují kromě glutathionperoxidázy i jiné antioxidantní selenoproteiny (Kieliszek et al. 2021). Selen je ale také zásadní pro normální fungování štítné žlázy. Další skupinou selenoproteinů jsou totiž jodothyroninové dekodázy, což jsou enzymy, které umožňují aktivaci a deaktivaci (odštěpují atom jódu) hormonů štítné žlázy (Shreenath et al. 2022). Vědci také zjistili, že některé další selenoproteiny se rovněž podílí na regulaci fungování imunitního systému a zdá se, že u lidí s deficitem tohoto prvku jsou narušeny imunitní odezvy vůči patogenům (Avery & Hoffmann 2018).

Výrazný deficit selenu postihuje kardiovaskulární systém. Onemocnění z nedostatku selenu (tzv. Keshanská choroba) bylo prvně popsáno v některých oblastech Číny, kde se tento prvek v půdách téměř nevyskytoval. Tento patologický stav se projevuje zejména rozsáhlými kardiomyopatiemi, které mohou být až fatální. U pacientů často dochází také ke ztrátě pigmentace, ale i celkové integrity vlasů a nehtů. Deficit se projevuje i neurologickými poruchami a u mužů neplodností (Shreenath et al. 2022). V následujících letech se proto začali výzkumníci podrobněji zajímat o vliv selenu na lidské zdraví. Zdá se, že adekvátní dietární příjem tohoto nutrientu má preventivní účinek na vznik nádorových i kardiovaskulárních onemocnění (Kieliszek et al. 2021). Rozsáhlá meta-analýza observačních studií dospěla k závěru, že nízká hladina selenu v krvi koreluje s vyšším rizikem vzniku kardiovaskulárních onemocnění (Xiang et al. 2020). Odlišná meta-analýza zkoumající souvislost mezi příjmem selenu a rizikem vzniku rakoviny prokázala, že jedinci exponováni vyšším dávkám selenu měli snížené riziko některých typů nádorových onemocnění (Cai et al. 2016). Také autoři nedávné meta-analýzy klinických studií uvedli, že suplementace selenem se zdá být velmi efektivní při léčbě autoimunitních poruch štítné žlázy a markantně zlepšuje hodnoty krevních biomarkerů sledovaných při těchto onemocněních (Zuo et al. 2021). Dostatečná hladina selenu v těle má zřejmě vliv i na prevenci neplodnosti u mužů. Antioxidační selenoproteiny mají totiž významnou úlohu v ochraně spermií před volnými kyslíkovými radikály, vůči kterým jsou samčí pohlavní buňky obzvláště náchylné (Barchielli et al. 2022).

Ve vědecké literatuře se také uvádí, že selen vykazuje protektivní působení vůči toxicitě způsobené nadměrným příjmem rtuti (Afonso et al. 2019). Rtuť má totiž velmi silnou afinitu k selenu a snadno spolu utváří komplexy, které zřejmě snižují absorpci nebo jiným způsobem upravují exkreci rtuti. Dále je v ochraně implikován i významný antioxidační potenciál selenoproteinů (Benford et al. 2012). Tato zjištění se zdají být stále více relevantní, jelikož se v poslední době ukazuje, že jsou mořské ryby zřejmě tím nejvýznamnějším zdrojem methylrtuti v lidské stravě (Ha et al. 2017). Rtuť je nebezpečný polutant a pro člověka vysoce toxický prvek, který je do prostředí uvolňován nejen antropogenní činností. Anorganické formy rtuti sedimentují v oceánech, kde jsou tamními mikroorganismy methylovány na organickou formu, která se následně snadno dostává do potravního řetězce (Hosomi et al. 2012). Z tohoto důvodu bývají nejvyšší koncentrace rtuti nashromážděné ve velkých masožravých rybách (např. mečoun) anebo v těch rybách, které dlouho žijí (Afonso et al. 2019). Organická rtuť je oproti té anorganické velmi snadno vstřebatelná v trávicím traktu a je klasifikována především jako významný neurotoxin (Gil & Gil 2015). Methylrtuť je lipofilní povahy, snadno prochází hematoencefalickou bariérou a zvýšeně se tak ukládá v mozku. Intoxikace rtutí se dává do spojitosti se zvýšeným rizikem vzniku neurologických poruch (Ha et al. 2017). Rtuť je velmi reaktivní a může vytěšňovat jiné biogenní prvky z přirozené chemické struktury a nahrazovat je. To následně vede ke zvýšení produkce reaktivních radikálů a k četným dysfunkcím v normální biochemii buněk. Proto je toxické působení tohoto těžkého kovu v lidském těle velmi rozmanité. Kromě neurotoxicity byla popsána i kardiotoxicita, imunotoxicita a nefrotoxicita rtuti. Objeveny byly i negativní dopady na plodnost (Benford et al. 2012; Ha et al. 2017).

O dostatečný dietární příjem selenu by se měli obyvatelé evropských zemí zajímat, protože ve většině lokalit Evropy jsou zemědělské půdy na tento biogenní prvek spíše chudé. Ve Finsku byl v minulosti zaznamenán výrazný nedostatek selenu v půdách a mnoho obyvatel

zde tak trpělo jeho deficitem. Finská vláda kvůli tomuto problému dokonce zavedla povinnou fortifikaci zemědělských hnojiv selenem (Kieliszek et al. 2021). Také Česká republika je jednou ze zemí, kde byl příjem selenu označen za suboptimální. V minulosti provedli Kvíčala et al. (1995) screening populace ČR z třech různých lokalit, kdy odebírali vzorky krve, moči a vlasů ve kterých poté stanovovali množství selenu. Autoři došli k závěru, že obyvatelé ČR měli v porovnání s obyvateli jiných zemí velmi nízké koncentrace selenu v těle. O 10 let později následoval další screening populace, ale tentokrát na početnějším vzorku lidí. Autoři studie opět dospěli k tomu, že je příjem selenu v ČR nedostatečný (Batáriová et al. 2005). Tento negativní trend u české populace vyzorovali i Strítecká a její kolegyně (2009). Právě kvůli značné variabilitě koncentrace selenu v půdách nejsou považovány zemědělské plodiny za významný zdroj tohoto prvku. Výjimkou jsou ale semena Juvie ztepilé (*Bertholletia excelsa*), para ořechy, které selen hyperakumulují a koncentrace v nich mohou být až nebezpečně vysoké. V literatuře jsou popsány i případy, kdy byl naměřen obsah selenu v brazilských ořeších v hodnotách přesahujících 50 000 µg/100 g (Kieliszek 2019). Selen se běžně přidává do krmné dávky hospodářských zvířat, a proto jsou živočišné výrobky považovány za jeho důležitý zdroj. Také mořské ryby a plody moře obsahují značná množství selenu (Kieliszek et al. 2021).

Evropský úřad pro bezpečnost potravin ustanovil doporučený denní příjem selenu 70 µg pro dospělé, 45-70 µg pro děti a 85 µg pro kojící ženy (Agostoni et al. 2014). Nadbytek selenu (selenóza) je pro člověka toxický. Alopecie (ztráta vlasů a ochlupení) je jedním z prvních příznaků toxicity, která se u některých lidí projevila při chronickém příjmu 330 µg selenu denně. Z tohoto důvodu EFSA striktně stanovil maximální tolerovatelnou dávku, která představuje 255 µg/den pro dospělé a u dětí se pohybuje v rozmezí 70-250 µg v závislosti na jejich věku (1-17 let) (Turck et al. 2023).

EFSA pro selen eviduje následujících 6 schválených zdravotních tvrzení (EFSA 2023):

1. *Selen přispívá k ochraně buněk před oxidativním stresem.*
2. *Selen přispívá k normální funkci imunitního systému.*
3. *Selen přispívá k normální činnosti štítné žlázy.*
4. *Selen přispívá k udržení normálního stavu vlasů.*
5. *Selen přispívá k udržení normálního stavu nehtů.*
6. *Selen přispívá k normální spermatogenezi.*

3.2 Mořské ryby využívané na trhu v ČR

3.2.1 Losos atlantský (*Salmo salar*)

Losos atlantský nebo také losos obecný je kulinářsky významná ryba z čeledi lososovitých (*Salmonidae*). Jeho maso je ceněno především pro svou specifickou oranžovočervenou barvu, která se po uvaření mění do růžova. Typické zbarvení masa je zapříčiněno zvýšeným ukládáním karotenoidních barviv (astaxanthin aj.). Tyto pigmenty jsou syntetizovány zejména vodními řasami a rostlinami, jejichž konzumace způsobuje u některých živočichů (kreveta, losos) zbarvení jejich tkání do oranžova. Pokud losos uvedené barviva v potravě nepřijímá, jeho maso je bílé. V souladu s Evropskou legislativou se z tohoto důvodu může chovaným lososům obohacovat krmná dávka karotenoidy (Bories et al. 2007).

Na potravinářském trhu v ČR je losos běžně dostupná ryba. Spotřebitelům je nabízen především v podobě chlazených filetů. Ty mohou být čerstvé anebo předem rozmražené. Dostupné jsou také uzené filety či plátky. Poněkud méně se spotřebitelé setkají s lososem konzervovaným. Nabídka je obohacena také rozmanitými druhy výrobků obsahujících maso lososa. Jedná se o různé rybí pasty, sushi výrobky a jiné polotovary. Většina lososů na českém trhu pochází z farmového chovu, ale zřídka jsou dostupní i volně odlovení lososi.

3.2.1.1 Výskyt a morfologie

Losos se nejvíce vyskytuje v chladných vodách Atlantského oceánu, zejména na sever od Norska v Barentsově moři. Jeho přirozeným habitatem je i Baltské moře a vody okolo Islandu a jižního Grónska. Četné populace lososů jsou také na pobřežích Kanady a Severní Ameriky. Ve Středoziemním moři se nevyskytuje. Losos je tažná ryba, která většinu svého dospělého života tráví ve slaných vodách Atlantiku, ale v období rozmnožování migruje zpět k pobřežním vodám kontinentů, odkud se poté vrací proti proudu řek hluboko do vnitrozemí, do svého rodiště, kde plodí své potomky (Page & Burr 2011; FAO 2023).

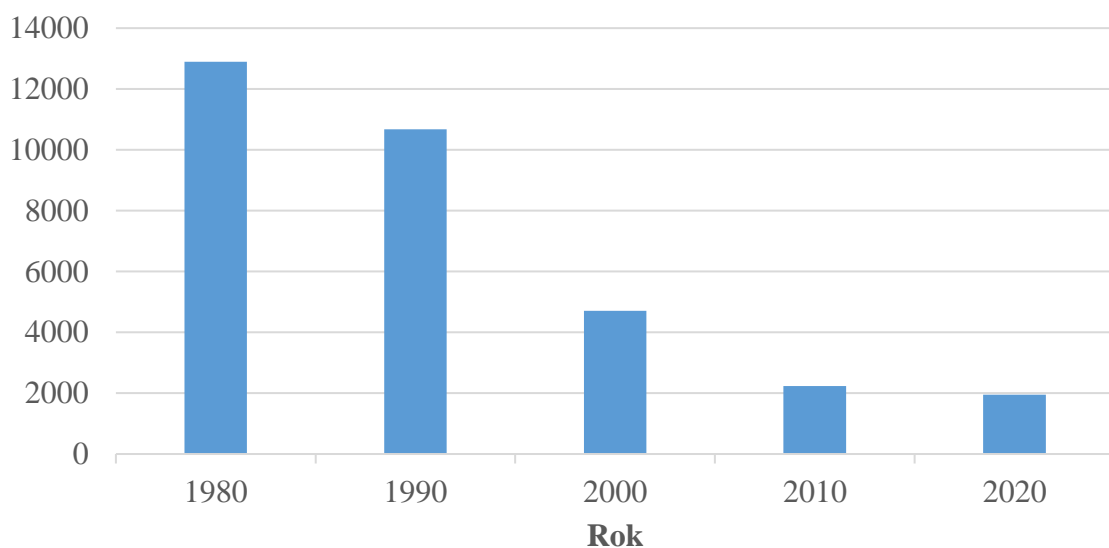


Obr. 2: Losos atlantský (*Salmo salar*)
(Frimodt 1962)

Losos má relativně malou špičatou hlavu se širokými ústy. Typická je hákovitá spodní čelist, jejíž velikost se podstatně zvětšuje v době výtěru. Tělo má na bocích zploštělé a ocasní část je štíhlá. Charakteristické jsou červené a černé skvrny na jeho stříbřitých bocích. Břišní strana bývá světle růžová. Losos během dospívání mění své zbarvení (Page & Burr 2011). Obvyklá délka těla bývá v rozpětí mezi 40-80 cm, ale jsou známy i případy, kdy byli vyloveni lososi s celkovou délkou přesahující 1,5 m. Živí se převážně korýši, malými rybami či chobotnicemi (FAO 2023). Délka života se většinou pohybuje okolo pěti let, ale mohou se ojediněle dožít i deseti. Hmotnost je přímo úměrná velikosti ryby, ale ve většině případů bývá 4-5 kg (Page & Burr 2011).

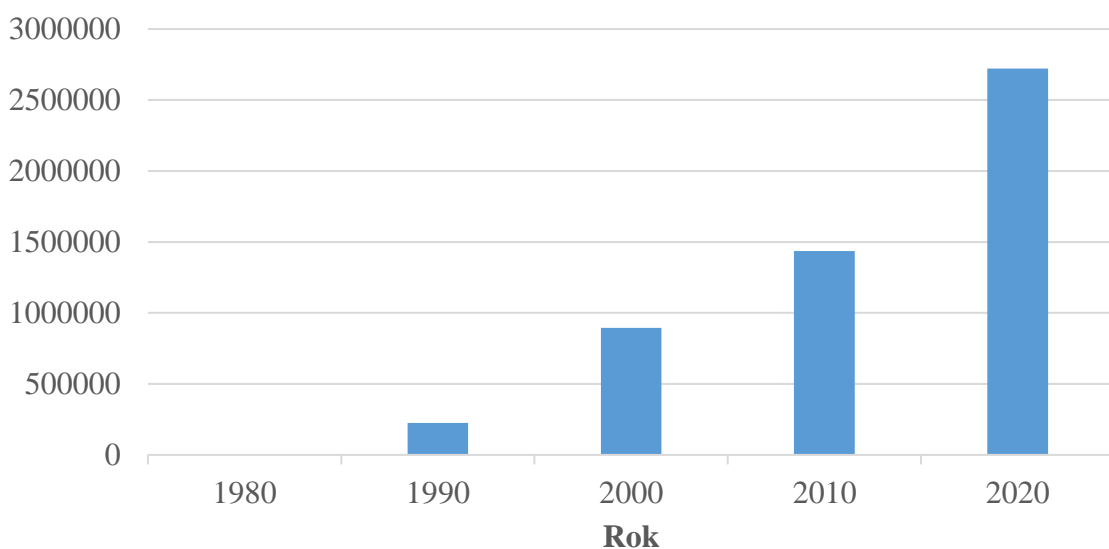
V posledních 40 letech se výlov lososů podstatně snížil, jak je patrné z grafu 1. Kvůli nižší ceně totiž několikanásobně vzrostla poptávka potravinářských trhů po chovaných lososech. Což dospělo k tomu, že naprostá většina lososů na evropském, ale i světovém trhu pochází v dnešní době z akvakultur (FAO 2023). Tento trend znázorňuje graf 2. Akvakultury lososů, které saturují trh, se nachází v Norsku, Irsku, Skotsku, Kanadě, ale dokonce i v Chile a Austrálii (Jones 2009).

Globální výlov lososů (v tunách)



Graf 1: Vývoj světového výlovu divokých lososů v čase (FAO 2023)

Globální produkce lososů v akvakulturách (v tunách)



Graf 2: Vývoj světové akvakulturní produkce lososů v čase (FAO 2023)

3.2.1.2 Nutriční a toxikologický profil

Losos je klasifikován mezi ryby velmi tučné. Jeho obsah tuku tak často přesahuje i 10 % celkové hmotnosti (Liu & Ralston 2021). Nutriční profil lososů chovaných v akvakulturách se od volně odlovených lososů obvykle liší. Divocí lososi mají většinou méně tuku, který obsahuje v porovnání s chovanými lososy vyšší procentuální podíl dokosahexaenové kyseliny a nižší podíl n-6 mastných kyselin a také kyseliny eikosapentaenové (USDA 2023). Nicméně norští vědci upozorňují na to, že kompozice tuku lososů produkovaných akvakulturně se odvíjí primárně od krmivářských praktik. Z finančních důvodů se totiž v poslední době rozmáhá trend,

kdy jsou chované ryby krmeny převážně směsmi s vysokým obsahem rostlinných olejů, které jsou zdrojem n-6 mastných kyselin. V minulosti byla krmná dávka chovaných lososů tradičně založená na rybí moučce a rybím oleji (zdroje EPA a DHA) pocházejících z malých pelagických ryb. Tyto změny v krmivářství vedou k tomu, že se v tuku lososů proporcčně obsah n-3 mastných kyselin snižuje. Tato problematika je komplexní, protože krmivářské praktiky nejsou jednotné ve všech zemích, které akvakulturní lososy produkují (Lundebye et al. 2017). Obsah vitamínu D je v divokých lososech velmi proměnlivý, ale obvykle bývá vyšší, než u těch chovaných. U lososů vylovených z Baltského moře byly běžně pozorovány hodnoty okolo 30 µg (1200 IU) /100 g masa. Naopak nižší hodnoty (okolo 10 µg (400 IU) /100 g) byly naměřeny u lososů odlovených poblíž Irska. Obsah vitamínu D v chovaných lososech je závislý na krmivářských praktikách a většinou se pohybuje okolo 10 µg/100 g (Jakobsen et al. 2019; USDA 2023). Maso divokých lososů obsahuje často více selenu (Lundebye et al. 2017; EFSA 2023; USDA 2023) a zřejmě také jódu (Sprague et al. 2021). Průměrné koncentrace nutrientů a hlavní rozdíly ve výživových hodnotách lososů shrnují tabulky 4 a 5.

Tab. 4: Nutriční hodnoty divokého lososa (ve 100 g syrové ryby):

Nutriční parametr	Množství	Reference
Energetická hodnota	142 Kcal	USDA 2023*
Celkový tuk	6,34 g	USDA 2023
EPA	321 mg	USDA 2023
DHA	1120 mg	USDA 2023
Vitamin D	8-55 µg (320-2200 IU)	Jakobsen et al. 2019
Jód	17 µg	Sprague et al. 2021
Selen	36,5 µg	USDA 2023

* U.S. Department of Agriculture (Americké ministerstvo zemědělství)

Tab. 5: Nutriční hodnoty chovaného lososa (ve 100 g syrové ryby):

Nutriční parametr	Množství	Reference
Energetická hodnota	208 Kcal	USDA 2023*
Celkový tuk	13,4 g	USDA 2023
EPA	862 mg	USDA 2023
DHA	1100 mg	USDA 2023
Vitamin D	11 µg (440 IU)	USDA 2023
Jód	12 µg	Sprague et al. 2021
Selen	24 µg	USDA 2023

* U.S. Department of Agriculture (Americké ministerstvo zemědělství)

Koncentrace rtuti bývají nižší u chovaných lososů než u těch volně lovených, ale nemusí to být pravidlem. Záleží především na tom, v jaké lokalitě byla ryba odlovena nebo respektive za jakých podmínek byla ryba chována (Lundebye et al. 2017). V tomto ohledu je ale také důležité brát v potaz obsah selenu v rybě, protože tento prvek snižuje toxické působení rtuti (Afonso et al. 2019). Lososi vyloveni v Atlantickém oceánu mívají běžně až 3× vyšší koncentrace selenu než lososi z akvakultur. Příklad selenem do krmných směsí chovaných ryb je totiž úzce regulován Evropskou legislativou (Lundebye et al. 2017). Tabulka 6 porovnává naměřené koncentrace rtuti a selenu v lososech pocházejících z norských akvakultur s hodnotami stanovenými v divokých lososech odlovených ze severního Atlantiku.

Tab. 6: Průměrné koncentrace rtuti a selenu v lososech (ve 100 g syrové ryby):

Chemický prvek	Chovaný losos (n=305)	Divoký losos (n=87)
Rtuť	1,5 µg	3,7 µg
Selen	14 µg	45 µg

(Lundebye et al. 2017)

3.2.2 Makrela obecná (*Scomber scombrus*)

Makrela obecná je dravá mořská ryba z čeledi makrelovitých (*Scombridae*). Jedná se o tradičně lovenou rybu, která má na potravinářském trhu stabilní poptávku i dnes. V ČR je na trhu nejčastěji uváděna v podobě celistvé ryby zauzené teplým či studeným kouřem. S čerstvou makrelou se spotřebitelé setkají pouze zřídka, k dostání je totiž především ve specializovaných obchodech. Běžně jsou ale nabízeny taktéž zakonzervované filety z makrel. Ojedinele bývají v obchodních sítích k dostání i jiné výrobky z této ryby (např. paté).

3.2.2.1 Výskyt a morfologie

Početná hejna makrel se vyskytují především v severním Atlantiku včetně Baltského moře a ve východním Atlantiku včetně Středozemního a Černého moře. Populace makrel je ale rozšířena i v západních vodách Atlantiku, a to zejména na pobřežích kanadského Labradoru (FAO 2023).

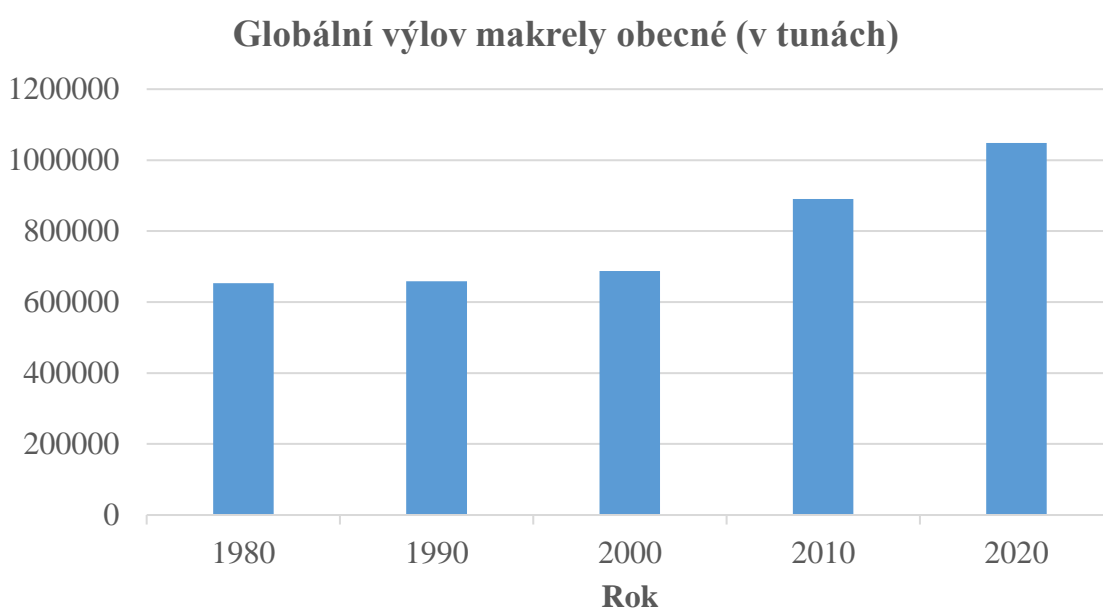


Obr. 3: Makrela obecná (*Scomber scombrus*)

(Frimodt 1962)

Pro makrelu obecnou jsou charakteristické černé zvlněné znaky na modrozeleném hřbetě. Břišní část bývá zpravidla světlá bez viditelných značení. Tělo makrely je úzké a podlouhlé. Typická je protáhlá hlava s velkýma očima. Ocasní ploutev je hluboce vykrojená. Délka těla zástupců tohoto druhu může dosahovat v ojedinělých případech i 60 cm, ale běžně se pohybuje okolo 30 cm (Collette & Nauen 1983). Makrely jsou dravé a živí se primárně malými rybami, larvami ryb, drobnými korýši a jiným zooplanktonem (FAO 2023). Maximální publikovaná hmotnost byla 3,4 kg, nicméně většina makrel váží 0,5-1 kg. Mohou se dožít až 17 let (Collette & Nauen 1983).

Světový potravinářský trh je saturovaný výhradně divokými makrelami. Akvakulturní chov této ryby je ve světovém měřítku prakticky bezvýznamný (FAO 2023). Graf 3 vyobrazuje rostoucí trend rybolovu makrel za posledních 40 let.



Graf 3: Vývoj světového výlovu makrely obecné v čase (FAO 2023)

3.2.2.2 Nutriční a toxikologický profil

Makrela obecná je stejně jako losos řazena mezi ryby velmi tučné. U obou těchto druhů tak tučnost běžně převyšuje 10 % celkové hmotnosti (Liu & Ralston 2021). Z nutričního hlediska je makrela považována za velice výživnou. Kalorickou hodnotu i obsah tuku má srovnatelný s chovaným lososem. Nicméně převyšuje ho ve svém obsahu n-3 mastných kyselin. Dále nutriční databáze uvádí téměř 5× nižší množství omega-6 mastné kyseliny linolové u makrely než u chovaného lososa, což je pravděpodobně zapříčiněno odlišnou stravou těchto ryb (USDA 2023). Naměřené hodnoty jódu v makrele byly v porovnání s lososem zhruba dvojnásobné (Sprague et al. 2021). Také se zdá, že makrela obsahuje v průměru i vyšší koncentrace selenu než losos, ale nemusí to tak být vždy. Naopak vitamínu D požívá makrela spíše méně než losos, ale i přesto je označována jako významný zdroj tohoto nutrientu (USDA 2023). Průměrné koncentrace živin v makrele shrnuje tabulka 7.

Tab. 7: Nutriční hodnoty makrely obecné (ve 100 g syrové ryby):

Nutriční parametr	Množství	Reference
Energetická hodnota	205 Kcal	USDA 2023*
Celkový tuk	13,9 g	USDA 2023
EPA	898 mg	USDA 2023
DHA	1401 mg	USDA 2023
Vitamin D	16,1 µg (644 IU)	USDA 2023
Jód	34,4 µg	Sprague et al. 2021
Selen	44,1 µg	USDA 2023

* U.S. Department of Agriculture (Americké ministerstvo zemědělství)

Obsah rtuti v makrelách se zdá být mírně vyšší než u divokých lososů. Azad et al. (2018) provedli rozsáhlou observační studii, která sledovala koncentraci rtuti a selenu v několika druzích ryb severovýchodního Atlantiku za roky 2006-2015. Výzkumníci za toto období zanalyzovali více než 1000 vzorků makrely obecné z různých lokalit. Výsledky studie shrnuje tabulka 8.

Tab. 8: Průměrné koncentrace rtuti a selenu v makrele obecné (ve 100 g syrové ryby):

Chemický prvek	<i>Scomber scombrus</i> (n=1042)
Rtuť	4,0 µg
Selen	55 µg

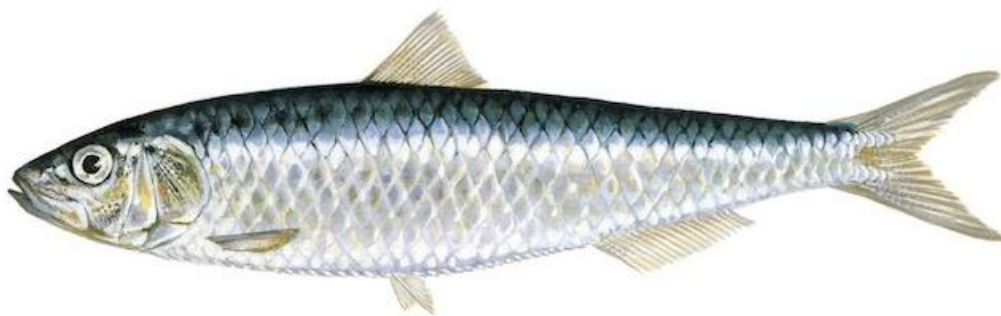
(Azad et al. 2018)

3.2.3 Sardinka obecná (*Sardina pilchardus*)

V mořích se vyskytuje několik odlišných rodů sardinek z čeledi sled'ovitých ryb (*Clupeidae*). Hospodářsky nejvýznamnějším druhem na světě je však sardinka obecná (*Sardina pilchardus*). V ČR se na trhu s touto rybou spotřebitelé setkají nejčastěji v konzervované podobě. Sardinky konzervované ve vlastní šťávě nebo v rostlinných olejích jsou totiž na českém trhu velmi běžnou komoditou. Poněkud méně dostupné jsou sardinky nakládané v různých marinádách či případně remuládách. Čerstvé a mražené sardinky v celku jsou v obchodních řetězcích nabízeny ojedinelé.

3.2.3.1 Výskyt a morfologie

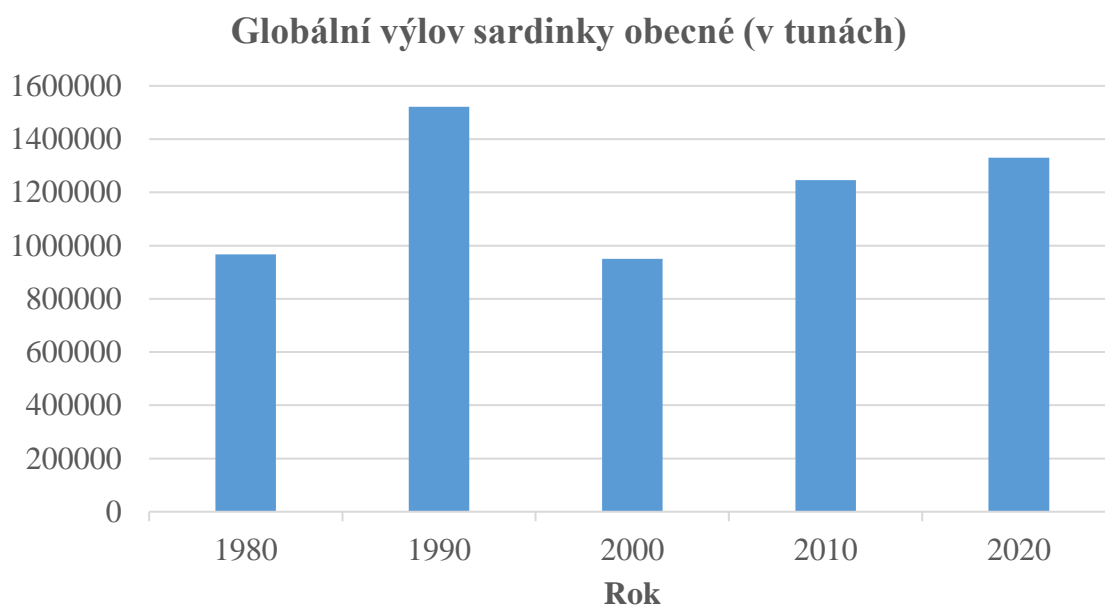
Přirozeným habitatem sardinek jsou vody východního a severního Atlantiku. Běžně se vyskytují ve Středozezemním moři, a to zejména v jeho západních vodách. Početné populace jsou i v moři Marmarském a Černém. Vyskytují se také na západních pobřežích Afriky od Maroka až po Senegal. Vzácně jsou k vidění okolo Islandu (FAO 2023).



Obr. 4: Sardinka obecná (*Sardina pilchardus*)
(Frimodt 1962)

Sardinka obecná se vyznačuje protáhlým a oválným tělem. Hřbet mívá zelenou až olivovou barvu. Boky jsou většinou zlatavé a břicho stříbřité. Břišní část je spíše zaoblená, což bývá nejvíce patrné u mláďat. Ocasní ploutev je drobná, hluboce vykrojená. Žaberní víčka mají charakteristické rýhování. Jedná se o poměrně malou rybu. Maximální délka těla nepřesahuje 28 cm. U většiny sardinek se v dospělosti pohybuje v rozmezí 15-20 cm (Whitehead 1985). Primárním zdrojem potravy je především zooplankton a fytoplankton, příležitostně i menší korýši (FAO 2023). Hmotnost sardinky bývá okolo 50 g. Dožívá se až 15 let (Whitehead 1985).

Světový potravinářský trh je saturovaný výhradně divokými sardinkami. Akvakulturní chov této ryby je ve světovém měřítku prakticky bezvýznamný (FAO 2023). Graf 4 vyobrazuje vývoj rybolovu sardinek za posledních 40 let. V roce 1990 činil světový výlov sardinek přes 1,5 milionu tun. Následující roky byl zaznamenán určitý pokles, nicméně se zdá, že v dnešní době trend výlovu opět mírně stoupá.



Graf 4: Vývoj světového výlovu sardinky obecné v čase (FAO 2023)

3.2.3.2 Nutriční a toxikologický profil

Sardinka obecná je řazena mezi tučné ryby. Její tučnost se obvykle pohybuje v rozmezí 5-10 % z celkové hmotnosti (Liu & Ralston 2021). Je považována za významný zdroj n-3 mastných kyselin. Některé publikace dokonce uvádí, že koncentrace EPA a DHA v sardinkách může být vyšší než u makrel, a to i přes skutečnost, že sardinky obsahují nižší procento tuku (Afonso et al. 2019). Vitaminu D bývá v sardinkách většinou méně než v makrelách či divokých lososech. Vyznačují se taktéž vysokým obsahem selenu a jódu v mase (Aakre et al. 2020). Průměrné koncentrace nutrientů v sardince shrnuje tabulka 9.

Tab. 9: Nutriční hodnoty sardinky obecné (ve 100 g syrové ryby):

Nutriční parametr	Množství	Reference
Energetická hodnota	164 Kcal	Aakre et al. 2020
Celkový tuk	7,5 g	Aakre et al. 2020
EPA	1054 mg	USDA 2023*
DHA	1115 mg	USDA 2023
Vitamin D	10,3 µg (412 IU)	Aakre et al. 2020
Jód	27,9 µg	Aakre et al. 2020
Selen	46,1 µg	Afonso et al. 2019

* U.S. Department of Agriculture (Americké ministerstvo zemědělství)

Naměřené koncentrace rtuti v sardinkách se zdají být v porovnání s jinými mořskými rybami poměrně nízké (Afonso et al. 2019). Nicméně je nutné uvést, že akumulace rtuti může i v sardinkách několikanásobně vzrůst, pokud se budou pohybovat v kontaminovaných vodách. To názorně ilustruje toxikologický screening sardinek odlovených na alžírském pobřeží Středozemního moře (Mehouel et al. 2019). Tabulka 10 znázorňuje podstatné rozdíly v obsahu rtuti u sardinek v závislosti na místě jejich odlovu.

Tab. 10: Průměrné koncentrace rtuti v sardince obecné (ve 100 g syrové ryby):

Místo odlovu	Obsah rtuti	Reference
Pobřeží Portugalska	2,6 µg	Rodrigues et al. 2023
Pobřeží Maroka	3,5 µg	Rodrigues et al. 2023
Pobřeží Alžírsko	62 µg	Mehouel et al. 2019

3.2.4 Sled' obecný (*Clupea harengus*)

Hospodářsky velmi významný sled' obecný, patřící do čeledi sled'ovitých (*Clupeidae*), je jednou z nejhojnějších ryb na světě. Za potravou obvykle migrují zástupci tohoto druhu společně, a to v obrovských hejnech. Na potravinářském trhu v ČR se s ním mohou spotřebitelé

setkat zejména v podobě nakládaných, marinovaných, konzervovaných či uzených výrobků. Oblíbeným a běžně dostupným výrobkem ze sledě je tzn. „zavináč“. Jedná se o nakládaný půlený filet v kyselém nálevu. K dostání je také vyuzený sled' („uzenáč“) a méně často nasolený sled', který je znám pod slangovým názvem „slaneček“. Nabídka je obohacena o konzervované filety ze sledě v oleji či nejrůznějších marinádách. Čerstvý sled' je k dostání pouze ve specializovaných obchodech.

3.2.4.1 Výskyt a morfologie

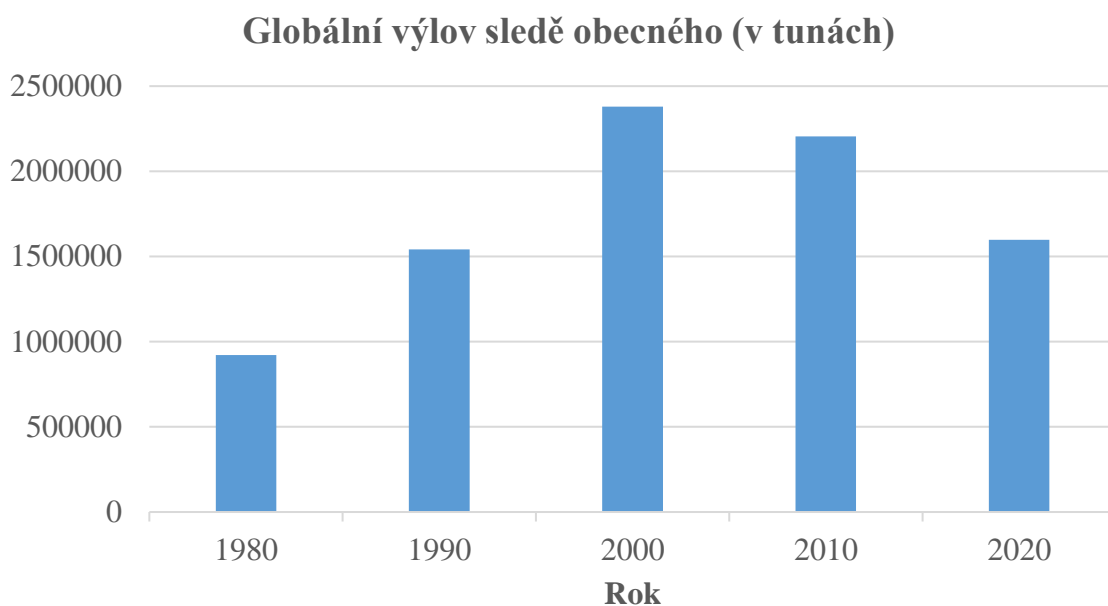
Sled' obecný obývá studené vody severního Atlantiku od Grónska přes Island až po sever Bretaně. Vyskytuje se i v přilehlém Severním, Baltském a Barentsově moři. Na západě jsou jeho přirozeným habitatem pobřežní vody kanadského Labradoru, ale také severních států USA (FAO 2023).



Obr. 5: Sled' obecný (*Clupea harengus*)
(Frimodt 1962)

Typickým znakem sledě obecného je namodralý hřbet a stříbřité boky, které se pod vodou lesknou různými odstíny. Jde o štíhlou rybu s vřetenovitým typem těla. Vyznačuje se krátkou hřbetní ploutví. Charakteristické je jeho hladké skřele bez kostnatých hran. Břišní část sledě bývá kulatá se znatelně vyvinutým kýlem. V ojedinělých případech může dorůstat až délky 45 cm, ale nejčastěji měří okolo 30 cm (Whitehead 1985). Hlavním zdrojem potravy sledů je zooplankton, dále drobné ryby, korýši a pelagičtí obojživelníci (FAO 2023). Obvyklá hmotnost bývá 0,5 kg, ale nejtěžší ulovený jedinec vážil přes jeden kilogram. Je známo, že se mohou dožít i 25 let (Whitehead 1985).

Světový potravinářský trh je saturovaný výhradně divokými sledi. Akvakulturní chov této ryby je ve světovém měřítku prakticky bezvýznamný (FAO 2023). V současnosti celosvětová poptávka po sledích spíše klesá. Nicméně v minulých letech byl sled' velmi hojně loven, a to zejména severskými státy Evropy, kde jsou výrobky z této ryby velmi oblíbené. Od roku 1980 začal výlov sledů následujících dvě dekády prudce stoupat. Tento růst nakonec vyvrcholil roku 2000, kdy bylo celosvětově odloveno téměř 2,5 milionu tun sledů. Následující léta začal jeho odlov pozvolna poklesávat, což je patrné až do současnosti (FAO 2023). Proměnlivý trend výlovu sledě obecného za posledních 40 let vyobrazuje graf 5.



Graf 5: Vývoj světového výlovu sledě obecného v čase (FAO 2023)

3.2.4.2 Nutriční a toxikologický profil

Sled' je kategorizován, stejně jako sardinka, mezi tučné ryby. Jeho obsah tuku se tak pohybuje v rozmezí 5-10 % z celkové hmotnosti (Liu & Ralston 2021). Sled' bývá mírně tučnější než sardinka, ale v porovnání s ní, obsahuje sled'ův tuk méně omega-3 mastných kyselin. Většinou koncentruje také méně selenu než sardinky či makrely (USDA 2023). Ale nemusí to být pravidlem (Azad et al. 2018). Nicméně obsahem jódu se těmito rybám vyrovnává. Výzkumy dále naznačují, že je sled' významným zdrojem vitamínu D. K tomuto závěru dospěli Nøstbakken et al. (2021), jež provedli více než 1000 nutričních analýz vzorků makrel, sled'ů a divokých lososů. Z testovaných ryb obsahoval sled' tohoto vitamínu nejvíce. V některých případech byly u sled'ů naměřeny hodnoty téměř 80 µg (3200 IU) ve 100 g syrové ryby. Průměrné nutriční hodnoty sledě obecného jsou uvedeny v tabulce 11.

Tab. 11: Nutriční hodnoty sledě obecného (ve 100 g syrové ryby):

Nutriční parametr	Množství	Reference
Energetická hodnota	158 Kcal	USDA 2023*
Celkový tuk	9,04 g	USDA 2023
EPA	709 mg	USDA 2023
DHA	862 mg	USDA 2023
Vitamin D	23 µg (920 IU)	Nøstbakken et al. 2021
Jód	30,4 µg	Sprague et al. 2021
Selen	36,5 µg	USDA 2023

* U.S. Department of Agriculture (Americké ministerstvo zemědělství)

Zdá se, že sledi většinou obsahují obdobná množství rtuti jako makrely. To dokládá rozsáhlá observační studie z Norska, jejíž autoři zanalyzovali přes 8000 vzorků mořských ryb běžně dostupných na potravinářském trhu (Azad et al. 2018). Tabulka 12 vyobrazuje naměřené koncentrace rtuti a selenu ve sledích z různých lokalit Atlantického oceánu.

Tab. 12: Průměrné koncentrace rtuti a selenu ve sledi obecném (ve 100 g syrové ryby):

Chemický prvek	<i>Clupea harengus</i> (n=1810)
Rtuť	5,0 µg
Selen	52 µg

(Azad et al. 2018)

3.2.5 Tuňák pruhovaný (*Katsuwonus pelamis*)

V oceánech se vyskytuje mnoho druhů tuňáků a několik z nich je celosvětově hospodářsky významných. Tuňáci jsou dle nomenklatury zařazeni do čeledi ryb makrelovitých (*Scombridae*). V ČR se spotřebitelé setkají především s tuňákem pruhovaným (*Katsuwonus pelamis*), který na potravinářském trhu dominuje. Valná většina konzervovaných tuňáků se vyrábí právě z masa tuňáka pruhovaného, který je celosvětově i nejvíce loven. V menším měřítku je spotřebitelům nabízen také tuňák žlutoploutvý (*Thunnus albacares*), a to primárně v podobě čerstvého rybiho filetu. Minoritně je v obchodních řetězcích dostupný také tuňák modroploutvý (*Thunnus thynnus*).

3.2.5.1 Výskyt a morfologie

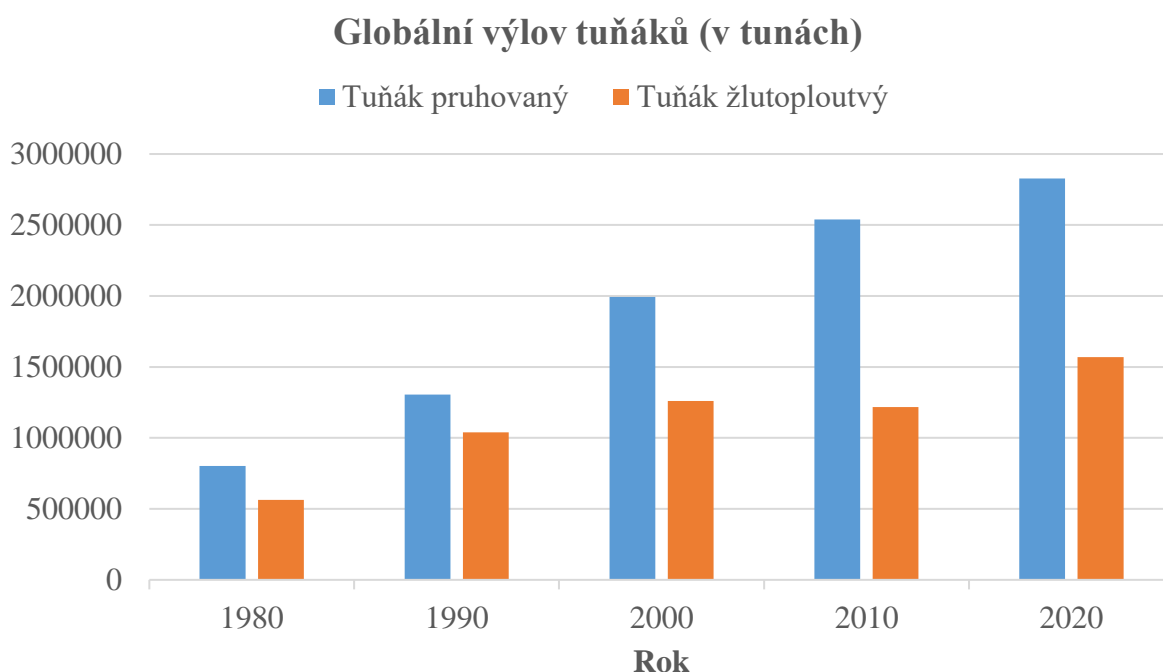
Tuňák pruhovaný svůj habitat sdílí s tuňákem žlutoploutvým. Vyskytují se celosvětově ve vodách tropického a subtropického pásma, kromě Středozemního a Černého moře. Tuňák modroploutvý se v těchto mořích vyskytuje, stejně jako v některých severských. Naopak neobývá vody tropického pásma (FAO 2023).



Obr. 6: Tuňák pruhovaný (*Katsuwonus pelamis*)
(Frimodt 1962)

Charakteristickým rysem tuňáků je jejich purpurově modrý hřbet s výraznou hřbetní ploutví. Tělo je protáhlé a má zaoblenou střední část. Břišní úsek bývá světlý až stříbřitý. Ocasní část je značně zúžená, zakončená mělce vykrojenou ploutví. U tuňáka pruhovaného jsou boky i břicho opatřeny nápadnými černými pruhy. Jeho délka těla se pohybuje v rozmezí 80-100 cm. Běžně dosahuje hmotnosti okolo 20 kg. Dožívá se 8-12 let. Tuňák žlutoploutvý se vyznačuje typickými žlutými až zlatavými ploutvemi. Obvykle dorůstá délky 150 cm a dosahuje hmotnosti přibližně 50 kg. Jeho délka života je obdobná jako u tuňáka pruhovaného (Collette & Nauen 1983). Tuňák modroploutvý je ale podstatně větší ryba, která průměrně měří přes 2,5 metru a váží 200-250 kg. Jeho maximální publikovaná hmotnost dokonce převyšovala půl tuny při délce těla více než 4,5 metru. Tento druh se může dožít i více než 30 let (Collette 1999). Hlavním zdrojem potravy tuňáků jsou nejrůznější ryby, koryši a měkkýši. Častý je ale také mezidruhový kanibalismus (FAO 2023).

Globální výlov tuňáků pruhovaných za posledních 40 let stabilně roste. Jejich odlov začal nabývat přibližně o půl milionu tun za každou následující dekádu po roce 1980. Za rok 2020 bylo tohoto druhu uloveno téměř 3 miliony tun. V důsledku této eskalace je dnes tuňák pruhovaný jednou z nejvíce lovených ryb na světě. Naopak tuňáci žlutoploutví jsou loveni poněkud méně, a to především proto, že jde o taxonomický druh s vyšším stupněm ohrožení. Modroploutví tuňáci jsou loveni zřídka. Jejich odchycená množství většinou nepřesahují 50 tisíc tun ročně. Od roku 2000 se pomalu rozvíjí i akvakulturní chov tohoto druhu (FAO 2023). Graf 6 porovnává globální vývoj odlovu dvou nejběžněji konzumovaných tuňáků.



Graf 6: Vývoj světového výlovu tuňáků v čase (FAO 2023)

3.2.5.2 Nutriční a toxikologický profil

Tuňák pruhovaný i tuňák žlutoploutvý patří mezi ryby netučné. Jejich obsah tuku nepřevyšuje 2 % z celkové hmotnosti. Tuňák modroploutvý je řazen mezi ryby nízkotučné a jeho tučnost je tedy mírně vyšší a pohybuje se v rozmezí 2-5 % z celkové hmotnosti (Liu & Ralston 2021). Pruhovaní tuňáci jsou poněkud tučnější než ti žlutoploutví a koncentrují tak i více EPA a DHA. Nicméně maso tuňáků obecně není považováno za významný zdroj n-3 mastných kyselin ani lipofilního vitamínu D (USDA 2023). Zdá se, že také jódu obsahují tuňáci v porovnání s jinými rybami spíše méně, ale v tomto ohledu nebylo doposud publikováno mnoho studií (Sprague et al. 2021). Avšak data z nutričních analýz poukazují na to, že jsou tuňáci prvotřídním zdrojem selenu. Koncentrace tohoto nutrientu mohou u tuňáků dosahovat více než 100 µg/100 g masa (Liu & Ralston 2021). Tabulka 13 srovnává nutriční hodnoty dvou nejběžnějších druhů tuňáků dostupných na potravinářském trhu v ČR.

Tab. 13: Nutriční hodnoty tuňáka pruhovaného a žlutoploutvého (ve 100 g syrové ryby):

Nutriční parametr	Pruhovaný	Žlutoploutvý	Reference
Energetická hodnota	103 Kcal	109 Kcal	USDA 2023*
Celkový tuk	1,01 g	0,49 g	USDA 2023
EPA	71 mg	12 mg	USDA 2023
DHA	185 mg	88 mg	USDA 2023
Vitamin D	-	1,7 µg (68 IU)	USDA 2023
Jód	-	13,3 µg	Sprague et al. 2021
Selen	-	90,6 µg	USDA 2023

* U.S. Department of Agriculture (Americké ministerstvo zemědělství)

Tuňáci jsou dravé ryby, které dosahují vyšších příček v oceánské potravní řetězci. To je také jedním z hlavních důvodů, proč ve svých tkáních akumulují značné koncentrace nebezpečné rtuti. Tato množství mohou běžně přesahovat 30 µg/100 g masa (Liu & Ralston 2021). Na druhou stranu tuňáci obsahují i velmi vysoké koncentrace selenu, což je prvek vykazující protektivní efekt vůči toxickému působení rtuti (Afonso et al. 2019). Naměřené hodnoty rtuti a selenu v tuňácích znázorňuje tabulka 14.

Tab. 14: Průměrné koncentrace rtuti a selenu v tuňácích (ve 100 g syrové ryby):

Chemický prvek	Tuňák pruhovaný	Tuňák žlutoploutvý
Rtuť	34 µg	30 µg
Selen	157 µg	125 µg

(Liu & Ralston 2021)

4 Metodika

Hlavní náplní praktické části této diplomové práce byl sociologický průzkum, který měl za cíl mapovat spotřebu mořských ryb a výrobků z nich u vysokoškolských studentů. Ze získaných dat byl odhadnut reálný příjem omega-3 mastných kyselin u tohoto vzorku populace. Příjem byl následně porovnán s nutričními doporučeními Evropského úřadu pro bezpečnost potravin. Pro statistické vyhodnocení závislosti mezi dietárním příjmem mastných kyselin EPA a DHA u studentů a jejich znalostmi zdravotních benefitů spojovaných s konzumací těchto nutrientů, byl použit chí-kvadrátový test (χ^2) pro asociační tabulku.

4.1 Sociologický průzkum

4.1.1 Sběr dat a distribuce dotazníku

Dotazník byl vytvořen prostřednictvím webového rozhraní dostupného na internetové stránce www.surveymonkey.com. Průzkum byl studentům distribuován elektronickou formou pomocí hypertextového odkazu. Tato forma byla zvolena pro svou nízkou časovou a finanční náročnost. Online dotazník totiž představoval efektivní způsob, jak oslovit velké množství potenciálních respondentů z různých vysokých škol.

Byla snaha získat reprezentativní vzorek vysokoškolské populace ČR, nicméně v tomto ohledu se jednalo o náročný úkol. Vysokých škol je v ČR mnoho, a proto byl dotazník šířen primárně mezi univerzity Prahy, Brna a Plzně. V Praze se jednalo konkrétně o Českou zemědělskou univerzitu, Univerzitu Karlovu, České vysoké učení technické a Vysokou školu chemicko-technologickou. V Brně to pak byly Mendelova a Masarykova univerzita. V Plzni šlo o Západočeskou univerzitu a lékařskou fakultu Univerzity Karlovy.

Distribuce dotazníku byla zprostředkována buď studentskými spolky přes sociální sítě nebo proběhlo šíření dotazníku přímo na akademické půdě, a to hromadným e-mailem, který byl iniciován studijním oddělením příslušné univerzity.

4.1.2 Struktura dotazníku

Dotazníkové šetření bylo strukturováno do dvou hlavních otázkových celků. První blok otázek se zaměřoval na zjištění frekvence konzumace mořských ryb, ale zkoumal také preference pro jednotlivé druhy ryb či rybích výrobků. Dotazy druhého bloku byly vědomostního charakteru. Snažily se odhalit, zda jsou dotazovaní obeznámeni se zdravotními benefity dostatečné konzumace této potravinářské komodity. Dalším cílem znalostních otázek bylo vyzorovat, které druhy mořských ryb studenti považují za dobrý zdroj omega-3 mastných kyselin. Na závěr byly položeny dotazy zkoumající názor respondentů na to, zda si myslí, že konzumují mořských ryb dostatek a také, jestli pravidelně užívají doplňky stravy obsahující rybí olej a proč tak činí.

Následuje kompletní seznam 17 zvolených otázek spolu s nabízenými možnostmi odpovědí, které byly studentům formou dotazníkového šetření položeny.

Otázka č. 1: *Jak často konzumujete mořské ryby nebo výrobky z nich?*
(vyberte jednu odpověď)

- Méně než 1× týdně
- 1× týdně
- 2× týdně
- Více než 2× týdně

Otázka č. 2: *Jaké výrobky z ryb upřednostňujete?*
(vyberte jednu odpověď)

- Konzervované ryby
- Nakládané a marinované ryby
- Uzené ryby
- Mražené rybí polotovary
- Konzumuji výhradně čerstvé (chlazené) ryby
- Ryby ani výrobky z nich zpravidla nekonzumuji

Otázka č. 3: *Konzumujete pravidelně tuňáka? Pokud ano, v jaké podobě nejčastěji?*
(vyberte jednu odpověď)

- Nekonzumuji
- Ano, čerstvého (chlazeného)
- Ano, konzervovaného

Otázka č. 4: *Konzumujete pravidelně lososa? Pokud ano, v jaké podobě nejčastěji?*
(vyberte jednu odpověď)

- Nekonzumuji
- Ano, čerstvého (chlazeného)
- Ano, uzeného
- Ano, konzervovaného

Otázka č. 5: *Konzumujete pravidelně makrelu? Pokud ano, v jaké podobě nejčastěji?*
(vyberte jednu odpověď)

- Nekonzumuji
- Ano, uzenou
- Ano, konzervovanou

Otázka č. 6: *Konzumujete pravidelně sledě? Pokud ano, v jaké podobě nejčastěji?*
(vyberte jednu odpověď)

- Nekonzumuji
- Ano, nakládané (např. „zavináče“)
- Ano, nasolené (např. „slanečky“)
- Ano, uzené (např. „uzenáče“)
- Ano, konzervované

Otázka č. 7: Konzumujete pravidelně sardinky či sardele (ančovičky)? Pokud ano, v jaké podobě nejčastěji?
(vyberte jednu odpověď)

- Nekonzumuji
- Ano, konzervované
- Ano, nakládané

Cílem otázek č. 1-7 bylo zjistit, kolikrát týdně konzumují studenti mořské ryby či výrobky z nich, ale také jaké rybí výrobky upřednostňují. Dále tyto otázky zkoumaly, které konkrétní druhy ryb, jež jsou běžně dostupné v obchodních řetězcích ČR, respondenti preferují, zda je konzumují pravidelně, a pokud ano, tak v jaké podobě nejčastěji.

Otázka č. 8: Mořské ryby jsou významným zdrojem těchto nutrientů:
(vyberte jednu nebo více správných odpovědí)

- Jód (správná odpověď)
- Nenasycených mastných kyselin (správná odpověď)
- Vitaminu D (správná odpověď)
- Železa
- Nasyčených mastných kyselin
- Zinku
- Omega-6 nenasycených mastných kyselin
- Hořčíku
- Selen (správná odpověď)
- Omega-3 nenasycených mastných kyselin (správná odpověď)

Otázka č. 8 sledovala, zda mají studenti obecný přehled o tom, které nutrienty jsou v mořských rybách koncentrovány ve významných množstvích. Dotazovaným bylo předloženo 10 možných odpovědí z nichž byla polovina správně a polovina špatně. Správné odpovědi jsou uvedeny v závorkách.

Otázka č. 9: Dietární příjem omega-3 nenasycených mastných kyselin EPA (eikosapentaenová) a DHA (dokosahexaenová) je zdraví prospěšný, protože:
(vyberte jednu nebo více správných odpovědí)

- Přispívají ke správnému vývoji plodu v těhotenství (správná odpověď)
- Přispívají k optimální filtrační funkci ledvin
- Stimulují detoxikační mechanismy těla
- Podílí se na optimálním fungování mozku (správná odpověď)
- Tvoří se z nich metabolity s protizánětlivým účinkem (správná odpověď)
- Přispívají k normální produkci hormonů štítné žlázy
- Přispívají k optimální funkci imunitního systému (správná odpověď)
- Pozitivně modulují mikrobiotu tlustého střeva
- Přispívají k udržení normálního zraku (správná odpověď)
- Přispívají k normální produkci pohlavních hormonů

- Tvoří se z nich metabolity s prozánětlivým účinkem
- Přispívají k udržení normálního krevního tlaku (*správná odpověď*)

Vědomosti studentů ohledně zdravotních benefitů konzumace omega-3 mastných kyselin, konkrétně EPA a DHA, zjišťovala otázka č. 9. Dotazovaným bylo předloženo 12 možných odpovědí z nichž byla polovina správně a polovina špatně. Správné odpovědi jsou uvedeny v závorkách.

Otázka č. 10: *Myslíte si, že je losos dobrým zdrojem mastných kyselin EPA a DHA? Pokud ne, zkuste vysvětlit, proč si to myslíte.
(vyberte jednu odpověď)*

- Ano
- Ne, protože: (uved'te)

Otázka č. 11: *Myslíte si, že je makrela dobrým zdrojem mastných kyselin EPA a DHA? Pokud ne, zkuste vysvětlit, proč si to myslíte.
(vyberte jednu odpověď)*

- Ano
- Ne, protože: (uved'te)

Otázka č. 12: *Myslíte si, že je tuňák dobrým zdrojem mastných kyselin EPA a DHA? Pokud ne, zkuste vysvětlit, proč si to myslíte.
(vyberte jednu odpověď)*

- Ano
- Ne, protože: (uved'te)

Otázka č. 13: *Myslíte si, že je sled' dobrým zdrojem mastných kyselin EPA a DHA? Pokud ne, zkuste vysvětlit, proč si to myslíte.
(vyberte jednu odpověď)*

- Ano
- Ne, protože: (uved'te)

Otázka č. 14: *Myslíte si, že je treska dobrým zdrojem mastných kyselin EPA a DHA? Pokud ne, zkuste vysvětlit, proč si to myslíte.
(vyberte jednu odpověď)*

- Ano
- Ne, protože: (uved'te)

Otázka č. 15: *Myslíte si, že jsou sardinky dobrým zdrojem mastných kyselin EPA a DHA? Pokud ne, zkuste vysvětlit, proč si to myslíte.
(vyberte jednu odpověď)*

- Ano
- Ne, protože: (uved'te)

Otázky č. 10-15 měly za cíl prozkoumat, které z běžně dostupných ryb respondenti považují za dobrý zdroj omega-3 mastných kyselin EPA a DHA. Pokud některou z nabízených ryb označili za nedostatečný zdroj těchto nutrientů, měli za úkol vysvětlit, proč tak učinili.

Otázka č. 16: *Myslíte si, že konzumujete dostatečné množství mořských ryb? Pokud ne, co Vám v tom nejvíce brání?*

(vyberte jednu odpověď)

- Ano, konzumuji dostatek
- Ne, obávám se negativního vlivu na zdraví pramenícího z vyšší konzumace ryb (rtuť, toxiny aj.)
- Ne, nízká dostupnost čerstvých ryb
- Ne, vysoká cena
- Ne, nechutnají mi

Otázka č. 16 sledovala subjektivní názor respondentů na to, zda si myslí, že konzumují dostatečné množství mořských ryb. Pakliže dotazovaný vyhodnotil, že jeho spotřeba ryb není uspokojivá, měl označit jeden ze čtyř možných důvodů, který mu v tom nejvíce brání.

Otázka č. 17: *Užíváte rybí olej ve formě doplňku stravy? Pokud ano, napište proč.*

(vyberte jednu odpověď)

- Ne
- Ano, protože: (uveďte)

Poslední dotaz se snažil vypátrat, jestli respondenti suplementují rybí olej formou doplňku stravy. A jestliže ano, měli uvést svou motivaci pro toto počínání. Otázka měla za cíl odhalit jedince, kteří mohou přijímat dostatek omega-3 mastných kyselin i přes fakt, že běžně nekonzumují dostatek mořských ryb.

4.2 Vyhodnocení dat

4.2.1 Vyhodnocení příjmu EPA a DHA

Ze získaných dat z dotazníkového šetření byli respondenti rozděleni podle jejich příjmu omega-3 mastných kyselin do dvou skupin. Studenti byli rozčleněni na ty, kteří přijímají postačující množství EPA a DHA, a na ty, kteří dostatek těchto mastných kyselin ve stravě nemají. Toto vyhodnocení bylo u respondentů uskutečněno na základě porovnání jejich odhadovaného příjmu EPA a DHA s doporučeným příjmem omega-3 mastných kyselin podle ustanovení rady Evropského úřadu pro bezpečnost potravin.

Odhad příjmu EPA a DHA byl vztažen na týdenní časovou jednotku. EPA i DHA se totiž v lidském organismu ukládají, a proto není nezbytně nutné konzumovat tyto mastné kyseliny na denní bázi. EFSA doporučuje příjem 250-500 mg EPA+DHA/den. Což ekvivalentně představuje 1750-3500 mg EPA+DHA/týden. Estimace naplnění doporučeného týdenního příjmu EPA+DHA byla u jednotlivců založena na jimi uvedené týdenní frekvenci konzumace ryb a rybích výrobků, ale také na tom, jaké druhy ryb pravidelně konzumují.

Tabulka 15 shrnuje průměrná množství EPA+DHA v jednotlivých rybách vztažená na obvykle konzumovanou porci této komodity, která byla stanovena na 100 g. Běžná porce se totiž může lišit v závislosti na druhu ryby. Např. porce nakládaného sled'ového filetu nebo plátky uzeného lososa váží běžně okolo 50 g, naopak porce uzené makrely či chlazeného filetu z tuňáka mohou vážit i více než 150 g.

Tab. 15: Průměrné koncentrace omega-3 mastných kyselin v rybách (ve 100 g syrové ryby):

Druh ryby	Obsah EPA+DHA
Makrela	2300 mg
Sardinka	2170 mg
Losos (akvakulturní)	1960 mg
Sled'	1570 mg
Losos (divoký)	1440 mg
Tuňák*	180 mg

*Zprůměrovaná hodnota pro tuňáka pruhovaného a tuňáka žlutoploutvého

Z tabulky je patrné, že pro naplnění spodní hranice doporučeného příjmu EPA+DHA (1750 mg), postačí konzumace jedné 100 g porce makrely, lososa či sardinek týdně. Jedna 100 g porce sledě za týden je téměř dostatečná, nicméně stejná porce tuňáka pro tento účel nepostačí, jelikož jeho obsah omega-3 mastných kyselin je v porovnání s ostatními uvedenými rybami o řád nižší.

Příjem EPA a DHA byl u respondenta vyhodnocen jako dostatečný, pokud bylo naplněno některé z následujících tří kritérií:

- Užívá rybí olej formou doplňku stravy.
- Konzumuje ryby či výrobky z nich 1× týdně, ale zároveň pravidelně konzumuje makrelu, lososa nebo sardinky.
- Konzumuje ryby či výrobky z nich alespoň 2× týdně, ale zároveň pravidelně konzumuje makrelu, lososa, sardinky nebo sledě.

Pokud dotazovaný uvedl, že užívá rybí olej ve formě doplňku stravy, dá se předpokládat, že jeho příjem EPA+DHA bude dostatečný. Stejně tak, jako když zmínil, že konzumuje ryby či výrobky z nich 1× týdně, ale zároveň konzumuje pravidelně makrelu, lososa nebo sardinky. Pokud uvedl, že konzumuje ryby či výrobky z nich alespoň 2× týdně, ale zároveň zmínil, že pravidelně konzumuje makrelu, lososa, sardinky nebo sledě, byl jeho příjem opět vyhodnocen jako postačující.

Pakliže ale respondent uvedl, že konzumuje ryby či výrobky z nich méně než 1× týdně, byl jeho příjem EPA+DHA vyhodnocen jako nedostatečný vždy. Vzhledem k akvakulturním podmínkám chovu je obsah EPA+DHA v lososech poněkud variabilní, a proto pravidelná konzumace pouze této ryby méně než 1× týdně nemusí být vždy dostatečná. Při pravidelné konzumaci pouze sardinek méně než 1× týdně může být příjem EPA+DHA taktéž neuspokojivý, jelikož vezmeme-li v úvahu, že konzervy sardinek mají hmotnost pevného

podílu (tzn. čisté hmotnosti ryby) běžně méně než 100 g, bude následně reálný příjem EPA+DHA proporcčně nižší. Pravidelná konzumace pouze sledě či tuňáka méně než 1× týdně byla opět vyhodnocena jako nedostačující, co se týče doporučeného příjmu EPA+DHA, protože při takto nízké frekvenci spotřeby není u dotyčného přijímáno omega-3 mastných kyselin adekvátní množství. Při pravidelné konzumaci makrely 1× týdně může být příjem EPA+DHA dostatečný, nicméně pouze pokud je tato ryba přijímána v dostatečném množství, ale také zároveň alespoň jednou za dva týdny. Respondent však tuto rybu může přijímat pravidelně 1× za měsíc nebo i méně. Z tohoto důvodu byl označen příjem EPA+DHA za nedostatečný i pokud respondent uvedl, že konzumuje ryby či výrobky z nich méně než 1× týdně, ale zároveň zmínil, že pravidelně konzumuje makrelu.

4.2.2 Statistické vyhodnocení

Byla provedena statistická analýza pomocí chí-kvadrátového testu (χ^2) pro asociační tabulku, která měla u studentského vzorku vyhodnotit závislost dvou kvalitativních znaků (příjem EPA a DHA × znalosti zdravotních benefitů příjmu EPA a DHA). Test byl použit k ověření hypotézy, která tvrdí, že dietární příjem omega-3 mastných kyselin EPA a DHA u studentů závisí na znalostech zdravotních benefitů spojených s konzumací těchto nutrientů.

Ustanovená nulová hypotéza H_0 : *U studentů neexistuje statisticky významná závislost mezi dietárním příjmem EPA a DHA a znalostmi zdravotních benefitů konzumace EPA a DHA.*

Hypotéza byla testována na 5% hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

K analýze byla vytvořena asociační tabulka dle následujícího vzoru:

Znak A	Znak B		Součet
	b_0	b_1	
a_0	a	b	$a + b$
a_1	c	d	$c + d$
Součet	$a + c$	$b + d$	$n = a + b + c + d$

A, B – jednotlivé kvalitativní znaky,

a_0, b_0 – výskyt dané vlastnosti u příslušné statistické jednotky,

a_1, b_1 – nepřítomnost dané vlastnosti u statistické jednotky,

n – rozsah souboru (počet respondentů).

Výpočet testovacího kritéria:

$$\chi^2 = \frac{n(ad - bc)^2}{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}$$

Výpočet stupňů volnosti:

$$v = (r - 1)(s - 1)$$

r – počet řádků (kategorií znaku A),
s – počet sloupců (kategorií znaku B).

Je-li $\chi^2 > \chi^2_{\alpha(v)} \Rightarrow$ zamítáme nulovou hypotézu o nezávislosti jevů A a B.

Je-li $\chi^2 \leq \chi^2_{\alpha(v)} \Rightarrow$ nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu o nezávislosti jevů A a B.

Výpočet pro určení síly závislosti (pouze pokud existuje):

$$C = \sqrt{\frac{\chi^2}{n + \chi^2}}$$

C – korelační koeficient.

Korelační koeficient nabývá hodnot $\langle -1; 1 \rangle$

Sílu závislosti lze určit dle následujících intervalů pro hodnotu korelačního koeficientu:

Slabá závislost: $\langle 0; 0,3 \rangle$

Středně silná závislost: $\langle 0,3; 0,6 \rangle$

Silná závislost: $\langle 0,6; 1 \rangle$

Čím více se výsledná hodnota blíží k 1, respektive -1, tím je závislost mezi proměnnými silnější. Pokud je hodnota korelačního koeficientu kladná, tak se jedná o přímou (rostoucí) závislost. Naopak pokud je tato hodnota záporná, tak jde o nepřímou (klesající) závislost.

Znalosti zdravotních benefitů spojených s příjmem EPA a DHA byly u respondenta vyhodnoceny jako dostatečné, pokud v položené otázce č. 9 označil alespoň 4 z 6 správných odpovědí. Jestliže však označil méně než 4 správné odpovědi, jeho znalosti byly považovány za neuspokojivé.

Stejně jako u předcházející kapitoly, byl příjem EPA a DHA u respondenta vyhodnocen jako dostatečný, pokud bylo naplněno některé z následujících tří kritérií:

- a) Užívá rybí olej formou doplňku stravy.
- b) Konzumuje ryby či výrobky z nich 1× týdně, ale zároveň pravidelně konzumuje makrelu, lososa nebo sardinky.
- c) Konzumuje ryby či výrobky z nich alespoň 2× týdně, ale zároveň pravidelně konzumuje makrelu, lososa, sardinky nebo sledě.

5 Výsledky

5.1 Sociologický průzkum

5.1.1 Sběr dat a distribuce dotazníku

Některá studijní oddělení oslovených vysokých škol z různých důvodů zamítla distribuci tohoto dotazníku mezi studenty či se v této věci vůbec neangažovala. S jistotou lze ale konstatovat, že dotazník vyplňovali studenti fakult České zemědělské univerzity v Praze, brněnské lékařské fakulty Masarykovy univerzity a plzeňské lékařské fakulty Karlovy Univerzity. Všechny tyto fakulty totiž pomohly šířit sociologický průzkum hromadným mailingem mezi své studenty.

V určité míře dotazník vyplňovali také studenti pražské Univerzity Karlovy a Vysoké školy chemicko-technologické, dále pocházely odpovědi respondentů z Mendelovy univerzity v Brně a Západočeské univerzity v Plzni. Studenti těchto škol byli osloveni primárně přes studentské spolky dostupné na sociálních sítích.

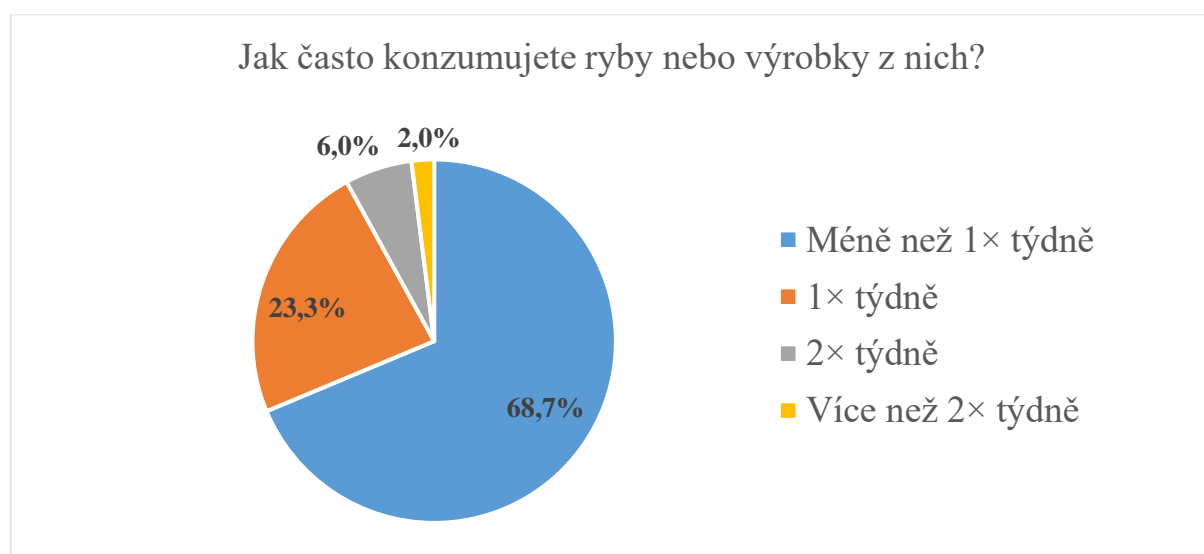
Dotazník úspěšně vyplnilo celkem 889 respondentů.

5.1.2 Odpovědi respondentů

Otázka č. 1: *Jak často konzumujete mořské ryby nebo výrobky z nich?*

Tab. 16: Četnost odpovědí na otázku č. 1:

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost
Méně než 1× týdně	611	68,7 %
1× týdně	207	23,3 %
2× týdně	53	6,0 %
Více než 2× týdně	18	2,0 %



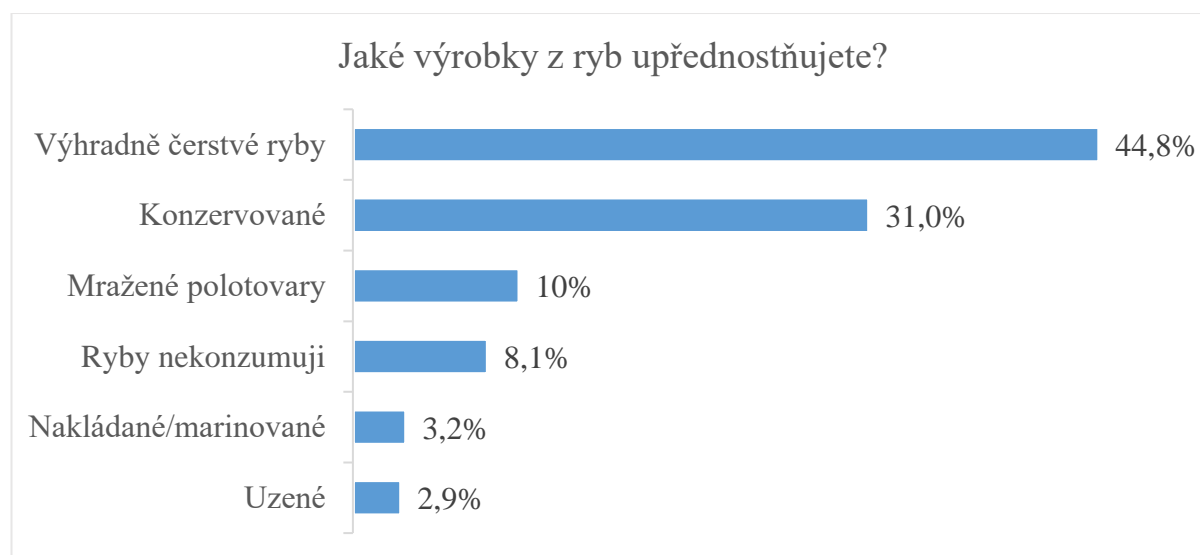
Graf 7: Četnost odpovědí na otázku č. 1

Téměř 70 % dotazovaných uvedlo, že konzumuje ryby či výrobky z nich méně než 1× týdně. Necelá čtvrtina studentů konzumuje ryby 1× za týden. Alespoň 2× týdně tuto potravinářskou komoditu přijímá méně než 10 % respondentů.

Otázka č. 2: *Jaké výrobky z ryb upřednostňujete?*

Tab. 17: Četnost odpovědí na otázku č. 2:

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost
Konzumuji výhradně čerstvé ryby	398	44,8 %
Konzervované ryby	276	31,0 %
Mražené rybí polotovary	89	10,0 %
Ryby ani výrobky z nich zpravidla nekonzumuji	72	8,1 %
Nakládané a marinované ryby	28	3,2 %
Uzené ryby	26	2,9 %



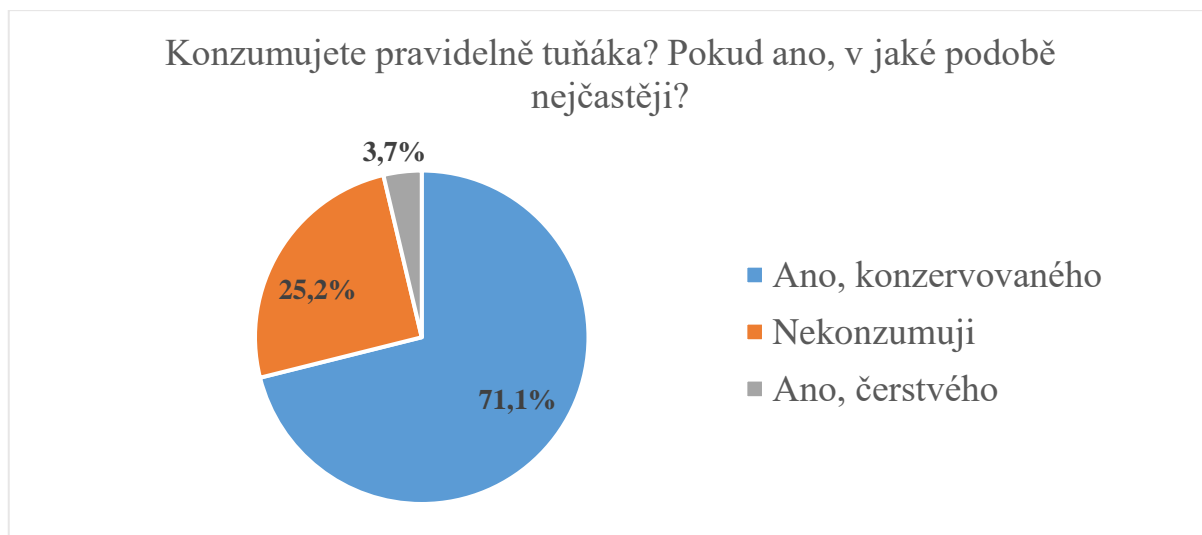
Graf 8: Četnost odpovědí na otázku č. 2

Dotazovaní nejčastěji zmiňovali, že konzumují výhradně čerstvé ryby. Tak uvedlo téměř 45 % respondentů. Z rybích výrobků preferovala většina dotazovaných zakonzervované ryby. Přibližně 8 % studentů uvedlo, že ryby ani výrobky z nich zpravidla nekonzumuje.

Otázka č. 3: *Konzumujete pravidelně tuňáka? Pokud ano, v jaké podobě nejčastěji?*

Tab. 18: Četnost odpovědí na otázku č. 3:

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano, konzervovaného	632	71,1 %
Nekonzumuji	224	25,2 %
Ano, čerstvého	33	3,7 %



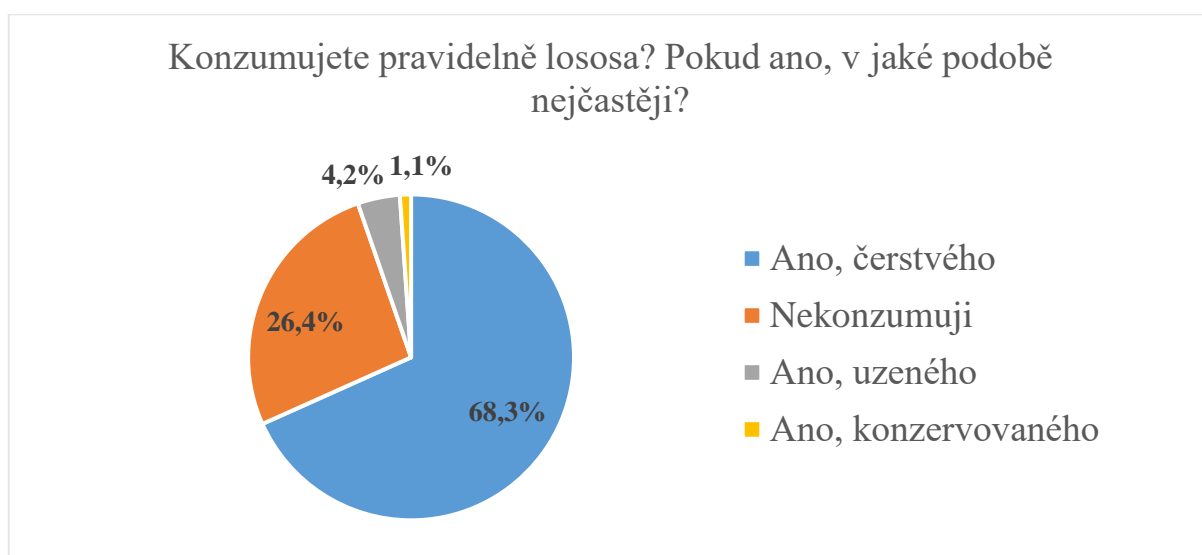
Graf 9: Četnost odpovědí na otázku č. 3

Více než 70 % respondentů uvedlo, že pravidelně konzumuje konzervovaného tuňáka. Zhruba čtvrtina studentů tuto rybu pravidelně nejí. Necelá 4 % dotazovaných konzumují pravidelně čerstvého tuňáka.

Otázka č. 4: *Konzumujete pravidelně lososa? Pokud ano, v jaké podobě nejčastěji?*

Tab. 19: Četnost odpovědí na otázku č. 4:

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano, čerstvého	607	68,3 %
Nekonzumují	235	26,4 %
Ano, uzeného	37	4,2 %
Ano, konzervovaného	10	1,1 %



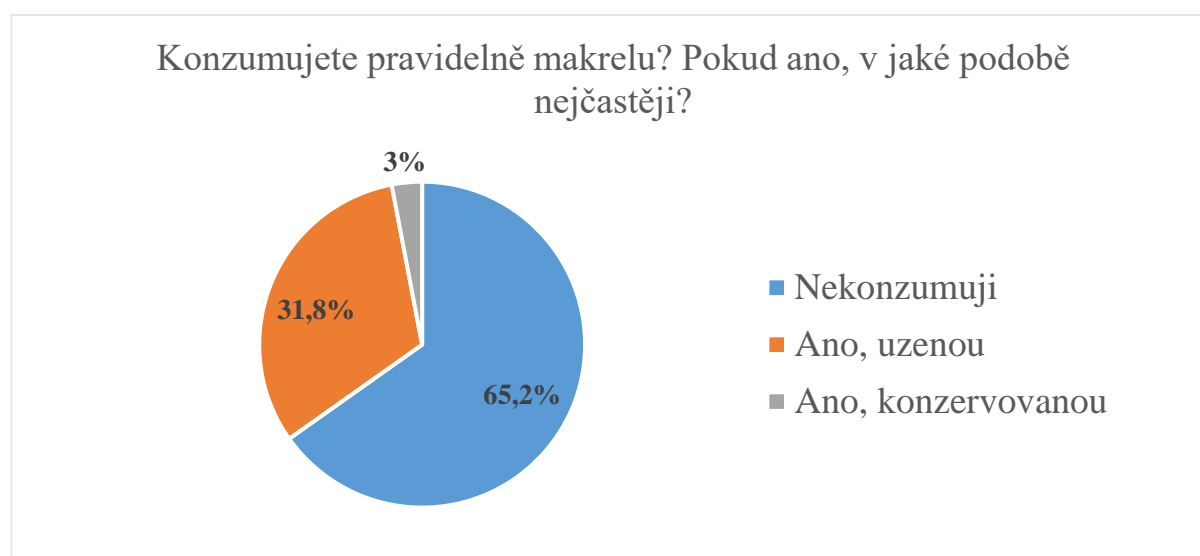
Graf 10: Četnost odpovědí na otázku č. 4

Takřka 70 % dotazovaných zmínilo, že pravidelně konzumuje čerstvého lososa. Více než čtvrtina studentů lososa pravidelně nejí. V uzené či konzervované podobě tuto rybu pravidelně přijímá okolo 5 % respondentů.

Otázka č. 5: *Konzumujete pravidelně makrelu? Pokud ano, v jaké podobě nejčastěji?*

Tab. 20: Četnost odpovědí na otázku č. 5:

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost
Nekonzumuji	580	65,2 %
Ano, uzenou	282	31,8 %
Ano, konzervovanou	27	3,0 %



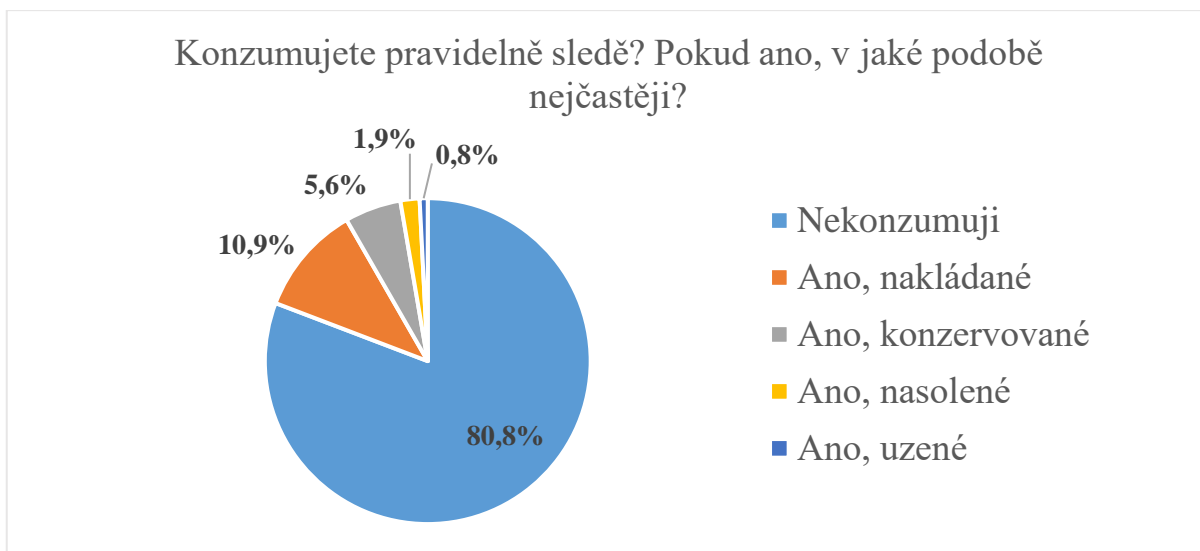
Graf 11: Četnost odpovědí na otázku č. 5

Téměř jedna třetina studentů uvedla, že pravidelně konzumuje uzenou makrelu. Zhruba 3 % respondentů přijímají tuto rybu pravidelně v konzervované podobě. Více než 65 % dotazovaných makrelu pravidelně nekonzumuje.

Otázka č. 6: *Konzumujete pravidelně sledě? Pokud ano, v jaké podobě nejčastěji?*

Tab. 21: Četnost odpovědí na otázku č. 6:

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost
Nekonzumuji	718	80,8 %
Ano, nakládané	97	10,9 %
Ano, konzervované	50	5,6 %
Ano, nasolené	17	1,9 %
Ano, uzené	7	0,8 %



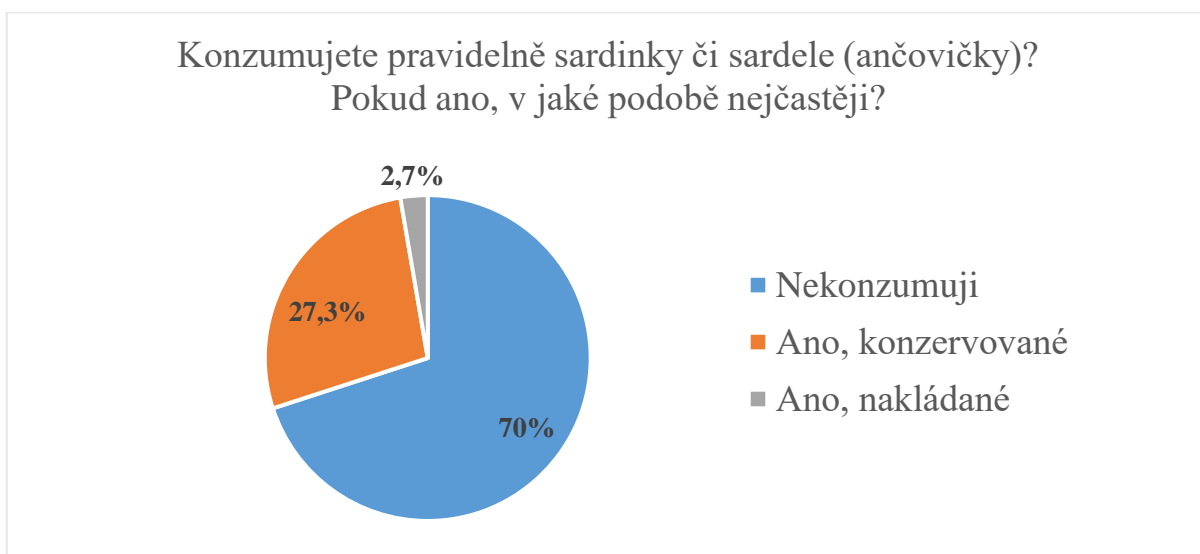
Graf 12: Četnost odpovědí na otázku č. 6

Více než 80 % respondentů zmínilo, že výrobky ze sledě běžně nekonzumuje. Pokud studenti tuto rybu přijímají pravidelně, tak nejčastěji ve formě nakládaných či méně často konzervovaných, případně nasolených výrobků.

Otázka č. 7: Konzumujete pravidelně sardinky či sardele (ančovičky)? Pokud ano, v jaké podobě nejčastěji?

Tab. 22: Četnost odpovědí na otázku č. 7:

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost
Nekonzumují	622	70,0 %
Ano, konzervované	243	27,3 %
Ano, nakládané	24	2,7 %



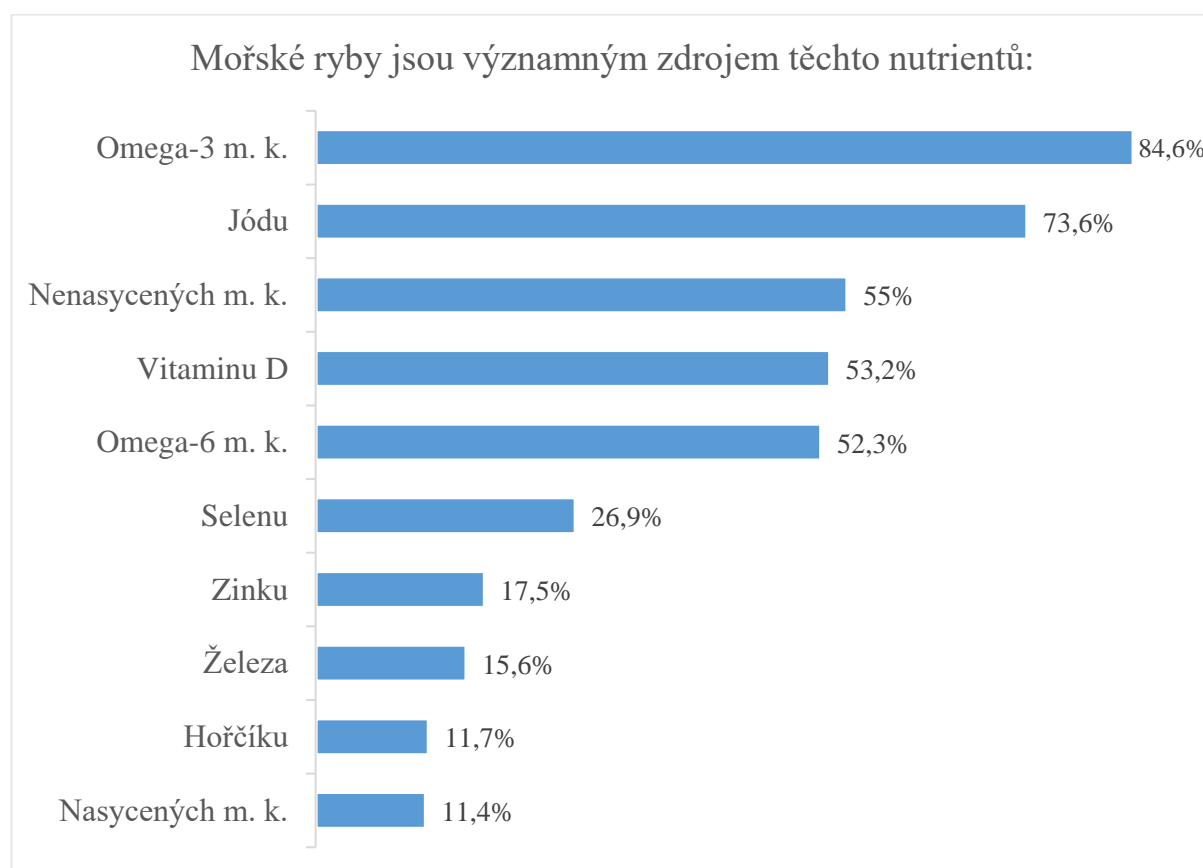
Graf 13: Četnost odpovědí na otázku č. 7

Asi 70 % dotazovaných uvedlo, že sardinky ani sardele pravidelně nekonzumuje. Větší čtvrtina vzorku je běžně přijímá v konzervované podobě. Poměrně zřídka jsou konzumovány nakládané výrobky z těchto ryb.

Otázka č. 8: *Mořské ryby jsou významným zdrojem těchto nutrientů:*

Tab. 23: Četnost odpovědí na otázku č. 8:

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost
Omega-3 nenasycených m. k.	752	84,6 %
Jódu	654	73,6 %
Nenasycených mastných k.	489	55,0 %
Vitaminu D	473	53,2 %
Omega-6 nenasycených m. k.	465	52,3 %
Selenu	239	26,9 %
Zinku	156	17,5 %
Železa	139	15,6 %
Hořčíku	104	11,7 %
Nasycených mastných k.	101	11,4 %



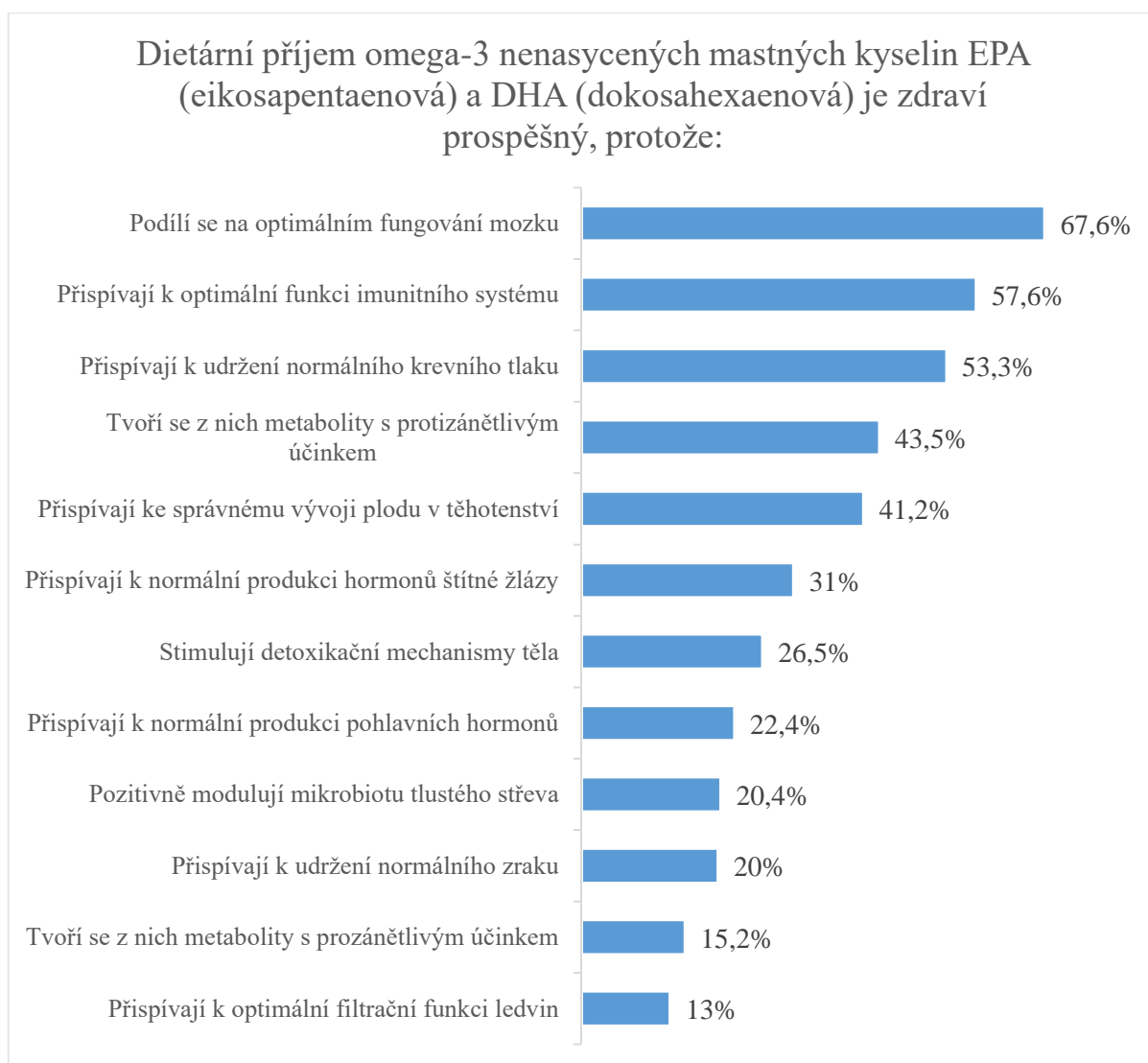
Graf 14: Četnost odpovědí na otázku č. 8

Většina studentů považovala mořské ryby za významný zdroj omega-3 mastných kyselin a jódu. Více než polovina z nich označila tuto komoditu také jako bohatý zdroj nenasycených mastných kyselin (i řady omega-6) a vitaminu D.

Otázka č. 9: *Dietární příjem omega-3 nenasycených mastných kyselin EPA (eikosapentaenová) a DHA (dokosahexaenová) je zdraví prospěšný, protože:*

Tab. 24: Četnost odpovědí na otázku č. 9:

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost
Podílí se na optimálním fungování mozku	601	67,6 %
Přispívají k optimální funkci imunitního systému	512	57,6 %
Přispívají k udržení normálního krevního tlaku	474	53,3 %
Tvoří se z nich metabolity s protizánětlivým účinkem	387	43,5 %
Přispívají ke správnému vývoji plodu v těhotenství	366	41,2 %
Přispívají k normální produkci hormonů štítné žlázy	276	31,0 %
Stimulují detoxikační mechanismy těla	236	26,5 %
Přispívají k normální produkci pohlavních hormonů	199	22,4 %
Pozitivně modulují mikrobiotu tlustého střeva	181	20,4 %
Přispívají k udržení normálního zraku	178	20,0 %
Tvoří se z nich metabolity s prozánětlivým účinkem	135	15,2 %
Přispívá k optimální filtrační funkci ledvin	116	13,0 %



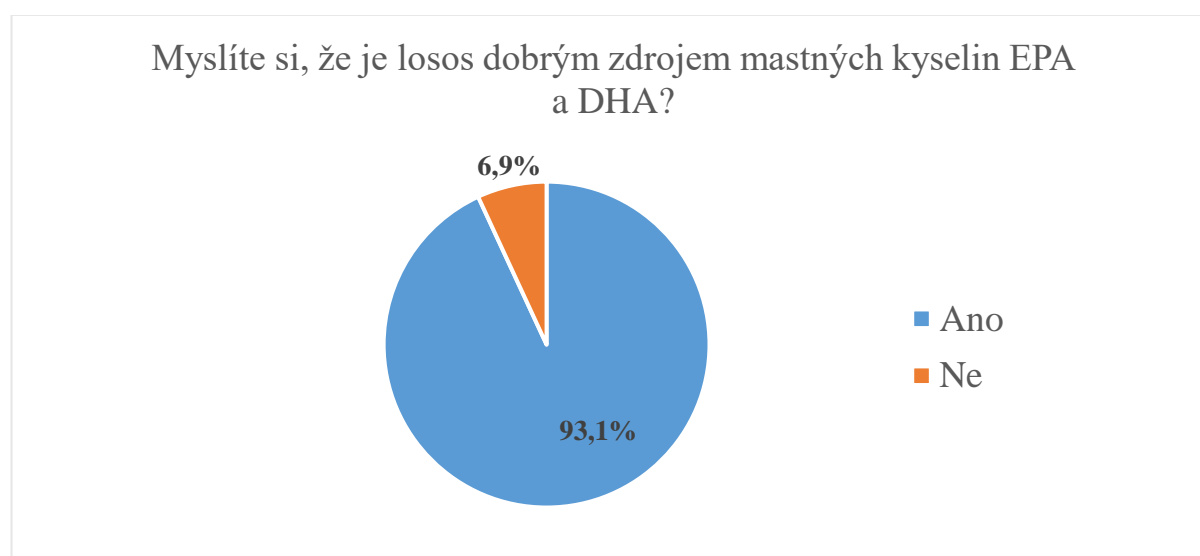
Graf 15: Četnost odpovědí na otázku č. 9

Respondenti nejčastěji označili EPA a DHA jako nutrienty prospěšné pro optimální funkci mozku. Více než polovina studentů si taktéž myslí, že tyto kyseliny přispívají k udržení normálního krevního tlaku a k optimální funkci imunitního systému. Odpovědi tvrdící, že EPA a DHA přispívají ke správnému vývoji plodu v těhotenství, ale také že se z nich utváří metabolity s protizánětlivým účinkem, považuje za správné zhruba 40 % dotazovaných.

Otázka č. 10: *Myslíte si, že je losos dobrým zdrojem mastných kyselin EPA a DHA? Pokud ne, zkuste vysvětlit, proč si to myslíte.*

Tab. 25: Četnost odpovědí na otázku č. 10:

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	828	93,1 %
Ne	61	6,9 %



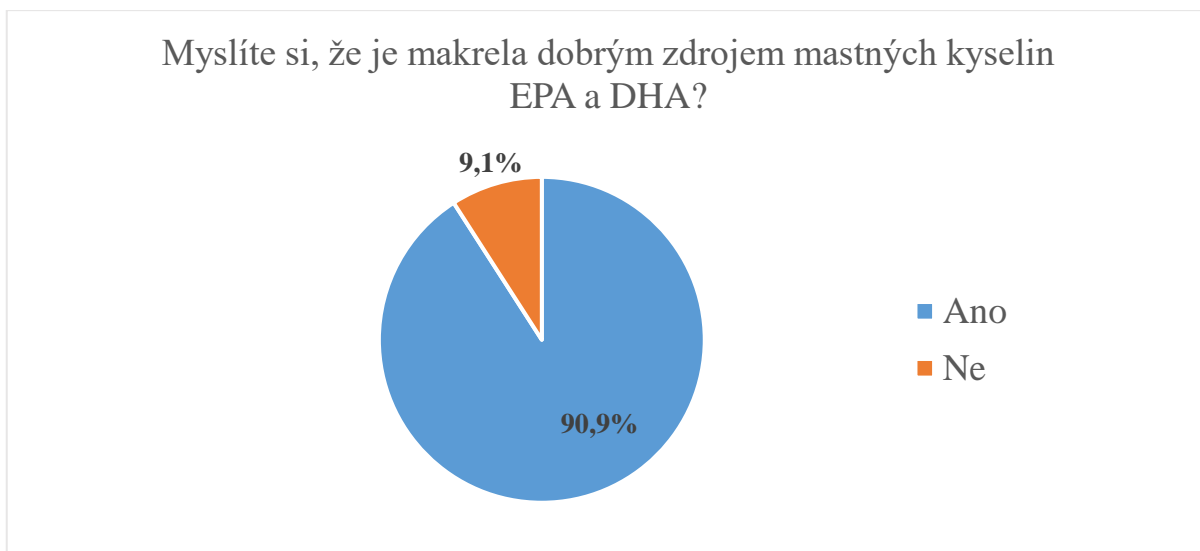
Graf 16: Četnost odpovědí na otázku č. 10

Téměř 7 % respondentů uvedlo, že losos není dobrým zdrojem omega-3 mastných kyselin. Tito studenti se často domnívali, že je losos spíše zdrojem omega-6 mastných kyselin, a to především kvůli nevhodným krmivářským podmínkám v akvakulturních chovech. Několik respondentů zmínilo, že dostatek EPA a DHA obsahují pouze divocí lososi.

Otázka č. 11: *Myslíte si, že je makrela dobrým zdrojem mastných kyselin EPA a DHA? Pokud ne, zkuste vysvětlit, proč si to myslíte.*

Tab. 26: Četnost odpovědí na otázku č. 11:

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	809	90,9 %
Ne	80	9,1 %



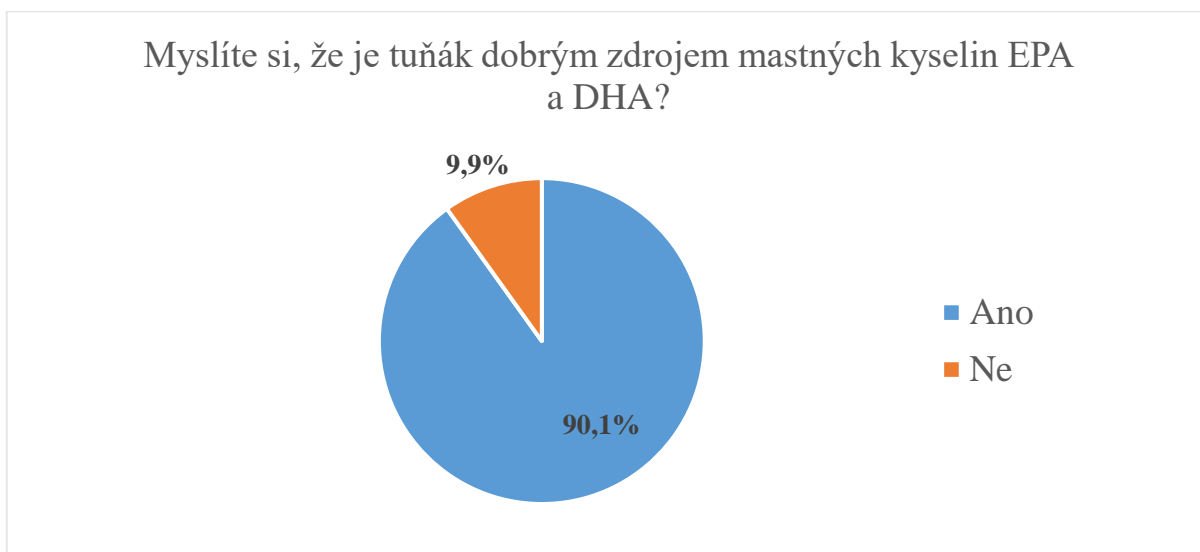
Graf 17: Četnost odpovědí na otázku č. 11

Přibližně 9 % studentů uvedlo, že makrela není dobrým zdrojem omega-3 mastných kyselin. Avšak většina z těchto respondentů v odpovědi poznamenala, že nemají dostatek znalostí pro zodpovězení této otázky. Několik dotazovaných také zmínilo, že makrela není dostatečně tučná ryba.

Otázka č. 12: *Myslíte si, že je tuňák dobrým zdrojem mastných kyselin EPA a DHA? Pokud ne, zkuste vysvětlit, proč si to myslíte.*

Tab. 27: Četnost odpovědí na otázku č. 12:

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	801	90,1 %
Ne	88	9,9 %



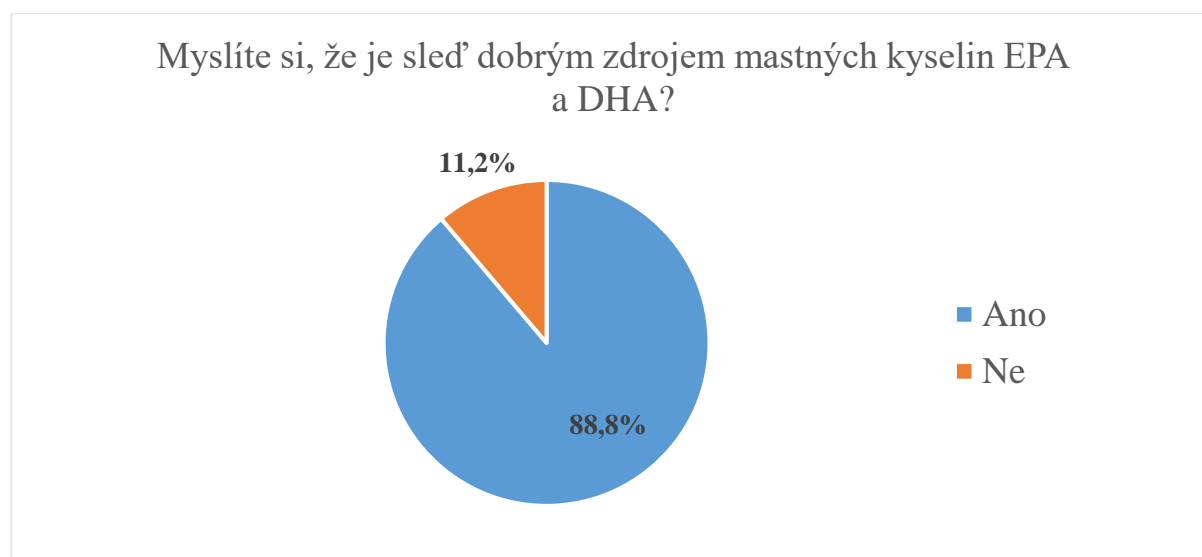
Graf 18: Četnost odpovědí na otázku č. 12

Bezmála 10 % dotazovaných uvedlo, že tuňák není dobrým zdrojem omega-3 mastných kyselin. Studenti se většinou domnívali, že není dostatečně tučný. Někteří respondenti také zmiňovali, že při konzervaci tuňáka dochází i ke ztrátě EPA a DHA.

Otázka č. 13: *Myslíte si, že je sled' dobrým zdrojem mastných kyselin EPA a DHA? Pokud ne, zkuste vysvětlit, proč si to myslíte.*

Tab. 28: Četnost odpovědí na otázku č. 13:

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	789	88,8 %
Ne	100	11,2 %



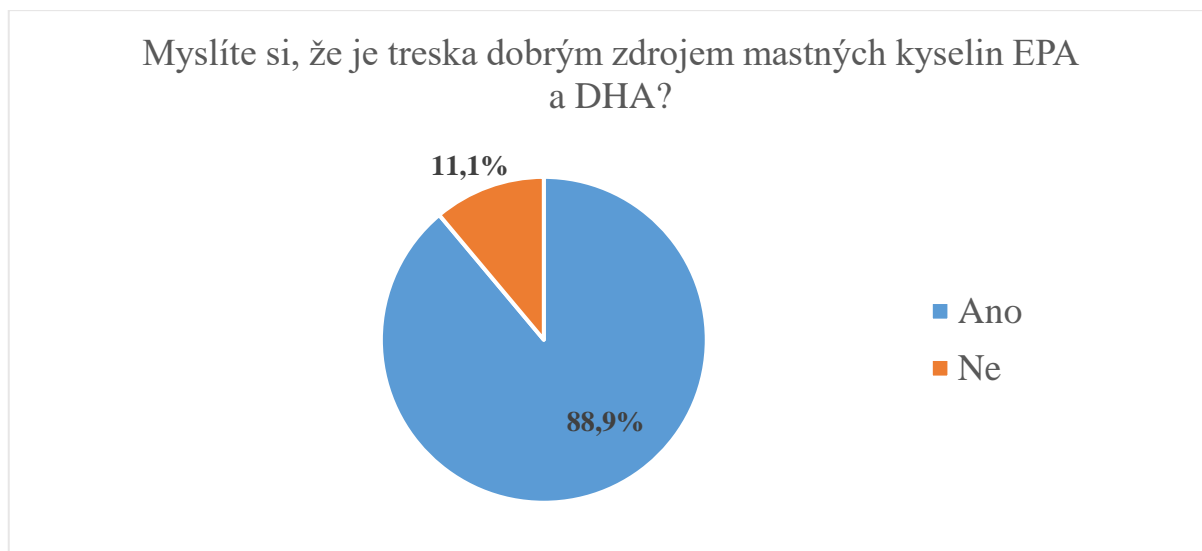
Graf 19: Četnost odpovědí na otázku č. 13

Přes 11 % studentů uvedlo, že sled' není dobrým zdrojem omega-3 mastných kyselin. Respondenti měli většinou pocit, že je málo tučný anebo, že jeho tuk neobsahuje EPA a DHA v dostatečném množství.

Otázka č. 14: *Myslíte si, že je treska dobrým zdrojem mastných kyselin EPA a DHA? Pokud ne, zkuste vysvětlit, proč si to myslíte.*

Tab. 29: Četnost odpovědí na otázku č. 14:

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	790	88,9 %
Ne	99	11,1 %



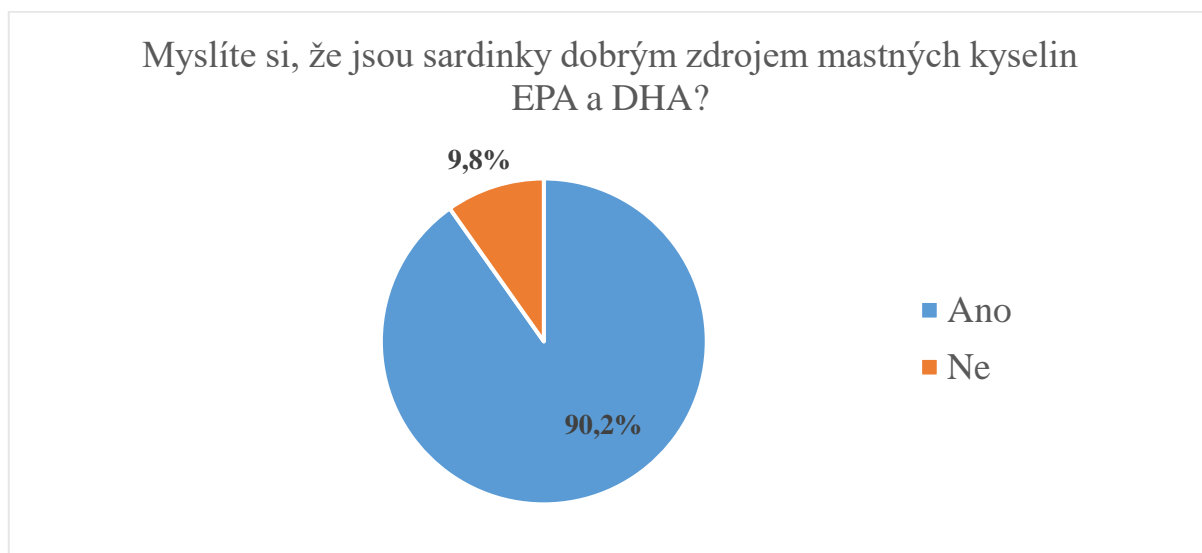
Graf 20: Četnost odpovědí na otázku č. 14

Více než 11 % dotazovaných uvedlo, že treska není dobrým zdrojem omega-3 mastných kyselin. Majorita se domnívala, že tato ryba není dostatečně tučná.

Otázka č. 15: *Myslíte si, že jsou sardinky dobrým zdrojem mastných kyselin EPA a DHA? Pokud ne, zkuste vysvětlit, proč si to myslíte.*

Tab. 30: Četnost odpovědí na otázku č. 15:

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	803	90,2 %
Ne	86	9,8 %



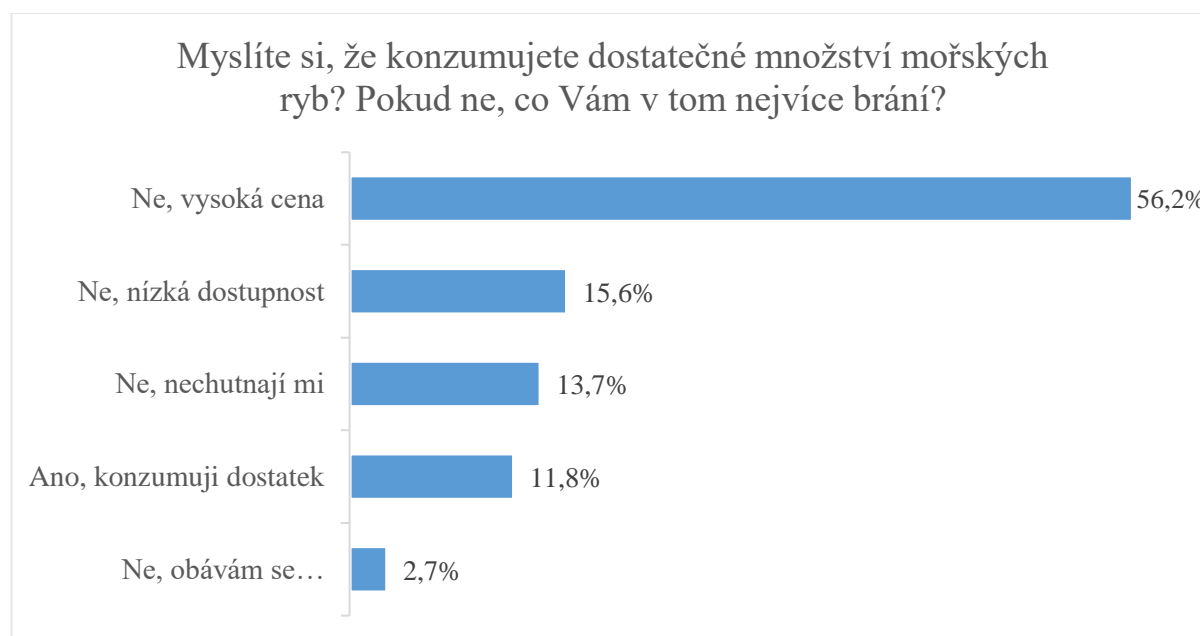
Graf 21: Četnost odpovědí na otázku č. 15

Přibližně 10 % studentů uvedlo, že sardinky nejsou dobrým zdrojem omega-3 mastných kyselin. Respondenti měli dojem, že sardinky neobsahují mnoho tuku, ale také zmiňovali, že se jedná o malé ryby, kterých by museli konzumovat pro dostatečný příjem EPA a DHA značná množství.

Otázka č. 16: *Myslíte si, že konzumujete dostatečné množství mořských ryb? Pokud ne, co Vám v tom nejvíce brání?*

Tab. 31: Četnost odpovědí na otázku č. 16:

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ne, vysoká cena	500	56,2 %
Ne, nízká dostupnost čerstvých ryb	139	15,6 %
Ne, nechutnají mi	122	13,7 %
Ano, konzumuji dostatek	104	11,8 %
Ne, obávám se negativního vlivu na zdraví pramenícího z vyšší konzumace ryb (rtuť, toxiny aj.)	24	2,7 %



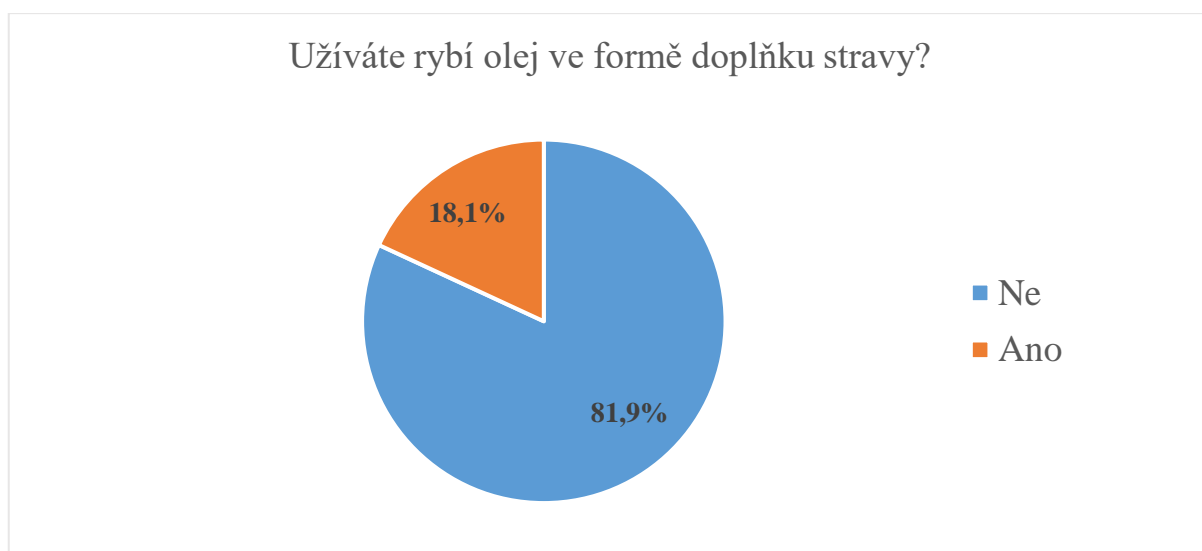
Graf 22: Četnost odpovědí na otázku č. 16

Pouze necelých 12 % respondentů uvedlo, že konzumuje uspokojivé množství mořských ryb. Více než 55 % studentů nekonzumuje ryb dostatek kvůli jejich vysoké ceně. Dotazovaným také vadí nízká dostupnost čerstvých ryb anebo jim tato potravinářská komodita jednoduše nechutná.

Otázka č. 17: *Užíváte rybí olej ve formě doplňku stravy? Pokud ano, napište proč.*

Tab. 32: Četnost odpovědí na otázku č. 17:

Odpověď	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ne	728	81,9 %
Ano	161	18,1 %



Graf 23: Četnost odpovědí na otázku č. 17

Necelá pětina respondentů uvedla, že užívá rybí olej ve formě výživového doplňku. Z nichž většina tak činí, protože má pocit, že běžnou stravou nepřijímá dostatek mořských ryb a tím pádem ani omega-3 mastných kyselin. Studenti jsou přesvědčeni, že toto počínání je žádoucí pro zachování optimálního zdraví. Respondenti také často zmiňovali, že se snaží suplementací rybiho oleje získat dostatek vitamínu D.

5.2 Vyhodnocení dat

5.2.1 Vyhodnocení příjmu EPA a DHA

Příjem EPA a DHA byl u respondenta vyhodnocen jako dostatečný, pokud bylo naplněno některé z následujících tří kritérií:

- a) Užívá rybí olej formou doplňku stravy.
- b) Konzumuje ryby či výrobky z nich 1× týdně, ale zároveň pravidelně konzumuje makrelu, lososa nebo sardinky.
- c) Konzumuje ryby či výrobky z nich alespoň 2× týdně, ale zároveň pravidelně konzumuje makrelu, lososa, sardinky nebo sledě.

Tab. 33: Četnost respondentů, kteří naplnili kritéria dostatečného příjmu EPA+DHA:

Příjem EPA+DHA	Absolutní četnost	Relativní četnost
Dostatečný (a)	161	18,1 %
Dostatečný (b)	167	18,8 %
Dostatečný (c)	54	6,1 %
Dostatečný (celkem)	382	43 %

Tab. 34: Vyhodnocení příjmu EPA+DHA u respondentů:

Příjem EPA+DHA	Absolutní četnost	Relativní četnost
Dostatečný	382	43 %
Nedostatečný	507	57 %

Ze získaných dat bylo vyhodnoceno, že 43 % respondentů splňuje doporučený příjem EPA a DHA dle ustanovení rady Evropského úřadu pro bezpečnost potravin. Naopak u 57 % dotazovaných byl příjem těchto nutrientů označen za nedostatečný.

5.2.2 Statistické vyhodnocení

Tab. 35: Vyhodnocení znalostí zdravotních benefitů EPA a DHA u respondentů:

Znalosti	Absolutní četnost	Relativní četnost
Dostatečné	310	34,9 %
Nedostatečné	579	65,1 %

Přibližně 35 % respondentů dokázalo uspokojivě popsat zdravotní benefity omega-3 nenasycených mastných kyselin EPA a DHA. Zbýlých 65 % dotazovaných v tomto ohledu nemělo adekvátní znalosti.

Testovaná nulová hypotéza H_0 (při 5% hladině významnosti $\alpha = 0,05$):

U studentů neexistuje statisticky významná závislost mezi dietárním příjmem EPA a DHA a znalostmi zdravotních benefitů konzumace EPA a DHA.

Tab. 36: Asociační tabulka pro chí-kvadrátový test (χ^2):

Dostatečný dietární příjem EPA a DHA?	Dostatečné znalosti zdravotních benefitů konzumace EPA a DHA?		Součet
	ANO	NE	
ANO	159	223	382
NE	151	356	507
Součet	310	579	n = 889

Výpočet testovacího kritéria:

$$\chi^2 = \frac{n(ad - bc)^2}{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}$$

$$\chi^2 = \frac{889 \cdot (56\,604 - 33\,673)^2}{(159 + 223) \cdot (151 + 356) \cdot (159 + 151) \cdot (223 + 356)}$$

$$\chi^2 \cong 13,45$$

Výpočet stupňů volnosti:

$$v = (r - 1)(s - 1)$$

$$v = (2 - 1)(2 - 1)$$

$$v = 1$$

Kritická tabulková hodnota pro $\chi^2_{0,05;1} = 3,84$

Je-li $\chi^2 > \chi^2_{\alpha(v)} \Rightarrow$ zamítáme nulovou hypotézu o nezávislosti jevů A a B.

Je-li $\chi^2 \leq \chi^2_{\alpha(v)} \Rightarrow$ nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu o nezávislosti jevů A a B.

$$\chi^2 \geq \chi^2_{0,05;1}$$

$$13,45 > 3,84$$

Jelikož je testovací kritérium větší než kritická tabulková hodnota, zamítáme nulovou hypotézu H_0 .

U studentů proto existuje statisticky významná závislost mezi dietárním příjmem EPA a DHA a znalostmi zdravotních benefitů konzumace EPA a DHA.

Výpočet pro určení síly závislosti:

$$C = \sqrt{\frac{\chi^2}{n + \chi^2}}$$

$$C = \sqrt{\frac{13,45}{889 + 13,45}}$$

$$C \cong 0,122$$

Protože korelační koeficient nabývá kladných hodnot, jedná se o přímou (rostoucí) závislost. Výsledná hodnota se nachází v intervalu $(0; 0,3>$, což znamená, že mezi proměnnými existuje slabá závislost.

6 Diskuze

6.1 Spotřeba a preference mořských ryb

Z průzkumu bylo patrné, že většina vysokoškolských studentů konzumuje mořské ryby či výrobky z nich méně než jednou týdně. Toto zjištění koresponduje s předešlými výzkumy, spolufinancovanými Evropským sociálním fondem, které označily spotřebu mořských ryb v ČR za podprůměrnou (Temesi et al. 2020). Přes 88 % respondentů považuje svou spotřebu mořských ryb za suboptimální a více než polovina respondentů uvedla, že této potravinářské komodity nekonzumuje dostatečné množství především kvůli příliš vysoké ceně ryb. Nicméně vzhledem k tomu, že na dotazník odpovídali pouze studenti, tedy sociální skupina s obecně nižším finančním příjmem, nelze tímto odůvodnit nízkou spotřebu mořských ryb u celkové populace ČR. Zdá se, že vysoká finanční náročnost je studentům tou hlavní překážkou především proto, že téměř polovina z nich zároveň zmínila, že konzumuje výhradně čerstvé mořské ryby, a tudíž výrobky z ryb (které bývají lacinější) běžně nenakupuje. Studenti také považovali za problematickou nízkou dostupnost čerstvých ryb, což označovali za tu druhou nejpalčivější potíž, bránící jim v adekvátní spotřebě ryb. Vzhledem k tomu, že ČR není přímořský stát, můžeme z logiky věci předpokládat, že obstarat stabilní dodávku čerstvých mořských ryb (kvůli jejich krátké údržnosti) je pro tuzemské potravinářské řetězce logisticky a tím i finančně náročný úkol, který zřejmě představuje jednu z hlavních příčin podílejících se na suboptimální spotřebě této nutričně hodnotné potravinářské komodity u obyvatel ČR.

Co se týče preference jednotlivých druhů ryb, tak studenti nejčastěji konzumují tuňáka (téměř 75 % respondentů), což je paradoxně jedna z nejméně tučných mořských ryb, kdy se její tučnost pohybuje v rozmezí 2-5 % celkové hmotnosti (Liu & Ralston 2021). Avšak hlavní zdravotní benefity konzumace mořských ryb se spojují především s dietárním příjmem tučných ryb, které zároveň obsahují i významná množství omega-3 nenasycených mastných kyselin EPA a DHA (Kwasek et al. 2020). Pouze necelých 10 % respondentů však tuňáka nepovažuje za dobrý zdroj omega-3 mastných kyselin. Z čehož vyplývá, že jen velmi málo studentů je obeznámeno s tím, že tuňáci obsahují minimum tuku. Makrelu, která obsahuje nejvyšší koncentrace EPA a DHA ze zkoumaných ryb, konzumuje běžně pouze necelých 35 % studentů, ale většina (91 %) tuto rybu považuje za dobrý zdroj EPA a DHA. Výsledky průzkumu také ukázaly, že respondenti konzumují sledě a sardinky pouze zřídka i přesto, že jsou tyto ryby dobrým zdrojem EPA a DHA (USDA 2023). Zhruba 70 % studentů sardinky běžně nekonzumuje a u sledě tomu bylo dokonce přes 80 %. To může být zapříčiněno tím, že na potravinářském trhu v ČR jsou sledi i sardinky běžně nabízeny pouze v podobě rybích výrobků, které studenti obecně méně upřednostňují. Zajímavé bylo zjištění, že respondenti považovali sledě za nejhorší zdroj EPA a DHA ze všech dotazovaných ryb. Měli dokonce pocit, že typicky netučná mořská ryba, treska, je lepším zdrojem omega-3 mastných kyselin než sledě, který je klasifikován mezi ryby tučné. Nicméně treska koncentruje téměř všechny svůj tuk v játrech. A proto jsou výrobky z tresčích jater kvalitním zdrojem EPA a DHA. Filety z tresky, podobně jako filety z tuňáka, však obsahují omega-3 mastných kyselin jen velmi málo. Více než 70 % respondentů pravidelně konzumuje lososa, což se zdá být nejvíce preferovaná tučná mořská ryba. Hlavním důvodem je pravděpodobně skutečnost, že v potravinářských řetězcích ČR jsou

čerstvé filety z této ryby běžně dostupné. Další příčinou může být to, že respondenti považovali lososa jako nejlepší zdroj EPA a DHA ze všech dotazovaných ryb.

6.2 Znalosti studentů

Obecné znalosti studentů ohledně dieteticky hodnotných živin obsažených v mořských rybách se zdají být dostatečné. Téměř 85 % respondentů považuje ryby za významný zdroj omega-3 nenasycených mastných kyselin, což je také z nutričního hlediska nejdůležitější živina obsažená v této potravinářské komoditě, jejíž deficit se v dnešní době dává do spojitosti s kardiovaskulárními (Abdelhamid et al. 2020), neurologickými (Wysoczański et al. 2016), imunitními (Gutiérrez et al. 2019), ale i oftalmologickými chorobami (Giannaccare et al. 2019). Mořské ryby jsou také bohatým zdrojem jódu. S tím jsou obeznámeny téměř tři čtvrtiny studentů. Avšak tento biogenní prvek není u české populace běžně deficitní, a to od roku 1947, kdy byla zavedena povinná fortifikace kuchyňské soli jódem (Heniková et al. 2021). Zhruba polovina dotazovaných věděla, že jsou mořské ryby zdrojem vitamínu D. Mnoho studentů užívá rybí olej ve formě doplňku stravy primárně z tohoto důvodu. Zde je nutné podotknout, že koncentrace vitamínu D je v rybím tuku velmi variabilní a liší se jak mezidruhově, tak i co se týče jednotlivců stejného druhu. Vystává tak otázka, zda není vhodnější suplementovat tento běžně deficitní nutrient v podobě vitaminového doplňku stravy, u kterého je výrobce povinen přesně deklarovat koncentraci této živiny. Dle výzkumů je u obyvatel ČR suboptimální také příjem selenu (Batáriová et al. 2005). Avšak to, že jsou mořské ryby jeho významným zdrojem, uvedlo pouze necelých 27 % studentů. Možná z toho důvodu, že esencialita selenu pro lidský organismus není u populace tolik v povědomí. Přesto je zapotřebí zmínit, že zvýšený příjem selenu dle rozsáhlé meta-analýzy koreluje s nižším rizikem vzniku rakoviny plic (Cai et al. 2016). Toto nádorové onemocnění bylo totiž roku 2019 třetí nejčastější příčinou úmrtí Čechů (IHME 2023). Více než polovina respondentů označila mořské ryby také jako významný zdroj omega-6 mastných kyselin. Divoké ryby však obsahují nízká množství linolové a arachidonové kyseliny. Jejich značné koncentrace obsahují pouze akvakulturně chované ryby (např. lososi) a to z důvodu odlišné kompozice krmiva (Lundebye et al. 2017).

Nicméně znalosti zdravotních benefitů spojovaných s konzumací omega-3 mastných kyselin EPA a DHA nejsou u studentů uspokojivé. Hypotéza tvrdící, že minimálně 50 % studentů dokáže popsat zdravotní význam vysoce nenasycených mastných kyselin EPA a DHA, nebyla potvrzena. Po vyhodnocení jednotlivých odpovědí na otázku č. 9 bylo zjištěno, že uspokojivě dokázalo popsat zdravotní benefity EPA a DHA pouze necelých 35 % studentů. Nejméně bylo u respondentů v povědomí, že tyto nutrienty přispívají k udržení normálního zraku (tak uvedlo pouze 20 % z nich). Nejenom, že EFSA v minulosti schválil toto zdravotní tvrzení, ale jsou také publikovány studie, které poukazují na protektivní efekt omega-3 mastných kyselin vůči běžným oftalmologickým chorobám (Giannaccare et al. 2019; Pan et al. 2021). Naopak nejvíce studentů považuje EPA a DHA jako důležité pro optimální fungování mozku (67 %). Většina respondentů si také myslí, že přispívají k udržení normálního krevního tlaku (53 %) a že přispívají k optimální funkci imunitního systému (57 %). To, že EPA a DHA přispívají ke správnému vývoji plodu v těhotenství, označilo za správné 41 % respondentů. Všechna tato tvrzení byla schválena Evropským úřadem pro bezpečnost potravin. Jedinou výjimkou je tvrzení ohledně imunitního systému, ke kterému EFSA žádné zdravotní tvrzení

doposud neviduje i přes robustnost vědeckých podkladů (Gutiérrez et al. 2019). Že se v lidském těle z EPA a DHA utváří metabolity s protizánětlivým účinkem ví přibližně 43 % studentů, což není mnoho vzhledem k tomu, že tento fakt je jedním ze stěžejních mechanismů, kterým tyto nutrienty zprostředkovávají svůj prospěšný účinek na různé orgánové soustavy.

Jinými slovy dotazovaní předpokládají, že jsou omega-3 mastné kyseliny zdraví prospěšné, ale většina z nich neví, proč tomu tak je. V tomto ohledu je zapotřebí obyvatelstvo ČR více vzdělávat. Tento problém je však komplexní a k jeho vyřešení by byla zapotřebí určitá reforma vzdělávání. Jedním z hlavních úskalí je totiž absence erudice obyvatelstva v dietetice. Bylo by vhodné zavést na základních školách předmět zabývající se výživou člověka, ve kterém by se děti učily, jaké nutrienty potřebují stravou přijímat k zachování optimálního zdraví. Takovéto preventivní opatření by následně mohlo podstatně snížit celostátní náklady pro zdravotnickou péči. Pokud totiž nebudou Češi adekvátně obeznámeni se zdravotními riziky nedostatečného dietárního příjmu esenciálních živin, tak se tato skutečnost negativně promítne do jejich motivace konzumovat nutričně hodnotné potraviny.

6.3 Příjem mastných kyselin EPA a DHA

Hypotéza tvrdící, že minimálně 60 % studentů splňuje příjem EPA a DHA doporučený Evropským úřadem pro bezpečnost potravin, nebyla potvrzena. Bylo zjištěno, že adekvátní příjem EPA a DHA dle doporučení EFSA splňuje pouze 43 % studentů. Naopak celých 57 % respondentů doporučeného příjmu těchto nutrientů nedosáhlo, což je poměrně značná část testovaného vzorku. Zde je také nutné zmínit, že příjem EPA a DHA byl u studentů porovnáván se spodní hranicí doporučeného příjmu dle rady EFSA, který činí 250 mg EPA+DHA/den. EFSA totiž udává doporučený příjem v rozmezí 250-500 mg EPA+DHA/den. Pokud by byl tedy příjem těchto živin u studentů srovnáván s horní hranicí doporučeného příjmu (tj. 500 mg EPA+DHA/den), nedosáhlo by doporučeného příjmu podstatně více studentů. Dalším vodítkem, které poukazuje na to, že příjem EPA a DHA u studentů není adekvátní, je skutečnost, že téměř 70 % respondentů konzumuje ryby či výrobky z nich méně než 1× týdně. Zároveň přes 88 % dotazovaných považuje svou spotřebu mořských ryb za suboptimální. A přitom pouze 18 % studentů užívá rybí olej formou doplňku stravy.

Nicméně je možné, že metody pro vyhodnocení příjmu EPA a DHA nebyly správně nastavené. U některých respondentů bylo náročné přesně odhadnout příjem omega-3 mastných kyselin. Pokud např. student zmínil, že pravidelně konzumuje makrelu, ale zároveň uvedl, že ryby konzumuje méně než 1× týdně, tak to mohlo znamenat, že konzumuje makrelu 1× za 14 dní (postačující), ale nebo také 1× za měsíc (nepostačující). Značná část (téměř 20 %) studentů totiž uvedla, že konzumuje ryby či výrobky z nich méně než 1× týdně, ale zároveň zmínila, že pravidelně konzumuje makrelu. To, zda byl příjem EPA a DHA u této skupiny dostatečný, nebylo jednoduché určit, ale nakonec byl vyhodnocen jako nepostačující, a to na základě všeobecně nízkého příjmu mořských ryb či výrobků z nich (méně než 1× týdně).

Hypotéza tvrdící, že dietární příjem mastných kyselin EPA a DHA u studentů závisí na znalostech zdravotních benefitů spojených s konzumací těchto nutrientů, byla potvrzena. Jednalo se o slabou přímou závislost ($C = 0,122$). Jinými slovy, pokud byl student dostatečně obeznámen se zdravotními benefity konzumace EPA a DHA, byla u něho také vyšší pravděpodobnost, že se bude snažit přijímat těchto nutrientů dostatek. Nicméně závislost mezi

uvedenými proměnnými je pouze slabá, což znamená, že do tohoto vztahu vstupují i další důležité faktory, které studentům brání v dostatečném příjmu omega-3 mastných kyselin EPA a DHA. Tím nejzásadnějším faktorem se zdají být nedostatečné finanční možnosti studentů (56 %) a nízká dostupnost čerstvých ryb (16 %). Většina z nich totiž preferuje konzumaci čerstvých mořských ryb, které ale považují za drahé. Někteří studenti také ryby či výrobky z nich nekonzumují vůbec, protože jim nechutnají (14 %).

Nutriční intervence formou doplňku stravy, který obsahuje rybí olej či přímo omega-3 mastné kyseliny EPA a DHA, by mohla pro mnohé studenty představovat vhodné alternativní řešení, jež by substituovalo jejich nedostatečný příjem tučných mořských ryb. Takovéto finančně nepřilíš náročné preventivní opatření by následně zabránilo vzniku nutričního deficitu omega-3 mastných kyselin a tím i přidruženým negativním dopadům na zdraví. Studenti s nedostatečnou spotřebou mořských by se také měli zajímat o alternativní dietární zdroje selenu, ale především vitamínu D. Oba tyto nutrienty jsou totiž u české populace spíše nedostatkové (Batáariová et al. 2005; Jakobsen et al. 2019) a mořské ryby jsou jejich významným zdrojem.

6.4 Limitace výzkumu

Největší nevýhodou dotazníkového šetření je možnost značného zkreslení dat ze strany respondentů. Dotazovaní totiž sdělují pouze svůj individuální pohled na jejich chování a mohou se tak pokusit vykreslit v lepším světle a na otázky odpovídat lživě. Také se běžně stává, že dotazník vyplní spíše ti lidé, kteří mají pocit, že k danému tématu mohou něco říct. Pokud oslovený respondent zpravidla nekonzumuje ryby a tuto potravinářskou komoditu nevyhledává, tak je u dotyčného i menší šance, že se takto zaměřenému průzkumu bude věnovat. Stejně tak si nemusí respondenti přesně vzpomenout, jak často určitou potravinu konzumují a svůj příjem poté nezáměrně nadhodnocují či naopak podhodnocují.

Studenti rozdílných vysokých škol mají také odlišné znalosti z biochemie, fyziologie a dietetiky. Je tedy pravděpodobné, že studenti, kteří absolvovali některý z těchto předmětů, mají i více znalostí o zdravotních benefitech spojených s konzumací mořských ryb. Vzhledem k tomu, že byl dotazník distribuován elektronickou formou a nikoliv osobně, není také zcela jisté, zda každý respondent dostatečně pochopil všechny položené otázky.

Výzkum této práce bral v úvahu pouze příjem omega-3 mastných kyselin EPA a DHA z nejběžněji dostupných mořských ryb na potravinářském trhu ČR. I přesto, že jsou tučné mořské ryby tím nejvýznamnějším zdrojem EPA a DHA v lidské stravě (Abbas et al. 2009), je možné tyto esenciální nutrienty získat i z jiných potravinových zdrojů. Jako další alternativní zdroje EPA a DHA se jeví tučné sladkovodní ryby, některé druhy mořských řas (např. *Ulkenia* spp. aj.), jedlý hmyz, případně tučné výrobky z mléka. Nadcházející výzkumy zaměřené na odhad celkového příjmu EPA a DHA u populace by tak měly zahrnout i mapování spotřeby alternativních zdrojů omega-3 mastných kyselin a zjistit tak, do jaké míry se na příjmu těchto významných nutrientů podílí i spotřeba jiných potravinářských komodit.

Budoucí sociologické průzkumy, šetřící spotřebu ryb, by také měly přesněji vymezit otázky týkající se frekvence konzumace. Dále by bylo vhodné zahrnout do výzkumu dotazy, jejichž cílem by bylo lépe odhadnout běžně konzumovanou gramáž porcí u jednotlivých ryb.

7 Závěr

- Z dotazníkového šetření bylo zjištěno, že spotřeba mořských ryb a výrobků z nich je u vysokoškolských studentů nízká. Téměř 70 % z nich konzumuje tuto potravinářskou komoditu méně než 1× týdně. Přes 88 % studentů považuje svou spotřebu mořských ryb za suboptimální.
- Téměř polovina studentů (45 %) konzumuje výhradně čerstvé ryby. Pokud studenti výrobky z ryb konzumují, tak preferují konzervované ryby (31 %), případně mražené rybí polotovary (10 %). Pouze 18 % studentů užívá rybí olej formou doplňku stravy.
- Z mořských ryb studenti nejčastěji konzumují tuňáka (75 %) a lososa (74 %). Makrelu konzumuje pravidelně 35 % respondentů. Sardinky či sardele běžně konzumuje 30 % studentů. Nejméně je konzumován sled' (19 %).
- Studentům v dostatečné spotřebě mořských ryb nejvíce brání jejich vysoká cena (56 %), nízká dostupnost čerstvých ryb (16 %) nebo jim jednoduše nechutnají (14 %).
- Znalosti zdravotních benefitů spojených s konzumací omega-3 mastných kyselin EPA a DHA nebyly u studentů uspokojivé. Hypotéza tvrdící, že minimálně 50 % studentů dokáže popsat zdravotní význam vysoce nenasycených mastných kyselin EPA a DHA, nebyla potvrzena. Uspokojivě totiž dokázalo popsat zdravotní benefity těchto nutrientů pouze necelých 35 % studentů.
- Hypotéza tvrdící, že minimálně 60 % studentů splňuje příjem EPA a DHA doporučený Evropským úřadem pro bezpečnost potravin, nebyla potvrzena. Ukázalo se, že adekvátní příjem EPA a DHA dle doporučení EFSA splňuje pouze 43 % studentů.
- Hypotéza tvrdící, že dietární příjem mastných kyselin EPA a DHA u studentů závisí na znalostech zdravotních benefitů spojených s konzumací těchto nutrientů, byla potvrzena. Mezi těmito proměnnými byla prokázána statisticky významná závislost. Jednalo se o slabou přímou závislost ($C = 0,122$).

8 Literatura

- Aakre I, Bøkevoll A, Chaira J, Bouthir FZ, Frantzen S, Kausland A, Kjellevoid M. 2020. Variation in Nutrient Composition of Seafood from North West Africa: Implications for Food and Nutrition Security. *Foods* **9**(10):1516. DOI: 10.3390/foods9101516.
- Abbas KA, Mohamed A, Jamilah B. 2009. Fatty acids in fish and their nutritional values: A review. *Journal of Food, Agriculture and Environment* **21**(16):5695. DOI:10.3390/ijms21165695.
- Abdelhamid AS, Brown TJ, Brainard JS, Biswas P, Thorpe GC, Moore HJ, Deane KH, Summerbell CD, Worthington HV, Song F, Hooper L. 2020. Omega-3 fatty acids for the primary and secondary prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews* **3**(3):CD003177. DOI: 10.1002/14651858.CD003177.pub5.
- Afonso C, Bernardo I, Bandarra NM, Martins LL, Cardoso C. 2019. The implications of following dietary advice regarding fish consumption frequency and meal size for the benefit (EPA + DHA and Se) versus risk (MeHg) assessment. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* **70**(5):623-637. DOI:10.1080/09637486.2018.1551334.
- Agostoni C, Bresson JL, Fairweather-Tait S, Flynn A, Golly I, Korhonen H, Lagiou P, Løvik M, Marchelli R, Martin A, Moseley B, Neuhäuser-Berthold M, Przyrembel H, Salminen S, Sanz Y, Strain S, Strobel S, Tetens I, Tomé D, Loveren H, Verhagen H. 2012. Scientific opinion on the tolerable upper intake level of eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA) and docosapentaenoic acid (DPA). *EFSA Journal* **10**(7):2815. Available from <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2815> (accessed February 2023).
- Agostoni C, Bresson JL, Fairweather-Tait S, Flynn A, Golly I, Korhonen H, Lagiou P, Løvik M, Marchelli R, Martin A, Moseley B, Neuhäuser-Berthold M, Przyrembel H, Salminen S, Sanz Y, Strain S, Strobel S, Tetens I, Tomé D, Loveren H, Verhagen H. 2010. Scientific opinion on the substantiation of health claims related to vitamin D and normal function of the immune system and inflammatory response, maintenance of normal muscle function and maintenance of normal cardiovascular function. *EFSA Journal* **8**(2):1468. Available from <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/1468> (accessed February 2023).
- Agostoni C, Bresson JL, Fairweather-Tait S, Flynn A, Golly I, Korhonen H, Lagiou P, Løvik M, Marchelli R, Martin A, Moseley B, Neuhäuser-Berthold M, Przyrembel H, Salminen S, Sanz Y, Strain S, Strobel S, Tetens I, Tomé D, Loveren H, Verhagen H. 2012. Scientific opinion on the tolerable upper intake level of vitamin D. *EFSA Journal* **10**(7):2813. Available from <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2813> (accessed February 2023).

- Agostoni C, Canani RB, Fairweather-Tait S, Heinonen M, Korhonen H, La Vieille S, Marchelli R, Martin A, Naska A, Neuhäuser-Berthold M, Nowicka G, Sanz Y, Siani A, Sjödin A, Stern M, Strain S, Tetens I, Tomé D, Turck D, Verhagen H. 2014. Scientific opinion on dietary reference values for iodine. *EFSA Journal* **12**(5):3660. Available from <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/3660> (accessed February 2023).
- Agostoni C, Canani RB, Fairweather-Tait S, Heinonen M, Korhonen H, La Vieille S, Marchelli R, Martin A, Naska A, Neuhäuser-Berthold M, Nowicka G, Sanz Y, Siani A, Sjödin A, Stern M, Strain S, Tetens I, Tomé D, Turck D, Verhagen H. 2014. Scientific opinion on dietary reference values for selenium. *EFSA Journal* **12**(10):3846. Available from <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/3846> (accessed February 2023).
- Avery J, Hoffmann P. 2018. Selenium, Selenoproteins, and Immunity. *Nutrients* **10**(9):1203. DOI:10.3390/nu10091203.
- Azad AM, Frantzen S, Bank MS, Nilsen BM, Duinker A, Madsen L, Maage A. 2018. Effects of geography and species variation on selenium and mercury molar ratios in Northeast Atlantic marine fish communities. *Science of The Total Environment*. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.4.
- Barchielli G, Capperucci A, Tanini D. 2022. The Role of Selenium in Pathologies: An Updated Review. *Antioxidants (Basel)* **11**(2):251. DOI: 10.3390/antiox11020251.
- Barnes S, Chowdhury S, Gatto NM, Fraser GE, Lee GJ. 2021. Omega-3 fatty acids are associated with blood-brain barrier integrity in a healthy aging population. *Brain and Behavior* **11**(8):e2273. DOI: 10.1002/brb3.2273.
- Basit S. 2013. Vitamin D in health and disease: a literature review. *British Journal of Biomedical Science* **70**(4):161–172. DOI: 10.1080/09674845.2013.11669951.
- Batáriová A, Černá M, Spěváčková V, Čejchanová M, Beneš B, Šmíd J. 2005. Whole blood selenium content in healthy adults in the Czech Republic. *Science of The Total Environment* **338**(3):183–188. DOI:10.1016/j.scitotenv.2004.06.024.
- Benford D, Ceccatelli S, Cottrill B, DiNovi M, Dogliotti E, Edler L, Farmer P, Fürst P, Hoogenboom L, Knutsen HK, Haldorsen AKL, Metzler M, Nebbia CS, O’Keeffe M, Rietjens I, Schrenk D, Silano V, Loveren H, Vleminckx C, Wester P. 2012. Scientific opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *EFSA Journal* **10**(12):2985. Available from <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2985> (accessed February 2023).
- Best KP, Gold M, Kennedy D, Martin J, Makrides M. 2016. Omega-3 long-chain PUFA intake during pregnancy and allergic disease outcomes in the offspring: a systematic review and meta-analysis of observational studies and randomized controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition* **103**(1):128–143. DOI:10.3945/ajcn.115.111104.

- Bories G, Brantom P, Barberà JB, Chesson A, Cocconcelli PS, Debsky B, Dierick N, Franklin A, Gropp J, Halle I, Hogstrand C, Knecht J, Leng L, Haldorsen AL, Mantovani A, Mézes M, Nebbia C, Rambeck W, Rychen G, Wright A, Wester P. 2007. Opinion of the Scientific Panel on additives and products or substances used in animal feed (FEEDAP) on the Maximum Residue Limits for canthaxanthin in foodstuffs coming from animals fed with canthaxanthin used as a feed additive in accordance with Council Directive 70/524/EEC. EFSA. Available from <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/507> (accessed February 2023).
- Bresson JL, Burlingame B, Dean T, Fairweather-Tait S, Heinonen M, Hirsch-Ernest KI, Mangelsdorf I, McArdle H, Naska A, Neuhäuser-Berthold M, Nowicka G, Pentieva K, Sanz Y, Siani A, Sjödin A. 2016. Dietary reference values for vitamin D. EFSA Journal **14**(10):4547. Available from <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4547> (accessed February 2023).
- Caballero B, Trugo LC, Finglas PM. 2003. Pages 2404–2509 in Trugo LC, Finglas PM, editors. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, 2nd Edition Volume 4. Academic Press, Oxford.
- Cai X, Wang C, Yu W, Fan W, Wang S, Shen N, Wu P, Li X, Wang F. 2016. Selenium Exposure and Cancer Risk: an Updated Meta-analysis and Meta-regression. Scientific Reports **6**:19213. DOI: 10.1038/srep19213.
- Collette BB. 1999. Mackerels, molecules, and morphology. Available from <https://www.fishbase.se/summary/Thunnus-thynnus.html> (accessed February 2023).
- Collette BB, Nauen CE. 1983. FAO Species Catalogue. Vol. 2. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date.
Available from (accessed February 2023):
<https://www.fishbase.se/summary/Scomber-scombrus.html>;
<https://www.fishbase.se/summary/Katsuwonus-pelamis.html>;
<https://www.fishbase.se/summary/Thunnus-albacares.html>.
- Dighriri IM, Alsubaie AM, Hakami FM, Hamithi DM, Alshekh MM, Khoibrani FA, Dalak FE, Hakami AA, Alsueaadi EH, Alsaawi LS, Alshammari SF, Alqahtani AS, Alawi IA, Aljuaid AA, Tawhari MQ. 2022. Effects of Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Brain Functions: A Systematic Review. Cureus Journal of Medical Science **14**(10):e30091. DOI: 10.7759/cureus.30091.
- DiNicolantonio JJ, O'Keefe J. 2021. The Importance of Maintaining a Low Omega-6/Omega-3 Ratio for Reducing the Risk of Autoimmune Diseases, Asthma, and Allergies. Missouri Medicine. Available from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8504498/> (accessed February 2023).

- DiNicolantonio JJ, O'Keefe JH. 2020. The Importance of Marine Omega-3s for Brain Development and the Prevention and Treatment of Behavior, Mood, and Other Brain Disorders. *Nutrients* **12**(8):2333. DOI: 10.3390/nu12082333.
- Djuricic I, Calder PC. 2021. Beneficial Outcomes of Omega-6 and Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Human Health: An Update for 2021. *Nutrients* **13**(7):2421. DOI: 10.3390/nu13072421.
- Eaton SB, Eaton SB III, Sinclair AJ, Cordain L, Mann NJ. 1998. Dietary Intake of Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids during the Paleolithic. *World Review of Nutrition and Dietetics* **83**:12-23. DOI:10.1159/000059672.
- EFSA. 2023. EU Register of Health Claims. European Commission. Available from <http://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/health-claims/eu-register> (accessed February 2023).
- FAO. 2023. *Clupea harengus* Linnaeus, 1758. Fisheries and Aquaculture Division. Available form <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/2886/en> (accessed February 2023).
- FAO. 2023. *Katsuwonus pelamis* Linnaeus, 1758. Fisheries and Aquaculture Division. Available form <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/2494/en> (accessed February 2023).
- FAO. 2023. *Salmo salar* Linnaeus, 1758. Fisheries and Aquaculture Division. Available form <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/2929/en> (accessed February 2023).
- FAO. 2023. *Sardina pilchardus* Walbaum, 1792. Fisheries and Aquaculture Division. Available form <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/2910/en> (accessed February 2023).
- FAO. 2023. *Scomber scombrus* Linnaeus, 1758. Fisheries and Aquaculture Division. Available form <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/2473/en> (accessed February 2023).
- FAO. 2023. *Thunnus albacares* Bonnaterre, 1788. Fisheries and Aquaculture Division. Available form <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/2497/en> (accessed February 2023).
- FAO. 2023. *Thunnus thynnus* Linnaeus, 1758. Fisheries and Aquaculture Division. Available form <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/3296/en> (accessed February 2023).
- Frimodt J. 1964. *Scandinavian Fishing Year-book: The European Fishing Handbook*. Copenhagen, Denmark.
- Giannaccare G, Pellegrini M, Sebastiani S, Bernabei F, Roda M, Taroni L, Versura P, Campos EC. 2019. Efficacy of Omega-3 Fatty Acid Supplementation for Treatment of Dry Eye Disease: A Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. *Cornea* **38**(5):565-573. DOI: 10.1097/ICO.0000000000001884.

- Gil A, Gil F. 2015. Fish, a Mediterranean source of n-3 PUFA: benefits do not justify limiting consumption. *British Journal of Nutrition* **113**(S2):58-67. DOI: 10.1017/s0007114514003742.
- Gutiérrez S, Svahn SL, Johansson ME. 2019. Effects of Omega-3 Fatty Acids on Immune Cells. *International Journal of Molecular Sciences* **20**(20):5028. DOI:10.3390/ijms20205028.
- Ha E, Basu N, Bose-O'Reilly S, Dórea JG, McSorley E, Sakamoto M, Chan HM. 2017. Current progress on understanding the impact of mercury on human health. *Environmental Research* **152**:419–433. DOI: 10.1016/j.envres.2016.06.042.
- Hahn J, Cook NR, Alexander EK, Friedman S, Walter J, Bubes V, Kotler G, Lee IM, Manson JE, Costenbader KH. 2022. Vitamin D and marine omega 3 fatty acid supplementation and incident autoimmune disease: VITAL randomized controlled trial. *British Medical Journal* **376**:e066452. DOI: 10.1136/bmj-2021-066452.
- Hatch-McChesney A, Lieberman HR. 2022. Iodine and Iodine Deficiency: A Comprehensive Review of a Re-Emerging Issue. *Nutrients* **14**(17):3474. DOI: 10.3390/nu14173474.
- Healy-Stoffel M, Levant B. 2018. N-3 (Omega-3) Fatty Acids: Effects on Brain Dopamine Systems and Potential Role in the Etiology and Treatment of Neuropsychiatric Disorders. *CNS and Neurological Disorders – Drug Targets* **17**(3):216-232. DOI: 10.2174/1871527317666180412153612.
- Heniková M, Selinger E, Manišová R. 2021. Iodine-containing food supplements available on the Czech market. *Časopis lékařů českých* **160**(6):249-254.
- Holick MF, Chen TC. 2008. Vitamin D deficiency: a worldwide problem with health consequences. *The American Journal of Clinical Nutrition* **87**(4):1080–1086. DOI: 10.1093/ajcn/87.4.1080s
- Hosomi R, Yoshida M, Fukunaga K. 2012. Seafood Consumption and Components for Health. *Global Journal of Health Science* **4**(3):72-86. DOI: 10.5539/gjhs.v4n3p72.
- Hu XF, Chan HM. 2020. Seafood Consumption and Its Contribution to Nutrients Intake among Canadians in 2004 and 2015. *Nutrients* **13**(1):77. DOI: 10.3390/nu13010077.
- Charoenngam N, Holick MF. 2020. Immunologic Effects of Vitamin D on Human Health and Disease. *Nutrients* **12**(7):2097. DOI: 10.3390/nu12072097.
- IHME – The institute for Health Metrics and Evaluation. 2023. Available from <https://www.healthdata.org/czech-republic> (accessed February 2023).
- Jacques C, Levy E, Muckle G, Jacobson SW, Bastien C, Dewailly E, Ayotte P, Jacobson JL, Saint-Amour D. 2011. Long-Term Effects of Prenatal Omega-3 Fatty Acid Intake

on Visual Function in School-Age Children. *The Journal of Pediatrics* **158**(1):83-90. DOI: 10.1016/j.jpeds.2010.06.056.

Jakobsen J, Smith C, Bysted A, Cashman KD. 2019. Vitamin D in Wild and Farmed Atlantic Salmon (*Salmo Salar*) - What Do We Know? *Nutrients* **11**(5):982. DOI:10.3390/nu11050982.

Jones M. 2009. FAO. *Salmo salar*. In cultured aquatic species fact sheets. Available from https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/salmo_salar/en (accessed March 2023).

Kieliszek M. 2019. Selenium-Fascinating Microelement, Properties and Sources in Food. *Molecules* **24**(7):1298. DOI: 10.3390/molecules24071298.

Kieliszek M, Bano I, Zare H. 2021. A Comprehensive Review on Selenium and Its Effects on Human Health and Distribution in Middle Eastern Countries. *Biological Trace Element Research* **200**(3):971-987. DOI:10.1007/s12011-021-02716-z.

Kvíčala J, Zamrazil V, Čerovská J, Bednář J, Janda J. 1995. Evaluation of selenium supply and status of inhabitants in three selected rural and urban regions of the Czech Republic. *Biological Trace Element Research* **47**(1-3):365–375. DOI: 10.1007/bf02790139.

Kwasek K, Thorne-Lyman AL, Phillips M. 2020. Can human nutrition be improved through better fish feeding practices? A review paper. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **60**(22):3822-3835. DOI:10.1080/10408398.2019.1708698.

Larsen R, Eilertsen K-E, Elvevoll EO. 2011. Health benefits of marine foods and ingredients. *Biotechnology Advances* **29**(5):508–518. DOI:10.1016/j.biotechadv.2011.05.

Liao Y, Xie B, Zhang H, He Q, Guo L, Subramanieapillai M, Fan B, Lu C, McIntyre RS. 2019. Efficacy of omega-3 PUFAs in depression: A meta-analysis. *Translational Psychiatry* **9**(1):190. DOI: 10.1038/s41398-019-0515-5.

Liu C, Ralston NVC. 2021. Seafood and health: What you need to know? *Advances in Food and Nutrition Research* **97**:275–318. DOI: 10.1016/bs.afnr.2021.04.001.

Lundebye A-K, Lock E-J, Rasinger JD, Nøstbakken OJ, Hannisdal R, Karlsbakk E, Wennevik V, Madhun AS, Madsen L, Graff IE, Ørnstrud R. 2017. Lower levels of Persistent Organic Pollutants, metals and the marine omega 3-fatty acid DHA in farmed compared to wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Environmental Research* **155**:49-59. DOI: 10.1016/j.envres.2017.01.026.

Lunn J, Theobald HE. 2006. The health effects of dietary unsaturated fatty acids. *Nutrition Bulletin* **31**(3):178–224. DOI: 10.1111/j.1467-3010.2006.00571.x.

Mehouel F, Bouayad L, Hammoudi AH, Ayadi O, Regad F. 2019. Evaluation of the heavy metals (mercury, lead, and cadmium) contamination of sardine (*Sardina pilchardus*)

- and swordfish (*Xiphias gladius*) fished in three Algerian coasts. *Veterinary World* **12**(1):7–11. DOI:10.14202/vetworld.2019.7-11.
- Nøstbakken OJ, Rasinger JD, Hannisdal R, Sanden M, Frøyland L, Duinker A, Frantzen S, Dahl LM, Lundebye A-K, Madsen L. 2021. Levels of omega 3 fatty acids, vitamin D, dioxins and dioxin-like PCBs in oily fish; a new perspective on the reporting of nutrient and contaminant data for risk–benefit assessments of oily seafood. *Environment International* **147**:106322. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106322.
- Oseeva M, Paluchova V, Zacek P, Janovska P, Mracek T, Rossmeisl M, Hamplova D, Cadova N, Stohanzlova I, Flachs P, Kopecky J, Kuda O. 2019. Omega-3 index in the Czech Republic: no difference between urban and rural populations. *Chemistry and Physics of Lipids* **220**:23-27. DOI: 10.1016/j.chemphyslip.2019.02.
- Özogul Y, Özogul F, Çiçek E, Polat A, Kuley E. 2009. Fat content and fatty acid compositions of 34 marine water fish species from the Mediterranean Sea. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* **60**(6): 464–475. DOI:10.1080/09637480701838175.
- Page LM, Burr BM. 2011. A field guide to freshwater fishes of North America north of Mexico. Available from <https://www.fishbase.se/summary/Salmo-salar.html> (accessed February 2023).
- Pan M, Zhao F, Xie B, Wu H, Zhang S, Ye C, Guan Z, Kang L, Zhang Y, Zhou X, Lei Y, Wang Q, Wang L, Yang F, Zhao C, Qu J, Zhou X. 2021. Dietary ω -3 polyunsaturated fatty acids are protective for myopia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA* **118**(43):e2104689118. DOI: 10.1073/pnas.2104689118.
- Querques G, Forte R, Souied EH. 2011. Retina and Omega-3. *Journal of Nutrition and Metabolism* 2011(5): 1–12. DOI:10.1155/2011/748361.
- Rodrigues ET, Coelho JP, Pereira E, Pardal MA. 2023. Are mercury levels in fishery products appropriate to ensure low risk to high fish-consumption populations? *Marine Pollution Bulletin* **186**:114464. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2022.114464.
- Saini RK, Keum Y-S. 2018. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: Dietary sources, metabolism, and significance – A review. *Life Sciences* 203:255–267. DOI: 10.1016/j.lfs.2018.04.049.
- Shahidi F, Ambigaipalan P. 2015. Novel functional food ingredients from marine sources. *Current Opinion in Food Science* **2**:123–129. DOI: 10.1016/j.cofs.2014.12.009.
- Shreenath AP, Ameer MA, Dooley J. 2022. Selenium Deficiency. Available from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482260/> (accessed February 2023).

- Simopoulos AP. 2008. The Importance of the Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio in Cardiovascular Disease and Other Chronic Diseases. *Experimental Biology and Medicine* **233**(6):674–688. DOI: 10.3181/0711-mr-311.
- Sprague M, Chau TC, Givens DI. 2021. Iodine Content of Wild and Farmed Seafood and Its Estimated Contribution to UK Dietary Iodine Intake. *Nutrients* **14**(1):195. DOI: 10.3390/nu14010195.
- Štřítecká H, Hlubík P, Nováková J. 2009. Serum selenium status in a group of 386 volunteers from the Czech Republic Rescue Fire Brigades. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism* **2**:133–138. DOI: 10.1007/s12349-009-0049-0.
- Su KP, Tseng PT, Lin PY, Okubo R, Chen TY, Chen YW, Matsuoka YJ. 2018. Association of Use of Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids With Changes in Severity of Anxiety Symptoms: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Network Open* **1**(5):e182327. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2018.2327.
- Sugano M, Hirahara F. 2000. Polyunsaturated fatty acids in the food chain in Japan. *The American Journal of Clinical Nutrition* **71**(1):189–196. DOI: 10.1093/ajcn/71.1.189s.
- Štefánek J. 2011. *Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK*. Available from <http://www.stefajir.cz/struma> (accessed February 2023).
- Temesi A, Birch D, Plasek B, Eren BA, Lakner Z. 2020. Perceived Risk of Fish Consumption in a Low Fish Consumption Country. *Foods* **9**(9):1284. DOI: 10.3390/foods9091284.
- Tocher DR. 2003. Metabolism and Functions of Lipids and Fatty Acids in Teleost Fish. *Reviews in Fisheries Science* **11**(2):107–184. DOI: 10.1080/713610925.
- Turck D, Bohn T, Castenmiller J, De Henauw S, Hirsch-Ernst KI, Knutsen HK, Maciuk A, Mangelsdorf I, McArdle HJ, Naska A, Peláez C, Pentieva K, Siani A, Thies F, Tsabouri A, Vinceti M. 2023. Scientific opinion on the tolerable upper intake level for selenium. *EFSA Journal* **21**(1):7704. Available from <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/7704> (accessed February 2023).
- U.S. Department of Agriculture. 2023. Food Data central: Fish oil, sardine. Available from <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/173578/nutrients> (accessed February 2023).
- U.S. Department of Agriculture. 2023. Food Data central: Fish, herring, Atlantic, raw. Available from <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/175116/nutrients> (accessed February 2023).
- U.S. Department of Agriculture. 2023. Food Data central: Fish, mackerel, Atlantic, raw. Available from <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/175119/nutrients> (accessed February 2023).

- U.S. Department of Agriculture. 2023. Food Data central: Fish, salmon, Atlantic, farmed, raw. Available from <http://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/175167/nutrients> (accessed February 2023).
- U.S. Department of Agriculture. 2023. Food Data central: Fish, salmon, Atlantic, wild, raw. Available from <http://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/173686/nutrients> (accessed February 2023).
- U.S. Department of Agriculture. 2023. Food Data central: Fish, tuna, fresh, skipjack, raw. Available from <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/175156/nutrients> (accessed February 2023).
- U.S. Department of Agriculture. 2023. Food Data central: Fish, tuna, fresh, yellowfin, raw. Available from <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/175159/nutrients> (accessed February 2023).
- Wang Y, Zhu J, DeLuca HF. 2012. Where is the vitamin D receptor? *Archives of Biochemistry and Biophysics* **523**(1):123–133. DOI: 10.1016/j.abb.2012.04.001.
- Watanabe Y, Tatsuno I. 2019. Prevention of Cardiovascular Events with Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and the Mechanism Involved. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis* **27**(3):183-198. DOI:10.5551/jat.50658.
- Whitehead PJP. 1985. *FAO Species Catalogue. Vol. 7. Clupeoid fishes of the world (suborder Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings.* Available from <https://www.fishbase.se/summary/Sardina-pilchardus.html>; <https://www.fishbase.se/summary/Clupea-harengus.html> (accessed February 2023).
- Winder M, Kosztyła Z, Boral A, Kocelak P, Chudek J. 2022. The Impact of Iodine Concentration Disorders on Health and Cancer. *Nutrients* **14**(11):2209. DOI: 10.3390/nu14112209.
- Wysoczański T, Sokoła-Wysoczańska E, Pękala J, Lochyński S, Czyż K, Bodkowski R, Herbinger G, Patkowska-Sokoła B, Librowski T. 2016. Omega-3 Fatty Acids and their Role in Central Nervous System – A Review. *Current Medicinal Chemistry* **23**(8):816-31. DOI: 10.2174/0929867323666160122114439.
- Xiang S, Dai Z, Man C, Fan Y. 2020. Circulating Selenium and Cardiovascular or All-Cause Mortality in the General Population: a Meta-Analysis. *Biological Trace Element Research* **195**(1):55-62. DOI: 10.1007/s12011-019-01847-8.
- Xie F, Huang T, Lou D, Fu R, Ni C, Hong J, Ruan L. 2022. Effect of vitamin D supplementation on the incidence and prognosis of depression: An updated meta-analysis based on randomized controlled trials. *Frontiers in Public Health* **10**:903547. DOI: 10.3389/fpubh.2022.903547.

- Zhang X, Ritonja JA, Zhou N, Chen BE, Li X. 2022. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids Intake and Blood Pressure: A Dose-Response Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of American Heart Association* **11**(11):e025071. DOI: 10.1161/JAHA.121.025071.
- Zhu Z, Zhu X, Gu L, Zhan Y, Chen L, Li X. 2022. Association Between Vitamin D and Influenza: Meta-Analysis and Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Frontiers in Nutrition* **8**:799709. DOI: 10.3389/fnut.2021.799709.
- Zmijewski MA. 2019. Vitamin D and Human Health. *International Journal of Molecular Sciences* **20**(1):145. DOI: 10.3390/ijms20010145.
- Zuo Y, Li Y, Gu X, Lei Z. 2021. The correlation between selenium levels and autoimmune thyroid disease: a systematic review and meta-analysis. *Annals of Palliative Medicine* **10**(4):4398-4408. DOI: 10.21037/apm-21-449.

9 Seznam použitých zkratk a symbolů

ALA – Kyselina α -linolenová

DHA – Kyselina dokosahexaenová

DPA – Kyselina dokosapentaenová

EFSA – Evropský úřad pro bezpečnost potravin (European Food Safety Authority)

EPA – Kyselina eikosapentaenová

FAO – Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů (Food and Agriculture Organization of the United Nations)

IU – Mezinárodní jednotka (International unit)

MUFA – Mononenasyčené mastné kyseliny (Monounsaturated fatty acids)

n-3 – Nenasycené mastné kyseliny řady omega-3

n-6 – Nenasycené mastné kyseliny řady omega-6

PUFA – Polynenasycené mastné kyseliny (Polyunsaturated fatty acids)

SFA – Nasycené mastné kyseliny (Saturated fatty acids)

USDA – Americké ministerstvo zemědělství (The United States Department of Agriculture)

VDR – Receptor pro vitamin D