

Obsah polynenasycených mastných kyselin v řasách a jejich vliv na lidské zdraví

Adéla Vránová

Bakalářská práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Adéla Vránová**

Osobní číslo: **T150165**

Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Technologie a řízení v gastronomii**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Obsah polynenasycených mastných kyselin v řasách a jejich vliv na lidské zdraví**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Formou literární rešerše zpracujte charakteristiku řas.
2. Popište lipidové složení řas.
3. Charakterizujte mastné kyseliny.
4. Popište vliv polynenasycených mastných kyselin na lidské zdraví.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1]COLLA, M. Luciane, BERTOLIN, E. Telma a COSTA, V. A. Jorge. Fatty acids profile of *Spirulina platensis* grown under different temperatures and nitrogen concentrations. *Zeitschrift für Naturforschung C* [online]. 2004, 59(1-2), 55-59 cit. 2014-04-07]. ISSN 0939-5075. Dostupné z: <http://www.znaturforsch.com/ac/v59c/s59c0055.pdf>.

[2]MIŠURCOVÁ, Ladislava, AMBROŽOVÁ, Jarmila a SAMEK, Dušan. Seaweed Lipids as Nutraceuticals. In: KIM, Se-Kwon, *Advances in Food and Nutrition Research, Marine Medicinal Foods: Implications and Applications, Macro and Microalgae*. Amsterdam: Academic Press, 2011, s. 339-355. ISBN 978-0-12-387669-0.

[3]PETKOV, Georgi a GARCIA, Guillermo. Which are fatty acids of the green alga *Chlorella*? *Biochemical Systematics and Ecology* [online]. 2007, 35(5), 281-285 [cit. 2013-12-11]. ISSN 0305-1978. Dostupné z: <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.bse.2006.10.017>.

[4]FLEURENCE, Jöel et al. Fatty acids from 11 marine macroalgae of the the French Brittany coast. *Journal of Applied Phycology* [online]. 1994, 6(5-6), 527-532 [cit. 2013-12-09]. ISSN 1573-5176. Dostupné z: <http://dx.doi.org/doi:10.1007/BF02182406>.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ladislava Mišurcová, Ph.D.

Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

20. ledna 2016

Termín odevzdání bakalářské práce:

6. května 2016

Ve Zlíně dne 20. ledna 2016

doc. Ing. František Buňka, Ph.D.

děkan



Ing. Jiří Miček, Ph.D.

ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 18. 05. 2016

Podpis studenta

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Řasy jsou velmi významným zdrojem polynenasycených mastných kyselin. Tyto kyseliny jsou významné pro lidský vývoj. V bakalářské práci jsem se zabývala obsahem polynenasycených mastných kyselin v řasách a jejich vlivem na lidské zdraví.

Klíčová slova: řasy, mastné kyseliny, polynenasycené mastné kyseliny

ABSTRACT

Algae are a very important source of polyunsaturated fatty acids. These acids are important for human development. In the bachelor thesis I dealt with the content of polyunsaturated fatty acids in algae and their impact on human health.

Keywords: algae, fatty acids, polyunsaturated fatty acids

Ráda bych poděkovala své vedoucí bakalářské práce, Ing. Ladislavě Mišurcové, Ph.D. za vstřícnost, užitečnou pomoc, cenné informace a připomínky v průběhu zpracování bakalářské práce a rovněž svým přátelům a své rodině za podporu a trpělivost.

„Proti hlouposti se bojovat musí, ale vyhrát se nedá!“ Jan Werich

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 18. 05. 2016



.....
Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 SINICE (CYANOBACTERIA).....	12
1.1 STAVBA SINIC.....	12
1.2 ROZMNOŽOVÁNÍ SINIC	13
1.3 SYSTÉM SINIC	13
1.3.1 <i>Arthrospira platensis (Spirulina platensis)</i>	14
2 ŘASY	15
2.1 STAVBA ŘAS.....	15
2.2 ROZMNOŽOVÁNÍ ŘAS.....	16
2.3 SYSTÉM ŘAS	16
2.4 RHODOPHYTA – RUDUCHY	17
2.4.1 <i>Porphyra tenera</i> – Nori.....	18
2.5 CHROMOPHYTA – HNĚDÉ ŘASY.....	18
2.5.1 <i>Laminaria japonica</i> – Kombu.....	19
2.5.2 <i>Eisenia bicyclis</i> – Arame.....	19
2.5.3 <i>Undaria pinnatifida</i> – Wakame	20
2.6 CHLOROPHYTA – ZELENÉ ŘASY	20
2.6.1 <i>Chlorella pyrenoidosa</i> - Chlorela.....	21
2.7 CHEMICKÉ SLOŽENÍ.....	22
3 LIPIDY	23
3.1 DĚLENÍ LIPIDŮ.....	23
3.2 MASTNÉ KYSELINY	23
3.2.1 Nasycené mastné kyseliny	24
3.2.2 Nenasycené mastné kyseliny.....	24
3.2.2.1 Mononenasycené mastné kyseliny.....	25
3.2.2.2 Polynenasycené mastné kyseliny.....	25
3.3 CIS A TRANS-NENASYCENÉ MASTNÉ KYSELINY	27
3.4 LIPIDOVÉ SLOŽENÍ ŘAS	28
3.4.1 Polynenasycené mastné kyseliny v řasách.....	28
3.4.2 Syntéza mastných kyselin v řasách.....	30
3.4.2.1 Syntéza kyseliny eikosanpentaneové (EPA).....	31
4 VLIV POLYENASYCENÝCH MASTNÝCH KYSELIN NA LIDSKÉ ZDRAVÍ.....	32
4.1 EIKOSANOIDY.....	35
4.1.1 Prostanoidy.....	35
4.1.2 Leukotrieny	36
4.2 VLIV EIKOSANOIDŮ NA VYBRANÉ PSYCHICKÉ PORUCHY	36
4.2.1 ADHD a ostatní poruchy psychického stavu v dětství a dospívání	36
4.2.2 Poruchy funkcí kognitivních, Alzheimerova choroba a jiné demence.....	36
4.2.3 Deprese.....	37

4.3	KARDIOVASKULÁRNÍ ONEMOCNĚNÍ	37
4.3.1	Ateroskleróza – kornatění tepen.....	37
4.4	NÁDOROVÁ ONEMOCNĚNÍ	38
4.5	DIABETES MELLITUS.....	38
4.6	IMUNITNÍ SYSTÉM.....	39
4.6.1	Zánět.....	39
4.6.2	Regulace horečky a bolesti.....	39
	ZÁVĚR	40
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	41
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	49
	SEZNAM OBRÁZKŮ	51
	SEZNAM TABULEK.....	52

ÚVOD

Sinice a řasy se řadí k vývojově nejstarším a nejjednodušším organismům na světě. Mohou být jednobuněčné i mnohobuněčné. Mají různorodou velikost, od mikroskopických, až po makroskopické, několik metrů dlouhé stélky. Jejich odolnost je velmi vysoká, tudíž dokáží žít téměř ve všech biotopech. Jsou to převážně vodní organizmy, ale vyskytují se i na souši, v polárních oblastech a dokonce i v termálních pramenech.

Sinice a řasy se používají k obživě lidské populace již několik století. První zmínka o použití řas je z Číny, kdy asi 2000 tisíce let př. n. l. pomohly přežít hladomor. Ve 4. – 6. století n. l. se v asijských zemích, především v Japonsku a Číně, začaly z makroskopických řas připravovat pokrmy. Dnes patří Čína a Japonsko k největším konzumentům. Řasy se používají k přípravě tradičních pokrmů jako např. sushi, polévky, saláty a pomazánky. Jsou obživou pro živočichy, především mlže (ústřice), ryby, ale přidávají se do i do komerčních krmiv pro skot, prasata, drůbež, kdy velice malé množství stimuluje imunitní systém hospodářských zvířat.

Sinice a řasy slouží k různým potřebám lidstva. Ve 20. století začal rozvoj pěstování mikroskopických řas pro výkrm ryb, měkkýšů a korýšů v akvakulturách, dále se začaly rozvíjet technologie velkoobjemové kultivace. Sinice a řasy se využívají k čištění odpadních vod s následnou přeměnou biomasy na metan. Vyrábí se z nich potravinové doplňky, které jsou bohatým zdrojem proteinů, omega-3 a omega-6 nenasycených mastných kyselin, β -karotenu. Obsahují antibiotika, která pomáhají při hojení ran. Jejich pigmenty jsou hojně využívány v potravinářství. V přímořských státech jsou tradičně využívány jako hnojivo. Zlepšují vlastnosti půdy tím, že dokáží vázat vodu, minerální látky a vzdušný dusík. Anaerobní fermentací řas ve fermentorech se může vyrábět bioplyn.

Ekonomicky nejdůležitější látky řas jsou agar, algináty a karagenany. Používají se především v potravinářství (dokáží na sebe stabilně vázat 200 – 300 násobek vody) jako stabilizátory, zahušťovadla, na výrobu gelů a rosolů, jako kultivační média v mikrobiologii, ve farmacii, kde se např. algináty využívají při hojení hlubokých ran, kdy se při kontaktu se sekretem tvoří gel, který v sobě uzavírá hnis, odumřelé buňky, bakterie.

Sinice a řasy jsou hodnotným zdrojem nutričních látek, zejména bílkovin, sacharidů a lipidů. Mají vysoký obsah minerálních látek a některých vitamínů. Díky fotosyntetickým barvivům u nich probíhá fotosyntéza.

Lipidy v sinicích a řasách jsou velmi ceněné pro vysoký podíl polynenasycených mastných kyselin, včetně esenciálních omega-3 a omega-6 mastných kyselin. Sinice a řasy mají vyšší obsah omega-3 mastných kyselin. Dnešní populace přijímá velmi vysoký podíl omega-6 mastných kyselin vůči omega-3 mastným kyselinám, což má za následek špatný vliv na lidské zdraví, jako vysoká úmrtnost na kardiovaskulární choroby, alergie, autoimunitní poruchy, nádorová a některá psychická onemocnění. Sinice a řasy jsou považovány za jeden z hlavních zdrojů těchto mastných kyselin.

Ve své bakalářské práci jsem se zabývala obsahem polynenasycených mastných kyselin a jejich vlivem na lidské zdraví.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SINICE (*CYANOBACTERIA*)

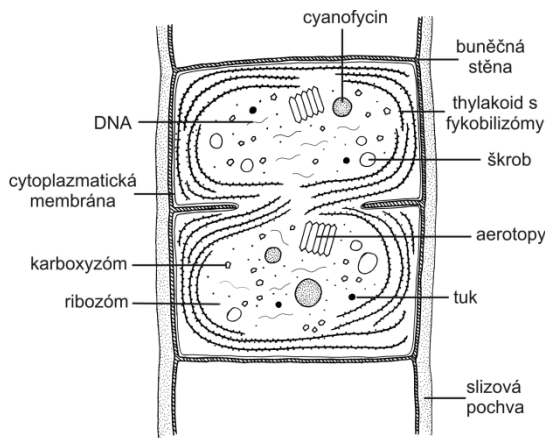
Sinice (z řeckého *cyanos* = modrý) jsou mikroskopické, velmi jednoduché fotoautotrofní prokaryotické organizmy. Vyskytují se jako jednotlivé buňky, kolonie nebo vlákna. Jejich stáří se datuje až na 3,5 miliardy let. Dokáží žít téměř ve všech biotopech (sladkovodní, mořské, suchozemské). Předpokládá se, že se vyvinuly z anaerobních fotosyntetizujících bakterií. Mají velmi problematickou taxonomii (doposud neexistuje rozumná definice druhů). Chybí důkladný floristický průzkum v oblasti tropů. Je popsáno přibližně 320 rodů s 2700 druhy. [1, 2]

1.1 Stavba sinic

Stavba je velmi jednoduchá, její velikost se pohybuje obvykle 1 – 10 μm . Jako prokaryotická buňka je bezjaderná, bez mitochondrií, vakuol, endoplazmatického retikula, Golgiho aparátu, atd. Nejvýraznějším útvarem buňky jsou thylakoidy (ploché váčky s fotosyntetickým aparátem), jejich membrána obsahuje chlorofyl a, α – karoten, β – karoten, xantofyly a na povrchu thylakoidu se nacházejí drobné útvary, fykobilizómy, které obsahují fykobili-ny, což jsou pigmenty, díky kterým sinice může fotosyntetizovat i při velmi nízké hladině osvětlení. Poměry červeného a modrého pigmentu určují charakteristickou barvu. Sinice produkují mnoho druhotných metabolitů jako např. hormony, vitamíny, antibiotika, enzymy a toxiny (cyanotoxiny). [1, 2] Mezi zásobní látky patří sinicový škrob (α -1,4-glukan), volutin (polyfosfátové granule), cyanofycinová zrna (zásobní polypeptidy specifické pro sinice). [3]

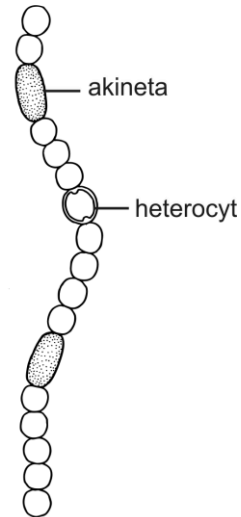
Struktury specifické pouze pro sinice:

- Aerotopy – válcovité struktury ve tvaru mnohostěnu, s vysokým počtem výskytu v buňce. Jejich stěna je složená z glykoproteinů, které jsou propustné pro plyny. Aerotopy přes stěnu čerpají plyny, které jsou rozpuštěné ve vodě a díky nim dokáží sinice stoupat ve vodním sloupci až k hladině.
- Heterocyty – tlustostěnné nezelené buňky, které vznikají z buněk vegetativních. Dochází v nich k fixaci vzdušného dusíku za účasti enzymu nitrogenázy. Vzniklý amoniak, resp. amonné soli, jsou transportovány do vedlejších buněk.
- Akinety (artrospory) – vznikají z jedné nebo více vegetativních buněk, kdy slouží k přežití nepříznivých podmínek. [1, 2]



Cyanobacteria - stavba buňky. © Markéta Krautová

Obr. 1. Stavba buňky sinice [4]

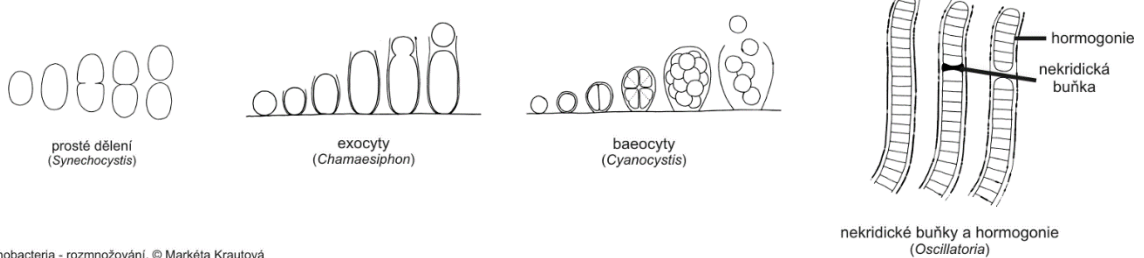


Cyanobacteria - specializované buňky. © Markéta Krautová

Obr. 2. Stavba buňky sinice [4]

1.2 Rozmnožování sinic

Sinice se rozmnožují prostým dělením buněk, ale i fragmentací stélky. U jednobuněčných typů vznikají vícenásobným dělením protoplastu beocytů (exospory). U vláknitých typů se tvoří hormogonie, několikabuněčné úseky, které se uvolňují ven z pochvy. [2, 3]



Cyanobacteria - rozmnožování. © Markéta Krautová

Obr. 3. Rozmnožování sinic [5]

1.3 Systém sinic

Impérium: *PROKARYOTA*

Říše: *Bacteria*

Oddělení: *Cyanobacteria - sinice*

Třída: Sinice mají pouze jednu třídu *Cyanophyceae*

Řád: sinice se dělí do čtyř řádů *Chroococcales*, *Nostocales*, *Stigonematales* a *Oscillatoriales*

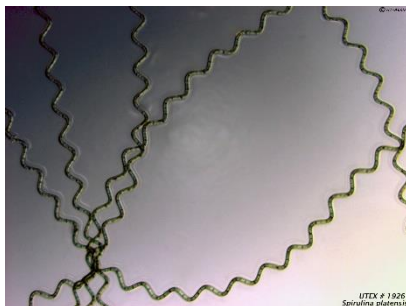
Řád: *Oscillatoriales* [3]

Rod: *Spirulina*

Druh: *Spirulina platensis* [2]

1.3.1 *Arthrospira platensis* (*Spirulina platensis*)

Arthrospira je zelenomodrá sinice, která se může vyskytovat v rozdílných biotopech jak v půdě, močálech, písku, mořské a sladké vodě, v tropických jezerech s vysokým pH a vysokým obsahem uhličitánů a hydrogenuhličitánů, tak i v horkých pramenech. Vykazuje vynikající adaptační schopnosti přizpůsobit se rozdílným podmínkám. Její buňky mají tvar levotočivé spirály dlouhé až 0,5 mm. *Arthrospira* je hojně využívána v lidské výživě díky významné nutriční hodnotě, vysokému obsahu bílkovin (55 – 70 % v sušině, v závislosti na podmínkách růstu, obsahuje všechny esenciální aminokyseliny), polynenasycených mastných kyselin (PUFA) 1,5 – 2 % z celkového obsahu lipidů (5 – 14,3 %). Je bohatá zejména na γ – linolenovou (GLA) kyselinu, jejíž obsah může být až 36 % z celkového obsahu PUFA. Dále obsahuje kyseliny α – linolenovou (ALA), linolovou (LA), eikosapentaenovou (EPA), dokosahexaenovou (DHA), arachidonovou (AA) a stearovou. Je hojně pěstována po celém světě a má rozmanité využití. Jako sušená se používá k přímému konzumu, díky vysokému obsahu cenných látek jsou z ní dělány extrakty, které se přidávají do určitých potravin (těstoviny, polévky, aj.) anebo se z ní vyrábí doplňky stravy, jako jsou tablety a kapsle. Z hlediska působení na lidské zdraví má podpůrné účinky při léčbě vysokého tlaku, poruchy lipidového metabolismu, podporuje růst střevních bakterií rodu *Lactobacillus*, snižuje hladinu glukózy v krvi, má pozitivní vliv při léčbě zvýšené hladiny cholesterolu. [6, 7, 8]



Obr. 4. *Arthrospira platensis* [9]

2 ŘASY

Lidská populace využívá odedávna řasy, k účelům např. výživy, terapeutik nebo jako hnojivo. V Číně, zhruba před 2000 lety byly řasy používány k přežití během hladomorů. Evropané začali řasy využívat asi o 1000 let později. [6] Řasy jsou velmi široká skupina organismů. Řasy společně s houbami a lišejníky byly dříve řazeny do skupiny vývojově starších rostlin. Dnes se tento systém již nevyužívá. [10] Jsou to eukaryotické organizmy, obsahující chlorofyl a jiné pigmenty, díky kterým mohou fotosyntetizovat. Řasy mohou být jednobuněčné nebo mnohobuněčné. Vyskytují se nejčastěji ve vodě, zejména v planktonu, vlhké půdě, na kamenech, dřevu, ale mohou se vyskytovat i v polárních oblastech, v horkých pramenech nebo na srsti zvířat. Většina z nich jsou fotoautotrofní (mají schopnost vytvářet energeticky hodnotnější látky z látek anorganických). Jako zdroj uhlíku využívají oxid uhličitý. Na jeho redukci získávají energii chemosyntézou, fotosyntézou nebo oxidací jednoduchých anorganických látek. [11]

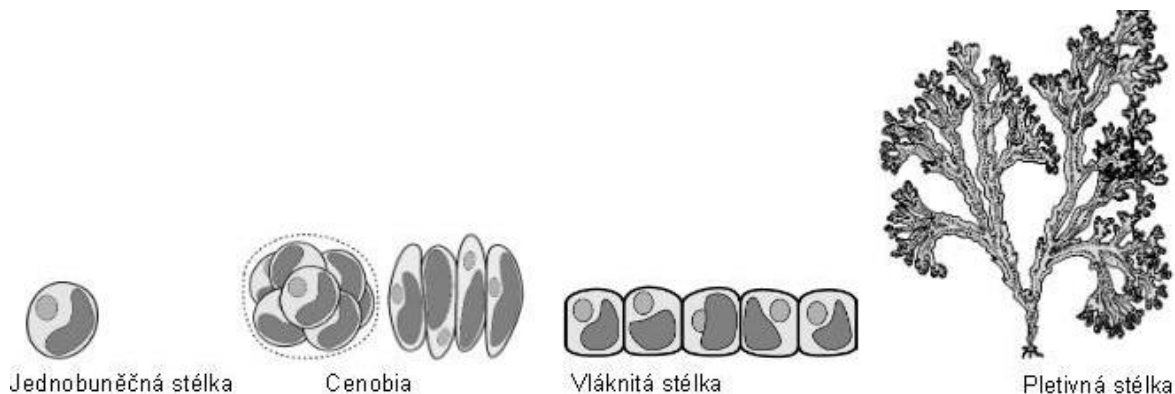
2.1 Stavba řas

Těla řas jsou tvořena stélkami, které nejsou děleny na kořeny, stonky a listy. Neobsahují vodivé cévní svazky. Z jednobuněčných mikroorganismů se postupem času vyvinuly až ke složitým stélkám. [12]

Rozdělení stélek:

- Kokální – jednobuněčná, jednojaderná nebo mnohoaderná, nepohyblivá, pevná buněčná stěna, pulzující vakuoly
- Monadoidní – jednobuněčná, jednojaderná, má tvar kapky, krytá celulózní buněčnou stěnou
- Rhizopodová – mění tvar, jednobuněčná, jednojaderná nebo mnohoaderná, pohybuje se pomocí panožek, v cytoplazmě pulzující vakuoly, na povrchu cytoplazmatická membrána vyztužená mikrotubuly
- Kapsální – jednobuněčná, jednojaderná, obalena slizem
- Trichální – mnohobuněčná, vláknitá, jednojaderná s buněčnou stěnou, nevětvená nebo jednoduše větvená
- Heterotrichální – rozlišená vlákna morfologicky i funkčně

- Pletivná – mnohobuněčná, vývojově nejvyšší
- Sifonokladální – mnohobuněčná, vláknitá nebo vakovitá, větvená nebo jednoduchá
- Sifonální – celá stélka je jeden mnohojaderný útvar s buněčnou stěnou [13]



Obr. 5. Druhy stélek [14]

2.2 Rozmnožování řas

Řasy se mohou rozmnožovat několika způsoby. Nejjednodušší formou reprodukce je vegetativní rozmnožování, kdy se řasy množí rozpadem kolonií nebo fragmentací stélek (mnohobuněčné řasy), případně dělením, kdy se za příznivých životních podmínek mateřský organizmus rozdělí na dvě identické kopie se stejnou dědičnou informací.

Pohlavní rozmnožování probíhá pouze za nepříznivých podmínek, kdy se spojí gamety. Tvoří se při redukčním dělení v gametangiích (pohlavní orgány). [11]

2.3 Systém řas

Impérium: *EUKARYOTA*

Říše: *Algae* – řasy

Oddělení: *Rhodophyta* – ruduchy

Třída: *Rhodophyceae*

Podtřída: *Bangiophycideae*

Řád: *Porphyra*

Druh: *Porphyra tenera* – Nori

Oddělení: *Chromophyta* – hnědé řady

Třída: *Phaeophyceae*

Řád: *Laminariales*

Rod: *Laminaria*

Druh: *Laminaria japonica* – Kombu

Rod: *Eisenia*

Druh: *Eisenia bicyclis* – Arame

Rod: *Undaria*

Druh: *Undaria pinnatifida* – Wakame

Oddělení: *Chlorophyta* – zelené řasy

Třída: *Trebouxiophyceae*

Řád: *Chlorellales*

Rod: *Chlorella*

Druh: *Chlorella pyrenoidosa* [3]

2.4 *Rhodophyta* – ruduchy

Ruduchy jsou ve většině případů mnohobuněčné organizmy, vyskytující se převážně v mořské vodě. Jsou známy asi 4000 druhů. Díky vysokému druhovému zastoupení, převažují nad ostatními řasami. Přičemž sladkovodních řas, je známo zhruba 200 druhů. Jejich stélky jsou kokální, heterotrichální nebo jednovrstevně listovité. Nikdy nevytváří pravé pletivé stélky. Jsou odlišné od ostatních oddělení řas. Mají fotosyntetická barviva, zvaná fykobiliny, která jsou ve vodě rozpustná, dále chlorofyl *a* a *b*, β – karoten a xantofyly. Jejich barva závisí na poměru barviv od červené, až po modrozelenou. Jako zásobní látku využívají florideový škrob, který je uložen v cytoplazmě. Z některých druhů ruduch se získávají polysacharidy agar a karagenan, vyvářením předsušených, na slunci bělených stélek. Ruduchy jsou využívány v potravinářském, farmaceutickém, zemědělském a krmičářském průmyslu. Ve zdravotnictví jsou ceněny pro svůj obsah kyseliny kainové, která se používá jako účinný prostředek proti parazitickým červům. Dále se využívá k léčbě zánětů nebo zástavě krvácení. [3, 10, 15]

2.4.1 *Porphyra tenera* – Nori

Porphyra vždy přirůstá ke kamennému podkladu, její stélka může být až 1,5 m dlouhá. Často je uměle pěstovaná, kdy se může sklízet až čtyřikrát za rok. Nori je jednou z nejvýživnějších mořských řas. Má vysoký obsah dobře stravitelných (až 75 %) bílkovin 7–50 % a aminokyselin, díky kterým má typickou chuť. Řasa se zpracovává na hladkou drť, která je následně lisována na tenké pláty o hmotnosti asi 3 g. Řasa Nori je neodmyslitelnou součástí Japonské kuchyně, kdy se využívá k přípravě tradičních pokrmů jako je sushi, sušenky a instantní jídla. [16, 17, 18]



Obr. 6. *Porphyra tenera* [19]

2.5 *Chromophyta* – hnědé řasy

Co se týče velikosti, mohou být hnědé řasy velice rozmanitou skupinou. Mohou tvořit mikroskopické a až padesát metrů dlouhé stélky. Hnědé řasy mohou mít trichální, heterotrichální i pletivné stélky. Ve většině případů jsou přirostlé k podkladu. Jako zásobní látku využívají polysacharid chrysolaminarin, který není uložen v chloroplastech. Škrob se nikdy netvoří. Dalšími zásobními látkami jsou např. olej, volutin. Hnědé řasy dokáží zakonzentrovávat jód a to až do koncentrace 0,3 %. V buňkách hnědých řas se vyskytují algináty, kdy jejich obsah je závislý na prostředí, kde se řasy vyskytují. V neklidných vodách mají řasy vyšší obsah alginátů, který dodává řasám pružnost. Pro výrobu se nejčastěji využívají řasy rodu *Laminaria*, *Ecklonia*, *Sargassum*. Algináty nacházejí uplatnění v potravinářském průmyslu, farmacii, textilním průmyslu, papírenském průmyslu, aj. Algináty dodávají tělu pocit sytosti, ale pro člověka jsou nestravitelné, často se využívají jako součást přípravků na hubnutí. [16, 17, 20, 21]

2.5.1 *Laminaria japonica* – Kombu

Laminaria je řasou chladnějších moří, kdy roste v hloubce kolem 10 m. Přirůstá k podkladu a její stélka je dlouhá přes 1 m. Její okraj je zvlněný a široký 10 – 20 cm. Více než 90 % je pěstováno komerčně, kdy se rostliny přichytávají k lanům, které jsou upevněny na plovacích. Má vysoký podíl nutričních látek. Polysacharidů (38 – 61 %), proteinů, přičemž jsou zde zastoupeny všechny esenciální aminokyseliny (3 – 21 %) a mastných kyselin (0,3 – 2,9 %). V řase se vyskytuje polysacharid fukoidan, který má příznivý vliv na aterosklerózu. [17, 22, 23]



Obr. 7. *Laminaria japonica* [24]

2.5.2 *Eisenia bicyclis* – Arame

Eisenia je řasou mělkých vod. Nejčastěji se vyskytuje v hloubkách 8 – 10 m. Její stélka je v závislosti na místních podmínkách dlouhá desítky centimetrů až po několik metrů. Polysacharid fukoidan, který je v řase obsažen, se využívá jako blokátor přilnavosti nádorových buněk. Arame se využívá stále častěji jako součást potravy i mimo Japonsko. [23, 25]



Obr. 8. *Eisenia bicyclis* [26]

2.5.3 *Undaria pinnatifida* – Wakame

Řasa *Undaria* se nejčastěji vyskytuje v hloubce 15 – 20 m na skalách a útesech, které jsou kryté. Její denní přírůstek může činit až 1 cm, kdy se v nepříznivých podmínkách (nad 25 °C) její růst zastavuje. Wakame má vysoký podíl vlákniny, ale i lipidů. Je zde i hojný podíl vitamínů skupiny B, kdy ale řasa sušením významný podíl vitamínů ztrácí. Řasa se hojně pěstuje na lanech, kdy se po sklizni opláchne sladkou vodou, usuší a využívá buď jako čerstvá nebo sušená do nudlí, polévek, salátů, aj. [15,27]



Obr. 9. *Undaria pinnatifida* [28]

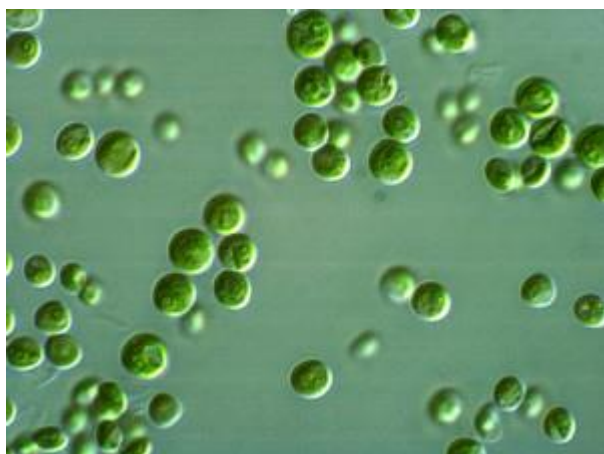
2.6 *Chlorophyta* – zelené řasy

Zelené řasy tvoří druhově pestrá skupinu organismů, vyskytujících se převážně ve sladkých vodách. Z fylogenetického hlediska mají vztah k vyšším rostlinám, které se z nich s největší pravděpodobností vyvinuly. Mají stejnou zásobní látku (škrob, který se nachází v chloroplastech nebo na povrchu pyrenoidů), a stejná barviva jako rostliny (chlorofyl *a*

a b, xantofyly, β – karoten), díky kterým fotosyntetizují. Jejich vakuoly slouží k ukládání zásobních nebo odpadních látek Z morfologického hlediska jsou zde zastoupeny všechny druhy stélek. [3, 10, 29]

2.6.1 *Chlorella pyrenoidosa* - Chlorela

Chlorella většinou patří mezi sladkovodní, jednobuněčné řasy kulovitého tvaru s velikostí 3 – 8 μm . Jejich jednoduchý životní cyklus spočívá v tom, že dceřiná buňka doroste do buňky dospělé, kdy se rozdělí nejčastěji na 4 – 8 nových dceřiných buněk a perioda se opakuje. Růstový cyklus je za vhodných podmínek velmi rychlý (zdvojnásobení hmoty může trvat 3 – 6 hodin). Složení řas rodu *Chlorella* je velice hodnotné. Může obsahovat až 60 % bílkovin (které se svým složením podobají živočišným bílkovinám), 10 % sacharidů a 15 % tuků. Převážnou část tuků tvoří nenasycené esenciální mastné kyseliny (linolová, linolenová), kdy za optimálních podmínek dosahují obsahu 40 – 60 % z celkového podílu mastných kyselin. *Chlorella* je usilovně zkoumána díky svému chlorella růstovému faktoru (CGF), který má prokazatelně významný účinek na lidské zdraví. CGF je vodní výluh, který obsahuje volné aminokyseliny, peptidy, glykoproteiny, vitamíny, minerální látky a další významné složky. Dokáže podporovat regeneraci tkání, dělení a růst buněk, zrychluje vývoj a růst organismu v dětském věku, posiluje lidskou imunitu a mnoho jiných pozitivních účinků. [30]



Obr. 10. *Chlorella pyrenoidosa* [31]

2.7 Chemické složení

Mezi nejdůležitější komponenty řas patří proteiny, sacharidy a lipidy. Jejich procentuální zastoupení u vybraných druhů je uvedeno v tabulce 1. Řasy se považují za nekonvenční zdroj potravy, hlavně kvůli vysokému obsahu bílkovin. Další jejich významnou složkou jsou sacharidy. Jsou zde zastoupeny nejčastěji ve formě škrobu, glukózy a dalších polysacharidů. Obsah lipidů se může pohybovat od 1 % do 70 %, ale může dosáhnout až 90 % za určitých podmínek. Mezi další nutrienty řas patří například vitaminy (A, B₁, B₂, B₆, B₁₂, C, E). [6]

Největší množství proteinů obsahuje *Spirulina maxima* (60 – 71 %). Nejvyšší obsah sacharidů má *Porphyridium cruentum* (40 – 57 %). Ohledně lipidového složení má největší obsah *Chlorella vulgaris* (14 – 22 %).

Tab. 1. Základní složení řas (% v sušině) [6]

Druhy řas	Proteiny [%]	Sacharidy [%]	Lipidy [%]
<i>Anabaena cylindrica</i>	46 – 56	25 – 30	4 – 7
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	48	17	21
<i>Chlorella vulgaris</i>	51 – 58	12 – 17	14 – 22
<i>Dunaliella salina</i>	57	32	6
<i>Porphyridium cruentum</i>	28 – 39	40 – 57	9 – 14
<i>Scenedesmus obliquus</i>	50 – 56	10 – 17	12 – 14
<i>Spirulina maxima</i>	60 – 71	13 – 16	6 – 7
<i>Synechococcus sp.</i>	63	15	11

3 LIPIDY

Lipidy (z řeckého *Lipos* tučný) jsou velmi různorodou skupinou chemických sloučenin. Jsou jednou z hlavních složek potravy. Mohou být živočišné i rostlinné. Vyskytují se téměř ve všech buňkách a mikroorganismech. Obsah lipidů v řasách se obvykle pohybuje v rozmezí od 1 – 5 %. Pokud se jedná o pletiva či tkáň zásobní, může se obsah lipidů v sušině pohybovat až kolem 90 %. [32, 33]

Společnou vlastností lipidů je, že jsou ve vodě nerozpustné, za to se dobře rozpouští v nepolárních rozpouštědlech. Lipidy umožňují využití lipofilních látek v organismu, jako jsou například vitaminy A, D, E, K a karotenoidy. Díky tukům organismus přijímá pro tělo nepostradatelné mastné kyseliny – esenciální. Dále se podílejí na stavbě buněčných membrán. [34]

3.1 Dělení lipidů

- Jednoduché lipidy – homolipidy – jedná se o estery alkoholů a mastných kyselin
 - Tuky – estery glycerolu a mastných kyselin
 - Vosky – vyšších jednosytných alkoholů s mastnými kyselinami
- Složené lipidy – heterolipidy – estery alkoholu, mastných kyselin a dalších kovalentně vázaných skupin
 - Fosfolipidy – obsahují zbytek kyseliny fosforečné
 - Glykolipidy – obsahují sacharidovou složku
 - Ostatní složené lipidy – sulfolipidy, aminolipidy, lipoproteiny, aj.
- Odvozené lipidy a prekurzory – zde se řadí mastné kyseliny (MK), glycerol, steroidy, steroly, v tucích rozpustné vitamíny a hormony, mastné aldehydy a ketolátky, aj. [35, 36]

3.2 Mastné kyseliny

Mastné kyseliny (MK) tvoří hlavní část lipidů, resp. tuků. Jsou zdrojem energie pro organismus. Jejich funkce je strukturální. Jsou výchozí látkou například pro prostaglandiny a další signální molekuly. Jejich příjem je nutný pro správný vývoj centrální nervové soustavy.

MK jsou klasifikovány podle počtu uhlíků v řetězci:

- Krátký řetězec (SCFA) – mastné kyseliny s méně než 6 uhlíky
- Středně dlouhý řetězec (MCFA) – mastné kyseliny s 6 – 12 uhlíky
- Dlouhý řetězec (LCFA) – mastné kyseliny s 14 – 22 uhlíky

Dle stupně nasycení:

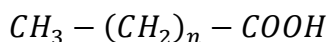
- Nasycené (NMK)
- Nenasycené (NNMK) – ty se mohou dále dělit podle počtu nenasycených vazeb na:
 - Mononenasycené (MUFA)
 - Polynenasycené (PUFA) – podle pozice první dvojné vazby od metylového konce na:
 - Omega-3 mastné kyseliny
 - Omega-6 mastné kyseliny

Podle geometrické izomerie na:

- Cis a trans nenasycené mastné kyseliny [37]

3.2.1 Nasycené mastné kyseliny

MK, které nemají v řetězci žádnou dvojnou vazbu. V potravinách jsou MK převážně zastoupeny kyselinou myristovou, palmitovou a stearovou. Z převážné většiny jsou živočišného původu. Vyskytují se v zásobním a mléčném tuku hospodářských zvířat. [35, 37]



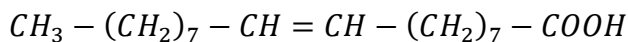
Obr. 11. Obecná rovnice chemické stavby mastných kyselin ($n=12$ myristová, $n=14$ palmitová, $n=16$ stearová) [35]

3.2.2 Nenasycené mastné kyseliny

MK, které mají v řetězci minimálně jednu dvojnou vazbu. Pokud má MK v řetězci jednu dvojnou vazbu, jedná se o MUFA. Pokud má MK v řetězci více než dvě dvojnou vazby, jedná se o PUFA. [35, 37]

3.2.2.1 Mononenasyčené mastné kyseliny

MUFA mají ve svém řetězci pouze jednu dvojnou vazbu. Nejhojnějším zástupcem MUFA je kyselina olejová.



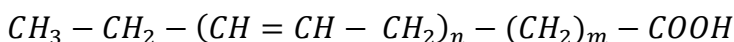
Obr. 12. Vzorec kyseliny olejové [35]

3.2.2.2 Polynenasycené mastné kyseliny

PUFA obsahují ve svém řetězci dvě a více dvojných vazeb. Ty se mohou dále dělit podle poloh dvojných vazeb od koncové metylové skupiny. PUFA, které mají první vazbu na třetím uhlíku od konce, se nazývají omega-3 MK, PUFA, které mají první vazbu na šestém uhlíku od konce, jsou omega-6 MK. Mimo MK přijímaných potravou, je lidský organismus schopen pomocí desaturáz syntetizovat všechny MK, až na dvě – kyselinu linolovou (LA) ze skupiny omega-6 MK, která je výchozí látkou pro syntézu ostatních dalších MK omega-6 řady a kyselinu α – linolenovou (ALA) ze skupiny omega-3 MK, kterou metabolismus využívá k syntéze ostatních omega-3 MK. Tudíž je člověk musí získávat potravou. Kyseliny LA a ALA jsou nazývány esenciálními mastnými kyselinami (EFA). Funkcí desaturáz je, zavádění dvojných vazeb do specifických poloh. Elongací EFA vznikají významné metabolity, z LA se kyselina arachidonová (AA) a z ALA kyseliny eikosapentaenová (EPA) a kyselina dokosaheptaenová (DHA). Nedostatek EFA se může projevit kožními symptomy a poruchami transportu lipidů např. u pacientů, kteří jsou dlouhodobě na umělé výživě. Metabolismus přeměny ALA v EPA a DHA je omezen při nadměrné konzumaci omega-6 PUFA. Je to způsobeno soutěží o stejný enzym, který je v organismu limitován. Přemíra omega-6 PUFA využije značnou část enzymu na přeměnu γ – linolenové kyseliny (GLA) a důsledkem je malá přeměna ALA na EPA a DHA. Proto je nutno EPA a DHA přijímat stravou. Omega-3 a omega-6 MK jsou důležitými prekurzory pro biologicky aktivní látky (eikosanoidy). [35, 37, 38, 39, 40, 41, 77]

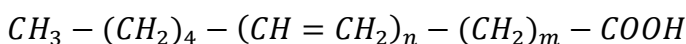
- Omega-3 MK – vyznačují se dvojnou vazbou na třetím uhlíku v jejich řetězci. V těle plní nepostradatelné funkce, například slouží jako složky membrán. Produkty vzniklé jejich metabolismem se souhrnně označují jako eikosanoidy, kdy z kyseliny α – linolenové postupně vzniká kyselina eikosapentaenová a dokosaheptaenová. Pomocí enzymu lipoxygenázy vznikají z DHA leukotrieny 5. třídy. Účinkem enzymu cyklooxygenázy vznikají z DHA prostaglandiny 3. třídy. Mnoha studiemi by-

lo potvrzeno, že mají pozitivní vliv na produkci HDL cholesterolu, na úkor LDL cholesterolu, snižují triglyceridové frakce v krevním séru, snižují krevní tlak, omezují zánětlivá onemocnění, posilují funkce mozku a nervové soustavy (především v prenatálním vývoji), snižují riziko výskytu infarktu myokardu, mrtvice, roztroušené sklerózy, rakoviny a mnoho dalších. [42, 43]



Obr. 13. Obecný vzorec omega-3 MK ($m = 2 - 6$, $n = 2 - 6$) [35]

- Omega-6 MK – do skupin omega-6 PUFA se řadí např. kyselina linolová, γ – linolenová, arachidonová. I omega-6 MK tvoří podstatnou složku buněčných membrán a jsou prekurzory eikosanoidů, kdy z kyseliny linolenové postupně vzniká kyselina arachidonová. Pomocí enzymu lipoxygenázy vznikají z AA leukotrieny 4. třídy. Účinkem enzymu cyklooxygenázy vznikají z AA prostaglandiny 2. třídy. Tyto nenasycené mastné kyseliny velmi výrazně snižují hladinu celkového a LDL cholesterolu v krvi. Tento efekt je patrně největší ze všech mastných kyselin. Nevýhodami omega-6 mastných kyselin jsou, snižování hladiny HDL cholesterolu a dále podléhání oxidačním změnám. [38, 45, 46, 47, 48, 49]



Obr. 14. Obecný vzorec omega-6 MK ($m = 2 - 6$, $n = 2 - 5$) [35]

Tab. 2. Přehled a názvy MK [78]

Nasycenost	Počet atomů uhlíků : nasycenost	Název kyseliny
Nasycené	C 6:0	kapronová
	C 8:0	kaprylová
	C 10:0	kaprionová
	C 12:0	laurová
	C 14:0	myristová
	C 16:0	palmitová
	C 18:0	stearová
Nenasycené MUFA	C 10:1 omega-5	decenová
	C 14:1 omega-5	myristolejová
	C 16:1 omega-7	palmitolejová
	C 18:1 omega-9	olejová
Nenasycené PUFA omega-3	C 18:3 omega-3	α -linolenová (ALA)
	C 18:4 omega-3	stearidonová
	C 20:3 omega-3	eikosatrienová
	C 20:4 omega-3	eikosatetraenová
	C 20:5 omega-3	eikosapentaenová (EPA)
	C 22:5 omega-3	dokosapentaenová
Nenasycené PUFA omega-6	C 22:6 omega-3	dokosahexaenová (DHA)
	C 18:2 omega-6	linolová (LA)
	C 18:3 omega-6	γ -linolenová (GLA)
	C 20:2 omega-6	eikosadienová
	C 20:4 omega-6	arachidonová (AA)
	C 22:2 omega-6	dokosadienová
	C 22:4 omega-6	dokosatetraenová
C 22:5 omega-6	dokosapentaenová	

Za optimální poměr omega-3 a omega-6 polynenasycených mastných kyselin se udává 1 : 2 – 1 : 6. Vzájemné vyšší poměry jsou potenciálně škodlivé. [44]

3.3 Cis a trans-nenasycené mastné kyseliny

MK s dvojnou vazbou se mohou vyskytovat ve dvou prostorových izomerech. NNMK se vyskytují v přírodě převážně v cis-konfiguraci, kdy atomy vodíku leží na stejné straně dvojných vazby. U trans-nenasycených mastných kyselin (TMK) jsou atomy vodíku na opačných stranách dvojných vazby. Značná změna tvaru molekuly je dána rozdílem v konfiguraci, kdy TMK jsou lineární, podobné NNMK a cis-nenasycené MK jsou v místě dvojných vazby ohnuté. Jestliže má MK více dvojných vazeb, je rozdíl ještě více zřetelný. Tvar molekuly

má význam při tvorbě membrán a enzymových reakcích. V Evropě se příjem trans-nenasycených mastných kyselin pohybuje zhruba okolo 2,4 gramů u mužů, u žen jsou to přibližně 2 g na osobu za den. Malý příjem těchto kyselin je ve středomořských státech, díky hojně používanému olivovému oleji. V České republice se odhaduje příjem trans-kyselin na zhruba 5 g na osobu za den. Zdrojem trans-nenasycených mastných kyselin jsou především ztužené pokrmové tuky, ale mohou to být například různé druhy pečiva (trvanlivé a jemné), potraviny rychlého občerstvení, potravinářské polevy, kde se velmi využívají ztužené tuky. Velké množství výrobků při příjmu jedné porce, výrazně překročí přijatelný denní příjem trans-nenasycených mastných kyselin a nasycených mastných kyselin. [32, 47, 50, 51, 52, 53, 54, 55]

3.4 Lipidové složení řas

Lipidy řas jsou složeny z glycerolu a z esterifikovaných bází, což jsou nasycené nebo nenasyčené MK, s délkou řetězce (12 – 22 atomů uhlíku). Celkové zastoupení mastných kyselin může být ovlivněno výživou, zásahem do životního prostředí, např. omezení množství dusíku. [6] Celkový obsah lipidů se pohybuje mezi 1 – 5 % v sušině. [56]

3.4.1 Polynenasycené mastné kyseliny v řasách

Řasy a mořský fytoplankton slouží jako primární zdroj PUFA, zejména DHA a LA. Podrobné analýzy lipidů byly provedeny na relativně málo druhích zelených řas, zejména těch, které se staly široce používanými modelovými systémy biochemických a fyziologických studií. Zelené řasy obsahují primárně C:16 a C:18 MK s vysokým stupněm nenasyčení (tab. 3.). Ale ne všechny řasy obsahují standardní MK. Mořská řasa *Anadyomene stellata*, obsahuje několik neobvyklých MK v rozmezí od 16 – 22 atomů uhlíku, z nichž každý má 4 konjugované dvojně vazby.

Tab. 3. Přehled mastných kyselin z celkového obsahu lipidů u některých druhů zelených řas [%] [57]

Druhy	16:0	18:0	16:1	18:1	16:2	18:2	16:3	18:3	16:4	18:4	20:4	20:5
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Sladkovodní řasy												
<i>Scenedesmus</i>												
<i>obliquus</i>	35	-	2	9	St	6	St	30	15	2	-	-
<i>Chlorella</i>												
<i>vulgaris</i>	26	-	8	2	7	34	2	20	-	-	-	-
<i>Chlamydomonas</i>												
<i>reinhardtii</i>	20	-	4	7	1	6	4	30	22	3	-	-
Mořské řasy												
<i>Codium fragile</i>												
	28	1	2	11	1	6	12	27	-	2	3	2
<i>Enteromorpha</i>												
<i>compressa</i>	22	-	2	8	1	5	2	26	15	9	4	2
<i>Ankistrodesmus</i>												
<i>sp.</i>	13	-	3	25	1	2	1	29	14	2	-	1

St – stopové množství

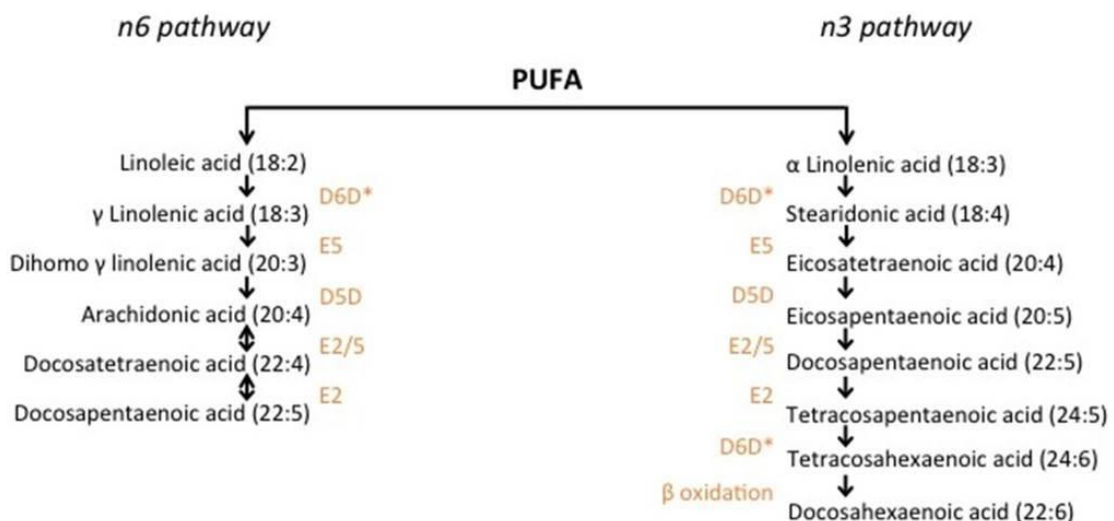
Obsah MK v řasách se mění v závislosti na ročním období. Je obecně známo, že v řasách se mohou hromadit PUFA vlivem poklesu teploty okolního prostředí. Vodní druhy, žijící v chladnějších vodách, obvykle obsahují větší množství PUFA, kdy se obsah lipidů mění v závislosti na ročním období. Např. v květnu byl pozorován u hnědé řasy *Costaria costata* vyšší obsah celkových lipidů, zatímco v červenci měla řasa vyšší obsah zásobních lipidů. Hodnoty omega-3 MK byly nejvyšší v dubnu a hodnoty omega-6 MK měla řasa podobný jak na jaře, tak i v létě. MK jsou primárními metabolity z tvorby acetyl CoA (acetyl koenzym A). Tato tvorba je geneticky podmíněna a je vývojově starší. [32, 57, 58, 59]

Fleurence Jöel a kol. se ve své studii zabývali obsahem MK v mořských řasách. Analyzovaným materiálem byly dva druhy zelených řas (*Ulva rotundata* a *Enteromorpha intestinalis*), pět zástupců hnědých řas (*Laminaria saccharin*, *Laminaria digitata*, *Fucus vesiculosus*, *Undaria pinnatifida* a *Halidrys siliquosa*) a čtyři druhy červených řas (*Porphyria umbilicalis*, *Chondrus crispus*, *Palmaria palmata* a *Gracilaria verrucosa*). Ze studie vyplývá, že ve všech řasách byla nejhojněji zastoupena nasycená kyselina palmitová (asi 20 – 40%). U MUFA byla nejhojnějším zástupcem kyselina olejová. Z PUFA především kyselina eikosapentaenová, arachidonová, linolová a α -linolenová. [60]

- Řasy červené – analyzované vzorky červených řas obsahovaly nejvyšší koncentraci EPA (19 – 49 %) dále vysoký obsah AA (1 – 22 %) a nejméně byly zastoupeny LA a ALA (méně než 2,5 %). [60]
- Řasy hnědé – hnědé řasy měly oproti červeným řasám nižší obsah EPA (3 – 9 %), více LA (5 – 10 %) a ALA (4 – 11 %). [60]
- Řasy zelené – v zelených řasách byl pozorován vysoký obsah ALA (9 – 15 %), EPA (1 %) byla zastoupena v nižším poměru než u řas červených a hnědých. [60]
 - *Chlorella* – MK u mnoha druhů řas rodu *Chlorella* jsou studovány již 50 let. V těchto studiích byly popsány některé kvantitativní i kvalitativní změny. Nicméně existují studie, které popisují rozdílné kvalitativní složení MK. Zkoumáním sladkovodní řasy rodu *Chlorella*, se zjistil vysoký obsah EPA. [59]

3.4.2 Syntéza mastných kyselin v řasách

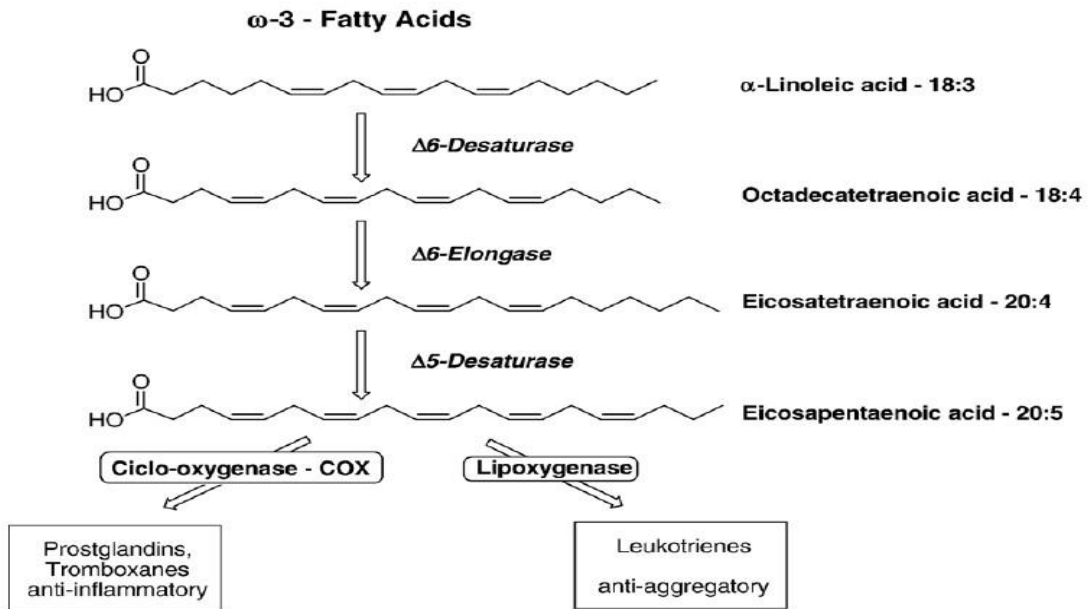
Elongace polynenasycených mastných kyselin začíná od ALA a LA, následuje desaturace pomocí enzymu delta-6-desaturázy (D6D). Následná elongace a desaturace odpovídá enzymům (oranžová barva), které generují delší řetězec PUFA jako je AA a EPA. U PUFA omega-3 a omega-6 nastává kompetice o enzymy D6D, E5, D5D a E2. D5D: Delta 5 desaturáza; D6D: Delta 6 desaturáza; A.: Elongáza. [61]



Obr. 15. Syntéza polynenasycených mastných kyselin přes dráhy omega-3 a omega-6 [61]

3.4.2.1 Syntéza kyseliny eikosapentaneové (EPA)

Biosyntéza EPA dochází prostřednictvím mnoha reakcí, které mohou být rozděleny do dvou kroků. Prvním z nich je *de novo* syntéza kyseliny olejové (18:1) z kyseliny octové, následná přeměna na LA a ALA. Následuje krok desaturace a elongace MK. [62]



Obr. 16. Syntéza kyseliny eikosapentaneové [62]

4 VLIV POLYNENASYCENÝCH MASTNÝCH KYSELIN NA LIDSKÉ ZDRAVÍ

Lidský organizmus nedokáže syntetizovat PUFA omega-3 a omega-6 z toho důvodu, že tělu chybí potřebné enzymy pro tvorbu PUFA. Takové kyseliny se nazývají esenciální. Člověk tyto polynenasycené mastné kyseliny musí přijímat v potravinách, např. konzumací ryb a rybích olejů. Nenasycené mastné kyseliny mohou existovat v cis- nebo trans- konfiguraci. První zmiňovaná konfigurace se nalézá v přirozeně se vyskytujících NNMK, druhá konfigurace je výsledkem technologie zpracování, jako je například hydrogenace. Cis-nenasycené mastné kyseliny jsou účinnými induktory adipozomů, známých jako tukové kapénky, které hrají důležitou roli při buněčné signalizaci, při regulaci metabolismu lipidů a řízení syntézy a sekrece zánětlivých mediátorů. [32]

V poslední době jsou EFA považovány za funkční potraviny. V mnoha studiích se zkoumaly jejich významné role v různých biochemických procesech, což má za následek kardioprotektivní účinek, dále vzhledem k jejich značným antiaterogenním, antitrombotickým, protizánětlivým, hypolipidemickým účinkům. Možnost snížení rizika vzniku závažného onemocnění, zejména kardiovaskulárních chorob, rakoviny, osteoporózy, diabetu, atd. Kyseliny eikosanpentaenová a dokosahexaenová jsou rovněž spojovány s ochranou proti duševním chorobám, jako je například Alzheimerova choroba, stařecká demence, chronické bolesti hlavy, poruchy pozornosti u dětí. [32]

Mikrořasy, díky svému obsahu nenasycených mastných kyselin, pozitivně ovlivňují lidské zdraví, z hlediska toho, že zvyšují nutriční hodnotu potravin. [6] Sladkovodní řasy vykazují např. antibakteriální, protizánětlivé, protirakovinné, antivirové, antikoagulační vlastnosti. Existuje mnoho možností pro jejich využití, zejména v medicíně, farmacii a potravinářství. Mořské řasy jsou průmyslově využívány pro výrobu agarů, karagenanů. Řasy obsahují vyšší podíl omega-3 mastných kyselin, které jsou součástí všech buněčných membrán a jsou prekurzory biochemických a fyziologických reakcí v těle. Působí proti ateroskleóze, hypertenzi, revmatické artritidě a pomáhají předcházet duševním chorobám. [56]

Každá skupina mastných kyselin – SFA, MUFA, PUFA a jednotlivé mastné kyseliny mají specifickou úlohu u mnoha biochemických drah a nerovnováha v jejich denním příjmu může mít za následek mnoho závažných onemocnění. Ischemické srdeční choroby mají za následek nejvyšší mortalitu na celém světě. Hlavními rizikovými faktory jsou zejména, současný životní styl, nadměrný příjem potravy, málo fyzického pohybu, kouření. Špatné

stravovací návyky vedou k nadváze a obezitě, vysokému krevnímu tlaku, vysoké hladině LDL cholesterolu a triglyceridů.

Tab. 4. udává různé příjmy (% E_{RDI} – doporučený energetický příjem) z celkového obsahu tuků, SFA, MUFA a PUFA v některých evropských zemích (Česká republika, Německo, Rakousko, Finsko, Velká Británie, Norsko, Francie a Řecko), USA, Jihoafrická republika, Austrálie, Nový Zéland a Japonsko. Obecně platí, že menší příjem nasycených mastných kyselin, bývá v souvislosti s nižším příjmem celkových tuků. Vysoký příjem nasycených mastných kyselin v některých evropských zemích a USA, by mohl svědčit o nadměrném příjmu hydrogenovaných tuků. Velký příjem mononenasycených mastných kyselin v Řecku je pravděpodobně způsobeno vysokou konzumací olivového oleje. Zjištěný příjem polynenasycených mastných kyselin je velmi různorodý, pohybuje se v rozmezí od 3,9 – 8,0 % E_{RDI} a nesouvisí s počtem úmrtnosti ve sledovaných zemích na ICHS a CVD. [32] Vedle tradičních zdrojů mastných kyselin jako je rybí tuk a řasy, odborníci na výživu v poslední době doporučují rostlinné oleje jako důležitou součást zdravé výživy, díky jejich vysokému obsahu mastných kyselin. Nicméně, distribuce a obsah mastných kyselin se liší v závislosti na různých druzích rostlin, zdrojích olejů, technologickém procesu při jejich výrobě. Doporučený denní příjem tuků (E_{RDI} – 37.7 kJ/g) [32, 64]

V tab. 4. je uvedeno, jaká je úmrtnost na koronární srdeční onemocnění a obecně kardiovaskulární onemocnění. Zároveň uvádí příjem celkových tuků, nasycených, mononenasycených, polynenasycených mastných kyselin v různých zemích. V České republice zemře na tato onemocnění zhruba 388 lidí na 100 000 obyvatel, což je nejvyšší počet z vybraných států. V konzumaci nasycených mastných kyselin je na první příčce Rakousko. Mononenasycené mastné kyseliny jsou nejvíce přijímány do organismu v Řecku. Konzumace polynenasycených mastných je nejvíce pozorována v Japonsku.

Tab. 4. Úmrtnost CHD (koronární srdeční onemocnění) a CVD (kardiovaskulární onemocnění) a příjem celkových tuků, nasycených mastných kyselin, mononenasyčených mastných kyselin a polynenasycených kyselin u dospělých v různých zemích [32]

Země	CHD + jiné CVD úmrtnost na 100 000 obyvatel	Celkové tuky	SFA(s)	MUFA(s)	PUFA(s)
		(% E _{RDI})			
Česká republika	388,27	36	13	13	7
Německo	364,75	35,9	14,4	12,8	6,5
Rakousko	320,92	37	14,5	12,5	8
Finsko	284,69	32,1	13,5	12,4	6,2
USA	360	34	11	12,5	7
Spojené Království (GB)	243,45	32,9	12	11,7	5,9
Norsko	242,72	30,6	12,1	10,8	5,4
Jihoafrická republika	237,45	27,7	8,6	9,5	6,9
Francie	181,4	37,2	14,1	11,8	3,9
Austrálie, Nový Zéland	162,44	33,1	12,9	12,1	5
Řecko	141,04	46,2	13,1	22,3	6,6
Japonsko	28	25,3	8,4	9,4	7,5

Polynenasycené mastné kyseliny a produkty jejich metabolismu se účastní řady biologických procesů, nezbytných pro organismus. Mohou ovlivňovat buněčné signalizace, produkovat endogenní kannabinoidy (ovlivnění nálady, chování), ovlivňují záněty, působí na DNA (jak aktivačně, tak i inhibičně), tvoří lipoxiny z omega-6, resolviny z omega-3. Tyto látky působí v přítomnosti kyseliny acetylosalicylové, protizánětlivě. Dále se mohou účastnit diferenciací buněk, neurogeneze (vznik nových neuronů), krevní srážlivosti, a mnoha dalších procesů.

Biologická aktivita jednotlivých esenciálních mastných kyselin může být odvozena díky jejich trojrozměrné konfiguraci molekul a jejich následnou transformací na enzymatické sloučeniny, které se nazývají eikosanoidy. [32]

4.1 Eikosanoidy

Eikosanoidy hrají důležitou roli, v rámci klinických účinků polynenasycených mastných kyselin. Patří k molekulám se signální funkcí, odvozené od omega-3 a omega-6 mastných kyselin. Kontrolují většinu tělesných systémů prostřednictvím svých specifických receptorů. Především se podílejí na mechanismech imunity, zánětu, přenášejí informace v centrální nervové soustavě. Eikosanoidy jsou dvacetihlíkové oxygenované deriváty esenciálních mastných kyselin (omega-3 i omega-6). V organismu mají krátký poločas rozpadu – vteřiny až minuty. Skupiny eikosanoidů obsahují 2 – 3 série, odvozené od omega-3 nebo omega-6 polynenasycených mastných kyselin. Obecně lze tvrdit, že eikosanoidy odvozené z omega-6 polynenasycených mastných kyselin jsou prozánětlivé, kdežto eikosanoidy odvozené z omega-3 polynenasycených mastných kyselin jsou daleko méně prozánětlivé až protizánětlivé.

Dělení eikosanoidů:

- Prostanoidy
 - Prostaglandiny
 - Prostacykliny
- Leukotrieny (LT)

Jinými metabolickými drahami se mohou tvořit další signální molekuly. Např. účinkem enzymu 12-lipooxygenázy nebo peroxidací volných kyslíkových radikálů vznikají hepoxiliny. Adicí glycerolu nebo etanolaminu se metabolizuje anandamid a ostatní endokannabinoidy. [64]

4.1.1 Prostanoidy

Prostanoidy jsou významné v mechanismech tvorby zánětu. Působí zužování i rozšiřování cév, bolest, teplotu, koagulaci. Jejich syntéza probíhá za přítomnosti enzymů cyklooxygenáz (COX). Cyklooxygenáza 1 odpovídá v první řadě za shlukování krevních destiček, cyklooxygenáza 2 je zodpovědná za záněty a bolest. Podávání nesteroidních antirevmatik, včetně kyseliny acetylsalicylové, je inhibováno působením cyklooxygenáz a tím je blokována syntéza prostanoidů. [44, 63, 64]

4.1.2 Leukotrieny

Leukotrieny jsou přítomny v průběhu zánětu (obdobně jako prostanoidy). Účastní se na chemotaxi (pohyb leukocytů v tkáni směrem k zasaženému místu) a adhezi leukocytů. Podněcují seskupování krevních elementů, uvolnění enzymů. V neutrofilních granulocytech vznikají superoxidy (řadí se mezi volné kyslíkové radikály). Mají vliv na lutenizační hormon (hormon regulující činnost pohlavních žláz), uplatňují se v mechanismech anafylaxe (akutní, potenciálně život ohrožující reakce působením rychlým uvolněním mediátorů), účast v řadách patologických stavů, jako je astma bronchiale, lupénka (psoriáza), alergické rýmy, záněty trávicí soustavy, ale i tvrdnutí tepen (ateroskleróza). Leukotrieny mohou působit bronchokonstrikčně, mohou stimulovat mukózní sekreci, zvyšovat kapilární permeabilitu. Účastní se na patologii fibróz (zhuštění vaziva ve tkáni) a imunitní patologii i u jiných poruch.

Signální dráhy eikosanoidů tvoří rozsáhlý komplex, proto je velice obtížné vysvětlit působení eikosanoidů každého jednotlivě. [44, 63, 64]

4.2 Vliv eikosanoidů na vybrané psychické poruchy

Působení eikosanoidů je sledováno u více chorob psychického rázu, v první řadě u Alzheimerovy choroby a dalších demencí, včetně funkcí lehkých poznávacích poruch, schizofrenie, ADHD (hyperkinetická porucha chování). [64]

4.2.1 ADHD a ostatní poruchy psychického stavu v dětství a dospívání

Nedostatečné množství omega-3 a omega-6 mastných kyselin se může projevit rozvojem ADHD, autizmu, dyspraxie (porucha motorických funkcí), dyslexie (specifická porucha čtení) a jinými vývojovými defekty. Polynenasycené mastné kyseliny jsou důležité faktory pro vývoj kognitivních poruch (teorie zaměřená na zpracování informací, získávání obecných poznatků a procesů chápání). Nedostatek polynenasycených mastných kyselin, který bývá u těchto poruch, se může účastnit především jejich vzniku a rozvoje. Dodávání polynenasycených mastných kyselin do organismu, může zlepšovat u dětí jejich hyperkinetické chování.[64, 65]

4.2.2 Poruchy funkcí kognitivních, Alzheimerova choroba a jiné demence

Ve studii, která se zabývala inteligencí starší generace v rozsahu 11 let, bylo zjištěno, že část zkoumané generace užívající doplňky stravy s omega-3 a omega-6 MK, měla vyšší

inteligenci, než ta část generace, které podávány nebyly, i přesto, že původní úroveň intelektu obou skupin byla srovnatelná. Nedostatek omega-3 MK zhoršuje kognitivní výkonnost populace v rozmezí 50 – 65 let. Postiženo bylo především verbální myšlení, bez poruchy psychomotorického tempa a opožděného vybavení slov.

Nejhojněji vyskytující se NNMK v mozku je DHA, kdy její nižší koncentrace v séru je rizikovým faktorem Alzheimerovy choroby. Při studiu této choroby se přišlo na to, že v mozku a séru je nižší obsah DHA. U subjektů, konzumující tučné mořské ryby, bylo jižštěno nižší riziko výskytu Alzheimerovy choroby a vaskulární demence.

Při denním příjmu 180 mg DHA se snižuje až o 50 % riziko výskytu demence ve stáří. Konzumace NNMK podstatně snižuje pravděpodobnost výskytu Parkinsonovy choroby, kdy se předpokládá, že zmírňuje toxicitu hlavní degenerativní bílkoviny. [64]

4.2.3 Deprese

Nedostatek NNMK se podílí na vzniku deprese, doposud nedostatečně objasněnými mechanismy, kdy se předpokládá, že se naruší membránová funkce sníženou tvorbou membránových fosfolipidů. Podobně je tomu u ischemické srdeční choroby, která bývá s depresemi spojována. Studie deprese poukazují na sníženou hladinu omega-3 MK v plazmě nebo membráně erytrocytů, a současně zvýšení hladiny omega-6, omega-3 MK. [64]

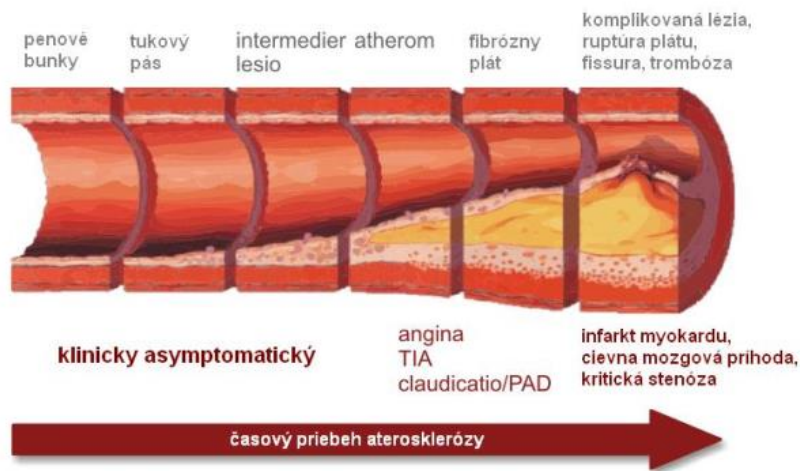
4.3 Kardiovaskulární onemocnění

Ukázalo se, že kardiovaskulární onemocnění je hlavní příčinou úmrtí ve většině západních zemí. Ischemické srdeční onemocnění je úzce spojeno s vývojem aterosklerózy vyvolané interakcemi mezi plazmatickými lipidy, lipoproteiny, monocyty, krevními destičkami, endotely a hladkého svalstva arteriálních stěn, což vede k zúžení věnčitých tepen. Pro prevenci kardiovaskulárních onemocnění, zlepšení kvality arteriálních stěn a průchodnosti cév je velmi důležitá změna jídelníčku s důrazem na složení tuků. [32]

4.3.1 Ateroskleróza – kornatění tepen

Ateroskleróza je degenerativní postižení. Do stěn cév se ukládají tukové látky, převážně cholesterol a tím v cévách vzniká ateromový plát. Zmnožuje se vazivová tkáň a dochází k zúžení průsvitu cévy, kdy může dojít až k omezení toku krve a nedostatečným okysličením se mohou poškodit orgány. Ateroskleróza je nejčastější příčinou vzniku infarktu myokardu a cévní mozkové příhody. Mnoha studiemi byl prokázán vztah mezi celkovým cholesterolem

lem a jeho LDL frakcí na vznik aterosklerózy. Prevencí je změna jídelníčku. Konzumace omega-3 MK a omega-6 MK má pozitivní vliv na produkci HDL cholesterolu na úkor LDL cholesterolu. Významně také snižují triacylglyceroly v krevním séru. [75, 76]



Obr. 17. Průběh aterosklerózy [67]

4.4 Nádorová onemocnění

Výživové faktory, v dnešní době, mají velký vliv na vznik rakovinového onemocnění. Přibližně 35 % úmrtí na nádorová onemocnění, (např. rakovina gastrointestinálního traktu, ale i rakovina prsu, dělohy a plic) je připisováno vlivu výživy lidí. Ještě před několika lety, bylo obecně známo, že nadměrné množství tuku, tudíž i mastných kyselin má vysoký rizikový faktor pro nádorová onemocnění, např. rakovinu prsu, kolorekta. Ovšem nové studie prokázaly, že tento vliv není až tak významný, tudíž závěry musely být přehodnoceny. Nicméně, se musí brát v úvahu jejich vysoká energetická hodnota a tím pádem i možný příspěvek k nadváze nebo obezitě. Existuje odhad, že nadváha a obezita zodpovídají za zhruba 14 – 20 % úmrtí na nádorová onemocnění. Je zřetelně prokázána souvislost s nárůstem rizika mnoha nádorů. V případě rakoviny endometria se riziko zvyšuje konzumací tuků s převahou nasycených mastných kyselin. [63, 67, 68]

4.5 Diabetes mellitus

Na prevenci i léčbu diabetu hraje velmi důležitou roli životní styl – především fyzický pohyb a způsob stravování. Příjem nasycených mastných kyselin snižuje inzulínovou citlivost, proto se doporučuje jejich omezený příjem. Dopady mononenasycených mastných kyselin zatím nejsou zcela jasné, ale lze předpokládat zvýšení inzulínové senzitivity, vli-

vem jejich působení. Studie ohledně vlivu omega-3 a omega-6 nenasycených mastných kyselin jsou velmi rozdílné. V některých je zmíněno zvýšení inzulinové citlivosti, naopak jiné studie uvádí opačná tvrzení. Také existují názory, že polynenasycené mastné kyseliny nemají žádný vliv na působení inzulinu. U trans-nenasycených mastných kyselin bylo popsáno, že nepříznivě ovlivňují inzulinovou citlivost. [29, 47, 48, 49, 50]

4.6 Imunitní systém

Mastné kyseliny, které fungují jako mediátory, mají různé účinky na imunitní systém. Omega-3 MK jsou zcela inhibiční, potlačují růst lymfocytů, produkci cytokinů i protilátek. Omega-6 mají na imunitní systém jak inhibiční, tak stimulační vliv. Nejprostudovanější kyselinou je kyselina arachidonová, která se může oxidovat až na eikosanoidy. [74]

4.6.1 Zánět

Zánět je sled dějů spjatých s poškozením tkání, řízený imunitními reakcemi nebo zapříčiněné nespecifickými činiteli. Definicí zánětu jsou otok, bolestivost, zvýšená teplota a zarudnutí. MK, jako je kyselina arachidonová, mohou zánět způsobit, ale také regulovat mnoho zánětlivých procesů. [74]

4.6.2 Regulace horečky a bolesti

Kyselina arachidonová napomáhá v těle k překročení prahu bolesti, přičemž bolest, jako taková, nezpůsobuje. Prostaglandiny díky svému účinku na centrální nervovou soustavu patří mezi důležité mediátory, které indukují zvýšenou teplotu. Bylo prokázáno, že strava bohatá na omega-3 MK je prevencí proti horečce způsobené lipopolysacharidy. [74]

ZÁVĚR

Sinice a řasy obsahují přibližně 1 – 6 % lipidů v sušině. Převážnou část lipidů tvoří polynenasycené mastné kyseliny, které mohou dosahovat i 60 % z celkového obsahu mastných kyselin. Obsah lipidů se mění v závislosti na ročním období, ale může být ovlivněn i výživou popř. dalšími faktory. Lipidy řas se skládají z glycerolu a esterifikovaných bází nenasycených či nenasycených mastných kyselin s délkou řetězce nejčastěji 12 – 22 atomů uhlíku.

Lidský organizmus nedokáže syntetizovat dvě mastné kyseliny, α – linolenovou a linolovou z důvodu, že tělu chybí potřebné enzymy pro tvorbu těchto mastných kyselin. Tyto kyseliny se nazývají esenciální a patří do polynenasycených kyselin. Kyselina α – linolenová patří do skupiny omega-3 mastných kyselin a kyselina linolová do skupiny omega-6 mastných kyselin. Jako primární zdroj esenciálních mastných kyselin slouží sinice a řasy.

Esenciální mastné kyseliny se účastní mnoha biochemických procesů v těle a jsou důležitými prekurzory pro další látky jako jsou eikosanoidy. Eikosanoidy patří k signálním molekulám, které jsou odvozeny převážně z omega-3 a omega-6 mastných kyselin. Díky receptorům kontrolují většinu tělesných systémů a podílejí se na mechanismech imunity, zánětu, přenosu informací v centrální nervové soustavě.

Sinice a řasy díky obsahu polynenasycených mastných kyselin pozitivně ovlivňují lidské zdraví. Mají antibakteriální, antivirové, antikoagulační, protirakovinné vlastnosti. Mají vysoký podíl omega-3 mastných kyselin, které jsou součástí všech buněčných membrán a účastní se biochemických a fyziologických reakcí v těle. Působí proti ateroskleróze, kde mají pozitivní vliv na produkci HDL cholesterolu na úkor LDL cholesterolu a významně snižují triacylglyceroly v krvi. Dále pomáhají předcházet psychickým poruchám, jako jsou ADHD, Alzheimerova choroba, deprese, kdy nižší výskyt omega-3 mastných kyselin zhoršuje kognitivní funkce mozku, omega-3 mastné kyseliny zmírňují toxicitu degenerativních bílkovin. Polynenasycené mastné kyseliny mají vliv na imunitní systém, kdy plní funkci mediátorů.

Sinice a řasy jsou laickou veřejností nedoceny a mají velký potenciál pro další výzkum. Mnoho z nich nebylo ještě prozkoumáno a skýtají mnoho možností dalšího využití.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SINICE: Co jsou cyanobakterie? *Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny* [online] [cit. 2016-03-11]. Dostupné z: <http://www.sinicearasy.cz/index.php?pg=o-sinicich>
- [2] SINICE A ŘASY: *Cyanobacteria* [online] [cit. 2016-03-11]. Dostupné z: <http://www.sinicerasy.cz/134/Cyanobacteria>
- [3] SCIMUNI: *Systém a vývoj sinic a řas* [online] Brno (Česká republika) [2016-02-27]. Dostupné z: <http://www.sci.muni.cz/botany/studium/nr-rasy.htm#rhodophyta>
- [4] SINICE A ŘASY: [online] [cit. 2016-03-11]. Dostupné z: <http://www.sinicearasy.cz/pokr/sinice>
- [5] SINICE A ŘASY: [online] [cit. 2016-03-11]. Dostupné z: http://www.sinicearasy.cz/sites/default/files/Cyanobacteria_deleni2.gif
- [6] SPOLAROE, P. JONNIS-CASSAN, C., DURAN, E., AND ISAMBERT, A. *Commercial application of microalgae, Journal of Bioscience and Bioengineering* [online]. 2006, **101**(2), 87-96 [cit. 2016-03-09]. DOI: 10.1263/jbb.101.87. ISSN 13891723. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1389172306705497>
- [7] COLLA, M. Luciane, BERTOLIN, E. Telma a COSTA, V. A. Jorge. Fatty acids profile of *Spirulina platensis* grown under different temperatures and nitrogen concentrations. *Zeitschrift für Naturforschung C* [online]. 20104, **59**(1-2), 55-59 [cit. 2016-04-07]. ISSN 0939-5075. Dostupné z : <http://www.znaturforsch.com/ac/v59c/s59c0055.pdf>
- [8] KLASIK, Sylwia, Ilona Kaczmarczyk-Sedlak KACZMARCZYK-SEDLAK a Maria ZYCH. Sinice (Cyanophyta) – systematyka, budova komórki i znaczenie; *Spirulina platensis* i jej wpływ na organism ludski. *Borgis – Medycyna Rodzinna* [online]. 2010, (4), 120-123 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.czytelniamedyczna.pl/3529,sinice-cyanophyta-systematyka-budowa-komorki-i-znaczynie-spirulina-platensis.html#>
- [9] BIO UTEXAS: [online] [cit. 2016-03-11]. Dostupné z: http://www.bio.utexas.edu/research/utex/photogallery/s/Spirulina_platensis_1926.htm
- [10] BIOTOX: *Sinice a řasy* [online] [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: <http://biotox.cz/naturstoff/biologie/bi-sinicerasy.html>

- [11] BARSANTI, L. AND GUALTIERI, P. *Algae: anatomy, biochemistry, and biotechnology*. Second edition. Boca Raton, [Florida]: CRC Press/Taylor&Francis Group, 2014. ISBN 9781439867327
- [12] ŠPAČEK, J. Hlenky, houby, řasy. 1. Vyd. Brno: Masarykova univerzita, 1999. 79-110 s. ISBN 80-210-2157-8
- [13] BIOLOGYWEB: Eukaryota: řasy [online] [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: <http://www.biology.webz.cz/rasy.php>
- [14] GYMH: [online] [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: http://gymh.cz/vyuka/biologie/prehledy/2bot_5_rasy.pdf
- [15] SINICE A ŘASY: *Rhodophyta* [online] [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <http://www.sinicerasy.cz/134/Rhodophyta>
- [16] KALINA, Tomáš a Jiří VÁŇA. *Sinice řasy houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Praha: Karolinum, 2005. ISBN 80-246-1036-1
- [17] BY DENNIS J. MCHUGH. *A guide to the seaweed industry*. Rome: Food and Agriculture organisation of the United Nations, 2003. ISBN 92-5-104958-0
- [18] CHEN, J.; XU, P.; Cultured Aquatic Species Information Programme Porphyra spp. [online] [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Porphyra_spp/en
- [19] CHEN, J.; XU, P.; *Cultured Aquatic Species Information Programme Porphyra spp.* [online] [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.fao.org/fishery/species/2790/en>
- [20] SINICE A ŘASY: *Chromophyta* [online] [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <http://www.sinicerasy.cz/134/Chromophyta>
- [21] DESORTOVÁ, B. Algologie, Studijní disertační text. Praha, 2010 [online] [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: http://biology.ujep.cz/vyuka/file.php/1/opory_ukazky/Algologie%20text.pdf
- [22] CHEN, J.; XU, P.; *Cultured Aquatic Species Information Programme Laminaria japonica*. [online] [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Laminaria_japonica/en
- [23] HOLDT, Susan Løvstad a Stefan KRAAN. Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology* [online]. 2011,

- 23(3), 543-597 [cit. 2016-04-27]. DOI: 10.1007/s10811-010-9632-5. ISSN 0921-8971.
Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10811-010-9632-5>
- [24] HOKAIDO FOOD LIBRARY: *Laminaria* [online] [cit. 2016-05-01]. Dostupné z:
<http://hokkaidofoodlibrary.com/ja/550/>
- [25] MAEGAWA, M. Ecological Studies of *Eisenia bicyclis* (KJELLMA) SETCHELL and *Ecklonia cava* (KJELLMA). Bull Fac. Biorcsources, Mie Uni. 1990, No. 4, s. 73-145
- [26] KOSFIC: *Eisenia bicyclis* [online] [cit. 2016-05-01]. Dostupné z:
http://kosfic.chonnam.ac.kr/literature_information/lmbd/lmbd_display.html?l_code=E0019
- [27] CHEN, J.; XU, P.; *Cultured Aquatic Species Information Programme Undaria pinnatifida*. [online] [cit. 2016-04-26]. Dostupné z:
<http://www.fao.org/fishery/species/2777/en>
- [28] TEARA: *Undaria pinnatifida* [online] [cit. 2016-05-01]. Dostupné z:
<http://www.teara.govt.nz/en/photograph/8675/identifying-undaria>
- [29] Sinicerasy.cz: *Chlorophyta* [online] [cit. 2016-03-19]. Dostupné z:
<http://www.sinicerasy.cz/134/Chlorophyta>
- [30] CHLORELLA: Co je to chlorela [online] [cit. 2016-04-16]. Dostupné z:
<http://www.chlorella.cz/>
- [31] <http://healthbenefitsofeating.com/sea-food/11-health-benefits-chlorella/>
- [32] ORSAVOVA, J., MISURCOVA L., AMBROZOVA J., VICHA, R. AND MLCEK, J. *Fatty Acids Composition of Vegetable Oils and Its Contribution to Dietary Energy Intake and Dependence of Cardiovascular Mortality on Dietary Intake of Fatty Acids*. International Journal of Molecular Science [online]. 2015, **16**(6), 12871-12890 [cit. 2016-04-08]. DOI: 103390/ijms160612871. ISSN 1422-0067. Dostupné z:
<http://www.mdpi.com/1422-0067/16/6/12871/>
- [33] DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ, J. *Chemie potravin* 1. vyd. Praha: SNTL/ALFA, 1983. 629s
- [34] EUFIC.ORG: Proč je důležité znát povahu tuků ve výživě. Potraviny dneška. 2004, č. 3. [online] [cit. 2016-04-02]. Dostupné z:
<http://www.eufic.org/article/cs/nutrition/fats/artid/dulezite-povahu-tuku-vyzive>

- [35] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*. 2. vyd. Tábor: OSSIS, 2002. 352 s. ISBN 80-86659-00-3.
- [36] MURRAY, Robert K. *Harperova Biochemie*. Praha: H & H, 1998. Lange medical book. ISBN 80-85787-385
- [37] GROFOVÁ, Z. Mastné kyseliny. *Medicína pro praxi*. Olomouc: Solen. 2010, č. 10, 388 – 390 s. ISSN 1803-5310. Dostupné z: <http://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2010/08/10.pdf>
- [38] LEDVINA, M., STOKLASOVÁ, A., CERMAN, J. *Biochemie pro studující medicíny*. Praha: Karolinum, 2005. 155 – 213. ISBN 80-246-0851-0.
- [39] BRÁT, J. Variabilita řepkového oleje z nutričního a technologického pohledu v kontextu se současnou spotřebou tuků. *Výživa a potraviny*. 2010, č. 1, 10 – 14 s.
- [40] EUFIC: Význam mastných kyselin omega-3 a omega-6. *Potraviny dneška*. 2008. Č. 12. [online] [cit. 2016-02-04]. Dostupné z: <http://www.eufic.org/article/cs/nutrition/fats/artid/omega-3-a-omega-6>
- [41] MURRAY, R. ET AL. *Harperova Biochemie*. Praha: H&H, 2002, 225 – 251 s. ISBN 80-7319-013-3.
- [42] Omega3kapr.cz, Co jsou omega-3 kyseliny [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupní z: <http://www.omega3kapr.cz/co-jsou-omega-3-kyseliny>
- [43] JIRÁK, R. a M. ZEMAN Vliv omega-3 a omega-6 nenasycených mastných kyselin na psychické poruchy. *Česká a slovenská Psychiatrie* [online]. 2007, **103**(8). 420-426 s. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.prolekare.cz/ceska-slovenska-psychiatrie-clanek/vliv-omega-3-a-omega-6-nenasychenych-mastnych-kyselin-ny-psychicke-poruchy-4422>.
- [44] Omega369.cz, Omega369 [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupní z: <http://www.omega369.cz/omega-369.php>
- [45] DLOUHÝ, P. Tuky ve výživě. *Postgraduální medicína*. 20017, č. 8. [online] [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/tuky-ve-vyzive-323593>
- [46] DLOUHÝ, P., ANDĚL, M. Jak se mění pohled na tuky ve výživě. *Interní medicína pro praxi*. 2009, č. 12, 549 – 551 s.

- [47] DOSTÁLOVÁ, J., BRAT, J. Výživové hodnocení složení tuku potravinářských výrobků na našem trhu. Sborník příspěvků ze semináře ke Světovému dni výživy. Praha: VÚPP, 2007, 158 – 162 s., ISBN 80-86909-02-6.
- [48] STRÁNSKÝ, M. Evropská zpráva o výživovém a zdravotním stavu obyvatelstva. Příjem energie a živin u dospělé populace. *Výživa a potraviny*. 2007, č. 1, 18 – 19 s.
- [49] KOMPRDA, T. Základy výživy člověka. Brno: MZLU, 2007 19 – 45 s. ISBN 80-7157-655-7.
- [50] POKORNÝ, J. Výskyt, tvorba a význam trans nenasycených mastných kyselin v naší stravě. *Výživa a potraviny*, 2004, č. 5. 121s.
- [51] WILIAMS, CH., THOMPSON, A. SHAW D. *Update on trans fatty acids and health*. Position statement by the Scientific Advisory Comitee on Nutrition. 2007, 1 – 76 p.
- [52] ANDĚL, M., DLOUHÝ, P. Margaríny a ateroskleróza. *Vesmír*. 2006, č. 11. [online] [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://casopis.vesmir.cz/clanek/margariny-a-ateroskleroz>
- [53] BRÁT, J. Transizomery mastných kyselin. *Výživa a potraviny*. 2004, č. 6, 144 – 146 s.
- [54] DLOUHÝ, P., DOSTÁLOVÁ, J., ANDĚL, M. Transizomery mastných kyselin ve výživě jako rizikový faktor aterosklerózy. *DMEV*. 2009, č. 4, 201 – 207 s.
- [55] KUBÍKOVÁ, K., DLOUHÝ, P. Chrání nás legislativa před trans mastnými kyselina-mi? *DMEV*. 2006, č. 4, 203 – 204 s.
- [56] AMBROZOVA, J., MISURCOVA L., VICHA, R. ET AL. *Influence of Extractive Solvents on Lipid and Fatty Acids of Edible Freshwater Algal and Seaweed Products, the Green Microalga Chlorella kessleri and the Cyanobacterium Spirulina platensis*. *Molecules*: [online] 2014, **19**(2), 2344-2360 [cit. 2016-04-08]. DOI:10.3390/molecules19022344. ISSN 1420-3049. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/1420-3049/19/2/2344/>
- [57] THOMPSON, GUY A. *Lipids and membrane Function in green algae*. Department of Botanym University of Texas, Austin. 1996. 21 – 29p.

- [58] LOVSTAD, S. AND KRAAN, S. *Bioactive compounds in seaweed: Functional food applications and legislation*. Springer Science, 2011. DOI 10.1007/ss10811-010-9632-5.
- [59] PETKOV, G. AND GARCIA, G. Which are fatty acids of the green alga *Chlorella*? *Biochemical Systematics and Ecology* 35. 2007. 281 p.
- [60] FLEURENCE, Joël, Geneviève GUTBIER, Serge MABEAU a Claude LERAY. Fatty acids from 11 marine macroalgae of the French Brittany coast. *Journal of Applied Phycology*. 1994, 6(5-6), 527-532. DOI: 10.1007/BF02182406. ISSN 0921-8971. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/BF02182406>
- [61] GEELS G. L, BISHOP, K. S., FERGUSON, L. R. *Cancer Risk and Eicosanoid Production: Interaction between the Protective Effect of Long Chain Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acid Intake and Genotype*. *Journal of Clinical Medicine* [online] 2016, 5(2), 25- [cit. 2016-04-19]. DOI: 10.3390/jcm5020025. ISSN 2077-0383. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2077-0383/5/2/25>
- [62] CARDOZO, K. H. M, ET AL. *Metabolites from algae with economical impact*. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part C*. 2007, 3p.
- [63] TUNCER, Sinem, Karen BISHOP a Lynnette FERGUSON. Eicosanoid pathway in colorectal cancer: Recent updates. *World Journal of Gastroenterology* [online]. 2015, 21(41), 11748- [cit.2016-04-19]. DOI: 10.3748/wjg.v21.i41.11748. ISSN 1007-9327. Dostupné z: <http://wjgnet.com/1007-9327/full/v21/i41/11748.htm>
- [64] JIRÁK, R. a M. ZEMAN Vliv omega-3 a omega-6 nenasycených mastných kyselin na psychické poruchy. *Česká a slovenská Psychiatrie* [online]. 2007, 103(8). 420-426 s. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.prolekare.cz/ceska-slovenska-psychiatrie-clanek/vliv-omega-3-a-omega-6-nenasychenych-mastnych-kyselin-ny-psychicke-poruchy-4422>
- [65] HAWKEY, Elizabeth a Joel T. NIGG. Omega-3 fatty acid and ADHD: Blood level analysis and meta-analytic extension of supplementation trails. *Clinical Psychology Review* [online]. 2014, 34(6), 496-505 [cit. 2016-04-20]. DOI: 10.1016/j.crp.2014.05.005. ISSN 02727358. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0272735814000749>

- [66] KARDIOVASKULÁRNÍ ONEMOCNĚNÍ: *Ateroskleróza* [online] [cit. 2016-04-26].
Dostupné z:
<https://sites.google.com/site/kardiovaskularnionemocneni/home/ateroskleroz>
- [67] TUNCER, Sinem a Joel T. NIGG. Eicosanoid pathway in colorectal cancer: Recent updates. *World Journal of Gastroenterology* [online]. 2015, **21**(41), 11748- [cit. 2016-04-20]. DOI: 10.3748/wjg.v21.i41.11748. ISSN 1007-9327. Dostupné z <http://www.wjgnet.com/1007-9327/full/v21/i41/11748.ht>.
- [68] FIALA, J. Výživa a riziko rakoviny – část I: Základní principy. *Výživa a potraviny*. 2004, č. 1, 16 – 19 s.; 30 – 33 s.; 86 – 87 s.; 114 – 116 s.
- [69] DLOUHÝ, P. Tuky ve výživě. *Postgraduální medicína*. 20017, č. 8. [online] [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/tuky-ve-vyzive-323593>
- [70] EUFIC: Bližší pohled na nasycené tuky. *Potraviny dneška*. 2009, č. 3. [online] [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.eufic.org/article/cs/nutrition/fats/artid/Blizsi-pohled-nasycene-tuky>
- [71] FOSTER, R., WILIAMSON, C., LUNN, J. Culinarz oils and their health effects. *Nutrition Bulletin*, 2009, 4. 1, 4 – 47 p.
- [72] VYHNÁNKOVÁ, L. PUFA omega-3 a jejich působení. *Pediatric pro praxi*. 2007, č. 3, 140 – 143 s.
- [73] WILIAMS, CH., THOMPSON, A., SHAW, D. Update on trans fatty acids and health. Position statement by the Scientific Advisory Comitee in Nutrition. 2007, 1 – 76 p.
- [74] POMPÉIA, C., L.R. LOPES, C.K. MIYASAKA, J. PROCÓPIO, P. SANNOMIYA a R. CURI. Effect of fatty acids on leukocyte function. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2000, **33**(11), 1255-1268. DOI: 10.1590/S0100-879X2000001100001. ISSN 1678-4510. Dostupné také z:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext
- [75] ŠIMEK, J. Vliv výživy na krevní sraženiny v podmínkách aterosklerózy. *Výživa a potraviny* 1998, č. 3, 77 s.
- [76] ŠTULC, T. Aterogeneze a její patogenické mechanismy [online][cit. 2016-04-26]. Dostupné z: http://kardiologickeforum.cz/pdf/kf_06_03_04.pdf

- [77] MIŠURCOVÁ, Ladislava, Jarmila AMBROŽOVÁ a Dušan SAMEK. *Seaweed Lipids as Nutraceuticals* [online]. s. 339 [cit. 2016-05-04]. DOI: 10.1016/B978-0-12-387669-0.00027-2. Dostupné z:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123876690000272>
- [78] MOUREK, Jindřich. *Mastné kyseliny Omega-3: zdraví a vývoj*. 2., rozš. vyd. Praha: Triton, 2009. ISBN 978-80-7387-310-3.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Seznam použitých symbolů a zkratek

AA – Arachidonic acid (Kyselina arachidonová)

Acetyl – CoA – acetyl koenzym A

ADHD – Attention Deficit Hyperactivity Disorder – (porucha pozornosti)

ALA – α – linolenic acid (α – linolenová kyselina)

CGF – Chlorella growth factor (Chlorella růstový faktor)

COX – Cyklooxygenáza

CVD – Cardiovascular Disease (Kardiovaskulární onemocnění)

D5D – Delta 5 desaturáza (enzym)

D6D – Delta 6 desaturáza (enzym)

DHA – Dokosaheptaenoic acid (Kyselina dokosaheptaenová)

E5 – Elongáza (enzym)

EFA – Essential fatty acids (Esenciální mastné kyseliny)

EPA – Eicosapentaenoic acid (Kyselina eikosapentaenová)

E_{RDI} – Energy recommended dietary intakes (Doporučený energetický příjem)

HDL cholesterol – High density lipoprotein (Vysoká hustota lipoproteinu)

CHD – Coronary Heart Disease (Koronární srdeční onemocnění)

ICHS – Ischemická choroba srdeční

LA – Linoleic acid (Kyselina linolová)

LCFA – Long chain fatty acids (Kyseliny s dlouhým řetězcem)

LDL cholesterol – Low density lipoprotein (Nízká hustota lipoproteinu)

MCFA – Medium chain fatty acids (Kyseliny se středně dlouhým řetězcem)

MK – Mastné kyseliny

MUFA – Monounsaturated fatty acids (Mononenasyčené mastné kyseliny)

NMK – Nasyčená mastná kyselina

NNMK – Nenasycená mastná kyselina

PUFA – Polyunsaturated fatty acids (Polynenasycené mastné kyseliny)

SCFA – Short chain fatty acids (Kyseliny s krátkým řetězcem)

TMK – Trans mastné kyseliny

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Stavba buňky sinice</i> [4].....	13
<i>Obr. 2. Stavba buňky sinice</i> [4].....	13
<i>Obr. 3. Rozmnožování sinic</i> [5]	13
<i>Obr. 4. Arthrospira platensis</i> [9]	14
<i>Obr. 5. Druhy stélek</i> [14]	16
<i>Obr. 6. Porphyra tenera</i> [19].....	18
<i>Obr. 7. Laminaria japonica</i> [24]	19
<i>Obr. 8. Eisenia bicyclis</i> [26]	20
<i>Obr. 9. Undaria pinnatifida</i> [28]	20
<i>Obr. 10. Chlorella pyrenoidosa</i> [31]	21
<i>Obr. 11. Obecná rovnice chemické stavby mastných kyselin (n=12 myristová, n=14 palmitová, n=16 stearová)</i> [35].....	24
<i>Obr. 12. Vzorec kyseliny olejové</i> [35].....	25
<i>Obr. 13. Obecný vzorec omega-3 MK (m = 2 – 6, n = 2 – 6)</i> [35].....	26
<i>Obr. 14. Obecný vzorec omega-6 MK (m = 2 – 6, n = 2 – 5)</i> [35].....	26
<i>Obr. 15. Syntéza polynenasycených mastných kyselin přes dráhy omega-3 a omega-6</i> [61]	30
<i>Obr. 16. Syntéza kyseliny eikosapentaneové</i> [62].....	31
<i>Obr. 17. Průběh aterosklerózy</i> [67].....	38

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Základní složení řas (% v sušině) [6]</i>	22
<i>Tab. 2. Přehled a názvy MK [78]</i>	27
<i>Tab. 3. Přehled mastných kyselin z celkového obsahu lipidů u některých druhů zelených řas [%] [57]</i>	29
<i>Tab. 4. Úmrtnost CHD (koronární srdeční onemocnění) a CVD (kardiovaskulární onemocnění) a příjem celkových tuků, nasycených mastných kyselin, mononenasycených mastných kyselin a polynenasycených kyselin u dospělých v různých zemích [32]</i>	34