

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI
PEDAGOGICKÁ FAKULTA**

Katedra biologie



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Sinice a řasy v potravě člověka a zvířat

Adéla Černá

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Šinice a řasy v potravě člověka a zvířat“ vypracovala samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále prohlašuji, že tato bakalářská práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Olomouci 2024

.....

Černá Adéla

Poděkování

Mé poděkování patří paní doktorce, Mgr. Evě Jahodářové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, vstřícný přístup, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování mé bakalářské práce věnovala.

Jméno a příjmení:	Adéla Černá
Katedra:	Katedra Biologie
Vedoucí práce:	Mgr. Eva Jahodářová, Ph.D.
Rok obhajoby:	2024

Název práce:	Sinice a řasy v potravě člověka a zvířat
Název v angličtině:	Cyanobacteria and algae in human and animal food
Zvolený typ práce:	Rešerše
Anotace práce:	V bakalářské práci se zaměřuji na využití sinic a řas v různých formách potravy pro lidi a zvířata. V úvodní části se zabývám stručnou charakteristikou těchto skupin a jejich vymezením. Dále se věnuji konkrétním zástupcům, a to i vzhledem k historii jejich využití. Kromě používání sinic a řas v potravě se v bakalářské práci zabývám také kultivací těchto organismů včetně možnými riziky, která jsou spojena s jejich konzumací.
Klíčová slova:	Sinice, řasy, doplňky stravy, krmivo
Anotace v angličtině:	In my bachelor thesis I focus on the use of cyanobacteria and algae in different forms of food for humans and animals. In the introductory part I deal with a brief characterization of these groups and their definition. I then discuss specific representatives, also with regard to the history of their use. In addition to the use of cyanobacteria and algae in food, my thesis also deals with the cultivation of these organisms, including the potential risks associated with their consumption.
Klíčová slova v angličtině:	Cyanobacteria, Algae, food supplements, feed
Rozsah práce:	58 stran
Jazyk práce:	Český jazyk

Podklad pro zadání BAKALÁŘSKÉ práce studenta

Jméno a příjmení: Adéla ČERNÁ
Osobní číslo: D210097
Adresa: Lhenická 170/8, Praha – Cholupice, 14300 Praha 412, Česká republika
Téma práce: Sinice a řasy v potravě člověka a zvířat
Téma práce anglicky: Cyanobacteria and algae in human and animal food
Jazyk práce: Čeština
Vedoucí práce: Mgr. Eva Jahodářová, Ph.D.
Katedra biologie

Zásady pro vypracování:

Bakalářská práce se formou rešerše zaměří na využívání řas a sinic v potravě lidí a zvířat. Součástí práce bude základní charakteristika sinic a řas, budou zde uvedeny konkrétní druhy, které se ke konzumaci využívají. Rovněž budou zmíněny látky mající vliv na organismus a jejich pozitivní či možné negativní účinky. V neposlední řadě bude bakalářská práce zahrnovat zmínku o historickém využití řas a sinic v potravě.

Seznam doporučené literatury:

- BECKER, E. W. (2007). *Micro-algae as a source of protein. Biotechnology advances*, 25:207-210.
- GANTAR, M., SVIRČEV, Z. (2008). *Microalgae and cyanobacteria: food for thought. Journal of Psychology*, 44:260-268.
- HASAN, M. R. (2008). *A review on culture, production and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. Viale delle Terme di Caracalla, Rome, Italy. 33 s. ISBN: 978-92-5-106106-0.*
- KOMÁREK, J., KAŠTOVSKÝ, J., MAREŠ, J., JOHANSEN, J.R. (2014) *Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. [online] Preslia* 86: 295-335.
- MASOJÍDEK, J., LHOTSKÝ, R., KOPECKÝ, J., PÁŠIL, O. (2016). *Mikrořasy – solární továrna v jedné buňce. Středisko společných činností AV ČR.*
- MUTOTI, M., GUMBO, J. (2022). *Occurrence of cyanobacteria in water used for food production: A review. [online]. Physics and Chemistry of the Earth* 125: 103101.
- NOVA, P., MARTINS, A. P., TEIXEIRA, C., ABREU, H., SILVA, J. G., SILVA, A. M., GOMES, A. M. (2020). *Foods with microalgae and seaweeds fostering consumers health: A review on scientific and market innovations. Journal of Applied Phycology*, 32:1789-1802.
- PATHAK, J., MAURYA, P.K., SINGH, S.P., HÄDER, D.P., SINHA, R.P. (2018). *Cyanobacterial Farming for Environment Friendly Sustainable Agriculture Practices. Frontiers in Environmental Science*, 6: 7.
- VIGANI, M., PARISI, C., RODRÍGUEZ-CEREZO, E., BARBOSA, M. J., SIJTSMA, L., PLOEG, M., ENZING, C. (2015). *Food and feed products from micro-algae: Market opportunities and challenges for the EU. Trends in Food Science & Technology*, 42:81-92.
- WELLS, M. L., POTIN, P., CRAIGIE, J. S., RAVEN, J. A., MERCHANT, S. S., HELLIWELLELLI, K. E., BRAWLEY, S. H. (2017). *Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. Journal of applied phycology*, 29:949-982.

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Cíle práce	9
3. Charakteristika sinic a řas	10
3.1. <i>Sinice (Cyanobacteria)</i>	10
3.2. <i>Řasy (Algae)</i>	12
4. Historie – jak se sinice a řasy využívaly v minulosti v potravě?	14
4.1. <i>Řasy v asijských zemích jako tradiční surovina</i>	17
4.2. <i>Historické využívání řas a sinic v Evropě</i>	18
5. Bioaktivní látky obsaženy v sinicích a řasách.....	20
6. Nejvýznamnější sinice a řasy využívány v potravě člověka	21
6.1. <i>Arthrospira (Spirulina)</i>	21
6.2. <i>Nostoc commune</i>	23
6.3. <i>Haematococcus pluvialis</i>	24
6.4. <i>Dunaliella salina</i>	25
6.5. <i>Chlorella vulgaris</i>	26
6.6. <i>Laminaria ochroleuca</i>	28
6.7. <i>Laminaria digitata</i>	29
6.8. <i>Undaria pinnatifida</i>	30
6.9. <i>Gelidium corneum</i>	31
6.10. <i>Chondrus crispus</i>	33
7. Rizika spojená s konzumací sinic a řas	34
7.1. <i>Cyanotoxiny</i>	35

8.	Sinice a řasy v krmivech pro zvířata	37
8.1.	<i>Sinice a řasy v krmivech hospodářských zvířat.....</i>	37
8.2.	<i>Sinice a řasy v krmivech domácích mazlíčků.....</i>	38
8.3.	<i>Řasy a sinice v akvakultuře.....</i>	38
9.	Kultivace sinic a řas	40
9.1.	<i>Algatech</i>	42
9.2.	<i>Algamo s.r.o.</i>	44
10.	Závěr.....	45
	Bibliografie.....	46
	Internetové zdroje	57

1. Úvod

Sinice a řasy jsou považovány za jedny z nejstarších organismů na naší planetě Zemi a jejich úloha v ekosystémech je nezaměnitelná. Význam obou skupin určuje skutečnost, že jsou primárními producenty a přeměňují sluneční energii a oxid uhličitý na organické látky. To z nich dělá základní zdroje energie a organické hmoty pro další organismy. Jsou tedy důležitou složkou potravního řetězce (Kalina & Váňa, 2005; Knoll, 2008).

Již od nepaměti jsou sinice a řasy konzumovány lidmi, a to včetně pro jejich léčebné využití. V dnešní době jsou mimo tradičních jídel obsaženy hlavně v doplňcích stravy, které jsou z nich vyráběny. Je tomu tak především pro vysoký obsah proteinů, vitaminů a dalších bioaktivních látek. Tyto látky jsou přínosné nejen pro lidský organismus, ale můžeme se setkat s využitím těchto produktů i v krmivech pro zvířata (seaweed.ie, 2024; Kanta & Kantová, 2001).

Předložená bakalářská práce formou rešerše formuluje poznatky o využívání sinic a řas v potravě člověka a zvířat z historického pohledu, ale také se zabývá jejich aktuálním využitím. Pro dnešní dobu jsou typické různé doplňky stravy, které se ze sinic a řas vyrábějí. Mimo pozitivní nutriční a léčebné účinky, však mohou mít sinice a řasy také nežádoucí účinky, které jsou způsobeny škodlivými látkami, jež obsahují. Jelikož se trh s doplňky stravy mimořádně rozrůstá, neustále se rozvíjí i kultivace řas a sinic, na čemž se podílí i výzkumná centra na území České republiky.

2. Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je zjistit jaké řasy (makroskopické i mikroskopické) a sinice se vyskytují v potravě člověka a zvířat.

Pro bakalářskou práci jsou stanoveny tyto cíle:

- Charakteristika sinic a řas.
- Historické využití sinic a řas v potravě lidí.
- Vymezení konkrétních zástupců v potravě člověka a jejich účinné látky na lidský organismus. Uvedení konkrétních způsobů konzumace a produktů vyráběných z řas a sinic (pokrmů, doplňky stravy atd.). Upozornění na možná rizika spojená s konzumací řas a sinic.
- Uvedení konkrétních sinic a řas, které se přidávají do krmiv zvířat a uvedení jejich účelu v tomto odvětví.

3. Charakteristika sinic a řas

Skupina řasy a sinice neutvářejí v rámci botanické nomenklatury taxonomicky oficiální skupinu. Řasy jsou polyfyletickou kategorií, která zahrnuje řadu skupin s nepřibuznými vztahy. Hlavní rozdíl mezi sinicemi a řasami je takový, že sinice jsou prokaryotní organismy a řasy eukaryotní organismy. Navzájem je však spojuje ekologie z pohledu životního prostředí. Jejich evoluce je však odlišná (Falkowski, 2004; Christensen, 1990; Cavalier-Smith, 2007). Věda zabývající se řasami a sinicemi se nazývá algologie (Kalina, Váňa, 2005).

Sinice (Cyanobacteria) jsou z hlediska vývoje považovány za jeden z nejstarší živých autotrofních organismů syntetizující organické látky z anorganických látek pomocí slunečního záření. Jejich stáří se odhaduje na 2,5 až 3,5 miliardy let (Kalina, 1994).

Řasy (Algae) jsou oproti sinicím vývojově mladší (jejich stáří se odhaduje na 1,6 miliardy let). I přes odlišnost obou těchto organismů, které nám umožňují vnímat je jako dvě odlišné skupiny, mají důležitou společnou vlastnost. Tou je schopnost fotosyntézy (tuto schopnost mají společnou i s vyššími rostlinami) pomocí níž jsou primárními producenty a mimo jiné tvoří i velké množství kyslíku (sinice.cz, 2024).

Během evoluce byla sinice postupně začleněna do buněk až vznikla nová organela plastid. V minulosti se myslelo, že se tak stalo ze symbiotických příčin. Dnes však víme, že to byl evoluční krok fotosyntetických eukaryot. Analýzou DNA bylo zjištěno, že chloroplasty, které se vyskytují v řasách jako jsou Rhodophyta, Glaucophyta, Chlorophyta, Streptophyta, jsou příbuzné sinicím jak strukturou, tak funkcí chloroplastu (Martin & Kowallik, 1999; Gould, Waller & McFadden, 2008; Keeling, 2004). Chloroplasty a rovněž i mitochondrie vznikly procesem, který je dnes známý jako endosymbióza. Tato teorie spočívá v předpokladu, že chloroplasty byly samostatnými prokaryotickými organismy (byly podobní dnešním sinicím) a byly pohlceny větší eukaryotickou buňkou. Prokaryotická buňka nebyla strávená, ale vznikl zde symbiotický vztah (Gray, Burger & Lang, 1999). Postupem času se staly nedílnou součástí hostitelské buňky a začlenily se do ní jako organela. Schopnost fotosyntézy se později rozšířila mezi další eukaryotické organismy – formou sekundární a terciální endosymbiózy (Burki et al., 2020).

3.1. Sinice (Cyanobacteria)

Sinice (Cyanobacteria) představují velmi rozmanitou skupinu prokaryotických organismů. Vyskytují se téměř ve všech ekosystémech na Zemi (Woes et al., 1990, Cavalier-Smith, 2002). Jedná se o prokaryotní autotrofní organismy, které jsou schopné fotosyntézy. Ta je umožněna

díky fotosyntetickým pigmentům, které mají uložené ve fykobilizonech a v tylakoidech (Kalina & Váňa, 2005). Sinice obsahují pigment chlorofyl, ale mimo ten obsahují ještě další fotosyntetická barviva – pigmenty. Významným je fykocyanin, díky kterému mají sinice modro-zelenou barvu (Zwirgmaier et al., 2007). Atmosféra na Zemi vznikla již před miliardami lety. Byla ovšem bez kyslíku, z velké části byla tvořena oxidem siřičitým, oxidem uhelnatým, oxidem uhličitým a také metanem. Díky schopnosti fotosyntézy začaly sinice tvořit jako odpadní produkt kyslík. Tím se změnilo složení atmosféry, která začala být okysličená a která je na Zemi i dnes. Můžeme tedy říci, že schopností fotosyntézy se sinice podílely na rozšíření života na naší planetě nejen ve vodě, ale významně napomohly rozšířit život i na souši (Hamilton et al., 2016).

Jako jediný zdroj energie je pro sinice světlo. Stavba buňky sinic je vcelku jednoduchá. Sinice nemají pravé jádro, jejich buněčná stěna je tvořena peptidoglykany, často obsahují malé kruhové DNA, které se nazývají plazmidy. Organely, které nemají sinice, ale eukaryotické buňky je mají jsou: již zmiňované pravé jádro, které je obalené jadernou membránou, DNA v chromozomech (sinice mají odlišné chromozomy – jsou kruhové a převážně haploidní, kdežto eukaryota mají hlavně diploidní chromozomy), mitochondrie, endoplazmatické retikulum. Liší se i buněčná stěna, která je u rostlinných eukaryotických buněk celulózní (živočišná buňka je zcela bez buněčné stěny). Naopak jsou v sinicích přítomny ribozomy. Stavba jejich stélky může být vláknitá i jednobuněčná (Kalina & Váňa, 2005; Murat, Byrne & Komeili, 2010). Sinice často tvoří kolonie, ale jsou schopné existovat i samostatně. Rozmnožují se nepohlavně (Maršálek, 2005). Na jejich povrchu se vyskytuje několikvrstevná buněčná stěna. Dále se na jejich povrchu nachází slizová vrstva, která se nazývá glykokalyx a je tvořena lipopolysacharidy (Jankovský, 1997; Kalina & Váňa, 2005).

Sinice můžeme najít především ve vodním prostředí, ale v menší míře se mohou vyskytovat i v půdě. Jsou schopné přežít i extrémní podmínky jako jsou vysoké či nízké teploty, mezní hodnoty pH nebo salinitu (Kalina & Váňa, 2005). Ve všech těchto prostředí produkují velké množství látek, kterými zasahují i do okolního prostředí. Jedná se o látky jako jsou organické kyseliny, enzymy nebo antibiotika. Ale mimo to mohou produkovat toxiny, které jsou často pro lidský organismus nebezpečné. Nebezpečí nastává například při přemnožení sinic v pitných vodách či ve vodních plochách, které jsou lidmi využívány k rekreačním účelům, jako jsou koupaliště, jezera nebo rybníky (Maršálek, 2005). Lidská kůže na sinice ve většině případů reaguje podrážděním a nepříjemnou vyrážkou (Kalina & Váňa, 2005).

Mnoho zástupců sinic má nezaměnitelný kladný význam ve vodním prostředí. Mezi ně patří například samočisticí účinky (filtrace vody) nebo napomáhají oběhu živin. Zástupci jako

Anabaena nebo *Microcystis* jsou obsaženy v biomasách chovných rybníků právě pro tyto účely (Chopin & Sawhey, 2009). Mezi nebezpečné druhy patří například *Aphanizomenon*, tento rod produkuje velmi jedovaté sekundární metabolity, které způsobují vymírání ryb (Fott, 1956).

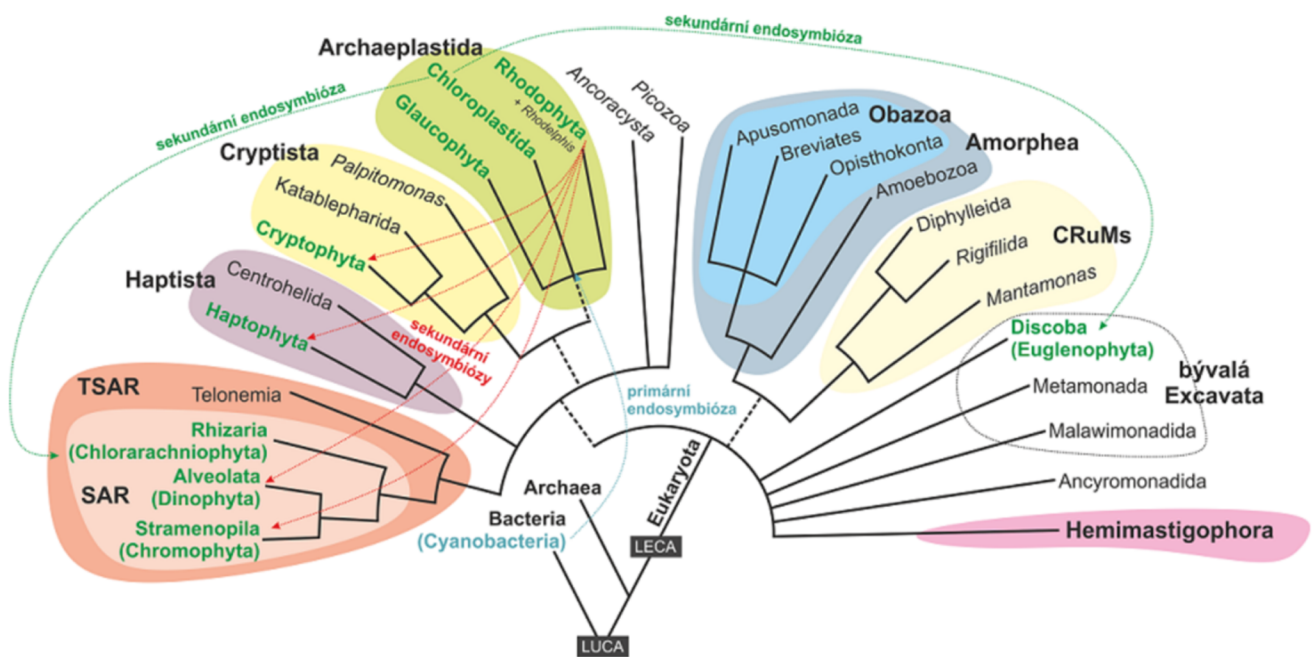
Vzhledem k tomu, že sinice obsahují velké množství proteinů, začaly se hojně využívat v doplňcích stravy a jsou součástí různých dietních plánů. Pro tyto účely se využívá zejména jeden konkrétní druh *Arthrospira*, který je širší veřejnosti jinak znám jako *Spirulina* (Chopin & Sawhey, 2009). Velké množství biologicky aktivních látek mají také sinice rodu *Nostoc*, ty se také již v minulosti využívaly jako léčiva (Kalina & Váňa, 2005).

3.2. Řasy (Algae)

Řasy (odborně Algae) jsou především fotoautotrofní organismy. Jedná se o skupinu velmi rozmanitých organismů, ať už sladkovodních, tak i mořských. Stejně jako sinice tak i řasy obsahují fotosyntetická barviva. Nejhojnější a nejdůležitější je barvivo chlorofyl, dále se u řas vyskytují fotosyntetická barviva zvaná karotenoidy, do kterých patří skupina karoteny a skupina xantofyly (Kalina & Váňa 2005). Řasy se vyskytují převážně ve vodním prostředí, ale mimo něj existují například na vlhkých místech jako jsou skály nebo půda (Kalina & Váňa, 2005; oko.yin.cz, 2024).

Skupina řasy je velmi morfologicky rozmanitá. Jedná se o jednobuněčné nebo mnohobuněčné organismy. Liší se i svou velikostí, ta může být od pár mikrometrů až po několik desítek metrů. Rozmnožování u řas probíhá nepohlavně i pohlavně. Nemají pravé kořeny, listy ani stonky, jejich tělo je tvořeno stélkou. Společný předek u řas není znám. Do skupiny řas je zahrnováno přibližně 30 tisíc druhů. Pod pojem řasy zahrnujeme navzájem nepříbuzné linie, které spadají do různých superskupin v rámci fylogeneze eukaryot (Obrázek 1) (sinice.cz, 2024; Douglas, Raven & Larkum, 2003; Burki et al., 2020).

Z každé skupiny je řada zástupců využívána pro potravinářský průmysl (McHugh, 2003). Stejně jako sinice jsou i řasy významným zdrojem vitamínů, minerálů a antioxidantů. A díky těmto vlastnostem jsou vhodné jako doplňky stravy. Obsahují velké množství minerálů, a proto mají také potenciál v zemědělství ve výrobě krmiv pro zvířata (Kovač, 2013).



Obrázek 1: Fylogenetický strom, Burki et al., 2020 (dostupné z: <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S0169-5347%2819%2930257-5>, 8.6. 2024).

4. Historie – jak se sinice a řasy využívaly v minulosti v potravě?

Sinice a řasy měli pro lidstvo velký význam již od nepaměti. Lidstvo je pro své účely používá už tisíce let, takže lze předpokládat, že již v minulosti byly známy jejich léčivé účinky, díky čemuž byly přidávány do pokrmů nebo se využívaly samostatně jako léčiva (Mouritsen et al, 2024). S vývojem vědy se začal zájem o tyto organismy rozvíjet, a to tím spíše, že byly zjištěny a doloženy jejich příznivé účinky a vlivy na lidský organismu. V mnoha přímořských státech, jako je Irsko, Japonsko nebo i Řecko, se řasy používají v tradičních jídlech. O cíleném pěstování některých druhů máme dokonce písemné zmínky již ze 17. století (Kalina & Váňa, 2005, Mouritsen et al., 2024).

Mořské řasy jsou ideální pro stravu člověka, protože obsahují všechny potřebné látky: bílkoviny, minerály, vitamíny. Kvůli nízkým kalorickým hodnotám je však lidé ani zvířata nemohou konzumovat jako samostatnou plnohodnotnou potravinu, což se týká také sinic (Mouritsen, 2024).

První doklady o využívání řas lidmi pro konzumaci jako potravinu nebo možná i jako léčivo, se datuje již před 14000 lety v oblasti Monte Verde v Chile. Dle archeologů zde původní obyvatelé byli schopni používat až dvě desítky druhů řas, které byly objeveny v podobě zkamenělin a fosilií řas u pobřeží. Nalezeny zde byly i zbytky stélek v ohništích, pozůstatky různých mořských řas se nacházely rovněž na kamenných nástrojích, které zde byly také nalezeny (Dillehay et al., 2008; Mouritsen 2013).

Lidé často využívali řasy a sinice v dobách, kdy je zasáhla nějaká tíživá situace třeba jako hladomor či válka. V těchto těžkých chvílích řasy lidem poskytovaly nejnnutnější živiny (Pérez-Lloréns et al, 2020). Dále se řasy využívaly v oblastech, jako byly ostrovy, kde lidé neměli moc možností rozvíjet zemědělství, a tak se začali spoléhat na to, co měli nejbližší, tedy na moře a jeho produkty, mezi něž patřily právě řasy (Johnston, 1966).

Nejvíce se mořské řasy jako jedna z hlavních potravních surovin využívaly v asijských zemích (hlavně v Japonsku, Koreji a Číně). V těchto zemích se tradice využívání řas v gastronomii drží dodnes a v některých případech se tyto druhy pokrmů globálně šíří, o čemž svědčí například obliba japonského sushi. Právě v Japonsku se přibližně osm druhů řas tradičně využívá již od 8. století k přípravě pokrmů. Mezi nejvíce využívané druhy se považuje druh *Porphyra*, který je známý jako řasa Nori, druh *Laminaria* (čepelatka) známější pod jménem řasa Kombu a v poslední řadě řasa Wakame, tento druh se odborně nazývá *Undaria pinnatifida* (seaweed.ie, 2024; Feng 2012).

Další zemí, kde se historicky využívají řasy je Irsko. Sběr řas je v této zemi tradicí, která se zde provozuje již přes 300 let. Můžeme tedy říci, že tato činnost zasahuje i do kulturního a socioekonomického habitu země (Hession et al, 1998; Macken-Walsh, 2009).

Zpracování a sběr řas se v Irsku za posledních 20 let nezměnil. Díky tomu je tato země jedním z nejsilnějších a největších producentů mořských řas v Evropě. Nejčastější druh, který se zde od roku 1966 sklízí je *Ascophyllum nodosum* (Obrázek 2). I dnes je většina řas sbírána tradičním způsobem, a tedy ručním sběrem. Sklízeči řas využívají ke sběru čas odlivu, kdy pomocí srpu nebo malého nože řasy odřezávají. Na přelomu tisíciletí bylo na pobřeží Irska sklizeno více jak 36 tisíc tun *Ascophyllum nodosum* (to je více jak 10 % celkové evropské produkce mořských řas pro potravinářské účely). Pokud jsou plochy silně využívány ke sběru řas, jsou poté na pár let ponechány bez sběru (někdy až na 7 let), aby zde mohlo dojít k obnově růstu a regeneraci řas (Guiry & Morrison, 2013; Baardseth, 1970).



Obrázek 2: Řasa *Ascophyllum nodosum*, M.D. Guiry (dostupné z: https://www.seaweed.ie/descriptions/Ascophyllum_nodosum.php, 6.4. 2024).

Dalším velmi hojným a výrazným druhem mořských řas, který se sbírá v Irsku, je *Laminaria hyperborea* (Obrázek 3). Sklizeň této řasy byla pro irské obyvatelstvo nejvýznamnější od poloviny 18. století. Této pozornosti se druh těšil zhruba po dobu 100 let. Hlavním důvodem, proč se tento sběr stal tak důležitým bylo získání práce pro místní obyvatelstvo (Forsynthe, 2006). V dnešní době se začíná opouštět od tradičního ručního sběru tohoto druhu řas, který nahrazuje sběr pomocí lodí, na kterých jsou umístěny speciální hrábě. Jedním z hlavních důvodů je zvýšení komerčního využívání řas, a tudíž je nutností sbírat větší

množství biomasy, které je více náročné a ruční sběr v tomto případě nelze uplatňovat (Ugarte et al., 2006).

Ze sinic se v minulosti globálně nejvíce využívala *Spirulina*. Na území Mexika byla tato sinice dle kronik používána kolem roku 1300 n. l. místními obyvateli Aztéky. Okolo jezera Čad v Africe byla *Spirulina* (zde známá také jako *dihé*) surovinou pro každodenní užívání (García, De Vicente & Galán, 2017). I dnes je v této oblasti využívána domorodci jako jedna ze základních potravin. V posledních letech je velká poptávka po této sinici v podobě krmiv pro zvířata (Belay, Miyakawa & Shimamatsu, 1994; Belay, Kato & Ota, 1996).

Další významnou sinicí, která má využití již z historie je vláknitá sinice rodu *Nostoc*. Tato sinice byl tradičně konzumována v zemích jako jsou Čína, Mongolsko či Jižní Amerika. Nejběžnějšími konzumovanými druhy jsou *Nostoc commune*, *Nostoc flagelliforme*, *Nostoc punctiforme*. Jsou rovněž známé pod názvy *fa cai* nebo *lakeplum* (García, De Vicente & Galán, 2017).



Obrázek 3: Řasa *Laminaria hyperborea* (dostupné z: <https://eol.org/pages/921870/media>, 6.4. 2024).

4.1. Řasy v asijských zemích jako tradiční surovina

Jak již bylo výše zmíněno, řasy se v asijských zemích už po staletí využívají jako surovina do tradičních pokrmů. Nejvíce využívanými řasami k přípravě pokrmů jsou převážně hnědé a červené řasy. Z hnědých řas to jsou druhy *Undaria pinnatifida*, *Hizikia fusiforme* a rod *Laminaria*. Tyto řasy jsou využívány v sušené podobě. Z rodu *Laminaria* se kombinací více druhů vyrábí Kombu, které se často označuje také jako Kelp (tato směs řas se používá do polévek, konzumuje se samostatně nebo se drtí a používá se jako koření převážně do pokrmů s rýží). Výjimkou ale není ani používání čerstvých řas. Ty jsou konzumovány hlavně v salátech, podobně jako u nás salátová zelenina. K této úpravě jsou používány rody *Caulerpa*, *Euclima* či *Gracilaria* (Nisizawa, Noda & Watanabe, 1987). Takový typický tradiční a dnes populární pokrm, který má dosah i mimo Asii, je pokrm sushi. Jedná se o tradiční jídlo původem z Japonska. Do většího povědomí se sushi dostalo po celém světě během 20. století. Nejznámějším druhem sushi je takzvané *Maki* – jedná se o srolovanou rýži s mořskou řasou Nori (Feng, 2012). Sushi, jako styl jídla, se začalo uplatňovat již v 7. století, kdy bylo využíváno ke konzervaci ryb. K této konzervaci ryb v rýži bylo potřeba dostatečné množství soli, kdy ryba po nějaké době začala kvasit. Po několika týdnech byla ryba připravená ke konzumaci, avšak rýže obalená v řase se tehdy nejedla (Feng, 2012). K přípravě tohoto pokrmu se nejčastěji využívá již zmiňovaná řasa Nori. Tomuto jídlu dodává prospěšnost zdraví hned z několika důvodů. Prvním důvodem je, že obsahuje velmi málo kalorií. Naopak oproti tomu má velké množství minerálních látek jako například vápník, fosfor, jód a železo. Dále obsahuje řadu vitamínů (hlavně A, B1, C, E). Řada ze zmíněných látek je obsažena v pokrmu zásluhou řasy. Nicméně by si konzumenti sushi měli dávat pozor, protože tento pokrm obsahuje syrové suroviny (hlavně mořské plody), které sebou nesou zvýšené riziko mikrobiologických nebezpečí (Feng, 2012).

Dalším tradičním asijským jídlem je polévka miso, která je původem z Číny, kde se tento pokrm připravoval již kolem roku 600 n. l. Tato polévka se vyskytuje napříč celé Asie, ale každá země pro ni má svůj název (v Japonsku se jedná o miso polévku, ale třeba v Číně se pokrm jmenuje chiang). Do této polévky se přidává řasa známá pod jménem Wakame (*Undaria pinnatifida*). Uvařené Wakame má velmi měkkou konzistenci, a právě díky tomu se hodí k přípravě tohoto pokrmu (Saeed et al., 2022; Nisizawa, Noda & Watanabe, 1987).

Dalším asijským pokrmem je hiziki, který se připravuje z řasy *Hizikia fusiforme*. Tato řasa se tradičně suší na slunci a poté je podávána se smaženými sójovými boby, někdy se přidávají i smažené fazole (Nisizawa, Noda & Watanabe, 1987).

Japonsko je zemí, kde se v tradičních pokrmech nejvíce využívají řasy z celé Asie. Je prokázáno, že některé druhy řas mají vliv na omezení tvorby rakovinových buněk. A právě u japonských obyvatel je zjištěno, že se u nich vyskytuje daleko méně rakovina prsu a rakovina prostaty (Kodama et al., 1991).

4.2. Historické využívání řas a sinic v Evropě

V Evropě není využití řas a sinic tak tradiční a srovnatelné jako v Asii, ovšem výjimkou je zmiňované Irsko. Nicméně máme archeologické důkazy, že na území Evropy byly řasy konzumovány již v době antického Řecka, a to konkrétně za doby lékaře Hippokrata (460–370 př. n. l.). V této době byly řasy používány převážně jako léčivo (Mouritsen et al., 2019; Pereira, 2015).

Z evropských zemí byly řasy využívány k obživě v Portugalsku, Španělsku, Francii, Velké Británii, již zmiňovaném Irsku, Dánsku, Norsku a na Islandu. Postupně byly řasy zahrnuty do pokrmů nebo byly využity obyvateli na hnojení či je přidávali do krmiv svých zvířat. V Irsku, Anglii a Skotsku se tradičně konzumoval druh *Palmaria palmata* (patřící do ruduch). Tento druh se podával v polévkách či samostatně bez jiných úprav jako příloha. Využití tato řasa našla také ke žvýkání, podobně jako se žvýká tabák. Ve Středomoří byla oblíbenou řasou *Ulva lactuca* známá také jako mořský salát. Tento druh se nejvíce konzumoval v oblastech Sicílie, kde se můžeme s konzumací této řasy setkat i dnes například v sušené podobě či přímo v salátech (Pereira, 2016; Mouritsen et al., 2019; Barbier et al., 2018; Pérez-Lloréns, 2020; Baldwin, 2000; McHugh, 2003).

Hlavním důvodem konzumace řas v Irsku byl ve 40. letech 19. století hladomor, lidé tak hledali všechny možné možnosti stravování (Mokyr & O'Gráda, 2002).

Během první poloviny 20. let byly v Evropě komerčně využívány hlavně chaluhy a řasy, které byly používány k extrakci alginátů. Mezi tyto druhy patří například *Ascophyllum nodosum* (známá jako Rockweed), *Laminaria digitata*, *Chondrus crispus* (známý jako irský mech) či *Mastocarpus stellatus* sbíraný hlavně ve Francii (Kain & Dawes, 1987; Mouritsen et al., 2021). Druh *Chondrus crispus*, který se rovněž vyskytuje na území Irska, se přidává do dezertů či jiných pokrmů, které je potřeba zahustit. Působí jako zahušťovadlo díky obsahu karagenu, který má zahušťovací (gelující) účinky (Bahari et al., 2021).

I ve Walesu mají tradiční pokrm, který obsahuje řasu a je zde dokonce hlavní ingrediencí. Jedná se o řasu *Porphyra*. Tento pokrmu se jmenuje leverbread. Příprava pokrmu začíná mytím řasy a poté je několik hodin vařená, dokud nezměkne a nemá konzistenci podobnou špenátu.

Do takto upravené řasy se přidá mleté maso a ovesné vločky. Z připravené hmoty se vyrábějí placky, které se následně smaží. Placky jsou podávány jako tradiční waleská snídaně (Obrázek 4) se slaninou a vajíčkem (Adams, 2016).



Obrázek 4: Typická waleská snídaně s leverbread z řasy *Porphyra* (dostupné z: <https://www.walesonline.co.uk/whats-on/food-drink-news/how-cook-perfect-welsh-breakfast-14946791>, 10.6. 2024).

5. Bioaktivní látky obsaženy v sinicích a řasách

Mořské i sladkovodní řasy jsou významným zdrojem živin. Složení prospěšných látek se u jednotlivých zástupců může lišit, ale obecně jsou bohatým zdrojem aminokyselin, mnoha vitamínů, vápníku nebo jódu (seaweed.ie, 2024).

Mezi bioaktivní látky obsažené v sinicích a řasách patří mimo jiné proteiny. Nejvíce na ně bohaté jsou zástupci *Spirulina* a *Chlorella* (v jejich sušině je obsaženo až 70 % bílkovin). Z červených řas je na proteiny bohatý zástupce *Porphyra tenera*, i když celkový obsah proteinu v tomto zástupci je přibližně 35 %, což je o polovinu méně než ve *Spirulině* či *Chlorelle*. Jak je známo, proteiny v potravě jsou pro živé organismy důležité. Jsou tvořené z aminokyselin, které jsou důležité pro funkci nervové soustavy, pohybové soustavy nebo pro funkci hormonální soustavy (Kanta & Kantová, 2001).

Méně známou látkou, která má ovšem velký potenciál ve zdravotnictví, je borofycin. Jedná se o metabolit, který obsahuje bór a je získáván ze sinic rodu *Nostoc*. Tento metabolit působí cytotoxicky na karcinomy kůže (Singh, Kate & Banerjee, 2005). Ze sinic jsou také získávány cyanoviridiny, které jsou schopny inaktivovat vir HIV a zamezují vstupu obaleného viru do buňky (Singh, Kate & Banerjee, 2005).

Dalšími velmi důležitými bioaktivními látkami jsou polysacharidy, které jsou především významně zastoupeny u červených řas. Polysacharidy jsou hlavní složkou pro výrobu agaru, který má široké užití v potravinářství a farmacii. Mezi nejčastěji se vyskytující polysacharidy z řas a sinic patří škrob, laminarin, agar, karagenan, alginát a fukoidan (Cochen, 1999; Li et al., 2014). Fukoidan je získáván především z hnědých řas. Funguje jako antivirotikum a má protinádorové účinky. Velký zisk fukoidanu je například z řasy *Undaria pinnatifida*. Dalším polysacharidem, který je získáván z řasy *Laminaria digitata* je laminarin. Tento polysacharid působí na imunitní systém (Percival, 1979). *Spirulina platensis* obsahuje sulfatovaný polysacharid, který inhibuje replikace mnoha virů, jako například virus chřipky A nebo virus spalniček (Marzieh Hosseini, et al., 2013).

Chlorofyl je další látkou, která se získává ze sinic a řas. Jedná se o barvivo, které má řadu pozitivních vlastností, díky kterým je z řas a sinic získáván a dále používán. Například napomáhá hojení ran, zmírňuje bolesti při povrchových zraněních a také má antibakteriální účinek (Cochen, 1999).

I jeden z nejběžnějších a nejvíce užívaných vitamínů, kterým je vitamín C, je rovněž obsažen v řasách a sinicích. Vyskytuje se především v zelených řasách. Naopak červené řasy jsou bohaté na vitamín B (Kanta & Kantová, 2001).

6. Nejvýznamnější sinice a řasy využívány v potravě člověka

V dnešní době je již celkem běžné, že se řada mořských řas a některé sinice využívá pro výrobu potravinových produktů jako jsou doplňky stravy pro lidi. Můžeme zaznamenat i přidávání produktů z těchto organismů do krmiv zvířat. Ale mimo potraviny se tyto organismy používají i pro výrobu hnojiv, kosmetiky či různých chemikálií. Hlavním důvodem, proč se řasy a sinice stávají součástí takových produktů jsou jejich účinné či dokonce léčivé látky pro lidský organismus (seaweed.ie, 2024).

Co se týká mořských řas, ty jsou v potravinářství využívány především pro již zmíněný velký obsah bioaktivních látek. Naopak mají nízký obsah lipidů. Polysacharidy, které jsou v sinicích a řasách obsaženy, jsou schopné snižovat hladinu cholesterolu u lidí (například polysacharidy fukoidan nebo karagenan). Jejich buněčná stěna je na trávení celkem složitá, ale můžeme říci, že částečně se v žaludku člověka rozloží. Ale úplné rozložení záleží na konkrétní řase a jejím složení a také na trávicím procesu každého jedince (Elleuch et al., 2011; Gómez-Ordóñez, Jiménez-Escrig & Rupérez, 2010).

V přímořských oblastech se již od dávných dob tyto organismy využívaly ke konzumaci. Lidé si především řasy přidávají do již zmiňovaných pokrmů, léčivých masťů či jiných léčiv (Kalina, Váňa 2005). Často jsou sušené řasy i sinice využívány v podobě koření. Hnědé řasy ve své buněčné stěně mají obsaženy látky jako jsou laminarin a fukoidan. Laminarin je druh glukózy a fukoidan je sulfátovaný heteropolysacharid, který zabraňuje řasám vysychat. Pro lidský organismus mají tyto látky především antioxidační účinky (Fořt, 2005; Elleuch, 2011; Choi, Kim & Lee, 2011; Wang et al, 2007; Costa et al., 2010).

6.1. *Arthrospira (Spirulina)*

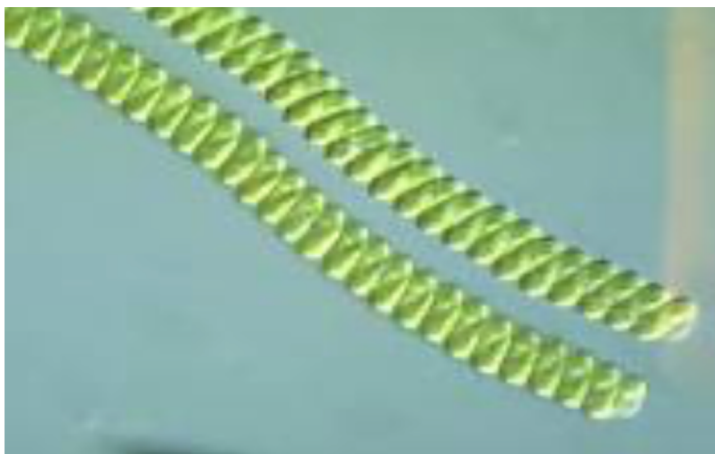
Arthrospira jinak známější pod názvem *Spirulina* se řadí mezi sinice (Cyanobacteria). Jedná se o mikroskopickou vláknitou sinici, která je schopná oxygenní fotosyntézy (McHuhg, 2003). Již v minulosti byla hojně využívána a dnes se jí opět dostává oblibě. Její přirozené prostředí jsou alkalické vody především v teplých oblastech. *Spirulina* se jí nazývá hlavně kvůli jejímu vzhledu (Obrázek 4), který způsobují trichomy stočené do spirály (Mouritsen, 2013).

Tato sinice patří mezi nejvíce využívané zástupce v oblasti doplňků stravy, a to v sušené podobě. Ze sušiny jsou vyráběny tablety nebo se ponechává ve formě prášku (Obrázek 5). I v tomto sušeném stavu obsahuje řadu esenciálních aminokyselin a vysoký podíl bílkovin a to až 70 %. To je mimochodem více než obsahuje hovězí maso, vajíčka nebo sójové boby (Kovač, 2013; Henrikson, 1998). Díky fenylalaninu, který je rovněž ve *Spirulině* obsažen, se využívá

při hubnutí. Fenylalanin totiž podporuje rychlejší vstřebávání cukru v krvi člověka. Proto se *Spirulina* dá využít u lidí, kteří mají diabetes. Napomáhá jim k udržování hladiny cukru v krvi. Dalším pozitivní účinky má *Spirulina* i na imunitní systém. Působí na schopnost tvorby nových krvinek. To hlavně díky tomu, že obsahuje vysoké množství železa, které napomáhá tvorbě červených krvinek (Kulshreshtha et al., 2008).

Díky schopnosti působení na imunitní systém, může mít *Spirulina* vliv na léčbu určitých forem rakoviny. K této problematice existuje i výzkum na lidech, kteří trpěli počátečním stádiem rakoviny v ústech (vytvářely se jim léze). Jednalo se o uživatele žvýkacího tabáku. Těmto pacientům byla podávána *Spirulina* v podobě doplňku stravy. Jakmile se jim sinice přestala podávat, jejich nálezy se u více jako poloviny z nich začal opět zhoršovat a začaly se u nich tvořit další nové léze (Schwartz et al., 1988).

Dalším kladným účinkem této sinice je antibakteriální účinek. Například u lidí, kteří byli nakaženi *E. coli* a byla jim podána *Spirulina*, se u nich do 30 minut po požití produktu snížila přítomnost bakterie v krvi. Dále tato sinice také obsahuje zmiňovaný fykocyanin, který působí na hematoencefalickou bariéru – její použití má kladné účinky u neurodegenerativních onemocnění jako je Alzheimerova choroba či Parkinsonova choroba (Kulshreshtha, 2008; Rimbau et al., 1999).

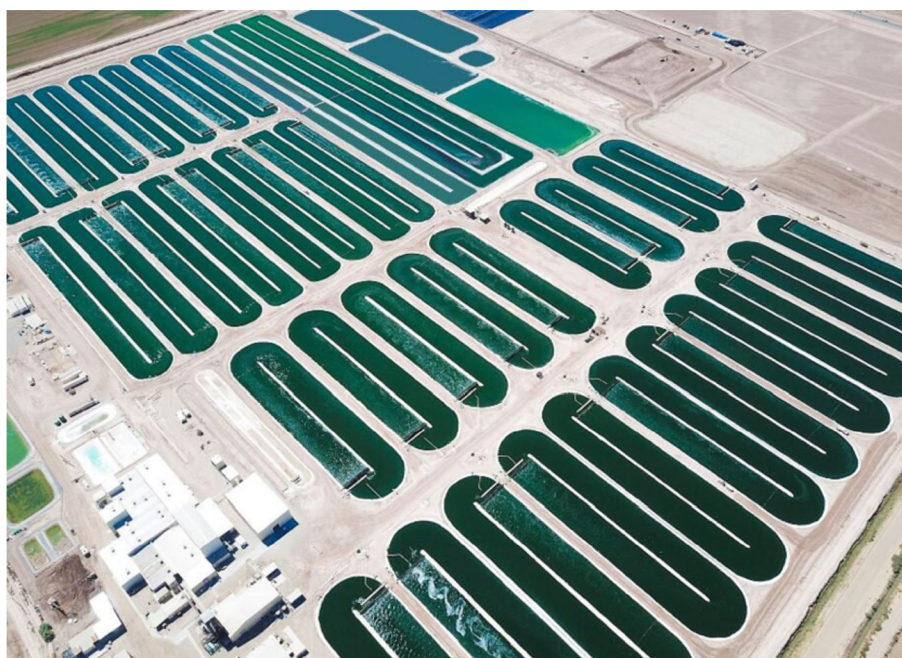


Obrázek 4: Sinice *Spirulina* (dostupné z: <http://mynatureproduct.com/spirulina/>, 4.4. 2024).



Obrázek 5: Doplněk stravy ze *Spiruliny* (dostupné z: <https://www.naturesfinest.cz/produkt/spirulina-prasek-bio-100g/>, 17.3. 2024).

Největším producentem této sinice je Čína a Indie. Čínská společnost Hainan Simai Enterprising vyprodukuje za rok až 200 tun prášku ze *Spiruliny*. Další významnou společností je firma Earthrise Farm, která se nachází v Calipatrii ve státě Kalifornie a jejich produkty, kterými jsou převážně tablety a prášky ze *Spiruliny*, jsou dodávány do celého světa. Areál firmy, kde *Spirulinu* kultivuje (Obrázek 6), je velmi rozsáhlý (earthrise.com).



Obrázek 6: Earthrise Farm (dostupné z: <https://www.earthrise.com/california-grown>, 24.5. 2024).

6.2. *Nostoc commune*

Nostoc commune (jednořadka) je makroskopická vláknitá sinice (Obrázek 7), která tvoří slizovité kolonie. Tyto kolonie se běžně vyskytují na povrchu půdy, na kamenech nebo ve sladkých vodách. Tento zástupce byl v Asii již v minulosti konzumován jako pochoutka. V Číně se v sušené podobě využívala tato sinice do tradiční medicíny (Lio et al., 2015; Li & Guo, 2018).

Extrakty z *Nostoc commune* prokazují protizánětlivé účinky (Li & Guo, 2018). Díky vysokému podílu polysacharidů by mohl být *Nostoc* využíván k výrobě chemopreventivního činidla v léčbě rakoviny (Lio et al., 2015; Li & Guo, 2018).



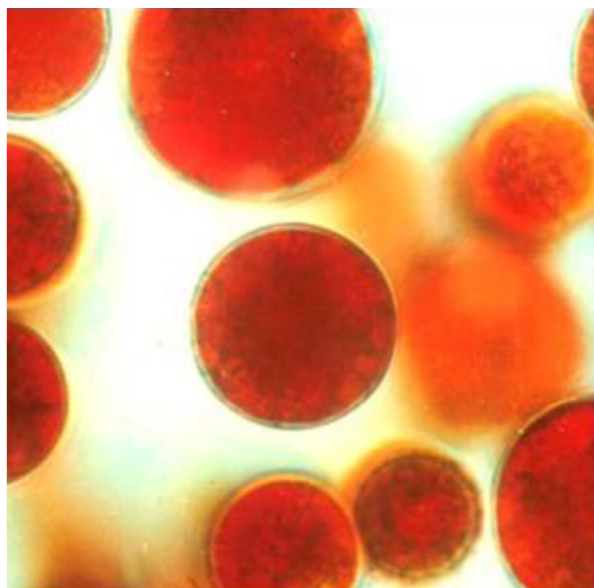
Obrázek 7: Kolonie *Nostoc commune* na povrchu půdy, Šinkýř, P. (dostupné z: <https://www.biolib.cz/en/taxonimage/id414807/>, 10.6. 2024).

6.3. *Haematococcus pluvialis*

Haematococcus pluvialis (Obrázek 8) je sladkovodní řasa, která obsahuje pigment zvaný astaxanthin. Jedná se o pigment ze skupiny karotenoidů, který se hojně využívá v potravinářství, kosmetice ale i v krmivech pro zvířata (Guerin, Huntley & Olaizola, 2003). Tento pigment se mimo jiné vyskytuje i u živočichů jako je například pstruh. U těchto vodních živočichů má více funkcí – chrání je proti UV záření nebo má funkci při rozmnožování. Samci mají nápadněji zbarvená těla, tím jsou pro samičky atraktivnější. *Haematococcus* obsahuje velké množství tohoto pigmentu, a právě kvůli tomu je komerčně pěstován (Lorenz & Cysewski, 2000; Olaizola & Huntley 2003). Mezi pozitivní vlivy patří jeho antioxidační vlastnost. Můžeme předpokládat, že může být potenciální ochranou před aterosklerotickou kardiovaskulární chorobou, která je jinak známá jako ateroskleróza, při které dochází ke kornatění tepen (Pashkow, Wantumull & Campbell, 2008).

Na základě výzkumu na potkanech, kterým byl podáván astaxanthin, lze usuzovat, že má kladné účinky proti UV záření a napomáhá regeneraci poškozeného oka, které bylo tímto zářením narušeno. Proces regenerace je ovlivněn tím, že astaxanthin má protizánětlivé účinky. To pomáhá podpořit samotnou regeneraci a zároveň oko chrání před samotným působením UV (O'Connor & O'Brien, 1998; Frei, 1995). Stejně jako *Spirulina* tak i *Haematococcus* může působit jako prevence před neurodegenerativními chorobami (Grant, 1997).

Haematococcus se pro komerční účely začal pěstovat v poměrně nedávné době. Většinou se u tohoto zástupce uplatňuje dvoustupňová strategie pěstování biomasy. První fáze probíhá v uzavřených fotobioraktorech, kde *Haematococcus* má zelené zbarvení a obsahuje více chlorofylu než karotenoidů. Následná druhá fáze indukuje karotenogenezi, která vzniká za působení stresových podmínek jako je zvýšená teplota, oxidační stres, solný stres (zvýšená salinita vody), intenzivní světlo a tak dále. Vlivem těchto stresových podmínek začne *Haematococcus* produkovat astaxanthin. *Haematococcus* je po sběru rozdrcen a vysušen, následně může být zpracován do tablet (Obrázek 9), které se používají jako doplněk stravy (Olaizola & Huntley, 2003; Cordero et al., 1996; Tjahono et al., 1994; Fábregas et al., 2001).



Obrázek 8: *Hematococcus pluvialis* (dostupné z: <https://www.algotech.com/our-microalgae/>, 7.4. 2024).



Obrázek 9: Doplněk stravy s obsahem astaxanthinu (dostupné z: <https://www.algamo.cz/index.php/kapsle-algamo-astaxanthin/>, 8.6. 2024).

6.4. *Dunaliella salina*

Řasa *Dunaliella salina* je jednobuněčná zelená řasa, které se vyskytuje ve vodách s vysokou salinitou. Její potenciální využití je pro extrakci antimikrobiálních látek. Extrakty obsahující látky hexan, petrolether a ethanol působí antimikrobiálně proti *E. coli*. Další využití díky těmto látkám mají extrakty z *Dunaliella* i jako fungicidní produkty (Herrero et al., 2006). Je bohatá na obsah bílkovin a tuků, a právě díky tomu byla pokusně začleněna do výroby těstovin (byla přidána do semoliny). Tím se zvýšily nutriční hodnoty těstovin, které byly vyrobeny ze směsi

s obsahem této řasy. Dále je *Dunaliella salina* bohatá na minerální látky – železo, vápník, hořčík či draslík. Je z ní také vyráběn olej, který obsahuje nenasycené mastné kyseliny jako palmitoolejovou, linolovou, linolenovou, arachidonovou a olejovou, které jsou důležité pro funkci a vývoj mozku, fungují jako zásobárna energie či dokonce ovlivňují kardiovaskulární systém (El-Baz et al., 2017).

Dunaliella salina za stresových podmínek hromadí karotenoidy, pro které je v posledních letech kultivována. Obsahuje také velké množství β -karotenu, který působí jako antioxidant v lidském těle, podporuje imunitu a chrání kůži před UV zářením (Murthy et al., 2005).

6.5. *Chlorella vulgaris*

Chlorella vulgaris (Obrázek 10) je druh patřící do oddělení zelených řas (Chlorophyta). Jedná se o malou řasu kokálního vzhledu, která má kosmopolitní výskyt (Wilson & Huner, 2000).

Chlorella se jako doplněk stravy (především jako náhražka bílkovin) používá již od 50. let 20. století. Biomasa *Chlorelly* se usuší a další zpracování je stejné, jako v ostatních případech, do formy tablet nebo prášku. Její obliba je především způsobena tím, že snižuje hladinu tuků v krvi, snižuje cholesterol a má preventivní účinky proti ateroskleróze (Suárez et al., 2005; Fujiwara, 1990). Buněčná stěna *Chlorelly* je z celulózy, tudíž ji lidský organismus neumí trávit. Pro tyto účely (tedy konzumaci) jsou proto buněčné stěny *Chlorelly* mechanicky narušeny, aby se s nimi lidské tělo umělo vypořádat (Komaki et al., 1998; Becker, 2007).

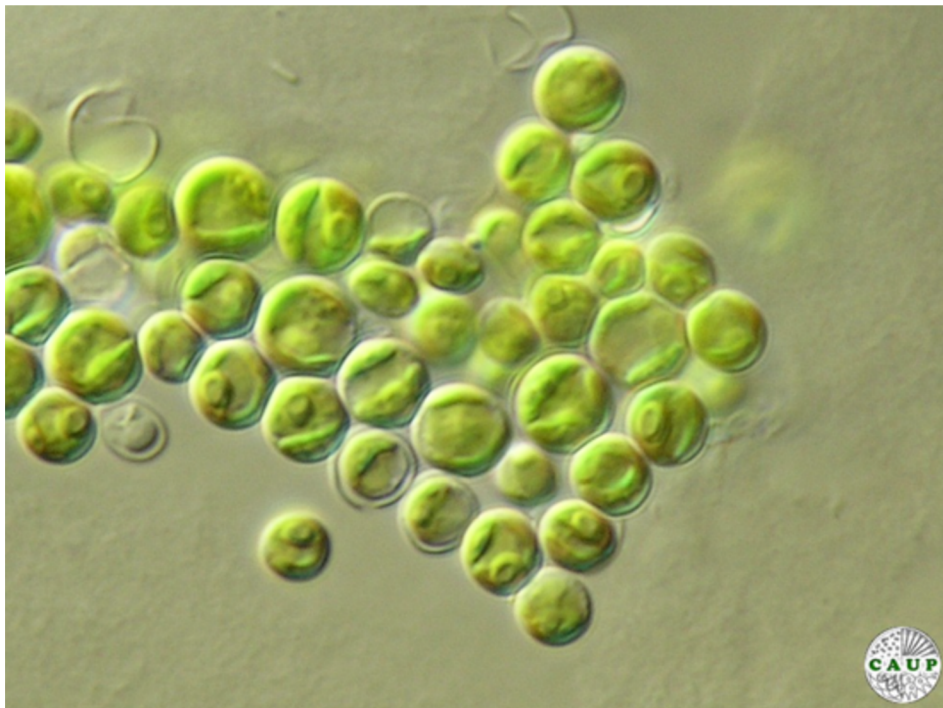
Kvalita produktu se odvíjí od podmínek a prostředí, kde je *Chlorella* pěstována. Záleží na teplotě vody, chemickém složení a přítomnosti živin. Tyto podmínky mohou působit na složení bioaktivních látek a antioxidantů (Panahi et al., 2019; Chiu et al., 2015).

V produktech z *Chlorelly* (Obrázek 11) se vyskytují všechny důležité vitamíny jako jsou B1, B6, B12, kyselina listová, C, D2, E, K a také α -karoten a β -karoten. Právě nedostatek vitamínu B12 a kyseliny listové může u lidí způsobovat různé kardiovaskulární onemocnění (Hohman et al., 2011).

Chlorella má schopnost snižovat glukózu v krvi, to má potenciál v léčení diabetu typu 2, který se projevuje nízkou reakcí na inzulín. Tuto schopnost má díky tomu, že obsahuje vysoké množství antioxidantů (jako například chlorofyl, vitamín C a E, lutein), ty napomáhají snižovat oxidační stres. Ten je spojen s inzulínovou rezistencí a diabetem. A právě u pacientů s tímto typem onemocnění by podávání *Chlorelly* mohlo podporovat antidiabetickou aktivitu (Caruso et al., 2018).

Pigmenty obsažené v *Chlorella* jsou karotenoidy (konkrétně antheraxanthin, zeaxanthin a lutein), které zastavují množení kolorektálních nádorových buněk (Cha, Koo & Lee, 2008). Kladně na lidský organismus působí i karotenoid lutein, který působí jako antioxidant na erythrocyty lidí. Pacienti, kteří trpí Alzheimerovou chorobou mají prokazatelně nižší hladinu luteinu v erythrocytech. Mají tedy sníženou hladinu antioxidantů v těle a jejich mozek je méně chráněn proti degenerativním procesům, které mohou způsobovat tuto chorobu. Předpokládá se tedy, že podáváním *Chlorelly* by se jejich stav mohl zlepšit nebo při nejmenším stabilizovat (Kiko et al., 2012).

Chlorella se jeví i jako alternativní cesta na podporu zvládnání depresivních onemocnění. Opět ke zlepšení stavu mohou napomáhat antioxidantní účinky, které napomáhají zmírňovat oxidativní stres, který se spojuje s projevem depresí. S depresemi se velmi často váže stres, který zároveň může narušovat homeostázu a také může negativně působit na imunitní systém. Tomuto by doplňky stravy vyrobené z *Chlorelly* měly zabránit (Panahi et al., 2015; Queiroz et al., 2016).



Obrázek 10: *Chlorella vulgaris* (dostupné z: https://botany.natur.cuni.cz/algo/CAUP/H1955_Chlorella_vulgaris.htm, 7.4. 2024).



Obrázek 11: Doplněk stravy z *Chlorella vulgaris* (dostupné z: <https://www.naturalinfo.cz/Produkty/Imunita-a-Antioxidanty/Chlorella-Vulgaris-v-Bio-Kvalite#&gid=1&pid=1>, 8.6. 2024).

6.6. *Laminaria ochroleuca*

Laminaria ochroleuca je velmi oblíbená ke konzumaci také především v asijských zemích. Obecně se v těchto zemích rod *Laminaria* (čepelatka) označuje pod názvem Kombu. Využívána je pro extrakt, který obsahuje algináty – to jsou látky, které jsou komerčně využívány jako zahušřovadla či jako stabilizační látky v potravinářství (mimo to se využívají i ve farmacii nebo v kosmetice). Dalšími významnými látkami jsou fukoidy, které jsou antioxidační a mají protinádorové účinky (Fernandes et al., 2016; Flórez et al., 2017).

Nevědecký název této řasy (Kombu) má určitou podobnost s japonským slovem „*kobu*“, které vyjadřuje štěstí. V Japonsku se tedy traduje, že konzumací této řasy přispívají konzumenti k pocitu naplnění štěstí. Vysoký obsah aminokyselin a jódu, který tato řasa obsahuje, prospívá funkci štítné žlázy. Kombu se uchovává v sušené podobě, ale před konzumací se zpravidla namáčí do vody, aby řasa změkla a poté se přidává do tradičních polévek, salátů a dalších japonských jídel (Komatsudaira, 2023).

6.7. *Laminaria digitata*

Jedná se o řasu, která se vyskytuje běžně na severoevropském a východoamerickém pobřeží. Má složitý životní cyklus, vyskytuje se u ní mikroskopická fáze gametofytu, který se inkubuje. Sporofyt je poté nasazen do mořského prostředí, kde vyrůstají makroskopické stélky. S tímto druhem pěstování se můžeme setkat na území Irska (Morrissey, Kraan & Guiry, 2001; Edwards & Watson, 2011).

Tato řasa se na pobřeží vyskytuje hlavně při odlivu moře. Ale běžně žije i v hloubkách až do 10 metrů (kde dorůstá daleko větších rozměrů než na pobřeží). V Irsku nebo i v Norsku se dodnes tato řasa sbírá ručně (Obrázek 12). Sběrači z řasy odříznou jen horní část stélky a zbytek nechávají v moři, kde se řasa regeneruje a následně se může znovu sklízet. Po sklizni se *Laminaria digitata* většinou suší a dále se používá v gastronomii v této sušené podobě (nejčastěji také do polévek jako řasa *Laminaria ochroleuca*). Ve Francii se řasa využívá k získání alginátu, pro tyto účely se zde opustil tradiční sběr pomocí srpů a sklizeň byla mechanizována z důvodu většího množství sklízené biomasy (Morrissey, Kraan & Guiry, 2001).



Obrázek 12: Žena sklízající řasu, L. J. Hind (dostupné z: <https://www.nibio.no/en/news/how-to-collect-seaweed-for-the-dinner-table>, 8.6. 2024).

6.8. *Undaria pinnatifida*

Komerčně se tato řasa nazývá Wakame. Je velmi bohatá na vitamíny, vlákninu a minerály. Jedná se o jednu z nejvíce oblíbených mořských řas v tradiční japonské kuchyni. Používá se zde v tradičních nudlových pokrmech, přidává se do polévek (miso polévky) či do salátů ke kterým se přidává tofu. Její listy po uvaření mají zelenou barvu a slabě nasládlou chuť. Wakame se používá na goma wakame salát (Obrázek 13), který se dočkal velké obliby v evropských zemích. Často se s ním můžeme setkat i v různých supermarketech, kde jsou v dnešní době již stále více oblíbené sushi stánky, ve kterých lze tento salát zakoupit. Název tohoto pokrmu se dá přeložit jako „sezamová řasa“, jelikož sezam je nedílnou součástí tohoto pokrmu (Nisizawa et al., 1987, Hewitt et al., 2005).

Přirozený výskyt řasy *Undaria pinnatifida* je ve chladných mořích v Asii (hlavně u země jako je Čína, Japonsko a Korea). V posledních letech se řasa rozšířila i do evropských lokalit jako například na francouzské pobřeží. Je tomu tak díky schopnosti vysoké tolerance a přizpůsobivosti na v podstatě jakékoli podmínky (světlo, teplo a salinitu). Její růst a plodnost jsou velmi rychlé procesy (Hewitt et al., 2005; Fletcher & Farrell, 1998).

Wakame má také léčebné účinky, jelikož působí jako antivirotikum a má potenciálně protinádorové vlastnosti (Morita & Nakano, 2002). *Undaria pinnatifida* obsahuje mimo jiné látku fukoidan. Jedná se o přírodní polysacharid, který má hydratační účinek a přispívá k regeneraci tkání. Tato látka se extrahuje ze sporofylu řasy Wakame. Fukoidan získaný z *Undaria pinnatifida* má mnoho biologicky aktivních látek, díky tomu má předpoklady k využití pro zdravotnické účely (Vishchuk, Ermakova & Zvyagintseva, 2011; Kalimuthu & Kim, 2015). Nedávný výzkum prokázal, že fukoidan, který byl získán ze sporofylu *Undaria pinnatifida* z novozélandského pobřeží, má inhibiční účinky na rozšiřování nádorových buněk karcinomu prsu (Wang, White & Lu, 2014). Další výzkum prokazuje, že fukoidan z této řasy má antiproliferační účinky na rakovinové buňky prostaty (Wang et al., 2014). To, že fukoidan funguje antikarcinogenně, zapřičiňuje obsah síranů. Fukoidan má také antioxidační účinky. Konkrétně fukoidan z *Undaria pinnatifida* dokáže antioxidačně působit na oxidační stres tak, že ho neutralizuje (Fletcher et al., 2017; Wang et al., 2014).



Obrázek 13: Salát goma wakame (dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Wakame#/media/Soubor:Wakame_chez_Mika_Sushi_.JPG, 12.4. 2024).

6.9. *Gelidium corneum*

Červená řasa *Gelidium corneum* (rosolenka) (Obrázek 14), obsahuje vysoké množství proteinů a polysacharidů (Gomes-Dias et al., 2020). Nejdůležitější složkou červených řas je agar, který se skládá z agarosy a agarpektinu. *Gelidium corneum* obsahuje vysoké množství agaru, který se využívá na tvorbu gelu či želatiny. Ty se následně využívají jak ve výzkumu, tak i v potravinářství (Pereira-Pacheco et al., 2007).

Agar ve stavu, kdy se používá pro různé farmaceutické či potravinářské účely, je suchá hmota, která se po smíchání s vodou velmi podobá želatině. Jedná se o polysacharid, který obsahuje vitamíny, minerály a je zcela bez chuti. V potravinářství se využívá jako gel, přidává se do mléčných výrobků. V cukrářství se používá jako zahušťovadlo a také se přidává do zmrzlin jako stabilizátor nebo se využívá při výrobě bonbónů (Mouritsen, 2013). V asijských zemích se samotný agar občas využívá jako potravina. Používá se pro přípravu tradičních japonských sladkostí – yokan, což je agarové želé s pastou z červených bobů. Další japonskou pochutinou je mitsumame – ovocný salát, který obsahuje kousky agaru (Obrázek 15). Přestože agar nemá zcela bohaté výživové hodnoty, tak se v Japonsku a Číně konzumuje za účelem

podpory trávení. Při konzumaci většího množství má však projímavé účinky (McHugh, 2003, Fott, 1956).



Obrázek 14: *Gelidium corneum* (dostupné z: <https://www.biodiversidadvirtual.org/pec/es/Gelidium-corneum-%28Hudson%29-J.V.Lamouroux-img4934.html>, 12.4. 2024).



Obrázek 15: Ovocný salát Mitsumame, M. Goda (dostupné z: <https://www.asahi.com/ajw/articles/14434526>, 9.6. 2024).

V minulosti se za pravý agar považoval pouze ten, který byl získaný z řasy rodu *Gelidium*. Dnes jsou k výrobě použity i ostatní červené řasy. Agar z nich se však nazývá agaroid a používají se jako jeho náhražka. Při výrobě agaru se jako první musí sklizená a očištěná řasa zbavit vody, aby nezačala kvasit. Poté se řasy lisují hydraulickým lisem (Armisen & Galatas, 1987). Těmito kroky dochází ke konzervaci řas. Ve výrobě poté probíhá takzvaná macerace – řasy jsou namáčeny do kyselého roztoku, tím se naruší buněčné stěny a agar se z nich lépe získává. Poté se řasy vaří a agar se z nich uvolňuje, po několika hodinách varu se tekutina filtruje a odstraňuje se zbytek stélek řas, aby vznikl čistý extrakt. Tekutina se poté nechá ztuhnout a gel se následně lisuje, aby se z něj odstranila přebytečná voda. Nakonec se vytvořená hmota suší (Armisen & Galatas, 1987; Freile-Pelegrin & Murano; 2005).

6.10. *Chondrus crispus*

Chondrus crispus (Obrázek 16) je řasa známá také pod názvem irský mech (nebo pod českým názvem puchratka kadeřavá). Stejně jako *Gelidium corneum* je sklízena pro výrobu agaru. Pro tyto účely se pěstování irského mechu stalo komerčním v 80. letech 20. století a trvá až do dnes. Úplně prvotní použití tohoto zástupce bylo za účelem léčby respiračních onemocnění, a to v Irsku počátkem 19. století. Mimo získávání karagaru a léčení se využívá i v gastronomii. Velmi oblíbeným je irský mech v Japonsku, kde se přidává do salátu kaiso. K přípravě salátu kaiso se využívá *Chondrus crispus*, který se pěstuje na pevnině a není získáván z moře. Tento styl pěstování je finančně náročnější, ale zvyšuje kvalitu řasy, a to tak že má lepší barvu a lépe se ohlídá prostředí, kde řasa roste, tudíž se vyvaruje případným škodlivým látkám (Mayanglambam & Sahoo, 2015, seaweed.ie). Přirozeně se *Chondrus crispus* vyskytuje na kamenech a v mělkých vodách (seaweed.ie.).



Obrázek 16: Řasa *Chondrus crispus*, M., D., Guiry (dostupné z: https://www.seaweed.ie/descriptions/Chondrus_crispus.html, 10.6. 2024).

7. Rizika spojená s konzumací sinic a řas

Výrobky ze sinic a řas jsou charakterizovány jako nutraceutika, jelikož registrovat tyto výrobky jako léčiva je náročný a dlouhý proces. Tímto jsou legitimizovány jako doplňky stravy s prospěšnými účinky na lidské zdraví a spadají pod potraviny (Udayan, Arumugsm & Pandey, 2017).

Při nadměrném užívání se může projevit řada nežádoucích účinků. Prvním z nich může být onemocnění dnou nebo tvorba močových kamenů. To může být zapříčiněno tím, že řasy obsahují hodně nukleových kyselin, které se v lidském těle metabolizují na kyselinu močovou a ta může způsobovat zmíněné zdravotní potíže (Gantar & Svirčev, 2008).

Dalším rizikem může být celkem vysoký obsah těžkých kovů jako je olovo, nikl či arsen, jelikož řasy mají schopnost absorbovat těžké kovy přes jejich buněčné stěny. Obsah těžkých kovů v řasách a sinicích závisí na mnoha faktorech jako je například prostředí, kde se jedinci vyskytují a kultivují. Těžké kovy se do řas a sinic mohou dostat z nečištěných vod z průmyslové výroby, ze zemědělských odtoků a řasy či sinice mohou tyto látky ze znečištěných vod absorbovat (Goswami, Agrawal & Verm, 2022). Dalším případem, jak se těžké kovy mohou dostat do sinic a řas jsou geologické podmínky. Řada z těžkých kovů se vyskytuje přirozeně v sedimentech na dně vodních toků či vodních objektů, které se pomocí erozí uvolňují a řasy a sinice je absorbují. Například olovo se v lidském těle může hromadit v kostech, může poškodit ledviny a játra a mimo to mu jsou připisovány i karcinogenní účinky. Koncentrace těchto kovů v komerčních výrobcích není nebezpečná, ale při dlouhodobém užívání může i toto způsobit problém. Důležité je si dávat pozor na to, aby doplňky stravy byly z kontrolovatelných zdrojů (Goswami, Agrawal & Verma, 2002; Mendes et al., 2022).

Často se můžeme setkat se sklizením biomas sinic z přirozených biotopů. To však sebou nese mnoho rizik jako třeba již výše zmíněné absorbování těžkých kovů či dalších škodlivých látek ze znečištěných vod. Proto je tento styl sklizně potřeba důkladněji a častěji podrobovat monitoringu (García, De Vicente & Galán, 2017). Dalším rizikem u sinic je to, že mohou obsahovat silné toxiny – například hepatotoxiny nebo neurotoxiny. To také souvisí s rizikem pěstování ve velkých nádržích, kde konkrétní druhy, které toxiny obsahují, mohou kontaminovat celou biomasu (Grobbelaar, 2004). V minulosti se stalo, že doplněk stravy vyrobený z *Chlorelly* obsahoval toxin anatoxin, který je velmi nebezpečný pro lidský organismus. Anatoxin se do biomasy *Chlorelly* dostal nejspíše ze sinic rodu *Anabaena*, které jej obsahují. Tento toxin způsobuje neurotoxicitu což je jakýkoli nežádoucí stav nervového

systemu (například ztráta funkčnosti či různé paralýzy) nebo hepatotoxicitu, která poškozuje játra (Mendes et al., 2022; Rapala et al., 1993).

Zvýšenou opatrnost by měli dávat lidé, kteří trpí alergiemi a intolerancemi, a to hlavně lidé s alergiemi na mořské plody. Ale i lidé bez těchto obtíží by měli užívat jen kvalitní produkty od renomovaných výrobců, kde bude ověřena kvalita a bezpečnost konzumace. Bezpečné produkty (nebo i samotné firmy) mají certifikát, který potvrzuje nezávadnost a bezpečnost potravin. Lidé, kteří užívají dlouhodobě různé léky, by konzumaci těchto produktů měli konzultovat se svým lékařem (Mendes et al., 2022; Grobbelaar, 2004).

7.1. Cyanotoxiny

Cyanotoxiny jsou jedním z rizik při konzumaci produktů ze sinic. Sinice mohou na hladině vod způsobovat takzvaný vodní květ. Zástupci, kteří tento vodní květ způsobují se nejčastěji vyskytují ve sladkovodních a brakických vodách. K nadprodukcí biomasy potřebují příznivé podmínky, což je příznivá teplota, dostatek světla a dostatek dusíku a fosforu (někdy může být příznivým faktorem pro tvorbu vodního květu i vyšší hodnoty pH, protože umožňuje sinicím větší dostupnost fosforu). Vodním květem se ve vodě vytváří hypotonické prostředí a uvolňují se ze sinic cyanotoxiny, které zabíjejí ostatní vodní organismy. Mezi častěji vyskytující se zástupce, kteří tvoří vodní květ patří *Anabaena*, *Microcystis* či *Aphanizomenon*. Jedná se tedy hlavně o sladkovodní zástupce (Zanchett & Oliveira-Filho, 2013; Sukenik, Quesada & Salmaso, 2015; sinice.cz, 2024). V hypotonickém prostředí je koncentrace látek v okolní vodě nižší než uvnitř buněk sinic, čímž může docházet k vytvoření osmotického tlaku. Právě ten způsobuje mnoho fyziologických změn (jako třeba osmotický stres při kterém je narušena buněčná membrána) které souvisejí s uvolňováním cyanotoxinů (Niamien-Ebrottie et al., 2015; Sivonen & Jones, 1999).

Cyanotoxiny jsou jedovatými látkami jak pro člověka, tak i pro zvířata. Tyto látky mohou způsobit v krajních případech silné otravy, někdy až smrtelné (Lee et al., 2017). Jsou produkovány řadou sinic, některé z nich jsou i komerčně využívány třeba jako rod *Nostoc*, ale pro doplňky stravy jsou využívány druhy, které toxiny netvoří. Tento rod (společně s dalšími rody jako *Anabaena*, *Microcystis* nebo *Planktothrix*) produkuje toxin zvaný mikrocystin (Trung et al., 2018). Lidé se mohou s mikrocystiny do kontaktu dostat přes kontaminované vody (nechtěné nalokání se vody) či konzumací potravin jako jsou ryby (například konzumací kapra, ten totiž může sám konzumovat sinice z kontaminované vody a toxiny se mu poté hromadí v orgánech i ve svalovině). Dalším rizikem mohou být zemědělské produkty, které byly

zalévány kontaminovanou vodou (Zanchett & Oloveira-Filho, 2013). Nejpravděpodobnější nákaza je u lidí orální cestou, ale problémy mohou cyanotoxiny způsobovat i na kůži. Cyanotoxin mikrocystin, který je nebezpečný pro funkci jater a ledvin, může způsobovat i nádorové léze, které mohou následně propuknout v rakovinu jater (Campos & Vasconcelos, 2010; Funari & Testai, 2008; Wang et al., 2013).

8. Sinice a řasy v krmivech pro zvířata

Již od nepaměti byly vyplavované řasy na evropská pobřeží spásány ovce, koňmi a dalšími zvířaty, která zde žila. Použití řas a sinic v krmivech má mnoho pozitivních účinků ke kterým patří vysoký obsah živin, dobrá stravitelnost těchto krmiv a v neposlední řadě vliv na zdraví zvířat. A právě proto je v dnešní době obsah řas a sinic v krmivech zvýšený a žádaný, protože řada látek, které obsahují mají pozitivní vliv na imunitní systém, lepší zažívání či lepší zvládnání stresových situací (McHuhg 2003; Spolaore et al., 2006).

8.1. Sinice a řasy v krmivech hospodářských zvířat

Hlavním důvodem, proč se hospodářský průmysl angažuje ve využívání sinic a řas do krmiv zvířat je především zvýšení kvality produktů živočišného původu, tedy mléka, masa, vajec a tak dále (Hou et al., 2017). Sinice a řasy jsou součástí obsahu krmiv hlavně pro krávy, prasata, kuřata, ovce a nejvíce se přidávají do krmiv pro vodní organismy a celkově se nejvíce uplatňují v akvaristice a akvakultuře. Vysoké zastoupení řas obsahují krmiva pro drůbež, kde nahrazují až do 10 % zdroj proteinu. Největší zastoupení v krmivech drůbeže mají *Spirulina*, *Chlorella*, *Haematococcus pluvialis* a *Dunaliella salina*. Využívání řas v krmivech u slepic má vliv i na kvalitu jejich vajec a masa. Je velmi pravděpodobné, že slepice, které budou krmeny krmivem s obsahem řas a sinic, budou snášet vajíčka, která budou mít menší hladinu cholesterolu. Lišit se budou i vzhledově, jejich žloutek bude mít sytější žlutou barvu. V několika zemích se řasy oficiálně využívají jako zdroj bílkovin pro drůbež především pro nosnice či pro kuřata. Nejvhodněji se řasy dají využívat v krmivech pro přežvýkavce, protože jejich tělo umí strávit buněčnou stěnu řas (Kovač et al., 2013, Spolaore et al., 2006, Sousa et al., 2008).

Krmení zvířat řasami má tradici i v severských zemích. Například v Norsku, kde farmáři žijící v oblastech pobřeží moře, nechávali pást své ovce na plážích. Řasy tak využívali ke krmivu hlavně v období, kdy měli nedostatek klasického krmiva. Takovéto využívání sahá až do dob Vikingů (Bay-Larsen et al., 2018).

V akvaristice se ke krmení hojně využívají mikrořasy. Hlavním důvodem je i to, že se jedná o přirozenou potravu vodních organismů. V rybářském průmyslu se nejčastěji v krmivu ryb vyskytuje rod *Arthrospira* (*Spirulina*) (Kovač et al., 2013; Hasan & Rina, 2009). Mimo akvariální krmiva se *Spirulina* využívá i v dalších krmivech pro jiná zvířata jako jsou psi, kočky, koně, krávy. U těchto zvířat užívání sinic a řas v krmivech přispívá i ke zdravé kůži a srsti zvířat (Spolaore et al., 2006).

Sinice a řasy jsou přidávány i do krmiv prasat. Jsou vhodnými doplňky opět pro udržování a zlepšování kvality masa. Mimo to podávání *Chlorelly* do krmiva u prasat zlepšuje funkci trávicího traktu (Madeira et al., 2017). U prasat, kterým bylo začleněno do stravy krmivo s obsahem *Ascophyllum nodosum*, bylo prokázáno, že vykazují lepší zdravotní stav střev. Také se u nich zlepšila kvalita masa ve srovnání s prasaty, která byla krmena běžnou stravou (Dierick et al., 2009).

8.2. Sinice a řasy v krmivech domácích mazlíčků

Používání řas a sinic ve velké většině není u domácích mazlíčků zatím podrobněji prozkoumáno. Víceméně se i u domácích mazlíčků používají spíše jako doplňky stravy stejně jako u lidí. Nejčastější výskyt sinic v pamlscích a krmivech pro domácí mazlíčky zastupuje *Spirulina*. Měla by mít kladné přínosy pro jejich imunitní systém (stejně jako u lidí) a kladně by měla působit i na jejich kůži a srst. Ale tyto tvrzení zatím nejsou dostatečně podloženy (Beynen, 2019). Dalšími zástupci, kteří jsou hojně zastoupenými v krmivech pro domácí mazlíčky, jsou hnědé řasy *Laminaria* a *Fucus* a také hnědá řasa *Ascophyllum nodosum*, která se do krmiv zvířat přidává nejčastěji. Její přirozený výskyt je především v přílivových oblastech severního Atlantiku (u Kanady, Islandu a severní Evropy) (Wolf & Lewter, 2017). *Ascophyllum nodosum* se převážně uplatňuje pro výrobu pamlsků, které podporují dentální péči. Sušená řasa se přidává do žvýkacích pamlsků, které jsou určeny hlavně pro psy a kočky. Pamlsky s příměsí této řasy jim pomáhají s odstraněním zubního plaku (Gawor et al., 2021).

Studie naznačuje, že mikrořasy jako *Chlorella vulgaris*, *Spirulina* a *Haematococcus pluvialis* by mohly být užitečným zdrojem železa pro psy. Největší zastoupení železa má mikrořasa *Chlorella vulgaris* a v budoucnu by mohla být dobrým doplňkem stravy v psích krmivech (Dalmonte et al., 2023).

Mořské řasy našly i jiné uplatnění v krmivech pro domácí mazlíčky než jen z hlediska prospěšnosti na jejich zdraví. Dalším důvodem jejich využití se v nedávné době staly mořské řasy pro jejich želírovací schopnost. A tak se drcené mořské řasy (v podobě prášku) začaly využívat jako přírodní zahušťovadlo a pojivo při výrobě pamlsků (Weinberg & Saxe, 2017).

8.3. Řasy a sinice v akvakultuře

Akvakultura je proces pěstování a chovu vodních organismů (ryb, korýšů, měkkýšů, vodních rostlin), za účelem jejich sklizně a efektivní produkce (zejména pro potřebu lidí). V současnosti se rozvíjí odvětví komerční akvakultury. Snaha o zdokonalení tohoto procesu je

motivována snahou o zlepšení konečného produktu (kterým jsou například vodní živočichové pro účel konzumace lidí), a to ruku v ruce se zvýšením efektivity a maximálního zisku. Cílem akvakultury je nepoškozovat životní prostředí (Carranza & Zu Ermgassen, 2020). Přítomnost řas a sinic v akvakultuře je velmi prospěšná, protože poskytují kyslík a také slouží jako přirozená potrava pro vodní i nevodní živočichy. Mořské mikrořasy se využívají jako krmivo díky obsahu důležitých živin, které jsou prospěšné pro larvální stádia mořských plůů či plůdku mořských ryb nebo krevet. Mikrořasy jsou využívány buď jako živé krmivo (zastupují plankton) nebo jako zpracovaná biomasa. Mezi nejčastěji se vyskytujícími zástupci, kteří se využívají v akvakultuře, jsou *Chlorella*, *Tetraselmis*, *Isochrysis*, *Pavlova*, *Phaeodactylum*, *Chaetoceros*, *Nannochloropsis*, *Skeletonema* či *Thalassiosira* (Priyadarshani, Sahu & Rath, 2012). Výhodu mají hlavně vzhledem ke své výživové hodnotě a snadné kultivaci. Velmi využívaným zástupcem pro krmení ryb je *Spirulina* (a to kvůli již zmiňovanému vysokému obsahu bílkovin). Mnoho výrobců krmiv využívá i *Chlorellu* případně směs těchto dvou zástupců. Průběh výroby krmiva je téměř totožný jako při zpracování doplňků stravy pro lidi. Proces začíná sběrem řas, následně se oplachují a poté suší. Vysušené řasy se rozemelou a jsou dále používány jako směs v prášku (da Silva & Barbosa, 2009; Thajuddin & Subramanian, 2005). Novinkou ve využívání mikrořas je zpracovávání produktů do formy, která v akvakultuře působí jako probiotika pro organismy. Probiotika chrání živočichy v akvakultuře před potencionálními patogeny, které by napadly jejich trávicí trakt. Navíc také mohou podporovat chuť k jídlu a dodávají živočichům potřebné vitamíny. Dále napomáhají k rozkladu těžce stravitelných složek stravy (Vanthoor-Koopmans et al., 2014).

Makrořasy se využívají jako biofiltry, jsou totiž schopné vstřebávat amoniak, který je toxický pro ryby, které jsou komerčně chovány. V současné době se jako biofiltry využívají zástupci rodu *Ulva*, *Gracilaria* a *Porphyra*. Při výběru mořských řas, které se využívají v akvakultuře, je důležité, aby řasy měly vysokou míru růstu, aby koncentrovaly dusík a aby byly snadno kultivovatelné (Neori et al., 2004).

9. Kultivace sinic a řas

První zmínky o kultivaci jsou z roku 1952, kdy se na Stanfordské univerzitě podařila první masová kultivace řas. To byl počátek vývoje kultivace řas pro komerční účely. Poté v roce 1974 byla *Spirulina* vyhlášena jako superpotravinu pro budoucnost na konferenci OSN. Pod toto tvrzení o *Spirulině* se později podepsala i Světová zdravotnická organizace. Tímto krokem se rapidně zvýšila poptávka po doplňcích stravy nejen ze *Spiruliny*, ale i z jiných řas a sinic, tudíž se i více rozšířila jejich kultivace (García, De Vicente & Galán, 2017).

Umělá kultivace řas a sinic v dnešní době probíhá ve dvou typech – první typ je kultivace ve fotobioreaktorech (Obrázek 17) (především používaný pro kultivace mikrořas) a druhý typ je kultivace v otevřených nádržích. (Ullah et al., 2014). Kultivace mikrořas je poměrně rychlý proces (oproti růstu vyšších rostlin). Je tomu tak především kvůli tomu, že se jedná o jednobuněčné organismy, které se množí rychlým procesem dělení buněk. Mají velmi rychlou generační dobu (maximálně v řádu hodin), během které dokážou zdvojnásobit svoji biomasu (Pulz & Gross, 2004).

Dále se dá také využít přírodní biotop, ve kterém dochází ke kultivaci makrořas, ale to sebou nese již výše zmíněná rizika a nebezpečí jako například kontaminace jinými organismy. Oblasti, které se pro sběr z přírodních stanovišť využívají jsou například: jezero Texcoco v Mexiku, jezero Twin Taung v Barmě nebo Čadské jezero v Čadu. Makroskopické řasy se kultivují pomocí takzvané iniciační rostliny, která je umístěna na lano a celé lano je poté na konstrukci přeneseno a upevněno v moři. Na tomto laně (Obrázek 18) řasy rostou v pro ně přirozeném prostředí (Ullah et al., 2014; www.seaweed.ie, 2024).

Vnější kultivace využívá buď umělé nádrže, ale mimo to i přirozené vodní plochy jako jezera, rybníky, oceány a moře či řeky. Tento způsob je výhodný v tom, že není finančně náročný. Ovšem nese s sebou rizika při nedostatečné kontrole vodního prostředí, které může například být znečištění vody, která už poté není vhodná pro pěstování sinic a řas ke konzumaci. Tento styl takzvaného otevřeného pěstování je vhodný pro zástupce, kteří jsou schopni se prosadit v ekosystému před ostatními organismy. Nejvhodnější vody pro tento systém pěstování jsou mělké rybníky. Tyto podmínky kultivace jsou vhodné pro jedince jako je *Chlorella*, *Arthrospira platensis* (*Spirulina*) nebo *Pleurochrysis carterae*. Vnitřní kultivace využívá uzavřené prostory (nádoby), již zmíněné fotobioreaktory. Díky tomu, že jsou tyto fotobioreaktory uzavřené, jsou lépe kontrolovatelné – lépe se v nich kontroluje kvalita vody, přístup oxidu uhličitého a živin. Také se ve fotobioreaktorech dá lépe kontrolovat složení pěstovaných kultur. Například zda populace, která se zde kultivuje, záměrně neobsahuje jiné

zástupce, kteří by mohli způsobit toxicitu výsledného kultivovaného materiálu (Menetrez, 2012; Vanthoor-Koopmans et al., 2014; www.seaweed.ie, 2024).

Při správné kultivaci řas je potřeba dodržovat normy, které ovlivňují úspěšnost a správnost kultivace. Jedním z důležitých faktorů je životní prostředí, kde budou řasy pěstovány. Tím je myšleno teplota vody, pH, salinita, osvětlení a množství živin. Zdrojem živin pro pěstování řas jsou látky jako dusík, fosfor a draslík. Tyto živiny se mohou do prostředí dodat pomocí hnojiv či organických odpadů. Dalším velmi důležitým faktorem je osvětlení pro správnou funkci fotosyntézy. Pro kultivaci s komerčním záměrem může být využito i umělé osvětlení (pokud se kultivace odehrává v uzavřených prostorách). Po sklizni je důležité, aby řasy byly co nejrychleji převezeny a zpracovány. Je potřeba dodržovat co nejvíce hygienické předpisy, aby nedošlo ke kontaminaci materiálu (Gaur et al., 2024; Borowitzka, 1999).



Obrázek 17: Venkovní fotobioreaktor (dostupné z: <https://www.alga.cz/c-313-vyzkum.html>, 10.6.2024).



Obrázek 18: Kultivace řasy *Laminaria japonica* v přirozeném prostředí, W. Xialiang (dostupné z: https://www.seaweed.ie/aquaculture/kelp_china.php, 9.4. 2024).

9.1. Algatech

I na území České republiky je středisko na kultivaci řas. Centrum Algatech (Obrázek 19) sídlí v jižních Čechách v Třeboni. Toto středisko spadá pod Mikrobiologický ústav Akademie věd České republiky. Hlavní činností zaměstnanců tohoto střediska je sledování životních procesů řas a sinic a také se soustředí na řasové biotechnologie. Jsou zde čtyři vědecká oddělení: Laboratoř fotosyntézy, Laboratoř buněčných cyklů řas, Laboratoř řasové biotechnologie a Laboratoř anoxygenních fototrofů (mbucas.cz, 2024). Algatech byl založen v roce 1956 a v současné době patří mezi jedno z největších pracovišť v ČR a jedná se o uznávané pracoviště i mimo naši republiku. Mimo jiné se také zabývá vývojem tenkovrstvé kultivační jednotky pro autotrofní kultivaci mikroskopických řas (Obrázek 20). Součástí jejich práce je také vývoj nových přístrojů, pomůcek a postupů ke zlepšení kultivace řas a sinic, které se následně využívají mimo jiné i na kultivaci zástupců pro výrobu doplňků stravy (alga.cz, 2024).

Konkrétně Laboratoř řasové biotechnologie se věnuje studiu zpracování produktů z řas a hledají způsoby využití biomasy. Dále se věnují navrhování fotobioreaktorů s umělým zdrojem světla a venkovních kultivačních jednotek. Také se podílejí na vývoji komerčních produktů z řas, jako jsou doplňky potravy či hledají jiné uplatnění v jiných odvětví například pro zdravotnické nebo kosmetické účely. Součástí tohoto střediska je tým, který se zaměřuje na

biorafinaci řas. Jejich cílem je hledat a vyvíjet účinné a nákladově nenáročné metody k produkci látek jako jsou chlorofyly, karotenoidy nebo polynenasycené mastné kyseliny (mbucas.cz, 2024; alga.cz, 2024).



Obrázek 19: Centrum Algatech na třeboňsku (dostupné z: <https://www.alga.cz/en/a-106-centre-algatech.html>, 12.4. 2024).



Obrázek 20: Kultivace mikrořas v centru Algatech (dostupné z: <https://mbucas.cz/en/research/detashed-centers/algatech/>, 13.4. 2024).

Aktuálně se Centru Algatech podařilo vyšlechtit unikátní žlutou řasu *Chlorella*, která obsahuje ve velkém množství látku lutein. Lutein je přírodní pigment, je významným antioxidantem a má kladné účinky na ciliární těleso a duhovky v oku. Přirozeně se v lidském těle vyskytuje v takzvaném žlutém očním tělísku. Žlutá *Chlorella* neobsahuje zelený pigment chlorofyl, takže i způsob její kultivace je jiný. Pěstuje se heterotrofně – tento druh kultivace musí splňovat přísné podmínky, aby nedošlo ke kontaminaci jinými řasami a sinicemi. Žlutá *Chlorella* se dále suší a k využití je ve formě prášku (Buscemi et al, 2018; potravinyav21.cz, 2024, alga.cz, 2024).

9.2. Algamo s.r.o.

Další organizací na území České republiky, která se specializuje na výzkumem a případnou kultivací řas, je společnost Algamo, která sídlí v obci Mostek nedaleko města Dvůr Králové nad Labem. Společnost, jejíž provoz byl zahájen v roce 2016, se zabývá hlavně získáváním astaxanthinu z řas *Hematococcus pluvialis*. Získaná látka se poté využívá v kosmetickém a farmaceutickém průmyslu a k výrobě doplňků stravy (algamo.cz, 2024). Algamo ke svým potřebám využívá sousední elektrárnu, která využívá obnovitelné zdroje. Společnost se tedy může chlubit tím, že jejich kultivační proces je šetrný k přírodě (algamo.cz, 2024).

Společnost pravidelně zaznamenává a monitoruje jejich výrobní cyklus, při kterém dodržuje přísné hygienické normy. Algamo pracuje podle zásad HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points, česky můžeme znát pod: Analýza rizik a kritické kontrolní body). Jedná se o preventivní systém, který se zabývá bezpečností potravin (World Health Organization, 1997).

10. Závěr

Doplňky stravy s obsahem sinic a řas se v posledních letech staly velmi oblíbenými. O jejich příznivých účincích již bezpochyby věděli naši předci, kteří je velmi hojně konzumovali a také používali jako léčiva. I dnes se řasy a sinice uplatňují ve farmaceutické průmyslu, a navíc i pro výrobu kosmetických produktů.

Nejvýznamnější vliv na gastronomii mají sinice a řasy v asijské kuchyni. Pramení to z místních tradic, které historicky obnášejí mnoho receptů obsahující především mořské řasy. Tyto recepty jsou žádané i dnes (jako například pokrm sushi, asijské saláty jako je goma wakame nebo miso polévka). Jako doplňky stravy jsou sinice a řasy výborným zdrojem vitamínů, minerálů a proteinů. Díky tomu jsou pro lidský organismus přínosné a stávají se čím dál více globálně vyhledávané.

Důležitou roli hrají i v krmivech hospodářských zvířat, kde následně výrazně zlepšují kvalitu jejich masa, u drůbeže jakost vajec a stejně jako u lidí má zvířecí strava obohacena o řasy a sinice pozitivní vlivy i na jejich zdraví včetně imunitního systému. V oblasti krmiv pro domácí mazlíčky se doplňky stravy s obsahem sinic a řas neustále prozkoumávají a vyvíjejí.

Velký potenciál mají společnosti, které se zabývají kultivací sinic a řas pro další zpracování. Jejich cílem je kultivovat velké množství kvalitní biomasy, která nebude nijak závadná. Od toho se odvíjí i přísné dodržování hygienických zásad během manipulací s vypěstovanými sinicemi a řasami. Během kultivace se využívá řada metod – fotobioreaktory otevřené, fotobioreaktory uzavřené nebo přírodní venkovní stanoviště. Nutností je zachovávat čisté vodní prostředí, kde kultivace probíhá, aby nehrozila kontaminace celé biomasy.

Na závěr je nutné podotknout, že se při konzumaci řas a specificky sinic můžeme setkat i s látkami, která jsou zdraví škodlivá. Někteří jedinci obsahují škodlivé látky cyanotoxiny, které mohou mít až fatální následky pro lidský organismus. Proto je dobré konzumovat jen takové doplňky stravy, které jsou ověřené od renomovaných producentů se zárukou kontroly při jejich výrobě.

Bibliografie

Adams, J. (2016). An overview on seaweed uses in the UK: Past, present and future. *Journal of Applied Phycology*, 28(3), 1427-1435.

Armisen, R., & Galatas, F. (1987). Production, properties and uses of agar. *Production and utilization of products from commercial seaweeds. FAO Fish. Tech. Pap*, 288, 1-57.

Baardseth, E. (1970). Synopsis of biological data on knobbed wrack: *Ascophyllum nodosum* (Linnaeus) Le Jolis. FAO Fisheries Synopsis No. 38, Rev. 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Bahari, A., Moelants, K., Kloeck, M., Wallecan, J., Mangiante, G., Mazoyer, J. & Grauwet, T. (2021). Mechanical disintegration and particle size sieving of *Chondrus crispus* (Irish Moss) gametophytes and their effect on carrageenan and phycoerythrin extraction. *Foods*, 10(12), 2928.

Baldwin, J. R. (2000). Working with Seaweed in North-West Sutherland. The Province of Strathnaver; Baldwin, JR, Thomson, WPL, Eds, 116-141.

Barbier, M., Charrier, B., Araujo, R., Holdt, S., Jacquemin, B., Rebours, C., & Wichard, T. (2018). PEGASUS: Phycomorph european guidelines for sustainable aquaculture of seaweeds. Centro Oceanográfico de Santander.

Bay-Larsen, I., Risvoll, C., Vestrum, I., & Bjørkhaug, H. (2018). Local protein sources in animal feed-Perceptions among arctic sheep farmers. *Journal of rural studies*, 59, 98-110.

Becker, E. W. (2007). Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology advances*, 25(2), 207-210.

Belay, A.; Kato, T. and Ota, Y. (1996). *Spirulina* (Arthrospira): Potential application as an animal feed supplement. *Journal of Applied Phycology*, 8, 303-311.

Belay, A.; Ota, Y.; Miyakawa, K. and Shimamatsu, H. (1994) *Algal Biotechnology in the Asia-Pacific Region*, University of Malaya, 92-102.

Beynen, A. C. (2019). Microalgae in petfood. *Creat. Companion*, 40(7).

Borowitzka, M. A. (1999). Commercial production of microalgae: ponds, tanks, tubes and fermenters. *Journal of biotechnology*, 70(1-3), 313-321.

Burki, F., Roger, A. J., Brown, M. W., & Simpson, A. G. (2020). The new tree of eukaryotes. *Trends in ecology & evolution*, 35(1), 43-55.

Buscemi, S., Corleo, D., Di Pace, F., Petroni, M. L., Satriano, A., & Marchesini, G. (2018). The effect of lutein on eye and extra-eye health. *Nutrients*, 10(9), 1321.

Campos, A., & Vasconcelos, V. (2010). Molecular mechanisms of microcystin toxicity in animal cells. *International journal of molecular sciences*, 11(1), 268-287.

- Carranza, A., & Zu Ermgassen, P. S. (2020). A global overview of restorative shellfish mariculture. *Frontiers in Marine Science*, 7, 722.
- Caruso, R., Magon, A., Baroni, I., Dellafiore, F., Arrigoni, C., Pittella, F., & Ausili, D. (2018). Health literacy in type 2 diabetes patients: a systematic review of systematic reviews. *Acta diabetologica*, 55, 1-12.
- Cavalier-Smith, T. (2002). The neomuran origin of archaeobacteria, the negibacterial root of the universal tree and bacterial megaclassification. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 52(1), 7-76.
- Cavalier-Smith, T. (2007): Evolution and relationships of algae: major branches of the tree of life, in: Brodie, J. et al. (Ed.) *Unravelling the algae: the past, present, and future of algal systematics*. The Systematics Association Special Volume Series, 75: 21-55.
- Cha, K. H., Koo, S. Y., & Lee, D. U. (2008). Antiproliferative effects of carotenoids extracted from *Chlorella ellipsoidea* and *Chlorella vulgaris* on human colon cancer cells. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(22), 10521-10526.
- Chiu, S. Y., Kao, C. Y., Chen, T. Y., Chang, Y. B., Kuo, C. M., & Lin, C. S. (2015). Cultivation of microalgal *Chlorella* for biomass and lipid production using wastewater as nutrient resource. *Bioresource technology*, 184, 179-189.
- Choi, J. I., Kim, H. J., & Lee, J. W. (2011). Structural feature and antioxidant activity of low molecular weight laminarin degraded by gamma irradiation. *Food chemistry*, 129(2), 520-523.
- Chopin, T., & Sawhney, M. (2009). Seaweeds and their mariculture. In D. L. Gallager (Ed.), *Encyclopedia of Ocean Sciences* (2. vydání., s. 4477-4487). Academic Press
- Christensen, T. (1990). Plants, animals, algae and fungi, four non-taxonomic group designations. *Taxon*, 39(1), 93-128.
- Cochen, Z. (1999). *Chemicals from microalgae*. Taylor & Francis Ltd, London.
- Cordero, B., Otero, A., Patiño, M., Arredondo, B. O., & Fabregas, J. (1996). Astaxanthin production from the green alga *Haematococcus pluvialis* with different stress conditions. *Biotechnology Letters*, 18, 213-218.
- Costa, L. S., Fidelis, G. P., Cordeiro, S. L., Oliveira, R. M., Sabry, D. A., Câmara, R. B. G., ... & Rocha, H. A. O. (2010). Biological activities of sulfated polysaccharides from tropical seaweeds. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 64(1), 21-28.
- da Silva, R. L., & Barbosa, J. M. (2009). Seaweed meal as a protein source for the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Journal of applied phycology*, 21, 193-197.
- Dalmonte, T., Vecchiato, C. G., Biagi, G., Fabbri, M., Andreani, G., & Isani, G. (2023). Iron Bioaccessibility and Speciation in Microalgae Used as a Dog Nutrition Supplement. *Veterinary Sciences*, 10(2), 138.

- Dierick, N., Obyn, A., & De Smet, S. (2009). Effect of feeding intact brown seaweed *Ascophyllum nodosum* on some digestive parameters and on iodine content in edible tissues in pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(4), 584-594.
- Dillehay, T. D., Ramírez, C., Pino, M., Collins, M. B., Rossen, J., & Pino-Navarro, J. D. (2008). Monte Verde: seaweed, food, medicine, and the peopling of South America. *science*, 320(5877), 784-786.
- Douglas, S. E., Raven, J. A., & Larkum, A. W. (2003). The algae and their general characteristics. *Photosynthesis in Algae*, s. 1-10. Springer.
- Edwards, M., & Watson, L. (2011). Aquaculture explained. *Aquaculture*, 26, 1-71.
- El-Baz, F. K., Abdo, S. M., & Hussein, A. M. (2017). Microalgae *Dunaliella salina* for use as food supplement to improve pasta quality. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res*, 46(2), 45-51.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food chemistry*, 124(2), 411-421.
- Falkowski, P. G., Katz, M. E., Knoll, A. H., Quigg, A., Raven, J. A., Schofield, O., & Taylor, F. J. R. (2004). The evolution of modern eukaryotic phytoplankton. *Science*, 305(5682), 354-360.
- Feng, C. H. I. (2012). The tale of sushi: history and regulations. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(2), 205-220.
- Fernandes, F., Barbosa, M., Oliveira, A. P., Azevedo, I. C., Sousa-Pinto, I., Valentão, P., & Andrade, P. B. (2016). The pigments of kelps (Ochrophyta) as part of the flexible response to highly variable marine environments. *Journal of Applied Phycology*, 28, 3689-3696.
- Fletcher, H. R., Biller, P., Ross, A. B., & Adams, J. M. M. (2017). The seasonal variation of fucoidan within three species of brown macroalgae. *Algal research*, 22, 79-86.
- Fletcher, R.L.; Farrell, P. Introduced brown algae in the North East Atlantic, with particular respect to *Undaria pinnatifida* (Harvey) suringar. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 1998, 52, 259–275
- Flórez, N., Jesus Gonzalez-Munoz, M., Ribeiro, D., Fernandes, E., Dominguez, H., & Freitas, M. (2017). Algae polysaccharides' chemical characterization and their role in the inflammatory process. *Current Medicinal Chemistry*, 24(2), 149-175.
- Forsythe, W. (2006). The archaeology of the kelp industry in the northern islands of Ireland. *International Journal of Nautical Archaeology*, 35(2), 218-229.
- Fott, B. (1956). *Sinice a řasy: celostátní vysokoškolská učebnice*. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd.
- Fořt, P. (2005). *Zdraví a potravní doplňky*. Praha: Grada Publishing.

- Frei, B. (1995). Cardiovascular disease and nutrient antioxidants: role of low-density lipoprotein oxidation. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 35(1-2), 83-98.
- Freile-Pelegrin, Y., & Murano, E. (2005). Agars from three species of Gracilaria (Rhodophyta) from Yucatán Peninsula. *Bioresource technology*, 96(3), 295-302.
- Fujiwara, Y. (1990). Effect of long-term administration of Chlorella tablets on hyperlipemia. *J. Jpn. Nutr. Food Sci.*, 43, 167-173.
- Funari, E., & Testai, E. (2008). Human health risk assessment related to cyanotoxins exposure. *Critical reviews in toxicology*, 38(2), 97-125.
- Fábregas, J., Otero, A., Maseda, A., & Domínguez, A. (2001). Two-stage cultures for the production of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis*. *Journal of biotechnology*, 89(1), 65-71.
- Gantar, M., & Svirčev, Z. (2008). Microalgae and cyanobacteria: food for thought 1. *Journal of phycology*, 44(2), 260-268.
- García, J. L., De Vicente, M., & Galán, B. (2017). Microalgae, old sustainable food and fashion nutraceuticals. *Microbial biotechnology*, 10(5), 1017.
- Gaur, S., Kaur, M., Kalra, R., Rene, E. R., & Goel, M. (2024). Application of microbial resources in biorefineries: Current trend and future prospects. *Heliyon*, 8(6).
- Gawor, J. P., Wilczak, J., Svensson, U. K., & Jank, M. (2021). Influence of Dietary Supplementation with a Powder Containing AN ProDen™(*Ascophyllum Nodosum*) Algae on Dog Saliva Metabolome. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 681951.
- Gomes-Dias, J. S., Romani, A., Teixeira, J. A., & Rocha, C. M. (2020). Valorization of seaweed carbohydrates: Autohydrolysis as a selective and sustainable pretreatment. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(46), 17143-17153.
- Gómez-Ordóñez, E., Jiménez-Escrig, A., & Rupérez, P. (2010). Dietary fibre and physicochemical properties of several edible seaweeds from the northwestern Spanish coast. *Food Research International*, 43(9), 2289-2294.
- Goswami, R. K., Agrawal, K., Shah, M. P., & Verma, P. (2022). Bioremediation of heavy metals from wastewater: a current perspective on microalgae-based future. *Letters in Applied Microbiology*, 75(4), 701-717.
- Gould, S. B., Waller, R. F., & McFadden, G. I. (2008). Plastid evolution. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 491-517.
- Grant, W. B. (1997). Dietary links to Alzheimer's disease. *Alz Dis Rev*, 2, 42-55.
- Gray, M. W., Burger, G., & Lang, B. F. (1999). Mitochondrial evolution. *Science*, 283(5407), 1476-1481.

- Grobbelaar, J. U., Botes, E., Van den Heever, J. A., Oberholster, A. M., & Oberholster, P. J. (2004). Toxin production by cyanobacteria. WRC Report, (1029/1), 04.
- Guerin, M., Huntley, M. E., & Olaizola, M. (2003). Haematococcus astaxanthin: applications for human health and nutrition. *TRENDS in Biotechnology*, 21(5), 210-216.
- Guiry, M. D., & Morrison, L. (2013). The sustainable harvesting of *Ascophyllum nodosum* (Fucaceae, Phaeophyceae) in Ireland, with notes on the collection and use of some other brown algae. *Journal of applied phycology*, 25, 1823-1830.
- Hamilton, T. L., Bryant, D. A., & Macalady, J. L. (2016). The role of biology in planetary evolution: cyanobacterial primary production in low-oxygen Proterozoic oceans. *Environmental microbiology*, 18(2), 325-340.
- Hasan, M. R., & Rina, C. (2009). Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture: a review (No. 531). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Henrikson, R. (1989). *Earth food spirulina*. Laguna Beach, CA: Ronore Enterprises, Inc.
- Herrero, M., Ibáñez, E., Cifuentes, A., Reglero, G., & Santoyo, S. (2006). *Dunaliella salina* microalga pressurized liquid extracts as potential antimicrobials. *Journal of food protection*, 69(10), 2471-2477.
- Hession, C., Guiry, M. D., McGarvey, S., & Joyce, D. (1998). Mapping and assessment of the seaweed resources (*Ascophyllum nodosum*, *Laminaria* spp.) off the west coast of Ireland. Dublin: 80 Harcourt Street.
- Hewitt, C. L., Campbell, M. L., McEnulty, F., Moore, K. M., Murfet, N. B., Robertson, B., & Schaffelke, B. (2005). Efficacy of physical removal of a marine pest: the introduced kelp *Undaria pinnatifida* in a Tasmanian Marine Reserve. *Biological Invasions*, 7, 251-263.
- Hohman, E. E., Martin, B. R., Lachcik, P. J., Gordon, D. T., Fleet, J. C., & Weaver, C. M. (2011). Bioavailability and efficacy of vitamin D2 from UV-irradiated yeast in growing, vitamin D-deficient rats. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(6), 2341-2346.
- Hou YongQing, H. Y., Wu ZhenLong, W. Z., Dai ZhaoLai, D. Z., Wang GenHu, W. G., & Wu GuoYao, W. G. (2017). Protein hydrolysates in animal nutrition: industrial production, bioactive peptides, and functional significance. *SpringerPlus*, 6(1), 100.
- Jankovský, L. (1997). *Viry, prokaryota, řasy, houby a lišejníky: přehled systému, fylogeneze a ekologie*. Brno: Masarykova univerzita.
- Johnston, H. W. (1966). The biological and economic importance of algae, Part 2. *Tuatara*, 14(1), 30-63.

- Kain, J. M., & Dawes, C. P. (1987). Useful European seaweeds: past hopes and present cultivation. In Twelfth International Seaweed Symposium: Proceedings of the Twelfth International Seaweed Symposium held in Sao Paulo, Brazil, July 27–August 1, 1986 (pp. 173-181). Springer Netherlands.
- Kalimuthu, S., & Kim, S. K. (2015). Fucoidan, a sulfated polysaccharides from brown algae as therapeutic target for cancer. Handbook of anticancer drugs from marine origin, (s.145-164). Springer.
- Kalina T.; Váňa, J. (2005). Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. Praha: Karolinum.
- Kalina, T. (1994). Systém a vývoj sinic a řas: skripta pro posl. Přírodovědecké fakulta. Univerzita Karlovy. Praha: Karolinum.
- Kanta J., Kantová J. (2001). Léčivá moc vitamínů, bylin a minerálních látek. Praha: Reader's Digest Výběh.
- Keeling, P. J. (2004). Diversity and evolutionary history of plastids and their hosts. American Journal of Botany, 91(10), 1481-1493.
- Kiko, T., Nakagawa, K., Tsuduki, T., Suzuki, T., Arai, H., & Miyazawa, T. (2012). Significance of lutein in red blood cells of Alzheimer's disease patients. Journal of Alzheimer's Disease, 28(3), 593-600.
- Knoll, A. H. (2008). Cyanobacteria and earth history. The cyanobacteria: molecular biology, genomics, and evolution, Norfolk: Caister Academic Press
- Kodama M, Kodama T, Miura S, Yoshida M (1991). Nutrition and breast cancer risk in Japan. Anticancer Res. 11:745–754
- Komaki, H., Yamashita, M., Niwa, Y., Tanaka, Y., Kamiya, N., Ando, Y., & Furuse, M. (1998). The effect of processing of *Chlorella vulgaris*: K-5 on in vitro and in vivo digestibility in rats. Animal feed science and technology, 70(4), 363-366.
- Komatsudaira, Y. (2023). Japanese Superfoods: Learn the Secrets of Healthy Eating and Longevity-the Japanese Way!. Tokyo: Tuttle Publishing.
- Kosten, S., Huszar, V. L., Bécares, E., Costa, L. S., van Donk, E., Hansson, L. A., ... & Scheffer, M. (2012). Warmer climates boost cyanobacterial dominance in shallow lakes. Global Change Biology, 18(1), 118-126.
- Kovač D J, Simeunović J B, Babić O B, Mišan A Č, (2013): Algae in food and feed. Food and Feed Research, 40(1):21-32, 1-11s.
- Kulshreshtha, A., Jarouliya, U., Bhadauriya, P., Prasad, G. B. K. S., & Bisen, P. S. (2008). Spirulina in health care management. Current pharmaceutical biotechnology, 9(5), 400-405.
- Lee, J., Lee, S., & Jiang, X. (2017). Cyanobacterial toxins in freshwater and food: important sources of exposure to humans. Annual review of food science and technology, 8, 281-304.

- Li, S., Bian, F., Yue, L., Jin, H., Hong, Z., & Shu, G. (2014). Selenium-dependent antitumor immunomodulating activity of polysaccharides from roots of *A. membranaceus*. *International journal of biological macromolecules*, 69, 64-72.
- Li, Z., & Guo, M. (2018). Healthy efficacy of *Nostoc commune* Vaucher. *Oncotarget*, 9(18), 14669.
- Lorenz, R. T., & Cysewski, G. R. (2000). Commercial potential for *Haematococcus* microalgae as a natural source of astaxanthin. *Trends in biotechnology*, 18(4), 160-167.
- Macken-Walsh, Á. (2009). *Barriers to change: A sociological study of rural development in Ireland*. Dublin: Teagasc.
- Madeira, M. S., Cardoso, C., Lopes, P. A., Coelho, D., Afonso, C., Bandarra, N. M., & Prates, J. A. (2017). Microalgae as feed ingredients for livestock production and meat quality: A review. *Livestock Science*, 205, 111-121.
- Martin, W., & Kowallik, K. V. (1999). Annotated English translation of Mereschkowsky's 1905 paper 'Über Natur und Ursprung der Chromatophoren im Pflanzenreiche'. *European Journal of Phycology*, 34(3), 287-295.
- Marzieh Hosseini, S., Shahbazizadeh, S., Khosravi-Darani, K., & Reza Mozafari, M. (2013). *Spirulina paltensis*: Food and function. *Current Nutrition & Food Science*, 9(3), 189-193.
- Matufi, F., & Choopani, A. (2020). *Spirulina*, food of past, present and future. *Health Biotechnology and Biopharma*, 3(4), 1-20.
- Mayanglambam, A., & Sahoo, D. (2015). Red algae. *The Algae World*, (s. 205-234). Dordrecht: Springer.
- McHugh, D. J. (2003). *Seaweeds uses as human foods. A guide to the seaweed industry*, Řím: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Mendes, M. C., et al. (2022). Algae as food in Europe: An overview of species diversity and their application. *Foods*, 11(13), 1871.
- Menetrez, M. Y. (2012). An overview of algae biofuel production and potential environmental impact. *Environmental Science & Technology*, 46(13), 7073-7085.
- Mokyr, J., & Gráda, C. Ó. (2002). What do people die of during famines: the Great Irish Famine in comparative perspective. *European Review of Economic History*, 6(3), 339-363.
- Morita, K., & Nakano, T. (2002). Seaweed accelerates the excretion of dioxin stored in rats. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(4), 910-917.
- Morrissey, J., Kraan, S., & Guiry, M. D. (2001). *A guide to commercially important seaweeds on the Irish coast*. Ireland: Irish Bord Iascaigh Mhara/Irish Sea Fisheries Board.

- Mouritsen, O. G. (2013). *Seaweeds: edible, available, and sustainable*. Chicago: University of Chicago Press.
- Mouritsen, O. G., Cornish, M. L., Critchley, A. T., & Pérez-Lloréns, J. L. (2024). *Applications of Seaweeds in Food and Nutrition* (s. 1-17). Amsterdam: Elsevier.
- Mouritsen, O. G., Rhatigan, P., & Pérez-Lloréns, J. L. (2019). The rise of seaweed gastronomy: phycogastronomy. *Botanica Marina*, 62(3), 195-209.
- Mouritsen, O. G., Rhatigan, P., Cornish, M. L., Critchley, A. T., & Pérez-Lloréns, J. L. (2021). Saved by seaweeds: phyconomic contributions in times of crises. *Journal of Applied Phycology*, 33(1), 443-458.
- Murat, D., Byrne, M., & Komeili, A. (2010). Cell biology of prokaryotic organelles. *Cold Spring Harbor perspectives in biology*, 2(10), a000422.
- Murthy, K. C., Vanitha, A., Rajesha, J., Swamy, M. M., Sowmya, P. R., & Ravishankar, G. A. (2005). In vivo antioxidant activity of carotenoids from *Dunaliella salina*—a green microalga. *Life sciences*, 76(12), 1381-1390.
- Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann, A. H., Kraemer, G. P., Halling, C., ... & Yarish, C. (2004). Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231(1-4), 361-391.
- Niamien-Ebrottie, J. E., Bhattacharyya, S., Deep, P. R., & Nayak, B. (2015). Cyanobacteria and cyanotoxins in the World. *Ijar*, 1(8), 563-569.
- Nisizawa, K., Noda, H., Kikuchi, R., & Watanabe, T. (1987). The main seaweed foods in Japan. *Hydrobiologia*, 151, 5-29.
- O'Connor, I., & O'Brien, N. (1998). Modulation of UVA light-induced oxidative stress by β -carotene, lutein and astaxanthin in cultured fibroblasts. *Journal of Dermatological Science*, 16(3), 226-230.
- Olaizola, M., & Huntley, M. E. (2003). Recent advances in commercial production of astaxanthin from microalgae. *Biomaterials and bioprocessing*, 9, 143-164.
- Mouritsen, O.G. (2013). *Seaweeds, edible, available & sustainable*, Chicago: The University of Chicago.
- Panahi, Y., Badeli, R., Karami, G. R., Badeli, Z., & Sahebkar, A. (2015). A randomized controlled trial of 6-week *Chlorella vulgaris* supplementation in patients with major depressive disorder. *Complementary therapies in medicine*, 23(4), 598-602.
- Panahi, Y., Khosroushahi, A. Y., Sahebkar, A., & Heidari, H. R. (2019). Impact of cultivation condition and media content on *Chlorella vulgaris* composition. *Advanced pharmaceutical bulletin*, 9(2), 182.

- Pashkow, F. J., Watumull, D. G., & Campbell, C. L. (2008). Astaxanthin: a novel potential treatment for oxidative stress and inflammation in cardiovascular disease. *The American Journal of Cardiology*, 101(10), S58-S68.
- Percival, E. (1979). The polysaccharides of green, red and brown seaweeds: their basic structure, biosynthesis and function. *British Phycological Journal*, 14(2), 103-117.
- Pereira, L. (2015). Seaweed flora of the european north atlantic and mediterranean. *Springer handbook of marine biotechnology*, 65-178.
- Pereira, L. (2016). *Edible seaweeds of the world*. Boca Raton: CRC Press.
- Pereira-Pacheco, F., Robledo, D., Rodríguez-Carvajal, L., & Freile-Pelegrián, Y. (2007). Optimization of native agar extraction from *Hydropuntia cornea* from Yucatán, México. *Bioresource Technology*, 98(6), 1278-1284.
- Priyadarshani, I., Sahu, D., & Rath, B. (2012). Algae in aquaculture. *Int. J. Health Sci. Res*, 2, 108-114.
- Pérez-Lloréns, J. L., Mouritsen, O. G., Rhatigan, P., Cornish, M. L., & Critchley, A. T. (2020). Seaweeds in mythology, folklore, poetry, and life. *Journal of Applied Phycology*, 32(5), 3157-3182.
- Pulz, O., & Gross, W. (2004). Valuable products from biotechnology of microalgae. *Applied microbiology and biotechnology*, 65, 635-648.
- Queiroz, J. S., Blasco, I. M., Gagliano, H., Daviu, N., Román, A. G., Belda, X., ... & Armario, A. (2016). *Chlorella vulgaris* reduces the impact of stress on hypothalamic–pituitary–adrenal axis and brain c-fos expression. *Psychoneuroendocrinology*, 65, 1-8.
- Rapala, J., Sivonen, K., Luukkainen, R., & Niemelä, S. I. (1993). Anatoxin-a concentration in *Anabaena* and *Aphanizomenon* under different environmental conditions and comparison of growth by toxic and non-toxic *Anabaena*-strains—a laboratory study. *Journal of Applied Phycology*, 5, 581-591.
- Rimbau, V., Camins, A., Romay, C., González, R., & Pallàs, M. (1999). Protective effects of C-phycoerythrin against kainic acid-induced neuronal damage in rat hippocampus. *Neuroscience letters*, 276(2), 75-78.
- Saeed, F., Afzaal, M., Shah, Y. A., Khan, M. H., Hussain, M., Ikram, A., & Khashroum, A. O. (2022). Miso: A traditional nutritious & health-endorsing fermented product. *Food Science & Nutrition*, 10(12), 4103-4111
- Schwartz, J., Shklar, G., Reid, S., & Trickier, D. (1988). Prevention of experimental oral cancer by extracts of *Spirulina-Dunaliella* algae. *Nutrition and cancer*, 11(2), 127-134.
- Singh, S., Kate, B. N., & Banerjee, U. C. (2005). Bioactive compounds from cyanobacteria and microalgae: an overview. *Critical reviews in biotechnology*, 25(3), 73-95.

- Sivonen, K., & Jones, G. (1999). Cyanobacterial toxins. Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management, 1, 43-112.
- Sousa, I., Gouveia, L., Batista, A. P., Raymundo, A., & Bandarra, N. M. (2008). Microalgae in novel food products. Food chemistry research developments, 75-112.
- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., & Isambert, A. (2006). Commercial applications of microalgae. Journal of bioscience and bioengineering, 101(2), 87-96.
- Sukenik, A., Quesada, A., & Salmaso, N. (2015). Global expansion of toxic and non-toxic cyanobacteria: effect on ecosystem functioning. Biodiversity and Conservation, 24, 889-908.
- Suárez, E. R., Kralovec, J. A., Nosedá, M. D., Ewart, H. S., Barrow, C. J., Lumsden, M. D., & Grindley, T. B. (2005). Isolation, characterization and structural determination of a unique type of arabinogalactan from an immunostimulatory extract of *Chlorella pyrenoidosa*. Carbohydrate research, 340(8), 1489-1498.
- Thajuddin, N., & Subramanian, G. (2005). Cyanobacterial biodiversity and potential applications in biotechnology. Current science, 47-57.
- Tjahjono, A. E., Hayama, Y., Kakizono, T., Terada, Y., Nishio, N., & Nagai, S. (1994). Hyper-accumulation of astaxanthin in a green alga *Haematococcus pluvialis* at elevated temperatures. Biotechnology letters, 16, 133-138.
- Trung, B., Dao, T. S., Faassen, E., & Lüring, M. (2018). Cyanobacterial blooms and microcystins in Southern Vietnam. Toxins, 10(11), 471.
- Udayan, A., Arumugam, M., & Pandey, A. (2017). Nutraceuticals from algae and cyanobacteria. In A. Pandey, D.-J. Lee, Y. Chisti, & C. R. Soccol (Eds.), Algal green chemistry (pp. 65-89). Elsevier.
- Ugarte, R. A., Sharp, G., & Moore, B. (2007). Changes in the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. Plant morphology and biomass produced by cutter rake harvests in southern New Brunswick, Canada. In Eighteenth International Seaweed Symposium: Proceedings of the Eighteenth International Seaweed Symposium, held in Bergen, Norway, 20–25 June 2004 (pp. 125-133). Springer Netherlands.
- Ullah, K., Ahmad, M., Sharma, V. K., Lu, P., Harvey, A., Zafar, M., ... & Anyanwu, C. N. (2014). Algal biomass as a global source of transport fuels: Overview and development perspectives. Progress in Natural Science: Materials International, 24(4), 329-339.
- Vanthoor-Koopmans, M., Cordoba-Matson, M. V., Arredondo-Vega, B. O., Lozano-Ramírez, C., García-Trejo, J. F., & Rodríguez-Palacio, M. C. (2014). Microalgae and cyanobacteria production for feed and food supplements. Biosystems engineering: biofactories for food production in the century XXI, 253-275.
- Vishchuk, O. S., Ermakova, S. P., & Zvyagintseva, T. N. (2011). Sulfated polysaccharides from brown seaweeds *Saccharina japonica* and *Undaria pinnatifida*: isolation, structural characteristics, and antitumor activity. Carbohydrate research, 346(17), 2769-2776.

- Wang, P., Jiang, X., Jiang, Y., Hu, X., Mou, H., Li, M., & Guan, H. (2007). In vitro antioxidative activities of three marine oligosaccharides. *Natural Product Research*, 21(7), 646-654.
- Wang, S. K., Li, Y., White, W. L., & Lu, J. (2014). Extracts from New Zealand *Undaria pinnatifida* containing fucoxanthin as potential functional biomaterials against cancer in vitro. *Journal of Functional Biomaterials*, 5(2), 29-42.
- Wang, S., Tian, D., Zheng, W., Jiang, S., Wang, X., Andersen, M. E., ... & Qu, W. (2013). Combined exposure to 3-chloro-4-dichloromethyl-5-hydroxy-2 (5H)-furanone and microcystin-LR increases genotoxicity in Chinese hamster ovary cells through oxidative stress. *Environmental science & technology*, 47(3), 1678-1687.
- Weinberg, B., & Saxe, L. (2017). U.S. Patent No. 9,635,836. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Wilson, K. E., & Huner, N. P. (2000). The role of growth rate, redox-state of the plastoquinone pool and the trans-thylakoid ΔpH in photoacclimation of *Chlorella vulgaris* to growth irradiance and temperature. *Planta*, 212, 93-102.
- Woese, C. R., Kandler, O., & Wheelis, M. L. (1990). Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 87(12), 4576-4579.
- World Health Organization. (1997). HACCP: Introducing the hazard analysis critical control point system (No. WHO/FSF/FOS/97.2). Geneva: World Health Organization.
- Zanchett, G., & Oliveira-Filho, E. C. (2013). Cyanobacteria and cyanotoxins: from impacts on aquatic ecosystems and human health to anticarcinogenic effects. *Toxins*, 5(10), 1896-1917.
- Zwirgmaier, K., Heywood, J. L., Chamberlain, K., Woodward, E. M. S., Zubkov, M. V., & Scanlan, D. J. (2007). Basin-scale distribution patterns of picocyanobacterial lineages in the Atlantic Ocean. *Environmental Microbiology*, 9(5), 1278-1290.

Internetové zdroje

Akademie věd České republiky (22.4. 2024). Unikátní žlutá Chlorella z Třeboně našla svého pěstitele. Potravinav21.cz [online]. [cit. 2024-05-28]. Dostupné z:

<https://www.potravinav21.cz/unikatni-zluta-chlorella-z-trebone-nasla-sveho-pestitele/>

Algatech (2014). ALGATECH – Centrum řasových biotechnologií. Alga.cz [online]. [cit. 2024-05-27]. Dostupné z: <https://www.alga.cz>

Algatech (2014). Laboratoř řasové biotechnologie. Alga.cz [online]. [cit. 2024-05-27]. Dostupné z: <https://www.alga.cz/c-22-laborator-rasove-biotechnologie.html>

Algamo (n.d.). Naše výroba. Algamo.cz [online]. [cit. 2024-05-29]. Dostupné z: <https://www.algamo.cz/#vyroba>

Algamo (n.d.). O společnosti Algamo. Algamo.cz [online]. [cit. 2024-05-29]. Dostupné z: <https://www.algamo.cz>

Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny (n.d.). Když se řekne „sinice“ ... Sinice.cz [online]. [cit. 2024-03-07]. Dostupné z: <http://www.sinice.cz/index.php?pg=o-sinicich>

Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny (n.d.). Vodní květ sinic. Sinice.cz [online]. [cit. 2024-03-09]. Dostupné z: <http://www.sinice.cz/index.php?pg=o-sinicich--vodni-kvet>

Earthrise (n.d.). Origins & History. Earthrise.com [online]. [cit. 2024-05-24]. Dostupné z: <https://www.earthrise.com/origins-history>

Guiry, M., D. (n.d.). *Saccharina* cultivation in China. Seaweed.ie [online]. [cit. 2024-04-02]. Dostupné z: https://www.seaweed.ie/aquaculture/kelp_china.html

Guiry, M., D. (n.d.). Seaweed as Human Food. Seaweed.ie [online]. [cit. 2024-03-12]. Dostupné z: https://www.seaweed.ie/uses_general/humanfood.html

Guiry, M., D. (n.d.). Seaweed uses and utilization. Seaweed.ie [online]. [cit. 2024-03-12].
Dostupné z: https://www.seaweed.ie/uses_general/index.html

Internetový žurnál Časopis oko (n.d.). Mořské řasy. Oko.yin.cz [online]. [cit. 2024-03-04].
Dostupné z: <http://www.oko.yin.cz/7/morske-rasy/>

Maršálek, B. (2005). Co jsou cyanobakterie/sinice? Sinice.cz [online]. [cit. 2024-04-16].
Dostupné z: http://www.sinice.cz/res/file/popular/cyanobakterie_obecne.pdf

Mikrobiologický ústav AV ČR (n.d.). O ústavu. Mbucas.cz [online]. [cit. 2024-05-27].
Dostupné z: <https://mbucas.cz/o-ustavu/>

Wolf, B., & Lewter, M. (2017). Seaweeds For Animal Health. Dobrman-chat.com [online]. [cit. 2024-06-05].
Dostupné z: <https://doberman-chat.com/threads/seaweeds-for-animal-health.27955/>