

# Možnosti využití sladkovodních řas v lidské výživě

Michaela Ničová

---

Bakalářská práce  
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav analýzy a chemie potravin  
akademický rok: 2015/2016

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michaela Ničová**  
Osobní číslo: **T15949**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie a řízení v gastronomii**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Možnosti využití sladkovodních řas v lidské výživě**

Zásady pro vypracování:

1. Formou literární rešerše zpracujte charakteristiku sladkovodních řas.
2. Popište chemické složení biologicky aktivních látek přítomných ve sladkovodních řasách.
3. Popište možnosti využití sladkovodních řas v lidské výživě.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] Mišurcová, L. 2008. **Nové nutriční aspekty a využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka.** Disertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín, 120 s.
- [2] Tokusoglu, O., Unal, M. K. 2003. **Biomass nutrient profiles of three microalgae: Spirulina platensis, Chlorella vulgaris, and Isochrysis galbana.** Journal of Food Science. 68, 1144–1148.
- [3] Northcote, D. H., Goulding, K. J., Horne, R. W. 1958. **The chemical composition and structure of the cell wall of Chlorella pyrenoidosa.** Biochemistry Journal, 70, 391–397.
- [4] Samek D. 2013. **Vliv způsobu kultivace a dezintegrace řasové biomasy na obsah a výtěžnost nutričních faktorů** disertační práce. Disertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín, 122 s.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Ladislava Mišurcová, Ph.D.**  
Ústav analýzy a chemie potravin

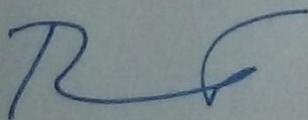
Datum zadání bakalářské práce:

**20. ledna 2016**

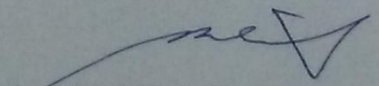
Termín odevzdání bakalářské práce:

**6. května 2016**

Ve Zlíně dne 20. ledna 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*děkan*



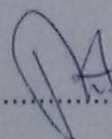
Ing. Jiří Mlček, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně ...2.5.2016...



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce je zjistit a popsat možnosti využití sladkovodních řas v lidské výživě. Obecně jsou charakterizovány řasy používané v potravinářství (taxonomie, výskyt). Největší pozornost je věnována popisu chemického složení sladkovodních řas, které jsou významným zdrojem biologicky aktivních látek, jako jsou bílkoviny, minerální látky a vitaminy. Z důvodu obsahu dalších látek, které vykazují zdraví prospěšné účinky je kladen důraz na využití sladkovodních řas ve formě doplňků stravy i jako suroviny pro přípravu pokrmů v gastronomii.

Klíčová slova: sladkovodní řasy, sinice, *Chlorella*, *Spirulina*, chemické složení, doplňky stravy, využití řas

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis is to examine the possibilities that freshwater algae present in the field of human nutrition. Part One looks at the taxonomy and occurrence of the various types of algae used in the food industry today. The thesis continues with a detailed examination of the chemical composition of freshwater algae, specifically the major sources of biologically active substances such as proteins, minerals, and vitamins. Priority is given to the use of freshwater algae since these substances are generally considered to have the most beneficial health qualities. Typically they are formulated as commercial food supplements, or used as raw ingredients in the catering and food industries.

Keywords: freshwater algae, cyanobacteria, *Chlorella*, *Spirulina*, chemical composition, nutritional supplements, utilization of algae

Tímto bych chtěla poděkovat paní Ing. Ladislavě Mišurcové, Ph.D., vedoucí mé práce, za její odbornou pomoc, rady a její trpělivost při zpracování této bakalářské práce.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině za všestrannou pomoc a podporu v průběhu celého studia.

*„Najít správný směr, mezi opatrností a odvahou je to největší umění.“*

Tomáš Baťa

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>1 ŘASY</b> .....	<b>11</b>
1.1 SYSTEMATIKA ŘAS .....	12
1.1.1 Hnědé řasy (Chromophyta) .....	13
1.1.2 Červené řasy (Rhodophyta).....	14
1.1.3 Zelené řasy (Chlorophyta).....	15
1.1.4 Sinice (Cyanobacteria) .....	16
<b>2 VÝZNAM ŘAS A SINIC</b> .....	<b>18</b>
<b>3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ŘAS</b> .....	<b>20</b>
3.1 LIPIDY .....	20
3.2 PROTEINY .....	21
3.3 SACHARIDY .....	23
3.3.1 Vlákna .....	24
3.4 PIGMENTY .....	26
3.4.1 Chlorofyl .....	27
3.5 MINERÁLNÍ LÁTKY .....	28
3.5.1 Fosfor (P) .....	29
3.5.2 Vápník (Ca).....	30
3.5.3 Hořčík (Mg) .....	30
3.5.4 Železo (Fe) .....	30
3.5.5 Zinek (Zn) .....	31
3.5.6 Měď (Cu).....	31
3.5.7 Draslík (K) .....	31
3.5.8 Sodík (Na) .....	31
3.5.9 Mangan (Mn) .....	32
3.5.10 Chrom (Cr).....	32
3.5.11 Bor (B) .....	32
3.6 VITAMINY .....	32
3.6.1 Vitamin A (retinol).....	33
3.6.2 Vitamin C (kys. L – askorbová, kys. L – dehydroaskorbová) .....	34
3.6.3 Vitamin E ( tokoferol) .....	34
3.6.4 B – komplex .....	34
3.7 OSTATNÍ LÁTKY .....	37
3.7.1 <i>Chlorella</i> .....	37
3.7.1.1 Růstový faktor CGF .....	37
3.7.1.2 Chlorellin .....	38
<b>4 NEŽÁDOUCÍ ÚČINKY ŘAS</b> .....	<b>39</b>
<b>5 VYUŽITÍ ŘAS</b> .....	<b>41</b>
5.1 DETOXIKACE ORGANISMU .....	41
5.2 PROBIOTICKÉ A PREBIOTICKÉ ÚČINKY ŘAS .....	42
5.2.1 Probiotika .....	42
5.2.2 Prebiotika .....	42



5.3	VYUŽITÍ SLADKOVODNÍCH ŘAS JAKO DOPLŇKŮ STRAVY .....	43
5.4	VYUŽITÍ SLADKOVODNÍCH ŘAS JAKO SUROVINY PRO PŘÍPRAVU POKRMŮ .....	46
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>51</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>		<b>53</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>		<b>60</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>62</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>		<b>63</b>

## ÚVOD

Řasy tvoří velmi různorodou skupinu mikroorganismů od mikroskopických forem, až po řasy jejichž rozměry dosahují několik desítek metrů. Odedávna se využívají jako potravinová zejména v přímořských zemích, kde dodnes tvoří běžnou součást jídelníčku. Aztékové a mayšští indiáni jedli řasy i čerstvě sklizené. Sladkovodní řasy byly Aztéky velmi ceněny jako plnohodnotné, výživné jídlo a sinice rodu *Spirulina* byla používána dokonce jako měna. Čínští bylináři je také využívali k léčení nemocí vyplývajících z nedostatku vitaminů a minerálních látek. Lidé kmene Iake, v okolí jezera Čad, je dodnes hojně sbírají s místními obyvateli a připravují z nich dle mnohých receptů různé pokrmy. Se změnou životního stylu a snahou o zavedení zdravé výživy se i sladkovodní řasy dostaly na trh do západních zemí, zejména jako doplňky stravy, a to zejména pro svůj bohatý obsah bílkovin s vhodným složením aminokyselin, pro obsah esenciálních mastných kyselin, pro vysoké množství chlorofylu, minerálních látek, vitaminů, antioxidantů a také jako významný zdroj železa. Z praktického hlediska se o řasách mluví jako o potravinovém zdroji budoucnosti. Zejména řasy rodu *Chlorella* a sinice *Spirulina* jsou dnes velmi žádaným zdrojem celé škály těchto zdraví prospěšných látek. Z vlastního dlouholetého zájmu o řasy rodu *Chlorella* a sinice *Spirulina* jako doplňku stravy s blahodárnými účinky na lidské zdraví, jsem se rozhodla podložit tato tvrzení vědeckými poznatky a studii zpracováním této bakalářské práce.

Cílem práce tedy je uspořádat informace týkající se řasy *Chlorella* a sinice rodu *Spirulina* a podat co možná nejvíce poznatků o jejich chemickém složení, které vykazuje zdraví prospěšné účinky a jejich využití ve formě doplňků stravy i jako suroviny pro přípravu pokrmů v gastronomii.

## 1 ŘASY

Řasy jsou jedny z prvních primitivních živých organismů na naší planetě. Prozatím bylo rozpoznáno okolo 25 000 druhů řas, kosmopolitně se vyskytujících v přírodě, kde jsou hojně zastoupeny a tvoří velmi významnou složku společenství jak vodních, tak terestrických (suchozemských) biotopů. Řasy představují skupinu mikroskopických, ale i makroskopických organismů. Mikrořasy (mikroskopické řasy, sinice) lze obvykle nalézt v sladkovodních a mořských systémech. Jsou to jednobuněčné organismy, které existují samostatně, v řetězcích či skupinách. V závislosti na druhu se může jejich velikost pohybovat od několika mikrometrů až po několik stovek mikrometrů. Na rozdíl od vyšších rostlin, mikrořasy nemají kořeny, stonky nebo listy. Jsou speciálně přizpůsobeny prostředí, kterému dominují viskózní síly. Mikrořasy jsou fotoautotrofní čili schopné provádět fotosyntesu, která je nezbytná pro život na Zemi. Sinice a řasy produkují přibližně polovinu atmosférického kyslíku a v přírodě mají hlavní význam jako primární producenti organické hmoty. Zdrojem uhlíku je pro ně oxid uhličitý. Na rozdíl od pokročilejších forem života jsou mikrořasy jednobuněčné, což znamená, že jsou soběstačným organismem se všemi vitálními funkcemi rostlin. Výsledkem této jednoduché konstrukce jsou neobvykle vysoké koncentrace nutričních složek [1-3]. Sinice a řasy tedy prodělávaly svůj vývoj ve vodě s obsahem mnoha rozpuštěných látek a jejich největší počet stále zůstává ve vodním prostředí, jen menší počet řas se přizpůsobil životu v/na půdě, povrchu skal, stromů, případně jiných substrátech (sníh, led). Ve vodním prostředí tvoří základní stupeň potravního řetězce, na který jsou vázány organismy (konzumenti) dalších trofických (potravních) stupňů, např. mořský fytoplankton je jediným zdrojem potravy pro živočichy v pelagiálu. Řasy a sinice se dále podílejí na koloběhu látek a energií, který probíhá v ekosystémech. Svou činností ovlivňují a mění fyzikálně chemické vlastnosti vody. Nadměrný rozvoj sinic a řas v důsledku zatížení povrchových vod živinami vede k tvorbě vegetačního zákalu a vodních květů, které zhoršují kvalitu vody a tím také její využitelnost k různým účelům. Obecně jsou sinice a řasy nenáročné a přizpůsobivé, snadno osidlují nově vzniklé biotopy (tůně, nové nádrže). Avšak jsou dostatečně citlivé ke změnám prostředí, na které společenstva řas reagují změnou struktury i kvantity. Jejich indikační schopnost má být v současnosti využívána pro hodnocení stavu povrchových vod dle evropské legislativy. Ekologické skupiny řas ve vodním prostředí jsou fytoplankton (společenstvo sinic a řas ve volné vodě), perifyton (společenstva na kamenech, bahně, vodních rostlinách), fytobentos (společenstva na dně vodních toků a nádrží) [1, 3-4].

Historie využití řas, zejména makrořas, jako potravin pro člověka je známa od pravěku a stále hrají významnou roli v gastronomických tradicích mnoha zemí, zejména v Asii. Jsou důležitou potravinářskou komoditou, důvodem je jejich významný obsah nutričních a biologicky aktivních látek (aminokyseliny, proteiny, vitaminy, minerální látky, mastné kyseliny, ale i enzymy a rostlinná barviva) [1, 5].

### 1.1 Systematika řas

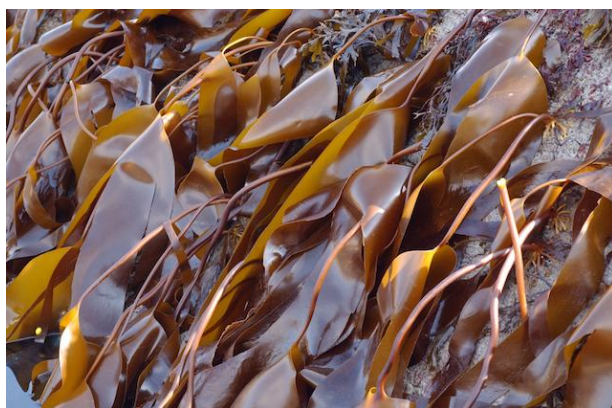
Sinice a řasy mají v přírodě rozsáhlé zastoupení, počet druhů je odhadován na řádově desítky tisíc. Stejně jako u jiných skupin organismů, jsou snahy o jejich označení či zařazení taxonů do systému. Cílem systému je uspořádání taxonů podle vybraného hlediska, respektive stanoveného principu, do určitých skupin. Nové přístupy, založené na metodě elektronové mikroskopie a v posledním desetiletí metody molekulární systematiky ukazují na velmi složité vývojové vztahy, které způsobují značné změny v systému sinic a řas (dříve označované např. jako nižší rostliny) a jejich zařazení do skupin. Aplikace metod molekulární biologie na taxonomii je velkou změnou, umožňují nové a hlubší poznání vývoje a příbuznosti organismů. V současnosti algologie (nauka o řasách) studuje jak prokaryotní sinice, tak eukaryotní řasy bez ohledu na to, do jaké „říše“ v universálním systému organismů jsou zařazeny. I v tomto systému došlo již postupem času ke změnám, které vycházejí z nově získaných vědeckých informací. Tyto změny se týkají především vyšších taxonomických úrovní.

Výběr nejvýznamnějších charakteristik sinic a řas je tvar buňky/stélky a způsob existence (jednotlivě, v koloniích, atd.), charakter buněčné stěny (přítomnost schránky, struktura na povrchu buňky), přítomnost a charakter buněčných organel (protoplast, chloroplasty, jádro, vakuoly, stigma), přítomnost a složení fotosyntetických pigmentů (chlorofyly, xantofyly, karoteny a specifické pigmenty u některých skupin sinic a řas), typy zásobních látek, způsob rozmnožování (nepohlavní, pohlavní), výskyt v přírodě (charakter biotopu), ekologické nároky [1, 3, 6-7].

Systematické rozdělení dle fotosyntetických pigmentů do čtyř skupin.

### 1.1.1 Hnědé řasy (Chromophyta)

Zástupci této skupiny jsou mnohobuněčné organismy, jelikož neobsahují jednobuněčné stélky a dosahují až makroskopické velikosti. Většina zástupců hnědých řas žije obzvláště v pobřežních oblastech s chladnou vodou. Některé hnědé řasy bývají vybaveny plovoucími útvary, které udržují fyloidy poblíž vodní hladiny. Velké druhy hnědých řas jsou známy pod pojmem chaluhy a jejich kauloidy mohou dosahovat až 60 m. Téměř všechny chaluhy žijí v mořích, je jich asi 250 rodů s přibližně 1500 – 2000 druhy a z toho asi jen 5 rodů obývá sladké vody. Odhaduje se, že se podílejí asi čtvrtinou na celkové primární produkci rostlin. Hnědou barvu řas udává dominance xantofylového pigmentu fukoxanthinu, který maskuje ostatní pigmenty, chlorofyl a, c a  $\beta$ -karoten. Buněčné stěny jsou tvořeny celulosou a ze stélek hnědých řas se získává kyselina alginová (algin), která má mnohostranné použití v potravinářství jako stabilizátor zmrzlin, krémů, médium pro kvasinky při výrobě vína i piva [6, 8]. Pro výživu člověka je významný řád *Laminariales*, druhy rodů *Laminaria*, *Alaria* a *Undaria* se v Číně a Japonsku, kde se i pěstují, využívají jako zelenina nebo se z nich připravuje tzv. kombu nebo kurinori, přísada do omáček, polévek, rýže či k přípravě čaje [6, 8].



Obr. 1, 2: *Laminaria digitata* [9], kombu sušené [10]

### 1.1.2 Červené řasy (Rhodophyta)

Červené řasy (ruduchy) jsou většinou vícebuněčné organismy, jen málo jich je jednobuněčných. Vyskytují se převážně v teplejších mořích a jen málo rodů a druhů ve sladkých, čistých vodách. Existuje přibližně 6 000 popsaných druhů červených řas. Vyživují se autotrofně, ale mohou růst i ve větších hloubkách, protože jsou schopny využívat k fotosyntese nepatrné množství světla, které již nestačí zeleným a hnědým řasám. Obsahují fotosyntetická barviva hlavně chlorofyl *a* (v tylakoidech) a některé řasy chlorofyl *d*. Dalšími barvivy v červených mořských řasách jsou  $\alpha$ - a  $\beta$ -karoten, fykobiliny (modrý fykokyanin a červený fykoerytrin). Výsledná barva chloroplastů závisí na poměru pigmentů. Může být modrozelená až po jasně červenou. Zástupci, kteří žijí ve velkých hloubkách, mohou být i černí. V menších hloubkách je typické jasně červené zbarvení a v mělké vodě převládá zelená barva, kdy je fykoerytrin maskován chlorofylem [1, 3, 6]. Buněčnou stěnu tvoří pektiny a jen z menší části celulóza. Povrch buňky je obalen silnou polysacharidovou stěnou, složenou z galaktanů – agaru a karagenanu. Tyto polysacharidy se uplatňují v potravinářství jako rosoly a při čerání vína. Agary se díky vysokému bodu tání používají především do cukrářských výrobků, džemů, marmelád, želé, mléčných výrobků, masových, rybích a drůbežích i pekařských produktů a nápojů. Průmyslově se využívají jako živná laboratorní média, v lékařství i v molekulární biologii. Potravinový z červených mořských řas pochází převážně z rodů *Porphyra* (Nori), *Palmaria palmata* (Dulse) [1, 8, 11].



Obr. 3: *Porphyra* (Nori) [12]

### 1.1.3 Zelené řasy (Chlorophyta)

Zelené řasy jsou velmi početnou skupinou, existuje okolo 8 000 druhů. Zahrnují jednobuněčné i mnohobuněčné organismy. V moři se zelené řasy vyskytují převážně v blízkosti pobřeží. Asi 90% zelených řas žije v bentosu a planktonu sladkých vod. Někteří zástupci žijí na skalách, stromech nebo v půdě. Mohou žít také v symbióze převážně se sinicemi, houbami a intracelulárně v tělech jiných živočichů (zoochlorelly) [1, 8, 13]. U zelených řas jsou zastoupeny téměř všechny organizační stupně stélek a jejich buněčná stěna je zpravidla celulosní. Chloroplasty těchto řas jsou čistě zelené, jejich asimilačními barvivy jsou chlorofyly *a* a *b*, dále obsahují  $\beta$ -karoten a xantofyly, které zelenou barvu chlorofylů nepřekrývají. Nejdůležitější rezervní látkou je škrob, který vzniká v podobě zrnků na pyrenoidech (střediska fixace oxidu uhličitého) a ukládá se na jejich povrchu nebo volně v chloroplastech. Kromě rezervního škrobu obsahují i značné množství tuků. Obsahem bílkovin jsou blízké červeným řasám (10 – 47 % bílkovin). Dnes se jednobuněčné zelené řasy pěstují ve velkoobjemových kultivačních zařízeních a využívají se jako doplňky stravy, také pro přímou lidskou výživu, do kosmetických přípravků i jako přídavek do krmiv pro hospodářská zvířata. Z mořských druhů je využíván rod *Ulva* a u sladkovodních řas je typickým zástupcem je rod *Chlorella*, které bude dále věnována pozornost.

Taxonomie vybraného druhu mikrořas:

Doména: Eukarya (Eucarya)

Říše: Rostliny (Plantae)

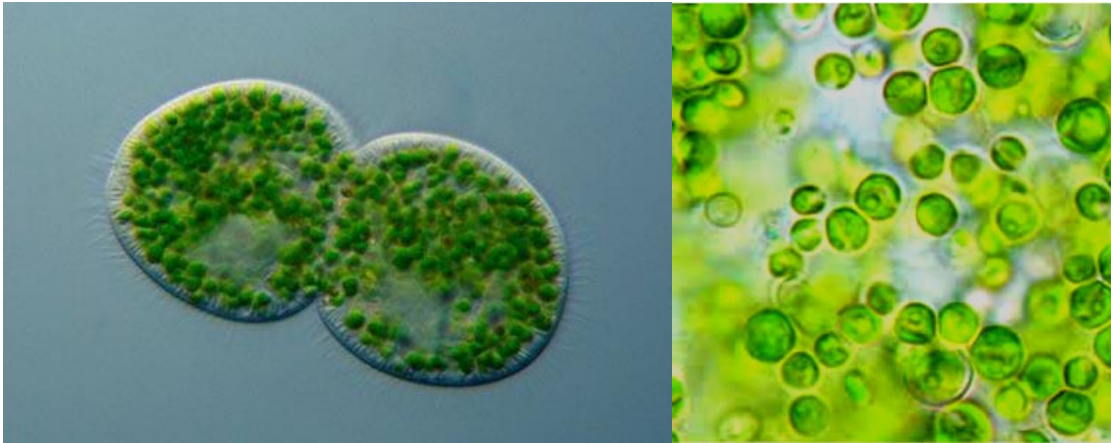
Oddělení: Chlorophyta

Třída: Trebouxiophyceae

Řád: Chlorellales

Rod: *Chlorella*

Druh: *Ch. pyrenoidosa* [14-15]



Obr. 4,5: *Chlorella pyrenoidosa* [16]

#### 1.1.4 Sinice (Cyanobacteria)

Sinice (Cyanobacteria, Cyanophyceae) se výrazně liší od ostatních rostlin a veškerých dalších řas, v tom, že mají buněčnou strukturu a funkci, která je běžnější pro bakterie než rostlinnou říši. Sinice jsou mikroskopické prokaryotické buňky, které rostou přirozeně ve vodním prostředí, v půdě i v biotopech s extrémní teplotou (oblasti s vulkanickou aktivitou, v pouštích i polárních oblastech), salinitou (slaná jezera) i v oblastech s extrémními hodnotami pH. Sinice jsou téměř všudypřítomné organismy a obývají většinu biotopů na Zemi, kde se vyskytují přibližně 3 miliardy let a podílely se na nasycení praatmosféry kyslíkem.

Z metabolického hlediska jsou sinice fototrofní a autotrofní jako většina rostlin, tedy fotoautotrofové. Vyznačují se především fotosyntesou oxygenního typu, při níž je voda donorem elektronů, oxid uhličitý je fixován na organické sloučeniny a jako vedlejší produkt se uvolňuje kyslík. Nejčastěji lze sinice nalézt v planktonu sladkých vod a mohou tvořit součást léčivých bahen, kde ovlivňují oxidačně-redukční vlastnosti a vylučují do těchto bahen mnohé organické látky s blahodárným účinkem [1]. Na rozdíl od řas nemají buněčné jádro ohraničené jadernou membránou, nýbrž jadernou hmotu představuje jediná kruhová molekula DNA, fotosyntetická barviva (chlorofyl *a*,  $\beta$ -karoten, xantofyly, modrý *c*-fykokyanin a červený *c*-fykoerythrin) nejsou uzavřena v plastidech, ale na povrchu volně uložených fotosyntetických membrán (tylakoidů). Zásobní látkou je sinicový škrob a disponují vysokým obsahem bílkovin [1, 8]. Některé specializované buňky sinic vytvářené vegetativními buňkami v případě nutnosti syntézy vlastního enzymatického aparátu,



zejména nitrogenasy striktně vyžadující anaerobní prostředí (samotná příčina procesu), z důvodu fixace molekulárního dusíku z atmosféry a tím se podílejí na zúrodnování půd a výživě některých kulturních rostlin. Dále jsou bohaté na karoten a vitaminy, zejména B<sub>12</sub> [8]. Ale mohou také působit nepříznivě. V důsledku zatížení povrchových vod nadměrným množstvím živin může dojít k jejich přemnožení a mohou na povrchu vody tvořit tzv. vodní květy. Některé druhy sinic mohou do svého okolí vylučovat i látky toxické tzv. cyanotoxiny, které způsobují kožní alergie, zánět spojivek, bronchitidu, u dobytka napájeného znečištěnou vodou i otravu [1, 17-18]. Významným zástupcem sinic je rod *Arthrospira*, který je dnes známý spíše pod komerčním názvem *Spirulina*, která se pěstuje v teplých, alkalických, sladkých vodách. Jméno *Spirulina* pochází z latinského slova pro spirálu, jelikož při pohledu pod mikroskopem jsou viditelná drobná zelená vlákna stočena do spirály s různou těsností a počtem, v závislosti na kmenu [19-20].

Taxonomie vybraného druhu mikrořas:

Doména: Prokarya (Procarya)

Říše: Bakterie (Bacteria)

Oddělení: Sinice – Cyanobacteria (syn. Cyanophyta)

Třída: Cyanophyceae

Řád: Oscillatoriales

Rod: *Arthrospira* (*Spirulina*)

Druh: *S. platensis*, *S. pacifica* [14-15]



Obr. 6,7: *Spirulina platensis* [21]

## 2 VÝZNAM ŘAS A SINIC

Sinice (Cyanophyta) a řasy (Algae) patří k vývojově nejstarším a nejjednodušším organismům na Zemi. Některé z nich jsou mikroskopické (jednobuněčné i mnohobuněčné) nebo také makroskopické se složitou stavbou těla [22]. Řasy a sinice spolu často vstupují do symbiotických interakcí. Z pohledu vývoje života na Zemi je u sinic důležité zmínit endosymbiózu, která dala vznik chloroplastům fotoautotrofních organismů a rostlin. Je to soužití dvou druhů organismů, z nichž jeden žije uvnitř těla toho druhého. Dále řasy a sinice tvoří např. rostlinnou složku lišejníků (např. rody *Nostoc*, *Chroococcus*). Mohou se nalézat v soužití s hlevíky, kapradinami, játrovkami i nahosemennými rostlinami [3]. S vývojem sinic je úzce spjat vznik kyslíkové atmosféry a tím i rozvoj aerobního dýchání organismů. Řasy a sinice jsou v přírodě důležitými primárními producenty organické hmoty, proto jejich přítomnost ve vodních ekosystémech významně ovlivňuje potravní řetězce. Kromě toho, že jsou potravou pro živočichy, mohou také sloužit různým potřebám lidstva. Řada druhů patří k tzv. technickým rostlinám, jelikož biomasa mikrořas je potenciálním zdrojem obnovitelné energie, může být přeměněna např. do bionafty, etanolu, spalitelných plynů, ale i využívána v lékařství, zubním lékařství, v kosmetice, farmacii, mikrobiologii, cukrářství, potravinářství, papírnictví i pro výrobu farmaceutik a potravinových doplňků. Kultivace mikrořas probíhá ve vodě a nesoupeří o půdu a živiny se zemědělskými plodinami. Sklízí se volně rostoucí řasy nebo kultivované řasy [5, 23].

Kultury po celém světě využívaly mikrořasy po staletí, zejména rod *Spirulina*. Aztékové a mayští indiáni je jedli čerstvě sklizené. Byly Aztéky velmi ceněny jako výživné jídlo a sinice rodu *Spirulina* byla používána dokonce jako měna. Čínští bylináři je také využívali k léčení nemocí vyplývajících z nedostatku vitaminů a minerálních látek. Lidé kmene Iake, v okolí jezera Čad, je dodnes hojně sbírají s místními obyvateli a připravují z nich dle mnohých receptů různé pokrmy, například tzv. "dihe" (koláč vyrobený z prosa, *Spiruliny*, bylin, zelenin, cibule a koření). Mikrořasa *Chlorella* byla dokonce během druhé světové války používána Japonci jako efektivní způsob, jak nakrmit miliony lidí v době nedostatku potravin, pro své rychlé rozmnožovací schopnosti a vysoký obsah bílkovin. Ačkoliv *Chlorella* obsahuje méně bílkovin než *Spirulina*, *Chlorella* obsahuje až čtyřikrát více chlorofylu, což přispívá k silným detoxikačním vlastnostem [3, 17, 20].



Obr. 8,9: Sběr sinice *Spirulina* v alkalických jezerech Čadu [24]

### 3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ŘAS

Tyto primitivní organismy mají společného jmenovatele v tom, že obsahují široké spektrum vitaminů, minerálních látek a dalších živin. Avšak jejich primitivní organizace má mnoho výhod oproti vyšším rostlinám. Vyšší rostlina je méně využitelná pro svou více nestravitelnou strukturu. Obvykle je lidskou stravou semeno, kořen, list nebo plod rostliny. Jelikož se u mikrořas jedná o celou rostlinu, která obsahuje všechny nezbytné složité chemické sloučeniny lze je využít lidským organismem mnohem lépe. Podrobnější analýzy mikrořas z nutričního hlediska prokázaly vyvážené složení bílkovin a přítomnost esenciálních mastných kyselin, četné minerální látky a dokonce i vitamin B<sub>12</sub> [2, 19-20].

#### 3.1 Lipidy

Lipidy jsou přírodní látky živočišného i rostlinného původu. Z chemického hlediska jsou lipidy volné mastné kyseliny nebo esterově vázané ve formě triacylglycerolů, fosfolipidů a cholesterolů. Jsou to heterogenní látky, které jsou velmi málo polární a silně hydrofobní. Ve vodě jsou nerozpustné, rozpouštějí se v nepolárních rozpouštědlech. Lipidy hrají hlavní úlohu jako zdroj a zásoba energie (obsahují dvakrát více energie na jednotku hmotnosti v porovnání s bílkovinami nebo sacharidy), strukturální funkce (nebílkovinné složky membrán), ochranná a izolační funkce (vosky, atd.), různé biologické funkce (hormony, vitaminy, atd.). Rozdělují se na jednoduché, složené a izoprenoidní lipidy. Mastné kyseliny jsou karboxylové kyseliny s dlouhými uhlovodíkovými řetězci. Mastné kyseliny se rozdělují na nasycené (neobsahují násobné vazby) a nenasycené (obsahují jednu a více dvojných vazeb, výjimečně i trojných vazeb). Výživové a funkční vlastnosti lipidů jsou ovlivněny především počtem a umístěním dvojných vazeb. Dvojně vazby v mastných kyselinách jsou vždy v konfiguraci cis. Obsah dvojných vazeb snižuje teplotu tání mastných kyselin. Dále jsou lipidy nepostradatelné pro využití lipofilních vitaminů v organismu a pozitivně ovlivňují sensorickou jakost potravin a pokrmů. Ovšem některé nenasycené mastné kyseliny není lidský organismus schopen syntetizovat a musí být přijímány potravou. Jedná se o esenciální mastné kyseliny – kyselinu linolovou a  $\alpha$ -linolenovou, ostatní mastné kyseliny mohou být syntetizovány z acetylkoenzymu A. Sladkovodní řasa *Chlorella* obsahuje vysoké množství mastných kyselin. Více než 20 % těchto kyselin jsou kyseliny omega-3 a kyselina  $\alpha$ -linolenová. Pravděpodobně je to jeden z důvodů, proč se *Chlorella* ukázala jako vysoce efektivní při redukci vysokého cholesterolu v těle a jako ochrana proti ateroskleró-

ze. *Spirulina* se jeví jako zdroj  $\gamma$ -linolenové kyseliny (GLA) a to 20 – 25 % z celkového množství lipidů [11, 19, 25-27].

### 3.2 Proteiny

Proteiny jsou polymery aminokyselin, které vznikly procesem proteosyntesy. Ve své molekule obsahují více než 100 aminokyselin vzájemně spojených peptidovou vazbou. Peptidová vazba vzniká mezi karboxylovou skupinou (-COOH) jedné aminokyseliny a aminovou skupinou (-NH<sub>2</sub>) druhé aminokyseliny. Pořadí (sekvence) a počet jednotlivých aminokyselinových zbytků v řetězci jsou pro každý protein specifické, determinované genovou výbavou buněk. Všechny proteiny v naší biosféře mají stejnou základní stavbu a liší se jen pořadím převážně 20 kódovaných aminokyselin jako stavebních jednotek. Pro lidskou výživu se proteiny získávají z různých zdrojů. Jedná se hlavně o proteiny živočišného původu (maso, mléko, vejce) a rostlinného původu (obiloviny, luštěniny, ovoce, zelenina, okopaniny). V poslední době jsou potencionálním zdrojem proteinů pro lidskou výživu netradiční zdroje proteinů (řasy rodu *Chlorella* a sinice rodu *Spirulina*, červi, kobylinky apod.) [11, 25]. Sladkovodní řasy jsou známé vysokým obsahem proteinů. Obecně lze říci, že ze sušené buňky řasy se získá přibližně nad 50 % proteinu, což je více než lze nalézt v požitelných částech vyšších rostlin. Proteiny řas mají nízkou molekulovou hmotnost, což znamená, že mohou být snadno štěpeny, za předpokladu, že buněčná stěna řas byla dostatečně dezintegrována [2, 28]. Obsah proteinů v řasách se liší v závislosti na druhu, na ročním období, oblasti původu a podmínkách prostředí, ve kterém se pěstují [29]. Proteiny u většiny řas obsahují všechny esenciální aminokyseliny, jsou tedy plnohodnotné. Mezi nejvíce obsažené esenciální aminokyseliny ve většině řas patří arginin, kyselina glutamová a asparagová (Arg, Glu, Asp). *Chlorella* je bohatým zdrojem proteinů, s vyváženým poměrem esenciálních aminokyselin. Obsah proteinů v řase *Chlorella* se pohybuje v rozmezí od 30 do 60 % v sušině [30]. *Spirulina* je známá pro mimořádný obsah proteinů, jejichž obsah se pohybuje v rozmezí od 50 do 70 % v sušině. Konkrétně 56 – 77 % u *S. platensis* a 60 – 71 % u *S. maxima*. Tyto obsahy jsou zcela výjimečné, a to i mezi mikroorganismy. Nicméně, obsah proteinů se liší o 10 – 15%, v závislosti na době sklizně vztahem k dennímu světlu. Nejvyšší hodnoty byly získány u vzorků, které byly sklizeny v raném denním světle. Rozdíl obsahu proteinů činil až 15 %. Z kvalitativního hlediska, proteiny *Spiruliny* jsou kompletní, protože všechny esenciální aminokyseliny jsou přítomny a představují 47 % celkové hmotnosti proteinů. Z těchto esenciálních aminokyselin jsou nejméně zastoupeny

aminokyseliny obsahující síru (methionin a cystein). Buňky sinice *Spirulina* neobsahují ve své stěně celulosy, ale mají relativně křehký obal (murein). To vysvětluje velmi vysokou stravitelnost těchto proteinů (83 – 90%) [31-32].

**Tab. 1,2:** Zastoupení aminokyselin v sušině *Spirulina* a *Chlorella* (obsah v sušině v %) [31-32].

AMK	Obsah v sušině (%) <i>Spirulina</i>	AMK	Obsah v sušině (%) <i>Chlorella</i>
Isoleucin	5,6	Isoleucin	2,0
Leucin	8,7	Leucin	4,5
Lysin	4,7	Lysin	3,4
Methionin	2,3	Methionin	1,3
Fenylalanin	4,5	Fenylalanin	2,7
Threonin	5,2	Threonin	2,6
Tryptofan	1,5	Tryptofan	1,2
Valin	6,5	Valin	3,2
Alanin	7,6	Alanin	4,6
Arginin	6,9	Arginin	3,4
K. aspartová	9,8	K. aspartová	4,8
Cystin	1,0	Cystin	0,7
K. glutamová	14,6	K. glutamová	5,9
Glycin	5,2	Glycin	3,0
Histidin	1,6	Histidin	1,1
Prolin	4,3	Prolin	2,5
Serin	5,2	Serin	2,3
Tyrosin	4,8	Tyrosin	2,1

**Tab. 3:** Porovnání obsahů proteinů v potravinách bohatých na proteiny [31].

Zdroj proteinů	Obsah proteinů v sušině (%)
<i>Spirulina</i>	50 – 70
Sušená vejce celá	47
Sójová mouka celý	37
Sušený odstředěné mléko	36
Olej z pšeničných klíčků	27
Kuře	24
Ryba	22

**Tab. 4:** Zastoupení esenciálních aminokyselin ve vybraných potravinách (%) [31].

Obsah esenciálních AMK (%)				
Esenciální AMK	<i>Spirulina</i>	vejce	hovězí	sojové boby
Isoleucin	3,5	0,67	0,93	1,80
Leucin	5,4	1,08	1,70	2,70
Lysin	2,9	0,89	1,76	2,58
Methionin	1.4	0,43	-	-

Je možné, že v budoucnu budou tyto kultury hrát významnou roli v uspokojování nutričních potřeb ve světě hlavně v oblasti proteinů. Řasové kultivační systémy mohou produkovat až 15.000 kilogramů bílkovin na akr ročně. To je téměř dvacetkrát vyšší výnos za akr než ze sójových bobů [2, 19].

### 3.3 Sacharidy

Sacharidy jsou nejrozšířenější přírodní látky přítomné ve všech rostlinných a živočišných buňkách. Tvoří největší podíl organické hmoty na Zemi. Z chemického hlediska jsou sacharidy polyhydroxyaldehydy (aldosy) a polyhydroxyketony (ketosy). To znamená, že vždy obsahují skupinu hydroxylovou (-OH) a karbonylovou (>C=O), která může mít k sobě navázané dva různé řetězce (ketosy) nebo jeden řetězec a jeden atom vodíku (aldosy). Sacharidy lze rozdělit na jednoduché (monosacharidy) a složité (oligosacharidy, polysacharidy). Sacharidy mají funkci stavební (celulosa tvoří stěny rostlinných buněk), zásobní (škrob, glykogen) a slouží jako zdroj energie (glukosa jako nejrychlejší zdroj energie). U fotoautotrofních organismů je glukosa syntetizována z oxidu uhličitého a vody fotosyntesou a ukládána ve formě škrobu, nebo přeměňována na celulosu rostlinného pletiva. Heterotrofní organismy získávají potřebné sacharidy z organismů autotrofních nebo z nesacharidových substrátů (hydroxykyseliny, aminokyseliny, glycerol apod.) tomuto ději se říká glukoneogeneze [11]. *Chlorella* jako zástupce sladkovodních zelených řas, obsahuje převážně škrob, hemicelulosy a celulosu, přičemž zastoupení i množství jednotlivých polysacharidů se mezi jednotlivými druhy tohoto rodu liší. Celulosa je základním strukturálním polysacharidem buněčných stěn rostlin. Stavební jednotkou celulosy je celobiosa, která vzniká částečnou hydrolyzou celulosy. Celulosa obsažená v buněčné stěně řasy *Chlorella* snižuje její stravitelnost, proto musí dojít k dezintegraci buněčných stěn.

*Spirulina* obsahuje heteropolysacharidy tzv. mukopolysacharidy (glykosaminoglykany). Jedná se o nevětvené polysacharidy obsahující deriváty uronových kyselin a hexosaminové zbytky. Díky schopnosti mukopolysacharidů vázat na sebe velké množství vody (bobtnání), působí tyto polysacharidy jako maziva či výplně a tím mohou vyvolávat pocit nasycení [33]. Specifickým polysacharidem, izolovaným z vodního extraktu modrozelené řasy *Spirulina platensis*, je spirulan vápenatý (Ca-SP). Jedná se o sulfátový polysacharid, který se skládá z rhamnosy, 3-O-methylrhamnosy, 2,3-di-O-ethylrhamnosy, 3-O-methylxylosy, sulfátových a uronových kyselin, vápenatých iontů a ze dvou stále se opakujících disacharidů, O-rhamnosyl-asofriosy a O-hexuronosyl-rhamnosy. Při zkoumání jeho biologické aktivity bylo zjištěno, že spirulan vápenatý napomáhá předcházet vzniku arterosklerózy a také podporuje její léčení. Ca-SP může být využit k výrobě antiatherogenních léků, které se používají k léčbě kardiovaskulárních onemocnění [2, 28, 34].

### 3.3.1 Vlákna

Označení vlákna se používá pro nevstřebatelné sacharidy, součásti jedlých částí rostlin, které nejsou štěpeny, tráveny a absorbovány v lidském tenkém střevě. Jedná se o některé polysacharidy (škrob) a oligosacharidy, které nelze v zažívacím traktu člověka rozštěpit. Škrob je složen z amylosy a amylopektinu. V rostlinách je škrob uložen ve formě škrobových granulí. Pro každý rostlinný zdroj je charakteristický tvar a struktura krystalů těchto granulí. Škrob tak tvoří frakci, která se netráví v tenkém střevě, může být však (částečně) fermentována střevními bakteriemi (mikroflórou) v tlustém střevě za produkce krátkých mastných kyselin (octová, propionová, máselná) a plynů (oxid uhličitý, metan). Krátké mastné kyseliny, které tímto způsobem vznikají, mohou být energeticky využity v játrech. Vlákna pozitivně reguluje střevní činnost a příznivě ovlivňuje celkový zdravotní stav. Vlákna snižuje intestinální (střevní) pH, čímž dochází k potlačení růstu hnilobných bakterií a podpoře množení bakterií kvasných. Tímto působením se snižuje onkogenní aktivita ve střevě i riziko civilizačních nemocí. Mezi další efekty působení vlákniny patří vazba některých vitaminů, stopových prvků, vápníku, cholesterolu, čímž je ovlivněno jejich vstřebávání. Vlákna váže též některé toxiny, a tím bezprostředně chrání střevní sliznici a posléze celý organismus. Nezanedbatelným účinkem je poněkud zpomalené vstřebávání jednoduchých sacharidů, s čímž souvisí nižší a rovnoměrnější glykemie po jídle. Pro příznivé působení na střevní mikroflóru je vlákna také označována názvem prebiotikum. Dříve byly za vlákninu považovány pouze zbytky zvětšující střevní obsah, tedy vlákna hrubá (nefermentovatelná, nerozpustná). Nerozpustná vlákna je zastoupená celulosami a



ligniny. Lignin je obsažen v dřevnatých částech rostlin a neloupaných zrnech obilovin (pšeničné a kukuřičné otruby, ovesné slupky). Rozpustné (fermentovatelné, měkké) vlákniny, které lze v různém stupni fermentovat v tlustém střevě za vzniku mastných kyselin, jsou např. pektiny, guarová guma, arabská guma, inulin a fruktooligosacharidy. Zdrojem rozpustné vlákniny je zelenina, ovoce, luštěniny [35, 36]. Vláknina dobře absorbuje vodu, tím zvětšuje obsah střev a zrychluje pasáž stolice tlustým střevem. Současně omezuje resorpci toxických látek. Detoxikace střev a udržování jejich zdraví jsou dalšími přednostmi řas rodu *Chlorella*. Materiál, který obsahuje její buněčná stěna má pro střeva velký význam. Zlepšuje jejich funkci, stimuluje růst aerobních (příznivých) bakterií a absorbuje toxiny ze střevního prostředí a normalizuje peristaltiku [37]. *Chlorella* je schopna na sebe vázat toxické látky jako je např. uran, olovo, kadmium a rtuť. Další chemické látky, které se mohou v potravinách nacházet ve formě insekticidů a pesticidů, pomáhá *Chlorella* odbourat částečně kvůli přínosu vlákniny i díky vysokému obsahu chlorofylu. Peristaltika je svalová kontrakce, která pohybuje materiálem uvnitř střev. Normalizace tohoto pohybu zabraňuje zácpě a urychluje vyprazdňování střev a tím omezuje vstřebávání toxických látek z potravy do krevního řečiště. Schopnost rodu *Chlorella* stimulovat růst prospěšných bakterií (laktobacilů) a detoxikovat chemické látky, může být dobře využitelná u osob trpících na kvasinkové infekce [28, 38-39].

**Tab. 5:** Obsahy vlákniny potravy v produktech ze sladkovodních řas (%) [14].

Obsah vlákniny (%)			
Doplňky stravy	Oxidativní hydrolýza	Henneberg-Stohman	Enzymatické stanovení
Chlorella Tabs	1,77 ± 0,26	3,28 ± 0,16	10,86 ± 0,16
Spirulina Pacifica	2,67 ± 1,62	2,25 ± 0,25	8,49 ± 0,86

*Poznámky k tabulce:*

Produkt – Chlorella Tabs, výrobce – Chlorella centrum s.r.o., původ – Taiwan,  
řasa – *Chlorella pyrenoidosa* [14].

Produkt – Spirulina Pacifica, výrobce – Nutrex, Inc. USA, původ – Hawaii,  
sinice – *Spirulina pacifica* [14].

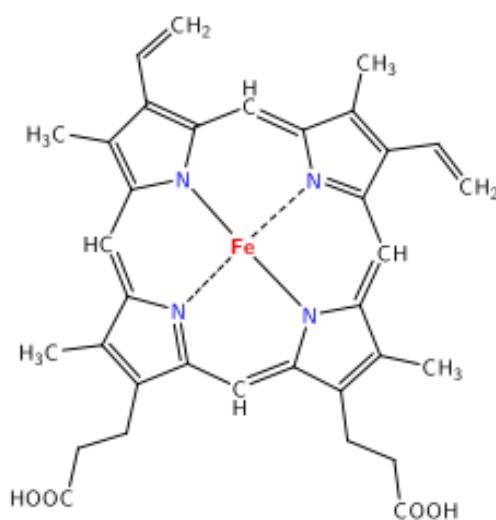
### 3.4 Pigmenty

Fotosyntetické pigmenty se u zelených řas a rostlin vyskytují v tylakoidních membránách chloroplastů ve formě pigmento-proteinových komplexů. Rozlišují se dvě hlavní skupiny pigmentů zelené chlorofyly a žluto-oranžovo-červené karotenoidy. Jejich obsah a složení je důležitým ukazatelem stavu fotosyntetického aparátu. Obsah závisí na druhu rostliny, stáří asimilačních orgánů, minerální výživě a také podmínkách růstu (např. vystavení slunečnímu záření) [40]. Molekuly chlorofylů jsou složeny ze dvou komponent. Prvním je substituovaný porfyrinový kruh s centrálně navázaným kationtem  $Mg^{2+}$  a dlouhý uhlovodíkový řetězec tvoří fytol (podstatný pro syntézu vitaminů  $K_1$  a E). Chlorofyly se v přírodě vyskytují v několika formách, přičemž u zelených rostlin jsou chlorofyl *a* (nejdůležitější pro fotosyntesu) a chlorofyl *b*. Chlorofyl *b* se od chlorofylu *a* liší pouze substitucí metylové skupiny za skupinu aldehydovou na 3. atomu uhlíku. Tyto dvě formy chlorofylů se v přírodě vyskytují obvykle v poměru 3 : 1 (chlorofyl *a*: chlorofyl *b*). Jejich modro-zelená až zelená barva je dána jejich absorpčním spektrem, kdy molekuly chlorofylů zachycují především modrou a červenou složku světla a jeví se proto jako zelené. Z chemických vlastností má porfyrin hydrofilní charakter a nepolární charakter fytolu je pro molekuly chlorofylů významnější, jelikož jsou proto dobře rozpustné v nepolárních rozpouštědlech (ethanol, aceton, benzen) [40-42].

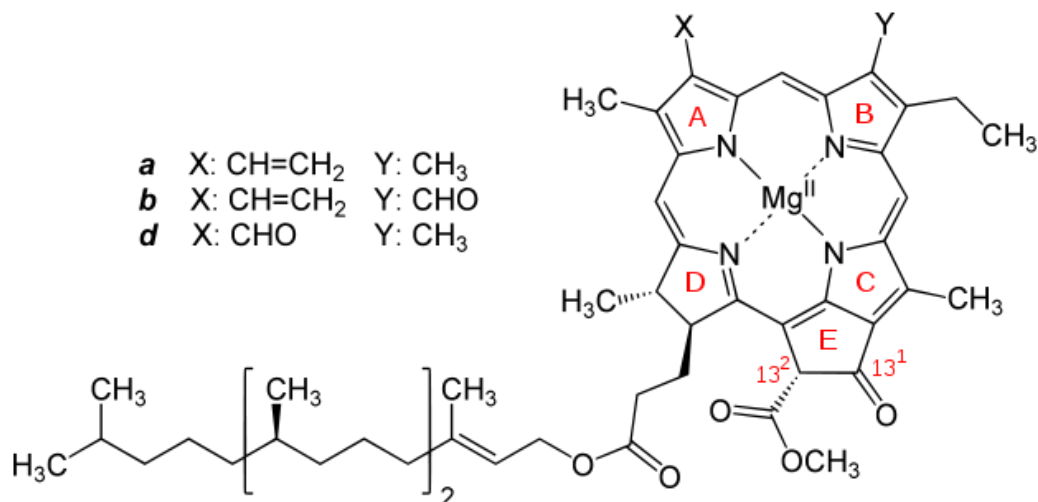
Karotenoidy se řadí do dvou skupin – karoteny ( $\beta$ -karoten) a xantofyly. Ve srovnání s chlorofyly je obsah karotenoidů obvykle nižší, v poměru přibližně 5 : 1 (chlorofyl *a+b* : karotenoidy). Z funkčního hlediska se karotenoidy označují jako tzv. doprovodné pigmenty. Účastní se procesu zachycování světla, kde díky odlišnému absorpčnímu spektru zachycují fotony jiných vlnových délek než chlorofyly. Mají také ochrannou funkci, protože při nadbytku zachycené světelné energie mohou vnitřní přeměnou své molekuly tuto energii přeměnit na teplo a ochránit tak ostatní součásti fotosystémů před destrukcí přebytečnou excitační energií. Často je uváděna také jejich antioxidační funkce. Z chemického hlediska jsou, podobně jako chlorofyly, hydrofóbní a jsou proto rozpustné v tučných a nepolárních rozpouštědlech [40-42]. Karotenoidy a chlorofyly nahrazující syntetické pigmenty a jsou využívány jako přírodní potravinářská barviva a přísady do krmiv. Řasové pigmenty jsou dále využívány ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu [43].

### 3.4.1 Chlorofyl

Velká míra pozitivních účinků modrozelených a zelených řas na lidský organismus je dána vysokým obsahem chlorofylu. Chlorofyl je zelený pigment v rostlinách a řasách, který slouží ke shromažďování a uchovávání energie ze slunce. Jelikož je molekula chlorofylu téměř totožná s molekulou hemoglobinu v červených krvinkách, říká se chlorofylu "krev rostlin". Jako hemoglobin i chlorofyl se skládá z propojené série čtyř uhlíků a dusíků, obsahující pyrrolové kruhy. Liší se v tom, že střed kruhu hemoglobinu obsahuje železo a v chlorofylu, to je hořčík [2, 44]. *Chlorella* je nejbohatším vysoce koncentrovaným zdrojem přírodního chlorofylu. Jeho vysoká koncentrace je často více než 7 % z její celkové hmotnosti např. vojtěška obsahuje asi 0,2 % chlorofylu. Jedna tableta řasy *Chlorella* tedy obsahuje tolik chlorofylu jako asi 35 tablet vojtěšky, která je často považována jako chlorofylový doplněk. *Chlorella* obsahuje téměř desetkrát více chlorofylu než *Spirulina* (0,76 %) [2, 31]. Bylo prokázáno, že chlorofyl může stimulovat produkci červených krvinek. Potraviny bohaté na chlorofyl jsou používány k léčbě anémie s vynikajícími výsledky. Pomáhá urychlit hojení ran, posiluje imunitní systém a působí protizánětlivě (vředy, artritida, záněty dásní) [2, 20]. V dnešní době je problém zvyšující se hladiny radiace. Lze kontrolovat chemické látky v potravinách a syntetických léčivech, ale jen málo jde udělat pro snížení množství radiace, které je lidstvo vystaveno. Potraviny bohaté na chlorofyl mají schopnost odstraňovat radioaktivní látky z těla. Chlorofyl, který *Chlorella* obsahuje, se váže na kadmium, olovo a jiné těžké kovy, čímž mohou být odvedeny z těla ven [2, 32].



Obr. 10: Vzorec hemu [45].



Obr. 11: Vzorec chlorofylu [46].

### 3.5 Minerální látky

Stopové prvky a minerální látky nejsou pro lidský organismus zdrojem energie, ale jsou nezbytné pro mnoho metabolických dějů, kde se uplatňují jako katalyzátory nebo součásti některých enzymů. Organismus si je nedokáže sám syntetizovat ani ničím nahradit, proto je musí přijímat potravou. Jako základní stavební látka jsou velice důležité pro růst kostí, zubů a tkání. Dále udržují stálé pH krevní plazmy, správný osmotický tlak, regulují metabolismus a uplatňují se v nervovém systému. Některé stopové prvky a minerální látky lze pro lidský organismus nazvat jako esenciální. Lze je rozdělit dle množství potřebného pro lidský na:

- makroelementy – elektrolyty (Na, K, Mg, Ca, Cl, P a S), potřeba se uvádí řádově v miligramech až gramech na kilogram (mg/kg, g/kg)
- mikroelementy a stopové prvky – Fe, Zn, B, Co, Cr, Cu, F, I, Mn, Mo, Ni, Se, Sn, Al, As, Cd, Hg a Pb, potřeba se udává řádově v mikrogramech až miligramech na kilogram (μg/kg, mg/kg) [47].

Tab. 6: Obsahy makroelementárních prvků P, Ca, Mg, K a Na, v řase *Chlorella* a sinicích *Spirulina* v mg/kg [14].

Makroelementární prvky v mg/kg			
	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	<i>Spirulina pacifica</i>	<i>Spirulina platensis</i>
<b>Fosfor</b>	19,185 ± 0,081	12,632 ± 0,256	8,208 ± 0,029
<b>Vápník</b>	2,299 ± 0,019	2,965 ± 0,348	0,875 ± 0,021
<b>Hořčík</b>	3,532 ± 0,050	4,759 ± 0,047	2,045 ± 0,013
<b>Draslík</b>	10,957 ± 0,019	14,891 ± 4,354	17,078 ± 0,141
<b>Sodík</b>	10,392 ± 0,249	10,052 ± 0,195	11,403 ± 0,316

Tab. 7: Obsahy mikroelementárních prvků Fe, Zn, Cu, Mn, Cr a B v řase *Chlorella* a sinicích *Spirulina* v mg/kg [14].

Mikroelementární prvky v mg/kg			
	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	<i>Spirulina pacifica</i>	<i>Spirulina platensis</i>
<b>Železo</b>	1184,716 ± 76,288	1479,528 ± 33,277	380,953 ± 14,347
<b>Zinek</b>	24,709 ± 0,165	59,174 ± 0,434	16,156 ± 0,756
<b>Měď</b>	6,210 ± 0,061	7,261 ± 0,000	4,104 ± 1,458
<b>Mangan</b>	77,830 ± 6,143	239,935 ± 15,769	19,532 ± 0,530
<b>Chrom</b>	1,377 ± 0,139	1,076 ± 0,051	1,533 ± 0,189
<b>Bor</b>	27,500 ± 2,887	33,000 ± 1,155	41,750 ± 6,076

### 3.5.1 Fosfor (P)

Fosfor je přítomen ve všech buňkách lidského těla. Vitamin D a vápník jej doprovází a uplatňují se v organismu společně. Pro správnou funkci organismu má být poměr vápníku a fosforu až 2 : 1. Vstupují společně do mnoha biochemických reakcí. Jsou nutné pro pevnost a tvorbu zubů a kostí. Niacin (vitamin B<sub>3</sub>) nemůže být asimilován bez fosforu. Je důležitý pro správnou regulaci srdeční činnosti a nutný pro normální funkci ledvin. Svou činnost má i v nervovém systému, kde je potřebný pro přenos nervových vzruchů. *Chlorella* ho obsahuje okolo 19,2 mg/kg a *Spirulina* průměrně okolo 10,4 mg/kg [11, 14, 47].

### 3.5.2 Vápník (Ca)

Vápník je nejobsáhlejší prvek v lidském těle. Vápník a fosfor jsou ve vzájemném funkčním spojení základním materiálem pro stavbu kostí a zubů. Vápník společně s hořčíkem jsou regulátory srdeční činnosti. Největší část vápníku v těle (asi 1 – 1,5 kg) se nachází v kostech. Asi 20 % všeho vápníku v těle se každý rok vymění. Vznikají nové buňky a staré zanikají. *Chlorella* ho obsahuje okolo 2,3 mg/kg a *Spirulina* průměrně okolo 1,9 mg/kg [11, 14, 47].

### 3.5.3 Hořčík (Mg)

Hořčík je nutný pro asimilaci vápníku, vitamínu C, fosforu, sodíku a draslíku. Hořčík je potřebný pro svalovou a nervovou činnost, a používá se jako protistresový prostředek. Preventivně působí proti svalovým křečím a udržuje v dobrém stavu oběhový krevní systém. *Chlorella* ho obsahuje okolo 3,5 mg/kg a *Spirulina* průměrně okolo 3,4 mg/kg [11, 14, 47].

### 3.5.4 Železo (Fe)

Železo je nejčastějším nedostatkovým chemickým prvkem na celém světě, zejména pro ženy, děti a starší lidi. Je nutný pro život, bez něho nemohou správně fungovat červené krvinky a přenášek kyslík, což zajišťuje hemoglobin, jehož součástí je elementární železo. Obsahuje jej i myoglobin, což je červené svalové barvivo uchovávající kyslík. Trvalý příjem železa je nutný, jelikož se červené krvinky obnovují každé tři až čtyři měsíce. Železo z rozpadlých krvinek se sice částečně recykluje a znovu použije, ale tento proces není vždy úplný. Železo se může ve vazbě s bílkovinou jako feritin ukládat v menším množství v játrech. Měď, kobalt, hořčík a vitamin C jsou nutné při asimilaci železa. Nadměrný příjem zinku a vitamínu E brání resorpci železa. *Chlorella* ho obsahuje okolo 1184,7 mg/kg a *Spirulina* průměrně okolo 930,2 mg/kg [11, 14, 47].

Tab. 8: Porovnání obsahu železa v řase *Chlorella*, sinici *Spirulina* a jiných zdrojích (mg/100 g) [19, 32].

Zdroj Fe	Obsah Fe (mg/100 g)
<i>Chlorella</i>	225
<i>Spirulina</i>	150
Hovězí játra smažená	5,7
Špenát syrový	2,7
Vejece	2,0

### 3.5.5 Zinek (Zn)

Zinek se účastní mnoha metabolických pochodů, reguluje efektivní využívání enzymatických systémů. Aktivně spolupůsobí při uplatnění mnoha enzymů, zvláště superoxid reduktázy. Podstatný pro syntézu bílkovin a pevného vaziva kolagenu. Má význam pro svalovou kontraktilitu. Pomáhá při tvorbě inzulínu. Uplatňuje se při ustálení acidobazické rovnováhy krve a udržuje hladinu vitamínu E. Zinek potlačuje zvětšování prostaty a stimuluje činnost rozmnožovacího systému. Při nadměrném pocení může být ztráta zinku až 3 mg/den. Většina zinku se ničí při přípravě potravy. *Chlorella* ho obsahuje okolo 24,7 mg/kg a *Spirulina* průměrně okolo 37,7 mg/kg [11, 14, 47].

### 3.5.6 Měď (Cu)

Měď je potřebná při vazbě železa na krevní barvivo hemoglobin. Zajišťuje plnou resorpci Fe a tím zabraňuje chudokrevnosti (anémii). Do krevního oběhu se dostává již 15 minut po požití. Usnadňuje využití aminokyseliny tyrozinu jako pigmentu vlasů a kůže. Nutná pro využití vitamínu C. *Chlorella* ho obsahuje okolo 6,2 mg/kg a *Spirulina* průměrně okolo 5,7 mg/kg [11, 14, 47].

### 3.5.7 Draslík (K)

Draslík reguluje v součinnosti se sodíkem hospodaření vodou v organismu. Draslík působí většinou v buňkách, zatímco sodík mimo ně. Porucha rovnováhy těchto dvou vzájemně se doplňujících látek se projevuje defekty v průběhu vedení vzruchu po nervových a svalových vláknech. Pokles hladiny glukosy s sebou nese i pokles hladiny draslíku, podobně jako dlouhodobé hladovění či déletrvající průjmy. Jak mentální, tak fyzický stres zvyšuje potřebu draslíku, při jejich delším trvání se může projevit nedostatek tohoto prvku. *Chlorella* ho obsahuje okolo 11,0 mg/kg a *Spirulina* průměrně okolo 16,0 mg/kg [11, 14, 47].

### 3.5.8 Sodík (Na)

Sodík draslíkem společně jsou nutné pro normální růst a vývoj. Je nutný pro správnou funkci nervů a svalů. Spolu s dostatkem tekutin pomáhá předcházet šoku z horka nebo slunečnímu úpalu. Nadměrný příjem sodíku, většinou ve formě NaCl (kuchyňská sůl), vede ke zvýšenému vylučování draslíku. Dlouhodobý zvýšený příjem sodíku ve stravě může přispět ke vzniku hypertenze (vysoký krevní tlak). *Chlorella* ho obsahuje okolo 10,4 mg/kg a *Spirulina* průměrně okolo 10,7 mg/kg [11, 14, 47].

### 3.5.9 Mangan (Mn)

Mangan pomáhá aktivovat enzymy nutné k využití biotinu (B<sub>7</sub>), thiaminu (B<sub>1</sub>) a vitamínu C. Usnadňuje ukládání Ca a P do kostí. Nutný pro tvorbu thyroxinu, hlavního hormonu štítné žlázy. Jeho dostatek podmiňuje správnou funkci rozmnožovacího ústrojí a nervového systému. Nutný pro správný průběh svalových reflexů. Obecně pomáhá odstraňovat únavu, snižuje nervovou dráždivost a zlepšuje paměť. *Chlorella* ho obsahuje okolo 77,8 mg/kg a *Spirulina* průměrně okolo 129,7 mg/kg [11, 14, 47].

### 3.5.10 Chrom (Cr)

Chrom se účastní spolu s inzulinem na metabolismu sacharidů. Pomáhá při metabolismu bílkovin. Podporuje tělesný růst. Preventivně působí proti vysokému krevnímu tlaku a také ho dokáže snížit. Chrání před prudkým poklesem glukosy v krvi, brání vzniku diabetu. Potřeba tohoto prvku klesá s věkem. *Chlorella* ho obsahuje okolo 1,4 mg/kg a *Spirulina* průměrně okolo 1,3 mg/kg [11, 14, 47].

### 3.5.11 Bor (B)

Bor hraje důležitou roli v řadě fyziologických procesů. Živočichové zpravidla nedostatkem boru netrpí, ovšem živočišné potraviny mají minimální obsah boru. Hlavním dietetickým zdrojem boru je ovoce, zelenina a luštěniny. Ze zeleniny obsahuje nejvíce boru zelená listová zelenina. Bez přítomnosti boru dochází k poruchám ve vývoji kostí, metabolismu minerálních látek, vývoji mozku, funkci imunitního systému či uvolňování inzulinu. Nej- silnější účinky nedostatku boru se projevují při současném nedostatku vápníku či hořčíku. *Chlorella* ho obsahuje okolo 27,5 mg/kg a *Spirulina* průměrně okolo 37,4 mg/kg [11, 14, 47-48].

## 3.6 Vitaminy

Vitaminy jsou přírodní organické sloučeniny (biokatalyzátory), které svým působením umožňují, ovlivňují a usměrňují průběh chemických dějů v živých organismech. Jsou to exogenní, esenciální nízkomolekulární sloučeniny nezbytné pro život organismu. Lidský organismus si je nedokáže sám syntetizovat, proto musí být dodávány stravou. Vitaminy nejsou pro organismus zdrojem energie ani stavebními jednotkami tkání [47].



Tab. 9: Obsah některých vitaminů v sinici *Spirulina* (mg/100 g) [19].

Vitamin	Obsah (mg/100 g)
B <sub>1</sub> (thiamin)	3,4 – 5,0
B <sub>2</sub> (riboflavin)	3,0 – 4,6
B <sub>3</sub> (niacin)	13,0
B <sub>5</sub> (k. pantotenová)	0,46 – 2,5
B <sub>6</sub> (pyridoxin)	0,5 – 0,8
B <sub>7</sub> (biotin)	0,005
B <sub>9</sub> (kyselina listová)	0,050
B <sub>12</sub> (kobalamin)	0,15 – 0,2
Vitamin C	stopy
Vitamin E	5 – 19

Tab.10: Obsah některých vitaminů v řase *Chlorella* [32].

Vitamin	Obsah (mg/100 g)
B <sub>1</sub> (thiamin)	1,8
B <sub>2</sub> (riboflavin)	4,7
B <sub>3</sub> (niacin)	17,3
B <sub>5</sub> (k. pantotenová)	2,7
B <sub>6</sub> (pyridoxin)	1,8
B <sub>7</sub> (biotin)	0,5
B <sub>9</sub> (kyselina listová)	1,1
B <sub>12</sub> (kobalamin)	0,46
Vitamin C	84,4
Vitamin E	5,7

### 3.6.1 Vitamin A (retinol)

Vitamin A se rozpouští v tucích, a proto je nutná jeho přítomnost pro řádné vstřebání v zažívacím ústrojí. Tento vitamin se může v organismu skladovat, proto ho není třeba denně doplňovat. Objevuje se ve dvou formách, jednak jako předstupeň hotového vitamínu, nazývá se retinol a obsahuje jej v největším množství maso. Jednak jako provitamin A (karoten) přítomen v červeném ovoci, zelenině, mase a v řasách (*Spirulina*, *Chlorella* aj.).  $\beta$ -karoten je nejvhodnější formou pro zajištění potřeby vitamínu A. Dále snižuje hladinu

nebezpečných cholesterolů v krvi, podporuje činnost imunitního systému stimulací počtu T-lymfocytů (bílých krvinek) [47, 49]. *Spirulina* je bohatý zdroj  $\beta$ -karotenu.  $\beta$ -karoten představuje 80 % karotenoidů přítomných v sinici *Spirulina*, která obsahuje 17 mg/100 g  $\beta$ -karotenu z celkových karotenů (20 mg/100 g) [19, 47].

### 3.6.2 Vitamin C (kys. L – askorbová, kys. L – dehydroaskorbová)

Vitamin C je rozpustný ve vodě, působí jako antioxidant. Většina živočichů je schopna syntetizovat svůj vlastní vitamin C, pouze lidé, lidoopové a morčata jsou odkázáni na potravinové zdroje. Má důležitou úlohu při tvorbě pevného druhu vaziva (kolagenu), který je nutný pro růst organismu a opravu poškozených vazivových tkání. Účastní se při resorpci železa. Rychle se spotřebovává při opakovaném a déle trvajícím stresu. Vyšší dávky vitamínu C se doporučují v těhotenství, při kojení, také u kuřáků a starších osob. *Chlorella* ho obsahuje okolo 16 mg/100 g, *Spirulina* pouze stopové množství vitamínu C [19, 32, 47].

### 3.6.3 Vitamin E ( tokoferol)

Vitamin rozpustný v tucích. V těle se skladuje v játrech, v depotním tuku, ve svalech, v krvi a nadledvinkách. Komplex s vedlejšími látkami se nazývá tokoferol. Vitamin E je důležitým antioxidantem, zabraňuje oxidaci tuků (LDL cholesterolu) podobně jako vitamin A. Na rozdíl od jiných vitaminů rozpustných v tucích se uchovává v těle jen krátkou dobu podobně jako vitaminy B a C. Vitamin E rozšiřuje cévy, zajišťuje správnou funkci mozku, působí preventivně proti rakovině a odstraňuje únavu. Suchý prášek sinice *Spirulina* obsahuje 5 – 19 mg/100 g vitamínu E, což je srovnatelná úroveň s pšeničnými klíčky. *Chlorella* ho obsahuje okolo 5,7 mg/100 g, *Spirulina* průměrně okolo 12,0 mg/100 g [19, 32, 47].

### 3.6.4 B – komplex

Skupina vitaminů B rozpustných ve vodě. Vitaminy skupiny B obsažené v zelené řase *Chlorella* jsou B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>9</sub> a B<sub>12</sub>. Sinice *Spirulina* je méně významným zdrojem vitaminů skupiny B než řasa *Chlorella* (s výjimkou vitamínu B<sub>12</sub>).

**B<sub>1</sub> (thiamin)** jako u všech vitaminů tohoto komplexu jej nelze v těle skladovat a jakýkoli přebytek se z organismu vyloučí, proto je nutný jeho každodenní příjem. Protože se jedná o souhrn příbuzných látek, jejich účinnost se zvyšuje, jsou – li podávány v komplexu. Potřeba thiaminu roste při nemoci, stresu, při operačních zákrocích. Někdy se nazývá také „chytrý vitamin“, protože je nutný pro uspokojující nervovou činnost a vyrovnanou mysl.

Má mírné močopudné účinky. *Chlorella pyrenoidosa* ho obsahuje okolo 1,83 mg/100 g, *Spirulina* průměrně okolo 4,2 mg/100 g [19, 32, 47].

**B<sub>2</sub> (riboflavin)** se nemůže v těle skladovat a hromadit. Po uspokojení okamžité potřeby se vyloučí zbylé množství, které provází i současná ztráta bílkovin. Na rozdíl od thiaminu je stabilní i vůči teplu. Jeho potřeba se zvyšuje při stresových situacích, proto bývá nejčastěji postrádán. Je nezbytný při růstu a dělení buněk, chrání zdravou kůži, vlasy a nehty. Má příznivé účinky na zrak a ulevuje unaveným očím. *Chlorella pyrenoidosa* ho obsahuje okolo 4,71 mg/100 g, *Spirulina* průměrně okolo 3,8 mg/100 g [19, 32, 47].

**B<sub>3</sub> (niacin, k. nikotinová)** jeho nedostatek v organismu způsobuje různé tělesné poruchy. Je nutný pro syntézu mnoha hormonů (estrogen, progesteron, testosteron, kortizon, thyroxin a inzulin). Nutný pro správnou funkci jak centrálního, tak periferního nervového systému. Jeden z mála vitaminů, který je relativně stabilní a odolává i vaření. Snižuje hladinu cholesterolu a triglyceridů. Stimuluje krevní systém a snižuje vysoký krevní tlak. *Chlorella pyrenoidosa* ho obsahuje okolo 17,3 mg/100 g, *Spirulina* průměrně okolo 13,0 mg/100 g [19, 32, 47].

**B<sub>5</sub> (k. pantotenová)** pomáhá při tvorbě nových buněk, podporuje růst a vývoj centrálního nervového systému. Nutná pro správnou funkci nadledvin. Účastní se uvolňování energie ze sacharidů a tvorby protilátek. Pomáhá při hojení ran a potlačuje infekci podporou tvorby protilátek. Snižuje hladinu cholesterolu a triglyceridů. Tlumí toxické působení antibiotik a léčí pooperační šok. Odstraňuje únavu. *Chlorella pyrenoidosa* ho obsahuje okolo 2,7 mg/100 g, *Spirulina* průměrně okolo 1,5 mg/100 g [19, 32, 47].

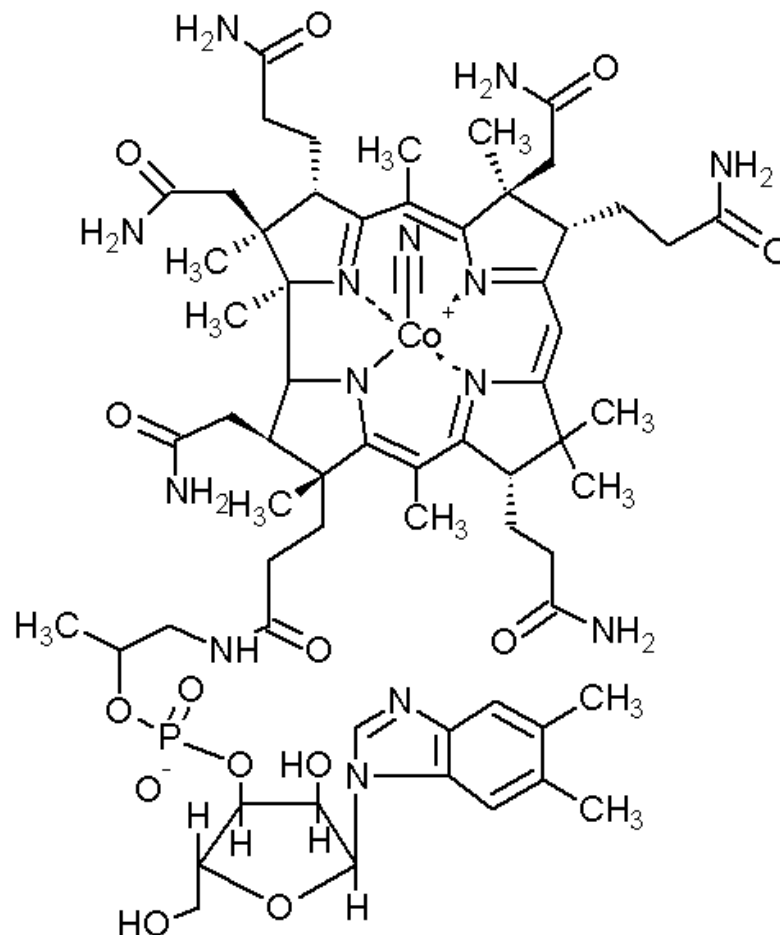
**B<sub>6</sub> (pyridoxin)** jeho nadbytek se vylučuje po šesti hodinách po požití a nelze jej, podobně jako u ostatních vitaminů tohoto komplexu, v těle skladovat, musí se neustále dodávat buď plnohodnotnou stravou, nebo výživovými doplňky. Vitamin B<sub>6</sub> tvoří skupina látek, a sice pyridoxin, pyridoxal a pyridoxamin, které působí současně. Jeho spotřeba se zvyšuje při stravě bohaté na bílkoviny. Přítomnost tohoto vitaminu je podmínkou dobré funkce imunitního systému včetně produkce protilátek. Při vegetariánských dietách ovlivňuje využívání celulosy mikrobiální střevní flórou. Jeho lepší využití podporuje současný příjem vitaminu B<sub>12</sub>. Odstraňuje únavu. *Chlorella pyrenoidosa* ho obsahuje okolo 1,81 mg/100 g, *Spirulina* průměrně okolo 0,65 mg/100 g [19, 32, 47].

**B<sub>9</sub> (k. listová, folát)** je potřebná pro tvorbu krvinek. Podílí se na metabolismu bílkovin. Kyselina listová je podstatná pro zdravý vývoj plodu hlavně pro jeho nervový systém. Dů-

ležitá je její dostatečná hladina obzvláště na začátku těhotenství. Kyselina listová je potřebná pro tvorbu nukleových kyselin a dělení buněk. Dále je důležitá pro utilizaci sacharidů a bílkovin. Vitamin B<sub>9</sub> se ničí, je-li skladován delší dobu při pokojové teplotě. *Chlorella pyrenoidosa* ho obsahuje okolo 1,1 mg/100 g, *Spirulina* průměrně okolo 0,05 mg/100 g [19, 32, 47].

**B<sub>12</sub> (kobalamin)** je účinný i v malých dávkách. Nazývá se také „Červený vitamin“ neboli kyanokobalamin. Jediný vitamin, který obsahuje i minerální složku. Má ze všech vitaminů nejsložitější strukturu. Jeho základ tvoří korinový kruh s uprostřed navázanou molekulou kobaltu. Ke vstřebání kobalaminu přijatého potravou je potřeba specifický glykoprotein vylučovaný žaludeční sliznicí. Na tuto bílkovinu se kobalamin naváže, aby mohl proniknout střevní sliznicí do krve. V buňkách je kobalamin přeměněn na aktivní formu – kobalamidové kofaktory. Jsou potřebné k odbourání některých aminokyselin a společně s kyselinou listovou k přeměně homocysteinu na methionin při tvorbě červených krvinek. Štítná žláza napomáhá tento vitamin resorbovat přes střevní stěnu. Je důležitý při syntéze červených a bílých krvinek a pro metabolismus sacharidů a bílkovin. Dieta s vyšším obsahem kyseliny listové a nízkým B<sub>1</sub>, což je typická vegetariánská strava, vyvolává po delší době nedostatek vitaminu B<sub>12</sub>. Příznaky jeho nedostatku se objevují až po čase, když jsou všechny zásoby vyčerpány. Je jediným vitaminem skupiny B, který může být skladován v těle a jeho zásoby vydrží až tři roky. V potravě se tento vitamin vyskytuje hlavně v animálních produktech, a to v mase a mléce. V rostlinách se kobalamin vyskytuje minimálně, i když se připouští v luštěninách. Přesto jej syntetizuje řada bakterií (některé cyanobaterie – sinice), kvasinky např. *Candida utilis* [11, 25, 47]. Skutečnost, že hlavně sinice mají schopnost syntetizovat kobalamin a mnoho řas roste rychleji v jejich přítomnosti, dokazuje jejich symbiotické interakce [13]. Je důležité zdůraznit mimořádně vysoký obsah vitaminu B<sub>12</sub> v sinici *Spirulina*, protože je obtížné tento vitamin získat z bezmasé stravy. Biologická dostupnost vitaminu B<sub>12</sub> pro člověka ze Spiruliny je variabilní v závislosti na kmenu *Spirulina*, za stejné analytické metody vykazují rozdílně vysoké hladiny aktivního vitaminu B<sub>12</sub>. Nedostatek vitaminu B<sub>12</sub> (perniciózní anémie) pochází buď z nedostatečného příjmu (děje se v přísné vegetariánské stravě), nebo z vadné absorpce tohoto vitaminu. Navíc je možné, že určité patologické stavy systematicky vedou k nedostatku vitaminu B<sub>12</sub>, jako je tomu v případě HIV infekce, která vede k AIDS [19]. Potřebná denní dávka je minimální a to 2 mikrogramy (μg) pro dospělé, u těhotných žen 2,2 μg a u kojící-

cích matek 2,6 µg. *Chlorella pyrenoidosa* ho obsahuje okolo 0,46 mg/100 g, *Spirulina* průměrně okolo 0,18 mg/100 g [19, 32, 47].



Obr. 12: Vzorec kobalaminu [50].

### 3.7 Ostatní látky

#### 3.7.1 *Chlorella*

##### 3.7.1.1 *Růstový faktor CGF*

*Chlorella* obsahuje v buněčném jádře látku, která je nazývána CGF (Chlorella růstový faktor – Chlorella Growth Factor). CGF je komplex nukleotidů-peptidů skládajících se z větší části z derivátů nukleových kyselin. CGF se v buňce vytváří hlavně během intenzivní fotosyntesy a umožňuje řase růst tak rychle. Každá buňka se dělí na čtyři nové buňky každých 20 hodin, CGF napomáhá udržovat rychlost reprodukce. Nukleové kyseliny se štěpí na

nukleosidy a nukleotidy, kombinují se s jinými nutrienty (např. vitamin B<sub>12</sub>), bílkovinami a polysacharidy. Pokusy na mikroorganismech, zvířatech a klinická pozorování u lidí ukázaly, že CGF napomáhá zrychlenému růstu u dětí bez vedlejších účinků a u dospělých posiluje funkci nukleových kyselin (ribonukleová a deoxyribonukleová kyselina RNA/DNA) odpovědných za syntézu bílkovin, enzymů a energetický metabolismus na buněčné úrovni. Stimulačně působí na obnovu poškozených tkání a chrání buňky před působením toxických substancí. DNA a RNA přijaty potravou přímo nenahrazují buněčnou DNA a RNA, ale vzniklé kombinace aminokyselin zajišťují stavební jednotky pro obnovu genetického materiálu buněk a poskytují prekurzory pro syntézu enzymů. Ribonukleová kyselina (RNA) podléhá v těle značné proměně. Je nezbytná k replikaci genů a syntéze bílkovin (proteosyntese). Tělo může vytvořit nukleové kyseliny, ale proces vyžaduje velké nároky na energii. Usnadnění pro tělo představuje konverze z nukleotidů a nukleosidů získaných z potravy nebo z rozložené RNA ze zaniklých tělních buněk. Se stárnutím souvisí proces zpomalování buněčného metabolismu. Buněčná stěna, regulátor prostupu výživných a odpadních látek se stává méně funkční. Transport výživných látek je méně účinný a více toxických odpadních látek zůstává uvnitř buňky. Tento proces zpomalení metabolismu vede ke zvýšení kyselosti prostředí a následně usnadňuje vznik mnoha degenerativních onemocnění. Pokud je dostatečný příjem nukleových kyselin ve stravě, chrání tak buněčné stěny, zachovávají jejich funkčnost, udržují buňky čisté a obnovené. V případě, že zůstávají buněčné nukleové kyseliny plně funkční, lidské tělo je schopné využívat živiny účinněji, lépe se zbavuje škodlivých odpadních látek, toxinů a tím je sníženo riziko vzniku mnoha onemocnění. Buňky schopné regenerace zvyšují celkovou vitalitu a energii lidského těla [25, 39].

### 3.7.1.2 *Chlorellin*

*Chlorella* působí i antibakteriálně, jelikož obsahuje látku zvanou chlorellin, která je přírodním antibiotikem. Podobně antibioticky působí v česneku látky allicin a ajoen. Na rozdíl od chemických antibiotik působí chlorellin pouze proti patogenním mikroorganismům bez poškození trávicí mikroflóry. Proto je možné vysokými dávkami řasy *Chlorella pyrenoidosa* docílit antibiotického efektu proti infekčním onemocněním [51].

## 4 NEŽÁDOUCÍ ÚČINKY ŘAS

### Toxické prvky

K nejvýznamnějším toxickým prvkům patří těžké kovy jako kadmium, cín, olovo, rtuť, thalium, a také arsen. Ve vyšších koncentracích mohou toxické účinky vykazovat také některé prvky, které jsou z hlediska potřeb organismu v nižších koncentracích zásadně potřebné (zinek, selen, nikl, železo, měď, chrom apod.). Tyto prvky i v nízkých koncentracích mohou působit negativně na lidský i ostatní organismy. Řasy mají výbornou schopnost vázat těžké kovy, je nutné v řasách a řasových produktech hlídat obsah toxických prvků, neboť jejich koncentrace patří k hlavním ukazatelům jejich zdravotní nezávadnosti v potravinách a jsou pro ně stanoveny přípustné mezní hodnoty v potravinách, které jsou dány nařízením a programově kontrolovány [19, 52].

Tab. 11: Obsahy toxických prvků v řase *Chlorella* a sinicích *Spirulina* v mg/kg [14].

Toxický prvek	Obsahy toxických prvků (mg/kg)		
	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	<i>Spirulina pacifica</i>	<i>Spirulina platensis</i>
<b>Kadmium</b>	0,027 ± 0,004	0,071 ± 0,004	0,029 ± 0,006
<b>Olovo</b>	0,586 ± 0,091	0,415 ± 0,011	0,110 ± 0,027
<b>Rtuť</b>	0,011 ± 0,000	0,019 ± 0,002	0,009 ± 0,001

*Spirulina* sklizená z přírodních lokalit bez možnosti regulovat složení vody může obsahovat relativně vysoké hladiny toxických prvků, či organické polutanty v závislosti na znečištění vodního zdroje. V některých případech se toxické prvky mohou vyskytovat ve vodních zdrojích ve zvýšeném množství z důvodu geologického složení. Přítomnost kontaminantů, které negativně ovlivňují kvalitu řasové biomasy, je možné eliminovat umělou kultivací řas [19].

Tab. 12: Obsahy toxických prvků v sinici *Spirulina* v ppm [19].

Obsahy toxických prvků (ppm)	
Toxický prvek	<i>Spirulina</i>
<b>Arsen</b>	0,06 – 2
<b>Kadmium</b>	0,01 – 0,1
<b>Rtuť</b>	0,01 – 0,2
<b>Olovo</b>	0,6 – 5,1

Poznámka k tabulce: Parts per million (ppm) je jednotka pro vyjádření nízkých koncentrací. Vyjadřuje počet částic látky na 1 milion ostatních částic (ppm) [53].

*Chlorella* a *Spirulina* můžou vyvolat nežádoucí účinky u některých jedinců. Některé příznaky zahrnují otok obličeje nebo jazyka, citlivost na sluneční záření, zažívací obtíže, akné, únavu, malátnost, bolesti hlavy, závratě, a třes. Většina těchto vedlejších účinků a symptomů jsou typické pro většinu detoxifikačních programů [19, 54]. Z nutričního hlediska, je *Spirulina* vynikajícím zdrojem fosforu a inositolu, což je označení pro v přírodě převažující stereoisomer – je to cyklický alkohol s šesti hydroxylovými skupinami vzniklý redukcí příslušného cukru. Inositol je důležitým stavebním prvkem některých fosfolipidů a dalších biomolekul v těle (350 – 850 mg/kg sušiny). Tento obsah inositolu je asi osmkrát vyšší než u hovězího masa a stokrát vyšší než v zelenině. Nicméně, je třeba se zmínit i o vysokém množství fosforu, který by mohl mít z dlouhodobého hlediska vliv na odvápnění kostí, je-li příjem vápníku nedostatečný. Toto riziko je, ale eliminováno pro vysoký obsah vápníku ve spirulině, který je srovnatelný s obsahem vápníku v mléce [19].

**Fenylketonurie** – je dědičné metabolické onemocnění spočívající v poruše přeměny aminokyseliny fenylalaninu na tyrosin, jenž u zdravých lidí katalyzuje jaterní enzym fenylalaninhydroxylasa (PAH). Právě mutaci genu kódujícího tento enzym má největší procento pacientů s fenylketonurií. Lidé s tímto onemocněním by se měli poradit s lékařem o užívání doplňků *Chlorella* a *Spirulina*, které jsou bohaté na všechny aminokyseliny, včetně fenylalaninu [19].

**Hemochromatosa** je onemocnění vyvolané nadměrným ukládáním železa do tkání ve formě ferritinu a hemosiderinu (zásobní formy železa v organismu) s následným toxickým poškozením. Lidé s hemochromatosou by neměli užívat doplňky *Chlorella* a *Spirulina*, protože jsou velice bohaté na obsah železa [19].

Lidé, kteří mají autoimunitní onemocnění, jako je roztroušená skleróza, revmatoidní artritida, nebo lupus by neměli užívat doplňky *Chlorella* a *Spirulina*, protože by mohly stimulovat imunitní systém a tím i zhoršit stav onemocnění [19, 28].

*Spirulina* i *Chlorella* mají dlouhou historii bezpečného používání jako jídla, a to i při vysokých dávkách. Nicméně existuje široký rozsah kvality, v důsledku produkce v různých zemích, různém způsobu kultivace, metodách zpracování a balení do obalů. Je to vzácné, ale *Spirulina* může pocházet ze znečištěných jezer a rybníků kontaminovaných organickým odpadem nebo dalšími látkami, které mohou být i toxické [28].



## 5 VYUŽITÍ ŘAS

*Chlorella* a *Spirulina* mohou být užívány pro své široké spektrum vitaminů a minerálních látek, jako zdroj bílkovin a pro vysoký obsah vlákniny. Působí na buněčné úrovni u jádra buňky, antioxidantně a detoxikačně. V dnešní době je velmi časté stresové zatížení buněk, které je příčinou mnoha chronických onemocnění, předčasného stárnutí organismu a buněk všeobecně. *Chlorella* a *Spirulina* mohou pomoci částečně vynahradit to, co tělo potřebuje přijímat v podobě čerstvé zeleniny a ovoce. V žádném případě nemají nahrazovat racionální výživu nebo pohyb, ale pro své nutriční složení a pozitivní účinky na organismus je vhodné zařadit je do každodenního příjmu živin ať ve formě doplňků stravy či přidáváním do pokrmů. Dále mohou pozitivně ovlivňovat látkovou výměnu, regulovat krevní tlak, léčit záněty střev a arteriosklerosu. *Chlorella* pomáhá také proti fibromyalgii, kdy člověk trpí bolestí kloubů a svalů s různou intenzitou na různých částech těla. Tato nemoc se vyskytuje hlavně v USA a říká se jí také „syndrom jedovatých kovů“. To samo poukazuje na zjevnou příčinu tohoto onemocnění [28].

### 5.1 Detoxikace organismu

Vláknina obsažená v řase *Chlorella* a sinici *Spirulina* působí především ve střevech, hlavně v tlustém střevě. Právě detoxikace souvisí s vyloučením škodlivin (toxických látek) z těla. Jsou to látky jak endogenní (přiváděny zvenčí) například stravou, která je kontaminovaná pesticidy a těžkými kovy, tak látky endogenní neboli vnitřní, například toxické metabolity mikroorganismů. V důsledku ukládání těchto škodlivin v bezprostředním okolí střev mohou nastávat gynekologické problémy u žen, obtíže s prostatou u mužů, rakovina a další onemocnění, která vždy souvisí se zvýšeným obsahem škodlivých látek v organismu. *Chlorella* růstový faktor, který je obsažen v řase *Chlorella*, umožňuje až dvojnásobně rychlejší vyloučení škodlivých látek z organismu. Bylo prokázáno, že *Chlorella* růstový faktor (CGF) zvyšuje exkreci kadmia u jedinců trpící otravou tímto toxickým kovem [19, 28].

## 5.2 Probiotické a prebiotické účinky řas

*Chlorella* a *Spirulina* jsou označovány jako symbiotika (spojení vlastností probiotik a prebiotik) [35].

### 5.2.1 Probiotika

Lidský zažívací trakt obsahuje velké množství různých bakterií. Ze zdravotního hlediska je žádoucí osídlení zažívacího traktu nepatogenními bakteriemi, s převahou bifidobakterií a laktobacilů. Tyto bakterie chrání organismus před patogeny, které mají negativní dopad na lidské zdraví. Probiotické bakterie se nacházejí obzvláště v mléčných výrobcích, jako jsou zakysané mléčné výrobky, především jogurty, kefirová a jogurtová mléka, tvrdé sýry, ale i zelenina konzervovaná mléčným kvašením, například kysané zelí. Hlavní zdravotní účinky probiotik spočívají v obnovení střevní mikroflóry, správné funkci zažívacího systému, v celkovém zvýšení odolnosti organismu, ve zmírnění příznaků zánětlivých střevních onemocnění a průjmů, ve snížení množství nežádoucích bakteriálních metabolitů, které mohou způsobovat nádorové bujení, v prevenci a zmírnění nepravidelných či nespecifických zažívacích potíží a zmírnění projevů nesnášenlivosti vůči laktose (mléčný cukr). *Chlorella* růstový faktor zvyšuje kvalitu a růst mikroorganismů střevní mikroflóry. Až čtyřikrát rychleji umožňuje množení a růst acidofilních kultur [2, 35].

### 5.2.2 Prebiotika

Naopak prebiotika představují nestravitelnou složku lidské stravy (vláknina především na bázi oligosacharidů) a tím selektivně stimulují růst či aktivitu jedné či neomezeného počtu probiotických bakterií majících schopnost zlepšit zdravotní stav lidského organismu. Hlavní účinky prebiotik spočívají ve zvětšení objemu stolice a tím zlepšení střevní pasáže. Dále prebiotika působí jako prevence vzniku nádorů tlustého střeva a konečníku, zácpy a napomáhají snižovat hladinu krevních lipidů a cholesterolu [35].

### 5.3 Využití sladkovodních řas jako doplňků stravy

Na českém trhu se nabízí zřejmě nejrozšířenější a nejpraktičtější podání řasy *Chlorella* a sinice *Spirulina* ve formě doplňků stravy. Na našem trhu se vyskytují ve formě tablet, kapslí či prášku. Jejich zpracování v podobě perorálních tablet eliminuje nežádoucí pachy a chutě, kterými řasy a sinice disponují, což je pro některé uživatele přijatelnější. Jejich pozitivní vlastnosti lze pro různé účely násobit a kombinovat s přísadami i jiných nutričně významných látek.

**Chlorella Tabs** – produkt obsahuje pouze čistou řasu *Chlorella pyrenoidosa* v tabletách [55].



Obr. 13, 14: *Chlorella Tabs* (*Chlorella pyrenoidosa*) [55].

**Spirulina pacifica** – čistý přírodní produkt, kapsle vyrobené ze sinice *Spirulina pacifica*, původ Hawaii [56].



Obr. 15: *Spirulina pacifica* – kapsle [56].

**Chlorella plus Spirulina Bio** – produkt v tabletách obsahuje 50 % sinice *Spirulina platensis* a 50 % sladkovodní řasy *Chlorella vulgaris* [57].



Obr. 16: Produkt *Chlorella plus Spirulina Bio* (*Chlorella vulgaris*, *Spirulina platensis*) [57].

**Spirulina + Chlorella + Prebiotikum** – produkt obsahuje vyváženou kombinaci řas *Chlorella* a sinic *Spirulina* a je obohacený prebiotikem – inulin (v jedné tabletě obsahuje *Spirulina* 100 mg, *Chlorella* 100 mg, inulin 80 mg) [58].



Obr. 17, 18: Produkt *Spirulina + Chlorella + Prebiotikum* [58].

**Algamin** – je přírodní přípravek, který vhodným způsobem kombinuje účinky sladkovodních řas rodu *Chlorella* a sprejově sušených pivovarských kvasnic. Svým složením může působit antioxidačně a chránit před nadbytkem volných radikálů, které mohou způsobit řadu civilizačních onemocnění. Buňky řas *Chlorella* jsou v přípravku dezintegrovány a umožňují tak téměř stoprocentní využití organismem [59].



Obr. 19, 20: Produkt Algamin [59].

**Chlorella BIO prášek** – složení prášku je 100% BIO *Chlorella*. Obsah se smíchává s tekutinami pro získání nápoje či se přidává do pokrmů [60].



Obr. 21: Produkt Chlorella BIO prášek [60].

**ES BIO Spirulina prášek** – složení prášku je 100% *BIO Spirulina platensis* Obsah se smíchává s tekutinami či přidává do pokrmů [61].



Obr. 22, 23: Produkt ES BIO Spirulina prášek (*Spirulina platensis*) [61].

#### 5.4 Využití sladkovodních řas jako suroviny pro přípravu pokrmů

Někteří lidé budou produkty z řas využívat raději tradiční formou konzumace a komponovat řasy do pokrmů než užívat farmaceutické perorální formy. Existuje mnoho způsobů, jak mikrořasy *Spirulina* a *Chlorella* zařadit do každodenních pokrmů, od smoothie (koktejlů) přes hlavní chody až po dezerty. Přidáním práškových produktů z řas lze docílit nejen neobvyklého vzhledu pokrmů, ale hlavně zvýšení jejich nutričních hodnot.

##### Nápoje

Při užívání doplňků stravy *Spirulina* a *Chlorella* je obecně doporučeno obzvláště dodržovat pitný režim kvůli vysokému množství vlákniny v produktech a vyplavování toxinů z organismu.

**Chlorofylový nápoj** – rozmixovat 3dcl ananasové šťávy, 1 jablko, hrst špenátu, čerstvý zázvor, lžičku prášku *Spirulina* či *Chlorella*, popř. přisládit sirupem z agáve [60, 62].



Obr. 24: Chlorofylový nápoj [62].

### Předkrmy

**Plněná zelená vejce.** Vařená vejce se rozkrojí na dvě poloviny, z nichž se vyjme vařený vaječný žloutek, ke kterému se přidá koření a prášková forma *Spirulina* či *Chlorella*. Ušlehaná žloutková směs se následně plní do vařených vaječných bílků [62].



Obr. 25: Plněná zelená vejce s řasami [62].

### Slaná zelená roláda.

Do běžně připravované domácí rolády, lze do těsta přidat práškovou formu *Spirulina* či *Chlorella*, za účelem zvýšení nutričních hodnot. Stejným způsobem lze obohatit i roládovou nádivku, přičemž mohou vznikat kreativní barevné mozaiky [62].



Obr. 26: Slaná zelená roláda obohacena práškovou formou sinice *Spirulina* [62].

### Hlavní chod

Práškové formy *Spirulina* či *Chlorella* lze přidávat do omáček, přílohových kaší apod. Lze připravit různá pesta, která mohou být obohacena práškovou formou *Spirulina* či *Chlorella*, kde tvoří základ většinou bylinky (bazalka, medvědí česnek), rostlinné oleje, koření [63].

### Těstovinový salát s pestem obohaceným práškovou formou *Chlorella*



Obr. 27: Těstovinový salát s pestem obohaceným práškovou formou *Chlorella* [63].



## Dezerty

### Bábovka s řasou *Chlorella* a mandlemi

Pro nutriční obohacení i nevšední vzhled, lze přidat práškovou formu *Spirulina* či *Chlorella* do jedné části připraveného těsta, namísto klasicky používaného kakaa [64].



Obr. 28: Bábovka s řasou *Chlorella* a mandlemi [64].

### Zmrzlinový krém s řasou *Chlorella*

Domácí zmrzlina z mléka, banánů, avokáda, máty, s pistáciemi či čokoládou, obohacena práškovou formou *Chlorella* [63].



Obr. 29: Zmrzlinový krém s řasou *Chlorella* [63].

**Zelené kekry se sinicí *Spirulina*.**

Sladké, zelené kekry ze strouhaného kokosu, lněných semínek, rozinek, kokosového oleje, agáve, obohacené sinicí *Spirulina*. Podávané s medem či javorových sirupem [62].



*Obr. 30: Kekry se sinicí *Spirulina* [62].*

## ZÁVĚR

V bakalářské práci jsem se zaměřila na využití sladkovodních řas v lidské výživě a jejich možné účinky na lidské zdraví. Sladkovodní řasy mají rozmanité využití. Biomasa mikrořas je potenciálním zdrojem obnovitelné energie, může být přeměněna např. do bionafty, etanolu, spalitelných plynů, ale i využívána v kosmetice, farmacii, potravinářství, papírnictví i ve výrobě farmaceutik a potravinových doplňků.

Obecně byly charakterizovány hnědé, červené a zelené řasy a sinice. Řasy jsou důležitou součástí přírodního prostředí, jako fotoautotrofní mikroorganismy jsou schopné provádět fotosyntesu, která je nezbytná pro život na Zemi. Sinice a řasy produkují přibližně polovinu atmosférického kyslíku a v přírodě mají hlavní význam jako primární producenti organické hmoty. Obsahují chlorofyl, který je zelený pigment v rostlinách i řasách a slouží ke shromažďování a uchovávání energie ze slunce. *Chlorella* je nejbohatším vysoce koncentrovaným zdrojem přírodního chlorofylu. Chlorofyl obsažený v sinici *Spirulina* a hlavně řase *Chlorella* pomáhá urychlit hojení ran, posiluje imunitní systém a působí protizánětlivě na artritidu, záněty dásní, vředy. Řasové pigmenty jsou dále využívány ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu.

Více pozornosti v této práci bylo věnováno chemickému složení řas rodu *Chlorella* a sinicím rodu *Spirulina*. Sladkovodní řasa *Chlorella* obsahuje jako strukturní polysacharid celulosu, která snižuje stravitelnost této řasy, proto musí dojít k rozpadu buněčných stěn pomocí dezintegrace, ale zároveň celulosa slouží, jako nerozpustná vláknina v tlustém střevě čímž preventivně působí proti zácpě, rakovině střev a konečníku a napomáhá snižovat hladinu krevních lipidů a cholesterolu. Sinice *Spirulina* obsahuje nevětvené polysacharidy – heteropolysacharidy tzv. mukopolysacharidy, díky kterým má schopnost poutat na sebe velké množství vody a tím zaujímat značný prostor, působí tak jako maziva nebo výplně a tím mohou vyvolávat pocit nasycení. Jelikož buňky sinice *Spirulina* neobsahují ve své stěně celulosu, ale mají křehký obal (murein), umožňují tak vysokou stravitelnost proteinů, které *Spirulina* obsahuje. Sladkovodní řasy jsou známé vysokým obsahem proteinů. Obecně lze říci, že sušená řasová biomasa obsahuje více než 50 % proteinu, což je více než lze nalézt v požitelných částech vyšších rostlin. Zelená sladkovodní řasa *Chlorella* je bohatým zdrojem proteinů, s vyváženým poměrem esenciálních aminokyselin. Obsah proteinů v řase *Chlorella* se pohybuje v rozmezí od 30 do 60 % v sušině. Také sinice *Spirulina* je známá pro mimořádný obsah proteinů, který se pohybuje

v rozmezí od 50 do 70 % v sušině. Arginin, kyselina glutamová a kyselina aspartová patří mezi nejvíce zastoupené aminokyseliny ve většině řas. *Chlorella* obsahuje také vysoké množství mastných kyselin. Více než 20 % celkového obsahu kyselin tvoří kyseliny omega-3 a omega-6. *Spirulina* obsahuje 20 – 25 % kyseliny  $\gamma$ -linolenové (GLA) a to z celkového množství mastných kyselin, která může působit jako ochrana proti ateroskleróze a jako prevence vysokého cholesterolu v těle.

V řase *Chlorella* a sinicích *Spirulina* lze nalézt mnoho makroelementů jako je P, Ca, Mg, K a Na i mikroelementů jako je Fe, Zn, Cu, Mn, Cr a B. Dále obsahují velké množství vitaminů skupiny B – komplexu, antioxidantů (vitaminy C, A, E) a dalších vitaminů. Obzvláště pro svůj obsah vitamínu B<sub>12</sub>, který je velmi málo obsažen v rostlinných zdrojích potravy, jsou sladkovodní řasy velice ceněny. Sladkovodní řasy mají schopnost vázat látky z vnějšího prostředí, jako například chemické prvky uvedené výše, ale i toxické látky a těžké kovy, které je nutné v řasách a řasových produktech sledovat. Přítomnost těchto kontaminantů, které negativně ovlivňují kvalitu řasové biomasy je však možné eliminovat umělou kultivací řas.

*Chlorella* a *Spirulina* jsou označovány jako symbiotika, čili vykazují vlastnosti probiotik a prebiotik, což se projevuje příznivým vlivem na střevní mikroflóru.

*Chlorella* obsahující látku zvanou chlorellin, který působí i antibakteriálně, jelikož je chlorellin přírodním antibiotikem. *Chlorella* také obsahuje Chlorella růstový faktor, který posiluje funkci nukleových kyselin odpovědných za syntézu bílkovin, enzymů a energetického metabolismu na buněčné úrovni. Stimuluje obnovu poškozených tkání a chrání buňky před působením toxických substancí. *Spirulina* i *Chlorella* obecně vykazují detoxikační účinky, což taktéž pozitivně ovlivňuje lidské zdraví.

Všechny tyto pozitivní účinky sladkovodních řas na lidské zdraví je možné využít formou suplementů, které český trh nabízí v perorálních tabletových či kapslových formách nebo jako práškové formy vhodné pro přípravu nápojů či pro použití do připravovaných předkrmů, hlavních chodů i dezertů jako nutriční obohacení a kreativní vzhled pokrmů.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] KALINA, Tomáš a Jiří VÁŇA. *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2005. ISBN 80-246-1036-1.
- [2] BEWICKE, Dhyana a Beverly POTTER. *Chlorella: the emerald food*. 1984. Berkeley, CA: Ronin Pub., 1984. ISBN 09-141-7102-X.
- [3] KALINA, Tomáš. *Systém a vývoj sinic a řas*. 2. vyd. Praha: Karolinum, c1998. ISBN 80-718-4611-2.
- [4] *SMĚRNICE 2000/60/ES EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY z 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky: APROXIMACE KOMUNITÁRNÍ LEGISLATIVY v oblasti VODA*. In: . Praha: EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EVROPSKÉ UNIE, 2001, ročník 2000, 2000/60/ES.
- [5] GERSHWIN, M a Amha BELAY. *Spirulina in human nutrition and health*. 1. Boca Raton: CRC Press, c2008. ISBN 14-200-5256-X.
- [6] ŠPAČEK, Jan. *Hlenky, houby, řasy*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 1999. ISBN 80-210-2157-8.
- [7] HINDÁK, F. *Sladkovodné riasy*. Slovenské pedagogické nakladateľstvo, Bratislava, 1978, s. 728.
- [8] VALÍČEK, Pavel. *Užitkové rostliny tropů a subtropů*. Vyd. 1. Praha: Academia, 1989. ISBN 80-200-0000-3.
- [9] *Laminaria digitata* [online]. The Seaweed Site: information on marine algae, 2016 [cit. 2016-01-19]. Dostupné z: [http://www.seaweed.ie/descriptions/laminaria\\_digitata.php](http://www.seaweed.ie/descriptions/laminaria_digitata.php)
- [10] *Ingredient Spotlight: Dried Kombu* [online]. The kitchn, 2016 [cit. 2016-01-19]. Dostupné z: <http://www.thekitchn.com/ingredient-spotlight-kombu-75445>
- [11] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-17-6.

- [12] *Nori Cultivation* [online]. The Seaweed Site: information on marine algae, 2016 [cit. 2016-01-19]. Dostupné z: <http://www.seaweed.ie/aquaculture/noricultivation.php>
- [13] CROFT, M., M. WARREN a A. SMITH *Algae Need Their Vitamins*. b.r.. DOI: 10.1128/EC.00097-06. Dostupné také z: <http://ec.asm.org/cgi/doi/10.1128/EC.00097-06>
- [14] MIŠURCOVÁ, Ladislava. *Nové nutriční aspekty a využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka*. Zlín, 2008. Dizertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Stanislav Kráčmar.
- [15] *EOL Encyclopedia Of Life: NCBI Taxonomy* [online]. 2016 [cit. 2016-01-13]. Dostupné z: <http://eol.org/pages/11612/names>
- [16] *Přírodní lékáreň - Chlorella pyrenoidosa* [online]. 2014 [cit. 2016-01-19]. Dostupné z: <http://uvlke-fb.blog.cz/1409/prirodna-lekaren-chlorella-pyrenoidosa>
- [17] POULÍČKOVÁ, Aloisie. *Malý obrazový atlas našich sinic a řas*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2001. ISBN 80-244-0242-4.
- [18] JELÍNEK, Jan a Vladimír ZICHÁČEK. *Biologie pro gymnázia: (teoretická a praktická část)*. 7., aktualiz. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2004. ISBN 8071821772.
- [19] FALQUET, Jacques. THE NUTRITIONAL ASPECTS OF SPIRULINA. [Http://www.antenna.ch/en/documents/AspectNut\\_UK.pdf](Http://www.antenna.ch/en/documents/AspectNut_UK.pdf). Antenna Technologies, 2006, s. 25. Dostupné také z: [http://www.antenna.ch/en/documents/AspectNut\\_UK.pdf](http://www.antenna.ch/en/documents/AspectNut_UK.pdf)
- [20] *The Institute for Optimum Nutrition* [online]. London: ION Archives, 1999 [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://www.ion.ac.uk/information/onarchives/microalgae&prev=search>
- [21] *What is spirulina* [online]. Transistion Nutrition, 2016 [cit. 2016-01-19]. Dostupné z: <https://www.divineorganics.com/what-is-spirulina/>
- [22] ŠOMŠAK, Ladislav. *Velká kniha rostlin: hornin, minerálů a zkamenělin*. 4. vyd. Bratislava: Příroda, 2007. ISBN 80-070-1572-8.

- [23] BARSANTI, Laura a Paolo GUALTIERI. *Algae: anatomy, biochemistry, and biotechnology*. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2006. ISBN 08-493-1467-4.
- [24] *SPIRULINA SOURCE: Spirulina Ladies of Chad* [online]. Spirulina Source, 1999-2016 [cit. 2016-02-18]. Dostupné z: <http://www.spirulinasource.com/spirulina/spirulina-farms/spirulina-ladies/>
- [25] DOSTÁL, Jiří a Petr KAPLAN. *Lékařská chemie II*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2001. ISBN 80-210-2731-2.
- [26] HOLEČEK, Milan. *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. 1. vyd. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1562-7.
- [27] WILHELM, Zdeněk. *Stručný přehled fyziologie člověka pro bakalářské studijní programy*. 3. přeprac. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2002. ISBN 80-210-2837-8.
- [28] JENSEN, Bernard. *Chlorella, jewel of the Far East: a food algae for a nutritionally-hungry world*. 1st ed. Escondido, CA: B. Jensen, c1992. ISBN 0932615236.
- [29] DAWCZYNSKI, Christine, Rainer SCHUBERT a Gerhard JAHREIS. Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry*. 2007, **103**(3), 891-899. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.09.041. ISSN 03088146. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814606007655>
- [30] MEIJER, E.A. a R.H. WIJFFELS *Biotechnology Techniques*. b.r., **12**(5), 353-358. DOI: 10.1023/A:1008814128995. ISSN 0951208x. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1023/A:1008814128995>
- [31] HENRIKSON, Robert. *Earth food spirulina: how this remarkable blue-green algae can transform your health and our planet*. Laguna Beach, Calif.: Ronore Enterprises, c1989. ISBN 09-623-1110-3.
- [32] RATHOUSKÝ, Václav. *Chlorella pyrenoidosa: učebnice zelených potravin*. Vyd. 1. Staré Město: Green Ways, 2008. ISBN 9788025431436.
- [33] HOZA, Ignác a Daniela SUMCZYNSKI. *Potravinářská biochemie I*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005. ISBN 80-731-8295-5.

- [34] KAJI, Toshiyuki, Yasuyuki FUJIWARA, Yuki INOMATA, Chieko HAMADA, Chika YAMAMOTO, Satomi SHIMADA, Jung-Bum LEE a Toshimitsu HAYASHI. Repair of wounded monolayers of cultured bovine aortic endothelial cells is inhibited by calcium spirulan, a novel sulfated polysaccharide isolated from *Spirulina platensis*. *Life Sciences*. 2002, **70**(16), 1841-1848. DOI: 10.1016/S0024-3205(01)01555-7. ISSN 00243205. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0024320501015557>
- [35] KVASNIČKOVÁ, Alexandra. *Sacharidy pro funkční potraviny: probiotika - prebiotika - symbiotika*. Vyd. 1. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000. ISBN 80-727-1001-X.
- [36] ZAMRAZILOVÁ, Elvíra a Jaroslav MAYZLÍK. *Vláknina potravy - význam ve výživě a v klinické medicíně*. 1. vyd. Praha: Avicenum, 1989. Novinky v medicíně (Avicenum).
- [37] DALLEN, Maria. *Zelené potraviny: když jídlo je naším lékem : mladá pšenice, mladý ječmen, alfalfa, chlorela, spirulina, mořské řasy, zelenina*. Praha: Ratio Bona, c2010. ISBN 9788025445907.
- [38] WILLIAM H. LEE AND MICHAEL ROSENBAUM., *Chlorella: the sun-powered supernutrient and its beneficial properties*. New Canaan, Conn: Keats, 1987. ISBN 978-087-9834-647.
- [39] STEINBLOCK, David. *Chlorella: natural medicine algae*. El Toro, CA: Aging Research Institute, 1987. ISBN 978-096-1826-802.
- [40] HOLDT, Susan a Stefan KRAAN. Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology*. 2011, **23**(3), 543-597. DOI: 10.1007/s10811-010-9632-5. ISSN 0921-8971. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s10811-010-9632-5>
- [41] ROY, Suzanne. *Phytoplankton pigments: characterization, chemotaxonomy, and applications in oceanography*. New York: Cambridge University Press, 2011. ISBN 9781107000667.
- [42] GROSS, Jeana. *Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids*. New York:



- Van Nostrand Reinhold, c1991. ISBN 0442006578.
- [43] HARUN, Razif, Manjinder SINGH, Gareth FORDE a Michael DANQUAH. Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2010, **14**(3), 1037-1047 [cit. 2016-04-10]. DOI: 10.1016/j.rser.2009.11.004. ISSN 13640321. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032109002664>
- [44] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin II*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-16-9.
- [45] *Hem* [online]. Wikiskripta, 2015 [cit. 2016-02-25]. Dostupné z: <http://www.wikiskripta.eu/index.php/Hem>
- [46] *Chlorofyl* [online]. Wikipedia, 2016 [cit. 2016-02-25]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Chlorofyl>
- [47] MINDELL, Earl a Hester MUNDIS. *Nová vitaminová bible: nejnovější informace o vitamínech, minerálních látkách, antioxidantech, léčivých rostlinách, o doplňcích stravy, léčebných účincích potravin i lécích používaných v homeopatii*. Vyd. 2., (dopl., přeprac.). V Praze: Ikar, 2006. ISBN 80-249-0744-5.
- [48] NIELSEN, Forrest Boron in human and animal nutrition. *Plant and Soil*. 1997, **193**(2), 199-208. DOI: 10.1023/A:1004276311956. ISSN 0032079x. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1023/A:1004276311956>
- [49] BULKOVÁ, Věra. *Rostlinné potraviny*. Vyd. 1. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011. ISBN 978-80-7013-532-7.
- [50] *Vitamin B12.png* [online]. WikiSkripta, 2014 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: [http://www.wikiskripta.eu/index.php/Soubor:Vitamin\\_B12.png](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Soubor:Vitamin_B12.png)
- [51] PRATT, R., T. DANIELS, J. EILER et al. CHLORELLIN, AN ANTIBACTERIAL SUBSTANCE FROM CHLORELLA. *Science*. 1944, **99**(2574), 351-352. DOI: 10.1126/science.99.2574.351. ISSN 0036-8075. Dostupné také z: <http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.99.2574.351>

- [52] *Nařízení Komise (ES) č. 466/2001 ze dne 8. března 2001, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách* *Text s významem pro EHP* [online]. Soft Books, s.r.o., 2001 [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://www.eurlex.cz/dokument.aspx?celex=32001R0466>
- [53] TERMOKLIMA, S.R.O. *Prevody jednotiek* [online]. Poprad: CHASTIA s.r.o., 2012 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.prevody.sk/index.aspx?G=961509256&V=1119114507&H=1&S=4&Y=0>
- [54] STEENBLOCK, D. *Chlorella: Natural Medicinal Algae*. Aging Research Institute, 1987. ISBN 0-9618268-0-0.
- [55] *CHLORELLA: CHLORELLA TABS* [online]. Bioštyl s.r.o., 2012 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.chlorella.sk/chlorella.php?eshop>
- [56] *Dům bylinek: Spirulina 360 kapslí* [online]. Dům bylinek, 2013-2014 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: [http://www.dumbylinek.cz/eshop/vitaminy-mineraly/doplunky-stravy/zelene-potraviny-superpotraviny/spirulina-360-kapsli-detail?gclid=CjwKEAju3fG4BRDsn9GAu7T2zEkSJACNjdjgHEvOXg\\_77V8fp7Q5as4rXs5Tjy1VWzv3yqKnDeJvahoCZnrw\\_wcB](http://www.dumbylinek.cz/eshop/vitaminy-mineraly/doplunky-stravy/zelene-potraviny-superpotraviny/spirulina-360-kapsli-detail?gclid=CjwKEAju3fG4BRDsn9GAu7T2zEkSJACNjdjgHEvOXg_77V8fp7Q5as4rXs5Tjy1VWzv3yqKnDeJvahoCZnrw_wcB)
- [57] *Chlorella plus Spirulina Bio* [online]. Blue step spol. s r.o., 2013 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: [http://www.nastrojezdrazi.cz/produkty/doplunky-stravy/zelene-potraviny/chlorella-plus-spirulina-bio-100-g-400-tablet-doplnek-stravy.html?gclid=CjwKEAju3fG4BRDsn9GAu7T2zEkSJACNjdjgRJV3ckaQlLnwKdjfgJArlt8\\_YC-Dp3Ia0Au4Q3o-hoCribw\\_wcB](http://www.nastrojezdrazi.cz/produkty/doplunky-stravy/zelene-potraviny/chlorella-plus-spirulina-bio-100-g-400-tablet-doplnek-stravy.html?gclid=CjwKEAju3fG4BRDsn9GAu7T2zEkSJACNjdjgRJV3ckaQlLnwKdjfgJArlt8_YC-Dp3Ia0Au4Q3o-hoCribw_wcB)
- [58] *SPIRULINA + CHLORELLA + PREBIOTIKUM: Naturvita* [online]. Naturvita, a. s., 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.naturvita.cz/cz/spirulina-cz.php>
- [59] *PANGAMIN: PANGAMIN ALGAMIN* [online]. RAPETO a.s., 2014 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.pangamin.cz/cs/pivovarske-krasnice/5-pangamin-algamin.html>
- [60] *MAUR cesta k přírodě: Chlorella BIO prášek 125g* [online]. Maur s.r.o., 2014 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.maur.cz/iswari-chlorella-bio-prasek->

125g?gclid=CjwKEAju3fG4BRDsn9GAv7T2zEkSJACNjdjg-  
Oat8aphW96ASCOsgJv5QjjBGolDxPpJ5c-ucAr57hoCydvw\_wcB

- [61] *Prozdravi.cz: EMPOWER SUPPLEMENTS ES BIO Spirulina prášek 100 g* [online]. VIVANTIS a.s., 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: [http://www.prozdravi.cz/es-bio-spirulina-prasek-100-g.html?gclid=CjwKEAju3fG4BRDsn9GAv7T2zEkSJACNjdjgG4Y\\_APr5vNifL8fcOaeRI-xhHnPVy-Zd-GbHkhiBoCfHzw\\_wcB](http://www.prozdravi.cz/es-bio-spirulina-prasek-100-g.html?gclid=CjwKEAju3fG4BRDsn9GAv7T2zEkSJACNjdjgG4Y_APr5vNifL8fcOaeRI-xhHnPVy-Zd-GbHkhiBoCfHzw_wcB)
- [62] *Spirulina Academy: Recipes* [online]. Spirulina Academy, 2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.spirulinaacademy.com>
- [63] *OrganicBurst: Recipes* [online]. Organic Burst World S.A., 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <https://www.organicburst.com/blogs/ob-life/15589528-cashew-kale-and-chlorella-pesto-by-nourishing-jessica>
- [64] *ECHLORIAL: Chlorella ultra pure cultivée sous tube de verre* [online]. Intellimed Consulting, 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.echlorial.fr/blog/category/recettes/dessert/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

Al	hliník
AMK	aminokyseliny
As	arsen
B	bor
Ca	vápník
CGF	Chlorella růstový faktor
Cd	kadmium
Cl	chlor
Co	kobalt
Cr	chrom
DNA	deoxyribonukleová kyselina
F	fluor
Fe	železo
GLA	kyselina $\gamma$ -linolenová
Hg	rtuť
I	jod
K	draslík
Mg	hořčík
Mn	mangan
Mo	molybden
Na	sodík
Ni	nikl
P	fosfor
PAH	fenylalaninhydroxyláza
Pb	olovo

ppm Parts per million

RNA ribonukleová kyselina

S síra

Se selněn

Sn cín

Zn zinek

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1, 2: Laminaria digitata [9], kombu sušené [10]</i> .....	13
<i>Obr. 3: Porphyra (Nori) [12]</i> .....	14
<i>Obr. 4,5: Chlorella pyrenoidosa [16]</i> .....	16
<i>Obr. 6,7: Spirulina platensis [21]</i> .....	17
<i>Obr. 8,9: Sběr sinice Spirulina v alkalických jezerech Čadu [24]</i> .....	19
<i>Obr. 10: Vzorec hemu [45]</i> .....	27
<i>Obr. 11: Vzorec chlorofylu[46]</i> .....	28
<i>Obr. 12: Vzorec kobalaminu [50].</i> .....	37
<i>Obr. 13, 14: Chlorella Tabs (Chlorella pyrenoidosa) [55]</i> .....	43
<i>Obr. 15: Spirulina pacifica – kapsle [56].</i> .....	43
<i>Obr. 16:Produkt Chlorella plus Spirulina Bio (Chlorella vulgaris, Spirulina platensis ) [57].</i> .....	44
<i>Obr. 17, 18:Produkt Spirulina + Chlorella + Prebiotikum [58].</i> .....	44
<i>Obr. 19, 20: Produkt Algamin [59].</i> .....	45
<i>Obr. 21: Produkt Chlorella BIO prášek [60].</i> .....	45
<i>Obr. 22, 23: Produkt ES BIO Spirulina prášek (Spirulina platensis) [61].</i> .....	46
<i>Obr. 24: Chlorofylový nápoj [62].</i> .....	47
<i>Obr. 25: Plněná zelená vejce s řasami [62].</i> .....	47
<i>Obr. 26: Slaná zelená roláda obohacena práškovou formou sinice Spirulina [62].</i> .....	48
<i>Obr. 27: Těstovinový salát s pestem obohacným práškovou formou Chlorella [63].</i> .....	48
<i>Obr. 28: Bábovka s řasou Chlorella a mandlemi [64]</i> .....	49
<i>Obr. 29: Zmrzlinový krém s řasou Chlorella [63].</i> .....	49
<i>Obr. 30: Krekry se sinicí Spirulina [62].</i> .....	50

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1,2: Zastoupení aminokyselin v sušině Spirulina a Chlorella [31-32].</i>	22
<i>Tab. 3: Porovnání obsahů proteinů v potravinách bohatých na proteiny [31].</i>	22
<i>Tab. 4: Zastoupení esenciálních aminokyselin ve vybraných potravinách (%) [31].</i>	23
<i>Tab. 5: Obsahy vlákniny potravy v produktech ze sladkovodních řas (%) [14].</i>	25
<i>Tab. 6: Obsahy makroelementárních látek P, Ca, Mg, K a Na, v řase Chlorella a sinicích Spirulina v mg/kg [14].</i>	29
<i>Tab. 7: Obsahy mikroelementárních látek Fe, Zn, Cu, Mn, Cr a B v řase Chlorella a sinicích Spirulina v mg/kg [14].</i>	29
<i>Tab. 8: Porovnání obsahu železa v řase Chlorella, sinici Spirulina a jiných zdrojích (mg/100 g) [19, 32].</i>	30
<i>Tab. 9: Obsah některých vitaminů v sinici Spirulina (mg/100 g) [19].</i>	33
<i>Tab.10: Obsah některých vitaminů v řase Chlorella [32].</i>	33
<i>Tab. 11: Obsahy toxických prvků v řase Chlorella a sinicích Spirulina v mg/kg [14].</i>	39
<i>Tab. 12: Obsahy toxických prvků v sinici Spirulina v ppm [19].</i>	39

