

Polysacharidy mořských a sladkovodních řas

Ilona Musílková

Bakalářská práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie a mikrobiologie potravin
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ilona MUSÍLKOVÁ**
Osobní číslo: **T07111**
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Polysacharidy mořských a sladkovodních řas**

Zásady pro vypracování:

- 1. Charakteristika polysacharidů mořských a sladkovodních řas.**
- 2. Možnosti jejich využití.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] KALINA, T., VÁŇA, J. Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. Praha, Karolinum, 2005. ISBN 80-246-1036-1.
 [2] DAMONTE, E. B., MATULEWICZ, M. C., CERZO, A. S. Sulfated Seaweed Polysaccharides as Antiviral Agents. *Current Medicinal Chemistry*. 2004, 11, 2399–2419.
 [3] RIOX, L. E., TURGEON, S. L., BEAULIEU, M. Characterization of polysaccharides extracted from brown seaweeds. *Carbohydrate Polymers*. 2007, 69, 530–537.
 [4] GODARD, M., DÉCORDÉ, K., VENTURA, V., SOTERAS, G., BACCOU, J. C., CRISTOL, J. P., ROUANET, J. M. Polysaccharides from the green alga *Ulva rigida* improve the antioxidant status and prevent fatty streak lesions in the high cholesterol fed hamster, an animal model of nutritionally-induced atherosclerosis. *Food Chemistry*. 2009, 115, 176–180.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ladislava Mišurcová, Ph.D.

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

11. února 2010

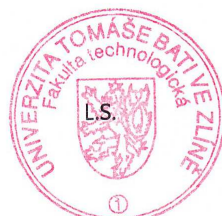
Termín odevzdání bakalářské práce:

31. května 2010

Ve Zlíně dne 15. dubna 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan




doc. Ing. Jan Hrabě, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 1.6.2010

..... Purošková!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce byla zaměřena na charakteristiku mořských a sladkovodních řas. Jejím cílem bylo zabývat se charakteristikou polysacharidů z těchto řas, jejich strukturou, vlastnostmi a možnostmi jejich získávání. Více pozornosti bylo věnováno struktuře a vlastnostem polysacharidů získaných z červených mořských řas agarům a karagenanům a z hnědých řas alginátům z důvodu jejich využití v potravinářském průmyslu.

Klíčová slova: mořské řasy, sladkovodní řasy, polysacharidy

ABSTRACT

Bachelor thesis was focussed on characterization seaweed and freshwater algae. The aim was deal with characterization of these seaweed and freshwater algae, their structure, property and possibilities of their extraction. More attention was devoted structure and property red seaweed polysaccharides as agars and karagenans and brown seaweed polysaccharides as alginate due to their utilization in food processing industry.

Keywords: seaweed, freshwater algae, polysaccharides

Poděkování

Velké poděkování patří především paní ing. Ladislavě Mišurcové, Ph.D., za pomoc, trpělivost a vhodné připomínky při zpracování mé bakalářské práce. A také bych chtěla poděkovat své rodině a to především mojí mamince, která mě podporuje a díky ní mohu studovat na vysoké škole.

Motto

„Život se podobá knize. Blázen v ní listuje jen letmo, zatímco moudrý se při čtení zamýšlí. Číst ji, je možné jen jednou.“

Prohlášení

Tištěná verze bakalářské práce je shodná s verzí elektronickou.

Ve Zlíně dne:

.....

podpis diplomanta

OBSAH

I	OBSAH	8
II	ÚVOD	9
III	1 ŘASY	10
1.1	TAXONOMIE ŘAS	11
1.2	MOŘSKÉ ŘASY	12
1.2.1	ROZDĚLENÍ MOŘSKÝCH ŘAS.....	12
1.3	SLADKOVODNÍ ŘASY	16
1.3.1	ZELENÉ ŘASY:.....	16
1.3.2	MODROZELENÉ ŘASY:.....	17
IV	2 POLYSACHARIDY	19
2.1	POLYSACHARIDY V MOŘSKÝCH ŘASÁCH	21
2.1.1	ZÁSTUPCI POLYSACHARIDŮ MOŘSKÝCH ŘAS.....	21
2.2	POLYSACHARIDY VE SLADKOVODNÍCH ŘASÁCH	29
2.2.1	<i>POLYSACHARIDY ZELENÝCH ŘAS</i>	29
2.2.2	<i>POLYSACHARIDY MODROZELENÝCH ŘAS</i>	30
V	ZÁVĚR	31
VI	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	33
VII	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	36
VIII	SEZNAM OBRÁZKŮ	37
IX	SEZNAM TABULEK	38

ÚVOD

Řasy obsahují mnoho látek, které mohou být využity nejen jako zdroj výživy, ale i v kosmetickém, potravinářském a farmaceutickém průmyslu. K takovýmto látkám patří i polysacharidy. Polysacharidy jsou vysokomolekulární látky, které se dělí na živočišné a rostlinné. Skládají se z monosacharidů, které jsou vzájemně poutány α - nebo β - glykosidovými vazbami. Polysacharidy mají funkci především stavební a zásobní. Mezi polysacharidy řas, které plní funkci zásobní, patří laminaran, škrob a florideový škrob a strukturní funkci mají algináty, fukany, karagenany, agary, celulósa, xylany a mannany.

Sulfátové polysacharidy mají velké protivirové účinky. Působí např. proti retroviru původce AIDS, jednoduchým herpesvirům a akutním respiračním infekcím, jako je zánět průdušek, zánět nosohltanu či rýma.

Z červených mořských řas nebo-li ruduch se získávají agary a karagenany, které se používají v potravinářství. Agar se používá jako emulgátor, stabilizátor, dále pro výrobu rosolů a různých krémů, atd. Karagenany se využívají jako zahušťovadla, gelotvorné látky, ale také se zpracovávají v kosmetickém průmyslu a pro výrobu barev.

Chlorella, patřící do sladkovodních řas, obsahuje ve své buněčné stěně polysacharidy, díky kterým snese vyšší teploty při počátečním tepelném ošetření, než mnohé bakterie, např. *Pseudomonas* a *Falvobacterium*. Využívá se většinou ve farmaceutickém průmyslu. Z další sladkovodní řasy *Spirulina*, byl izolován sulfátový polysacharid spirulan vápenatý. Tento polysacharid pomáhá předcházet vzniku arterosklerózy a také jejímu léčení. Mohou se z něj vyrábět antiatherogenní léky, které se používají v léčbě proti kardiovaskulárním onemocněním.

Cílem mé bakalářské práce bylo vypracovat literární rešerži na téma polysacharidy v mořských a sladkovodních řasách. Pozornost byla zaměřena především na polysacharidy mořských řas, z nichž se získávají agary, karagenany a algináty, které se ve velké míře používají v potravinářském průmyslu jako zahušťovadla, želírující látky a stabilizační prostředky.

1 ŘASY

Obor zabývající se studiem řas se nazývá algologie. Tento název je odvozen z latinského *Algae*, popř. fykologie podle *Phycota*, *Phycophyta*. Mořské řasy se anglicky označují jako seaweed a sladkovodní jako freshwater algae. V české odborné literatuře se většinou používá slovní spojení „sinice a řasy“. Řasy patří mezi stélkaté autotrofní rostliny domény *Eukarya*. [1, 2, 3, 4, 5]. Základním životním prostředím, ve kterém se řasy vyvíjely, bylo moře nebo kontinentální vody s různým obsahem rozpuštěných solí [1].

Řasy jsou dlouhodobě využívány v různých oblastech průmyslu, ale těžišť i rozsah zájmu se měnily v průběhu času. V zemích dálného východu, jako je např. Korea nebo Čína, jsou řasy a sinice součástí tradičních lidských pokrmů. Ve 20. letech minulého stol. sloužili řasy a to hlavně mořské, jako surovina pro výrobu potaše, sody a jódu. Komerční využití má vápenaté hnojivo MEARL [1].

Tělo řas se nerozlišuje na kořen, stonek a list, ale je tvořeno stélkou. Proto jsou nazývány rostlinami stélkatými a jsou řazeny do nižších rostlin. Řasy jsou fotoautotrofní organismy, tzn. že jsou vybaveny fotosyntetickými barvivy, která jim umožňují vytvářet organickou hmotu a kyslík z anorganických látek za přítomnosti světla [6].

Řasy mají schopnost vázat vysoké množství toxických prvků, jako jsou kovy olovo, kadmium, rtuť a arsen. Tato schopnost je vázána na složení jejich buněčných stěn, které jsou bohaté na sulfátované polysacharidy, jejichž hydroxylové, síranové a karboxylové skupiny jsou důležitými vazebnými místy pro kovové kationy [7].

Podle některých autorů jsou za vazbu těžkých kovů u hnědých řas zodpovědné karboxylové skupiny celulózy, u červených řas je to karagenan. Pro schopnost akumulovat těžké kovy jsou řasy využívány jako bioindikátory znečištění nebo k odstraňování toxických prvků z prostředí [7].

Biosorpce těžkých kovů může být ovlivněna jednak druhem řas, ale také některými přírodními faktory jako je geografická poloha a roční období. Řasy rostoucí ve studených vodách jsou obvykle velmi citlivé na sezónní změny, zatímco červené a hnědé řasy, obývající tropické a subtropické oblasti, jsou vhodnými bioindikátory znečištění [7].

1.1 Taxonomie řas

DOMÉNA: BACTERIA (BAKTERIE)

ODDĚLENÍ: CYANOBACTERIA- SINICE

TŘÍDA: CYANOPHYCEAE

ŘÁD: OSCILLATORIALES

ROD: ARTHROSPIRA (*SPIRULINA*)

DOMÉNA: EUCARYA (EUKARYOTA)

ŘÍŠE: CHROMISTA

ODDĚLENÍ: HETEROKONTOPHYTA

TŘÍDA: FUCOPHYCEAE- HNĚDÉ ŘASY

ŘÍŠE: PLANTAE (ROSTLINY)

ODDĚLENÍ: RHODOPHYTA- RUDUCHY (ČERVENÉ ŘASY)

ODDĚLENÍ: HETEROKONTOPHYTA

TŘÍDA: TREBOUXIOPHYCEAE

ŘÁD: CHLORELLALES

ROD: *CHLORELLA* [7]

Z obecného hlediska jsou řasy děleny podle barvy na zelené, hnědé a červené. Sinice *Spirulina* bývá označována jako „modrozelená řasa.“

1.2 Mořské řasy

Mořské řasy patří mezi nejlépe využitelný zdroj lehce stravitelných sacharidů a bílkovin. Mají schopnost eliminovat vliv radioaktivních a chemických látek. Podílí se na detoxikaci toxických látek, jako jsou těžké kovy olovo, rtuť a kadmium, z lidského těla. Jsou také velmi dobrým, tzv. „čistícím prostředkem“ pro lidské tělo [6].

V asijských zemích, jako je Čína, jsou některé druhy mořských řas využívány jako potrava, protože obsahují vysoké množství nutričních látek a mají specifickou chuť [7].

1.2.1 Rozdělení mořských řas

1.2.1.1 Červené řasy (*Rhodophyta*)

Ruduchy, nebo-li červené řasy patří mezi autotrofní eukaryotické rostliny. Jsou většinou menší velikosti v rozmezí od několika centimetrů až do jednoho metru [8]. Jejich barevnost se liší a to v závislosti na poměru barviv, mezi které patří hlavně chlorofyl, karoten, fykoe-rythrin a fykokyanin [9]. Proto barva červených řas může být fialová až červenohnědá [8].

Buněčné stěny červených řas jsou vyztužené polysacharidy, ve větší míře karagenanem a agarem, které dávají stélkám vyšší odolnost před mechanickými vlivy, jako je např. působení vln, přílivu nebo odlivu [10].

. Ruduchy patří k nejstarším eukaryotickým organismům [11].

Hospodářský význam ruduch je zejména v tom, že se z nich průmyslově získává polysacharid agar, který se používá v mikrobiologii a lékařství jako živné médium pro kultivaci různých mikroorganismů, tkáňových kultur a dále v textilním, papírenském i potravinářském průmyslu (rosoly, čerění vína) [12].

Vybrané rody červených řas:

- *Gigartina*
- *Chondrus*
- *Gracilaria* (obr.1)
- *Eucheuma*
- *Hypnea*
- *Porphyra* [8]



Obr. 1: *Gigartina skottsbergii* [13]

1.2.1.2 Zelené řasy (*Chlorophyta*)

Zelené řasy tvoří počátek rozsáhlé a složité diferencované vývojové větve směřující k zeleným rostlinám [11].

Zelené řasy dosahují podobných rozměrů jako řasy červené a to od několika centimetrů až do jednoho metru [8]. V přírodě jsou zelené řasy velmi rozšířeny. Patří mezi předchůdce vyšších, suchozemských rostlin [1].

Vybrané rody zelených řas:

- *Codium*
- *Ulva*
- *Caulerpa* (obr. 2)
- *Monostroma* [8]



Obr. 2: *Caulerpa lentillifera* [13]

1.2.1.3 Hnědé řasy (*Phaeophyta*)

Hnědé řasy dosahují velkých rozměrů od třiceti centimetrů až do dvaceti metrů (např. řasa *Laminaria*) [8]. Z hlediska produkce organické hmoty představují nejvýznamnější skupinu mořských makrofytů. Hnědé řasy jsou autotrofní rostliny s velkými nároky na světlo. Hlavním znakem zástupců hnědých řas je jejich charakteristická barva, od žluté, přes hnědozelenou až po hnědou. Rozmanitost barvy řas závisí na různých druzích přírodních barviv [9,11]. Mezi tato barviva patří chlorofyl, β -karoten, fukoxantin a violaxantin [1].

Ze stélek hnědých řas se získává kyselina alginová. Její soli algináty mají různé použití, např. v potravinářství pro stabilizaci krémů, zmrzlin, dále se používá jako médium pro kvasinky při výrobě piva a vína, v textilním a papírenském průmyslu, při výrobě linolea, ve stavebnictví, k impregnaci proti vodě atd. [1, 4, 12].

Vybrané rody hnědých řas:

- *Alaria*
- *Fucus*
- *Hizikia*
- *Macrocystis* (obr. 3)
- *Sargassum*
- *Laminaria* [9, 11]



Obr. 3: *Macrocystis pyrifera* [13]

1.3 Sladkovodní řasy

Sladkovodní řasy dorůstají ve většině případů mikroskopických rozměrů a jsou nedílnou součástí planktonu. Rostou ve sladkých, ale i v poloslaných rybnících nebo jezerech v mírném až teplém klimatu po celém světě [14, 15].

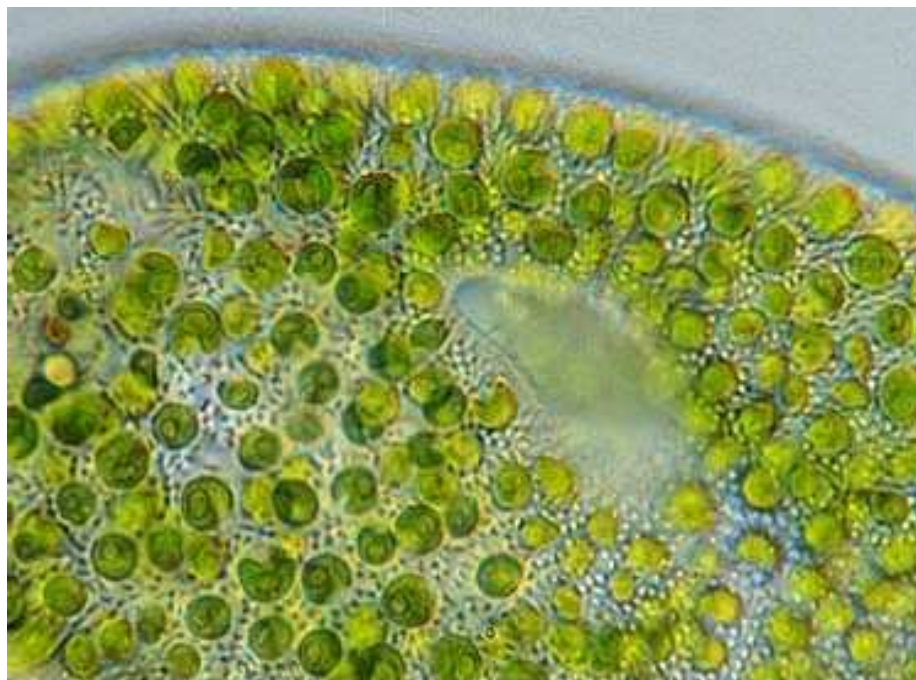
Chlorella a *Spirulina* jsou nejčastěji pěstované v různých zařízeních, jako jsou např. kruhové či oválné bazény, v nichž jsou řasy neustále promíchávány a je k nim přidáván CO₂. Hlavními producenty jsou biotechnologické společnosti v Japonsku, na Taiwanu, v Izraeli, USA, v Číně, v Indonésii a v menším množství i v mnoha dalších zemích [14, 15].

1.3.1 Zelené řasy:

- *Chlorella*

Chlorella je zelená, sladkovodní, jednobuněčná řasa, která byla vědci popsána již roku 1890. Její název je odvozen od latinského zelený a malý. Obsahuje vysoké množství chlorofylu, který zabarvuje její buňku do sytě zelené smaragdové barvy. Na Zemi žije 2,5 miliardy let. V optimálních podmínkách, což jsou pro *Chlorella* silný sluneční svit a neznečištěné prostředí se množí velmi vysokou rychlostí [15, 16, 17]

Buňky řasy *Chlorella* mají kulovitý tvar. Dosahují velikosti 1 - 10 μm [6]. Nejstarší tradicí v pěstování *Chlorella* mají zejména asijské země jako je Japonsko, které vyprodukuje několik tisíc tun této řasy ročně. *Chlorella* se využívá hlavně v oblasti lidské výživy, lékařství a kosmetiky. Rozšiřuje se i využití v tzv. akvakulturách, kde tvoří cennou složku krmiv v řízených chovech ryb a garnátů [18].



Obr. 4: *Chlorella* [19]

Chlorella je producentem kyslíku a lehce stravitelné biomasy, a proto byla předmětem výzkumu v 50. - 60. letech minulého století, jako potravina, která by se mohla použít jako výživa pro kosmonauty při letech do kosmu. V současné době se používá především k výrobě doplňků stravy, zejména doplňujících vitamínových přípravků a léčiv, a také ve veterinární praxi [6].

1.3.2 Modrozelené řasy:

- *Spirulina*

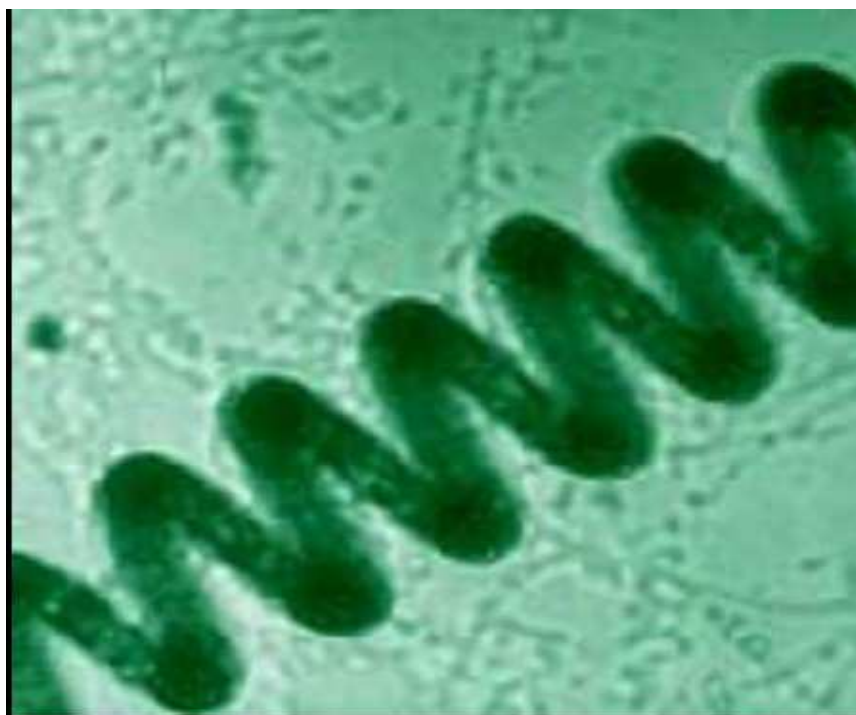
Spirulina bývá zařazena mezi modrozelené řasy z důvodu přítomnosti chlorofylů a fykocyaninu. Jedná se o jednobuněčnou řasu, pro kterou jsou optimální teplé klimatické podmínky. Název „*Spirulina*“ je odvozen z latinského slova „*helix*“, což znamená spirála. Toto označení poukazuje na uspořádání organismu, kdy se vytváří mikroskopická spirálovitá vlákna. I když je *Spirulina* jednobuněčný organismus, dosahuje relativně velké velikosti a to až 0,5 mm na délku [20, 21].

Různé druhy řasy *Spirulina* žijí v tropických jezerech i v termálních pramenech, kde tvoří tzv. vodní květy. V Čadském jezeře slouží tyto sinice jako potrava pro plameňáky. Také domorodci řasu sbírali, sušili na slunci a používali jako zdroj potravy [11].

Modrozelené řasy obsahují proteiny, esenciální mastné kyseliny, polysacharidy, vitaminy a minerální látky a proto se používají jako zdroj výživy [1]. V potravinářství je využívána zejména *Arthrospira platensis* (obr. 5) známá pod názvem *Spirulina* [22].

Výhodou této sinice je lehká stravitelnost pro rekonvalescenty a pro pacienty se zavedenou přísnou dietou. Proto se v některých státech pěstuje ve velkém. Pilulky či potraviny obsahující sinici *Spirulina* jsou bohatým zdrojem proteinů, aminokyselin, minerálních látek, karotenu a vitaminů, z nichž nejvíce zastoupený je vitamin B₁₂ [23].

Jsou však také známé i negativní zdravotní účinky, které souvisí s vysokým procentem nukleových kyselin v preparátech *Spirulina* i *Chlorella* [23].



Obr. 5: Spirulina [24]

2 POLYSACHARIDY

Polysacharidy jsou vysokomolekulární látky, některé jsou ve vodě rozpustné na koloidní roztoky nebo mají schopnost bobtnat, některé jsou nerozpustné. Polysacharidy se skládají z monosacharidů, které jsou vzájemně vázány α - nebo β - glykosidovými vabami, nejčastěji ve směru 1→4 nebo 1→6. Polysacharidy řas mají funkce především stavební (strukturní) a zásobní (rezervní). Stavební polysacharidy jsou ve vodě nerozpustné, vyztužují a zpevňují pletiva rostlin i tkáně některých živočichů. Zásobní polysacharidy tvoří zásobu chemické energie, kterou lze uvolnit jejich odbouráním [25].

Hnědé řasy obsahují strukturní polysacharidy algináty a fukany a mezi jejich hlavní zásobní polysacharidy patří laminaran (β -(1→3)-glukan) a mannitol. U červených řas jsou strukturními polysacharidy karagenany, agar, xylan a celulosa. Zásobní polysacharid červených řas je florideový škrob (α -1,4-glukan) [26].

Výzkumná studia potvrdila, že polysacharidy různých druhů červených řas obsahují i jednotky amylosy. Mezi strukturní polysacharidy zelených řas se řadí celulosa, xylan, mannan a glukuronoxylorhamnan. Zásobním polysacharidem je zde škrob [27]. Přehled hlavních polysacharidů řas uvádí tabulka 2 [24, 26].

Karagenany, agary, fukoidany a ulvany, které se řadí mezi polysacharidy mořských řas, mohou v potravě zastupovat funkci vlákniny jelikož jsou pro člověka nestravitelné, protože střevní bakterie je nedokáží strávit [26].

Některé sulfátové polysacharidy z mořských řas, mají vysokou protivirovou účinnost proti sporulujícím virům, včetně zákeřným lidským patogenům, jako je retrovirus původce AIDS, jednoduché herpesviry, horečka Dengue a akutní respirační infekci [28].

Tab. 1: Zásobní látky a složení buněčných stěn u sinic a řas [11]

ZÁSObNÍ LÁTKY	Sladkovodní řasy a sinice			Mořské řasy		
	Sinice	Zelené řasy		Červené řasy	Hnědé řasy	Zelené řasy
	CY	EU	CHL	RH	PH	UL
škrob, α -1,4-glukan	•		•	•		•
chrysolaminaran β - 1,3-glukan		•			•	
volutin	•		•		•	•
buněčné stěny						
agar				•		
alginové kyseliny					•	
celulosa			•	•	•	
fukoidan					•	
glykoproteiny						
galaktoarabinan			•			•
karagen				•		
mannan						•
peptidoglykany	•					
xylan						•

Vysvětlivky:**Sladkovodní řasy, sinice a bičíkovci:**

- Sinice: **CY**- *Cyanophyta*
- Zelené řasy: **EU**- *Euglenophyta*

CHL- *Chlorophyta*

Mořské řasy a bičíkovci:

- Červené řasy: **RH**- *Rhodophyta*
- Hnědé řasy: **PH**- *Phaeophyceae*
- Zelené řasy: **UL**- *Ulvophyceae* [11]

2.1 Polysacharidy v mořských řasách

Tab. 2: Hlavní polysacharidy řas [29]

<u>Řasy</u>	<u>Strukturní polysacharidy</u>	<u>Zásobní polysacharidy</u>
Hnědé řasy	Alginát (guluronová kys. mannuronová kys.)	Laminaran
	Fukany (fukosa sulfát)	
Červené řasy	Karagenany (galaktosa, sulfát)	Florideový škrob
	Agar (galaktosa)	
	Celulosa	
	Xylan	
Zelené řasy	Celulosa	Škrob
	Xylan	
	Mannan	
	Glukuronoxylorhamnan	

Nejvýznamnějšími zástupci těchto polysacharidů jsou: agary, karageny a algináty (soli alginové kyseliny) [12].

2.1.1 Zástupci polysacharidů mořských řas

2.1.1.1 Agar

Název agar pochází z malajského slova agar, což znamená řasa. Agar tvoří až 40 % stélky rodů. Agary tvoří intracelulární gelovou matici některých druhů červených mořských řas (*Rhodophyceae*), které zastávají v řasách obdobnou funkci jako celuloza u vyšších rostlin. Řasy, které jsou zdrojem agaru (agarofyty) pocházejí nejčastěji z čeledi *Gelidaceae*, *Gracilariaceae*, *Euchema* a *Pterocladaceae*, které rostou na pobřeží Portugalska, jižní Afriky, Indie, Japonska, Mexika, Chile a Nového Zélandu. Agarofyty jsou většinou divoce rostoucí řasy. Pouze v Chile se pěstují v mořských farmách [10, 12].

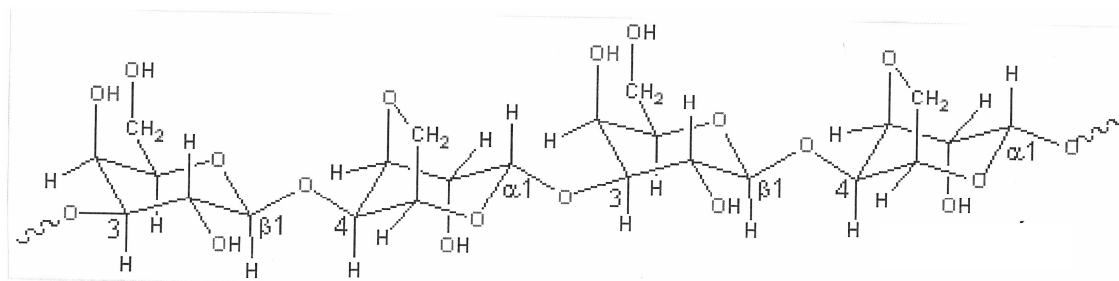
Agary se z řas získávají nejčastěji extrakcí horkou vodou v neutrálním, kyselém nebo alkalickém prostředí. V alkalickém prostředí zároveň dochází k parciální hydrolyze sulfátových

skupin a vznikají agary s modifikovanými vlastnostmi. Z extraktů se vymražením získávají gely, které se suší [10, 12].

V Japonsku se agar vyráběl už v 17.stol. Řasy získané z moře se odvezly do hor, kde se nechaly zmrznout, aby se jejich buňky rozrušily. Poté se vařily s octem. Agarové manufaktury jsou dobře zavedeným průmyslem v Japonsku a Číně. V Indii se výrobě agaru začalo dostávat významné pozornosti během 2. světové války. Řasy se rozdrť na prášek a vaří v měkké slabě okyselené vodě, horká masa je filtrována, zchlazena na 5 °C a přemražována, aby se odstranila voda, dále je sušena a drcena na prášek. Chlazení může být nahrazeno vysrážením do vloček 90 % technickým alkoholem (pro průmyslovou výrobu). Průmyslově vyráběný agar se dnes získává moderní metodou za použití kyseliny sírové a anorganických bělicích rozpouštědel, aby došlo k neutralizaci chuti a barvy. Produktem je práškový agar-agar, který je sice levný, ale nižší kvality [10,12].

- **Struktura agaru:**

Agary jsou lineární polysacharidy. Skládají se ze dvou složek agarosy a agaropektinu, tj. polygalaktanů obsahujících určité množství sulfonových skupin. Jejich stavebními jednotkami jsou beta- D-galaktopyranosa a 3,6-anhydro-alfa-L-galaktopyranosa střídavě vázané glykosidovými vazbami (1→3) a (1→4). Základní neutrální polysacharid je často dosud nazýván agarosa. Jeho stavební jednotkou je disacharid agarobiosa, 4-O-β-D-galaktopyranosyl-3,6-anhydro-α-L-galaktopyranosa [10,12].



Obr. 6: Agarosa [13]

- **Vlastnosti a použití agaru:**

Agary se rozpouštějí v horké vodě o teplotě nad 85 °C a vyšší. Ochlazením disperze vzniká gel již v koncentraci 0,04 %, běžně je používaná koncentrace 0,5 - 2,0 %. Přejít do gelu i naopak vykazuje hysterézi, teplota tání gelu (do 95 °C) je vyšší než teplota, při níž se gel tvoří. Při stárnutí podléhají gely synerézi, což je vylučování kapalné fáze z gelu. Agary jsou málo kyselé polysacharidy a na rozdíl od karagenanů nevyžaduje tvorba gelu přítomnost neutralizujících kationů [10,12].

Agar se používá v potravinářství jako emulgátor, stabilizátor a melírující agens. Používá se na výrobu potravinových rosolů, do omáček, krémů atd. Pro člověka není samotný agar stravitelný, proto se hojně využívá jako přídavek do různých pokrmů, kdy zvýší objem jídla, ale ne jeho kalorickou hodnotu. Má ochlazující účinky, které jsou užitečné zejména v létě. Podle makrobiotiků slouží jako pomocné léčivo při vysokém krevním tlaku. Pomocí agaru se také vyjasňuje zakalené víno či pivo. V Japonsku je agar používán také jako samostatná potravina pro výrobu různých ochucených gelů nebo jedlých obalů [10,12].

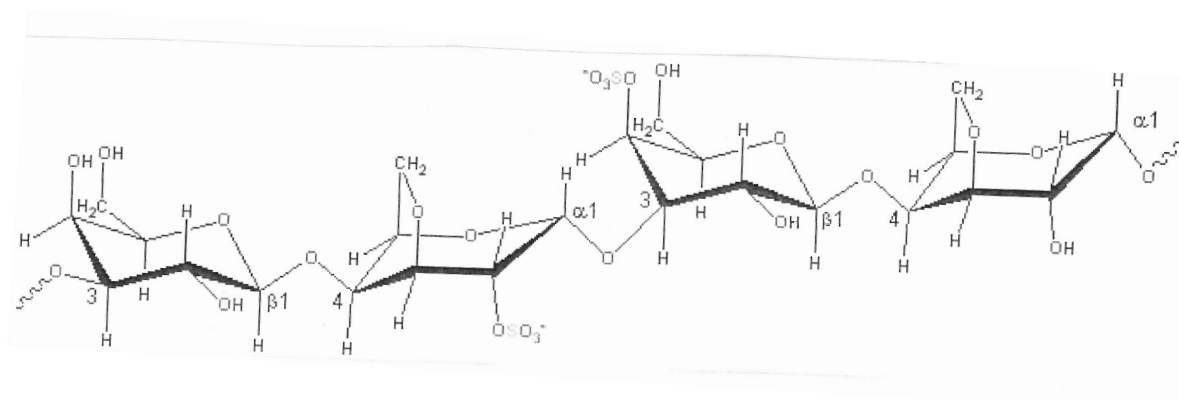
2.1.1.2 Karagenany

Karageny jsou fykolooidy, což jsou ve vodě rozpustné organické látky. Karagenany jsou extrakty z červených mořských řas (*Rhodophyceae*), zejména řas rodu *Euchema*, *Chondrus*, *Hypnea*, *Gelidium* a *Gigartina*. Liší se strukturou, která do značné míry souvisí s jejich původem. Řasy rodu *Euchema* tvoří vláknité keře výšky asi 0,5 m, které rostou na korálových útesech podél Filipín, Indonésie a v dalších tropických oblastech Tichého oceánu.

Řasy *Chondrus crispus* jsou tmavě červené malé keříky rostoucí do výšky asi 0,1 m podél pobřeží severního Atlantiku, zejména Kanady, u britských ostrovů a Francie. Řasy rodu *Gigartina* dorůstají výšky až 5 m. Rostou v chladných pobřežních vodách Jižní Ameriky a Chile. Karagenany se z řas extrahují nejčastěji horkou vodou v alkalickém prostředí jako sodné soli (extrakce roztoky Na_2CO_3 , NaOH). Okyselením (HCl) se získávají příslušné kyselé karagenany. Finální produkty se získávají sušením nebo srážením rozpouštědly (např. 2-propanolem) [10, 12].

- **Struktura karagenanů:**

Karagenany jsou lineární polysacharidy podobné struktury jako agary, ale na rozdíl od nich obsahují jako strukturní jednotku pouze D-galaktopyranosu (L-galaktosu neobsahují). Základem struktury je opakující se sekvence β -D-galaktopyranosu a 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranosu, tedy disacharid, který se nazývá parabiosa [10, 12].



Obr. 7: Chemická struktura karagenanu [13]

- **Vlastnosti a použití karagenanů:**

Karagenany jsou hydrofilní anionaktivní koloidy. Rozpustnost ve vodě závisí na druhu karagenanu, přítomných iontech, teplotě a pH prostředí. Jejich významnou vlastností je tvorba gelů. Ty vznikají obdobně jako agarové gely ochlazením již v koncentraci 0,5 %. Tvorba pevných, ale křehkých gelů vyžaduje přítomnost neutralizujících iontů (např. draselných či amonných) [10, 12].

Důležitou vlastností karagenanů je schopnost tvořit komplexy s mléčnými bílkoviny (kaseiny). Karagenany se používají jako zahušřovadla, gelotvorné látky, stabilizátory a emulgátory při výrobě dezertů, mléčných nápojů zmrzlin a při výrobě masových konzerv. Karagenany se používají také v dalších oborech, např. v kosmetice, pro stabilizaci průmyslových suspenzí a při výrobě barev. Některé druhy hnědých řas (chaluch), jako je např. *Alaria esculenta* nebo *Laminaria japonica*, používaných k výrobě alginátů, jodu, draselných hnojiv i produktů, dostaly společné označení KELP [10, 12]

2.1.1.3 Algináty

Algin je název pro alginovou kyselinu a její soli algináty. Algin se nachází jako intercelulární matrice (jako gel obsahující ionty Na, Ca, Mg, Sr a Ba) v hnědých mořských řasách třídy *Phaeophyceae* rostoucích při pobřeží severního Atlantiku, zejména v USA, Norsku, Francii a Británii. Hlavními průmyslovými zdroji jsou řasy *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria hyperborea* a řasy rodů *Ascophyllum* a *Sargassum*. V chaluhách se vyskytuje volná kyselina alginová nebo zmíněné soli. Algin tvoří asi 40 % sušiny řas [10, 12].

Algin se podobně jako agary a karagenany získává jako sodná sůl (alginát) extrakcí řas alkáliemi (NaOH, Na₂CO₃). Z extraktů se sráží jako vápenatá sůl přidáním CaCl₂ nebo okyselením HCl jako alginová kyselina. Vápenatá sůl se převádí na alginovou kyselinu a z té se získává finální komerční produkt (sodná sůl) neutralizací Na₂CO₃ [10, 12].

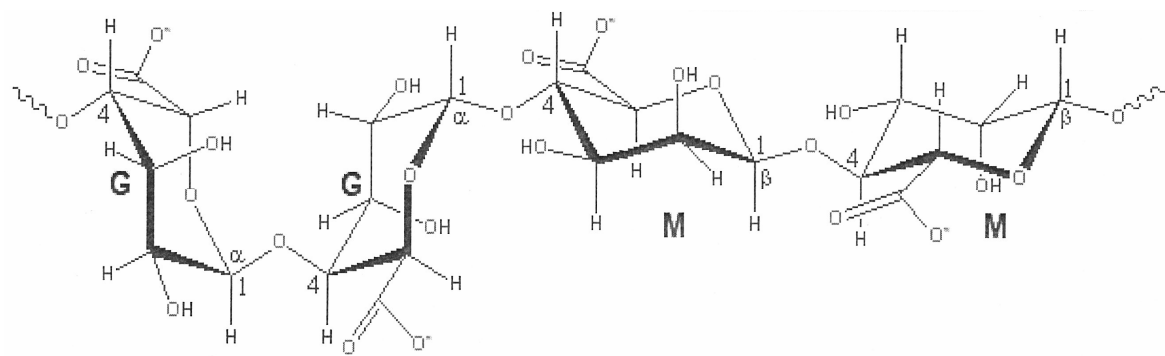
V Indii se při výrobě alginátů čerstvé řasy promývají 2 hodiny ve vodě při teplotě 52 °C. Při této teplotě se vymyjí soli rozpustné ve vodě a hnědé barvivo. Poté se ponoří do slabé kyseliny sírové, kde se odstraní soli rozpustné v kyselině a naruší buněčné stěny. Materiál je promyt až na neutrální pH, pak je přes noc ponechán při pokojové teplotě v uhlíčitanu sodném, centrifugován, filtrován a odbarvován [10, 12].

Používá se také méně náročná metoda používající HCl, při té však vzniká alginát nižší viskozity. Alginát sodný se suší a sbírá při 70 °C. Pro technické účely může být agar kondenzován v denaturovaném alkoholu. Dříve se alginát získával jako vedlejší produkt při výrobě jódu z mořských řas (rody *Laminaria*, *Macrocystis*, *Nereocystis*) [10,12].

- **Struktura alginátů:**

Algináty jsou nevětvené lineární kopolymery β-D.mannuronové kyseliny (M) a α-L-guluronové kyseliny (G) spojené glykosidovými vazbami (1→4). V řetězci se střídají různě dlouhé úseky obsahující pouze molekuly M s úseky tvořenými výhradně molekulami G a se smíšenými úseky MG. Zastoupení a střídání obou složek je velice variabilní a závisí především na původu alginátu. Mannuronová kyselina se vyskytuje v koncentraci

22 - 90 %, guluronová kyselina 10 - 78 % [10, 12].



Obr. 8: Chemická struktura alginových kyselin [13]

- **Vlastnosti a použití alginátů:**

Algináty alkalických kovů, amonné soli, soli aminů a hořečnaté soli jsou rozpustné, vápenaté soli jsou nerozpustné. Rozpustnost je ovlivňována hodnotou pH, iontovou silou a druhem iontů. V kyselých roztocích se sráží kyselina alginová. Při pomalém okyselování se místo sraženiny tvoří gel. Algináty se používají v koncentraci 0,25 - 0,5 % jako zahušťovač, stabilizátory a emulgátory pro zlepšení konzistence, např. pečiva, omáček, dresinků, zmrzlin, ovocných džusů a mnoha dalších potravin [10, 12].

2.1.1.4 *Furcellaran*

Furcellaran se získává převážně z červených řas rodu *Furcellaria*. Furcellaran se také označuje jako dánský agar a to proto, že se jeho zdroj vyskytuje hlavně při pobřeží Dánska. Furcellaran je sulfátovaný polysacharid tvořený jednotkami D-galaktosy, 3,6-anhydro-D-galaktosy a jejich sulfáty. Je rozpustný v teplé vodě, kde tvoří jemné, pružné a termoreverzibilní gely. Pevnost gelu pozitivně ovlivňuje přítomnost cukru. Furcellaran tvoří velmi pevné gely v přítomnosti draselných iontů a NH_4^+ iontů. Používá se při výrobě pudinků a mléčných výrobků [12].

2.1.1.5 Fukoidany

Fukoidany se nachází v buněčné stěně zejména hnědých řas. Mají spoustu významných biologických aktivit. Fukoidany mohou působit proti srážení krve, bujení rakoviny, ovlivňují hladinu krevního cukru a cholesterolu, působí jako protivirový a protizánětlivý prostředek [30, 31].

Fukoidany na sebe váží tuky a cukry, čímž snižují jejich vstřebávání v trávicím ústrojí. Tyto vlastnosti fukoidanů umožnily prozkoumat řadu léčebných aplikací, některé z nich jsou nyní předmětem patentů vztahujících se k zabránění srážlivosti krve [30, 31].

2.1.1.6 Xylany a Ulvany

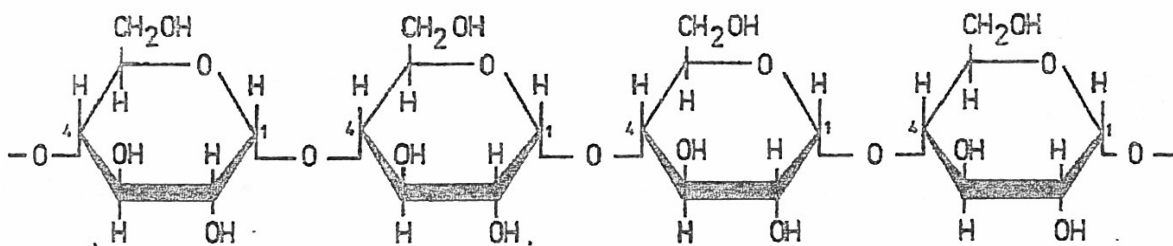
Xylany a ulvany se řadí mezi strukturní polysacharidy. Xylany jsou většinou součástí buněčné stěny červených řas, ale mohou se nacházet i v řasách zelených, stejně tak jako ulvany. Xylan je v řasách nejčastěji obsažen ve formě β -(1,3)- xylan [30, 31, 32].

2.1.1.7 Škrob

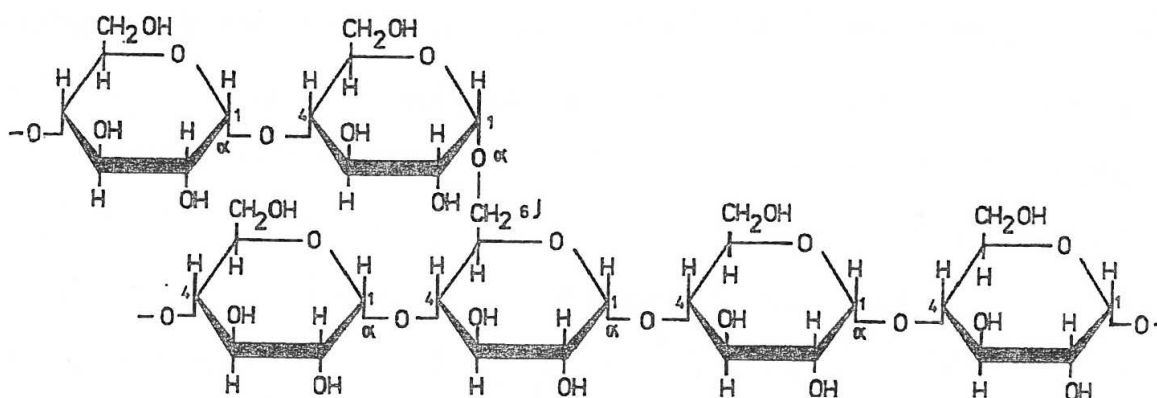
Škrob je zásobní nebo-li rezervní polysacharid rostlin. Ukládá se v semenech, kořenech, hlízách, listech a organelách cytoplasmy nazývaných plastidy. Je to hygroskopický bílý prášek, který se v horké vodě rozpouští na koloidní lepkavý roztok škrobového mazu [25].

Škrob se skládá ze dvou základních jednotek a to amylosy a amylopektinu. α - amylosa je tvořena glukosovými zbytky, které jsou spojené glykosidovou vazbou α (1→4). Amylosa se štěpí enzymem α - amylasou. Je rozpustná ve vodě a roztokem jodu se barví modře [25].

Amylopektin je ve vodě nerozpustný a v teplé pouze bobtná. Jodem se barví fialově. Skládá se z přímých řetězců glukosových jednotek, které jsou spojeny vazbami α (1→4) a bočního větvení kde jsou glukosové jednotky spojeny vazbou α (1→6). Škrob se používá pro výrobu pudinků, želírujících látek, jako plnidlo a zahušťovadlo [25].



Obr 9: Chemická struktura amylosy [25]



Obr. 10: Chemická struktura amylopektinu [25]

2.1.1.8 Florideový škrob

Florideový škrob (α -1,4-glukan) je zásobním polysacharidem červených řas. Je podobný amylopektinové frakci škrobu zelených řas a cévnatých rostlin. Tento polysacharid vzniká v cytoplasmě a ukládá se v podobě zrn [11]. Od škrobu obsaženého v zelených řasách se liší nepřítomností amylosy a také uložením zrn v cytoplasmě, které se spíše podobá uložení glykogenu v bakteriích a živočišných buňkách [26].

Polysacharidy buněčných stěn mořských a sladkovodních řas nejsou trávicím ústrojím člověka stráveny a mohou být proto považovány za vlákninu potravy.

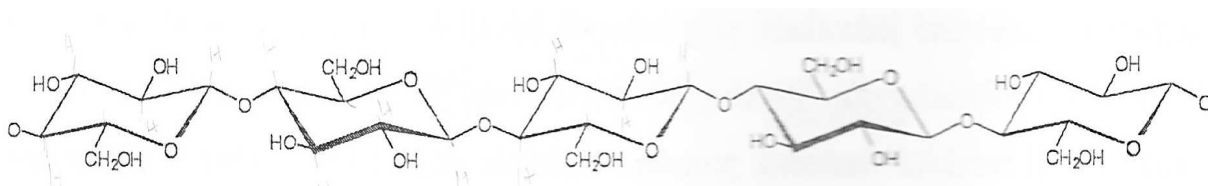
2.2 Polysacharidy ve sladkovodních řasách

2.2.1 Polysacharidy zelených řas

2.2.1.1 *Chlorella*

Chlorella, jako zástupce sladkovodních zelených řas, obsahuje škrob, hemicelulósy a celulosu, přičemž zastoupení i množství jednotlivých polysacharidů se mezi jednotlivými druhy tohoto rodu velmi liší [7].

Celulosa je základním strukturním polysacharidem buněčných stěn rostlin. Obsahuje přes polovinu veškerého uhlíku v biosféře. Stavební jednotkou celulosy je celobiosa, která vzniká částečnou hydrolýzou celulosy. Skládá se až z 15 000 D-glukosových zbytků spojených glykosidovou vazbou β (1 \rightarrow 4). Celulosa, která je obsažena v buněčné stěně řasy *Chlorella* snižuje její stravitelnost a proto musí dojít k rozpadu buněčných stěn, tzv. dezintegrací [25].



Obr 11: Chemická struktura celulosy [25]

Hemicelulosa je strukturní necelulosový polysacharid buněčných stěn rostlin, které v přírodě doprovázejí celulosu [25]. Tento polysacharid je složený z pentósových a hexósových jednotek. Lehce podléhá hydrolýze již slabými kyselinami [33].

Chlorella emersonii obsahuje ve své buněčné stěně polysacharidy, díky kterým přežije vyšší teploty při počátečním tepelném ošetření, než některé bakterie např. *Pseudomonas oleovorans* a *Flavobacterium aquatile*. Bylo zjištěno, že k degradaci buněk *Chlorella* dochází až po 4 měsících vlivem extracelulárních enzymů [34]

2.2.2 Polysacharidy modrozelených řas

2.2.2.1 *Spirulina*

Spirulina obsahuje mukopolysacharidy. Mukopolysacharidy (glykosaminoglykany) se řadí mezi heteropolysacharidy. Většinou se jedná o nevětvené polysacharidy obsahující deriváty uronových kyselin a hexosaminové zbytky. Díky vlastnosti mukopolysacharidů poutat na sebe velké množství vody a tím zaujímat značný prostor, působí tyto polysacharidy jako výplně nebo maziva [25].

Specifickým polysacharidem, který byl nedávno izolován z horkého 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-methylrhamnosy, 3-O-methylxylosy, uronových kyselin, sulfátových a vápenatých iontů a ze dvou stále se opakujících disacharidů, O-rhamnosyl-asofriosy a O-hexuronosyl-rhamnosy. Byla zkoumána jeho biologická aktivita a bylo zjištěno, že spirulan vápenatý pomáhá předcházet vzniku arterosklerózy a také podporuje její léčení. Ca-SP může být také využit k výrobě antiaterogenních léků, které se využívají proti kardiovaskulárním nemocem [35].

ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci jsem se zaměřila na využití polysacharidů izolovaných z mořských a sladkovodních řas. Obecně jsem charakterizovala červené, hnědé, zelené a modrozelené řasy. Více pozornosti bylo věnováno polysacharidům mořských řas agarům, karagenanům a alginátům.

Řasy jsou důležitou součástí přírodního prostředí. Z důvodu obsahu chlorofylu jsou významnými producenty kyslíku. Vzhledem k tomu, že obsahují ve svých buňkách významné látky, které zahrnují bílkoviny, aminokyseliny, vitaminy, minerální látky a polysacharidy, mohou být důležitou součástí lidské potravy. Polysacharidy mohou plnit funkci zásobní nebo strukturní a mají rozmanité využití nejen v potravinářském průmyslu, ale i v kosmetickém a farmaceutickém průmyslu. Polysacharidy, které plní funkci zásobní, jsou laminaran, florideový škrob a škrob. Florideový škrob, který je obsažen v červených řasách, se od škrobu zelených řas liší nedostatkem amylosy a také uložením zrn v cytoplazmě.

Strukturní funkce mají polysacharidy algináty, agar, karagenan, xylan, ulvan, fukoidan a furcellaran. Agar se získává z červených řas, nejčastěji z čeledi *Gelidaceae*, *Gracilariaceae* a *Pterocladaceae*. Agar se používá v potravinářství jako emulgátor, stabilizátor a želírující agens. Využívá se také na výrobu potravinových rosolů, do omáček a krémů. Pro člověka není samotný agar stravitelný, proto se využívá jako přídavek do pokrmů, kdy zvýší objem jídla, ale ne jeho kalorickou hodnotu. V Japonsku je agar používán také jako samostatná potravina pro výrobu různých ochucených gelů nebo jedlých obalů.

Karagenany se získávají stejně jako agary z červených řas, nejvíce z rodů *Euchema*, *Gelidium* a *Gigartina*. Karagenany tvoří komplexy s mléčnými bílkovinami. Používají se jako zahušřovadla, gelotvorné látky, stabilizátory, emulgátory při výrobě dezertů, mléčných nápojů, zmrzlin a při výrobě masových konzerv. Mohou se využívat také v kosmetice, pro stabilizaci průmyslových suspenzí a při výrobě barev.

Z hnědých řas se získávají algináty, nejvíce z rodů *Macrocystis* a *Laminaria*. Používají se v koncentraci 0,25 - 0,5 % jako zahušřovadla, stabilizátory a emulgátory pro zlepšení konzistence, např. pečiva, omáček, dresinků, atd.

Furcellaran se používá při výrobě pudinků a mléčných výrobků. Fukoidany mají schopnost na sebe vázat tuky a cukry a tím snižovat jejich vstřebávání v trávicím ústrojí. Tyto vlast-

nosti fukoidanů umožnily prozkoumat řadu léčebných aplikací. Fukoidany mají též antioxidační vlastnosti.

Dalším zásobním polysacharidem řas je škrob, který se skládá z amylosy a amylopektinu. Používá se pro výrobu pudinků, želírujících látek, jako plnidlo a zahušťovadlo. Též se používá i při škrobení prádla.

Sladkovodní řasa *Chlorella* obsahuje jako strukturní polysacharid celulosu a ta snižuje stravitelnost této řasy, proto musí dojít k rozpadu buněčných stěn a to pomocí dezintegrace. *Chlorella* obsahuje ve své buněčné stěně polysacharidy, zejména celulosu, která zabraňuje využití biologicky významných látek a snižuje její stravitelnost. A proto je nutné provádět dezintegrace buněčných stěn.

Spirulina, též sladkovodní řasa, obsahuje nevětvené polysacharidy obsahující deriváty uro-nových kyselin a hexosaminové zbytky, tzv. mukopolysacharidy. Moderní výzkumy zjistily, že sulfátový polysacharid spirulan vápenatý, který byl izolován z této řasy má antiaterogenní účinky a pomáhá předejít vzniku arterosklerózy a také podporuje její léčení.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KALINA T., VÁŇA J. *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*, 1.vyd. Universita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum, 2005, ISBN 80-246-1036-1.
- [2] JANKOVSKÝ L. *Viry, prokaryota, řasy, houby a lišejníky*, 1. vyd. Masarykova univerzita v Brně, 1997, ISBN: 80-210-1555-1.
- [3] ŠPAČEK J. *Hlenky, houby, řasy*, 1.vyd. Brno: Masarykova univerzita, 1999, 134 s., ISBN 80-210-2157-8.
- [4] VALÍČEK P. A KOL. *Užitkové rostliny tropů a subtropů*, 1. vyd. Academia Praha, 2002, 496 s. ISBN 80-200-0000-3.
- [5] ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ J. *Encyklopedie hydrologie, výkladový slovník*, Praha, Vydavatelství VŠCHT Praha, 2007
- [6] POULÍČKOVÁ, A., JURČÁK, J. *Malý obrazový atlas našich sinic a řas*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc 2001. ISBN: 80-244-0242-4.
- [7] MIŠURCOVÁ, L. *Nové nutriční aspekty a využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka*. Disertační práce, UTB, FT.2008.
- [8] McHUGH, Dennis J. *A guide to the seaweed industry : FAO Fisheries Technical Papers – T441*. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2003. 105 s. ISBN 92-5-104958-0.
- [9] *Www. biotox.cz* [online]. 2001-2010 , 30. 7. 2001 [cit. 2010-03-20]. Dostupný z [www: <http://www.biotox.cz/naturstoff/biologie/default.html>](http://www.biotox.cz/naturstoff/biologie/default.html).
- [10] SKÁCELOVÁ, O. *Sinice a řasy v potravě člověka*. Moravské zemské muzeum, hydrobiologická laboratoř, Brno, 2010.
- [11] KALINA, T.. *Systém a vývoj sinic a řas*. Univerzita Karlova, Praha 1997. ISBN: 80-7066-854-7.
- [12]. VELÍŠEK J. *Chemie potravin I*, Osis, Tábor 1999, ISBN 80-902391-3-7.
- [13] http://botany.natur.cuni.cz/algo/soubory/biochemie/02_seaweed_industry.pdf. [cit. 2010- 05-18]. Dostupné z [www: <www.botany.natur.cuni.cz>](http://www.botany.natur.cuni.cz)

- [14] PRUGAR, J. a kol.. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3.tisíciletí*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha, 2008. s. 300. ISBN: 78-80-86576-28-2.
- [15] *Spirulina- potrava pro další biliony let- potrava budoucnosti* [online]. [cit. 2009/11/15]. Dostupný z: <http://www.finclub.cz/web/index.php?src=ref&id=195>
- [16]. *Chlorella*. [online]. [cit. 2009-12-12]. Dostupné z www: <http://web.quick.cz/otahalova.r/>
- [17]. *Did You Know*. [online]. [cit. 2009-12-15]. Dostupné z www: <http://chlorellaeurope.com/>
- [18]. JENSEN B. *Chlorella: Gem of the Orient*: Escondido, California, Jensen Publications, 1987.
- [19] *Chlorella*. [online]. [cit. 2009-12-10]. Dostupné na www:<http://www.microscopy.uk>
- [20]. *What is Spirulina*. [online]. [cit. 2009-12-16]. Dostupné z www: <http://www.naturalways.com/spirul1.htm>
- [21]. *US Food and Drug Admin*, FDA Talk Paper, No. 41,160, June 23, 1981
- [22] KAŠTOVSKÝ, J., HAUER, T., LUKARSKÝ, J., Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta. Dostupné z www: <www.sinice a rasy.cz>
- [23] JELÍNEK, Jan. *Biologie prokaryot, nižších a vyšších rostlin, hub*. Nakladatelství Olomouc, 1997. ISBN: 80-7182-026-1.
- [24] MABEAU, Serge, FLEURENCE, Joël. Seaweed in food products : biochemical and nutritional aspects. *Trends in Food Science & Technology*. 1993, vol. 4, s. 103-107.
- [25] HOZA, I., KRAMÁŘOVÁ, D.. *Potravinářská biochemie I*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, technologická fakulta, Zlín 2008. ISBN: 978-80-7318-295-3.
- [26] MIŠURCOVÁ, L., KRÁČMAR, S.. *Stanovení stravitelnosti produktů ze sladkovodních a mořských řas*. *Potravinářstvo* 1/ 2010. ISSN 1338-0230 (tištěná verze), ISSN 1337-0960 (elektronická verze).

- [27] MAMATHA, B.S. , et al. Studies on use of Enteromorpha in snack food. *Food Chemistry*. 2007, vol. 101, is. 4, s. 1707-1713. Dostupný z www: <www.sciencedirect.com>.
- [28] DAMONTE, E.B., MATULEWICZ, M. C., CEREZO, S. A..*Sulfated seaweed polysaccharides as antiviral agents*. *Current medicinal chemistry*, 2004, 11, 2399-2419.
- [29] HENRIKSON, Robert. *Earth Food Spirulina : How This Remarkable Blue-Green Algae Can Transform Your Health and Our Planet*. Hana : Ronore Enterprises Inc., 2000. 188 s. Dostupný z www: <www.spirulinasource.com>. ISBN 0-9623111-0.
- [30] <http://vitaminy.doktorka.cz/ocean-lecive-ucinky-hlubin/>[cit. 2010-04-15] Dostupné na www: <www.vitaminy.doktorka.cz>
- [31] LAHAYE M., *Marine algae as sources of fibers: Determination of soluble and insoluble dietary fiber contents in some, sea vegetables*. *Journal of Science and Food Agriculture*, 1991, 54, 587–594 s.
- [32] <http://www.seaplanet.eu/index.php/cs/ocean-a-moe/flora/68-moske-asy-a-jejich-vyuivani-pi-leb-a-gastronomii>, [cit. 2010-05-18]. Dostupné z www: www.seaplanet.eu
- [33] MIŠURCOVÁ, L..*Základy biologie*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. ISBN: 80- 7318- 434- 6.
- [34] AFI, L., METZGER, P., LARGEAU, G., CONNAN, J., et al. *Bacterial degradation of green microalgae: incubation of Chlorella emersoni and Chlorella vulgaris with Pseudomonas oleovorans and Flavobacterium aquatile*. Elsevier science, 1996. PII: SO146- 6380 (96) 00113- 1
- [35] KAJI, T., et al. *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*. 2001. 70 (2002) 1841–1848

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Ca-SP	Spirulan vápenatý
CHL	<i>Chlorophyta</i>
UL	<i>Ulvophyceae</i>
CY	<i>Cyanophyta</i>
PRO	<i>Prochlorophyta</i>
RH	<i>Rhodophyta</i>
DI	<i>Dinophyta</i>
CR	<i>Cryptophyta</i>
CHR	<i>Chromophyta</i>
Ph	<i>Phaeophyceae</i>
EU	<i>Euglenophyta</i>
CHA	<i>Chloromonadophyceae</i>
CO ₂	Oxid uhličitý

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: <i>Gigartina skottsbergii</i> [13]	13
Obr. 2: <i>Caulerpa lentillifera</i> [13]	14
Obr. 3: <i>Macrocystis pyrifera</i> [13]	15
Obr. 4: <i>Chlorella</i> [19]	17
Obr. 5: <i>Spirulina</i> [24]	18
Obr. 6: Agarosa [13]	22
Obr. 7: Chemická struktura karagenanu [13]	24
Obr. 8: Chemická struktura alginových kyselin [13]	26
Obr. 9: Chemická struktura amylosy [25]	28
Obr. 10: Chemická struktura amylopektinu [25]	28
Obr. 11: Chemická struktura celulosy [25]	29

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Zásobní látky a složení buněčných stěn u sinic a řas [30]	20
Tab. 2: Hlavní polysacharidy řas [24]	21