

Kvalita a bezpečnost akvapotravin - mikrořasy



První kultivace jednoho druhu mikrořas se podařila až na konci 19. století u Chlorelly.

Experimenty s využitím mikroskopických řas ve výživě přišly na konci první světové války, kdy se v Německu s nadějí vzhlíželo k jakémukoliv zdroji potravin.

Ve druhé polovině 20. století nastal první velký boom v pěstování mikrořas. Prim v tomto ohledu hrálo Japonsko, ale i ostatní státy s vhodným klimatem a odborným zázemím. Mikrořasa *Spirulina* v Mexiku, USA, Thajsku, Jihoafrické republice a Číně) a dalších cenných produktů (např. kultivace *Haematococcus* pro astaxanthin na Havaji nebo mikrořasy *Dunaliella* pro β -karoten v Austrálii).

Od osmdesátých let v rozvinuté části naší planety prudce roste zájem o výživové preparáty, doplňky stravy, přírodní produkty a potraviny nového typu.

Spolu s tím se pak rozšiřuje i spektrum nabízených produktů, ať již v přírodní formě, nebo jako specifické látky přírodního původu.

Kvalita a bezpečnost akvapotravin - mikrořasy



Mikrořasy rostou ve vodním prostředí, které se dá dobře kontrolovat a upravovat. Husté produkční kultury mikrořas (obvykle $> 0,5$ g biomasy na litr) jsou řízeně připravené, dobře míchané suspenze buněk, pěstované za vhodných růstových podmínek s dostatečnou výživou a výměnou plynů.

Představují proto, z hlediska biotechnologie, ideální, vysoce produkční solárně-biologickou „továrnu“. Přestože, se v masových algakulturách pěstuje řada druhů pro nejrůznější účely, většina světové produkce biomasy mikrořas (více než 35 000 tun) pochází jen z několika rodů (*Arthrospira*, *Chlorella*, *Dunaliella*, *Nannochloropsis* a *Haematococcus*). Označení „**mikrořasy**“ se obvykle používá v biotechnologiích v nejširším smyslu slova pro prokaryotní sinice i eukaryotní řasy – jednobuněčné i vláknité kmeny, jejichž velikost je v řádu mikrometrů. V tom se liší od makrořas (česky se obvykle nazývají chaluhy) rostoucích především v mořích, jejichž stélky dosahují délky až několika metrů.

Kvalita a bezpečnost akvapotravin - mikrořasy



Přírodní populace mikrořas byly v různých civilizacích odedávna využívány jako potravní doplněk i léčebný prostředek. Po staletí byly sklízeny vodní květy sinice *Spirulina* (*Arthrospira*) v prostředí alkalických jezer a používány jako potravní doplněk (*tecuitlatl*) prodávána na aztéckých trzích v Mexiku.



„Koláčky“ sušené biomasy jsou
dodnes známé od afrických jezer v
Čadu pod jménem *dihé*.



Kvalita a bezpečnost akvapotravin - mikrořasy



Tisíce tun přirozeně rostoucí populace *Spiruliny* jsou sklízены z alkalických jezer v Barmě, stejně jako populace *Aphanizomenon flos-aquae* z jezera Klamath v Oregonu a jsou využívány ke komerční produkci biomasy.

Po mnoho staletí je v některých asijských zemích konzumována vláknitá sinice rodu *Nostoc* jako dietní doplněk. Biomasa obsahuje nejen bílkoviny a jiné výživné látky, ale i řadu sloučenin, které mají antibakteriální, antivirové a protinádorové aktivity.





Kultivační postupy

Při fototrofní kultivaci mikrořas je možné využít přirozené, sluneční nebo umělé světlo. Sluneční energie je sice zdarma, ale závisí na denním cyklu, povětrnostních podmínkách, ročním období a volbě lokality. Obecně jsou všechny systémy používané pro kultivaci mikrořas založeny na dostatečné cirkulaci (míchání) kultur, aby nedocházelo k jejich usazování. Buňky jsou tak dostatečně vystaveny světlu a nestíní si navzájem.

Intenzivním mícháním je zajištěn také dostatečný přísun živin (především dusíku a fosforu, stejně jako dalších prvků), regulace teploty (obvykle 25–35 °C) a výměna plynů (dodávka CO₂ jako zdroje uhlíku a odvětrání O₂ vzniklého fotosyntézou).

Při pěstování hustých produkčních kultur je klíčovou podmínkou dodatečný přísun CO₂, protože jeho přirozená koncentrace ve vzduchu je o řád nižší, než je třeba.

Schéma pěstování mikrořas a zpracování biomasy

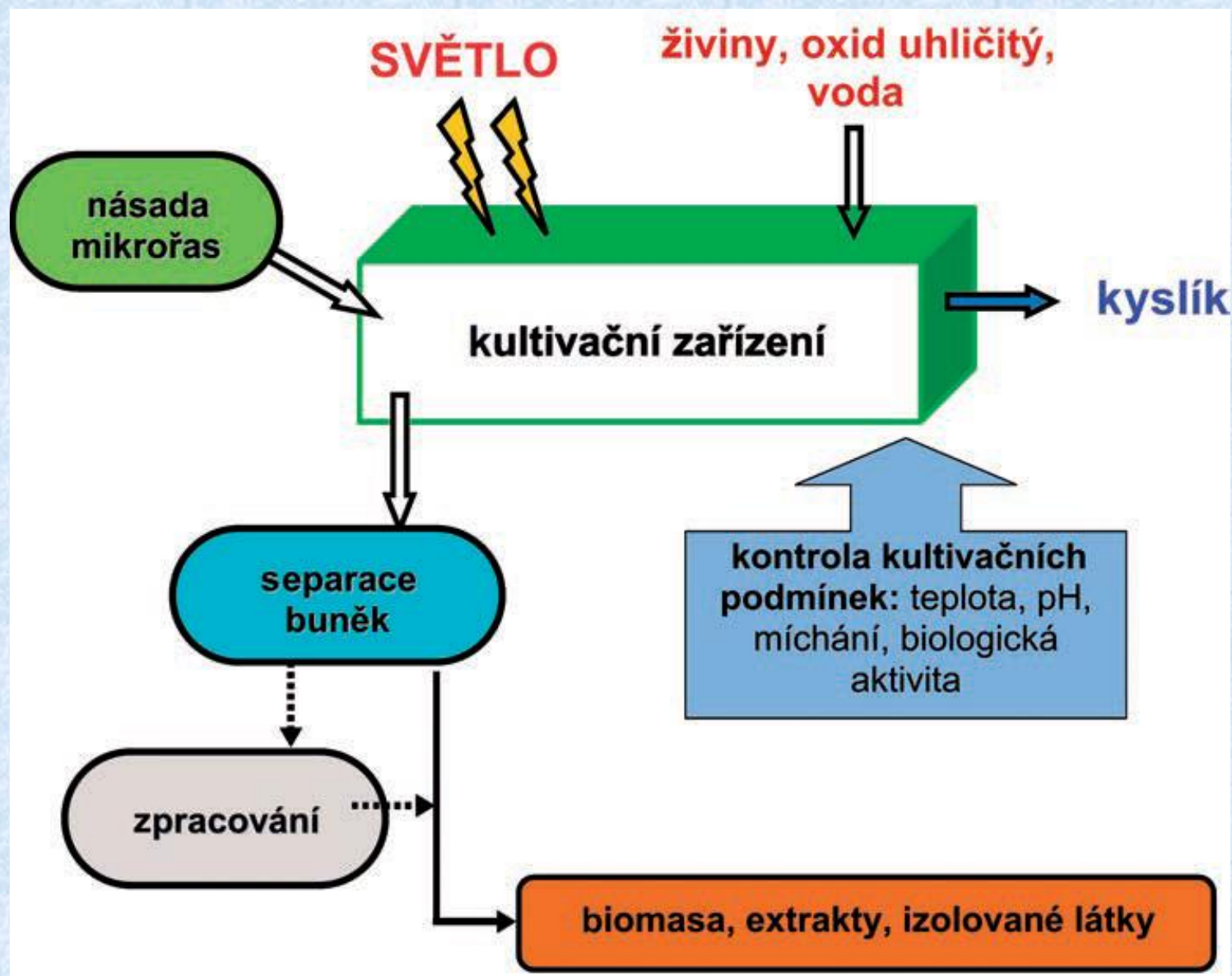


Schéma pěstování mikrořas a zpracování biomasy



Laboratorní
kultivace
mikrořas v
různých
objemech od
0,5 do 2 litrů
Kultivační
nádoby jsou
osvětleny,
temperovány a
míchány
bubláním směsí
vzduchu s 1–2
% CO₂.



Schéma pěstování mikrořas a zpracování biomasy



Postup
rozpěstování
startovní kultury
(inokula) mikrořas
od monokultury
buněk udržovaných
ve sbírce na agaru
přes laboratorní
válcové a panelové
fotobioreaktory až
k venkovní
kultivaci na
kaskádě
s plochou 90 m² o
objemu 600–1000
litrů.

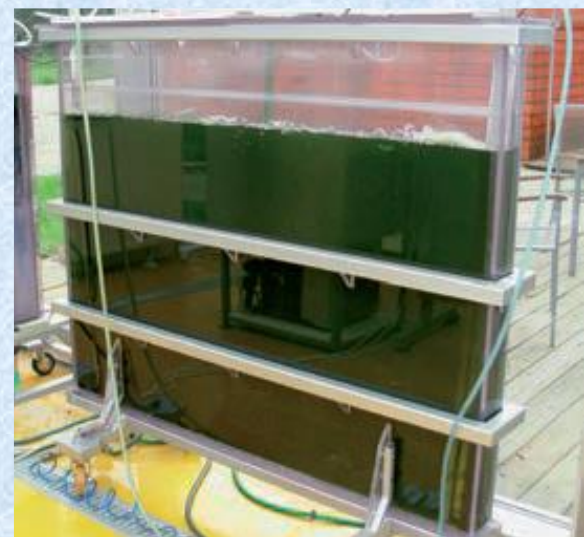
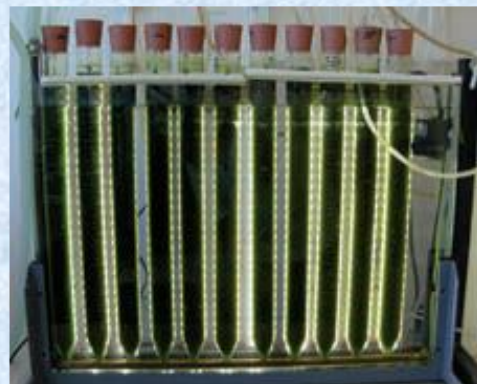


Schéma pěstování mikrořas a zpracování biomasy



Otevřené kultivační systémy

což jsou přírodní či umělé nádrže, oběžné náhony nebo kaskády nakloněných ploch – mají kultury mikrořas přímý kontakt s okolním prostředím.

Míchání je zajištěno oběžnými čerpadly, rotujícími rameny, lopatkovými koly nebo bubláním vzduchem.

Velká hloubka suspenze (10–30 cm) způsobuje nízkou průměrnou ozářenost buněk a nedostatečné míchání.

Kultury v otevřených systémech jsou většinou pěstovány při nízké koncentraci biomasy v rozmezí 0,5–1 g biomasy na litr a produktivita biomasy je zpravidla nízká ($\sim 1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{den}^{-1}$) vzhledem k omezenému míchání a nedostatku světla v hlubších vrstvách suspenze.

Výhodou jsou nízké náklady na produkci biomasy, téměř se nepřehřívají, umožňují snadný odvod vznikajícího kyslíku a jejich obsluha je relativně jednoduchá. Otevřené systémy jsou vhodné pro rychle rostoucí kmeny nebo při kultivacích za specifických podmínek.

Schéma pěstování mikrořas a zpracování biomasy



Mělká zděná nádrž vyložená plastovou fólií (osvětlená plocha 10 m², hloubka 10 cm), která je míchána bubláním směsí vzduchu a CO₂



Kulatá nádrž míchaná rotujícím ramenem s bubláním směsí vzduchu (+CO₂) (osvětlená plocha 1 m², hloubka 10 cm, objem 100 l);



Oběžný náhon míchaný lopatkovým kolesem (osvětlená plocha 60 m², hloubka 30 cm, objem 1800 l);

Schéma pěstování mikrořas a zpracování biomasy



Jinou variantou **otevřených kultivačních systémů** jsou tenkovrstvé systémy, kdy dochází k dobrému osvětlení buněk mikrořas suspenze v celém objemu.

Turbulence je zajištěna cirkulací kultury pomocí čerpadla.

Příkladem jsou tzv. kaskády „třeboňského typu“, které se využívají již od r. 1960 pro kultivaci rychle rostoucích kmenů zelených mikrořas.

Kultura mikrořas roste v tenké vrstvě (< 1 cm), poměr ozářeného povrchu k celkovému objemu je obvykle > 100 , a tak je možné dosáhnout vysokých hustot biomasy ($15\text{--}35 \text{ g.l}^{-1}$), což je výhodné z hlediska sklizně i zpracování.

V těchto systémech je možné dosáhnout velkých výnosů biomasy na plochu i objem (až $40 \text{ g [sušiny]. m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) i v mírném klimatickém pásu.



Centrum ALGATECH Třeboň



Uzavřené systémy – fotobioreaktory

Termín fotobioreaktor se používá pro uzavřené nebo polouzavřené míchané kultivační systémy, které jsou osvětlovány buď přirozeným, nebo umělým světlem.

Ve srovnání s otevřenými systémy se ve fotobioreaktorech obvykle dosahuje daleko vyšší hustoty biomasy, protože vhodné podmínky kultivace jsou lépe nastavitelné a kultura mikrořas je dobře míchána.

Ve srovnání s otevřenými systémy mají fotobioreaktory řadu výhod: reprodukovatelné kultivační podmínky, snížené riziko kontaminace, nízké ztráty CO₂ a menší požadavky na prostor.

Naopak uzavřené systémy se obtížně čistí, materiál osvětlené části může stárnout, snižuje se průnik slunečního záření a systém musí být chlazen a zbavován kyslíku, aby nedocházelo k inhibici fotosyntézy.

Ve srovnání s otevřenými systémy jsou náklady na produkci biomasy nevyhnutelně vyšší. Konstrukční cena a náklady na obsluhu a údržbu jsou asi o řád vyšší než u otevřených nádrží.

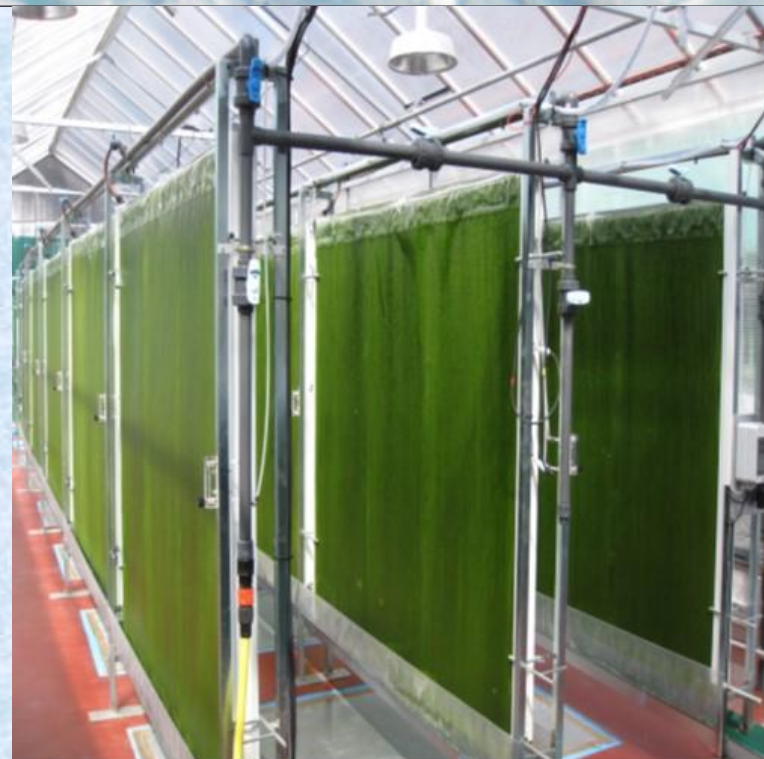
Schéma pěstování mikrořas a zpracování biomasy



Fotobioreaktor tvořený souběžnými řadami vodorovných skleněných trubic umístěných ve skleníku s pomocným umělým osvětlením



Dvouúrovňový trubicový fotobioreaktor tvořený smyčkou plastových trubic



Série alveolárních plochých panelů postavených vertikálně

Schéma pěstování mikrořas a zpracování biomasy



Heterotrofní kultivace mikrořas ve fermentorech

Mikrořasy obvykle rostou fototrofně, nicméně některé kmeny, např. *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Phaeodactylum*, *Haematococcus*, aj., mohou růst i heterotrofně bez osvětlení, v médiu obsahujícím anorganické soli a také organický substrát jako hlavní zdroj energie pro růst.

Významné rozdíly jsou v tom, že kultury ve fermentorech rostou v dobře definovaných podmínkách, bez světla, ale potřebují organické sloučeniny jako zdroj uhlíku a energie (cukry, acetát, aj.), vyžadují intenzivní míchání a dodávku kyslíku pro katabolické procesy.

Je také nezbytné pracovat sterilně s axenickou kulturou, jinak hrozí nebezpečí bakteriální kontaminace.

Heterotrofní kultury mohou růst až o řád rychleji než fototrofní, ale obsah fotosyntetických pigmentů v biomase je nižší.

Fermentory se s úspěchem využívají např. při komerční průmyslové kultivaci mikrořasy *Cryptocodinium cohnii* k produkci kyseliny dokosaheptaenové (DHA; C22:6, n3).

Schéma pěstování mikrořas a zpracování biomasy



Mikrořasy mají ohromnou ekologickou, genotypovou a metabolickou rozmanitost.

Některé sladkovodní i mořské kmeny se dají pěstovat v řízené algakultuře v kultivačních systémech, kde lze podmínkami ovlivnit metabolické procesy, a tedy i růst a složení biomasy.

Do dnešní doby je jen několik kmenů – *Chlorella*, *Arthrospira*, *Dunaliella*, *Cryptocodinium*, *Haematococcus* a *Nannochloropsis*, které mají komerční uplatnění ve velkoobjemových kultivacích v měřítku stovek či tisíců litrů.

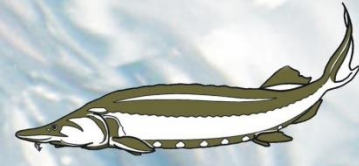
Na druhé straně se některé kmeny pěstují za vyšších nákladů ve fotobioreaktorech, pokud se zaměříme na velmi cenné látky.

Kvalita a bezpečnost akvapotravin



Biotechnologicky nejčastěji využívané produkční kmeny mikrořas

Produkt a využití	Technologie	Kmen mikrořas
zdravá výživa, potravní a krmné doplňky	zavedená	Arthrospira (Spirulina), Chlorella
β-karoten	zavedená	Dunaliella
astaxantin	zavedená	Haematococcus
živá potrava a krmné doplňky pro akvakultury	zavedená	Nannochloropsis, Isochrysis, Chaetoceros, Pavlova, Tetraselmis, Phaeodactylum, Skeletonema, Thalassiosira, aj.
polynenasycené mastné kyseliny (PUFA)	zavedená	Cryptocodinium, Schizochytrium, Phaeodactylum, Nannochloropsis
xantofyly (lutein, violaxantin, zeaxantin)	ve vývoji	Scenedesmus, Chlorella
polysacharidy	ve vývoji	Porphyridium
tuky, oleje, biopaliva	ve vývoji	Botryococcus, Nannochloropsis, Phaeodactylum, Thalassiosira, mutanty Chlamydomonas
biofarmaka	ve vývoji	Nostoc, Cylandrospermum, Anabaena, aj.



Arthrospira (Spirulina)

Planktonní sinice (vlákna o délce 50–500 μm a průměru 3–4 μm) pochází z alkalických subtropických jezer v Mexiku, Čadu nebo Barmě.

Při kultivaci vyžaduje teplotu kolem 35 °C a pH mezi 9–10 s obsahem hydrogenuhličitanu. Nejčastěji se pěstuje v oběžných náhonech nebo míchaných nádržích.

Roční celosvětová produkce cca 12–15 tisíc tun sušené biomasy.

Výhodou je snadná stravitelnost, protože buňky nemají celulózovou stěnu. Složení biomasy je velice bohaté na bílkoviny (55–70 %), které obsahují esenciální aminokyseliny. Dále jsou v biomase obsaženy lipidy (5–6 %) včetně polynenasycených mastných kyselin (α - a γ -linolenová kyselina) a polysacharidy (19 %).

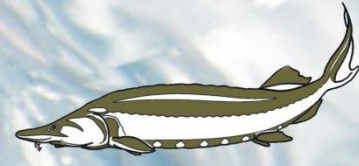
Biomasa se obecně využívá jako zdroj zdravé výživy, doplněk krmiv pro domácí zvířata a ryby nebo ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu.



Cyanotech Corp. (Hawaii, USA)



Schéma pěstování mikrořas a zpracování biomasy



Chlorella

Zelené mikrořasy rodu *Chlorella* (Chlorophyta) tvoří malé kulovité buňky (2–10 μm). Jsou to velmi rychle rostoucí mikrořasy, které zahrnují kmeny s vysokou teplotní tolerancí mezi 15 a 40 °C.

Velká rychlost růstu potlačuje kontaminaci jinými mikrořasami.

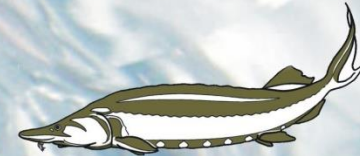
Chlorella roste dobře fototrofně v anorganickém médiu, stejně jako heterotrofně (ve fermentoru např. s přidavkem glukózy).

Celková roční produkce je asi 5 tisíc tun. Biomasa se využívá jako zdravá výživa a doplněk krmiva pro domácí zvířata a ryby, stejně tak jako ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu.

V biomase je obsažena také nespecifická směs bioaktivních látek, označovaná jako *chlorella růstový faktor* (Chlorella Growth Factor, CGF), která má imunostimulační vlastnosti.

Za nepříznivých fyziologických podmínek (např. nedostatek živin) produkují některé kmeny *Chlorelly* zvýšená množství polysacharidů a lipidů, které mohou být zdroji pro výrobu biopaliv.

Kvalita a bezpečnost akvapotravín



Chlorella sp. je dlouhodobě používána v lidské výživě hlavně v Orientu. V posledních letech se jako doplněk stravy používá v Číně, USA, Japonsku a zemích Evropy.

Udávají se příznivé účinky na trávicí soustavu (žaludeční vředy), hojení ran, zácpu, chudokrevnost, vysoký tlak, cukrovku, neurózy, cholesterol, arteriosklerózu, protinádorový efekt, hladinu cukru v krvi aj.

Chlorella je považována za imunostimulátor, blokátor volných radikálů a faktor snižující obsah lipidů v krvi.

Základní chemické složení biomasy produkčního kmene *Chlorella kessleri* (v % sušiny)

Podíl esenciálních nenasycených MK (olejová, linolová, linolenová) z celkového množství MK se pohybuje v rozmezí 40-60%.

vlhkost	4 - 5
bílkoviny (Nx6,25)	55 - 58
tuky	8 - 12
sacharidy	10 - 15
vláknina	6 - 8
minerální látky	6 - 8
chlorofyl	2,5 - 4
nukleové kyseliny	3 - 4

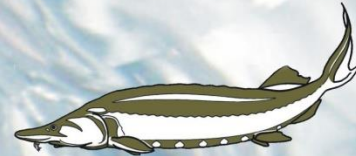


TOP 7 CHLORELLA BENEFITS



- 1 Detoxifies Heavy Metals
- 2 Detoxifies Radiation and Chemotherapy
- 3 Supports Your Immune System
- 4 Promotes Weight Loss
- 5 Makes You Look Younger
- 6 Fights Cancer
- 7 Lowers Your Blood Sugar and Cholesterol



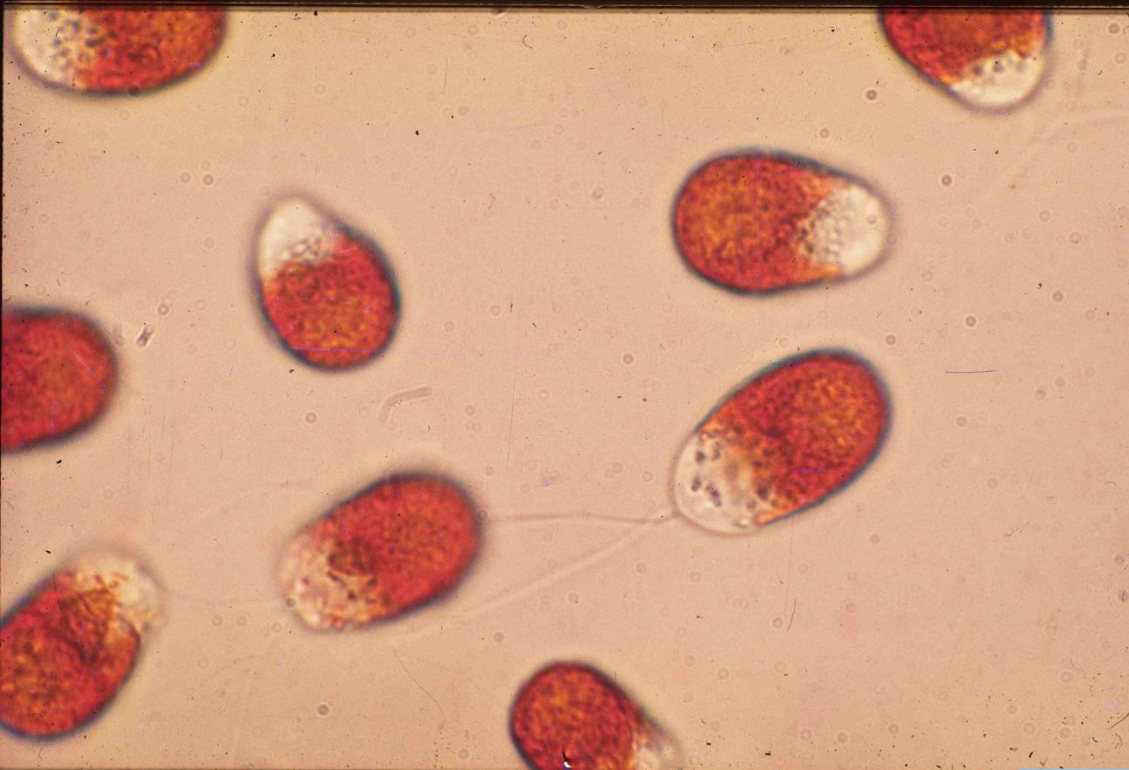


Dunaliella

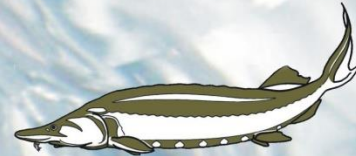
Zelené salinní mikrořasy rodu *Dunaliella* (skupina Chlorophyta) mají bičíkaté buňky o velikosti asi 10 μm s velmi tenkou plazmatickou membránou.

Dunaliella obsahuje β -karoten (oranžový pigment, může tvořit více než 10 % sušiny) a je tak přirozeným zdrojem karotenoidů pro potravní aditiva i krmení pro akvakultury ryb a korýšů. V buňkách obvykle doprovází β -karoten i další karotenoidy (především lutein, neoxantin, zeaxantin, violaxantin), které se akumulují v olejových kapénkách.

Přírodní β -karoten je uváděn na trh v různých formách: extrakty nebo prášková biomasa se využívají jako antioxidant nebo barvivo pro humánní použití a krmiva. Z biotechnologického hlediska je *Dunaliella* velmi výhodným kmenem, protože se pěstuje za vysoké salinity (1–4 M NaCl) ve venkovních, mělkých otevřených lagunách nebo nádržích při vysoké ozáření a teplotě kolem 30 °C (Austrálie, Izrael, USA a Čína).







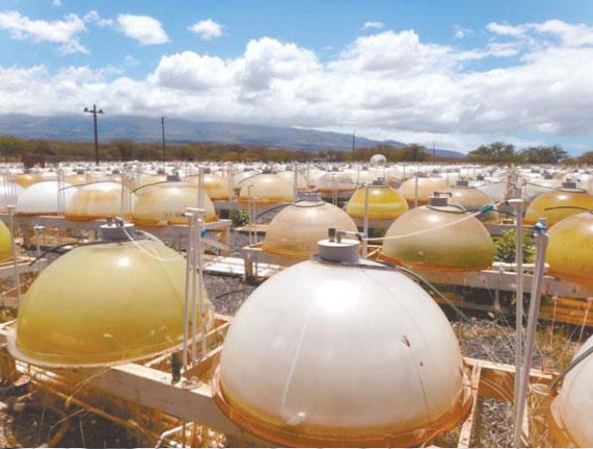
Haematococcus

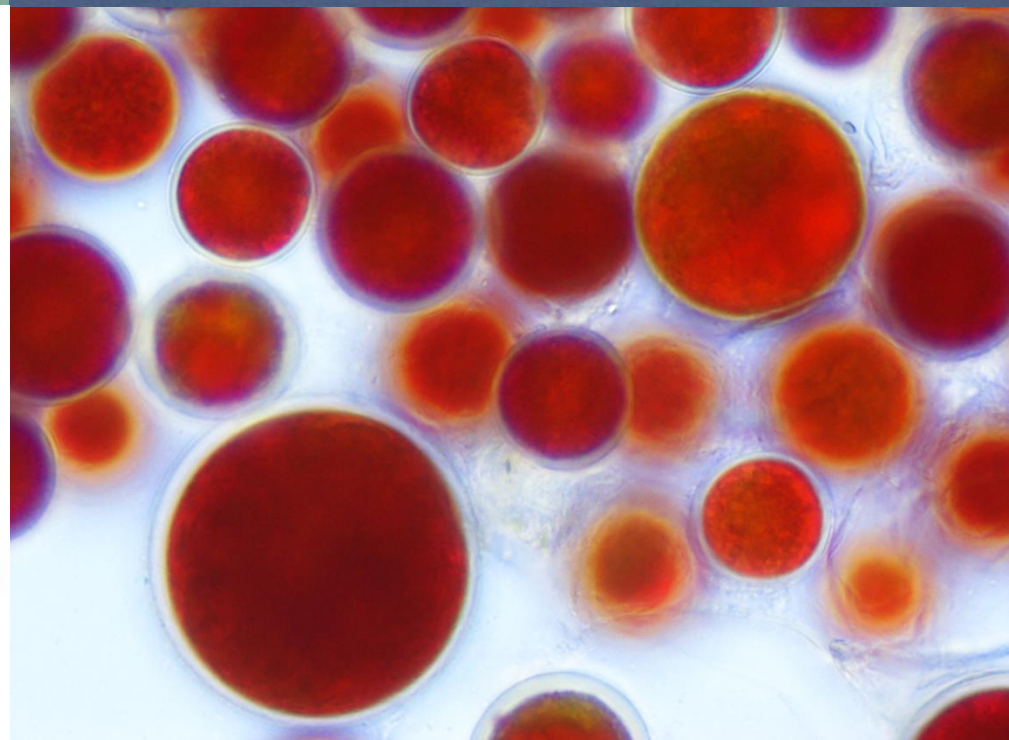
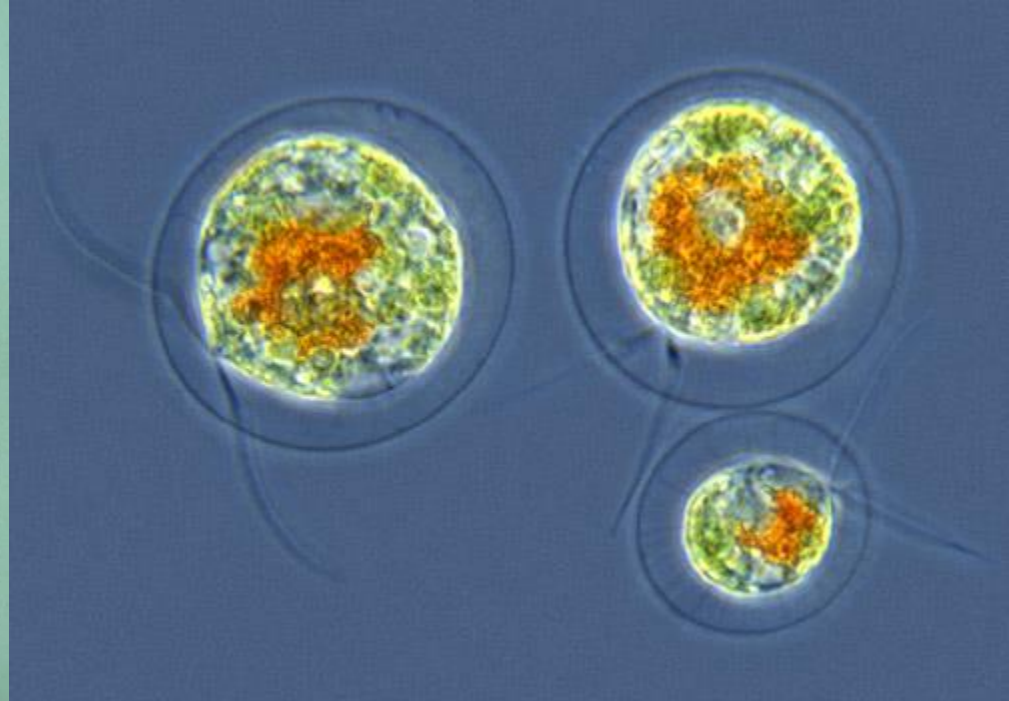
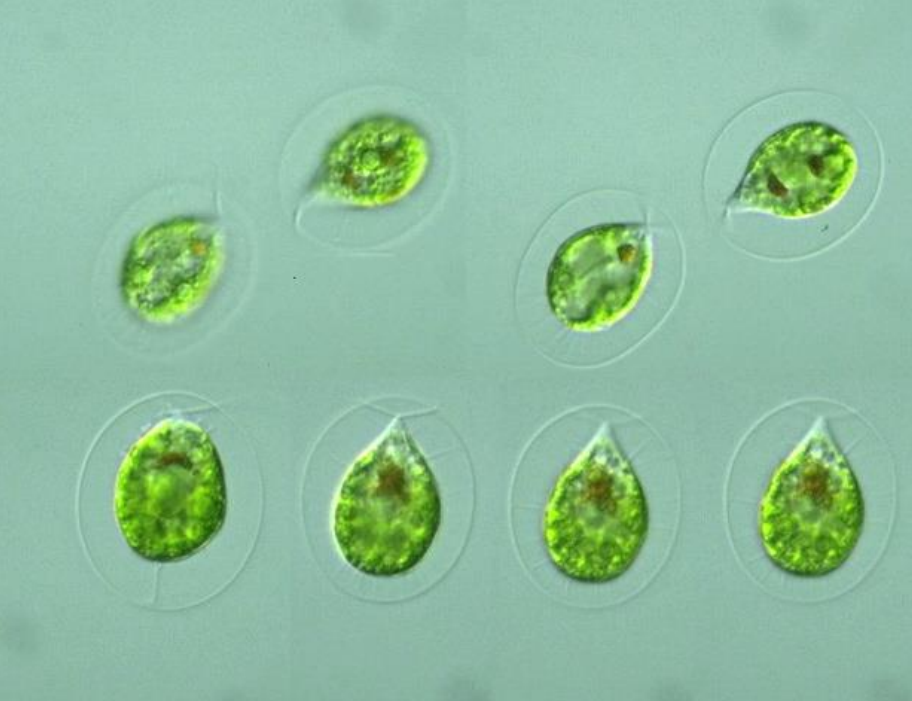
Tato sladkovodní jednobuněčná mikrořasa patří mezi jedinečné přírodní producenty karotenoidu astaxanthinu (cihlově červený pigment).

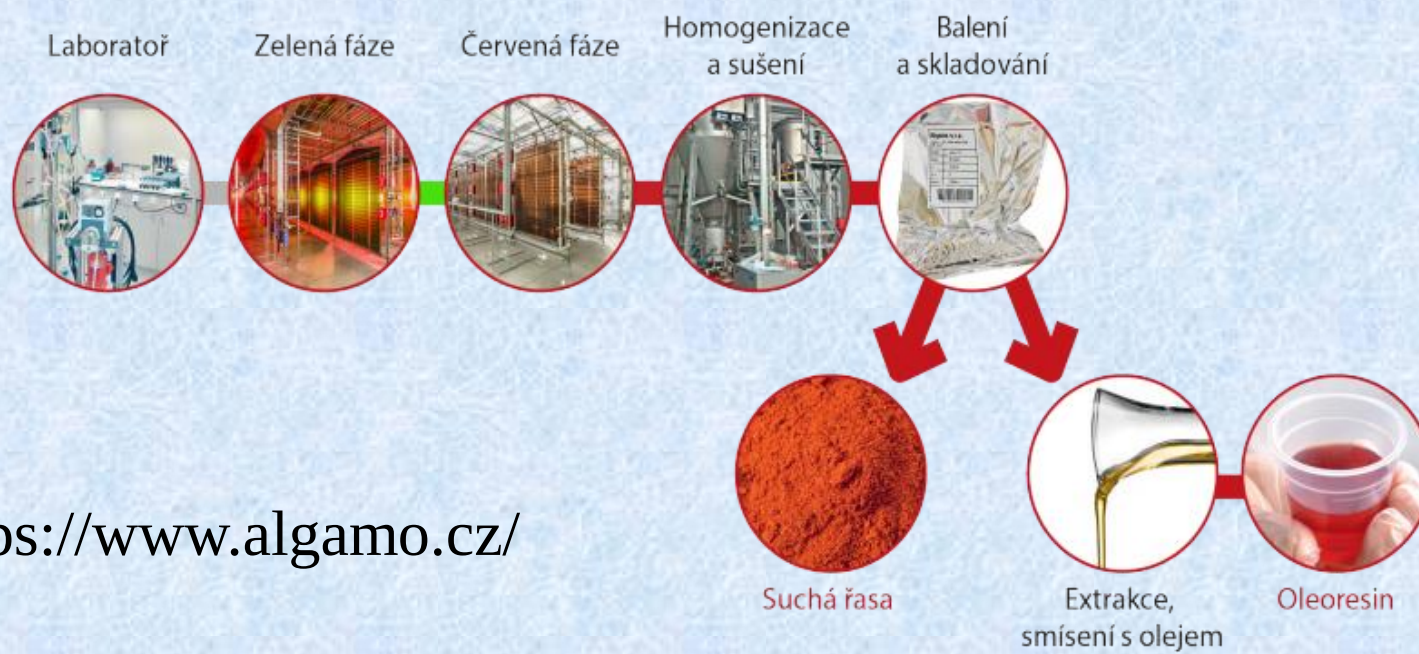
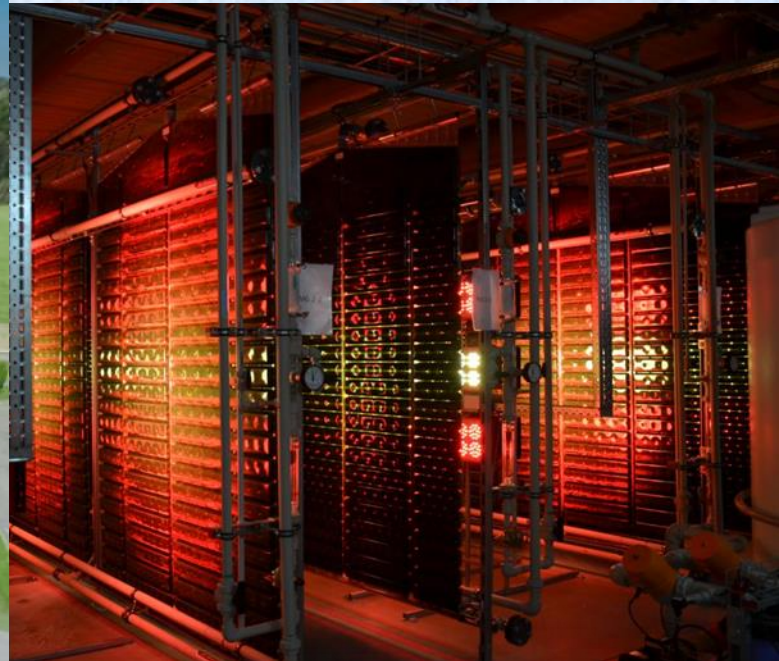
Roste pomalu při 25–28 °C, což způsobuje náchylnost ke kontaminaci jinými mikrořasami. Kultivace proto nejčastěji probíhá dvoustupňově – v uzavřeném systému se při nízké ozáření pěstuje zelená forma, která je následně vystavena stresu (nedostatek živin v kombinaci s vysokou ozářeností), aby se transformovala na červenou formu obsahující astaxanthin (1–4 % biomasy).

Podobně jako β -karoten slouží i astaxanthin v různých formách (biomasa nebo čistý pigment) jako účinný antioxidant (lapač reaktivních kyslíkových radikálů) pro zdravou výživu člověka a jako přírodní barvivo pro krmení v akvakulturách ryb a korýšů.

Produkce biomasy je ve stovkách tun, nicméně se jedná o produkt s vysokou přidanou hodnotou.







<https://www.algamo.cz/>



OPA

OPA 11

4.10. 15
KLEČNO ZA STROJOLA

11

OPA

OPA 12

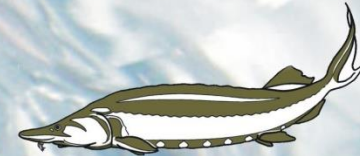


Kvalita a bezpečnost akvapotravin



Složení živin zelené řasy *Haematococcus pluvialis*

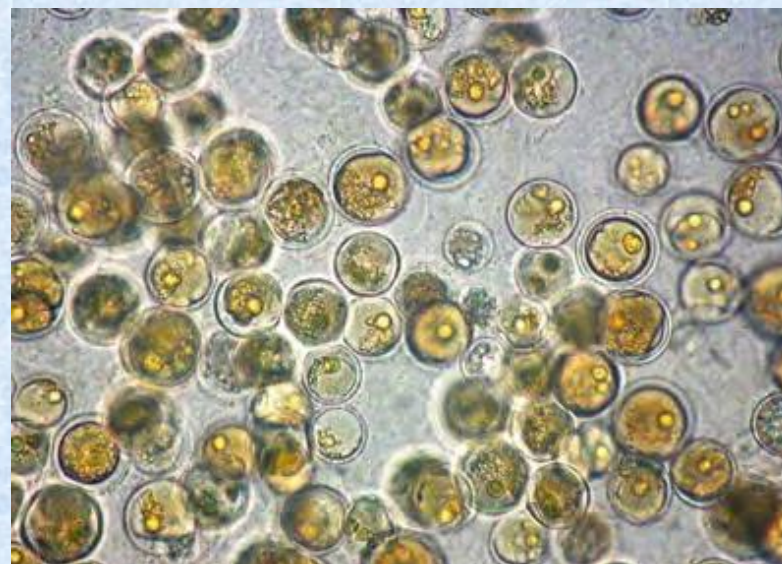
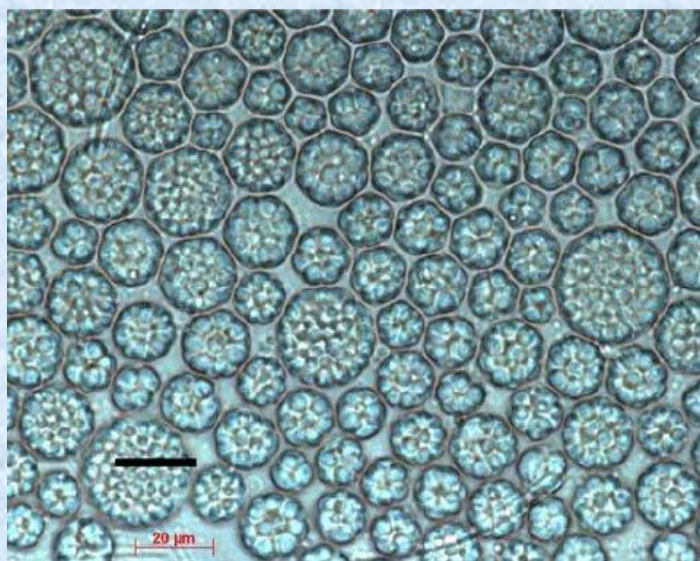
Composition content (% of DW)	Green stage	Red stage
Proteins	29-45	17-25
Lipids (% of total)	20-25	32-37
Neutral lipids	59	51,9-53,5
Phospholipids	23,7	20,6-21,1
Glycolipids	11,5	25,7-26,5
Carbohydrates	15-17	36-40
Carotenoids (% of total)	0,5	2-5
Neoxanthin	8,3	n.d.
Violaxanthin	12,5	n.d.
β -carotene	16,7	1
Lutein	56,3	0,5
Zeaxanthin	6,3	n.d.
Astaxanthin (including esters)	n.d.	81,2
Chlorophylls	1,5	2



Cryptocodinium

Tento kmen patří do skupiny obrněnek (Dinoflagellata), které rostou ve vodách jak sladkých, tak i brakických a mořských.

Cryptocodinium cohnii se pěstuje heterotrofně ve fermentorech. Z hlediska biotechnologického je důležité jako producent PUFA, dokosahexaenové kyseliny (C22:6, ω -3). 50-60% z celkového obsahu FA. Podobně se využívá i rod jednobuněčných řas *Schizochytrium* sp. (využití např. v ManaBurger™).





Nannochloropsis

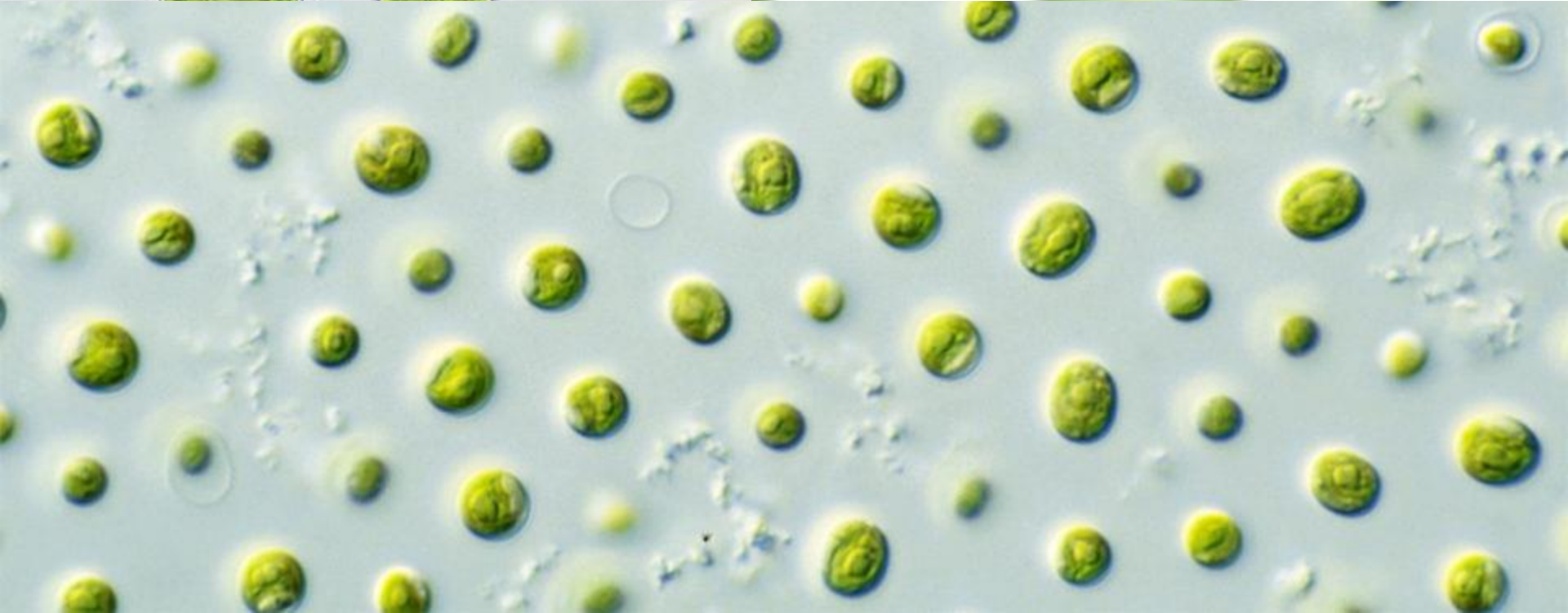
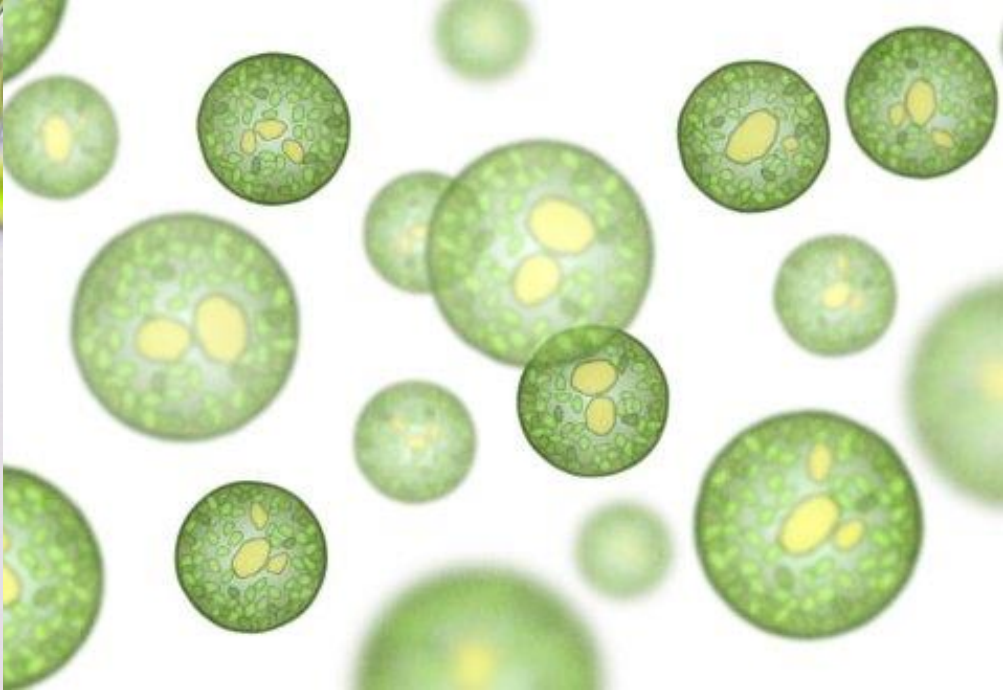
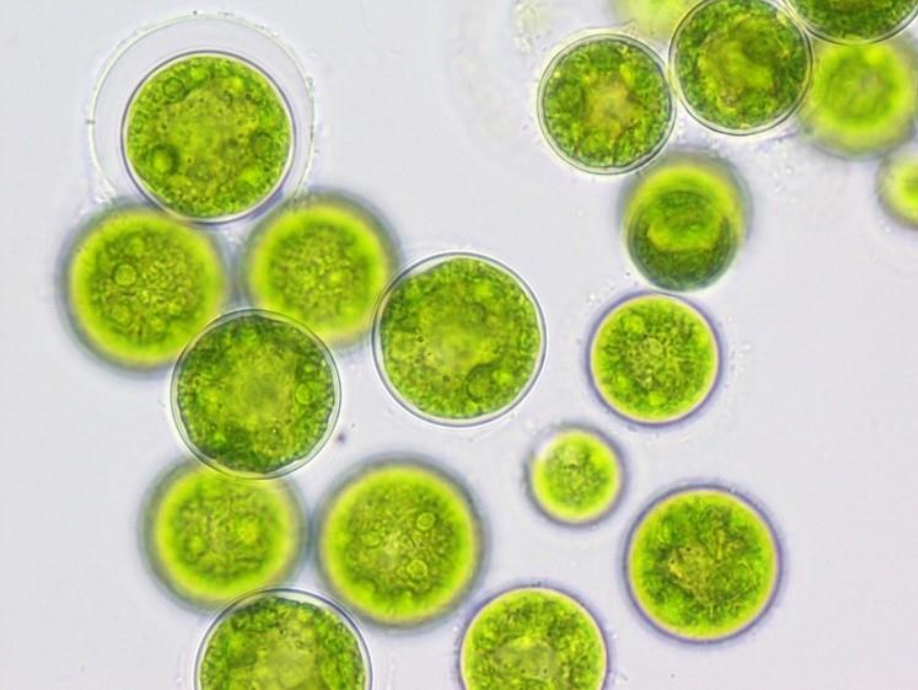
Rod *Nannochloropsis* (skupina Eustigmatophyceae) jsou drobné, převážně mořské jednobuněčné mikrořasy o velikosti jen 2–3 μm , obsahují velké množství karotenoidů (violaxantin, zeaxantin a další).

Z biotechnologického hlediska jsou velmi cenné, protože dokáží akumulovat velké množství olejů (60–70 % biomasy), včetně polynenasycených mastných kyselin (eikosapentaenová kyselina, C20:5, ω -3).

V současné době se používají kultury především jako energeticky bohaté živé krmivo pro akvakultury juvenilních stadií ryb a korýšů.

Tato mikrořasa se pokládá také za jeden z potenciálních zdrojů biopaliv z mikrořas.

Navíc se ukazuje jako slibný kmen pro genetické manipulace zaměřené na zvýšení produkce cenných látek.





Mikrořasy pro akvakultury

Kultivace mikrořas je součástí provozu komerčních akvakultur, protože se ke krmení larválních stadií ryb, měkkýšů a korýšů používá řada kmenů.

Mikrořasy jsou využívány buď přímo jako náhrada přirozené planktonní potravy (živé krmivo), nebo v podobě zpracované biomasy jako přídavek do krmiv.

Význam mikrořas spočívá ve zvýšení nutričního obsahu (proteiny, lipidy, polysacharidy, karotenoidy, mastné kyseliny, atd.).

Živé kultury mikrořas navíc pozitivně ovlivňují i zdraví a fyzickou kondici ryb, protože zlepšují prostředí v akvakultuře produkcí kyslíku, spotřebou CO₂ a odpadních živin (biofiltrace) a potlačením růstu bakterií (tzv. green-water technique), což se projevuje zejména lepším přežíváním a růstem juvenilních stadií ryb a korýšů.

Kvalita a bezpečnost akvapotravin



Komerční využití řas v akvakultuře

Druh/ Rod	Skupina	Využití
<i>Nannochloropsis</i>	Hnědá řasa (Eustigmatophyceae)	Potravní zdroj pro odchov vířníků v rybích líhních, potrava pro filtrátory (korály), vysoký obsah EPA
<i>Pavlova</i>	Prymnesiophyta (Haptophyta)	Ke zvýšení obsahu EPA/DHA u ryb, ústřic a škeblí, Potravní zdroj pro odchov vířníků v rybích líhních
<i>Isochrysis</i>	Prymnesiophyta (Haptophyta)	Zlepšení nutriční hodnoty zooplanktonu v odchovných korýšů a slanomilných krevet
<i>Tetraselmis</i>	Zelená řasa (Chlorophyta)	Krmivo pro larvy krevet a škeblí, potrava pro zooplankton
<i>Thalassiosira weissflogii</i>	Rozsivka (Bacillariophyceae)	Krmivo pro larvy krevet a škeblí
<i>Dunaliella</i>	Zelená řasa (Chlorophyta)	Zvýšení obsahu vitamínů a zlepšení zbarvení u krevet
<i>Chaetoceras</i>	Rozsivka (Bacillariophyceae)	Zvýšení obsahu vitamínů u krevet
<i>Spirulina</i>	Sinice (Cyanobacteria)	Přídavek do krmiv pro ryby (tilapie), náhrada živočišného proteinu
<i>Chlorella</i>	Zelená řasa (Chlorophyta)	Přídavek do krmiv pro ryby (hlavně ornamentální ryby), vylepšení zbarvení

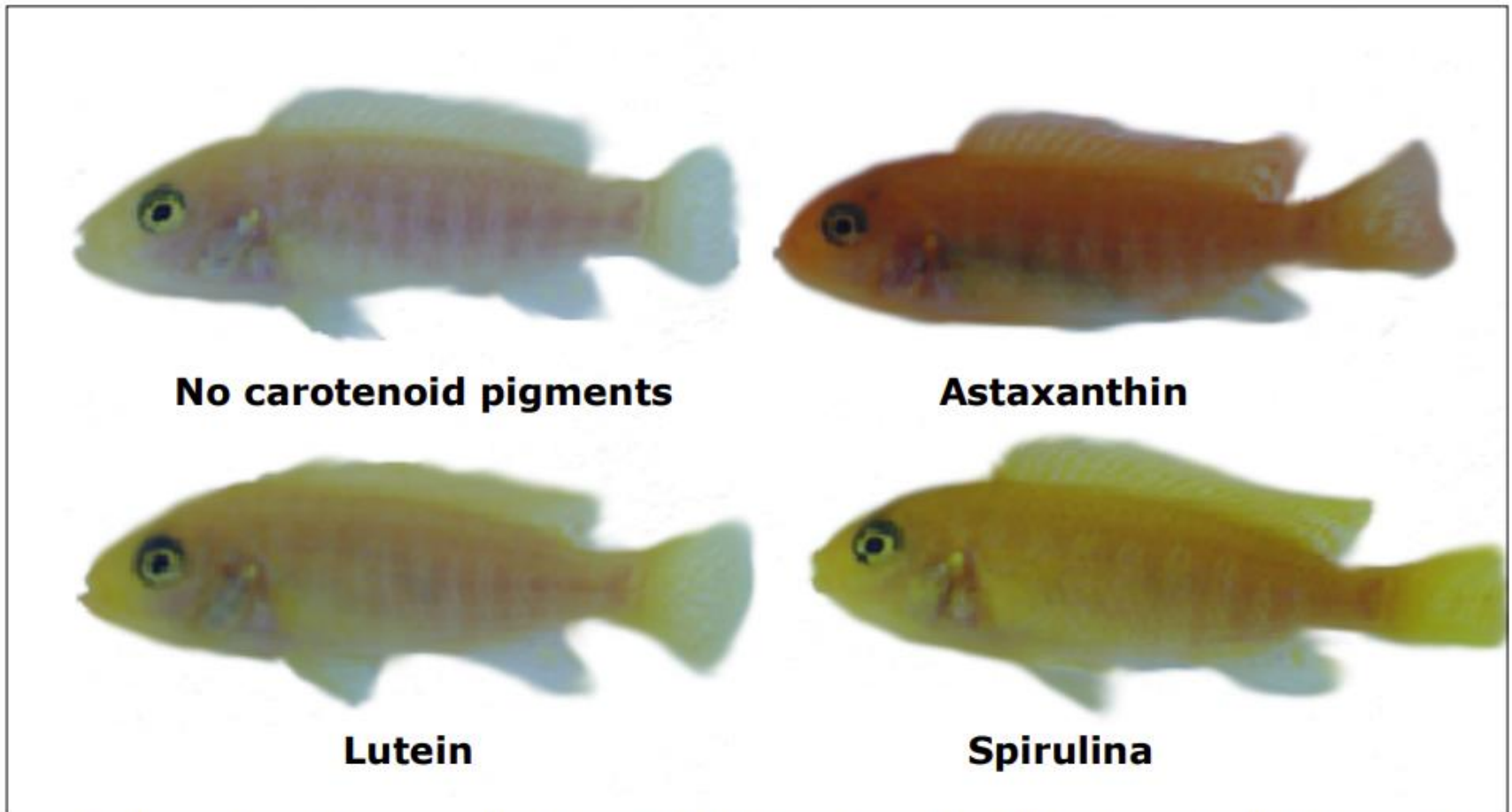


Figure 2. Skin coloration in red zebra cichlid, five weeks after being fed diets containing astaxanthin, lutein, and Spirulina. The basal, control diet without carotenoid pigments.

Kvalita a bezpečnost akvapotravin

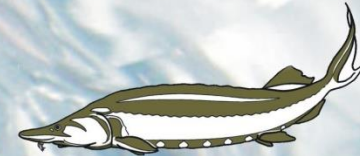
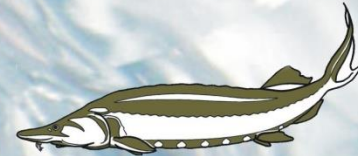


Fig. 1. Difference in coloration among different treatments; a. Control diet with 0% carotenoprotein (C); b. Diet with 5% carotenoprotein (T1); c. Diet with 10% carotenoprotein (T2); d. Diet with 15% carotenoprotein (T3).

Kvalita a bezpečnost akvapotravín



Řasy a sinice jako potravina



Zpracování biomasy mikrořas

Mikrořasy jsou vhodnými producenty biomasy, protože některé kmeny mají ve srovnání s běžnými plodinami o řád vyšší účinnost přeměny solární energie a fixace CO_2 na biomasu.

Po sklizni se řasová suspenze nejprve zahustí odstředěním nebo filtrací. Zahuštěná suspenze mikrořas je následně zchlazena a vzniklá „řasová polévka“ se poté usuší.

Velmi podstatný a energeticky značně náročný zejména proces získání zahuštěné biomasy (oddělení buněk od živného média).

Podle velikosti a tvaru buněk se pro sklizeň (zahuštění) kultury mikrořas používají různé metody – pasivní sedimentace v kónických nádobách, odstředění, filtrace, flotace nebo flokulace.

Zatím nejpoužívanější technikou sklizně kultur mikrořas je odstředění v průtokových centrifugách, u řídkých kultur se předřazuje membránová filtrace.

Řasy a sinice jako potravin



Při dobré separaci (tzn. odvodnění) je možné dosáhnout 20–30% obsahu biomasy ve vodné suspenzi.

Při flokulaci se využívá přítomnosti specifické látky, flokulantu (polyvalentní, často polymerní kationty), který sníží negativní náboj řasových buněk a vytvoří agregáty. V praxi se nejčastěji přidávají soli jako FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ nebo $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.

Flotace je způsob separace buněk založený na zachycení buněk mikrořas s pomocí dispergovaných bublinek vzduchu. Její hlavní předností je nepřítomnost jakýchkoli chemikálií.

Rozbití (dezintegrace) buněk je důležitý krok před sušením, pokud mají mikrořasy (např. *Chlorella*, *Haematococcus*) pevnou celulózovou stěnu, kterou člověk není schopen strávit.

Provádí se např. abrazí s balotinou, ultrazvukem, vysokým tlakem nebo působením enzymů.

Řasy a sinice jako potravina



Ve většině potravních a dalších aplikací je nutné suspenzi mikrořas dehydratovat, aby obsah vody v biomase byl pod 5 %. Lze využít vysušení na slunci, sprejové sušení nebo lyofilizaci.

Nejpoužívanější metodou v průmyslovém měřítku je sprejové sušení, při němž se suspenze buněk rozstříkne do proudu horkého vzduchu v komoře sprejové sušárny a prášek sušené biomasy sedimentuje ve sběrači.

Po usušení mohou následovat další technologické kroky v podobě extrakcí účinných látek, například barviv, olejů, vitamínů a podobně. Sofistikovaným a velmi šetrným způsobem získání účinných látek je tzv. superkritická extrakce, kdy za určitých teplot a tlaku mají extrakční činidla zároveň vlastnosti plynu i kapaliny (např. oxid uhličitý). Při vhodně nastaveném poměru teplota : tlak se plyn začne chovat jako kapalina a je možné s ním extrahovat.

Řasy a sinice jako potravina



Využití mikrořas

Za posledních asi 60 let přinesly řasové biotechnologie řadu aplikací – od tradiční produkce biomasy pro lidskou a zvířecí výživu přes uplatnění v technologiích čištění odpadních vod až po použití biomasy pro krmivářství, kosmetiku a farmacii a nejnověji jako zdroje biopaliv.

Kultury mikrořas jsou také aplikovány k vylepšení struktury a kvality půdy jako biostimulanty či biopesticidy nebo se využívají jako potrava v akvakulturách vodních živočichů (ryby, korýši, měkkýši), případně při bioremediacích.

Při využití biomasy mikrořas se často hovoří o biorafinaci. Z biomasy získáváme komplexním zpracováním především cenné látky s vysokou přidanou hodnotou a následně se využívá zbytek – proteiny, lipidy i polysacharidy – jako biopaliva, potraviny, krmiva a zdroje chemických látek, případně hnojiva nebo jiné produkty.

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



Proteinová frakce, čisté aminokyseliny

Proteiny obsažené v biomase mikrořas jsou díky složení aminokyselin, zejména díky vysokému obsahu valinu, methioninu a lysinu, na rozdíl od jiných rostlinných zdrojů bílkovin, považovány za velmi kvalitní, s vysokou nutriční hodnotou.

Vedle základní nutriční hodnoty mají proteiny z mikrořas jedinečné vlastnosti, jako je např. schopnost tvorby gelů, filmů a pěny, dále pak schopnosti antioxidační, antikoagulační a antimikrobiální.

Proto se využívají v potravinářství a jsou enzymaticky hydrolyzovány pro výrobu biologicky aktivních peptidů, které mohou být používány jako nutraceutika či jako přírodní antibakteriální konzervační prostředky. Některé bílkovinné hydrolyzáty z mikrořas zvyšují vstřebávání vápníku. Tyto peptidy nacházejí terapeutické aplikace při léčbě osteoporózy a Pagetovy nemoci. Mikrořasovou bílkovinu i mouku nabízí celosvětově již několik firem (např. Roquette, Solazyme, TerraVia).

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



Fotosyntetické pigmenty mikrořas

Řasové pigmenty zahrnují tři základní typy sloučenin: karotenoidy, chlorofyly a fykobiliny. Z těchto tří skupin látek jsou karotenoidy nejvýznamnější z hlediska praktického využití.

Díky výrazným antioxidačním vlastnostem a schopnosti eliminovat negativní vliv volných radikálů se podílejí na prevenci velmi vážných onemocnění, jakými jsou nádorové choroby, srdeční problémy a degenerativní změny očního pozadí.

Vedle toho například **fukoxantin**, vyskytující se ve velkém množství u hnědých řas a rozsivek, má výrazné účinky při korekci obezity.

Velmi slibné je i využití některých karotenoidů rozpustných ve vodě (např. myxoxantofyl) v potravinářském průmyslu pro barvení limonád.

Všechny karotenoidní pigmenty mohou sloužit jako zdravotně nezávadná barviva v potravinářském, farmaceutickém i kosmetickém průmyslu.

Mezi nejdůležitější karotenoidy patří **astaxantin**, **β -karoten** a **lutein**.

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



Z hlediska zdravotního i nutričního je bezesporu nejdůležitějším karotenoidem **astaxanthin**.

Astaxantin se na trhu uplatňuje nejvíce jako antioxidant (lidská výživa) a zdroj pigmentace v akvakulturách.

Jeho hlavními producenty jsou řasy *Haematococcus pluvialis*, *Chlorella zofingiensis*, *Chlorococcum* sp. a celá řada dalších zelených řas. Astaxantin je zodpovědný za snižování koncentrací lipidů v plazmě a zvýšení antioxidační obranyschopnosti organismu.

Na rozdíl od β -karotenu není prekurzorem vitamínu A.

Astaxanthin není zodpovědný pouze za pigmentaci ryb a korýšů, ale je mu přičítán i mimořádný potenciál v ochraně organismu proti širokému spektru chorob, a to nejen u zvířat. Přírodní astaxanthin byl například použit k účinné léčbě pacientů s funkční dyspepsií, způsobenou bakterií *Helicobacter pylori*. Astaxantin má až několikanásobně silnější antioxidační aktivitu než vitamín E a β -karoten.

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



Dalším ze tří hlavních zástupců karotenoidů je ***β-karoten***. Chemicky se jedná o polyenový tetraterpen se 40 atomy uhlíku; β -karoten mikrořas se skládá převážně z all-trans a 9-cis izomerů.

Největším producentem přírodního β -karotenu je mikrořasa rodu ***Dunaliella***, která je schopna akumulovat velké množství buněčného β -karotenu (12 % v suché hmotě).

V lidském organismu funguje β -karoten především jako strukturní analog vitamínu A, rozštěpením jeho molekuly vznikají dvě jednotky vitamínu A. Bylo prokázáno, že díky svým antioxidačním účinkům β -karoten vykazuje ochranný účinek proti astmatu.

Věkem způsobená makulární degenerace je jedním z nejčastějších očních onemocnění a způsobuje závažnou, někdy i trvalou ztrátu zraku. K léčbě této choroby se často využívají antioxidační terapie s použitím vysokých dávek antioxidantů, včetně β -karotenu.

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



Posledním z trojice hlavních karotenoidů, o kterém se v posledních letech hodně mluví, je ***lutein***. Chemicky náleží mezi xantofyly s polyenovým řetězcem shodným s řetězcem β -karotenu v řasách se často vyskytuje jako ester jedné či dvou mastných kyselin.

Použití luteinu ve farmacii je zhruba stejné jako jeho použití v potravinářském průmyslu. Používá se především jako aditivum do krmiv hospodářských zvířat, společně s ostatními karotenoidy, tam, kde je potřeba kvůli poptávce získat příslušně zbarvené živočišné produkty. Jde hlavně o rybí maso a žloutky vajec.

Velká část produkce luteinu je určena k výrobě prostředků k prevenci zhoršování vidění, hraje aktivní roli i při oddálení chronických onemocnění, stimuluje imunitu, brání rozvoji katarakty a progresi raných stadií aterosklerózy, zlepšuje vlastnosti pokožky. Mezi mikrořasy nejbohatší na lutein patří rody *Chlorella*, *Scenedesmus* nebo *Muriellopsis*.

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



Druhou skupinu fotosyntetických pigmentů mikrořas představují **chlorofyly**.

Zelené listy vojtěšky, která se často používá jako zdroj chlorofylů, obsahují maximálně 0,3 % chlorofylů. Obsah chlorofylů v zelených řasách je řádově vyšší, okolo 5 %, a jeho získání je podstatně jednodušší díky absenci pletiv a dalších orgánů přítomných u vyšších rostlin.

Chlorofyl používaný v potravinářství je převážně složen z různých derivátů. Jako potravinářské barvivo v nápojích se často používají měďnaté deriváty chlorofylu – chlorofyliny, které jsou stabilnější než chlorofyl s atomem hořčíku.

Podobně se chlorofyliny využívají jako zelené barvivo v kosmetice.

I v této oblasti se otvírá ohromný trh pro produkci čistého chlorofylu a/b izolovaného z mikrořas, jelikož jej obsahují v průměru dvakrát více než vyšší rostliny.

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



Do třetí skupiny fotosyntetických pigmentů mikrořas patří **fykobiliny**. Fykobiliproteiny mají v současnosti vysoký komerční potenciál jako přírodní barviva a mají také celou řadu aplikací ve farmaceutickém průmyslu.

Typickými zástupci mikrořas obsahujících fykobiliny jsou *Spirulina* (*Arthrospira*), *Aphanizomenon*, *Nostoc* nebo červené řasy *Porphyridium*, *Rhodella*, *Galdieria*.

Podle absorpčních maxim se fykobiliny dělí na fykocyanin (modrý), fykoerytrin (červený) a allofykocyanin (modrofialový).

Fykobiliny jsou velmi často využívány v imunochémii jako intenzivně fluoreskující složky (markery) biologicky aktivních molekul.

Fykocyanin působí jako významný antioxidant proti volným radikálům.

Fykobiliny jsou také látky, které mají hepatoprotektivní, protizánětlivé, imunomodulační a obecně protirakovinné účinky.

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



V potravinářství se z fykobilinů nejvíce uplatňuje fykocyanin, jasné modré barvivo, které v trendu používání přírodních barviv postupně nahrazuje brilantní modř.

V popisu složek potravin jej najdeme pod označením „spirulina extrakt“. Mezi pigmenty vyskytující se v biomase některých kmenů mikrořas patří též široká skupina *fenolických látek*.

Typickými zástupci fenolických látek jsou floroglucinol, eckol a dieckol u hnědých řas a především pak široká skupina izoflavonů, jež nejvíce přispívá k celkovému obsahu fenolických látek u zelených řas.

Jejich silné antioxidační aktivity se využívá proti oxidaci a peroxidaci nenasycených mastných kyselin, jež následně způsobují zhoršení kvality potravin.

Z nutričního a zdravotního hlediska se z vlastností izoflavonů uplatňují zejména jejich následující aktivity: antioxidační, protizánětlivá, estrogení, antimikrobiální, antialergická, cytotoxická a antifungální.

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



Čisté mastné kyseliny, lipidy

Jednou z nejzajímavějších skupin látek obsažených v biomase mikrořas jsou bezesporu lipidy. Jde o uhlovodíky, mastné kyseliny (MK), triacylglyceroly (TAG), až po komplexní polární lipidy a steroly.

Z hlediska nutričního jsou bezesporu nejvýznamnější tzv. polynenasycené mastné kyseliny s dlouhým řetězcem (PUFA), dělí se dále na několik skupin, z nichž ovšem nejvýznamnější jsou ω -3 mastné kyseliny, například α -linolenová (ALA), eikosapentaenová (EPA), dokosaheptaenová (DHA) a ω -6 mastné kyseliny, například linolová (LA), γ -linolenová (GLA) a arachidonová (ARA).

Zatímco ω -6 MK pro lidskou výživu jsou dobře dostupné (jejich zdrojem jsou rostlinné oleje, ořechy, vejce, drůbeží maso, celozrnné potraviny a cereálie), s ω -3 MK je trochu potíž.

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



Savci si nedokáží tyto MK syntetizovat, jsou schopni si ale vytvořit ω -3 MK s delším řetězcem z kratší kyseliny α -linolenové. Jejím zdrojem jsou některá semena (chia, konopí, len) a oleje z nich připravené. Tradičním zdrojem ω -3 mastných kyselin (především DHA, EPA) jsou tučné mořské ryby, případně přímo rybí tuk.

Vedle mořských ryb představují mikrořasy jediný zdroj těchto polynenasycených mastných kyselin. Z polynenasycených ω -3 mastných kyselin s dlouhým řetězcem je nejvýznamnější kyselina dokosaheptaenová (DHA).

Doporučuje se zahrnutí DHA do počáteční kojenecké výživy pro předčasně narozené i donošené kojence, neboť je důležitá pro správný vývoj mozku. DHA hraje v lidském těle významnou roli především v aktivaci imunitního systému, zmírnění onemocnění, jako je hypertenze a artritida, a snížení rizika kardiovaskulárních problémů; příznivé účinky má též na alergická onemocnění.

Řasy a sinice jako potravina



Biopaliva z mikrořas

Růst zájmu o biopaliva vyráběná z rostlinné biomasy byl vyvolán především snahou nahradit drahá a ubývající fosilní paliva obnovitelnými, uhlík-neutrálními zdroji.

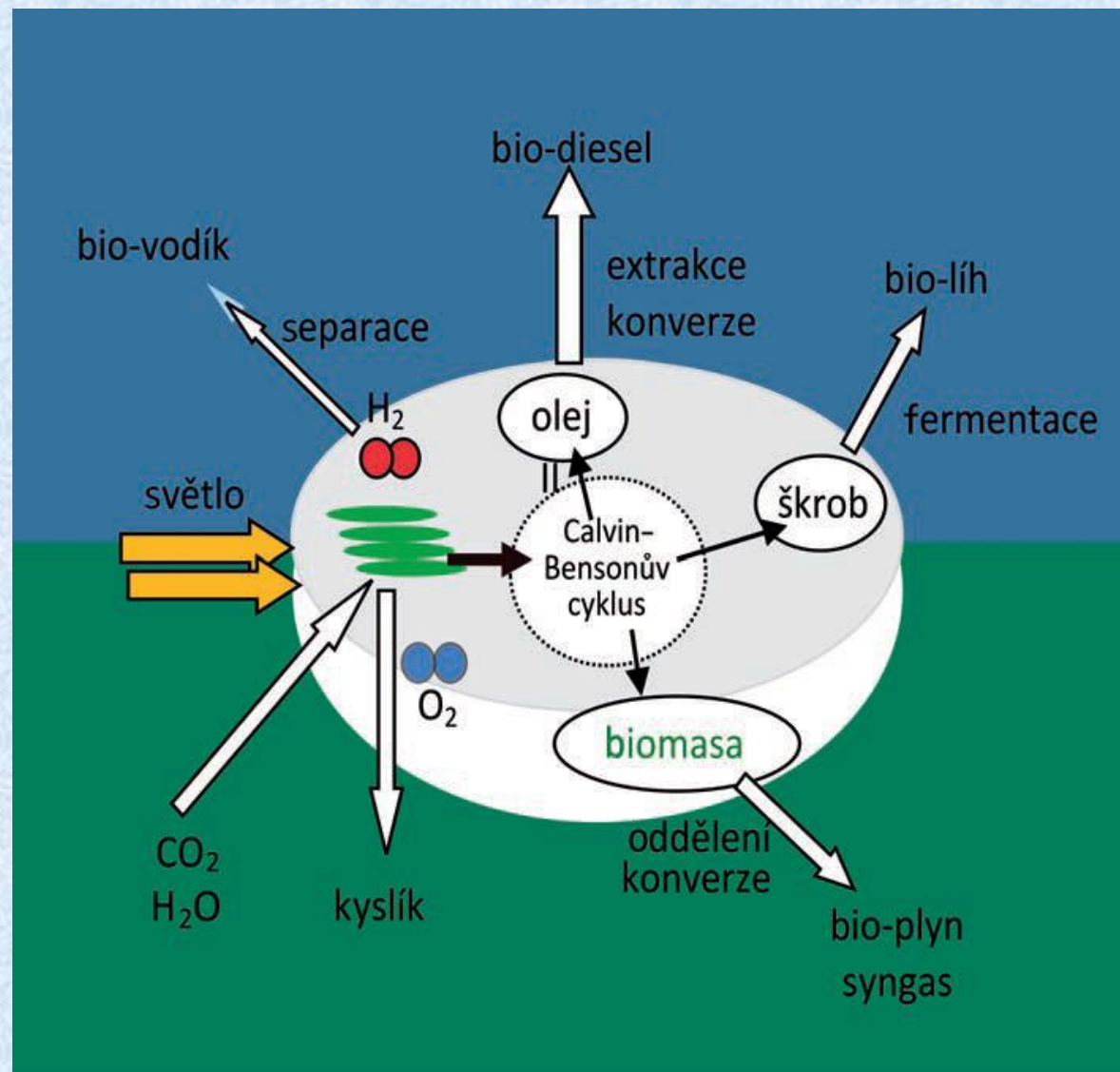
Oleje nebo škrob obsažené v biomase je možné konvertovat na bio-diesel, bio-olej, nebo bio-etanol. Biomasu lze také fermentovat na bioplyn nebo ji přímo spálit a vyrobit elektřinu nebo teplo.

Je též možné ji zpracovat termochemickými metodami na olej nebo syngas (směs plynů, především CO a H₂), který je zcela zásadní surovinou pro následné využití v rafinériích.

Za určitých podmínek mohou mikrořasy produkovat i bio-vodík.

V posledních desetiletích je problematika biopaliv z mikrořas intenzivně studována na řadě výzkumných pracovištích, protože je celosvětovou snahou snížit spotřebu fosilních paliv a nahradit je biopalivy.

Buňka mikrořasy jako fotosyntetická „buněčná továrna“ pro produkci biopaliv



Zdrojem biopaliv z biomasy mikrořas jsou především oleje nebo škrob. Biomasu je možné též fermentovat na bioplyn nebo ji přímo spálit a vyrobit elektřinu nebo teplo. Je též možné ji zpracovat všemi termochemickými metodami na kapalná biopaliva a především pak na syngas. Za určitých podmínek mohou mikrořasy produkovat i bio-vodík.

Řasy a sinice jako potravina



Biopaliva z mikrořas

Hlavním problémem jsou dosud vysoké produkční náklady na biomasu, které způsobují především nízká produktivita, nedostatečná technická vyspělost kultivačních zařízení, vysoké provozní náklady (energie na provoz – elektřina, teplo) a cena vstupních surovin (voda, CO₂ jako zdroj uhlíku, živiny – fosfáty, dusičnany, železnaté soli a další).

Získávání energie z konvenčních zdrojů je tak stále řádově levnější. Snížení nákladů na produkci biomasy by bylo možné dosáhnout u rychle rostoucích kmenů mikrořas využitím „odpadní“ energie některých průmyslových zařízení (elektrárny, spalovny, bioplynové stanice, akvakultury), které mohou být i zdrojem „levného“ odpadního CO₂, případně i nutrientů (dusičnany, fosfáty aj.).

Některé druhy, například *Nannochloropsis* nebo *Chlorella*, mohou akumulovat až 60 % zásobních látek (lipidů nebo polysacharidů), pokud rostou za určitých podmínek.

Řasy a sinice jako potravina



Biopaliva z mikrořas

Problémem je, že všechny kmeny produkující zvýšená množství olejů nebo škrobu rostou pomalu, protože velkou část energie získané fotosyntézou investují právě do syntézy zásobních látek, a nikoliv do růstu.

Navíc je obvykle nutné provést zásah do kultivačního procesu („zhoršení“ kultivačních podmínek, např. nutričním stresem), aby došlo k hromadění energeticky bohatých látek, což ještě výrazněji zpomalí růst.

Současné technologie produkují tunu biomasy mikrořas za tisíce dolarů, což je o jeden až dva řády více, než by bylo profitabilní pro produkci biopaliv.

Nicméně tento záměr výrazně zrychluje výzkum v řasových biotechnologiích. Podstatný pokrok ve využitelnosti těchto technologií lze očekávat v horizontu 10 až 15 let.

Řasy a sinice jako potravina



Environmentální biotechnologie

Environmentální aplikace jsou velmi žádanou oblastí biotechnologie, která se věnuje výzkumu a uplatnění biologických procesů pro sanaci kontaminovaného prostředí, tedy vody, půdy i vzduchu.

Od minulého století jsou mikrořasy používány pro bioremediace, protože pokud jsou klimatické podmínky příznivé, mikrořasy rychle rostou a mají vysokou toleranci k řadě toxických látek.

Kultury mikrořas jsou využívány k čištění komunálních a zemědělských odpadních vod, stejně jako průsaků z komunálních skládek, odpadních vod z potravinářské a průmyslové výroby nebo rybích akvakultur.

S pomocí mikrořas je tak možné snižovat živinové zatížení (eutrofizaci) povrchových vod.

Mikrořasy mohou být využity i k odstranění těžkých kovů, protože mají schopnost tyto kovy akumulovat (např. kadmium, olovo, rtuť, zinek, arzén, chrom, nikl, aj.).

Řasy a sinice jako potravina



Vyhlídky řasových biotechnologií

Z pohledu biosyntézy nabízejí mikrořasy možnosti alternativních metabolických cest pro produkci nových bioaktivních látek.

- prohlubování našich biologických znalostí o stávajících kmenech mikrořas a jejich metabolitech
- bioprospekce nových kmenů a potenciálních produktů
- nastavení určitých růstových podmínek a vylepšení výrobních procesů a technologií.

Fáze optimalizace spočívá v intenzivním výzkumu založeném na znalostech biologie mikrořas, navázaném na bioinženýrství.

Mikrořasy jsou také slibnou platformou pro zvýšenou produkci cenných látek, protože mohou být pěstovány v masovém měřítku. Rekombinantní proteiny, jako např. vakcíny, terapeutické protilátky a průmyslové enzymy, mohou být produkovány za relativně nízkých nákladů.

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



Evropská unie i USA již schválily potravinářské oleje s přídavkem řasových PUFA (funkční potravina), tradičně se již nabízejí kapsle s řasovými PUFA jako vegetariánská alternativa k rybímu tuku.

Mořské mikrořasy mají významně vyšší obsah DHA ve srovnání se sladkovodními. Mezi perspektivní producenty DHA patří na prvním místě nefotosyntetizující mořská obrněnka *Cryptocodinium cohnii*, schopná produkovat DHA v množství 30–50 % z celkového obsahu mastných kyselin.

Další výhodou je, že neobsahuje prakticky žádné jiné PUFA v množství nad 1 %, a je tedy významně snadnější oddělit DHA ze směsi mastných kyselin.

Vedle zmíněné obrněnky mají vysoký obsah DHA i některé heterotrofně rostoucí kmeny mikrořas. Patří sem například rod *Schizochytrium* nebo *Japanochytrium*, které obsahují jako hlavní složku DHA v množství 30–40 % z celkového množství mastných kyselin.

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



V pořadí důležitosti PUFA pro lidskou výživu je na druhém místě kyselina eikosapentaenová (EPA), která hraje důležitou roli v regulaci biologických funkcí a v prevenci celé řady onemocnění, jako jsou nemoci srdce a zánětlivá onemocnění, podporuje správný vývoj mozku u novorozenců.

V mikrořasách se vyskytuje hlavně u kmene *Nannochloropsis* sp., jenž byl použit například k produkci vířníků, kteří se dále využívají k odchovu plůdku v akvakulturách.

Mezi další mikrořasy bohaté na EPA patří rozsivky *Phaeodactylum tricornutum*, *Nitzschia laevis* a *Isochrysis galbana*, které vedle EPA obsahují též DHA.

Další významnou ω -6 PUFA je kyselina arachidonová (ARA), která se uplatňuje především v procesu srážlivosti krve. Nejvýznamnějším producentem ARA je červená řasa *Porphyridium cruentum*. Kyselina arachidonová se využívá například v umělých výživách pro děti.

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



Poslední z uvedených polynenasycených ω -6 MK je γ -linolenová kyselina (GLA). Jejím hlavním producentem je sinice *Arthrospira* (*Spirulina*) sp.

Tato kyselina je důležitá jako doplněk kojenecké výživy, omezuje atopické ekzémy a může zmírnit příznaky zánětlivých onemocnění, jako je revmatoidní artritida a atopická dermatitida, včetně psoriázy.

Mezi nejvýznamnější zástupce fosfolipidů mikrořas patří ***fosfatidylcholin* (lecitin)**.

Pozitivní účinky lecitinu při prevenci usazováním cholesterolu na vnitřních stěnách cév, podporuje zvýšené odplavování cholesterolu, čímž významně snižuje riziko aterosklerózy, podílí se na přenosu informací na buněčné membráně.

V trávicím systému je lecitin součástí žlučového systému, který se podílí na emulgaci potravy pro usnadnění trávení.

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



Vitamíny

Mikrořasy mají schopnost syntetizovat celou řadu potřebných vitamínů, jako je vitamín A, skupina B vitamínů (B1, B2, B12), vitamíny C, D, E, a H.

Zelená řasa *Chlorella*, může obsahovat až 18 % suché hmotnosti ve formě minerálů, vlákniny a vitamínů, zejména vitamínu B12.

Červená řasa *Porphyridium cruentum* je známá jako dobrý zdroj vitamínu E (55 mg/g α -tokoferolu a 50 mg/g γ -tokoferolu v sušině). Vitamín E slouží v lidském organismu k ochraně membránových lipidů před oxidačním poškozením a také je účinný proti cévním onemocněním, ateroskleróze a roztroušené skleróze.

Vitamíny a minerály zajišťují v lidském těle mnoho základních funkcí, například transport uvnitř buněk, a také slouží jako kofaktory mnoha enzymů v průběhu metabolických procesů.

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



Polysacharidy

V potravinářském průmyslu nacházejí uplatnění především extracelulární polysacharidy (EPS) vylučované do kultivačního média některými kmeny mikrořas, a to jako stabilizátory, zahušťovací a želírující činidla, látky potlačující tvorbu ledových krystalů atd.

V kosmetice jsou tyto látky využívány především pro své dispergační účinky a pro vysoký hydratační potenciál. Vedle těchto aplikací mají EPS významný potenciál v oblasti medicíny a v mlékárenském průmyslu jako emulgátory a stabilizátory.

Nejslibnější mikrořasa pro komerční získávání EPS je jednobuněčná červená řasa *Porphyridium cruentum*, která produkuje sulfátovaný exopolysacharid galaktan, který může v mnoha aplikacích nahradit například karagen. Dalším příkladem je *Chlamydomonas mexicana*, která uvolňuje až 25 % své produkce ve formě extracelulárních polysacharidů, které, jak bylo zjištěno, mohou sloužit jako kondicionér půdy.

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



Dalšími zástupci polysacharidů vyskytujících se velmi hojně v biomase mikrořas jsou **beta-1,3-glukany**. Vyskytují se především v buněčné stěně.

Beta-1,3-glukan zvyšuje nespecifickou i specifickou imunitu a úroveň ochrany proti bakteriálním infekcím. Beta-1,3-glukan má významné účinky jako profylaktická léčba při různých infekčních chorobách a stimulací důležitých cytokinů může také inhibovat růst rakovinných buněk in vivo, vykazuje pozoruhodnou schopnost urychlit obnovu kostní dřeně po chemoterapii.

Steroly

Některé druhy mikrořas (*Dunaliella tertiolecta* a *D. salina*) syntetizují rozmanité množství steroidních látek. Mezi nejčastěji se vyskytující patří brasikasterol, sitosterol a stigmasterol. Jejich obsah lze regulovat změnou kultivačních podmínek, především složením živného média. Tyto látky vykazují výraznou in vivo neuromodulační aktivitu.

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



Využití sušené (lyofilizované) biomasy mikrořas

Konzumace potravních doplňků vyrobených z mikrořas je v současné době velmi populární. Mikrořasy jsou totiž ceněny nejen pro svou nutriční a energetickou hodnotu, ale také pro vysoký obsah celé řady cenných a bioaktivních látek s antioxidačními, antibakteriálními a dalšími účinky.

Takto je možné cíleně připravit biomasu s vysokým obsahem pigmentů (β -karoten, astaxantin, lutein), esenciálních mastných kyselin (DHA, EPA, ARA), organicky vázaných mikroelementů (Se, Zn, Cr, Fe), vitamínů nebo ohromného množství různých sekundárních metabolitů.

Přímá konzumace řasové biomasy jako celku je omezena na velmi malé množství druhů. Tento stav je dán relativně přísnými legislativními omezeními, faktory trhu, zvyky a požadavky zákazníků. Chlorella, Scenedesmus, Spirulina, Dunaliella, Haematococcus a Nannochloropsis jsou hlavními druhy mikrořas na současném trhu.

Kvalita a bezpečnost akvapotravín



Složení řas využívaných v biotechnologiích

	Řasa	Protein (% sušiny)	Sacharidy (% sušiny)
1	<i>Scenedesmus obliquus</i>	50-56	10-17
2	<i>Desmodesmus communis</i>	47	-
3	<i>Scenedesmus dimorphus</i>	8-18	21-52
4	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	48	17
5	<i>Chlorella vulgaris</i>	51-58	12-17
6	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	57	26
7	<i>Spirogyra</i> sp.	6-20	33-64
8	<i>Dunaliella bioculata</i>	49	4
9	<i>Dunaliella salina</i>	57	32
10	<i>Euglena gracilis</i>	39-61	14-18
11	<i>Prymnesium parvum</i>	28-45	25-33
12	<i>Tetraselmis maculata</i>	52	15
13	<i>Porphyridium cruentum</i>	28-45	40-57
14	<i>Spirulina platensis</i>	52	8-14
15	<i>Spirulina maxima</i>	28-39	13-16
16	<i>Synechococcus</i> sp.	46-63	15
17	<i>Anabaena cylindrica</i>	43-56	25-30



Obsah tuku ve vybraných řasách používaných v biotechnologiích

Řasa	Tuk (% sušiny)
<i>Botryococcus braunii</i>	25-75
<i>Chlorella</i> sp.	28-32
<i>Cryptocodinium cohnii</i>	20-50
<i>Cylindrotheca</i> sp.	16-37
<i>Dunaliella primolecta</i>	23
<i>Isochrysis</i> sp.	25-33
<i>Monallanthus salina</i>	nad 20
<i>Nannochloris</i> sp.	20-35
<i>Nannochloropsis</i> sp.	31-68
<i>Neochloris oleoabundans</i>	35-54
<i>Nitzschia</i> sp.	45-47
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	20-30
<i>Schizochytrium</i> sp.	50-77
<i>Tetraselmis suecica</i>	15-23

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



Mikrořasy jsou pro koncového spotřebitele vyráběny a nabízeny nejčastěji ve formě tablet, tobolek nebo prášku. Odhaduje se, že tento trend bude mít v budoucnu výrazně vzrůstající tendenci.

Vedle základní nutriční a energetické hodnoty jsou mikrořasy cenné také pro vysoký obsah celé řady bioaktivních látek. Obecně je obsah minerálních látek v mikrořasách velmi vyvážený a adekvátní doporučené denní dávce.

Přidáním různých mikroelementů do kultivačního média lze produkovat biomasu s cíleným obohacením některým z požadovaných mikroprvků (Se, Zn, Cr, I, Mg atd.). Ještě významnější je fakt, že většina těchto esenciálních stopových prvků se v řasové biomase vyskytuje ve formě vázané na organické molekuly (pigmenty, aminokyseliny, mastné kyseliny, metaloproteiny atd.). Takto organicky vázané stopové prvky jsou daleko lépe využitelné pro lidský organismus než ve formě anorganických solí.

Řasy a jód



Některé, převážně mořské kmeny mikrořas jsou velmi bohaté na jód.

Průměrný obsah jodu v biomase mořských řas se pohybuje v rozmezí 0,5–8,8 $\mu\text{g/g}$ v sušině, na rozdíl od běžného jídla a rostlin, kde je tato hodnota výrazně nižší (1 $\mu\text{g/g}$ sušiny).

NORI (*Porphyra*) 5 – 250 mg/kg

IRISH MOSS (*Chondrus*) 200 – 300 mg/kg

DULSE (*Palmaria*) 150 – 550 mg/kg

ULVA (*Ulva lactuca*) 240 mg/kg

WAKAME (*Undaria*) 39 – 550 mg/kg

KOMBU (*Saccharina*, *Laminaria*) 25 – 12000 mg/kg

WINGED KELP (*Alaria*) 11600 – 12900 mg/kg

Řasy a jód



Doporučený obsah jódu (WHO).

Věk	Celkový denní příjem (µg/den)	Příjem jódu (µg/kg/den)	Tolerovaný limit (µg/kg/den)
0 - rok	90	15	150
1 – 6 let	90	6	50
7 – 12 let	120	4	50
12 +	150	2	30
Těhotné a kojící	200	3,5	40

Denní příjem jódu v rozsahu 10 - 200 mg běžně nezpůsobuje lidem žádné obtíže. Obsah jódu v kuchyňské soli 27 ± 7 mg/kg.

Doporučená denní dávka jodu je 150 µg. Nedostatek jodu se obecně řeší jodovanou solí, doporučuje se pochopitelně konzumace mořských ryb. Jod je nezbytný pro zdravý vývoj lidského organismu. Je součástí hormonů vylučovaných štítnou žlázou, které ovlivňují především fyzický a mentální vývoj člověka, a proto může jejich nedostatek negativně ovlivnit inteligenci.

Využití jednotlivých složek řasové biomasy



Doplňěk krmných směsí

Řasová biomasa jako součást krmných směsí pro různá zvířata výrazně zlepšuje jejich celkový zdravotní stav, vitalitu a reprodukční schopnosti. Největším odběratelem řasových biotechnologií nebo přímo konečných produktů je akvakultura, tedy chov vodních živočichů určených pro lidskou konzumaci (ryby, korýši, měkkýši).

Další perspektivní aplikací celkové biomasy mikrořas je oblast „pet - food“, krmiv pro domácí zvířecí miláčky. Již poměrně nízké koncentrace řasového doplňku do krmiv mají pozitivní účinky na srst, imunitu, růst, chuť k jídlu.

Podobných výsledků se dosahuje přidavkem řasové biomasy do krmiv pro hospodářská zvířata.

Z hospodářských zvířat, při jejichž chovu se uplatňuje řasová biomasa, je bezesporu nejvýznamnější chov drůbeže.

Řasy a sinice jako hnojivo



V Japonsku a Indii se využívá schopnosti některých sinic vázat vzdušný dusík, a proto se za tímto účelem očkují do vody rýžových polí.

Např. v Japonsku se podařilo zvýšit výnos rýže o 20 % umělou inokulací sinice *Tolypothrix tenuis*.

Do rýžovišť se rovněž vysazuje drobná vodní kapradina *Azolla* se symbiotickou sinicí *Anabaena*, která fixuje vzdušný dusík.

Během roku se na 1 ha plochy získá ze vzduchu až 128 kg dusíku.

V Indii se pomocí sinic zúrodňují slané půdy.

Sladkovodní mikroskopické řasy se dají také využít jako doplněk krmiva.





Azolla

- Sušina 4-7%, obsah v sušině: protein 13-30 %, tuk 3-6 %, popel 14-20 %
- fixace vzdušného dusíku 2-3 kg/ha/den
- zdvojnásobení biomasy za 3-10 dnů
- produkce až 37,8 tun/ha (2,78 tun/ha v sušině)

Optimální podmínky pro růst:

- hloubka vody 3-5 cm
- pH 6 až 7 (tolerance 3,5 až 10)
- teplota 20 až 30 °C (tolerance v závislosti na druhu 0 až 45 °C)
- osvětlení nad 1500 lux (optimum 3000-6000 lux), 25-50 % přímého slunečního světla/den
- relativní vlhkost 85-90 %
- salinita 0,3-2,5 ‰
- dodat všechny esenciální nutrienty mimo dusík

Kvalita a bezpečnost akvapotravin



Azolla

drobné vodní vzplývavé kapradiny z čeledi nepukalkovité
symbióza se sinicí *Anabaena azollae* (fixace dusíku)

Využití:

- rýžová pole (hnojivo)

- doplněk stravy skotu, prasat, drůbeže a ryb

- regulace množství komárů

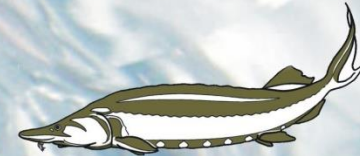
- potravina (omezeně)



Kvalita a bezpečnost akvapotravin



Kvalita a bezpečnost akvapotravin



Azolla - polévka

250 g čerstvé nebo mražení azolly

1 decilitr sójového krému (pasty)

4 decilitry vody

1 kostka zeleninového bujónu

sůl a pepř



Promýt a nasekat azollu,
přidat kostku bujónu
a vařit cca 10 minut.
Potom vmíchat sójový krém
a okořenit.
Můžeme přidat i uvařené vejce.

Kvalita a bezpečnost akvapotravin



Azolla - azollové koule

100 g čerstvé nebo mražení azolly

strouhanka

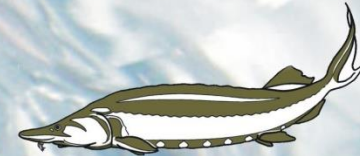
sůl a pepř

olej



Promýt a opražit azollu na pánvi.
Nasekat osmaženou azollu
a promíchat s kořením.
Přidat strouhanku tak,
aby bylo možno utvořit koule.
Potom se koule osmaží na oleji.

Kvalita a bezpečnost akvapotravin



Azolla - azollové lívance

100 g čerstvé nebo mražení azolly

1 vajíčko

4 decilitry mléka

2 decilitry pšeničné mouky

půl kávové lžičky soli, olej



Umíchat těsto na palačinky
a nechat ho chvíli odležet.

Promýt a opražit azollu na pánvi.
Nasekat osmaženou azollu
a promíchat s těstem.

Upéct lívance na oleji.

Kvalita a bezpečnost akvapotravin

