

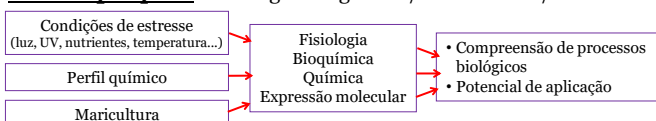


Recursos vegetais marinhos: importância econômica das algas

Fungyi Chow – fchow@ib.usp.br

Laboratório de Algas Marinhas Édison José de Paula

Área de pesquisa: Fisiologia integrativa / maricultura / usos



BIBO143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

BIBO143 – Recursos Econômicos Vegetais

Fornecer um panorama das possibilidades de **exploração** de **recursos vegetais**, com ênfase nos aspectos biológicos que podem contribuir para o aumento da **produtividade** e **conservação** do **patrimônio** genético das plantas

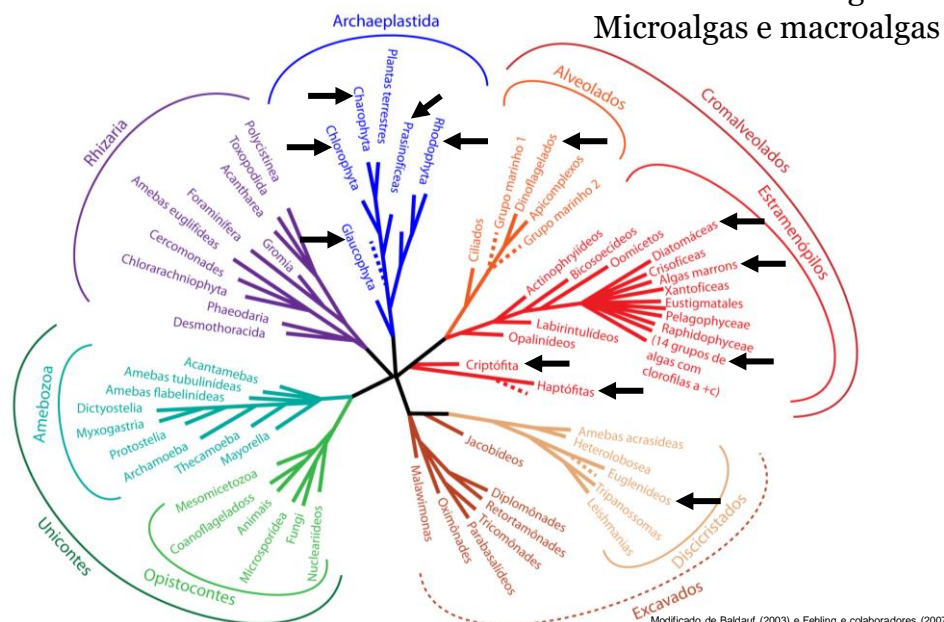


BIBO143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

Algas???

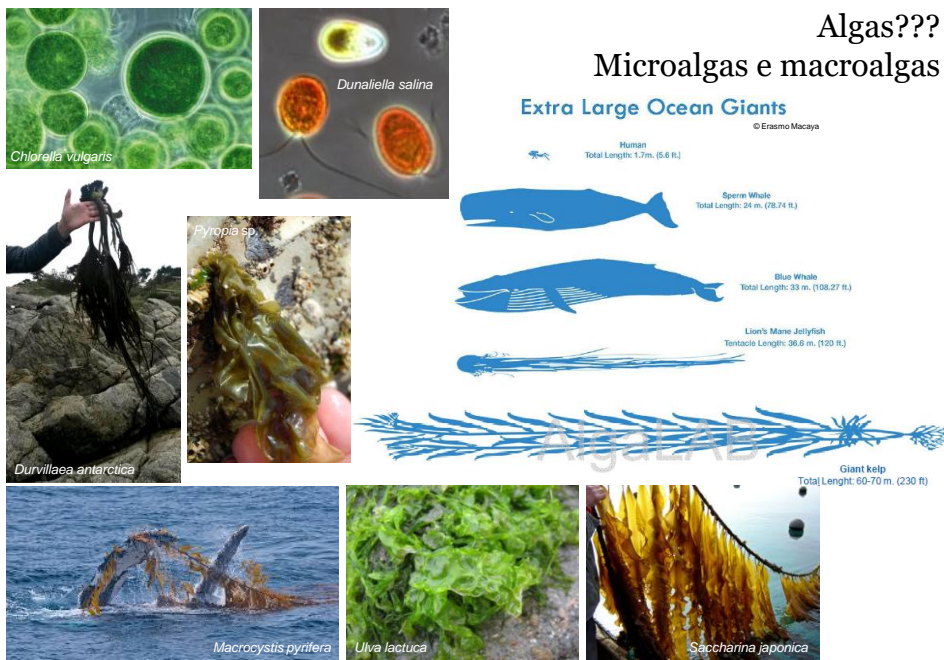
Microalgas e macroalgas



BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais ©2018 – Fungyi Chow fchow@ib.usp.br

Algas???

Microalgas e macroalgas



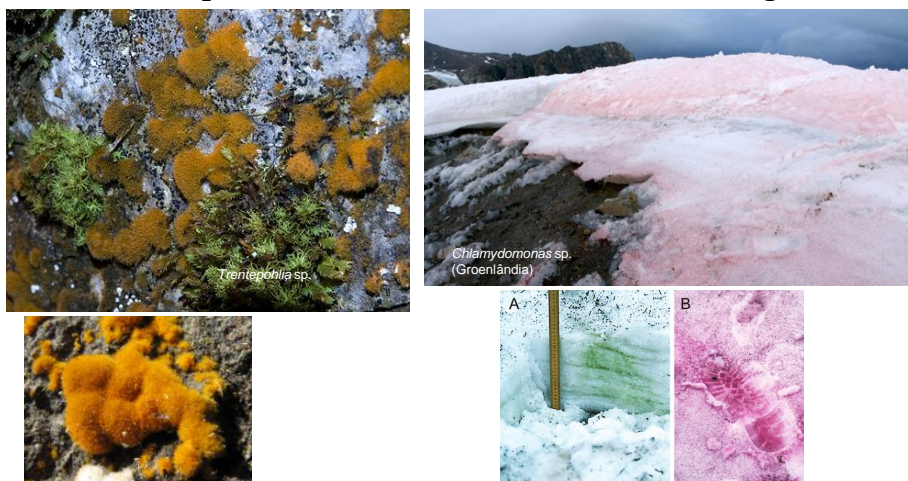
BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais ©2018 – Fungyi Chow fchow@ib.usp.br

Algas???

Características:

Microalgas e macroalgas

- Eucariontes fotossintetizantes: clorofila *a*.
- Hábito aquático, na maioria (também terrestres, gelo...).



BIBO143 – Recursos Econômicos Vegetais

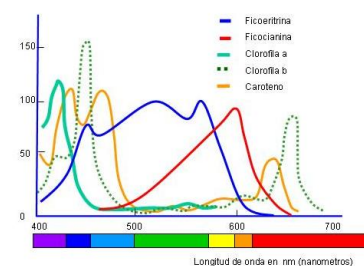
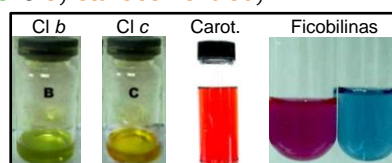
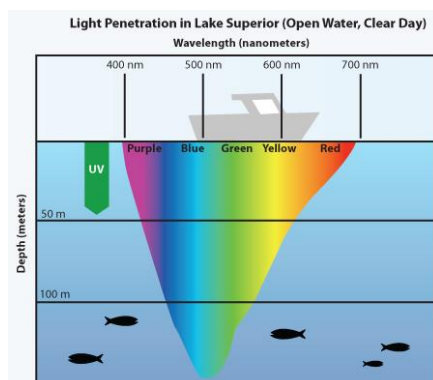
©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

Algas???

Características:

Microalgas e macroalgas

- Eucariontes fotossintetizantes: clorofila *a*.
- Hábito aquático, na maioria (também terrestres, gelo...).
- Pigmentos acessórios: clorofilas *b* e *c*, carotenoides, ficobilinas.



BIBO143 – Recursos Econômicos Vegetais

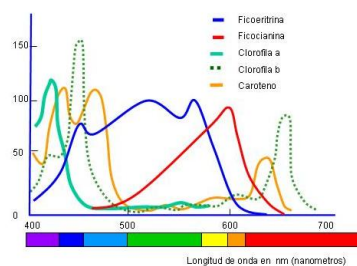
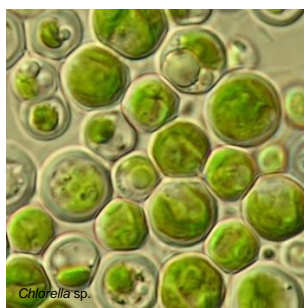
©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

Algas???

Características:

Microalgas e macroalgas

- Eucariontes fotossintetizantes: clorofila *a*.
- Hábito aquático, na maioria (também terrestres, gelo...).
- Pigmentos acessórios: clorofilas *b* e *c*, carotenoides, ficobilinas.
 - espectro de absorção dos pigmentos
 - fixação de carbono: Prêmio Nobel (1961) / Melvin Calvin

} microalga
Chlorella

BIBO143 – Recursos Econômicos Vegetais

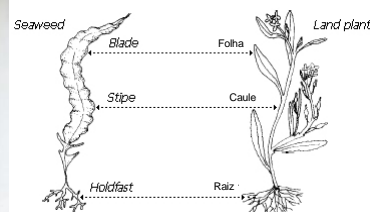
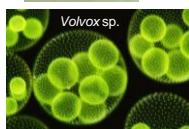
©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

Algas???

Características:

Microalgas e macroalgas

- Eucariontes fotossintetizantes: clorofila *a*.
- Hábito aquático, na maioria (também terrestres, gelo...).
- Pigmentos acessórios: clorofilas *b* e *c*, carotenoides, ficobilinas.
 - espectro de absorção dos pigmentos
 - fixação de carbono: Prêmio Nobel (1961) / Melvin Calvin
- Organização do corpo vegetal: talo (sem raiz, caule nem folhas).

} microalga
Chlorella

BIBO143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

Modelos experimentais - importantes descobertas:

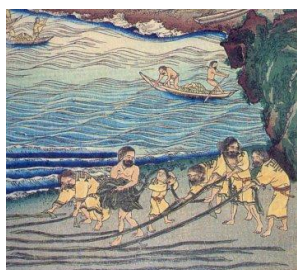
- Organização dos microtúbulos do flagelo: 9 + 2 → microalgas.
- mRNA (*Acetabularia*).
- *Thalassiosira pseudonana* (diatomácea): genes da parede de sílica - informações das funções ecológicas e aplicações industriais (Armbrust et al., 2004; Mock et al., 2008).
- proteínas “heat shock” – adaptações evolutivas e ambientais e relações filogenéticas (Renner & Waters, 2007).



BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

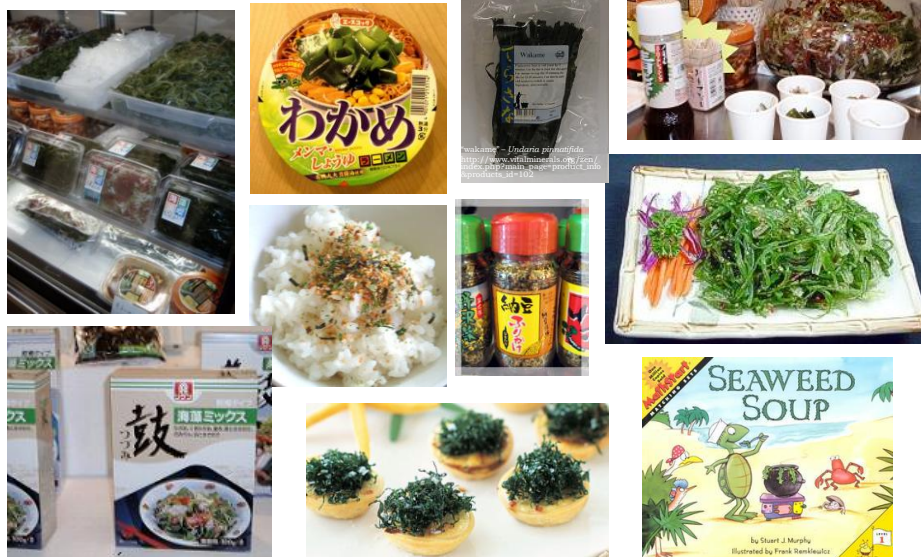
Alimentação humana – 850 a.C. China (civilização Maia, Astecas, Incas)



BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

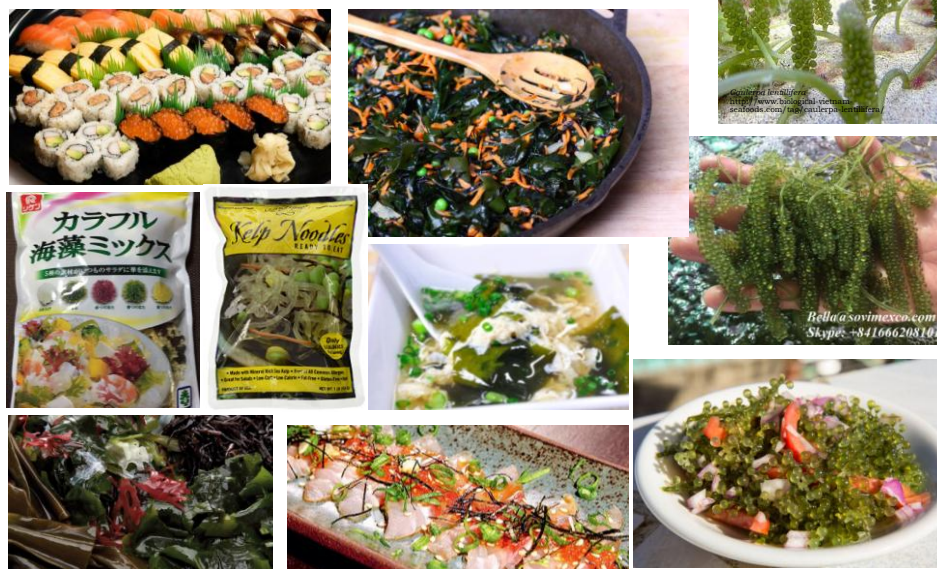
Alimentação humana – atualidade



BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

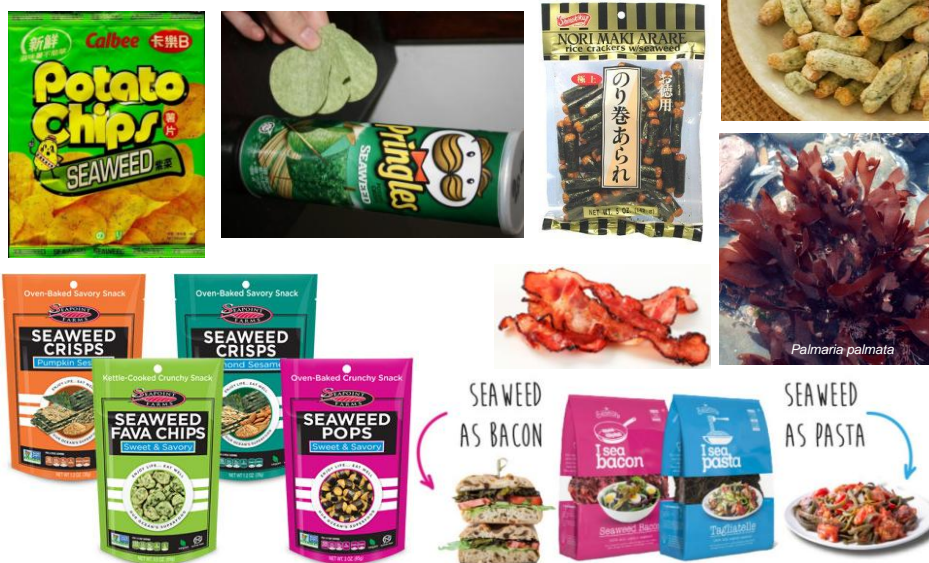
Alimentação humana – atualidade



BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

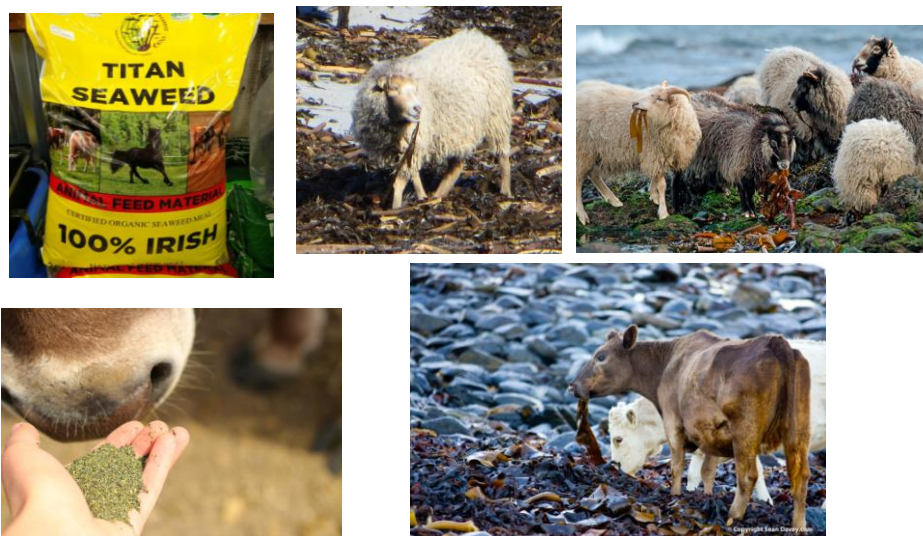
Alimentação humana – atualidade



BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

Alimentação animal



BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

Ingrediente funcional, nutracêutico, fitoterápico, suplemento nutricional – alto teor nutricional (fibras, vitaminas, minerais, proteínas)



Trends in Food Science & Technology April 1993 [Vol. 4]

Review

Seaweeds, which have traditionally been used by the Western food industry for their polysaccharide extractions – alginates, carrageenan and agar – also contain compounds with potential nutritional benefits. Seaweeds have recently been approved in France for human consumption (as vegetables and condiments), thus opening new opportunities for the food industry. These seaweeds require not only industrial and technical specifications and consumer safety regulations. This paper is a short review of biochemical and nutritional aspects associated with the use of seaweeds in food products.

Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects

Serge Mabeau and Joël Fleurence

Nutrition Reviews®, Vol. 65, No. 12 December 2007(1): 535-543

Nutritional Value of Edible Seaweeds

I MacArtain, PhD, Christopher I.R. Gill, PhD, Mariel Brooks, PhD, Ross Campbell, and R. Rowland, PhD

Food Type	Calcium	Potassium	Magnesium	Sodium	Copper	Iron	Iodine	Zinc
Seaweed (mg/100 g wet weight)¹⁵								
<i>Ascopyllum nodosum</i>	575.0	765.0	225.0	1173.8	0.8	14.9	18.2	NA
<i>Laminaria digitata</i>	364.7	2013.2	403.5	624.6	0.3	45.6	70.0	1.6
<i>Himanthalia elongata</i>	30.0	1351.4	90.1	600.6	0.1	5.0	10.7	1.7
<i>Ulva pinnatifida</i>	112.3	62.4	78.7	448.7	0.2	3.9	3.9	0.3
<i>Porphyra umbilicalis</i>	34.2	302.2	108.3	119.7	0.1	5.2	1.3	0.7
<i>Palmaria palmata</i>	148.8	1169.6	97.6	255.2	0.4	12.8	10.2	0.3
<i>Chondrus crispus</i>	373.8	827.5	573.8	1572.5	0.1	6.6	6.1	NA
<i>Ulva</i> spp.	325.0	245.0	465.0	340.0	0.3	15.3	1.6	0.9
<i>Enteromorpha</i> spp.	104.0	351.1	45.1	52.0	0.1	22.2	97.9	1.2
Whole food (mg/100 g weight)¹⁶								
Brown rice	110.0	1160.0	520.0	28.0	1.3	12.9	NA	16.2
Whole milk	115.0	140.0	11.0	55.0	Tr	0.1	15.0	0.4
Cheddar cheese	720.0	77.0	25.0	670.0	0.0	0.3	39.0	2.3
Sirloin steak	9.0	260.0	16.0	49.0	0.1	1.6	6.0	3.1
Lentils green and brown	71.0	940.0	110.0	12.0	1.0	11.1	NA	3.9
Spinach	170.0	500.0	54.0	140.0	0.0	2.1	2.0	0.7
Bananas	6.0	400.0	34.0	1.0	0.1	0.3	8.0	0.2
Brazil nut	170.0	660.0	410.0	3.0	1.8	2.5	20.0	4.2
Peanuts	60.0	670.0	210.0	2.0	1.0	2.5	20.0	3.5

¹⁵Values for seaweeds from the Institut de Phytonutrition (2004).

¹⁶Values for whole foods from McCance et al. (1993).

Abbreviations: NA, no data available; Tr, trace.

BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

Ingrediente funcional, nutracêutico, fitoterápico, suplemento nutricional – alto teor nutricional (fibras, vitaminas, minerais, proteínas)

Nutrition Reviews®, Vol. 65, No. 12 December 2007(1): 535-543

Nutritional Value of Edible Seaweeds

Paul MacArtain, PhD, Christopher I.R. Gill, PhD, Mariel Brooks, PhD, Ross Campbell, and Ian R. Rowland, PhD

Seaweed	Vitamin (mg per 8 g dry portion) ¹⁵									Food type	Total fiber
	B1	B2	B3	B6	B8	B9	C	E	B12 ¹⁷		
<i>Ascopyllum nodosum</i>	0.216	0.058	0.000	0.001	0.001	3.648	0.654	0.029	0.131	Seaweed (g/100g wet weight) ¹⁵	
<i>Laminaria digitata</i>	0.011	0.011	4.896	0.513	0.513	0.000	2.842	0.275	0.495	<i>Ascopyllum nodosum</i>	8.8
<i>Undaria pinnatifida</i>	0.403	0.936	7.198	0.259	0.015	0.528	14.779	1.392	0.345	<i>Laminaria digitata</i>	6.2
<i>Porphyra umbilicalis</i>	0.077	0.274	0.761	0.119	NA	1.003	12.885	0.114	0.769	<i>Himanthalia elongata</i>	9.8
<i>Palmaria palmata</i>	0.024	0.080	0.800	0.002	0.002	0.021	5.520	1.296	1.840	<i>Undaria pinnatifida</i>	3.4
<i>Ulva</i> spp.	0.060	0.030	8.000	NA	NA	0.012	10.000	NA	6.300	<i>Porphyra umbilicalis</i>	3.8
										<i>Palmaria palmata</i>	5.4
										<i>Ulva</i> sp.	3.8
										<i>Enteromorpha</i> sp.	4.9
										Whole food (g/100 g weight)¹⁶	
										Brown rice	3.8
										Prunes	2.4
										Porridge	0.8
										<i>Lentils green/brown</i>	8.9
										Cabbage	2.9
										Carrots	2.6
										Apples	2.0
										Bananas	3.1



¹⁵Values for seaweeds from the Institut de Phytonutrition (2004).

¹⁶Values for whole foods from McCance et al. (1993).

BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

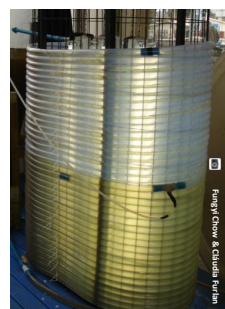
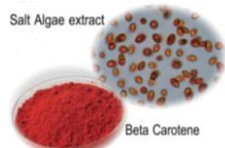
©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

Suplemento nutricional

- *Dunaliella* (clorófitas)
50 vezes mais β -caroteno que *Spirulina*.
suporta altas concentrações de salinidade.
- *Phaeodactylum tricornutum* (diatomeia)
rico em ácidos graxos poliinsaturados de
cadeias longas.

- *Haematococcus* (clorófitas)
astaxantina: rações para aquacultura,
antioxidante, corante ou cosméticos.

*Grünewald et al. (1997) – diminuição de N no meio de cultivo
e alta irradiância induz a produção de astaxantina.



BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

Suplemento nutricional

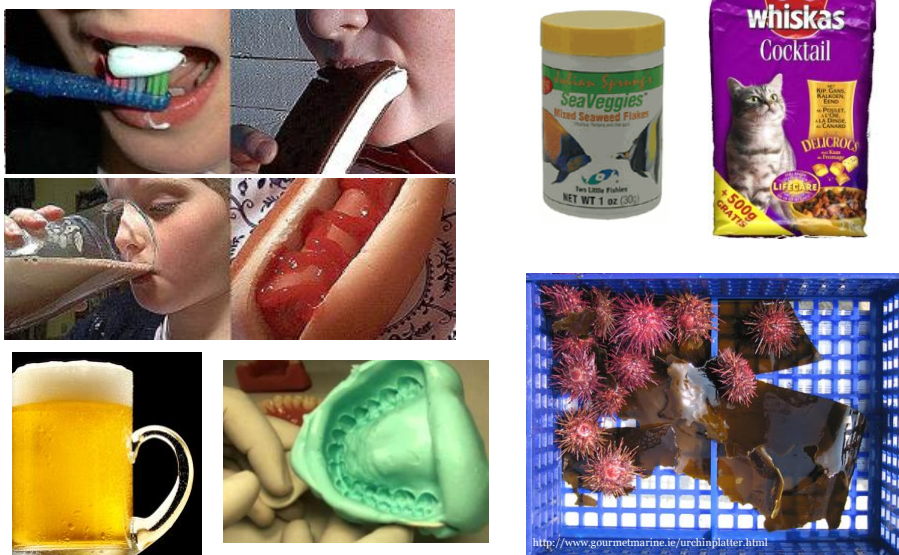
- *Spirulina* (**cianobactéria**)
50-70% (MS) de proteínas
> castanhas, grãos e soja
fonte natural de vitamina B,
ácidos graxos poliinsaturados e
 β -caroteno (vitamina A).



BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

Outros produtos: ficocoloides (ágar, carragenina, alginato)



BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

Outros produtos: ficocoloides (ágar, carragenina, alginato)



http://startupeis.com/wp-content/uploads/2017/05/%C3%A1gua-comest%C3%ADvel.mp4?_1

BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

Cosméticos e produtos de higiene



BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

Fertilizante

ISSN 1021-4437, Russian Journal of Plant Physiology, 2007, Vol. 54, No. 2, pp. 163–170. © Pleiades Publishing, Ltd., 2007.
Original Russian Text © E.R. Tarakhovskaya, Yu.I. Maslov, M.F. Shishova, 2007, published in Fiziolohiya Rastenii, 2007, Vol. 54, No. 2, pp. 186–194.

Phytohormones in Algae

E. R. Tarakhovskaya, Yu. I. Maslov, and M. F. Shishova
Institute of Biology, St. Petersburg State University, Oranienbaumskoe sh. 2, Staryi Peterhof, 198504 Russia;
e-mail: mshishov@mail.ru
Received June 5, 2006

Table 2. Phytohormones in the algae of various taxonomic groups

Division	Phytohormones found	Source
Chlorophyta	IAA (genera <i>Enteromorpha</i> , <i>Chlorella</i> , <i>Cladophora</i> , <i>Caulerpa</i>)	[14, 16, 18, 20, 21, 27]
	cytokinins (genera <i>Protococcus</i> , <i>Chlorella</i> , <i>Scenedesmus</i> , <i>Chlamydomonas</i>)	[14, 19, 29–31]
	gibberellins (genus <i>Caulerpa</i>)	[27]
	ABA (genera <i>Chlorella</i> , <i>Dunaliella</i> , <i>Haematococcus</i>)	[33, 34]
	lumularic acid (genus <i>Enteromorpha</i>)	[13, 16]
	jasmonic acid (genera <i>Dunaliella</i> , <i>Chlorella</i>)	[20, 38]
	polyamines (genera <i>Ulva</i> , <i>Chlorella</i>)	[40, 41]
	brassinosteroids (genus <i>Hydrodictyon</i>)	[43]
Phaeophyta	IAA (genera <i>Macrocystis</i> , <i>Laminaria</i> , <i>Fucus</i> , <i>Ascophyllum</i>)	[14, 20, 23–25]
	cytokinins (genera <i>Fucus</i> , <i>Ascophyllum</i> , <i>Sargassum</i> , <i>Macrocystis</i>)	[23, 28, 31]
	gibberellins (genus <i>Fucus</i>)	[12]
	ABA (genera <i>Ascophyllum</i> , <i>Laminaria</i>)	[35]
Rhodophyta	polyamines (genus <i>Dactyloa</i>)	[41]
	IAA (genera <i>Botryodictyon</i> , <i>Porphyra</i>)	[14, 20, 21]
	cytokinins (genus <i>Porphyra</i>)	[31]
	jasmonic acid (genus <i>Gelidium</i>)	[38]
	polyamines (genera <i>Cyanidium</i> , <i>Gelidium</i> , <i>Grateloupia</i>)	[39, 41, 42]
Charophyta	rhodomorphin (genus <i>Griffithsia</i>)	[45, 46]
	cytokinins (genus <i>Chara</i>)	[19]
Euglenophyta	cytokinins (genus <i>Euglena</i>)	[15]
	jasmonic acid (genus <i>Euglena</i>)	[38]
	polyamines (genus <i>Euglena</i>)	[41]
Cyanophyta	IAA (genera <i>Oscillatoria</i> , <i>Chlorogloea</i>)	[14, 26]
	cytokinins (genera <i>Arthrocnemum</i> , <i>Calothrix</i>)	[19, 30]
	jasmonic acid (genus <i>Spirulina</i>)	[20]



Benefits Of Liquid Seaweed Fertilizer



BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

Biocombustíveis

- Microalgas: produção industrial de biomassa para extração de lipídios e sistemas para gerar hidrogênio.

- Macroalgas (pardas e verdes): paredes ricas em celulose e outros carboidratos – fermentação (álcool).

*McGinnis et al. (1997) e Hu et al. (2008) – *Chaetoceros muelleri* (diatomácea) 5-7x mais lipídios em condições limitantes de N.

*Roessler (1990) – identificou mais de 300 classes de lipídios potenciais.



Crude oil from algae by Sapphire Energy for Continental Airlines.



Biorremediadores

Microalgas e macroalgas:

- Remoção de nutrientes – redução de eutrofização.
- Remoção de metais pesados.

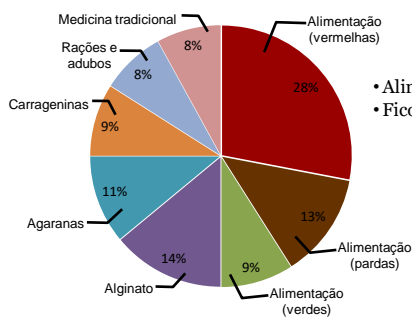
- Vantagens:

- *baixo custo energético.
- *produção de biomassa.
- *uso de algas bentônica (fixa ao substrato).



- NASA - Sistemas de suporte de vida: regeneração de ar, BIOS-3: 315 m³ com um compartimento algal, *Chlorella* (Fogg, 1995).

- Projeto: modificação da atmosfera de Marte – colonização humana, *Chroococcidiopsis* (Friedmann & Ocampo-Friedmann, 1995).



- Alimentação: 50%
- Ficolóides: 34%

FAO 2016 – The State of World Fisheries and Aquaculture (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação)

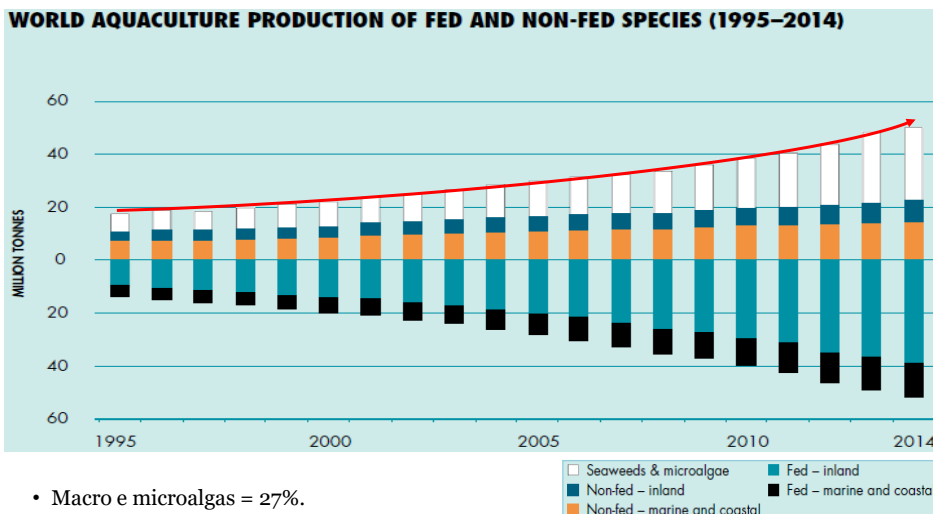
- 2014 – colheita: 28,5 milhões toneladas de macroalgas e outras algas.
- * consumo direto, processamento para alimento, fertilizantes, usos farmacêuticos e de cosméticos, dentre outros.

PRODUCTION OF FARMED AQUATIC PLANTS IN THE WORLD

	2005	2010	2013	2014
(Thousand tonnes)				
<i>Kappaphycus alvarezii</i> and <i>Eucheuma</i> spp. (carragenina)	2 444	5 629	10 394	10 992
<i>Laminaria japonica</i> (kombu)	4 371	5 147	5 942	7 655
<i>Gracilaria</i> spp. (ágar)	936	1 696	3 463	3 752
<i>Undaria pinnatifida</i> (wakame)	2 440	1 537	2 079	2 359
<i>Porphyra</i> spp. (norí)	1 287	1 637	1 861	1 806
<i>Sargassum fusiforme</i> (hiiki)	86	78	152	175
<i>Spirulina</i> spp.	48	97	82	86
Other aquatic plants	1 892	3 172	2 895	482
TOTAL	13 504	18 993	26 868	27 307

FAO 2016 – The State of World Fisheries and Aquaculture (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação)

WORLD AQUACULTURE PRODUCTION OF FED AND NON-FED SPECIES (1995–2014)



- Macro e microalgas = 27%.
- 2014 – US\$ 148 bilhões peixe e produtos pesqueiros.
US\$ 1,8 bilhões macroalgas e outras plantas aquáticas.

Cultivo de *Pyropia* (*Porphyra*, “nori”)



Caldo de esporos para inoculação.



Inoculação em conchas de ostras com “carposporos” de *Pyropia*.



Inoculação em redes de cultivo com conchósporos de *Pyropia*.



Desenvolvimento dos conchósporos de *Pyropia*.



BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

Cultivo de *Pyropia* (*Porphyra*, “nori”)



<http://seaweed.ucg.ie/cultivation/>



BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

Cultivo de *Pyropia* (*Porphyra*, “nori”)



BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

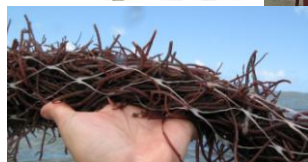
©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

Cultivo no Brasil: *Gracilaria* e *Kappaphycus*

Cultivo de *Gracilaria* sp. – Ceará
Cooperativa Mulheres de Corpo e Alga



Cultivo em balsas de *Kappaphycus alvarezii* – Rio de Janeiro



Colheita de *Kappaphycus alvarezii* – Florianópolis

BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

Fornecer um panorama das possibilidades de **exploração** de **recursos vegetais**, com ênfase nos aspectos biológicos que podem contribuir para o aumento da **produtividade** e **conservação** do **patrimônio** genético das plantas



BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

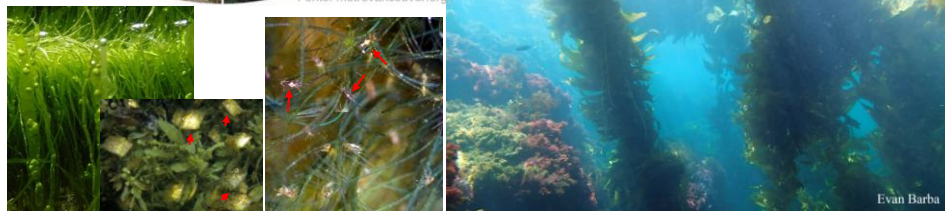


BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br



- Estruturadores de comunidades.
- Importantes produtores primários.
- Paisagem e lazer.
- Refúgio, berçário e alimento.
- Controle do clima.
- Captura de carbono e reciclagem.
- Proteção contra desastres naturais.
- Renovação de nutrientes e fertilização do solo.
- Patrimônio / Territorialidade.



BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

©2018 – Fungyi Chow
fchow@ib.usp.br

BIB0143 – Recursos Econômicos Vegetais

Fornecer um panorama das possibilidades de **exploração** de **recursos vegetais**, com ênfase nos aspectos biológicos que podem contribuir para o aumento da **produtividade** e **conservação** do **patrimônio** genético das plantas



Fungyi Chow – fchow@ib.usp.br
Laboratório de Algas Marinhas Édison José de Paula