



CNR Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto per lo Studio degli Ecosistemi (Firenze)

Graziella Chini Zittelli graziella.chinizittelli@ise.cnr.it



COME SFRUTTARE LO STRESS FISIOLOGICO E AMBIENTALE DELLE MICROALGHE PER LA PRODUZIONE DI SOSTANZE UTILI

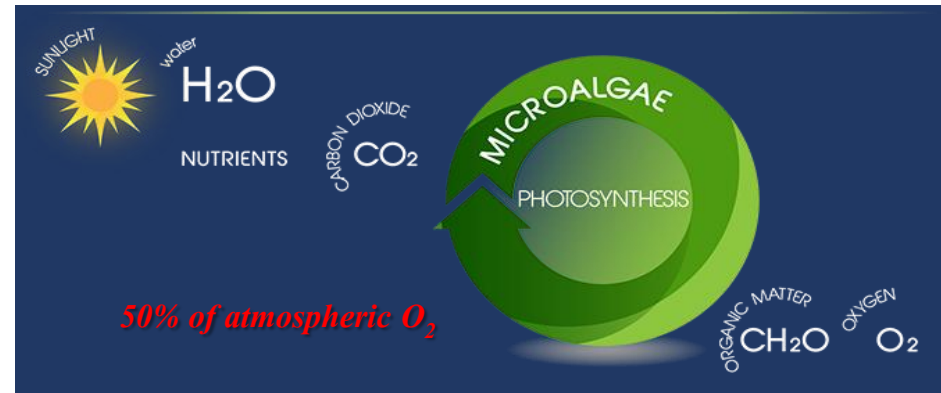
ALGOCOLTURA



MICROALGHE: una ricchezza da sfruttare

Luce come fonte di energia, CO₂ come substrato carbonioso

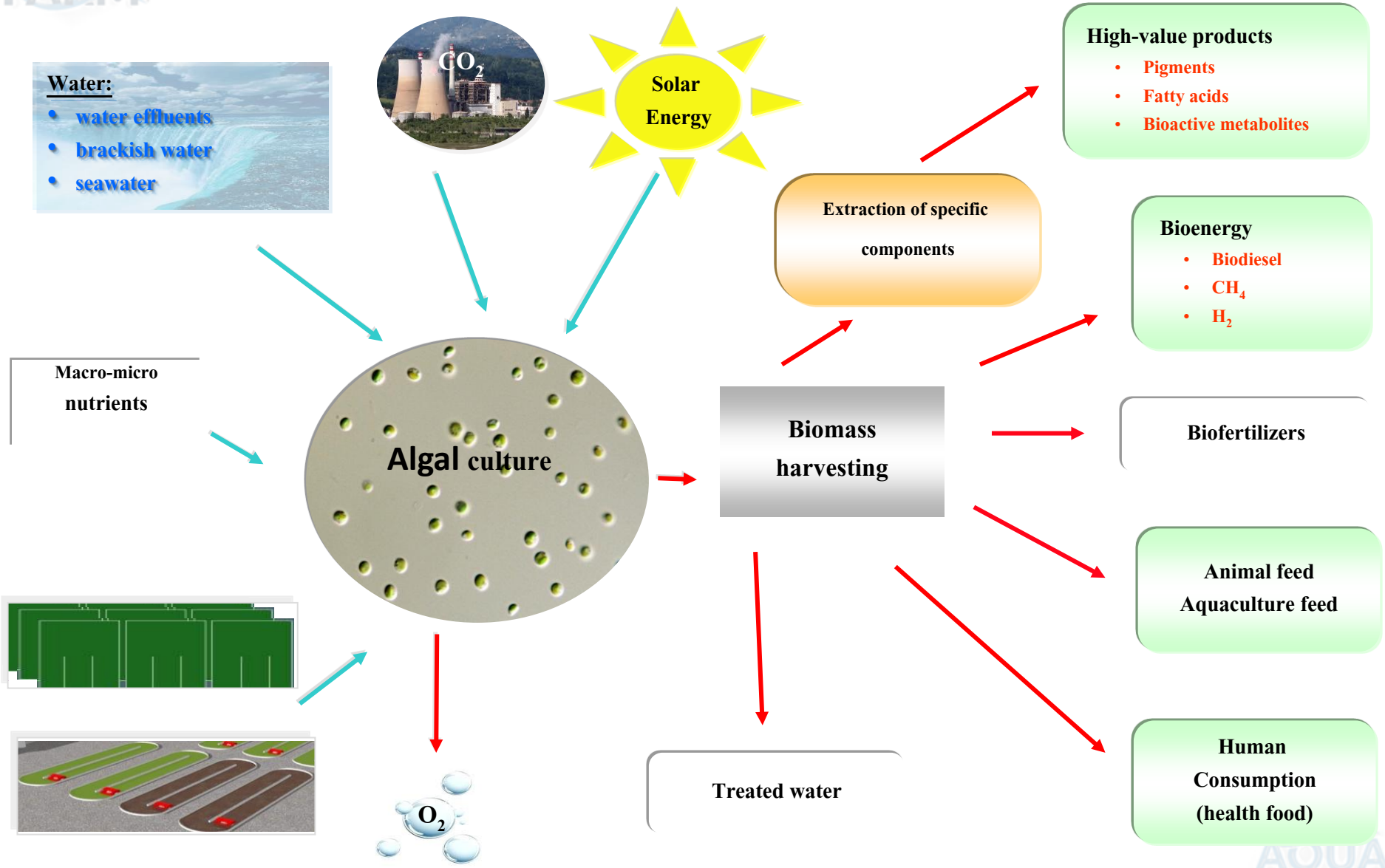
- Organismi unicellulari - **fotosintetici autotrofi**
- Ecosistemi acqua dolce, salata, suolo
- 1° anello della catena alimentare
- Elevata biodiversità morfologica e metabolica

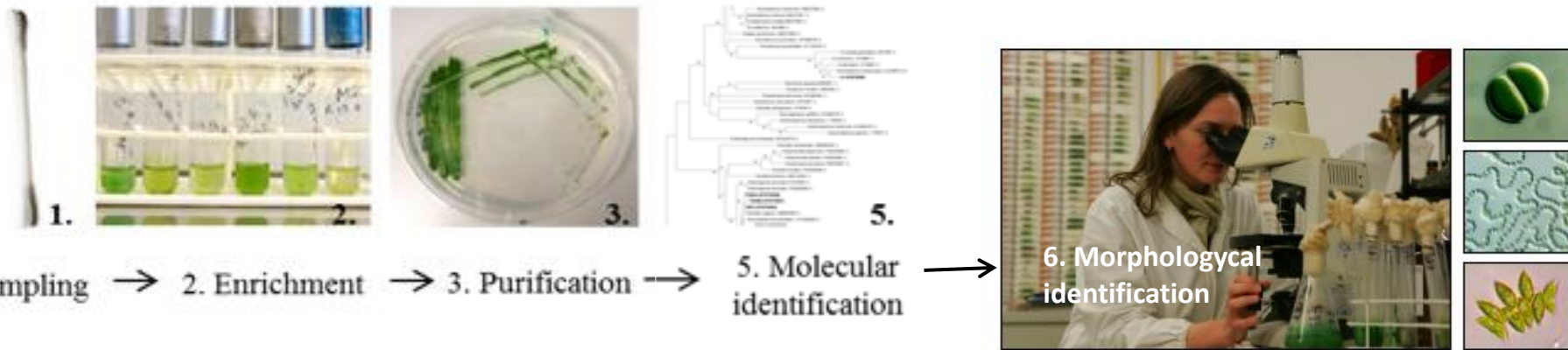


➤ > **60,000** specie esistenti, **40,000** conosciute di cui pochissime sfruttate commercialmente






➤ sono fonte di una enorme varietà di **chemicals pregiati** per applicazioni nel settore agroalimentare, farmaceutico e cosmetico e delle bioenergie

FABBISOGNI E POTENTIALI APPLICAZIONI





Condizioni ottimali di crescita.....

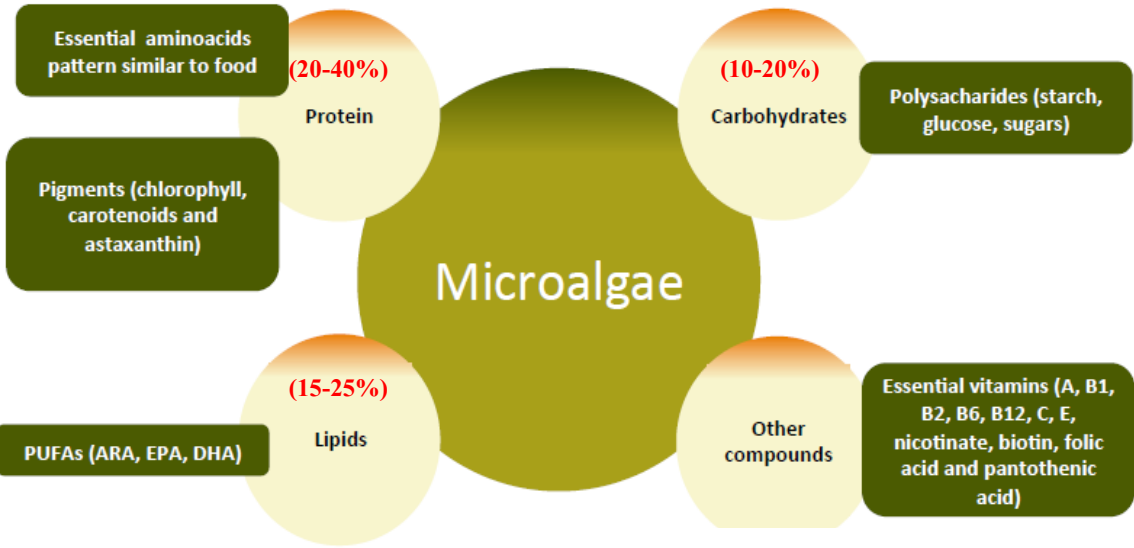
-  pH
-  Temperatura
-  Salinità
-  Luce (qualità e quantità)
-  Sistema di coltura

Genetically identified on molecular level via 18S rDNA sequencing

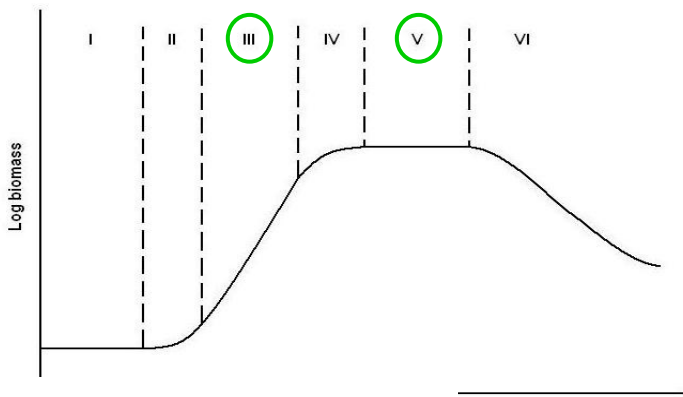
Based on structural and ultrastructural characteristics

Analisi biochimica

Composizione biochimica delle microalghe



I, lag; II accelerating growth; III, exponential growth; IV decelerating growth, V, stationary; VI, decline



Condizioni di stress.....

correlata alla fase di crescita e alla disponibilità nutrizionale, s...

elevata versatilità e capacità di produrre specifici metaboliti secondari

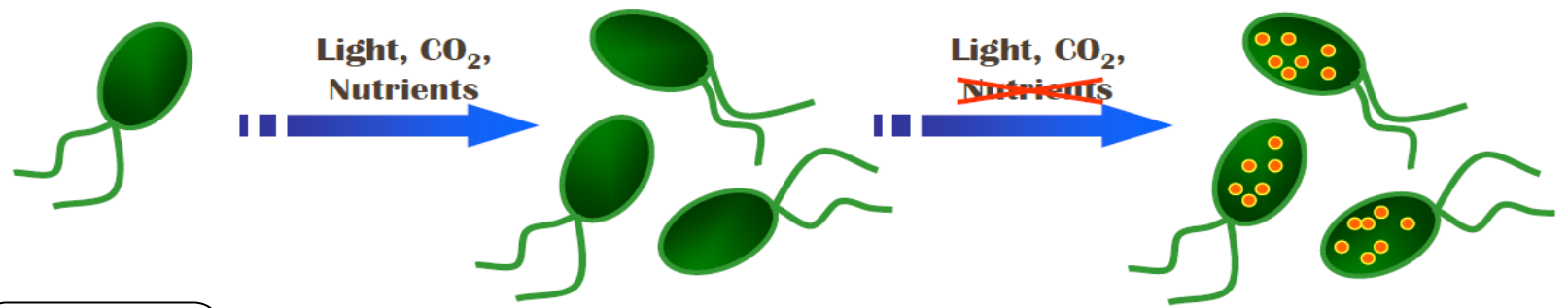
- Alta luce
- Temperatura sovraottimale
- Salinità elevata
- Carenza nutrienti (N, P, S, Fe)

non vengono utilizzati per la produzione di biomassa in condizioni sfavorevoli (an...

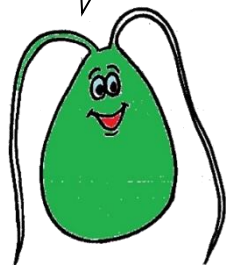
atura,

irati e/o

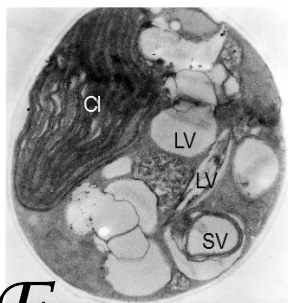
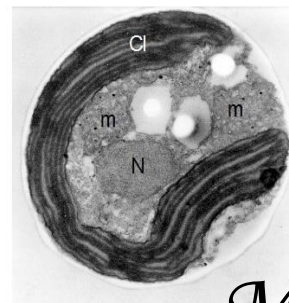
Lipid production



sintetizzo proteine
e mi divido

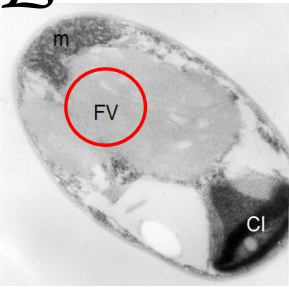
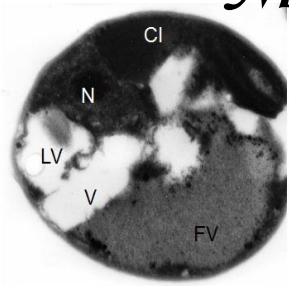


+ N

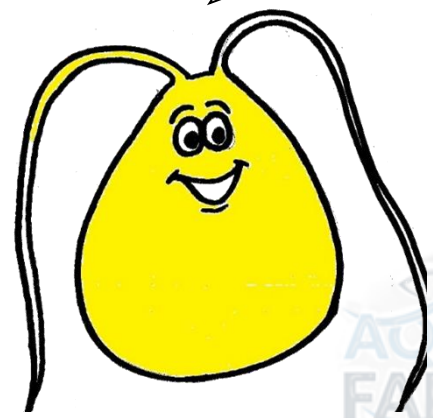


ME

- N



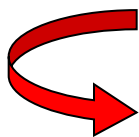
Non sintetizzo proteine utilizzo l'energia
in eccesso per accumulare lipidi, non mi
posso dividere ed ingrasso



vacuolo contenente grasso (FV) e un cloroplasto in degenerazione

BIODIESEL da *Nannochloropsis*

Lipidi **70%** ss



50% Trigliceridi



Biodiesel

Produzione olio stimata **15 tons/ha/anno**



➤ *Tetraselmis* coltivata all'aperto **in carenza di N**



CH **50% ss**



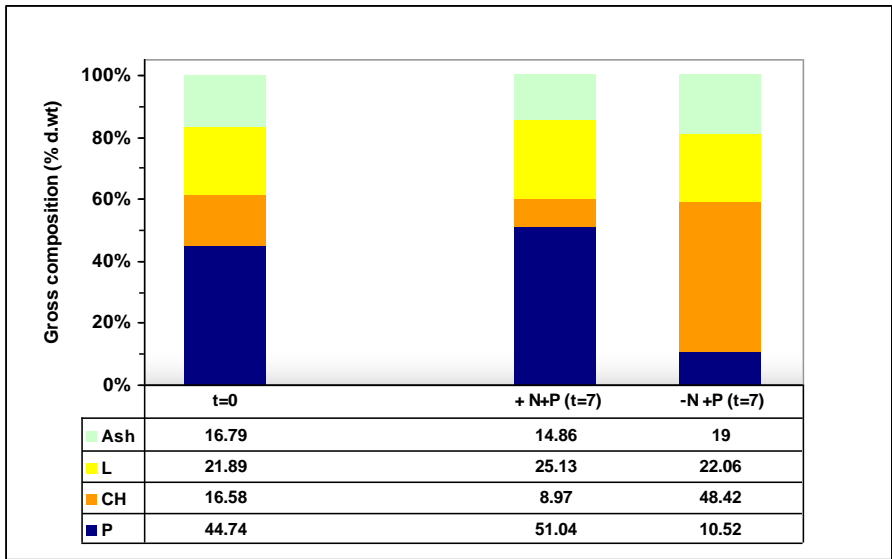
40% amido



Tetraselmis suecica



(7° giorno)

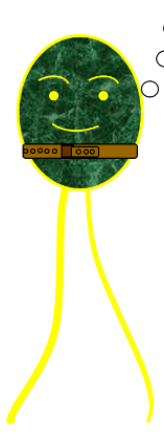


BIOIDROGENO *Chlamydomonas reinhardtii*

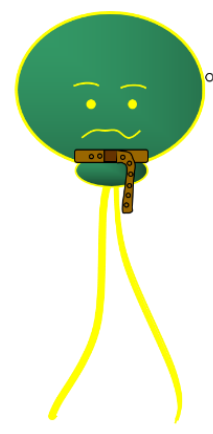
+ luce - S - O₂



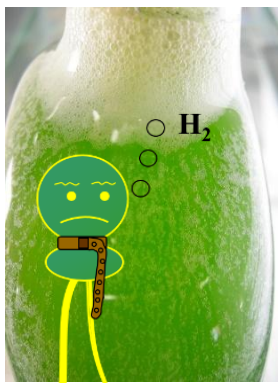
H₂



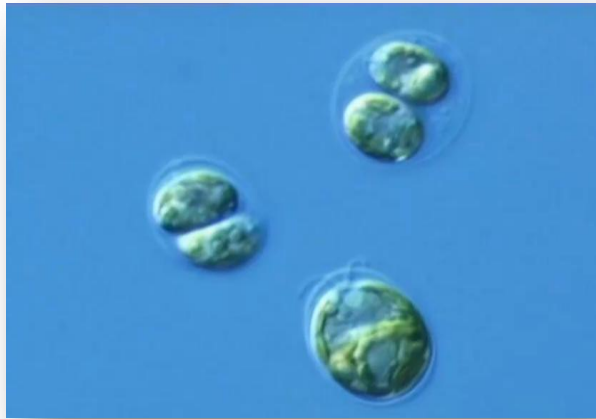
O₂



O₂



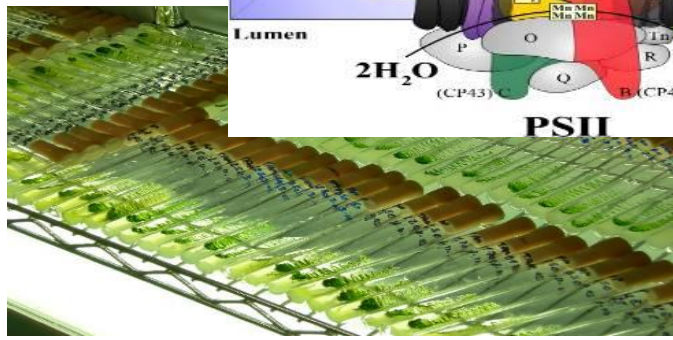
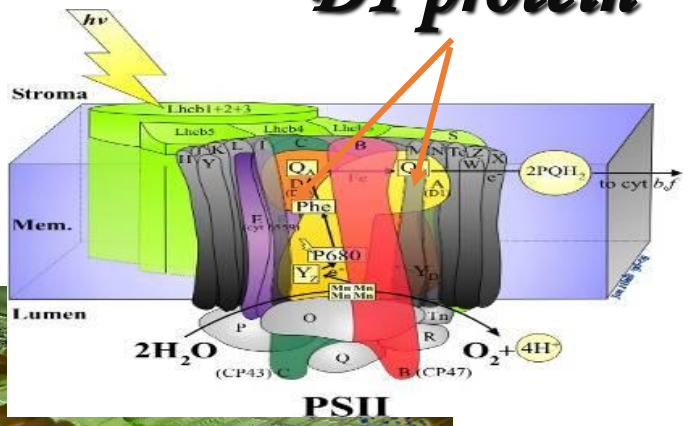
H₂



Sulfur Removed
(Transitional Stage)

Severe Sulfur Stress
(H₂ Production)

D1 protein



50 L culture

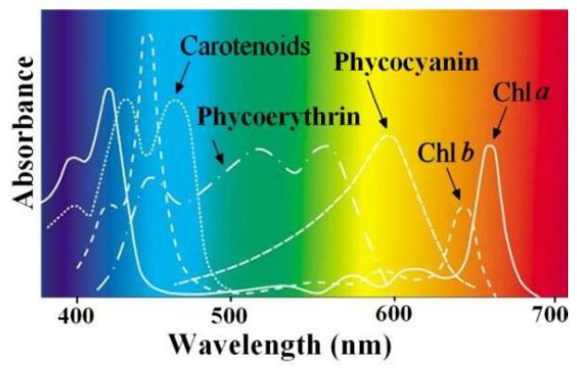


1 L H₂

Max efficienza 0.5%



Le Microalghe: fonte naturale di pigmenti



- **Clorofilla/e (verde)**
- **Carotenoidi (rosso, arancio, giallo)**
- **Ficobiliproteine (rosso, blu) solo cianobatteri**

➤ **Primari** (legati strutturalmente e funzionalmente ad apparato fotosintetico)

—

➤ **Secondari** (non legati strutturalmente e funzionalmente ad apparato fotosintetico)

—

Ruolo generale



sopravvivenza in condizioni di scarsa (subsaturating) o eccessiva (oversaturating) intensità luminosa

Ruoli specifici



Cattura della luce (primari ed accessori)

—

Fotoprotezione (filtering, quenching and/or scavenging)

— — —

Il contenuto in pigmenti dipende dalle **condizioni di coltura**

In condizioni di stress

- Clorofilla e Ficobiliproteine degradano
- Carotenoidi si accumulano

Bacteria,
algae,
fungi, plants
No animals



Carotenoidi

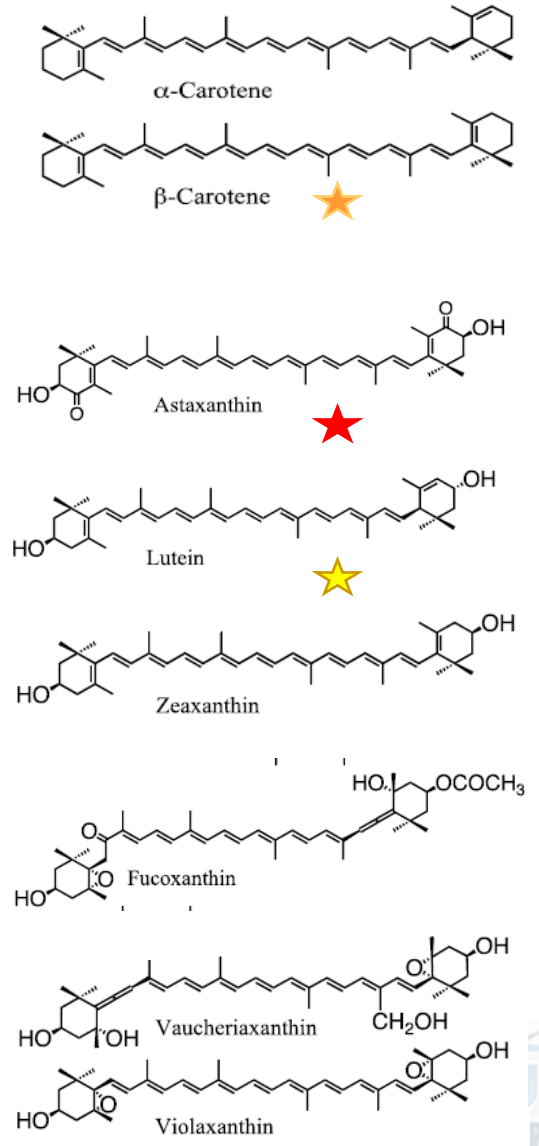
Caroteni

- α -carotene
- **β -carotene**



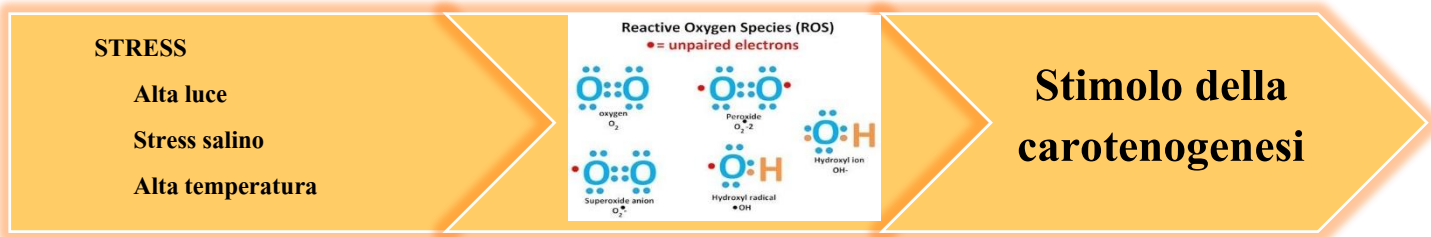
Xantofille

- **astaxantina**, luteina, zeaxantina, lycopene, **fucoxantina**



Principali microalghe produttrici di pigmenti

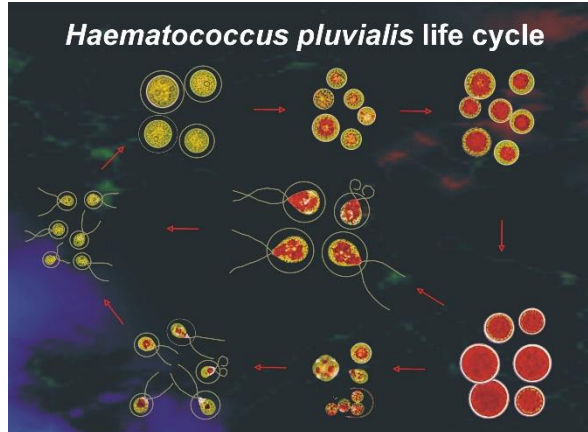
Color	Microalgal Species	Pigment type	Pigment content (% d. wt)
Red	<i>Haematococcus pluvialis</i> <i>Chlorella zofingensis</i>	Astaxanthin ★	<u>Up to 4</u> 0.37
Orange	<i>Dunaliella salina</i>	β-carotene	Up to 12



Luteina e fucoxantina non si accumulano sotto stress

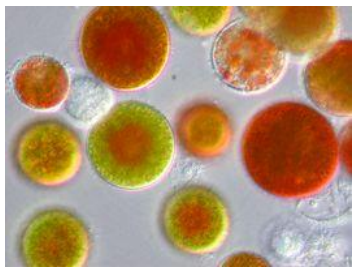
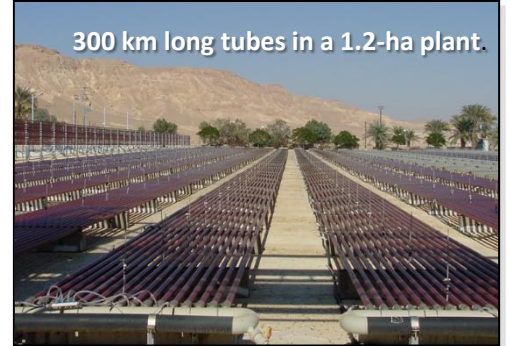
Primari	Secondari
Luteina	Astaxantina
β-carotene	β-carotene under stress conditions
Chls	-
PBP	-

ASTAXANTINA da *Haematococcus pluvialis*

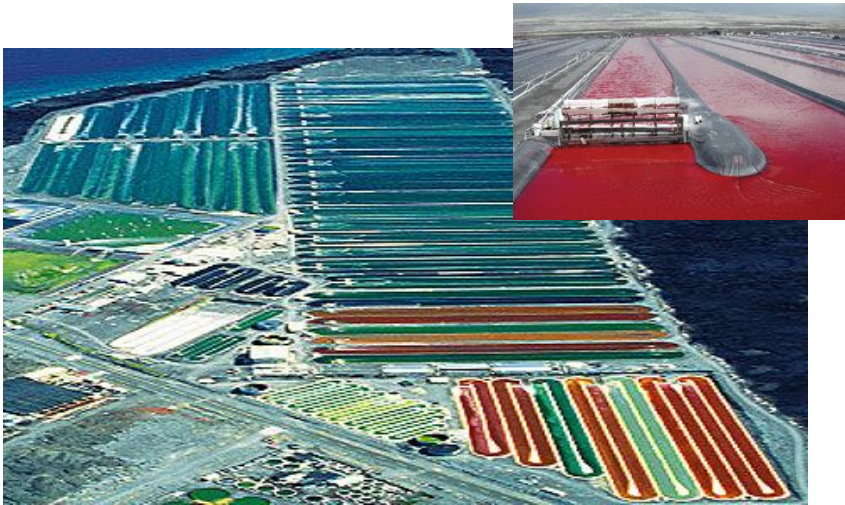


- Sintetizzata in presenza di alta luce + stress nutrizionale (carenza N)
- Accumulata nel citoplasma (5% ss): fase verde e rossa
- Produzione commerciale
 - fase verde e rossa in FBR
 - fase verde in FBR e fase rossa in vasche

Algatechnologies Ltd (Ketura, Israel)



Cyanotech (Hawaii, USA)

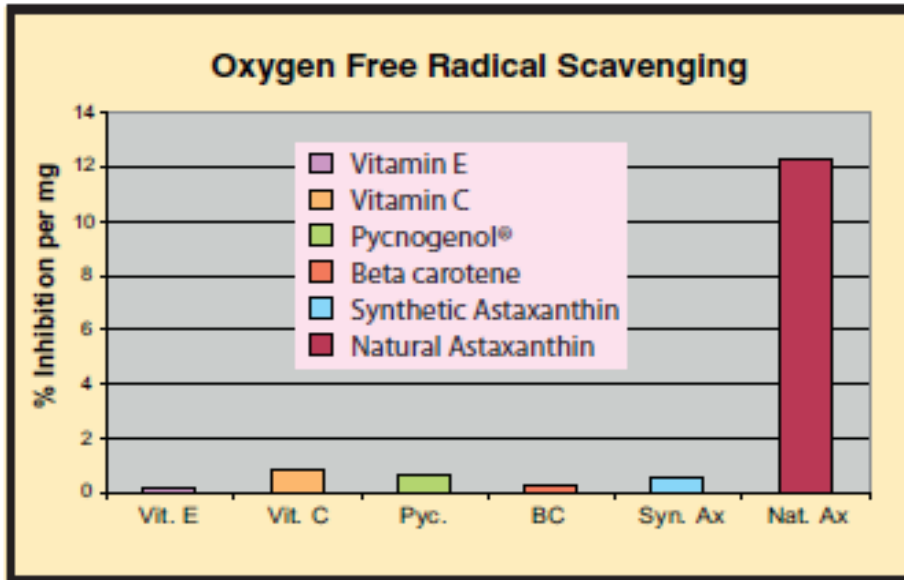
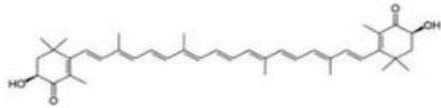


40 ha at Kona Coast of Hawaii



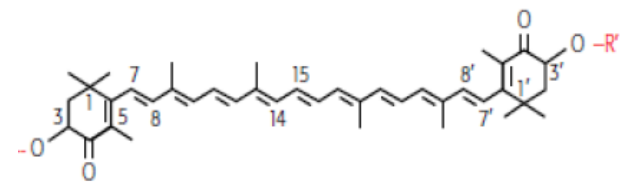
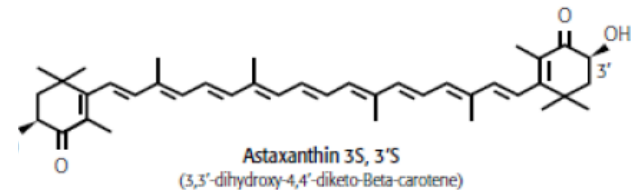
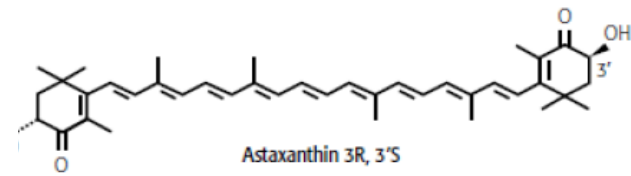
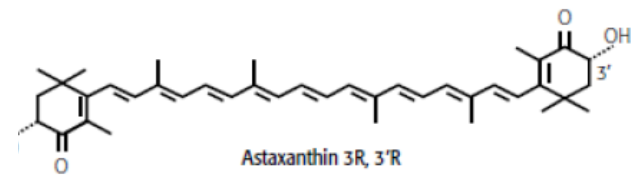
ASTAXANTHIN in natura

Antioxidant	Superior antioxidant	Carbon double bond (C=C)
Vitamin C		1
Vitamin E		3
Astaxanthin		9+4 = 13



D. Bagchi, Creighton University. 2001

Naturale vs sintetica



	(3S,3'R) and (3R,3'S)	(3R,3'R)
	<2%	>98%
	---	---
	50%	25%
6	2-6%	12-17% ¹

Allevamento salmonidi

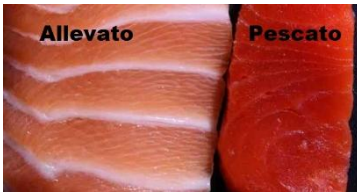
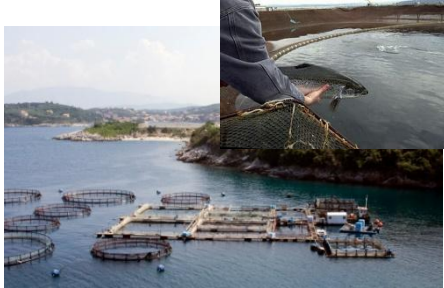
Funzioni



- La legislazione europea ammette l'impiego di due carotenoidi per salmonidi: **astaxantina** e **cantaxantina**
- L'impiego dell'astaxantina nell'alimentazione dei salmonidi è autorizzato nell'Unione Europea alla dose massima di 100 mg/kg di mangime

➤ Fonti di astaxantina ammesse:

- Carophyll Pink di sintesi
- Lieviti (*Phaffia rodozyma*)
- Biomassa di *Haematococcus pluvialis* (anche trattata)



if you buy salmon that is not clearly labe

€130-200/kg

1.5% Ast

NatuRose
Natural Astaxanthin
Tienda de Caballeros.es

Astaxanthin cost

1536 €/kg (*H. pluvialis*)

880 €/ kg (sintesi)

(Panis and Rosales, **Algal Research** - 2016)

Allevamento pesci ornamentali

Pigmentazione



Prezzo di mercato

<p>Pesci ornamentali</p>	<p><i>Arthrospira, Haematococcus, Chlorella</i></p>	<p>Pigmenti (PC, B-carotene, Astax)</p>	<p>Carotenoidi fondamentali per intensificare il colore</p>
---------------------------------	-----------------------------------------------------	---------------------------------------------	-------------------------------------------------------------



www.hkwdmt.com

Q Brand Algae Feed of Koi

submicron powder and natural Spirulina platensis

➤ **NatuRose astaxantina naturale**

Ottimi risultati di pigmentazione

Carpa e pesci ornamentali



β -CAROTENE da *Dunaliella salina*

Culture conditions



→ β -carotene typically 0.5-1% dry weight

Under high salinity, stress temperature, high light intensity, nitrogen limitation



→ β -carotene up to 12% of dry weight

Optimum salinity (NaCl)

22% for growth

>30% for β -carotene



Commercial Production

plants in Australia and Israel

Intensive



raceway ponds 3000 m² each

NTB Ltd (Israel)



very large, unmixed, shallow open ponds

Extensive

Cognis Dunaliella salina β -carotene plant at Hutt Lagoon, Western Australia

Biomass production
2000 tons/y
(250 tons β -carotene)

Factor	Biomass	β -carotene
Increase in salinity	-	+++
Decrease in salinity	+	- ^a
N deficiency	-	+
P deficiency	-	+
Increase in CO ₂ supply	+	0
Increase in irradiance	0	++++
Decrease in irradiance	0	-
Increase in temperature	0	+
Decrease in temperature	-	-
Increase in [O ₂]	0	-

Australian plants are the largest commercial microalgae production plants in the world with a total pond area of more than 900 ha





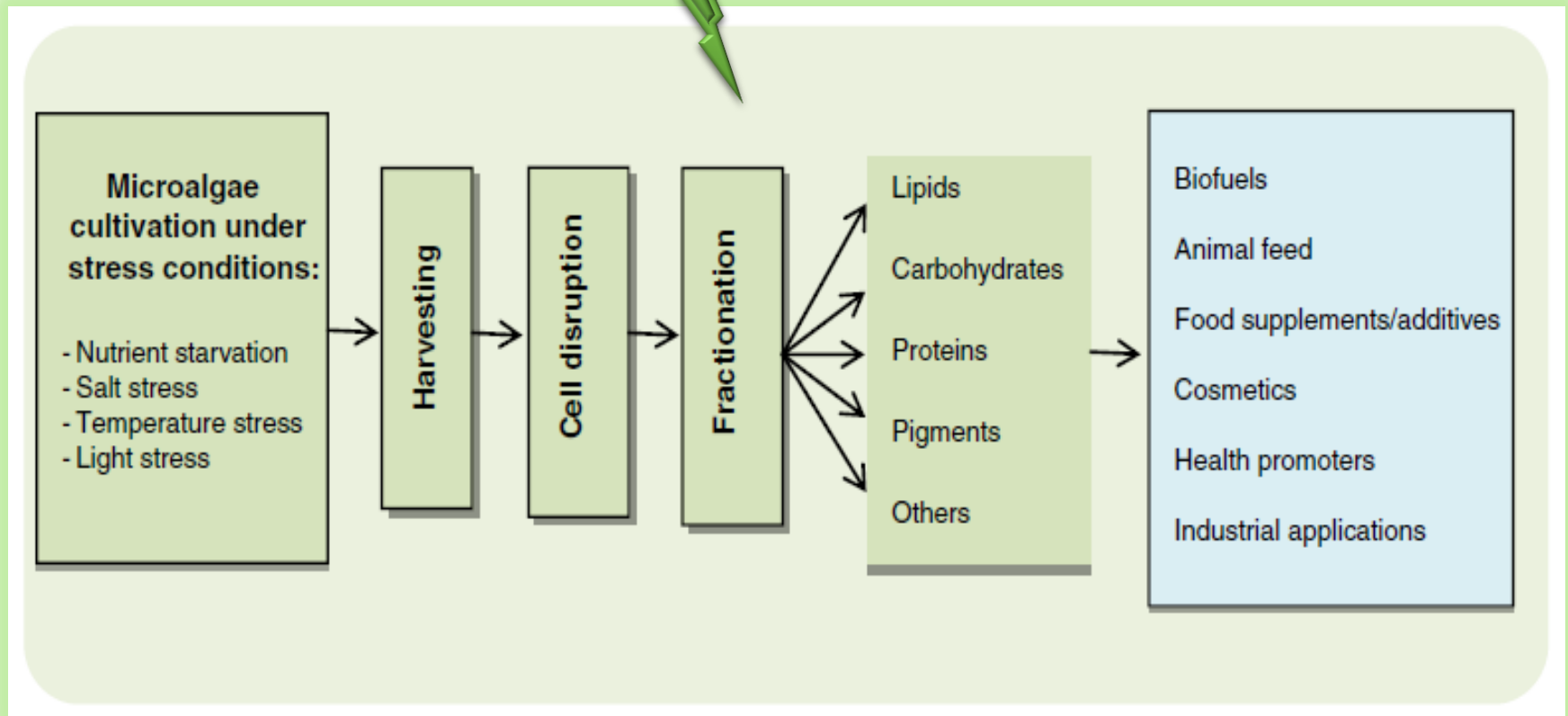




Composto	Microalga	Tipo di stress	Utilizzo
GLICEROLO	<i>Dunaliella</i> (17% ss) <i>Chlamydomonas</i>	Alta salinità Carenza S	Settore alimentare e farmaceutico
POLISACCARIDI (eso)	Cianobatteri <i>Porphyridium</i>	Età coltura Qualità e quantità luce	Bioflocculanti, addensanti, immunostimolanti
POLIIDROSSIALCANOATI (PHA)	Batteri Cyanobatteri	Alta salinità Carenza N, P	BIOPLASTICHE
Poliidrossibutirrato (PHB) Poliesteri termoplastici naturali	<i>Arthrospira</i> , <i>Nostoc</i> , <i>Synechocystis</i> (10-40 % ss)	Accumulate come fonte C di riserva, sotto forma di granuli	Biodegradabili e Riciclabili



«Migliorare le tecniche di estrazione e separazione di metaboliti diversi
dalla stessa biomassa»



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

