



"Le Nuove Frontiere delle Microalgae: Alimenti Funzionali ed Ingredienti Nutraceutici"



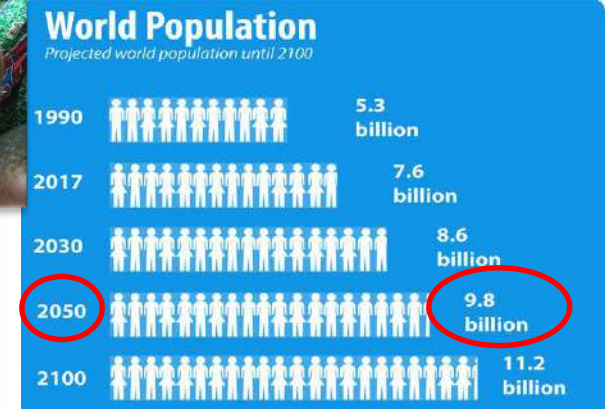
Dr.ssa Graziella Chini Zittelli



graziella.chinizittelli@ise.cnr.it

PROSPETTIVE AL 2050

- Riduzione della malnutrizione (800 milioni di persone)
- 2,5 miliardi di persone in più nel 2050
- Incremento del reddito medio in molti paesi in via di sviluppo
- Aumento del consumo di cibo pro-capite



La produzione alimentare globale aumenterà del 70%

Abbiamo bisogno di più cibo?

Abbiamo bisogno di un cibo diverso

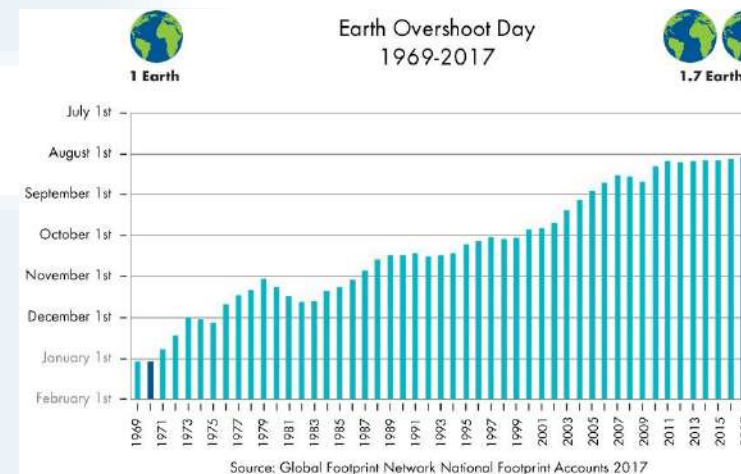
Abbiamo bisogno di nuove strategie per la produzione e distribuzione alimentare

La produzione alimentare richiederà sempre più enormi quantità di combustibili fossili e di energia con conseguenze gravi sulla fertilità dei suoli ed i cambiamenti climatici



SOVRASFRUTTAMENTO.....eccessivo

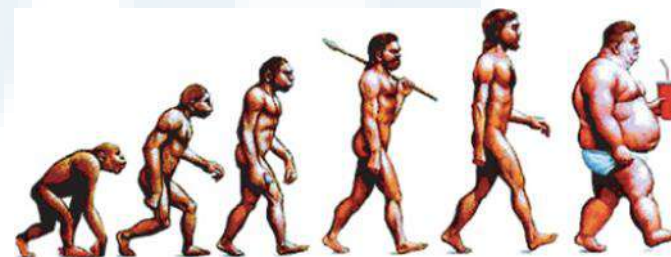
« consumiamo le risorse del nostro pianeta a una velocità maggiore della loro rigenerazione »



PRINCIPALI SOLUZIONI

- **produrre con meno risorse** (meno pesticidi, concimi, combustibili fossili, acqua, energia durante la lavorazione, la refrigerazione e la preparazione, meno trasporti, meno sprechi lungo tutta la filiera)
- **maggiore consapevolezza dei consumatori** nella scelta dei prodotti alimentari
- scelte alimentari che prediligono sempre di più cibi «**salutistici**» ed a «**basso impatto ambientale**»

➤ **fonti di cibo innovative**



CIBO & SALUTE

- mantenimento di un livello di salute ottimale
- prevenzione di specifiche patologie (**obesità, ipertensione, osteoporosi, diabete, patologie cardiovascolari**)

ALIMENTI FUNZIONALI

- **Possiedono caratteristiche nutrizionali**
- Hanno effetti positivi sulla salute e nella prevenzione di malattie per la presenza di componenti bioattivi aggiunti



Nutrition **Pharmaceutical**

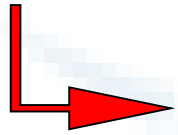
NUTRACEUTICI

« Qualsiasi prodotto derivato da fonti alimentari che fornisce benefici per la salute compresa la prevenzione e/o il trattamento di una malattia »

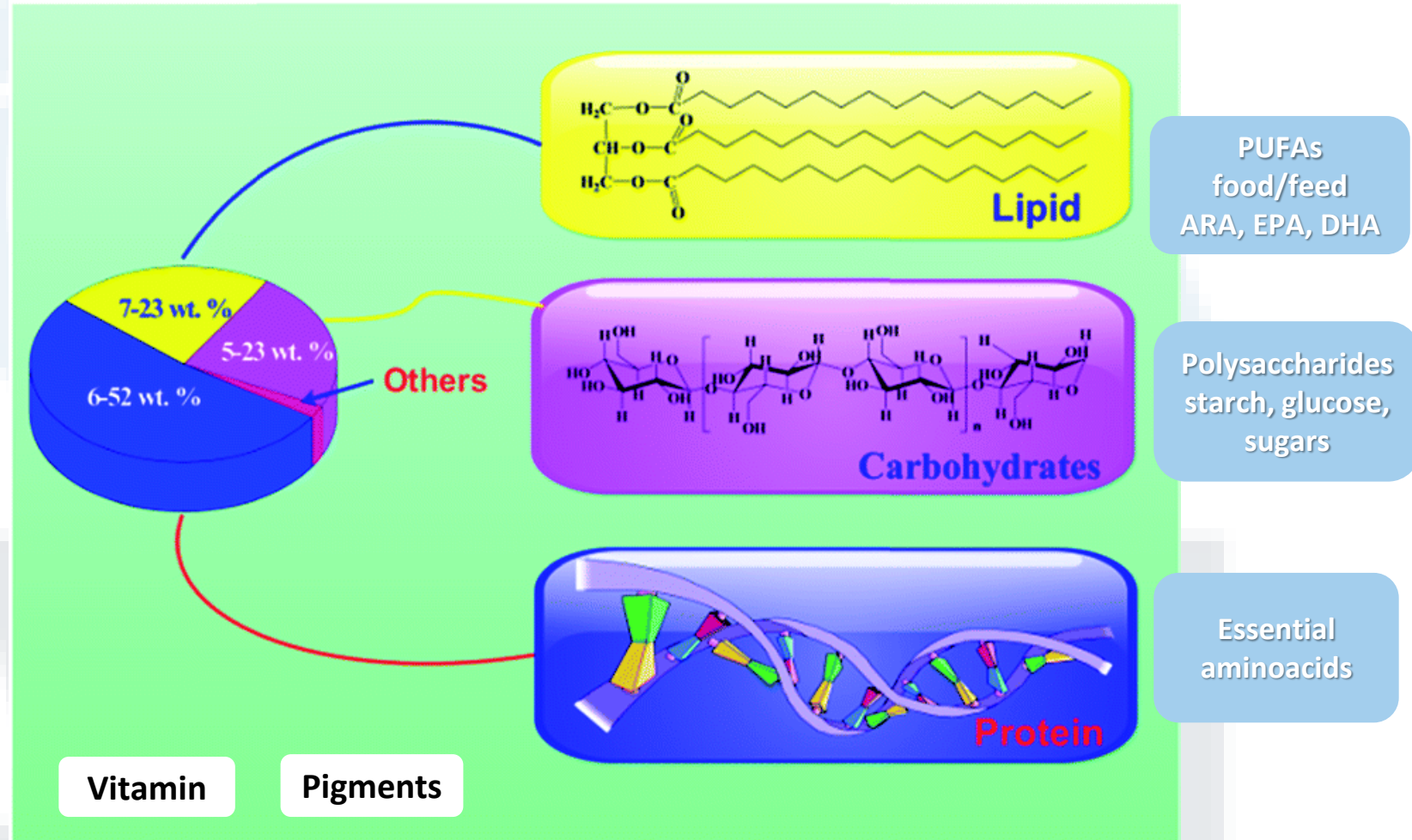


Perché le Microalghe.....

“Potrebbero aiutarci a soddisfare le esigenze di una popolazione in continua crescita E sempre più orientate a consumi salutistici”



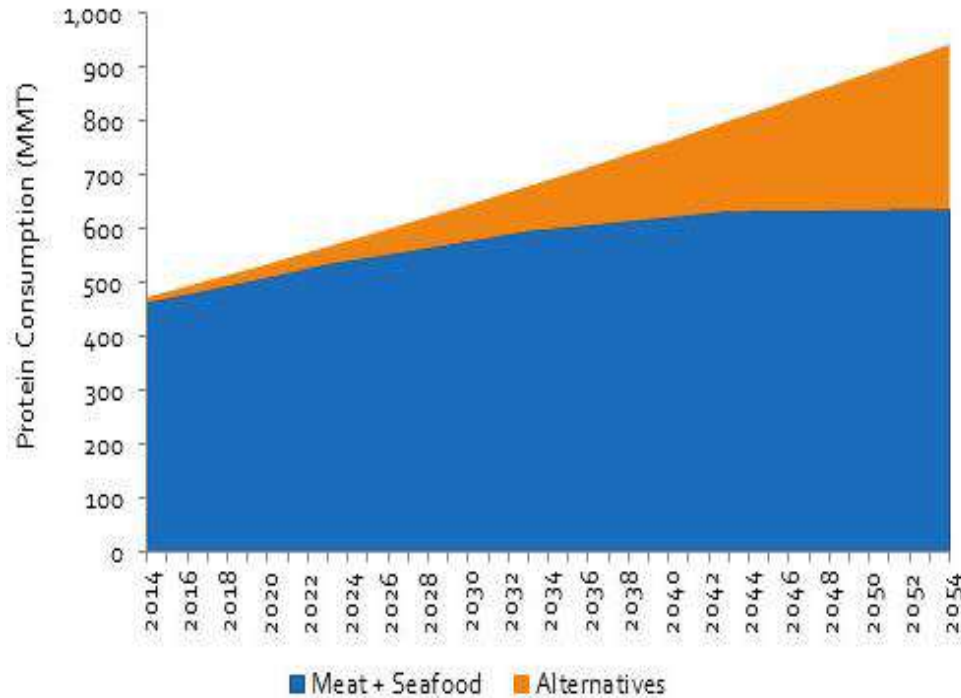
- Possono occupare gli ambienti più disparati ed estremi (ecosistemi acqua dolce, salata, suolo)
- Come le piante superiori sono provviste di clorofilla/e e pigmenti accessori
- 1° anello della catena alimentare: le microalghe marine costituiscono il **40% della produzione primaria**
- Piccole dimensioni e strutturalmente molto semplici
- Fatta eccezione per i cianobatteri sono organismi **eucarioti**
- **Elevata biodiversità morfologica e metabolica**



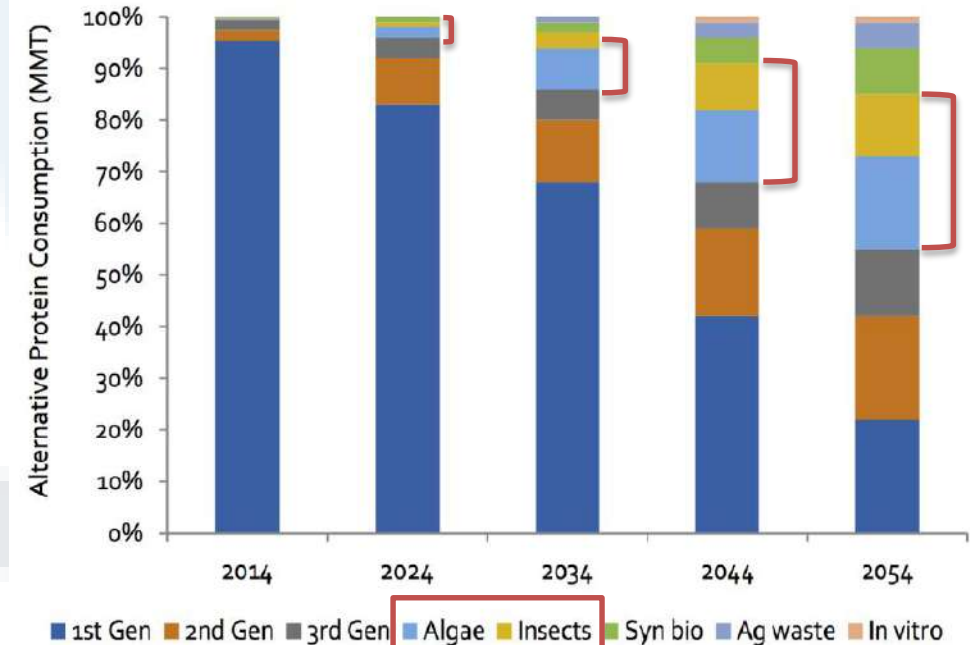
Microalghe come fonte proteica alternativa

Consumo di proteine....incrementerà

470 x 10⁶ t (2014) → 940 x 10⁶ t (2054)



Market Proportions of Alternative Protein Sources Shift Dramatically in the Coming Decades



Quali specie



Produzione potenziale



Sostenibilità ?

“SONO ESEMPI DI COLTURE SOTTO-SFRUTTATE MA DI ENORME POTENZIALE”

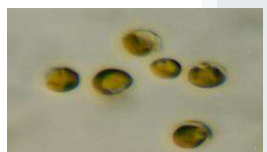
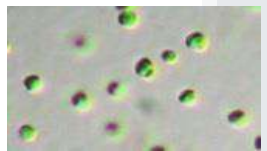
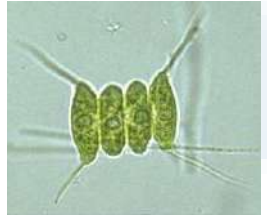
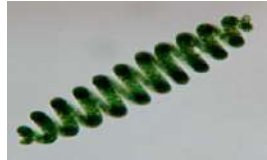


Quali Microalghe

Proteine

Quantità elevata

Buona qualità



Strain	Crude protein (%)	Carbohydrate (%)	Lipid (%)	Dietary fiber (%)	Ash (%)
<i>Arthrospira platensis</i> M2	69 ± 1.0	13 ± 0.2	11 ± 0.6	6.2	6.1 ± 0.1
Klamath powder	62 ± 5.3	19 ± 0.1	6 ± 0.8	0.1	6.2 ± 0.3
<i>Chlorella sorokiniana</i>	51 ± 1.2	16 ± 0.1	22 ± 2.0	11.2	5.4 ± 0.1
<i>Chlorella vulgaris</i>	57 ± 2.7			7.1	9.3 ± 1.5
<i>Tetraselmis suecica</i>	40 ± 0.8			18.1	16 ± 0.2
<i>Porphyridium cruentum</i>	34 ± 0.1			15.4	22 ± 0.9
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	39 ± 0.1	11 ± 0.7	21 ± 0.5		15 ± 0.1
<i>Isochrysis</i> (T-ISO)	43 ± 0.5	9 ± 0.8			
<i>Nannochloropsis</i> sp.	43 ± 0.1	14 ± 0.1			
Soybean	37	30			
Meat	43		34		
Milk	26				
Fish	55				
Egg	49	3	45		



**25-30%
FAO/WHO, 1991**

	BV	DC	NPU	PER
Casein	87.8	95.1	83.4	2.50
Egg	94.7	94.2	89.1	-
<i>Chlorella</i> sp.	76.0	88.0	68.0	2.00
<i>Spirulina</i> sp.	77.6	83.9	65.0	1.78
% of ref	88	80	78	71

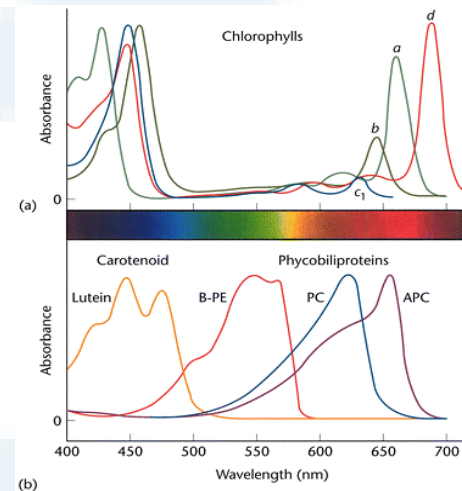
Source	Lys	Phe	Tyr	Me	Cys
Egg	5.3	5.8	4.2	3.2	2.3
Soybean	6.4	5.0	3.7	1.3	1.9
<i>Aphanizomenon</i> sp.	3.5	2.5	-	0.7	0.2
<i>Arthrospira maxima</i>	4.6	4.9	3.9	1.4	0.4
<i>Chlorella</i>	8.9	5.5	4.2	2.2	0.4
<i>Dunaliella</i> sp.	6.2	6.0	4.0	2.5	4.0
<i>Dunaliella bardawil</i>	7.0	5.8	3.7	2.3	1.2
<i>Scenedesmus</i> sp.	6.8	5.5	4.0	2.4	0.1
<i>Scenedesmus obliquus</i>	5.6	4.8	3.2	1.5	0.6
<i>Spirulina</i>	5.1	4.8	4.8	2.9	0.3
<i>Spirulina platensis</i>	4.8	5.3	5.3	2.5	0.9



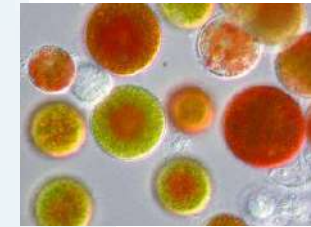
Microalghe....non solo proteine

“natural source of high-value products”

Color	Microalgal Species
Red	<i>Haematococcus pluvialis</i> <i>Chlorella zofingensis</i>
Orange	<i>Dunaliella salina</i>
Yellow	<i>Chlorella zofingensis</i> <i>Scenedesmus almeriensis</i> <i>Muriellopsis sp.</i>
Brown	Diatom and Haptophyta
Green	Most of Chlorophyta
Blue	<i>Arthrospira spp.</i> (Spirulina)



Pigment type	Pigment content (% d. wt)
Astaxanthin	Up to 4 0.37
β -carotene	Up to 12
Lutein	0.34 0.45
Fucoxanthin	0.43
Chlorophyll	0.6-1.2
C-Phycocyanin	1-3
	10-12



Attività biologica

- ✓ Antiossidante,
- ✓ Anti-infiammatoria,
- ✓ Protezione contro il cancro
- ✓ Potenziamiento sistema immunitario
- ✓ Sviluppo e protezione apparato visivo

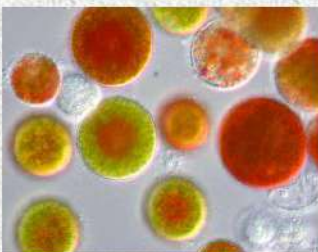
Applicazioni

- ✓ **Industria alimentare:** coloranti naturali, integratori, mangimi animali
- ✓ **Cosmesi:** anti-invecchiamento, protezione pelle
- ✓ **Farmaceutica:** attività antiossidante, antitumorale ed antivirale
- ✓ **Acquacoltura:** pigmentazione cute (pesci ornamentali) e carne (salmone, trota)

CAROTENOIDI

Fucoxantina

Astaxantina



Astaxantina: (intake: 4-6 mg/day)

- Miglioramento difese immunitarie
- Prevenzione patologie degenerative della retina,
- Protezione dagli effetti dei raggi UV
- Protezione contro i tumori

Haematococcus pluvialis

Astaxantina-Integratore

€54/g



Astaxantina in polvere- pesci /crostacei

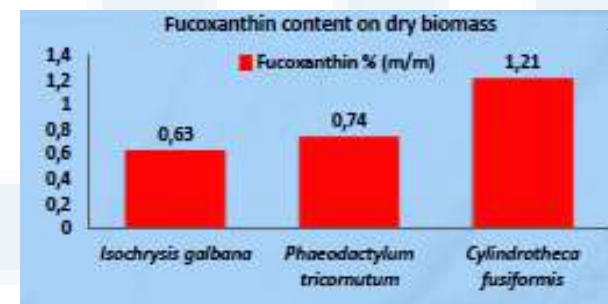
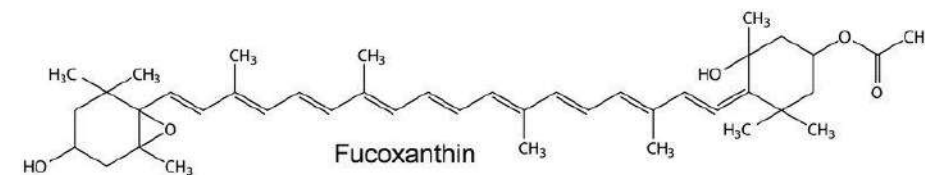


€134-213/kg

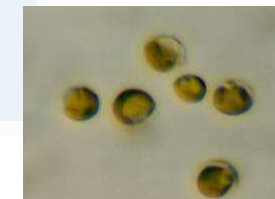
NatuRose
Natural Astaxanthin



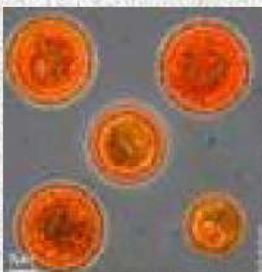
Carotenoids: Xanthophylls II



VERY PROMISING



β-carotene



Dunaliella salina)



β-carotene: (intake: 15-50 mg/day)

- Aiuto crescita e sviluppo
- Funzioni visive
- Sistema immunitario
- Funzionalità cardiaca

β-carotene capsule- Integratore



€123/g

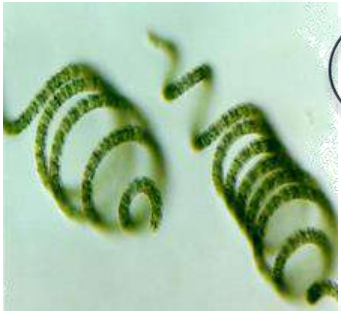


- Azione dimagrante, trattamento obesità
- Prevenzione osteoporosis e artrite reumatoide
- Trattamento diabete



Ficocianina da Spirulina

**Antioxidant, anti-inflammatory,
hepatoprotective activity**



10-15%
SS



Integratore



**Coloranti naturali per alimenti,
dolci e bibite**



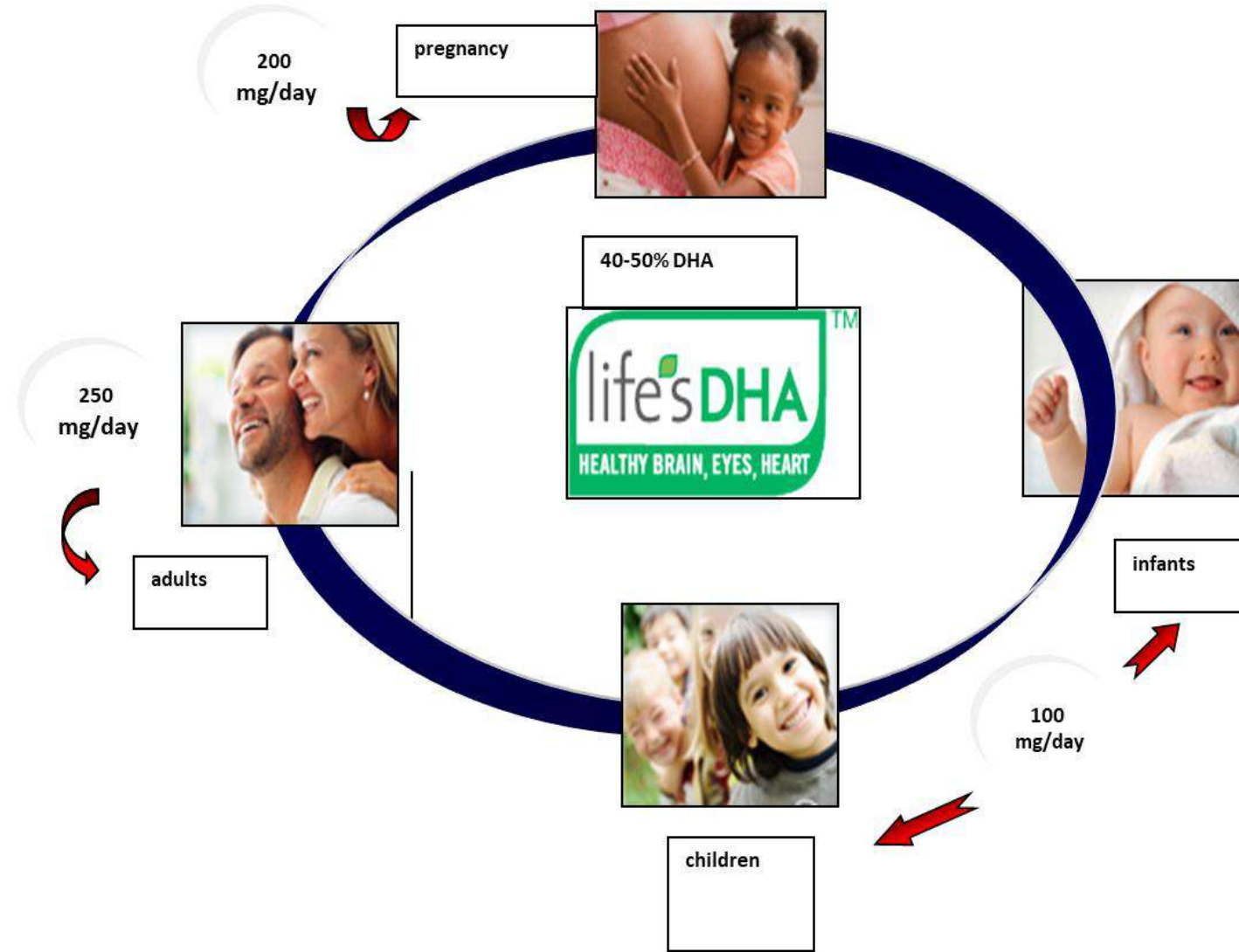
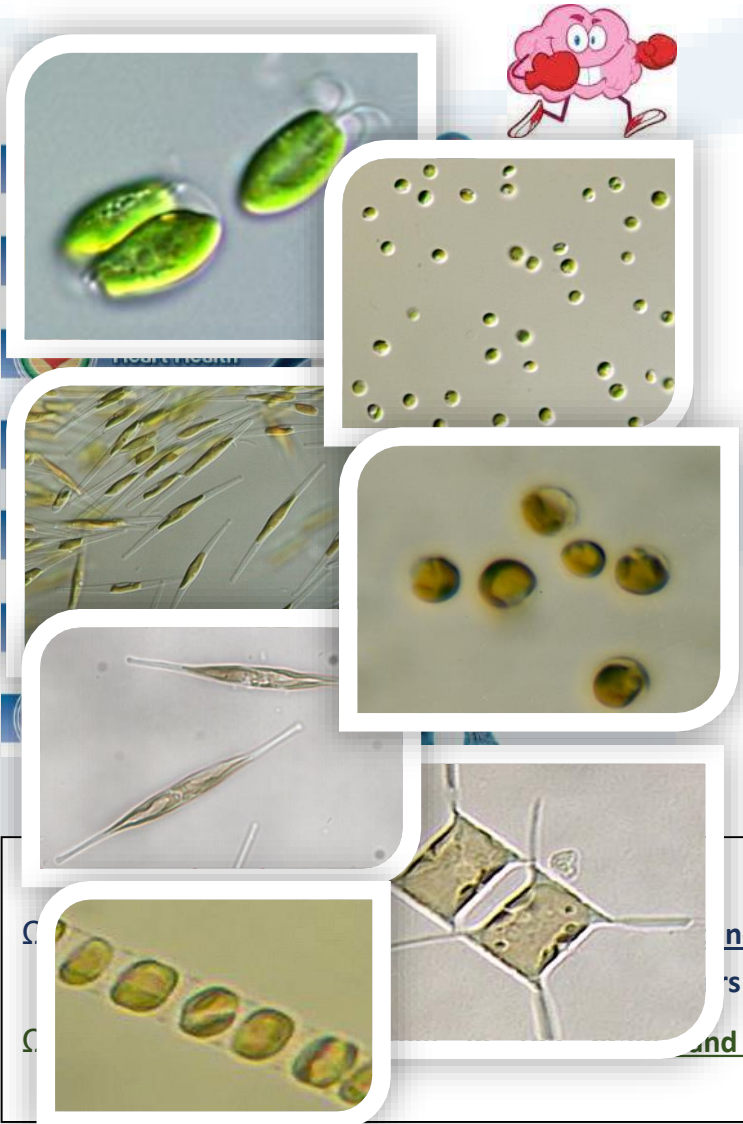
On the European market admitted as a **colour additive** in food (REGULATION (EC) No 1333/2008). Current European legislation does not foresee its use as a food ingredient, **so it is a Novel Food**

Purezza C-PC (A620/A280)	Prezzo €/kg	Uso
> 4	530,000	Diagnostica
3.5-2.5	229,355	«
2.5-1.5	26,023	«
1.5-0.75	203	Colorante/integratore
0.75-0.5	131	«



"Microalgae" a promising approach towards sustainable ω -3 PUFA production

PUFAS



Integratori nutrizionali



Start-up prodotto interamente italiano



Come integratore la dose giornaliera minima raccomandata è **3 gr**



Sun Chlorella drink 1 bottle (100 mL)

\$ 22.55


€200/L



PERCHE' Spirulina (Arthrospira)

50 kg
41 g proteine
63 g spirulina

La spirulina elevato potenziale come
ingrediente alimentare "speciale"

Composizione generale (g/100 g di sostanza secca)					
	Alimento/ Microalga	Proteine	Carboidrati	Lipidi	Potere calorico (kcal/g)
	Lievito di birra	39	38	1	3.17
	Carne	43	1	34	5.66
	Pesce	55 	-	38	6.67
	Latte	26	38	28	5.68
	Uovo intero (disidratato)	49	3	45	7.10
	Riso	8	77	2	3.32
	Farina di soia	37	30	20	5.23
	Spirulina	65 	13	6	4.81

- Azione antinfiammatoria
- Stimolazione sistema immunitario
- Riduzione colesterolo
- Effetto probiotico intestinale
- Effetto antivirale

- Vitamine
- Aminoacidi essenziali
- Acidi grassi essenziali (λ -linolenico)
- Pigmenti (carotenoidi, ficocianina)



Minerali e Vitamine

Minerale	RDI (mg/day)	Spirulina (mg/100 g)	% RDI
Ca	800	468	59
Mg	300	320	> 100
P	800	960	> 100
K	2000	1700	85
Na	2300	640	28
Cloruri	800	225	28
S	900	300	33
Cu	1.2	0.47	39
F	1.5- 4	-	-
I	0.15	0.14	93
Fe	14	87	> 100
Mn	2	3.3	> 100
Zn	10	1.5	15
Se	0.055	0.026	47



Fe

A



B12?

E

Vitamina	RDI (mg/day)	Spirulina (mg/100 g)	% RDI
B1 (tiamina)	1.4	0.5	36
B2 (ribofl.)	1.6	4.5	> 100
B3 (niacina)	18	14.9	83
B5 (pantot.)	6	-	-
B6 (piridos.)	2	0.96	48
B8 (biotina)	0.05	0.01	20
B9 (ac. Folic)	0.2	0.01	5
B12	0.002	0.16	> 100
C (ac. ascorb)	60	8	13
K	0.07	1.1	> 100
A	0.8 retinolo 4.8 (β-car)	23.4 retinolo 140 (β-car)	> 100
D	0.005	-	-
E (tocoferoli)	10	12	> 100

Fe



0.3 mg/g



0.9 mg/g

Ca



1 mg/g



3 mg/g

β-carotene



0.14 mg/g



1.9 mg/g

Acido γ-linolenico	1.1 %
--------------------	-------

La spirulina elevato potenziale come ingrediente alimentare "speciale"

**Mercato di nicchia.....
in continua espansione**



**Pasta
3% spirulina**



Prodotti da forno



**Formaggio
+ spirulina**

**Frullato
+ Chlorella**

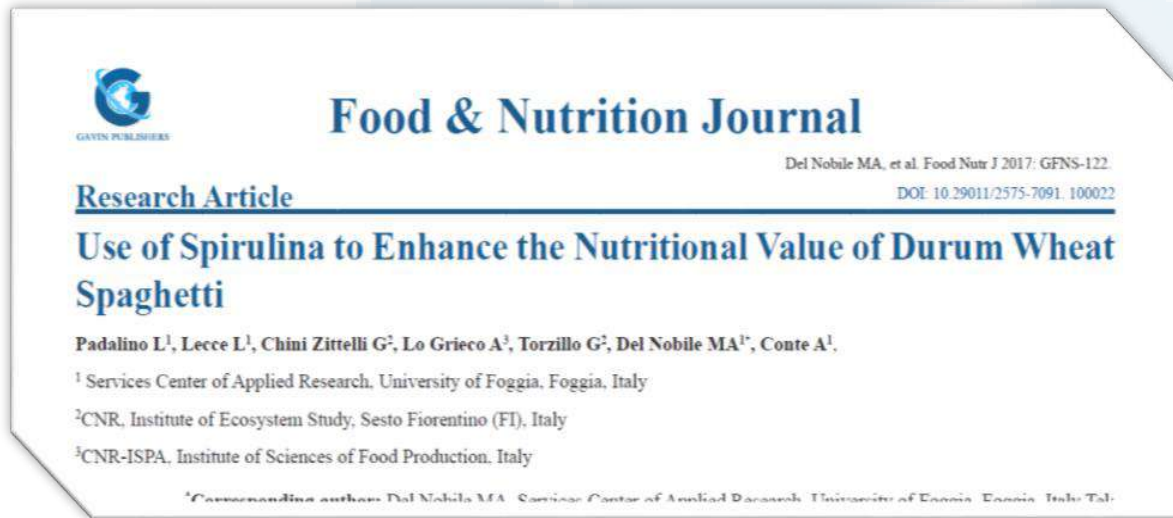


Gelato/yougurt



IL RUOLO DELLA RICERCA.....

CASO DI STUDIO Spaghetti arricchiti con Spirulina



Semola di grano duro sostituita da farina di Spirulina (SF)



Fase 1 **Caratterizzazione pasta arricchita con due diverse quantità di farina di Spirulina**

CTRL vs SF 5% vs SF 10%

- ✓ Caratteristiche di cottura e qualità sensoriale
- ✓ Qualità nutrizionale



Fase 2 **Miglioramento qualità sensoriali e di cottura con aggiunta di TG**

CTRL vs SF 10% vs SF 10%+TG

- ✓ Caratteristiche di cottura e qualità sensoriale



Fase 1 Caratterizzazione pasta arricchita con due diverse quantità di farina di Spirulina

CTRL vs SF 5% vs SF 10%

- ✓ Caratteristiche sensoriali
- ✓ Qualità nutrizionale

Fase 2 Miglioramento qualità sensoriali e di cottura con aggiunta di TG

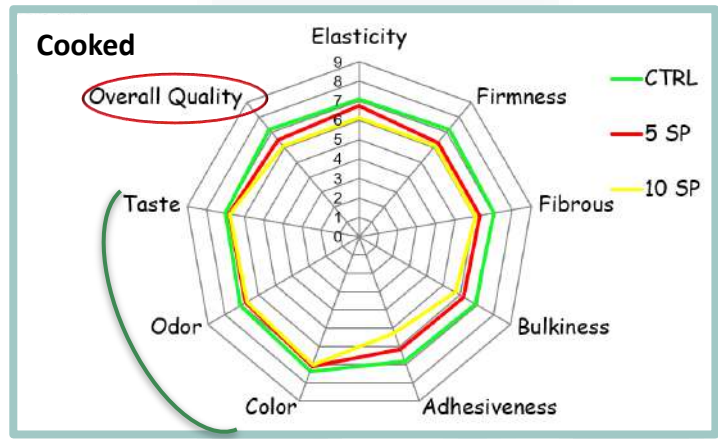
CTRL vs SF 10% vs SF 10%+TG

- ✓ Caratteristiche sensoriali e di cottura

Uncooked Sample	Protein (% d. wt)	IDF (%)	SDF (%)	TDF (%)	ACH (g/100g)	Starch Digestibility (%)
CTRL	10.4	2.23	1.61	3.84	81	79
5%SP	12.9	1.31	2.98	4.29	78	68
10%SP	15.1	1.21	3.20	4.41	73	58

SENSORY.....

Cooked Spaghetti							
Elasticity	Firmness	Bulkiness	Adhesive-ness	Color	Odor	Taste	Overall Quality
7.08±0.28 ^a	7.21±0.35 ^a	6.89±0.25 ^a	6.81±0.32 ^a	7.36±0.38 ^a	7.23±0.28 ^a	7.01±0.34 ^a	7.20±0.26 ^a
5.65±0.23 ^b	6.09±0.30 ^b	5.70±0.27 ^b	5.26±0.34 ^a	7.20±0.27 ^a	6.66±0.35 ^a	6.76±0.36 ^a	5.86±0.32 ^b
<u>6.65±0.21^a</u>	<u>6.61±0.30^a</u>	6.55±0.35 ^a	6.08±0.28 ^b	7.21±0.33 ^a	7.03±0.32 ^a	6.83±0.25 ^a	<u>6.86±0.33^a</u>



**Riduzione
Indice glicemico**

**Prevenzione/
trattamento diabete**

**TG
incrementa la
qualità
complessiva**

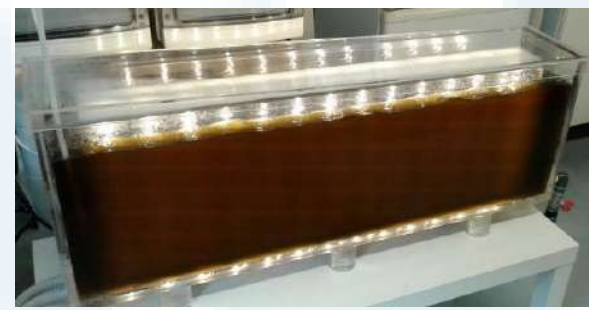
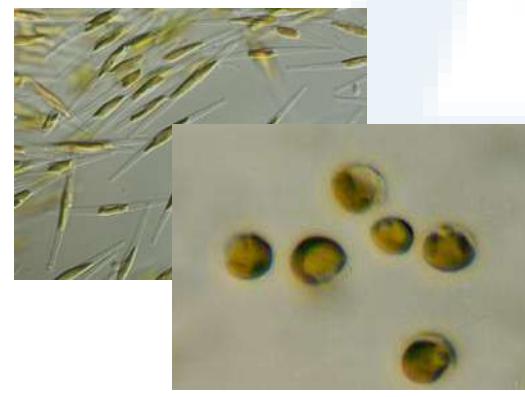
	Uncooked Spaghetti		
	Color	Break to Resistance	Overall Quality
CTRL	7.20±0.27 ^a	7.27±0.28 ^a	7.23±0.26 ^a
10%SF	6.89±0.31 ^a	5.96±0.22 ^b	6.07±0.24 ^b
10%SF/ TG	6.95±0.26 ^a	<u>6.80±0.30^a</u>	<u>6.77±0.31^a</u>

CASO DI STUDIO

Microalghe e malattie dismetaboliche **obesità, diabete e malattie cardiovascolari**

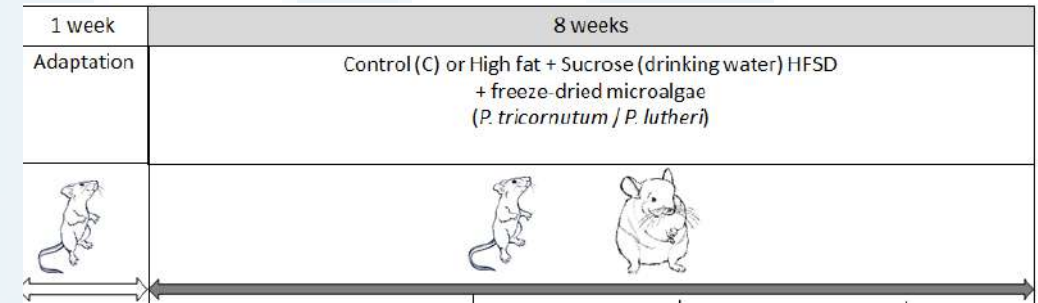


Influence of marine microalgae rich in PUFAs on biological parameters associated with dyslipidemia



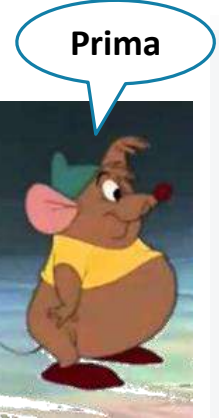
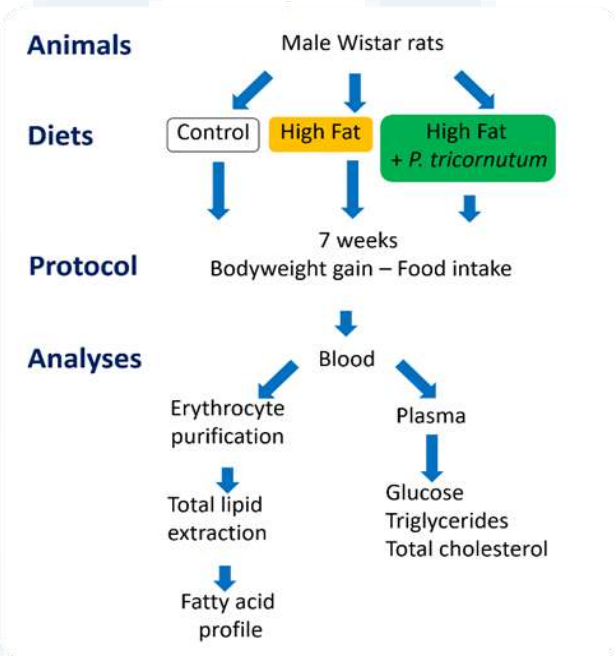
Work in progress

Microalgal species	TFA	EPA	DHA
<i>P. tricornutum</i>	9-12	2.5	-
<i>P. lutheri</i>	10-12	2.0	1.0



200 g dry powder

Nutrition study



RFI Food for Tomorrow-Cap Aliment
CALL FOR PROPOSALS 2016



MICROALGHE: Innovazione e Sostenibilità

La coltura massiva di microalghe consuma meno acqua....

Le microalgae possono essere coltivate usando acqua di mare o acque salmastre

La coltivazione **non** fa uso di pesticidi

La resa in biomassa e proteine è molto più elevata delle colture tradizionali



Le microalgae possono essere coltivate in aree non adatte all'agricoltura tradizionale

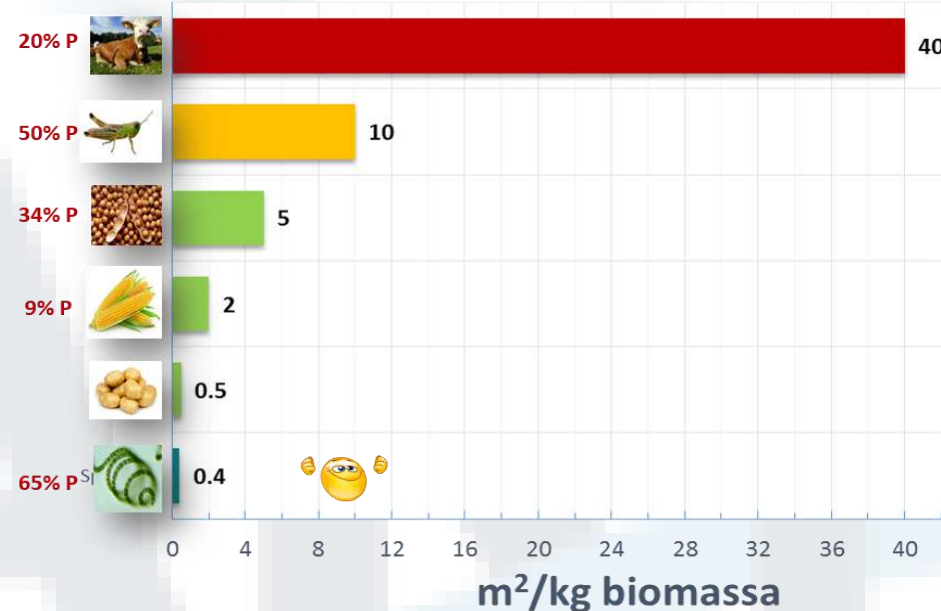
CROP	Biomass yield (t ha ⁻¹ y ⁻¹)	Protein Yield (t ha ⁻¹ y ⁻¹)
SOYA	3	1.11
SPIRULINA	20	13

Water Needed to Produce One Kilogram of Protein

Crop	Liters	Quality
Spirulina* 65% protein	2100	brackish
Soybeans* 34% protein	9000	fresh
Corn* 9% protein	12500	fresh
Grain-fed Feedlot Beef* 20% protein	105000	fresh

* Y. Ota, Earthrise Farms, California 1995
† Diet for a Small Planet, 1982, pg. 76-77, Dr. David Pimental, Cornell University, 1981.

Area suolo necessaria



Land Area Needed to Produce One Kilogram of Protein

Crop	Sq. Meters	Quality
Spirulina* 65% protein	0.6	non-fertile
Soybeans* 34% protein	16	fertile
Corn* 9% protein	22	fertile
Grain-fed Feedlot Beef* 20% protein	190	fertile

* Y. Ota, Earthrise Farms, California 1995
† Leesley, et al. "A low energy method of manufacturing high-grade protein using spirulina," University of Texas, 1980; Pimentel, 1975, USDA.

MERCATO GLOBALE IN ESPANSIONE

START-UP IN ITALIA

	Valore mercato 2023 US\$	Tasso di crescita 2016-2023
Prodotti algali	45 miliardi	>5%
Spirulina (globale)	2 miliardi	10%
Nutraceutici (tutti)	279 miliardi	7,3%
Nutraceutici da Chlorella	700 milioni	25%



7,5%

Il mercato globale delle microalghe cresce del 7,5 per cento l'anno.



50%

Il 50% del valore deriva dalle applicazioni cosmetiche, nutraceutiche e di alimentazione funzionale.



Le principali sfide da affrontare

- ✓ Riduzione dei costi di produzione della biomassa (€ 5-2/Kg)
- ✓ Utilizzo di una tecnologia produttiva sostenibile e focalizzata sulla **qualità nutrizionale** e la **sicurezza alimentare**
- ✓ Sviluppo di efficienti processi per estrazione e purificazione dei prodotti di interesse
- ✓ Normative per garantire la sicurezza dei prodotti e la salute dei consumatori
- ✓ Semplificazioni legislative che permettano lo sfruttamento di altre specie attualmente non ammesse ma di enorme potenziale
- ✓ Accettabilità da parte del consumatore

DEFINIZIONE DI “NUOVO ALIMENTO”

“Qualsiasi alimento o ingrediente alimentare **non** utilizzato in misura significativa per il consumo umano all'interno dell'Unione **prima** del 15 maggio 1997





AQUA FARM

15-16
FEBBRAIO
2018

FIERA PORDENONE

MOSTRA CONVEGNO
INTERNAZIONALE PER L'ACQUACOLTURA
L'ALGOCOLTURA, IL VERTICAL FARMING
E L'INDUSTRIA DELLA PESCA

2^A
EDIZIONE



ACQUACOLTURA
VERTICAL FARMING
ALGOCOLTURA
INDUSTRIA DELLA PESCA

WWW.AQUAFARM.SHOW

GRAZIE PER LA CORTESE ATTENZIONE

