



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani

PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

# Potenziali applicazioni delle microalghe e sistemi di coltivazione

15/01/2024

CR ENEA Portici

Docente: Dott.ssa Casella Patrizia

Responsabile UO11: Ing. Molino Antonio





Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



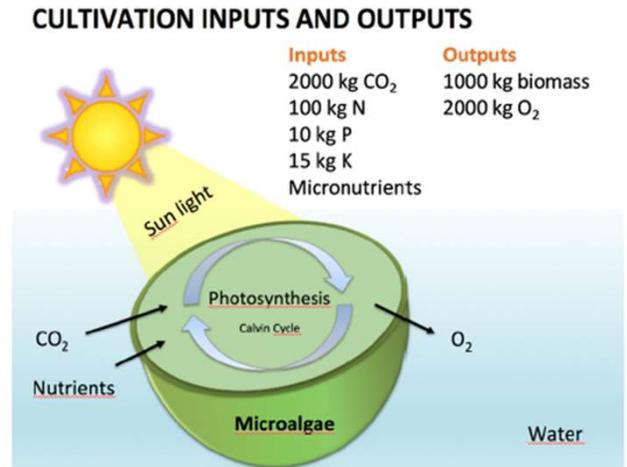
Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



# Le microalghe

## Principali caratteristiche:

- Sono microorganismi con una velocità di crescita inferiore alle 24 ore
- Hanno la capacità di fissare circa 1.83 kg di CO<sub>2</sub> utilizzando l'energia solare per produrre 1 kg di biomassa convertendo luce, acqua e nutrienti e CO<sub>2</sub> in carbonio organico
- Producono metaboliti primari (proteine, carboidrati, lipidi) e secondari (carotenoidi, vitamine)
- Hanno la capacità di raggiungere un'elevata produttività fino a 100 tonnellate/ettaro/anno su peso secco



Gabriel Acién Fernández et al., 2021



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

- La composizione dei metaboliti primari delle microalghe



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



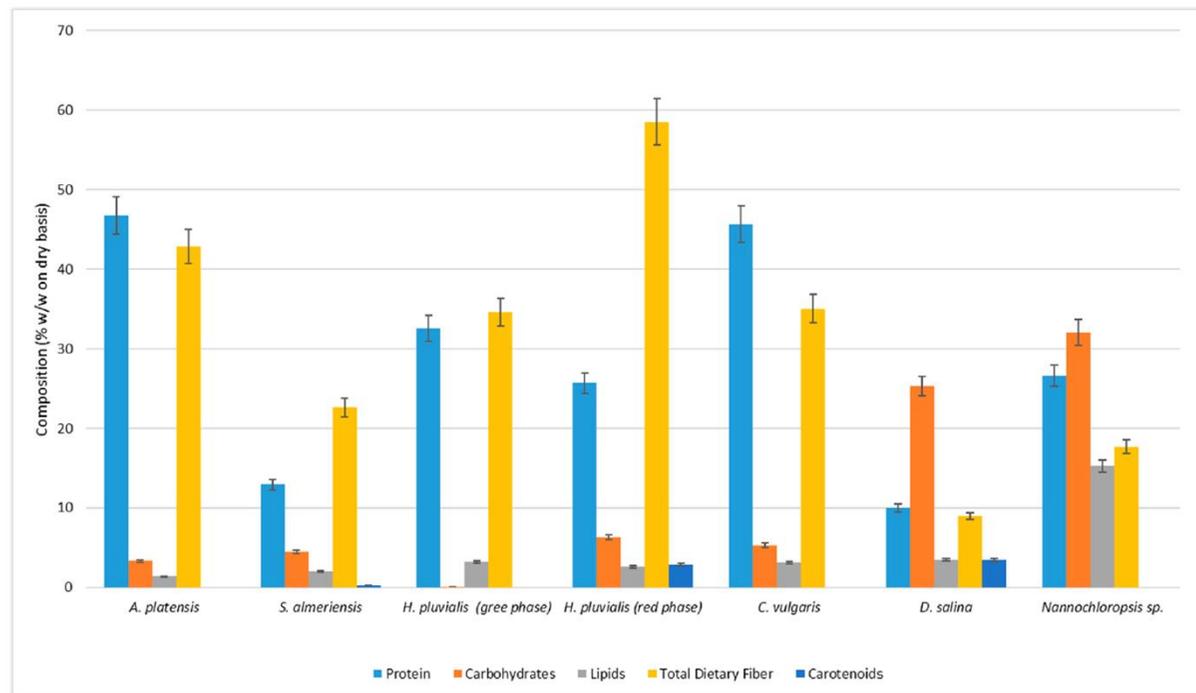
Italiadomani

PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



## Metaboliti primari

| Metaboliti primari | % su peso secco (valore medio) |
|--------------------|--------------------------------|
| Proteine           | 49 ± 5                         |
| Carboidrati        | 15 ± 5                         |
| Lipidi             | 22 ± 5                         |
| Fibre alimentari   | 12 ± 2                         |
| Umidità            | 12 ± 2                         |
| Ceneri             | 10 ± 2                         |



Nicolai, A., Zittelli, G. C., Rodolfi, L., Biondi, N., & Tredici, M. R. (2019). Microalgae of interest as food source: Biochemical composition and digestibility. *Algal Research*, 42, 101617.

Molino, A., Iovine, A., Casella, P., Mehariya, S., Chianese, S., Cerbone, A., ... & Musmarra, D. (2018). Microalgae characterization for consolidated and new application in human food, animal feed and nutraceuticals. *International journal of environmental research and public health*, 15(11), 2436.



Finanziato dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca



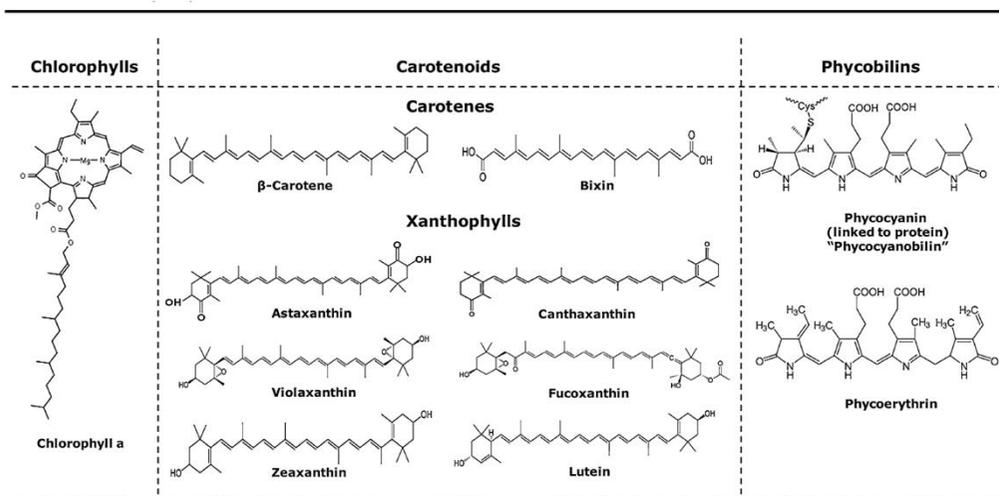
Italiadomani

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

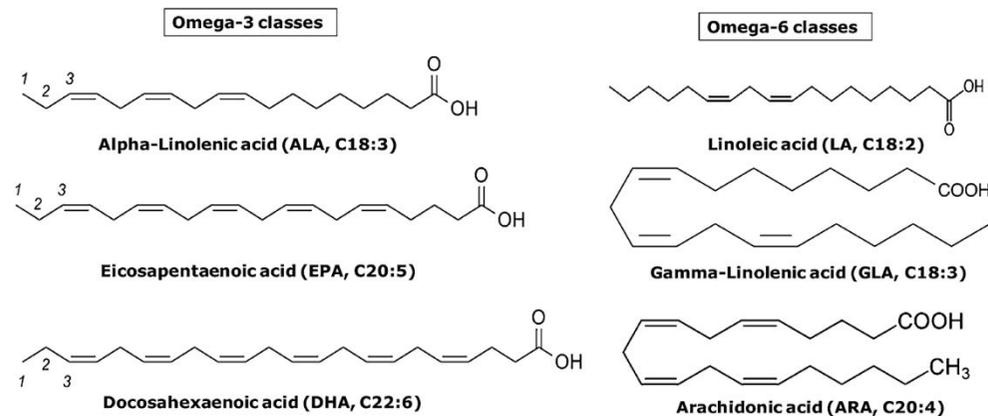


# Metaboliti secondari

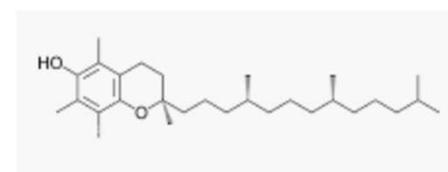
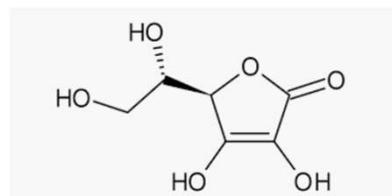
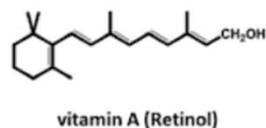
## Pigmenti



## ω-3 & ω-6



## Vitamine





Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

- I metaboliti secondari



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



## I carotenoidi

| Metaboliti secondari | % su peso secco (valore medio) | Funzionalità  |
|----------------------|--------------------------------|---|
| Carotenoidi          | 1-3 ± 0.5                      | I carotenoidi sono antiossidanti che agiscono per bloccare i danni iniziati dalle specie reattive dell'ossigeno e mantenere l'integrità della membrana cellulare e degli organelli. |
| Carotenoide          | mg/g Peso secco (DW)           | Microalga   |
| α-carotene           | 0.071 mg/g DW<br>2.5 mg/g DW   | <i>C. Sorokiniana</i><br><i>Chlorella pyrenoidosa</i>   |
| Beta-carotene        | 0.176 mg/g DW<br>34 mg/g DW    | <i>C. Sorokiniana</i><br><i>D. salina</i>   |
| Luteina              | 7-8 mg/g DW<br>3 mg/g DW       | <i>C. Vulgaris</i><br><i>S. almeriensis</i>   |
| Zeaxantina           | 13-15 mg/g DW<br>30.2 mg/g DW  | <i>Coelestrella sp.</i><br><i>Nannochloropsis oceanica</i> strain CCNM 1081   |
| Violaxantina         | 3.7 mg/g DW                    | <i>Chlorella elipsoidea</i>   |
| Astaxantina          | 20 mg/g DW                     | <i>Haematococcus pluvialis</i>  |

Wang, J., Hu, X., Chen, J., Wang, T., Huang, X., & Chen, G. (2022). The extraction of β-carotene from microalgae for testing their health benefits. *Foods*, 11(4), 502.



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



## I carotenoidi: le proprietà

| Carotenoide        | Proprietà   |
|--------------------|---|
| $\alpha$ -carotene | Proprietà antiossidante<br>Funzione di provitamina A  |
| Beta-carotene      | Prevenzione delle sindromi coronariche acute e croniche<br>Fotoprotezione della pelle dai raggi UV<br>Prevenzione della cecità notturna<br>Prevenzione contro la fibrosi epatica  |
| Luteina            | Proprietà antiossidanti,<br>prevenzione delle sindromi coronariche acute e croniche e dell'ictus<br>Mantenimento di una normale funzione visiva<br>Prevenzione della cataratta e della degenerazione maculare della retina<br>Prevenzione della retinite<br>Attività antitumorale |
| Zeaxantina         | Proprietà antiossidante   |
| Violaxantina       | Proprietà antiinfiammatoria   |
| Astaxantina        | Proprietà antiossidante   |



Finanziato dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca



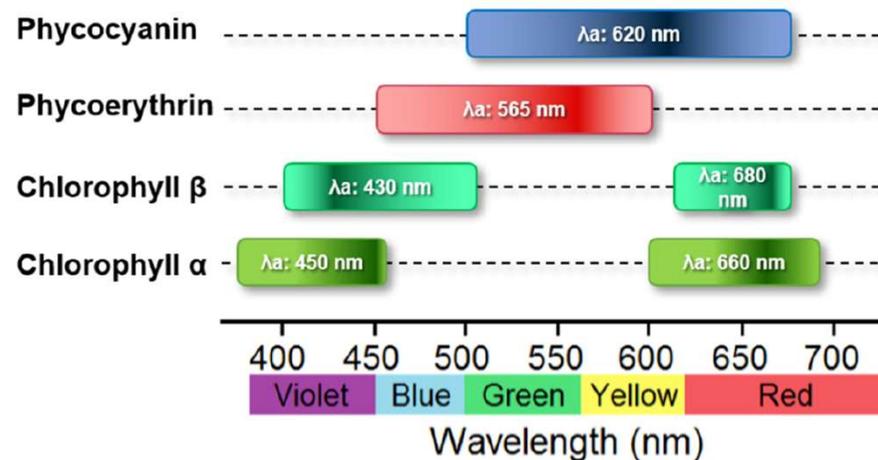
Italiadomani  
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



## Ficocianina e ficoeritrina

Nelle membrane dei tilacoidi, ogni ficobilisoma è composto da ficobiliproteine (PBP), come la ficocianina blu, la ficoeritrina rossa e l'alloficocianina.

- Queste molecole sono disposte a forma di antenna, in modo tale che l'energia assorbita venga incanalata verso il centro della reazione del fotosistema II.
- Le ficocianine si trovano principalmente nei cianobatteri come *Spirulina*
- Le ficoeritrine si trovano nelle alghe rosse come *Porphyridium cruentum*



| Metaboliti secondari | mg/g Peso secco (DW) | Microalga   |
|----------------------|----------------------|---|
| Ficocianina          | 150 - 300            | <i>Spirulina platensis</i>  |
| Ficoeritrina         | 30-40                | <i>Anabaena circinalis</i> , <i>Porphyridium purpureum</i> , <i>Pseudanabaena sp.</i> |

| Proprietà   |
|---|
| Antiossidanti, antitumorali, anticancerogeni, antinfiammatori, neuroprotettivi, epatoprotettivi, immunomodulatori e renoprotettivi, oltre a un potenziale antidiabetico |

Hsieh-Lo, M., Castillo, G., Ochoa-Becerra, M. A., & Mojica, L. (2019). Phycocyanin and phycoerythrin: Strategies to improve production yield and chemical stability. *Algal Research*, 42, 101600.



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



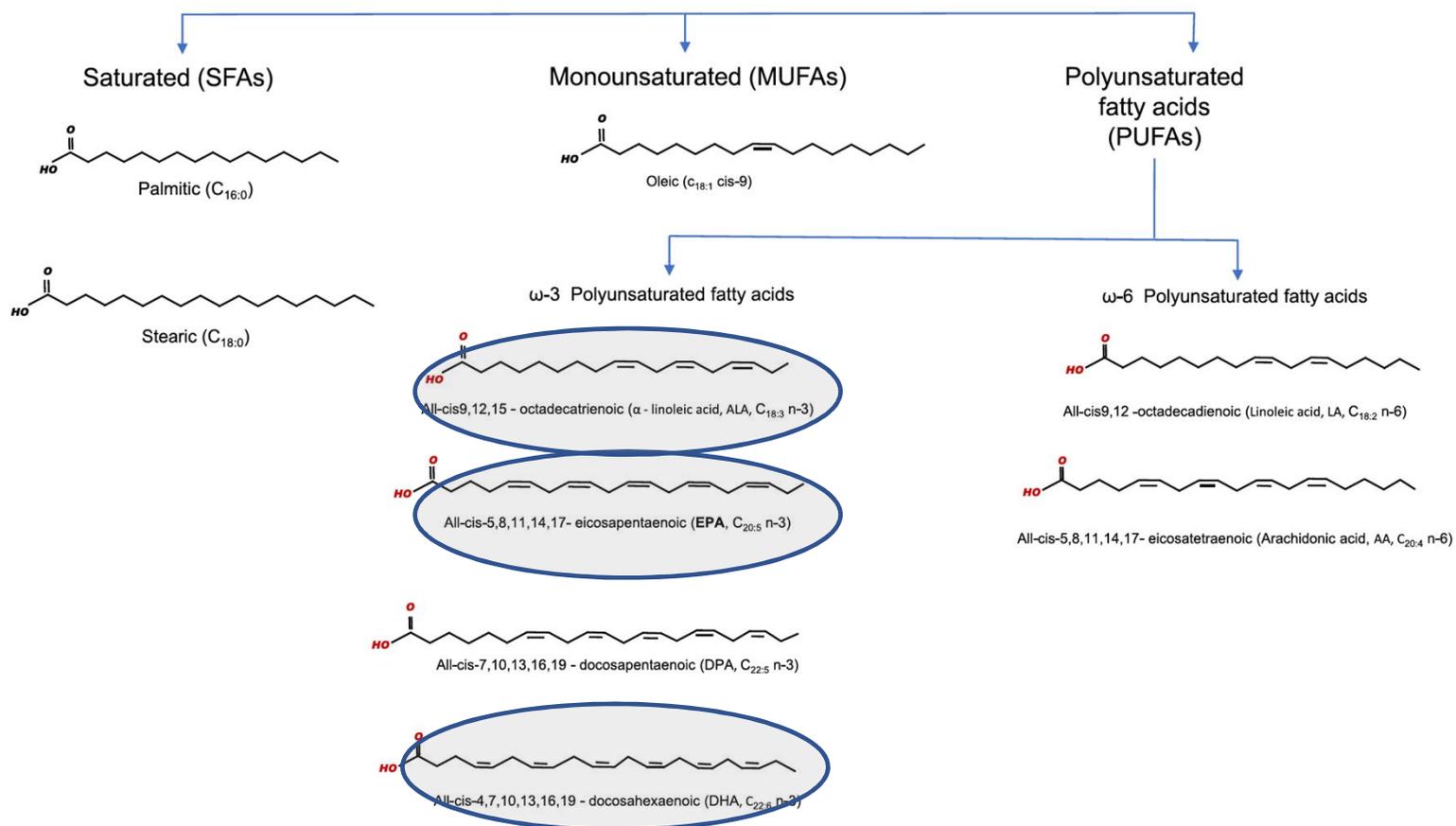
Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



## I lipidi





Finanziato dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca

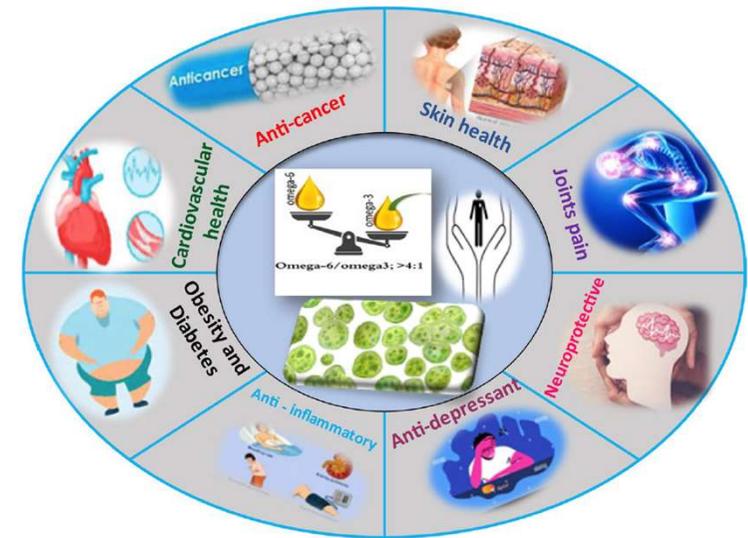


Italiadomani  
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



| Metaboliti secondari | % su Lipidi totali | Funzionalità  |
|----------------------|--------------------|---|
| PUFAs                | 10 – 55%           | I lipidi sono componenti di tutte le cellule delle microalghe e le loro principali funzioni biologiche comprendono l'immagazzinamento di energia, la segnalazione e la funzione di componenti strutturali delle membrane cellulari. |

| PUFAs                          | % su Lipidi totali                                 | Microalga  |
|--------------------------------|--|--|
| ALA<br>acido alfa-linolenico   | 17- 27 %<br>20 – 40%                               | <i>Dunaliella salina</i><br><i>Chlorella vulgaris</i>  |
| EPA<br>Acido eicosapentaenoico | 11- 35%<br>20 - 50%                                | <i>Nannochloropsis sp.</i><br><i>Phaeodactyrum tricornutum</i>   |
| DHA<br>Acido docosaesanoico    | 20%<br>42.9%–54.5%,<br>23.9%–52.5%,<br>24.2%–54.2% | <i>Isochrysis galbana</i><br><i>Schizochytrium</i><br><i>Aurantiochytrium</i><br><i>Thraustochytrium</i> ,<br><i>Cryptocodinium cohnii</i> |



Dubey, S., Chen, C. W., Patel, A. K., Bhatia, S. K., Singhania, R. R., & Dong, C. D. (2023). Development in health-promoting essential polyunsaturated fatty acids production by microalgae: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 1-14.



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



## Le vitamine

| Vitamine  | mg/g Peso secco (DW) | Microalga            | Funzionalità  |
|---|----------------------|----------------------|---|
| <b>A</b><br>mg/g DW di<br>retinolo<br>equivalente | 0.11-0.13            | <i>Chlamydomonas</i> | <b>La vitamina A è sintetizzata dalla provitamina A. Funzione antiossidante e protettiva contro le specie reattive dell'ossigeno (ROS).</b> |
|   | 0.01-0.65            | <i>Chlorella</i>     |   |
|   | 0.01-0.63            | <i>Dunaliella</i>    |   |
|   | 0.05-4.28            | <i>Tetraselmis</i>   |   |
| <b>B1</b>   | 18-23                | <i>Chlorella</i>     | <b>Funzione di difesa contro stress abiotivi e biotici.</b>   |
|   | 9-29                 | <i>Dunaliella</i>    |   |
|   | 4.7                  | <i>Haematococcus</i> |   |
|   | 29                   | <i>Stichococcus</i>  |   |
| <b>C</b>  | 2                    | <i>Chlamydomonas</i> | <b>Azione antiossidante</b>   |
|   | 2                    | <i>Scenedesmus</i>   |   |
|   | 2.5                  | <i>Stichococcus</i>  |   |
|   | 0.16-2-2             | <i>Dunaliella</i>    |   |
| <b>E</b>  | 0.04-6.32            | <i>Tetraselmis</i>   | <b>Azione antiossidante</b>   |
|   | 0.34-4               | <i>Chlamydomonas</i> |   |
|   | 0.12-1.9             | <i>Dunaliella</i>    |   |
|   | 0.08-1               | <i>Scenedesmus</i>   |   |



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

- Le applicazioni delle microalghe



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



Applicazioni attuali

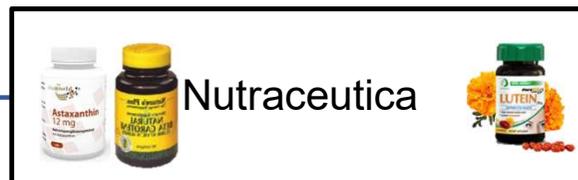
Settore alimentare

- Additivi alimentari
- Novel food



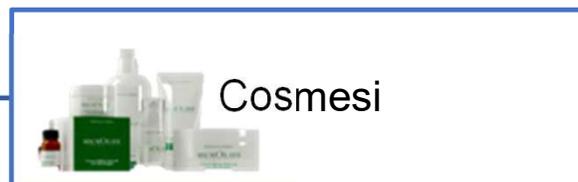
Mangimi

- Biomassa intera
- Premiscele/oli



Nutraceutica

- Integratori
- Prodotti farmaceutici



Cosmesi

- Ingredienti per cosmetici



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

## • Additivi alimentari

Gli additivi alimentari vengono utilizzati per diversi scopi come:

- Coloranti - sono utilizzati per aggiungere o ripristinare il colore in un alimento;
- Conservanti - vengono aggiunti per prolungare la durata di conservazione degli alimenti proteggendoli dai microrganismi;
- Antiossidanti - sostanze che prolungano la durata di conservazione degli alimenti proteggendoli dall'ossidazione (irrancidimento dei grassi e dai cambiamenti di colore);
- Agenti di trattamento della farina - aggiunti alla farina o all'impasto per migliorarne la qualità di cottura.

## Autorizzazione e condizione di uso degli additivi

La sicurezza e le condizioni di uso degli additivi già autorizzati e dei nuovi additivi e la loro autorizzazione è competenza della Scientific Committee on Food (SCF) e European Food Safety Authority (EFSA).



Gli additivi post- autorizzazione vengono inclusi nel FOOD ADDITIVE DATABASE e vengono registrati con un codice numerico preceduto dalla lettera E (esempio E160 carotene)

| Regolamento                           | Finalità   |
|---------------------------------------|--|
| Regolamento (CE) n. 1333/2008 + ANNEX | stabilisce le regole sugli additivi alimentari: definizioni, condizioni d'uso, etichettatura e procedure.  |
| Il Regolamento (CE) n. 178/2002       | stabilisce i principi e i requisiti generali della legislazione alimentare   |
| Il Regolamento (CE) n. 1331/2008      | stabilisce la procedura uniforme di autorizzazione per gli additivi, gli enzimi e le arome alimentari  |
| Regolamento (UE) n. 234/2011          | attua la procedura di autorizzazione comune e si applica a partire dall'11 settembre 2011  |
| Regulation (EU) No 562/2012           | che prevede la deroga alla presentazione di dati tossicologici in alcuni casi specifici e la possibilità di raggruppare gli enzimi alimentari sotto un'unica applicazione a determinate condizioni                                 |
| REGOLAMENTO (UE) N. 1274/2013         | modifica e rettifica gli allegati II e III del regolamento (CE) n. 1333/2008 del Parlamento europeo e del Consiglio e l'allegato del regolamento (UE) n. 231/2012 della Commissione per quanto riguarda alcuni additivi alimentari |
| Regolamento (UE) 2019/1381            | sulla trasparenza e la sostenibilità della valutazione del rischio nella catena alimentare dell'UE   |



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



## Additivi alimentari derivati dalle microalghe

| Additivo                                    |  |
|---|--|
| E 160a (iv) «Caroteni derivati dalle alghe» | <p>I caroteni misti possono anche essere ottenuti da ceppi dell'alga <i>Dunaliella salina</i>. L'estrazione del beta-carotene avviene mediante un olio essenziale. La preparazione è in sospensione al 20-30 % in olio commestibile. Il rapporto di isomeri trans e cis è dell'ordine di 50/50 – 71/29. Il colorante principale è costituito da carotenoidi il cui componente maggiore è il beta-carotene ma possono anche essere presenti alfa-carotene, luteina, zeaxantina e beta-criptoxantina. Oltre ai pigmenti coloranti questa sostanza può contenere oli, grassi e cere che si trovano naturalmente nel materiale di partenza.»</p> |
| Blue Galdieria estratto/ ficocianina        | <p>Colorante blu simile alla ficocianina contenuta in <i>Spirulina</i> (<i>Everzure™ Galdieria</i> è un colorante naturale a base di ficocianine. Si ottiene tramite una semplice estrazione in acqua dalla microalga <i>Galdieria sulphuraria</i>. Il colore prodotto è più stabile agli acidi rispetto alla spirulina, il che ne consente l'uso in una gamma più ampia di applicazioni, come le bevande)</p>   |

Applicazione di questi additivi:

- Formaggio stagionato: solo formaggi stagionati arancioni e gialli
- Formaggio fuso
- Oli ed emulsioni
- Burro: tranne il burro di latte ovino e caprino
- Frutta e vegetali in scatola o in bottiglia, frutta e verdura in aceto, olio o salamoia: solo conserve di frutti rossi





Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



- Novel food

Novel Food sono definiti « gli alimenti che non sono stati consumati in misura significativa dagli esseri umani nell'UE prima del 15 maggio 1997, quando è entrato in vigore il primo regolamento sui nuovi alimenti».

I novel food rientrano in almeno una delle seguenti categorie:

i) alimenti con una struttura molecolare nuova o volutamente modificata che non era utilizzata come alimento o in un alimento nell'Unione prima del 15 maggio 1997;

ii) alimenti costituiti, isolati o prodotti da microorganismi, funghi o alghe;

vi) gli alimenti costituiti, isolati o prodotti a partire da colture cellulari o di tessuti derivanti da animali, piante, microorganismi, funghi o alghe (REGOLAMENTO (UE) 2015/2283)

I "nuovi alimenti" possono essere alimenti innovativi e di nuova concezione, alimenti prodotti con nuove tecnologie e processi produttivi, nonché alimenti che sono o sono stati tradizionalmente consumati al di fuori dell'UE.



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



## Autorizzazione e condizione dei novel food

| Regolamento  | Finalità   |
|--|--|
| Regolamento (UE) 2015/2283                                 | Dal 1° gennaio 2018 è applicabile il nuovo regolamento sui nuovi alimenti che abroga e sostituisce il regolamento (CE) n. 258/97 e il regolamento (CE) n. 1852/2001, in vigore fino al 31 dicembre 2017  |
| Regolamento di esecuzione della Commissione (UE) 2018/456  | stabilisce i requisiti informativi che devono essere inclusi nella richiesta di consultazione, comprese le disposizioni sulla riservatezza della richiesta, e le fasi procedurali che gli operatori economici devono seguire per il processo di consultazione. |
| Regolamento di esecuzione della Commissione (UE) 2017/2469 | che stabilisce i requisiti amministrativi e scientifici per le domande di cui all'articolo 10 del regolamento (UE) 2015/2283 del Parlamento europeo e del Consiglio sui nuovi alimenti.  |
| REGOLAMENTO DI ESECUZIONE (UE) 2017/2470                   | che istituisce l'elenco dell'Unione dei nuovi alimenti a norma del regolamento (UE) 2015/2283 del Parlamento europeo e del Consiglio relativo ai nuovi alimenti  |

A partire dal 16 novembre 2023, una versione riveduta del Catalogo dello stato dei nuovi prodotti alimentari ha sostituito la versione precedente!

[https://food.ec.europa.eu/safety/novel-food/novel-food-status-catalogue\\_en](https://food.ec.europa.eu/safety/novel-food/novel-food-status-catalogue_en)



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani

PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



## Novel food derivati dalle microalghe

| Prodotto  | Descrizione   | Applicazione   |
|---|---|--|
| Olio derivato da <i>Ulkenia</i> sp.   | Olio derivato dalla microalga <i>Ulkenia</i> sp.<br>Indice di acidità: $\leq 0,5$ mg KOH/g<br>Indice di perossido (PV): $\leq 5,0$ meq/kg di olio<br>Umidità e sostanze volatili: $\leq 0,05$ %<br>Insaponificabili: $\leq 4,5$ %<br>Acidi grassi trans: $\leq 1,0$ %<br>Tenore di DHA: $\geq 32$ %   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prodotti di panetteria (pane, panini e bi scotti con aggiunta di dolcificanti) 200 mg/100 g</li> <li>• Barrette ai cereali 500 mg/100 g</li> <li>• Bevande analcoliche (incluse le bevande a base di latte) 60 mg/100 ml</li> </ul> |
| Oleoresina ricca di astaxantina derivata dall'alga <i>Haematococcus pluvialis</i> | Le cellule algali sono raccolte ed essiccate; l'oleoresina è estratta mediante CO <sub>2</sub> supercritica o un solvente (acetato di etile).<br>L'astaxantina è diluita e standardizzata al 2,5 %, 5,0 %, 7,0 %, 10 %, 15 % o 20 % mediante olio di oliva, di cartamo, di girasole o MCT (trigliceridi a catena media).<br>Astaxantine totali 2.9 11.1 % | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integratori alimentari quali definiti nella direttiva 2002/46/CE</li> <li>• 40-80 mg/giorno di oleoresina, corrispondenti a <math>\leq 8</math> mg di astaxantina al giorno</li> </ul>  |
| Microalga <i>Odontella aurita</i>   | Silicio: 3,3 %<br>Silice cristallina: max. 0,1-0,3 % come impurità  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paste alimentari aromatizzate 1,5 %</li> <li>• Zuppe a base di pesce 1 %</li> <li>• Terrine di pesce 0,5 %</li> <li>• Preparazioni per brodo 1 %</li> <li>• Cracker 1,5 %</li> <li>• Pesce congelato, impanato 1,5 %</li> </ul>     |



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



| Prodotto   | Descrizione  | Applicazione  |
|--|--|---|
| Olio ricco di DHA e di EPA derivato da <i>Schizochytrium sp.</i> | Tenore di DHA: $\geq 22,5\%$<br>Tenore di EPA: $\geq 10\%$                         | <ul style="list-style-type: none"><li>• Integratori alimentari quali definiti nella direttiva 2002/46/CE, destinati alla popolazione adulta, escluse le donne durante la gravidanza e l'allattamento</li><li>• Sostituti dell'intera razione alimentare giornaliera per il controllo del peso</li><li>• Alimenti a fini medici speciali, quali definiti nel regolamento (UE) n. 609/2013</li><li>• Bevande a base di latte e prodotti analoghi, alimenti trasformati a base di cereali e alimenti destinati ai bambini nella prima infanzia</li><li>• Alimenti destinati agli sportivi</li><li>• Alimenti senza glutine o sulla sua presenza in misura ridotta, in conformità alle prescrizioni del regolamento di esecuzione (UE) n. 828/2014</li><li>• Prodotti di panetteria (pane, panini e bi scotti con aggiunta di dolcificanti) 200 mg/100 g</li><li>• Prodotti sostitutivi dei prodotti lattiero- caseari, escluse le bevande (600 mg/100 g per il formaggio; 200 mg/100 g per la soia e i prodotti sostitutivi del latte (escluse le bevande)), 200 mg/100 per i prodotti lattieri (compresi il latte, il formaggio fresco e i prodotti a base di yogurt; escluse le bevande)</li><li>• Cereali da prima colazione</li><li>• Grassi da cucina</li><li>• Barrette ai cereali/nutrizionali</li><li>• Grassi spalmabili e condimenti</li></ul> |
| Olio derivato da <i>Schizochytrium sp.</i> (ATCC PTA-9695)       | Tenore Acido docosapentaenoico (DPA) n-6: $\leq 7,5\%$<br>Tenore di DHA: $\geq 35$ |   |
| Olio derivato da <i>Schizochytrium sp.</i>                       | Tenore di DHA: $\geq 32,0\%$   |   |



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



| Prodotto   | Descrizione  | Applicazione  |
|--|--|---|
| Microalga liofilizzata<br><i>Tetraselmis chuii</i> | <p>Il prodotto liofilizzato si ottiene dalla microalga marina <i>Tetraselmis chuii</i>, appartenente alla famiglia delle <i>Chlorodendraceae</i>, coltivata in acqua di mare sterile in fotobioreattori chiusi e isolati dall'ambiente esterno.</p> <p>Identità stabilita mediante marcatore nucleare rDNA 18 S (sequenza analizzata non inferiore a 1600 coppie di basi) sulla base della banca dati del National Centre for Biotechnology Information (NCBI): non inferiore al 99,9 %</p> <p>Umidità: ≤ 7,0 % Proteine: 35-40 % Ceneri: 14-16 % Carboidrati: 30-32 % Fibre: 2-3 %</p> <p>Grassi: 5-8 %<br/>Acidi grassi saturi: 29-31 % degli acidi grassi totali<br/>Acidi grassi monoinsaturi: 21-24 % degli acidi grassi totali<br/>Acidi grassi polinsaturi: 44-49 % degli acidi grassi totali<br/>iodio: ≤ 15 mg/kg</p> | <p>Salse<br/>Sali speciali<br/>Condimenti<br/>Integratori</p> |



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



## Microalghe – NO NOVEL FOOD

| Microalga            | Prodotto  | Status  |
|----------------------|---|---|
| <i>Spirulina</i>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Arthrospira platensis</i> Gomont (biomassa intera)</li> <li>• <i>Spirulina</i> Turpin ex Gomont, 1892 (biomassa intera)</li> </ul>  | NOT NOVEL FOOD<br>   |
| <i>Chlorella</i>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Chlorella protothecoides</i></li> <li>• <i>Chlorella pyrenoidosa</i></li> <li>• <i>Chlorella sorokiniana</i></li> <li>• <i>Chlorella luteoviridis</i> (<i>Heterochlorella luteoviridis</i>)</li> <li>• <i>Jaagichlorella luteoviridis</i></li> <li>• <i>Parachlorella kessleri</i></li> </ul> | NOT NOVEL FOOD<br>   |
| <i>Chlamydomonas</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> dried biomass powder</li> </ul>   | NOT NOVEL FOOD<br> |

Secondo le informazioni a disposizione delle autorità competenti degli Stati membri, questo prodotto è stato utilizzato in misura significativa per il consumo umano nell'Unione prima del 15 maggio 1997. Pertanto, non è considerato "nuovo" secondo le disposizioni del regolamento sui nuovi prodotti alimentari (UE) 2015/2283 e il suo accesso al mercato non è soggetto all'autorizzazione preventiva all'immissione sul mercato ai sensi del regolamento (UE) 2015/2283.

Tuttavia, altre legislazioni possono limitare l'immissione sul mercato di questo prodotto come alimento nell'UE o in alcuni Stati membri. Si raccomanda pertanto di verificare con le autorità competenti degli Stati membri.



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

## • Mangimi - additivi



Gli additivi possono essere classificati nelle seguenti categorie:

- Additivi tecnologici (ad esempio conservanti, antiossidanti, emulsionanti, stabilizzanti, regolatori di acidità, additivi per l'insilamento)
- Additivi sensoriali (ad es. aromi, coloranti)
- Additivi nutrizionali (ad es. vitamine, minerali, aminoacidi, oligoelementi)
- Additivi zootecnici (ad es. miglioratori della digeribilità, stabilizzatori della flora intestinale)
- Coccidiostatici e istomonostatici che inibiscono o distruggono i parassiti protozoici che causano coccidiosi o istomoniasi negli animali d'allevamento.



Finanziato dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



## Autorizzazione e condizione di uso degli additivi per mangimi

| Regolamento                          | Finalità   |
|--------------------------------------|--|
| <u>Regolamento (CE) n. 1831/2003</u> | Il regolamento sugli additivi per mangimi del settembre 2003 stabilisce una procedura comune per l'autorizzazione degli additivi per mangimi e fissa le regole per la loro immissione sul mercato, l'etichettatura e l'uso |





Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani

PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



## Additivi per mangimi derivati dalle microalghe

| Prodotto                                    | Categoria   | Applicazione   |
|---|---|--|
| Beta-carotene 3a160(a)                      | Additivo nutrizionale, vitamine   | <ul style="list-style-type: none"><li>Tutte le specie animali</li></ul>  |
| Astaxantina 2a161j                          | Additivo sensoriale   | <ul style="list-style-type: none"><li>Sostanze coloranti che influiscono favorevolmente sul colore dei pesci o degli uccelli ornamentali</li></ul> |
| Luteina e zeaxantina                        | Additivo sensoriale   | <ul style="list-style-type: none"><li>pollame</li></ul>  |
| Estratto di <i>Phaeodactylum tricorutum</i> | Additivo nutrizionale<br><br>Un estratto etanoloico della microalga marina <i>Phaeodactylum tricorutum</i> come fonte di composti nutrizionali naturali come gli acidi grassi mono e polinsaturi. | <ul style="list-style-type: none"><li>Tutte le specie animali</li></ul>  |
| Nannochloropsis Gaditana                    | liofilizzata in polvere   | <ul style="list-style-type: none"><li>pollame</li></ul>  |



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



| Prodotto                   | Categoria   | Applicazione   |
|----------------------------|---|--|
| Estratto di spirulina      | Spirulysat è un estratto ricco di ficocianina ottenuto a freddo dalla microalga <i>Arthrospira platensis</i> .<br>Processo senza utilizzo di solventi solo con acqua. | <ul style="list-style-type: none"><li>Sostanze coloranti che influiscono favorevolmente sul colore dei pesci o degli uccelli ornamentali</li></ul> |
| <i>Spirulina platensis</i> | Biomassa intera seccata, tagliata, macerata, polverizzata, liquefatta, pressata   | <ul style="list-style-type: none"><li>Tutte le specie animali</li></ul>  |
|                            | Biomassa secca di spirulina maxima e spirulina platensis.<br>Ceneri grezze.   | <ul style="list-style-type: none"><li>Sostanze coloranti che influiscono favorevolmente sul colore dei pesci o degli uccelli ornamentali</li></ul> |
| chlorella protothecoides   | Prodotto fresco dopo sterilizzazione essiccamento e setacciamento.<br>Alto contenuto proteico.  | <ul style="list-style-type: none"><li>Non specificato</li></ul>  |
| chlorella algae            | Biomassa secca sottoforma di polvere micro fine   | <ul style="list-style-type: none"><li>Non specificato</li></ul>  |



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

## • Integratori

- Gli integratori alimentari sono fonti concentrate di sostanze nutritive (ad esempio, minerali e vitamine) o altre sostanze con un effetto nutrizionale o fisiologico che vengono commercializzate in forma di "dose" (ad esempio, pillole, compresse, capsule, liquidi in dosi misurate).
- Gli integratori alimentari hanno lo scopo di correggere le carenze nutrizionali, di mantenere un apporto adeguato di determinati nutrienti o di sostenere specifiche funzioni fisiologiche. Non sono medicinali e come tali non possono esercitare un'azione farmacologica, immunologica o metabolica. Pertanto, il loro uso non è destinato a trattare o prevenire malattie nell'uomo o a modificare funzioni fisiologiche.
- In Europa gli integratori alimentari sono regolamentati come gli alimenti. La legislazione armonizzata regola le vitamine e i minerali, e le sostanze utilizzate come loro fonti, che possono essere utilizzate nella produzione di integratori alimentari.

## Regolamenti sugli integratori alimentari

| Regolamento                   | Finalità  |
|-------------------------------|---|
| Direttiva 2002/46/CE          | <ul style="list-style-type: none"><li>• il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative agli integratori alimentari</li><li>• sancisce le sostanze vitaminiche e minerali consentite nella preparazione degli integratori e le dosi massime e minime</li></ul> |
| Regolamento (CE) n. 1137/2008 | nuova procedura di regolamentazione con controllo   |
| Regolamento (CE) N. 1170/2009 | riguarda gli elenchi di vitamine e minerali e le loro forme che possono essere aggiunti agli alimenti, compresi gli integratori alimentari.   |
| Regolamento (UE) N. 1161/2011 | riguarda gli elenchi di minerali che possono essere aggiunti agli alimenti  |

## Integratori alimentari a base di microalghe

| Ingrediente                                      | Status  | Dosaggio massimo                              |
|--|---|---|
| Chlorella pyrenoidosa                            | Autorizzato come integratore alimentare   | 400 mg/capsula                                |
| Spirulina  | Autorizzato come integratore alimentare   | 3 g/giorno                                    |
| Oleoresina di astaxantina da <i>H. pluvialis</i> | Autorizzato come integratore alimentare   | 40–80 mg/giorno (8 mg astaxantina per giorno) |
| Schizochytrium sp. Olio ricco in DHA e EPA       | Autorizzato come integratore alimentare (Direttiva 2002/46/EC) per adulti escluso donne incinta ed in allattamento  | 3000 mg EPA e DHA /giorno                     |
|  | Autorizzato come integratore alimentare (Direttiva 2002/46/EC) per donne incinta ed in allattamento   | 450 mg EPA e DHA /giorno                      |
|  | Dieta sostitutiva totale per il controllo del peso come definito nel Regolamento (UE) n. 609/2013 e pasti sostitutivi del pasto per il controllo del peso | 250 mg/pasto                                  |

- Ingredienti per cosmetici

Ingredienti e sostanze cosmetiche possono essere cercate nel database online ufficiale degli ingredienti dei cosmetici nell'UE, database CosIng che fornisce solo informazioni tra ingredienti e sostanze ma non costituisce un mezzo di autorizzazione dell'uso di queste sostanze.

L'autorizzazione all'uso di ingredienti e sostanze si basa su specifiche direttive europee

## Cosmesi direttive

| Regolamento   | Finalità  |
|---|---|
| Regolamento (CE) n. 1223/2009                         | <ul style="list-style-type: none"><li>• semplificare le procedure e snellire la terminologia, riducendo gli oneri amministrativi e le ambiguità. Inoltre rafforza taluni elementi del quadro normativo sui cosmetici, quali il controllo all'interno del mercato, al fine di garantire un elevato livello di tutela della salute umana.</li></ul> |
| DECISIONE DI ESECUZIONE DELLA COMMISSIONE 2013/674/EU | linee guida sull'allegato I del regolamento (CE) n. 1223/2009   |



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



## Ingredienti per la cosmesi

| Ingrediente   | Funzione  | Definizione  |
|---|---|--|
| Olio della microalga<br>Thraustochytrium sp. ATCC 26185 | <ul style="list-style-type: none"><li>• Antioxidant</li><li>• Skin conditioning – Emollient</li><li>• Humectant</li><li>• Skin conditioning</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Inibisce le reazioni promosse dall'ossigeno, evitando così l'ossidazione e l'irrancidimento.</li><li>• Agiscono come lubrificanti sulla superficie cutanea, conferendo alla pelle un aspetto morbido e levigato.</li><li>• Trattenere e/o preservare l'umidità in un prodotto durante l'uso.</li><li>• Mantiene la pelle in buone condizioni</li></ul> |
| Parachlorella Beijerinckii<br>esopolisaccaridi          | <ul style="list-style-type: none"><li>• Film forming</li><li>• Skin protection</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Produrre (al momento dell'applicazione) una pellicola continua sulla pelle, sui capelli o sulle unghie.</li><li>• Contribuisce a evitare gli effetti dannosi per la pelle dovuti a fattori esterni.</li></ul>  |
| Estratto Chlorella Protothecoides                       | <ul style="list-style-type: none"><li>• Skin conditioning – Miscellaneous</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Migliora l'aspetto della pelle secca e/o danneggiata riducendo la desquamazione e ripristinando l'elasticità.</li></ul>  |



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



## Ingredienti per la cosmesi

| Ingrediente   | Funzione                         | Definizione   |
|---|----------------------------------|---|
| Astaxantina   | Skin conditioning                | <ul style="list-style-type: none"><li>Mantiene la pelle in buone condizioni</li></ul>   |
| Estratto di Haematococcus pluvialis                   | antioxidant                      | Inibisce le reazioni promosse dall'ossigeno, evitando così l'ossidazione e l'irrancidimento   |
| Polvere di Haematococcus pluvialis                    |                                  |   |
| Olio di Haematococcus pluvialis                       | Skin conditioning<br>antioxidant | <ul style="list-style-type: none"><li>Mantiene la pelle in buone condizioni</li><li>Inibisce le reazioni promosse dall'ossigeno, evitando così l'ossidazione e l'irrancidimento</li></ul> |
| Estratto di Dunaliella salina/Haematococcus Pluvialis | Antioxidant<br>Skin protection   | <ul style="list-style-type: none"><li>Inibisce le reazioni promosse dall'ossigeno, evitando così l'ossidazione e l'irrancidimento</li></ul>   |



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU

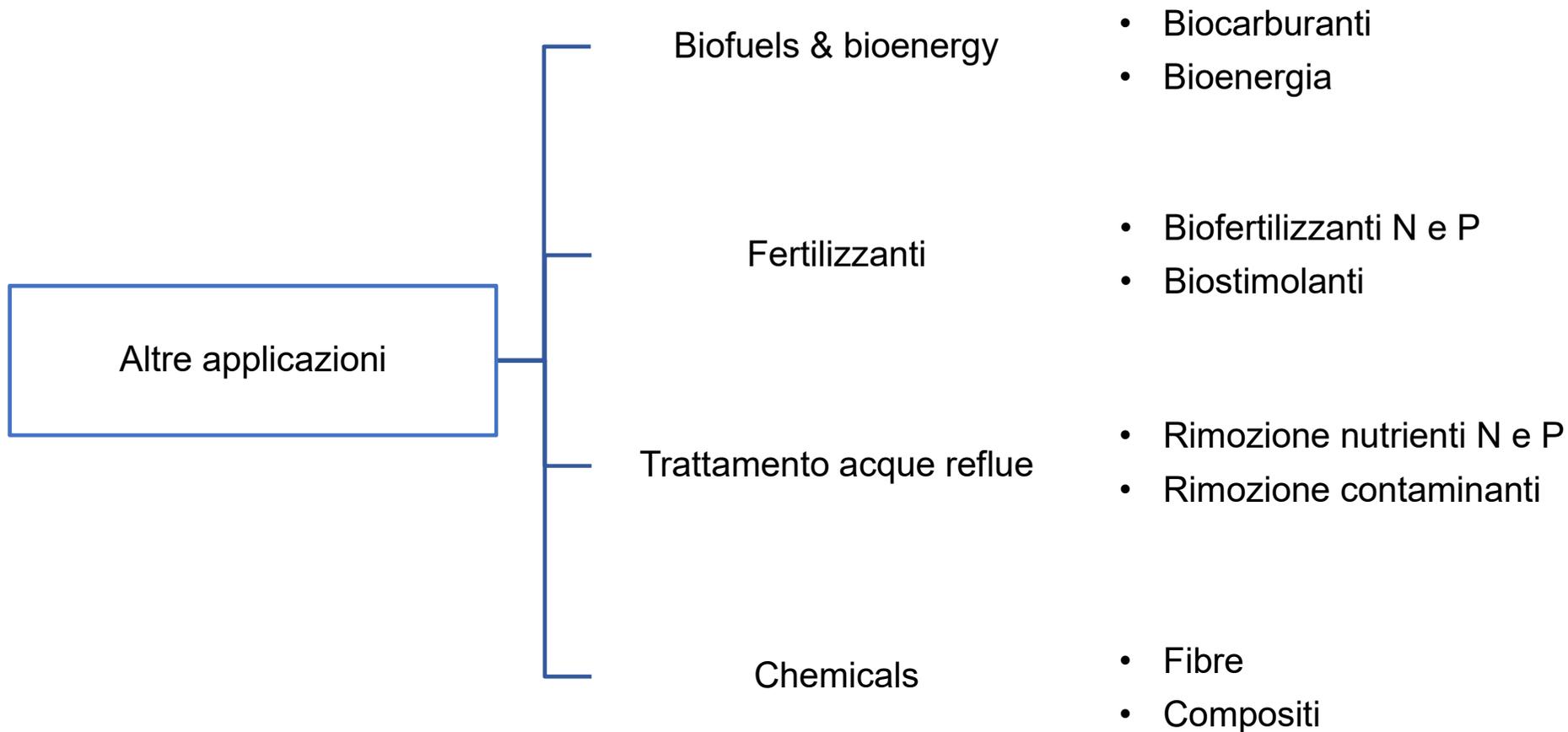


Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani

PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA





Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

- Sistemi di coltivazione



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



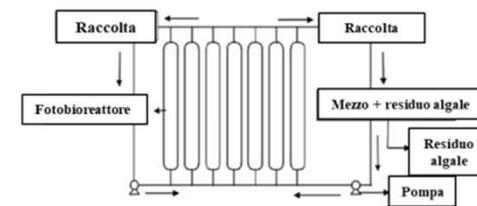
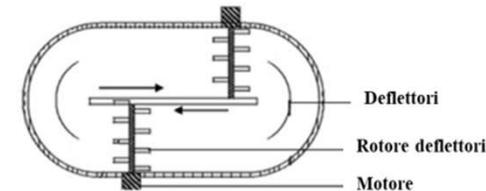
Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

## Sistemi di coltivazione

**Sistemi aperti:** le microalghe crescono nel mezzo acquoso esposto alla naturale luce solare. Il mezzo acquoso viene miscelato mediante l'uso di apposite pale per evitare fenomeni di deposizione al fondo della biomassa e per migliorare il trasferimento di gas disciolti ( $\text{CO}_2$ ).

**Sistemi chiusi:** I fotobioreattori hanno invece conformazioni diverse tubulari, piatti oppure a colonna e sono costituiti da tubi prodotti con materiali come plastica, vetro. L'illuminazione utilizzata è prevalentemente artificiale tranne che in casi di impianti di fotobioreattori outdoor.



Schema ed immagine di un open pond (in alto) ed un fotobioreattore (in basso)

Zhang, X. (2015). Microalgae removal of  $\text{CO}_2$  from flue gas. IEA Clean Coal Centre, UK. ISBN: 978-92-9029-572-



Finanziato dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca

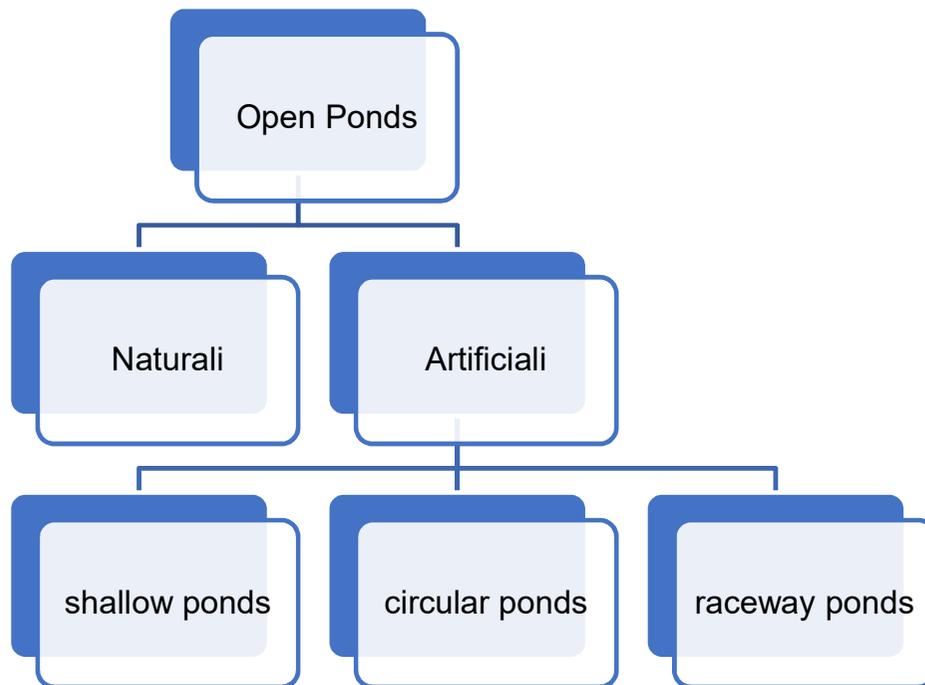


Italiadomani

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

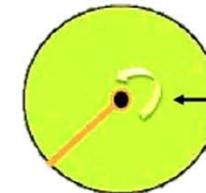


# I sistemi aperti



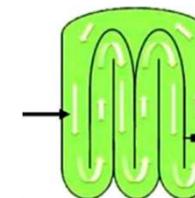
Unstirred pond

Sistemi poco profondi adatti a specie che possono tollerare condizioni sfavorevoli come *Dunaliella salina*



Stirred pond

Sistemi tipici di impianti su larga scala per il trattamento di acque reflue. Profondità 30-70 cm e diametro 45 cm



Raceway pond

Il sistema di coltivazione più utilizzato per produzioni su scala commerciale.

Gururani, P., Bhatnagar, P., Kumar, V., Vlaskin, M. S., & Grigorenko, A. V. (2022). Algal Consortia: A Novel and Integrated Approach for Wastewater Treatment. *Water*, 14(22), 3784.

Enzing, C., Ploeg, M., Barbosa, M., & Sijtsma, L. (2014). Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe. *JRC Scientific and policy reports*, 19-37.



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

## Sistemi naturali

- Sono principalmente stagni naturali oppure semi-artificiali che si trovano all'aperto
- Essendo ambienti il mezzo acquoso non è rimescolato manca di miscelazione ed è limitato a una profondità inferiore a 1 m per mantenere la penetrazione della luce
- Le specie che crescono in questi sistemi devono essere molto resistenti ad elevata esposizione alla luce solare, ad elevate temperature e sbalzi termici, ad elevata salinità quando ci sono condizioni salmastre/marine
- Sono sistemi in cui le microalghe devono competere con contaminanti come protozoi o virus



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

## Circular ponds

- Sistema adatto per le microalghe che presentano una bassa densità cellulare
- Questo tipo di sistema di coltivazione prende il nome dalla sua forma circolare, viene tipicamente realizzato in cemento e con una profondità di 30-70 cm e una larghezza di 45 m
- Un agitatore rotante è posizionato al centro dello stagno per garantire il mescolamento della coltura.
- Questo design presenta gli svantaggi di un elevato consumo energetico e dei costi di costruzione.
- Attualmente, gli stagni circolari sono utilizzati in Giappone e Taiwan per coltivare clorella per il consumo umano



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca

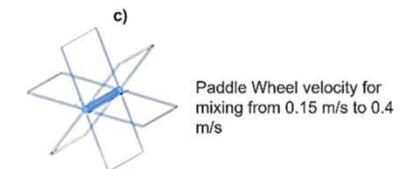
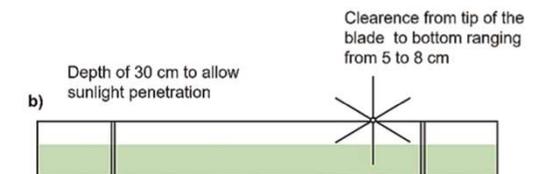
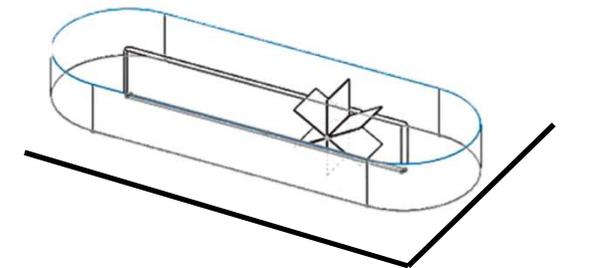


Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

## Raceway ponds

- sistema aperto costruito come un canale chiuso a bassa profondità (25-30 cm) che permette il ricircolo dell'acqua ed una migliore penetrazione della luce;
- Per la miscelazione e la circolazione viene utilizzata una ruota a pale per prevenire la sedimentazione, evitare la formazione di un gradiente di temperatura, distribuire i nutrienti e l'anidride carbonica, rimuovere l'ossigeno prodotto e trasportare le alghe da e verso la superficie, migliorando l'efficienza di utilizzo della luce;
- Per una miscelazione ottimale si utilizza una velocità delle pale compresa tra 0,15 e 0,4 m/s. Un'elevata velocità e l'elevato grado di miscelazione possono danneggiare la crescita della biomassa. Le zone morte (velocità > 0,1 m/s) allungano il tempo di residenza e influenzando l'efficienza complessiva del sistema.





Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca

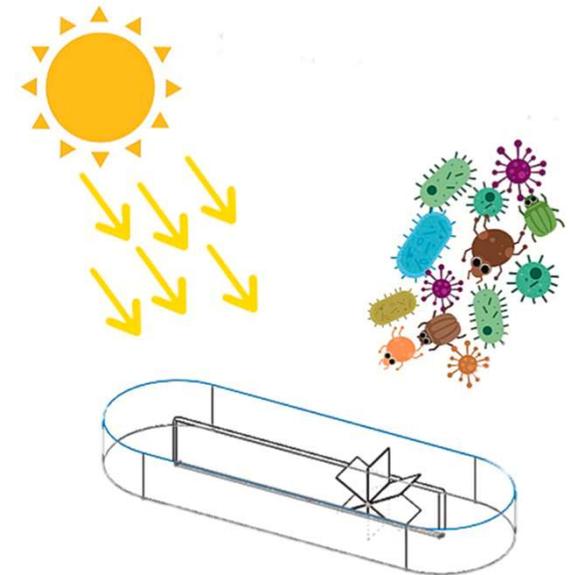


Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

## Raceway ponds

- Essendo un sistema aperto la temperatura subisce una fluttuazione in un ciclo giornaliero e stagionale che rende difficile il suo controllo
- La perdita di acqua per evaporazione può essere significativa e causare l'aumento della concentrazione di sale e altri composti
- A causa delle notevoli perdite nell'atmosfera, i raceway, come altri sistemi aperti, utilizzano l'anidride carbonica in modo molto meno efficiente rispetto ai fotobioreattori chiusi
- Il rischio di contaminazione è molto elevato



Enzing, C., Ploeg, M., Barbosa, M., & Sijsma, L. (2014). Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe. *JRC Scientific and policy reports*, 19-37.



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



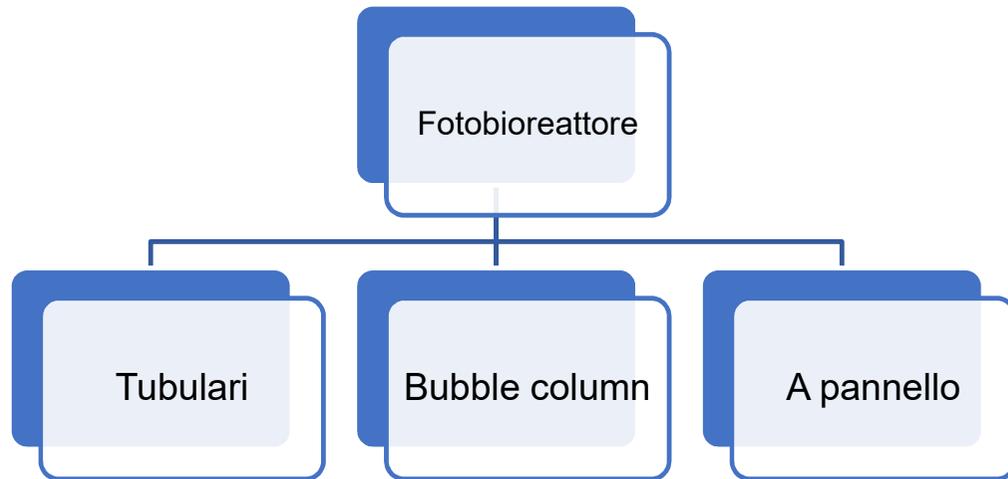
Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



# I fotobioreattori



- I fotobioreattori sono stati sviluppati in risposta alla domanda di produzione di microalghe a livello industriale per applicazioni che richiedono un maggior controllo del processo di produzione
- I PBR sono sistemi di coltura chiusi, illuminati e sigillati, isolati dall'ambiente esterno, senza scambio di gas o contaminanti
- Questi sistemi permettono la regolazione di più parametri (pH, temperatura, luce, concentrazione della CO<sub>2</sub>)



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca

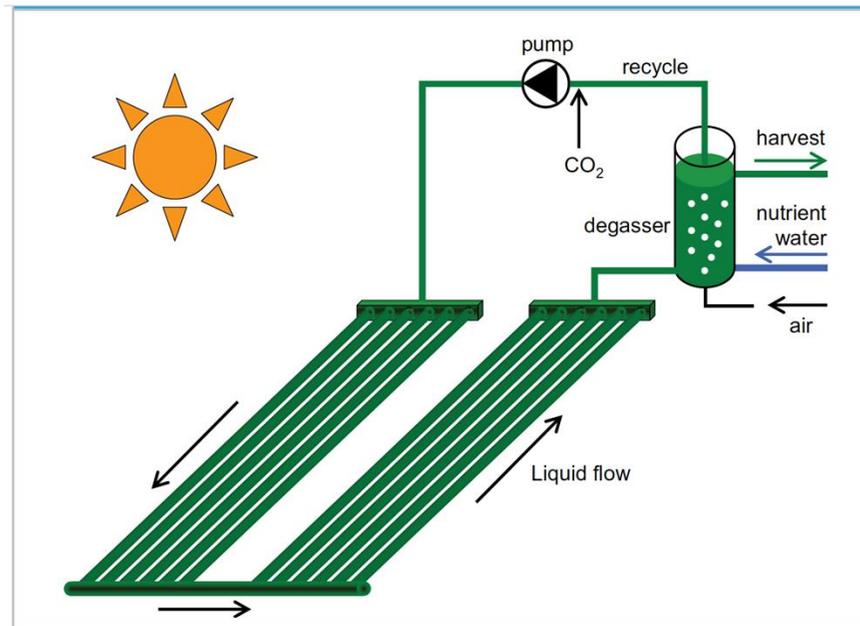


Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

# Fotobioreattore tubulare

## Orizzontale



## Verticale



Enzing, C., Ploeg, M., Barbosa, M., & Sijtsma, L. (2014). Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe. *JRC Scientific and policy reports*, 19-37.



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



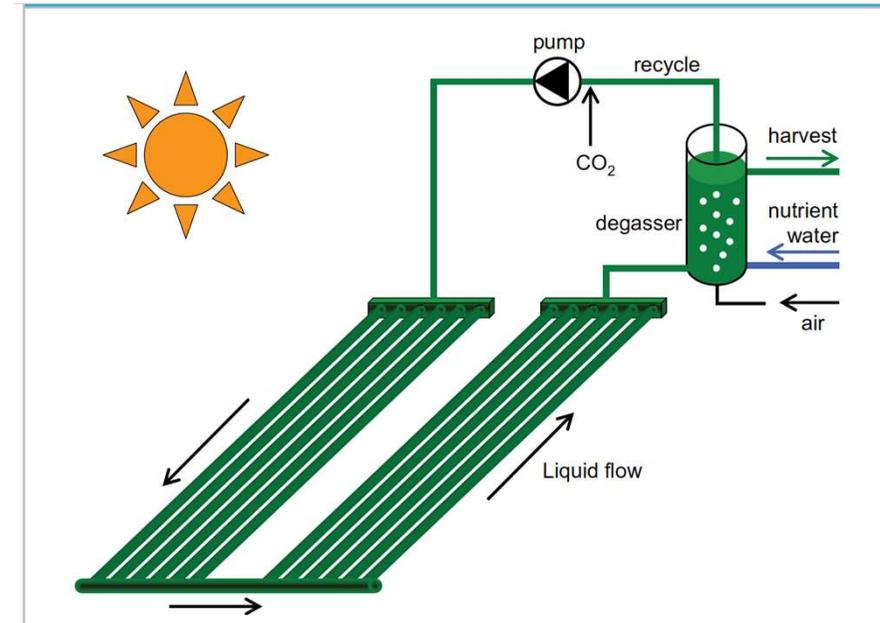
Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

## Fotobioreattore tubulare

- I fotobioreattori tubolari sono i sistemi chiusi più utilizzati su larga scala
- sono costituiti da tubi di vetro o plastica la cui lunghezza non supera gli 80 metri
- L'aria viene fatta circolare con l'utilizzo di pompe meccaniche che favoriscono lo scambio di anidride carbonica e ossigeno attraverso il mezzo.
- La temperatura nella colonna di degassificazione è regolata dalla circolazione di acqua refrigerata con pompe.
- I modelli di PBR sono riportati come orizzontali, verticali e conici con un diametro medio di 0,1 m per un adeguato trasferimento della luce nel mezzo.

Nello scaling-up, il PBR tubolare ha la resa di conversione di massa più lenta, il che rappresenta uno svantaggio significativo: al crescere del diametro dei tubi, il rapporto tra superficie illuminata e volume del reattore diminuisce. Anche se la larghezza dei PBR aumenta durante lo scaling-up, la lunghezza dei tubi deve essere mantenuta il più breve possibile.





Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca

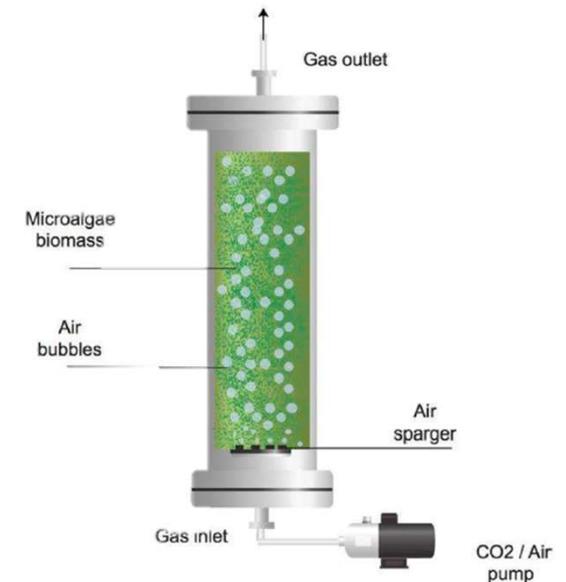


Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

## Bubble column

- Il design è semplice con colonne che possono assumere forme che vanno dai semplici sacchi di polietilene a strutture come colonne ad anello esterno e interno
- In questi sistemi l'altezza supera il doppio del diametro.
- Lo spargitore è l'unica struttura interna presente, tranne che con piastre orizzontali perforate che frammentano e ridistribuiscono le bolle coalizzate prodotte dallo spargitore.
- Come una camicia di riscaldamento, una camicia di luce può racchiudere il reattore a colonna fornendo illuminazione
- Sulla sommità del reattore possono essere installate porte di scarico per scaricare l'aria esausta, i gas di combustione e l'ossigeno, oppure possono essere aggiunte porte di ingresso per introdurre mangime fresco o acqua.
- L'idrodinamica e il trasferimento di massa della colonna dipendono interamente dal comportamento delle bolle rilasciate dallo sparger: Un flusso omogeneo si verifica a basse velocità di flusso del gas, in cui le bolle sono uniformemente disperse in tutta la sezione trasversale della colonna e la fase gassosa ha un rimescolamento minimo o nullo.
- I vantaggi delle colonne a bolle d'aria PBR includono la semplicità meccanica, il basso costo del capitale, le proprietà ottimali di trasferimento di calore e massa, la mancanza di parti mobili.





Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca

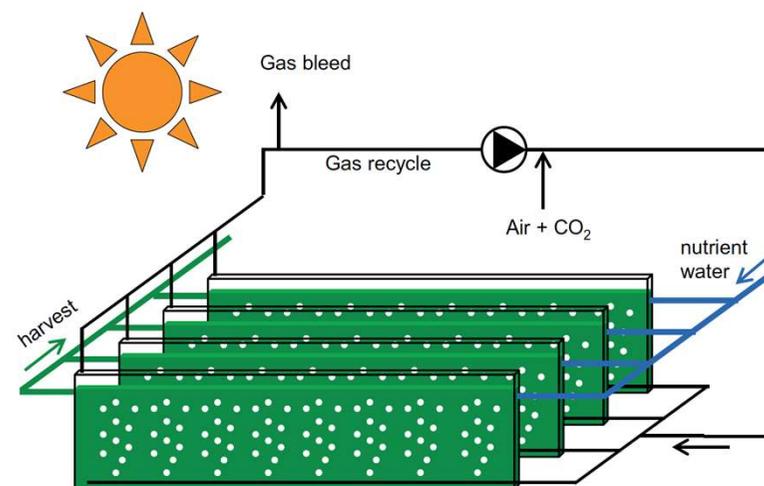
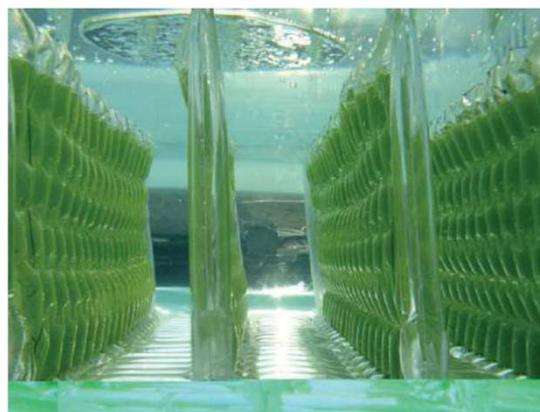


Italiadomani

PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



# Fotobioreattore a pannello



Enzing, C., Ploeg, M., Barbosa, M., & Sijtsma, L. (2014). Microalgae-based products for the food and feed sector: an outlook for Europe. *JRC Scientific and policy reports*, 19-37.



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca

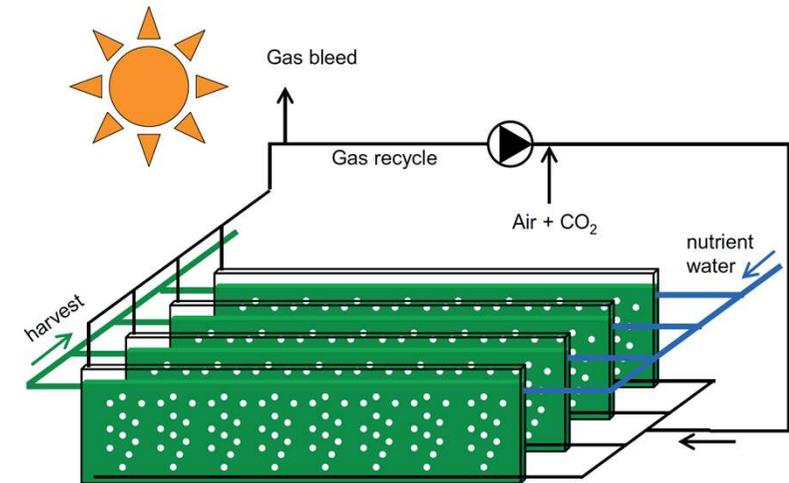


Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



## Fotobioreattore a pannello

- I PBR a pannello piatto sono costituiti da un telaio rettangolare chiuso da due lastre trasparenti parallele che formano un canale rettangolare per massimizzare l'area di illuminazione per volume.
- Le dimensioni più classiche sono: altezza compresa tra 1 e 2 m e una larghezza massima di 10 cm,
- Grazie alla loro struttura compatta, i PBR a pannello piatto esposti alla luce naturale e possono essere adattati ad unità di orientamento che si spostano in direzione dei cambiamenti giornalieri della posizione del sole. Ciò contribuisce inoltre a ottimizzare l'utilizzo della luce e a prevenire l'illuminazione residua e il calore eccessivo;
- il meccanismo di circolazione della sospensioni di cellule attraverso il pannello è costituito da pompe e sparger; altre strategie di miscelazione includono giranti, agitazione magnetica e deflettori.
- Il principale svantaggio di questi PBR è la fotoinibizione causata dal ridotto spazio di lavoro





Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



## Confronto tra open pond e fotobioreattore

| Parametro                        | Open pond  | PBR  |
|----------------------------------|--|--|
| Superficie (m <sup>2</sup> )     | Alta   | bassa  |
| Presenza commerciale             | 95%  | 5%   |
| Up-scaling                       | Semplice   | Complicata specialmente per le tipologie a pannello          |
| Microalghe                       | <i>Chlorella, Spirulina, Dunaliella salina</i>   | Tutti i ceppi  |
| Densità cellulare                | Fino 1 g/L   | 2-8 g/L  |
| Produttività                     | Bassa  | Alta (40-80 tonnellate/ettaro PBR pannello)                  |
| Uso finale della biomassa        | Trattamento delle acque reflue, mangimi per acquacoltura, cosmetici, produzione di lipidi, produzione alimentare | Lipidi, produzione alimentare                                |
| Rischio di contaminazione        | alto   | basso  |
| Trasferimento di materia (massa) | povero   | Buon trasferimento di massa e bassa sollecitazione di taglio |
| Facilità delle operazioni        | semplice   | difficile  |



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani

PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



| Parametro                                | Open pond  | PBR  |
|--|--|--|
| miscelamento                             | Ruota a pale   | Aerazione tramite pompe o impianti di ventilazione                                   |
| illuminazione                            | Luce solare  | Luce artificiale su scala di laboratorio;<br>luce solare su scala commerciale        |
| Tasso di ossigeno disciolto              | Elevato rilascio di ossigeno disciolto in eccesso            | Scarso rilascio di ossigeno disciolto  |
| Dipendenza dalle condizioni atmosferiche | Impraticabilità nella stagione fredda                        | Funziona in qualsiasi condizione climatica   |
| Evaporazione dell'acqua                  | Elevata evaporazione   | Bassa evaporazione   |
| Rapporto superficie/volume               | Bassa ( $5-10\text{m}^{-1}$ )                                | Alto $80\text{m}^{-1}$   |
| Aspetti economici                        | Costi di costruzione, manutenzione e funzionamento contenuti | Sistema di controllo costoso   |
| Consumo energetico                       | Basso  | 2000 W/m <sup>3</sup> PBR tubulare orizzontale<br>50 W/m <sup>3</sup> PBR a pannello |



Finanziato dall'Unione europea  
NextGenerationEU



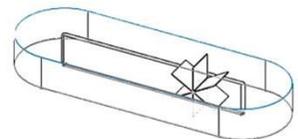
Ministero dell'Università e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



## La situazione degli impianti a livello industriale

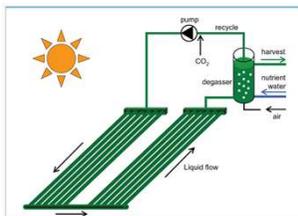


**Piccola scala**  
< 5 ettari  
10-100 ton/anno  
> 500 impianti al mondo

**Media scala**  
5 - 50 ettari  
100-500 ton/anno  
< 300 impianti al mondo (Paesi asiatici)

**Larga scala**  
50 - 100 ettari  
1000-5000 ton/anno  
< 20 impianti produzione spirulina

**Grande scala**  
>100 ettari  
> 5000 ton/anno  
Nessun impianto esistente

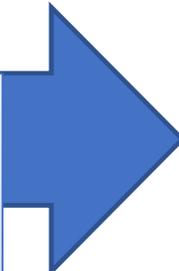


**Piccola scala**  
< 10 m<sup>3</sup>  
1 ton/anno  
< 100 impianti al mondo

**Media scala**  
10 - 500 m<sup>3</sup>  
1-50 ton/anno  
< 50 impianti al mondo

**Larga scala**  
500 - 2000 m<sup>3</sup>  
25 - 150 ton/anno  
< 10 impianti  
4 (1000 m<sup>3</sup>)

**Grande scala**  
>2000 m<sup>3</sup>  
> 50 -70 ton/anno  
Nessun impianto esistente





Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA

SUS-MIRRI.IT

# Grazie per l'attenzione

**Organizzatore e responsabile dell'unità operativa UO11:** Ing. Molino Antonio

**Responsabile del laboratorio PROBIO:** Dott. BalducchivRoberto

**Coordinatore delle attività:** Dott.ssa Bevivino Annamaria, Responsabile ENEA per il progetto PNRR SUS-MIRRI.IT

**Docente:** Dott.ssa Casella Patrizia, curatore della collezione della UO11