



Astaxantina ed omega 3 prodotti dalle microalghe: mercato attuale e prospettive di crescita

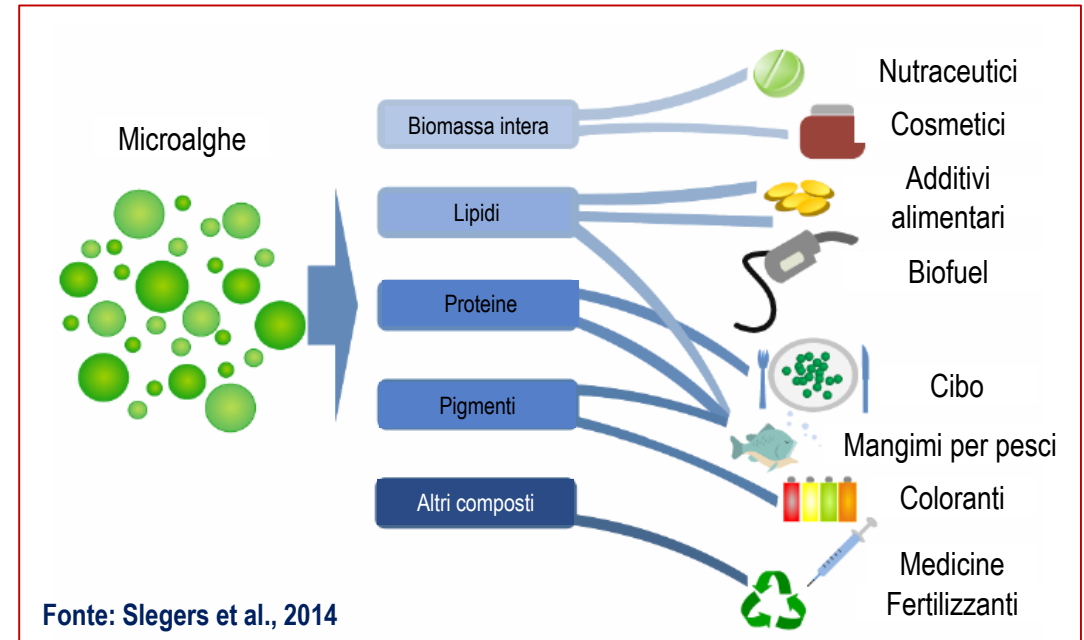
Patrizia Casella, PhD
ENEA – Divisione Biotecnologie e Agroindustria
Laboratorio Bioprodotti e Bioprocessi

Responsabile di progetto: Antonio Molino, PhD
mail: antonio.molino@enea.it

Green & Circular Economy
6-9 Novembre 2018 Rimini (Italia)
**22° Fiera Internazionale del recupero di material
ed energia e dello sviluppo sostenibile**

Le microalghe ed il loro bioprodotti

- **Le microalghe** sono dei microorganismi autotrofi, che utilizzano la luce, l'acqua, i nutrienti e l'anidride carbonica per produrre biomassa ed ossigeno mediante la fotosintesi clorofilliana;
- La loro biomassa è ricca di bio-prodotti come le proteine, i carboidrati, i lipidi, i pigmenti ed altre componenti (vitamine, sali minerali) che possono trovare applicazione in diversi settori;
- I lipidi invece sono delle sostanze di riserva che vengono accumulate dalle microalghe sottoforma di acidi grassi saturi, monoinsaturi, e polinsaturi, in particolare omega 3 (**acido eicosapantenoico (EPA)** e **docosapantenoico (DHA)**);
- I **carotenoidi** sono molecole capaci di captare le diverse lunghezze d'onda della luce durante la fotosintesi e di proteggere la cellula dal fotodanneggiamento.

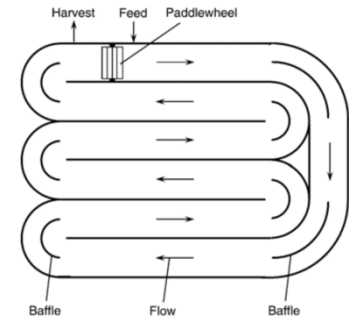


I sistemi di coltivazione

- La crescita delle microalghe avviene in condizioni controllate in **sistemi aperti** come gli open ponds ed in **sistemi chiusi** come i fotobioreattori;
- La **geometria** e il **rapporto volume-superficie (V/S)** dei fotobioreattori sono uno dei fattori che possono influire sulla crescita delle microalghe;
- La riduzione del rapporto V/S porta all'aumento della produttività della biomassa;
- Allo stesso tempo, la cattura della CO₂ da fonti esterne (scarichi industriali) ed il riutilizzo dell'acqua sono fattori chiave per l'incremento della produttività.



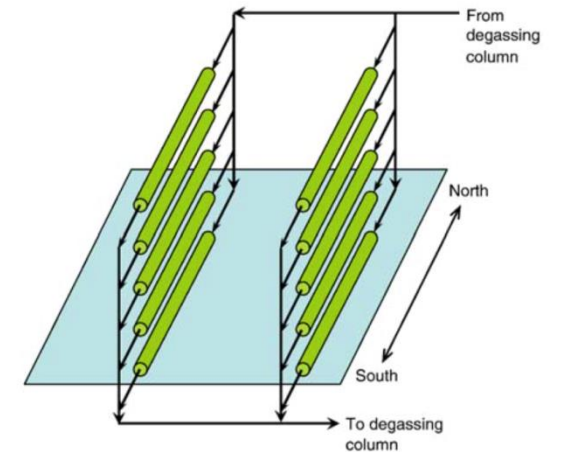
Produzione commerciale di microalghe in open raceway paddle-wheel mixed ponds (Fonte Chisti et al. 2007)



Schema di un open raceway ponds (Fonte Chisti et al. 2007)



Una farm produttrice di *H. pluvialis* con un sistema di fotobioreattori tubulari situata in China (Algix)

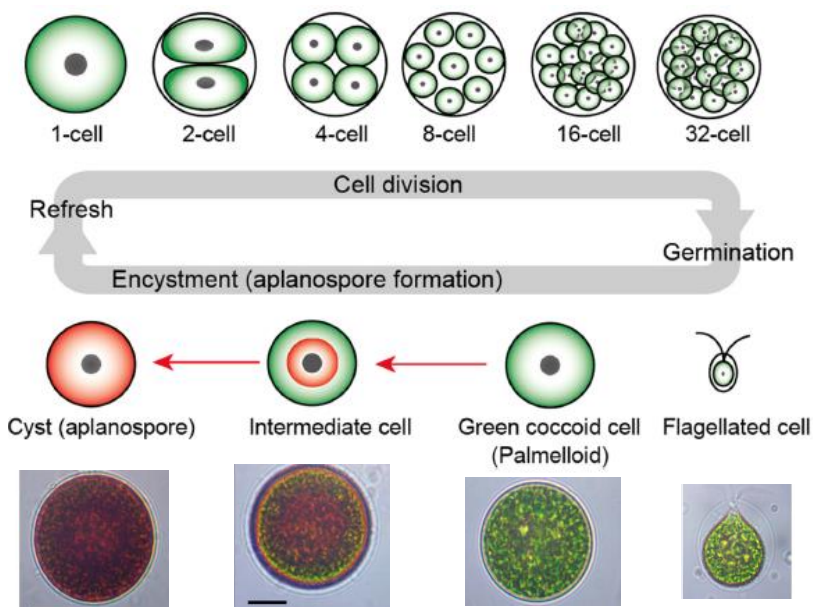


Schema di un sistema di fotobioreattori (Fonte Chisti et al. 2007)

La microalga *Haematococcus pluvialis* come fonte di astaxantina

Ciclo vitale e composizione cellulare della microalga *H. pluvialis*

H. pluvialis è una microalga che vive in ambiente d'acqua dolce, possiede un ciclo di vita costituito da più fasi, vegetative (cell division) e di encistamento (encystment)



Fonte: Shah et al., 2016

Composizione (% su peso secco)		Fase verde	Fase rossa
Proteine		29-45	17-25
Carboidrati		15-17	36-40
Lipidi (% su totale)		20-25	32-37
	Frazione neutra	59	51.9-53.5
	Fosfolipidi	23.7	20.6-21.1
	Glicolipidi	11.5	25.7-26.5
Carotenoidi (% su totale)		0.5	2-5
	β- carotene	16.7	1.0
	Luteina	56.3	0.5
	Astaxantina	nd.	81.2

H. pluvialis accumula l'astaxantina durante la fase rossa in condizioni di stress in particolare causati dall'aumento dell'intensità luminosa e dalla privazione dei nutrienti di azoto

Le microalghe target per la produzione di omega 3

Contenuto lipidico delle microalghe

Microalghe (Genere e specie)	Contenuto di olio (% su peso secco)
<i>Botryococcus braunii</i>	25-75
<i>Chlorella sp.</i>	28-32
<i>Cryptocodinium cohnii</i>	20
<i>Cylindrotheca sp.</i>	16-37
<i>Dunaliella primolecta</i>	23
<i>Monallanthus salina</i>	>20
<i>Nannochloris sp.</i>	20-35
<i>Nannochloropsis sp.</i>	31-68
<i>Neochloris oleabundans</i>	35-54
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	20-30
<i>Schizochytrium sp.</i>	50-77
<i>Tetraselmis sueica</i>	15-23

Le microalghe con un contenuto di olio maggiore rispetto alle altre specie sono le specie ***Nannochloropsis sp. (salina, gaditana, oceanica)***, ***Schizochytrium sp.***, ***Cryptocodinium cohnii***, ***Neochloris oleabundans***.

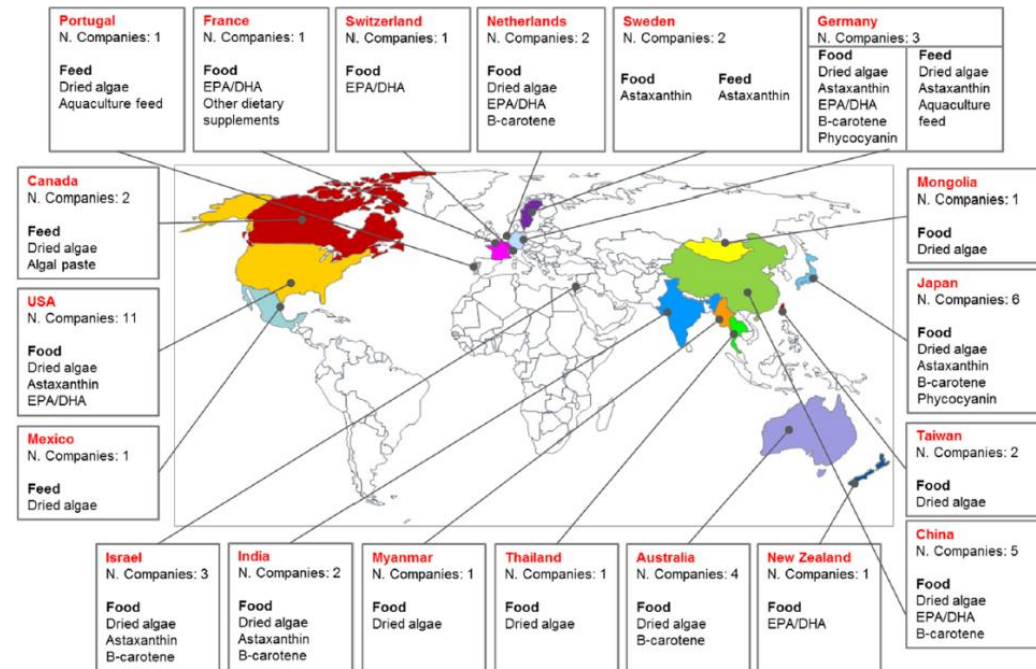


20-40% degli acidi grassi totali delle microalghe

L'accumulo degli **omega 3** all'interno della cellula delle microalghe dipende dai fattori abiotici come l'intensità luminosa, la temperatura, la concentrazione di sali come il cloruro di sodio (NaCl), la presenza/assenza di nutrienti di azoto

I maggiori produttori di microalghe e biprodotti

Distribuzione mondiale



USA, Giappone, Cina ed India sono le nazioni leader per la produzione di microalghe e bioprodotti

Fonte: Vignani et al., 2015; Ambati et al., 2018

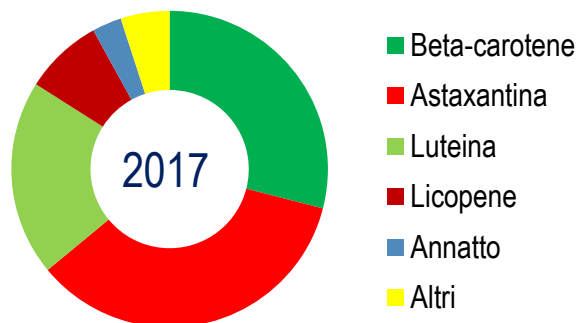
Aziende	Microalghe o bioprodotti	Nazione
E.I.D Parry Ltd.,	Astaxantina	India
Algae Technologies	Astaxantina	Israele
Mera Pharmaceuticals Inc.,	Astaxantina	USA
Cyanotech Corporation	Astaxantina	USA
Valensa International	Astaxantina	USA
Fuji Chemicals Industry Co., Ltd.,	Astaxantina	Giappone/Svezia
Jingzhou Natural Astaxanthin Inc.,	Astaxantina	Cina
Aquacarotene Ltd.,	b-carotene	USA
Cognis Nutrition and Health	b-carotene	Australia
Nikken Sohonsa Corporation	b-carotene	Giappone
Tianjin Norland Biotech Co., Ltd.,	b-carotene	Cina
E.I.D Parry Ltd.,	b-carotene	India
Seambiotic	b-carotene	Israele
Muradel Pty Ltd.,	b-carotene	Australia
Cyanotech Corporation	b-carotene,	USA
AlgaNova International	Fucoxantina	Cina
Leili Natural Products Co., Ltd.,	Fucoxantina	Cina
Cyanotech Corporation	Spirulina	USA
E.I.D Parry Ltd.,	Spirulina	India
Hydrolyna Biotech Pvt., Ltd.,	Spirulina	India
Nutrex Hawaii Inc.,	Spirulina	USA
Sun Chlorella Corporation	Chlorella	Giappone
Yaeyama Shokusan Co., Ltd.,	Chlorella	Giappone
Maypro Industries Inc.,	Chlorella	USA
Taiwan Chlorella Manufacturing Co., Ltd.	Chlorella	Taiwan
Far East Microalgae Ind Co., Ltd.	Chlorella	Taiwan
Roquette Klotze GmbH and Co. KG	Chlorella	Germania

Il valore di mercato delle microalghe e dei loro bioprodotti

Il mercato globale delle microalghe si aggira tra i 3.5 ed i 5 miliardi di US\$

Distribuzione dei principali prodotti microalgali

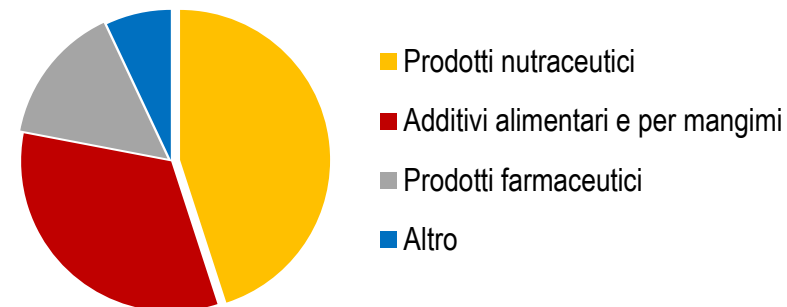
Mercato dei carotenoidi



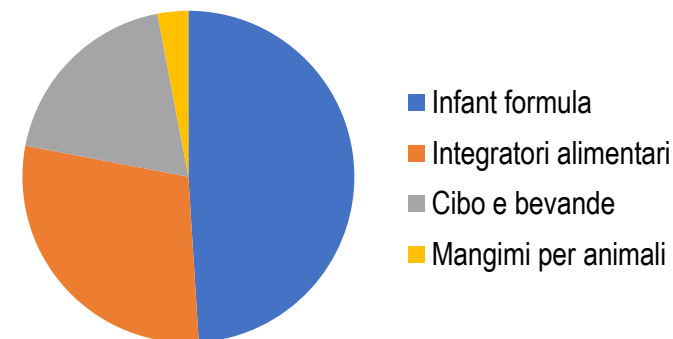
Fonte: Industry Experts, Inc. <http://industry-experts.com>

Il mercato dei carotenoidi è stato invece stimato intorno ai 1.21 miliardi di US\$, con il betacarotene e l'astaxantina che costituiscono i principali protagonisti (Grand View Research (2016)).

Nel 2016, il mercato degli omega 3 è stato quantificato intorno a 2.04 miliardi US\$ (Grand View Research (2018)).



Applicazioni del mercato dell'EPA e DHA



Applicazioni e proprietà dell'astaxantina e degli omega 3



Additivi alimentari



Additivi per mangimi



Prodotti nutraceutici e farmaceutici



Cosmetici

Proprietà benefiche

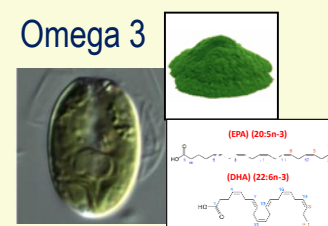
Attività antiossidante, protezione dai raggi UV, proprietà antinfiammatorie, antidiabetiche, epatorprotettive, protezione cardiovascolare

Astaxantina



India. Sathi Ravi Kanth Reddy. © Sathi Ravi Kanth

Omega 3



Proprietà benefiche

Proprietà antinfiammatorie e neuroprotettive, prevenzione cardiovascolare, effetti positivi sulla mente e sulla cognizione

Prodotti ed applicazioni autorizzate da Regolamenti Europei e statunitensi (FDA, Food and Drug Administration)

Prodotto	Applicazione	Regolamento
<i>H. pluvialis</i> meal	Additivo colorante per mangime per salmoni	CFR-TITLE 21-FDA
Astaxantina	Additivo colorante per mangime per pesci	CFR-TITLE 21-FDA
Oleoresina ricca di astaxantina estratta da <i>H. pluvialis</i>	Integratore alimentare	Regolamento (EC) 2017/2470 Direttiva 2002/46/CE
Olio algale prodotto da <i>Ulkenia sp.</i>	Additivo, integratore per nuovi cibi come prodotti da forno, cereali e bevande non alcoliche	Regolamento (EC) 2017/2470
Oil ricco in DHA ed EPA prodotto da <i>Schizochytrium sp.</i>	Integratore alimentare per adulti, donne gravide e per cibi per bambini	Regolamento (EC) 2017/2470 Direttiva 2002/46/CE
Oil ricco in DHA ed EPA prodotto da <i>Nannochloropsis sp.</i>	Integratore alimentare	FDA (2015) US Food and Drug Administration New Dietary Ingredient Notification Report #826

Le forme alternative di astaxantina ed omega 3 ed i loro costi

La forma alternativa dell'astaxantina viene prodotta sinteticamente da alcune compagnie come la BASF che produce il Lucantin® Pink per l'alimentazione dei salmonidi, e dei gamberi, con un contenuto di astaxantina tra il 10 ed il 20%, oppure dalla DSM Bright Science. Brighter Living.™ con il prodotto AstaSana.

La forma sintetica è infatti attualmente autorizzata come additivo nei mangimi per i salmonidi, gli uccelli ed i pesci ornamentali secondo il Regolamento Europeo di esecuzione (UE) 2015/14153

La forma alternativa dell'olio prodotto dalle microalghe è l'olio di pesce il cui costo si aggira in questi ultimi anni, dal 2015 al 2017 intorno ai 1400 - 1700 \$ per tonnellata (GLOBEFISH Highlights Gennaio 2018)

La composizione dell'olio di pesce può variare tra le diverse specie. Ad esempio l'olio di acciuga ha un contenuto maggiore di EPA (5 – 26%) rispetto all'olio di tonno (2.5-9.0%). Il contenuto di DHA è invece inferiore (3.0 – 4.0 %) rispetto all'EPA in entrambe le specie (STANDARD FOR FISH OILS CXS 329-2017).



VS



**Costo
composizione naturale**

99 €/kg
(Contenuto di astaxantina 0,5%)

**Costo
forma sintetica**

25-30 €/kg
(Contenuto di astaxantina 10%)
(Lucantin® Pink)

**Costo
Olio di microalga**

1080 €/L
(Contenuto di EPA 105 g/L e DHA 195 g/L)

**Costo
Olio di pesce**

109 €/kg
(Contenuto di EPA 16% e di DHA 10%)
Olio di pesce grado farmaceutico

1200 €/kg
(Contenuto di EPA 27% e DHA 54%)
(integratori soft gel)

500€/kg
(Contenuto di EPA 25% e di DHA 17%)
(integratori soft gel)

I fattori critici della coltivazione delle microalghe e della produzione di bioprodotto

Fattori critici:

- **Bassa produttività dei sistemi di coltivazione:** la produttività delle microalghe si aggira tra 0.03 g/(L * giorno) e 0.3 g/(L * giorno);
- **Sistemi di raccolta costosi:** la raccolta delle microalghe contribuisce al 30% del costo della biomassa prodotta;
- **Elevati costi di impianto e di esercizio:** costi di progettazione, costruzione e mantenimento. Questi costi sono mediamente maggiori per i fotobioreattori rispetto agli open pond;
- **Tecniche estrattive poco ecosostenibili:** l'estrazione in campo industriale avviene principalmente mediante l'uso di solventi organici come il metanolo, l'etanolo, l'esano, l'acetone, ed il diclorometano

VALUEMAG project

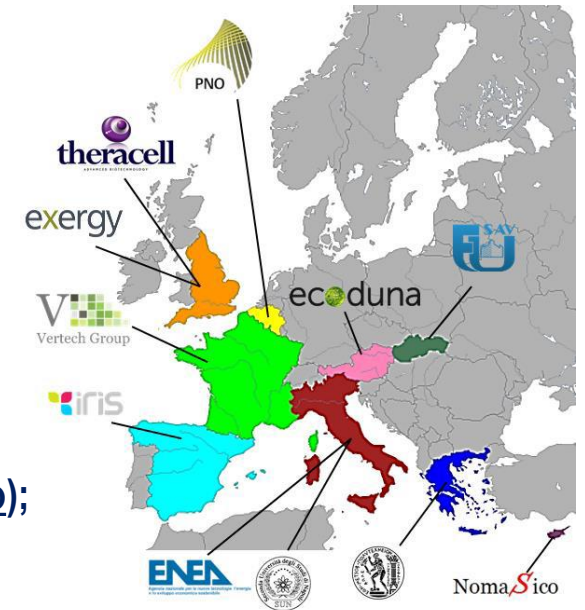
Il progetto **VALUEMAG (Valuable Products from Algae Using New Magnetic Cultivation and Extraction Techniques)** grant agreement No 745695 risponde alla call BBI-2016-R09 “Exploiting algae and other aquatic biomass for production of molecules for pharma, nutraceuticals, food additives and cosmetic applications” e ad un tipologia di azione di Ricerca ed Innovazione.

Il finanziatore del progetto, la **Bio-Based Industries Joint Undertaking (BBI JU)** nasce da un **partenariato pubblico-privato** di 3,7 miliardi di euro tra l'Unione europea (UE) e il consorzio Bio-based Industries Consortium (BIC).

Il progetto coinvolge:

- ✓ **11 partecipanti distribuiti in 9 nazioni;**
- ✓ **7 SMEs : PNO; Theracell; Exergy; Vertech Group; Iris; Ecoduna; NomaSico**
- ✓ **2 Istituti di Ricerca: ENEA e Institute of Physics, Slovak Academy of Science (FuSAV);**
- ✓ **2 Università: National Technical University of Athens (NTUA) (coordinatore del progetto); Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli;**

Grant totale: € 4,789,000 – DATA DI INIZIO PROGETTO: 01/04/2017 (36 mesi attività)



Output del progetto

La proposta di un nuovo **sistema di coltivazione** innovativo basato sull'uso di **nanoparticelle magnetiche (mPBR)** in grado di ridurre i costi di produzione fino a **0.3€/kg** (dai 5 €/kg)

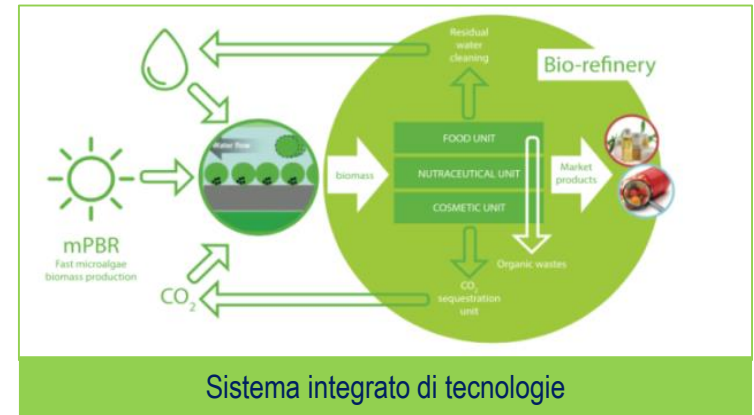
L'implementazione dell'unità **SOMAC** in serie ad unità industriali ad emissione di CO₂ che consentirà la sua cattura fino a **1.8 kg di CO₂** per kg di biomassa prodotta;

L'estrazione di molecole ad elevato valore aggiunto attraverso tecnologie utilizzando fluidi supercritici quale l'anidride carbonica (astaxantina, luteina, betacarotene, omega3)

Outcome del progetto:

✓ Impianto dimostrativo del fotobioreattore magnetico, unità **SOMAC (SOFT MAGNETIC CONE)** per la crescita delle microalghe magnetiche e la nascita di nuove cellule contenenti le nanoparticelle magnetiche con una produzione di circa **4 g/(L*giorno)**

✓ Produzione di additivi e composti nutraceutici e farmaceutici, la loro caratterizzazione, i costi e la qualità

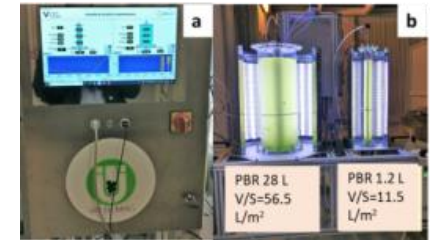


Attività di ricerca dell'ENEA

L'attività di ricerca dell'ENEA viene svolta in merito:

1. alla **coltivazione delle microalghe** per la produzione di bioprodotto in **sistemi innovativi** con un rapporto volume/superficie (V/S) ridotto, e valutando anche l'effetto della **cattura della CO₂** ed il riutilizzo dell'**acqua** (WP2: Magnetic Algae Cultivation System);
2. all'**estrazione** di molecole ad alto valore aggiunto (**astaxantina ed omega 3**) mediante tecniche di estrazione con **solventi GRAS** (Generally recognized as Safe) e fluidi supercritici come la **CO₂** (WP3: Animal Food, Nutraceutical & Cosmetics from Algae);
3. alla **valutazione tecnico, economica ed energetica** sull'inserimento nei mercati dei bioprodotto estratti dalle microalghe e prodotti dall'insieme delle tecnologie sviluppate dal progetto (WP4- Operation and Assessment)

1



2



ASE 200



Analisi cromatografica con uHPLC-DAD e GC-FID



CO₂-SFE impianto scala di laboratorio



CO₂-SFE impianto pilota

Conclusioni

- Il mercato attuale è fortemente interessato all'applicazione dell'astaxantina e degli omega 3 (EPA e DHA) prodotti dalle microalghe con prospettive di crescita elevate;
- Le loro prospettive di crescita dipendono molto dalla riduzione dei costi e della competitività economica nei riguardi delle forme sintetiche;
- L'obiettivo del progetto VALUEMAG è proprio quello di ottenere il raggiungimento della competitività di questi composti sviluppando un sistema integrato di tecnologie come il fotobioreattore magnetico (SOMAC), che consenta di incrementare la crescita e la produzione delle microalghe riducendone i costi e di combinare questa tecnologia con altre di tipo ecostostenibile per la riduzione delle emissioni di CO₂ ed il consumo dell'acqua.



Grazie per l'attenzione

www.valuemag.eu