



Coltura di microalghe in un fotobioreattore

LE ALGHE: UNA FONTE VEGETALE ALTERNATIVA DI MOLECOLE FUNZIONALI PER LA COSMETICA

La capacità di sintetizzare un'ampia gamma di metaboliti primari e secondari come per esempio pigmenti, antiossidanti, trigliceridi, acidi grassi e vitamine rende interessante l'utilizzo delle microalghe in diversi campi, come per esempio quello della nutrizione umana e animale: nella produzione di alimenti particolari e integratori alimentari, ma anche in quello cosmetico e quello della produzione di biodiesel ed energia.

* **Enrico Doria**
 * **Daniela Buonocore**
 * **Marta Elisabetta Temporiti**

Le alghe (macroalghe e microalghe) sono organismi fotosintetici unicellulari o pluricellulari in grado di prosperare e riprodursi in ogni tipo di habitat acquatico: dalle acque dolci a quelle marine, salmastre o iperaline, e più in generale ovunque vi sia un'umidità permanente. Le alghe includono organismi evolutivamente molto eterogenei e provenienti da diversi gruppi filogenetici con circa 30.000 specie descritte fino a oggi (Christaki *et al.*, 2012). Questi organismi che popolano il pianeta da quasi 2,5 miliardi di anni, attraverso l'attività fotosintetica di conversione dell'energia solare in energia chimica, accumulano un ampio spettro di metaboliti secondari che possiedono diverse attività biologiche e per questo chiamati "composti bioattivi". Le altre caratteristiche principali delle alghe sono l'elevato tasso di crescita e la capacità di vivere in diverse condizioni ambientali, in nicchie ecologiche talvolta difficili o estreme che possono promuovere la sintesi e l'accumulo di molti composti bioattivi che costituiscono la difesa chimica delle alghe (Kelman *et al.*, 2012). In particolare le microalghe sono superiori alle

piante in termini di produttività, non hanno limitazioni stagionali e grazie ai diversi sistemi di coltura, in fotobioreattori o in vasche aperte, esse costituiscono una fonte potenzialmente inesauribile di biomassa che trova diverse applicazioni (Christaki *et al.*, 2012). La capacità di sintetizzare un'ampia gamma di metaboliti primari e secondari come per esempio pigmenti, antiossidanti, trigliceridi, acidi grassi e vitamine, infatti, rende interessante l'utilizzo delle microalghe in diversi campi, come per esempio quello della nutrizione umana e animale (nella produzione di alimenti particolari, integratori alimentari, etc.), quello cosmetico e quello della produzione di biodiesel ed energia (Borowitzka, 2013). Questi organismi sono sfruttati dall'uomo fin dall'antichità. In Asia, infatti, si sono trovate tracce dell'utilizzo di *Nostoc* e *Aphanizomenon* in campo alimentare risalenti a più di 2000 anni fa e in America centrale, sulle rive del lago Texcoco, già la civiltà azteca consumava *Spirulina* sotto forma di farine da integrare nell'impatto di diversi cereali. È stato riportato che Marco Antonio cercò di impressionare e sedurre Cleopatra offrendo il Mar Morto come immensa spa personale alla regina egiziana, essendo l'acqua di questo mare ricca della presenza della microalga *Dunaliella salina*, unica in grado di sopravvivere alle condizioni estremamente saline e

capace, con i suoi pigmenti colorati, i carotenoidi, di rafforzare e proteggere la pelle. Il desiderio e la ricerca del benessere, della bellezza personale, inseguita sin dall'antichità, sono oggi il motore dell'industria cosmetica, la quale a oggi fa registrare un giro d'affari annuo di oltre 150 miliardi di dollari, secondo le stime della francese Eurostat (Arora *et al.*, 2012). E nel prossimo futuro tale industria continuerà a svilupparsi, venendo incontro anche alle richieste di mercato dei paesi emergenti. Un altro aspetto che va tenuto in considerazione è la crescente domanda di prodotti cosmetici naturali, che rispettino i principi della sostenibilità ambientale, oltre che economica. E a questo riguardo, le alghe costituiscono un'ottima fonte di molecole funzionali che possono essere impiegate in cosmetica.

Alghe in cosmesi

L'utilizzo delle alghe in cosmesi ha ricevuto molta attenzione negli ultimi anni; esistono, infatti, diverse specie algali che sono note per il loro effetto benefico, dimostrandosi molto utili nel trattamento anti-invecchiamento, come rimedio agli inestetismi della pelle, o ancora come agente sbiancante della pelle (Wang *et al.*, 2015). Alcune specie di alghe, siano esse marine o di acqua dolce, come per esempio quelle riportate in tabella 1, sono già

Microalghe	Antiossidanti	Anti-invecchiamento	Protezione solare	Anti-irritante	Pigmenti	Acidi grassi
Nannochloropsis	+++	nt	+	nt	B-carotene Luteina Neoxantina	EPA ALA
Tetraselmis	+++	nt	+++	nt	B-carotene Luteina Neoxantina Violaxantina Diadinoxantina	EPA PA Acido Stearico
Phaeodactylum	++	+++	++	nt	Zeaxantina Fucoxantina	DPA DHA EPA
Porphyridium	+	nt	++	+++	Zeaxantina Ficoeritrina	ALA EPA
Isochrysis	+++	nt	++	nt	B-carotene Zeaxantina Fucoxantina Cantaxantina	DHA ALA Acido Mistririco Acido Oleico

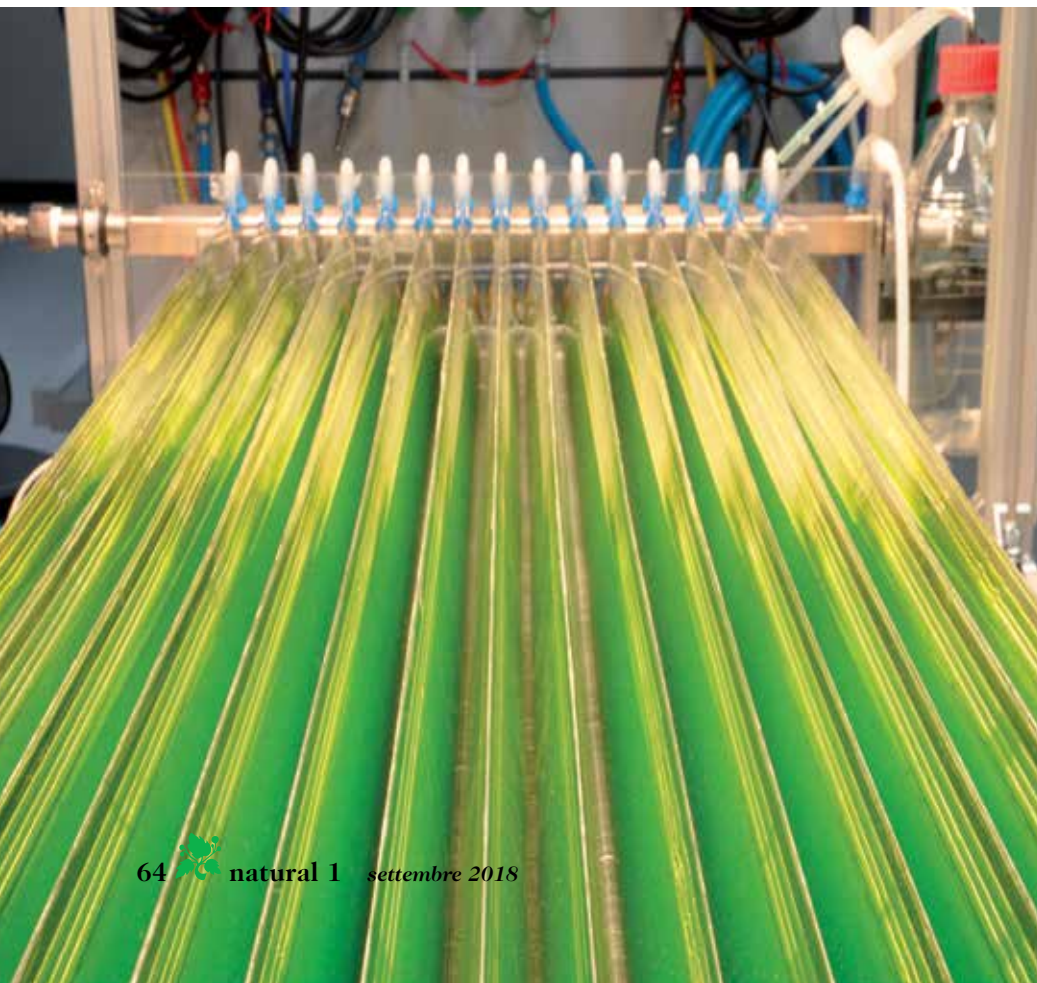
Tabella 1 - Specie di microalghe utilizzate in alcune formulazioni cosmetiche



Foto di C. Booth

Laminaria

Un impianto con fotobioreattori orizzontali



state utilizzate in alcune formulazioni cosmetiche come agenti idratanti e addensanti, anche in combinazione con diverse altre molecole bioattive; mentre altre specie di alghe rimangono in gran parte inutilizzate a causa di un'apparente mancanza di conoscenza relativa ai composti attivi primari utili come ingredienti in questo settore.

Non ci sono ancora molti studi riguardanti la capacità di molecole bioattive estratte da alghe di agire sulla protezione o rigenerazione della pelle, tuttavia sono stati identificati diversi principi attivi derivati dalle alghe che possono essere usati per prevenire imperfezioni cutanee, seborrea, riparare la pelle danneggiata, inibire processi infiammatori e assicurare una corretta idratazione della pelle. La protezione contro i raggi UV e di conseguenza contro l'invecchiamento della pelle è assicurata da alcuni polisaccaridi come i fucoidani e gli alginati estratti da diverse alghe brune quali *Fucus vesiculosus* e *Turbinaria conoides* (Jea et al., 2009). I radicali liberi delle specie reattive dell'ossigeno (ROS), che aumentano in seguito alla prolungata esposizione ai raggi UV, sono i responsabili del danneggiamento di diverse componenti strutturali e funzionali delle cellulari, in particolare delle proteine, del DNA e dei lipidi di membrana. L'azione fortemente antiossidante dei polisaccaridi come il fucoidano, un polimero complesso formato da fucosio legato a gruppi solfato, che viene utilizzato in diversi preparati cosmetici insieme a vitamine ed estratti vegetali, gioca un ruolo molto importante nella prevenzione di infiammazioni cutanee, di melanomi e del cancro alla pelle causati dall'accumulo dei ROS. Il fucoidano è stato oggetto di studio sin dagli anni '70 del secolo scorso, quando sono stati provati molti dei suoi effetti benefici sulla salute umana, legati specialmente alla sua attività

antiproliferativa cellulare (Pallela *et al.*, 2010). È stato dimostrato recentemente che i fucoidani inibiscono l'espressione genica di alcune metallo-proteinasi, enzimi coinvolti nella degradazione di diverse componenti della matrice extracellulare del derma come il collagene o la fibronectina, la cui elevata e prolungata attività, come per esempio in seguito a una prolungata esposizione solare, ha come conseguenza la formazione di rughe, macchie cutanee e altri inestetismi della pelle (Wang *et al.*, 2013). Un effetto protettivo simile è stato riscontrato in alcuni metaboliti secondari (MMAs - Mycosporine-like amino acids) presenti nelle alghe rosse come *Porphyra umbilicalis*, nota soprattutto per il suo impiego alimentare nel sushi ma oggi utilizzata, per la sua ricchezza di vitamine, anche come costituente di diversi integratori presenti sul mercato (Shick and Dunlap, 2002).

I florotannini sono un'altra classe di metaboliti secondari estratti principalmente da alghe marine come *Corallina pilulifera* e *Sargassum horneri*, in grado di promuovere la sintesi di collagene e per questo impiegati in alcuni preparati cosmetici anti-invecchiamento (Thomas and Kim, 2013). Le alghe brune marine costituiscono una ricca fonte di molecole potenzialmente utili nelle applicazioni cosmetiche; le alghe del genere *Fucus* contengono composti di natura steroidea, i fucosteroli, che grazie alle notevoli proprietà antiossidanti, proteggono i cheratinociti da possibili danni legati all'esposizione ai raggi UV e promuovono la sintesi di collagene (Kim *et al.*, 2013).

Nella cultura asiatica principalmente, ma anche in Africa e in Sudamerica, lo sbiancamento della pelle è una pratica molto comune in quanto il candore cutaneo è visto come un importante requisito di bellezza. Per questa ragione, prodotti cosmetici depigmentanti hanno un florido mercato, con sti-

me di ulteriore crescita per i prossimi anni. La melanogenesi è un processo complicato che coinvolge diversi passaggi biosintetici e meccanismi di trasduzione del segnale, ma uno degli enzimi-chiave nella sintesi della melanina è una tirosinasi, la cui espressione e attività sono promosse dall'esposizione ai raggi solari; molecole con la funzione di inibire l'azione della tirosinasi sono dunque alla base di prodotti cosmetici sbiancanti. Le alghe marine hanno recentemente attirato l'attenzione per la presenza di composti secondari che bloccano o diminuiscono i livelli di espressione della tirosinasi, favorendo quindi il processo di depigmentazione (Wang *et al.*, 2015). Alcuni di questi composti recentemente studiati per la possibilità di far parte di preparati cosmetici sbiancanti sono i derivati del floroglucinolo, del quale una delle fonti di estrazione più conosciuta e studiata è *Ecklonia stolonifera*, un'alga bruna che popola il mar del Giappone (Babitha and Kim, 2011). Senza dubbio uno dei pigmenti più interessanti per la capacità di regolare negativamente la melanogenesi, è la fucoxantina, una xantofilla presente nelle alghe brune (sia macro che microalghe) e oggetto di alcune ricerche recentemente pubblicate. *Laminaria japonica*, un'alga bruna utilizzata nella cucina popolare asiatica per l'elevato contenuto di sali minerali tra

cui lo iodio (e quindi indicata per la cura di disfunzioni della tiroide), sembra accumulare alti livelli di questo pigmento in grado di sopprimere l'attività tirosinasi (Thomas and Kim, 2013).

Il mantenimento dell'idratazione è uno degli aspetti che aiuta a rallentare l'invecchiamento della pelle e a mantenere la sua elasticità. Sono diversi i prodotti cosmetici che contengono sostanze che favoriscono la corretta idratazione dell'epidermide e sempre nuovi studi sono incentrati alla ricerca di nuovi composti all'insegna della sostenibilità. Oggi, infatti, molti formulati ad azione idratante contengono principalmente idrossi-acidi di origine vegetale o animale, ma data la loro scarsa disponibilità, i costi di produzione sono elevati (Wang *et al.*, 2015). Una possibile alternativa è rappresentata da polisaccaridi estratti dalle alghe brune e rosse che sembrano in grado di legare diverse molecole di acqua contemporaneamente, mantenendo così un elevato grado di idratazione del derma. Alcune prove sperimentali hanno dimostrato come i polisaccaridi estratti da *Saccharina japonica* siano più efficaci degli idrossi-acidi nella funzione idratante, candidandosi così come possibili additivi cosmetici di grande importanza (Wang *et al.*, 2013).

Lo squalene, un triterpene contenuto in *Thraustochytrium* e

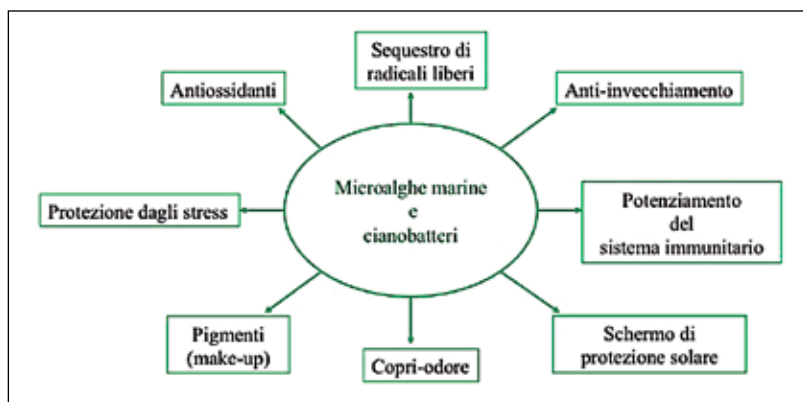


Figura 1 - Utilizzo di molecole funzionali estratte da microalghe marine e cianobatteri

Aurantiochytrium, è uno degli ingredienti di svariate formulazioni cosmetiche ad azione emolliente e idratante (Pora *et al.*, 2014).

Le microalghe e la cosmetica

Fin qui sono state descritte diverse macroalghe marine che sono utilizzate o studiate per le applicazioni cosmetiche più svariate. Anche le microalghe e i cianobatteri come *Spirulina* però rappresentano una fonte molto importante di molecole funzionali (Fig. 1); ingredienti attivi estratti da diverse microalghe sono correntemente utilizzati in preparazioni cosmetiche, sebbene debba essere percorsa ancora molta strada nello studio dei loro meccanismi d'azione (vedi tabella 2). Diverse microalghe trovano impiego nella cosmetica per la presenza di polisaccaridi che, come specificato prima, funzionano da agenti idrattanti oppure da addensanti in formulazioni cosmetiche cremose.

Chlorella, una microalga molto diffusa negli ambienti acquatici dolci, contiene percentuali elevate di β -1,3-glucano, un polisaccaride che, oltre alle proprietà sopra descritte, da ricerche recentemente pubblicate è risultato essere un ottimo neutralizzatore di radicali liberi e un agente immunostimolante potenzialmente coinvolto in attività antinfiammatorie (Mourelle *et al.*, 2017; Koller *et al.*, 2014). Grazie alla capacità di contrastare i radicali liberi prodotti dall'esposizione ai raggi solari o dal normale metabolismo cellulare, si sta studiando la possibilità d'impiego di questi composti in preparazioni cosmetiche anti-invecchiamento. Oltre a *Chlorella*, anche *Nostoc flagelliforme* e *Porphyridium* accumulano buone percentuali di β -glucani. Estratti di *Chlorella vulgaris* sono attualmente studiati come componenti aggiuntivi di preparati cosmetici "anti-aging" per la capacità di induzione di meccanismi di ripa-

razione del collagene (Chandra *et al.*, 2017). Il potenziale antiossidante di molte microalghe e cianobatteri può essere di grande interesse per l'industria cosmetica; i carotenoidi, pigmenti colorati (variano dal giallo al rosso) che si accumulano nel cloroplasto e hanno la funzione di proteggere l'apparato fotosintetico dal danno ossidativo prodotto dalle radiazioni luminose, stanno trovando sempre maggiore applicazione industriale come coloranti, ma anche come additivi antiossidanti in diversi preparati cosmetici (Ye *et al.*, 2008). I pigmenti maggiormente utilizzati sono il β -carotene e l'astaxantina; il primo è estratto da diverse microalghe, mentre il secondo carotenoide, di colore rosso acceso, viene accumulato principalmente da *Haematococcus pluvialis*. Questa microalga è dotata di una parete cellulare voluminosa e fortemente addensata, formata per il 75% da proteine. In condizioni ambientali di stress, che non favoriscono la riproduzione cellulare, quest'alga aumenta drasticamente il proprio volume accumulando nel proprio citoplasma elevati livelli di astaxantina, che può arrivare fino al 5% del peso secco totale (Han *et al.*, 2013). L'astaxantina è una xantofilla dotata di potere antiossidante tra i più elevati in natura, cento volte più potente dell'acido ascorbico o della vitamina E, e in media 10 volte più potente degli altri carotenoidi. Le sue applicazioni in cosmetica, essenzialmente come ingrediente nelle creme solari, sono legate all'effetto protettivo della pelle dalla foto-ossidazione indotta dagli UV (Mourelle *et al.*, 2013). Sono molte le microalghe capaci di accumulare una buona percentuale di questa xantofilla, tra queste le più studiate e quelle che ne sintetizzano in quantità maggiori sono *Botryococcus braunii* (fino allo 0.01% del peso secco), *Chlamydocapsa* (fino allo 0.04% del peso secco), *Chlorella zofingensis* e *Nannochloropsis*

Composti bioattivi	Microalghe/Cianobatteri	Potenziali usi in cosmesi
Polisaccaridi	<i>Chlorella</i>	Agenti idratanti e addensanti
Estratti metanolici di esopolisaccaridi	<i>Arthrospira platensis</i>	Antiossidanti
Crisolaminarina	<i>Odontella aurita</i>	Antiossidanti
Polisaccaridi solfonati	<i>Porphyridium Rhodella reticulata</i>	Antiossidanti
β -1,3-Glucani	<i>Chlorella Skeletonema Porphyridium Nostoc flagelliforme</i>	Disinnesare radicali liberi, Potenziamento del sistema immunitario, Attività anti-infiammatoria
β -caroteni	<i>Dunaliella salina</i>	Antiossidanti
Astaxantina	<i>Haematococcus pluvialis</i>	Antiossidanti e Anti-UV
Ficobiliproteine e ficoeritrobiline	<i>Spirulina Porphyridium</i>	Antiossidanti Pigmenti per eye-liner e lucidalabbra
β -Cryptoxantina	<i>Dunaliella salina</i>	Attività anti-infiammatoria Promotore della sintesi di acido ialuronico
Clorofilla	<i>Chlorella sp.</i>	Mascherare l'odore nei dentifrici e nei deodoranti
Cantaxantina	<i>Nannochloropsis salina Nannochloropsis oculata Nannochloropsis gaditana</i>	Cosmetici abbronzanti e cosmeceutici
Ficocianidina	<i>Porphyridium cruentum Spirulina platensis</i>	Ombretti
Licopene	<i>Anabaena vaginicola</i>	Antiossidanti Anti-invecchiamento Anti-UV
Scitonemina	Marine cyanobacteria	Anti-UV
Vitamina E (α -Tocoferolo)	<i>Dunaliella tertiolecta Tetraselmis suecica</i>	Antiossidanti
Ectoina	<i>Halomonas elongata Halomonas boliviensis Brevibacterium epidermis Chromohalobacter israelensis Chromohalobacter salexigens</i>	Immuno-protezione Anti-UV Protezione da stress Agente idratante
Fitormoni	Broad spectrum of microalgal lineages <i>Nannochloropsis oceanica</i>	Anti-invecchiamento
Aminoacidi simili a micosporeine	Cyanobacteria	Anti-UV

Tabella 2 - Potenziali usi in cosmesi di composti bioattivi estratti da microalghe e cianobatteri

sp. (fino allo 0.7% del peso secco), *Neochloris wimmeri* e *Protophycopsis botryoides* (fino all'1.5% del peso secco), *Scenedesmus sp.* (fino allo 0.3% del peso secco), *Scotiellopsis oocystiformis* (fino all'1% del peso secco) (De Jesus Raposo *et al.*, 2015; Han *et al.*, 2013). Anche altri carotenoidi accumulati in diverse microalghe presentano attività biologiche molto importanti, dall'attività antinfiammatoria a quella fotoprotettiva; *Dunaliella salina*, tra le altre microalghe, accumula rilevanti quantità di β -criptoxantina, un carotenoide implicato in meccanismi antinfiammatori e coinvolto nell'induzione della sintesi di acido ialuronico (Tang *et al.*, 2011). Altri pigmenti (carotenoidi e clorofille) estratti da microalghe sono utilizzati in alcuni prodotti cosmetici come deodoranti, per la capacità di coprire gli odori, in dentifrici o in altri prodotti di igiene del corpo (Hosikian *et al.*, 2010). Un altro carotenoide, la cantaxantina, è presente in alcuni integratori alimentari commercializzati con l'intento di facilitare l'abbronzatura della pelle durante l'esposizione ai raggi solari. Molte microalghe sono ricche di questo pigmento, in particolare quelle del genere *Nannochloropsis*, che colonizzano ecosistemi marini dalle caratteristiche molto diverse e sono conosciute anche per la capacità di accumulare alte percentuali di acidi grassi polinsaturi (PUFA) (Lubián *et al.*, 2000). Le ficocianine, complessi proteici dal colore verde/azzurro associati ai sistemi fotosintetici delle alghe azzurre e cianobatteri, trovano impiego in cosmesi come prodotti di make-up e trucco occhi. Senza dubbio, tra i carotenoidi maggiormente conosciuti, ci sono il licopene e la luteina. Il primo, che si trova abbondantemente in natura in diversi vegetali ma soprattutto nel pomodoro, ha un elevatissimo potere antiossidante e per questo utilizzato, allo stesso modo di altri carotenoidi descritti prima, come

componente in creme di protezione solare. Diversi cianobatteri, in particolare *Nostoc* e *Anabaena vaginicola*, accumulano buone percentuali di licopene (Hashtroudi *et al.*, 2013). La luteina, una delle xantofille più diffuse in natura e commercialmente estratta dai fiori di calendula, manifesta il suo potente effetto antiossidante principalmente nella macula della retina. Diverse microlaghe ne sono ricche, specialmente quelle del genere *Scenedesmus*, *Chlorella* e *Dunaliella*, in grado di accumularne fin oltre 3 mg/g di peso secco. Le proprietà biologiche della luteina sono varie e molto conosciute, dall'abbassamento dei livelli di colesterolo nel plasma, alla protezione contro alcune forme tumorali, alla riduzione dei livelli di glicemia. In campo cosmetico, la luteina è principalmente usata come colorante e, in combinazione con il tocoferolo o il carotene, anche come principio attivo antiossidante (Sun *et al.*, 2016). Gli attuali costi di produzione della luteina sono molto elevati, in quanto come già accennato, la fonte principale di estrazione è il fiore di calendula. Le alghe dunque potrebbero rappresentare un'alternativa interessante per le elevate quantità di pigmento che riescono ad accumulare in certe condizioni ambientali e per tutti i vantaggi che sono stati raccontati a inizio dell'articolo. La possibilità, infatti, di coltivare specifiche microalghe d'interesse in condizioni controllate come nei fotobioreattori, permette di ottenere la biomassa necessaria per la produzione sostenibile di composti bioattivi in scala industriale. Dall'altro lato però, la raccolta della biomassa e l'estrazione dei metaboliti d'interesse, che rappresentano gli step industriali a valle della coltivazione delle alghe, costituiscono i punti critici che non permettono ancora di abbassare sensibilmente i costi di produzione.

Tra gli obiettivi della ricerca ci

EVI DOL

ARTICOLAZIONI

20 bustine monodose
Cod. Prodotto
974880573



FORTIGEL®
The Joint Health Revolution
OptMSM

- **Sostegno per il benessere delle cartilagini articolari**
- **Partecipa alla formazione del collagene, proteina alla base delle cartilagini**

Evidol Articolazioni è un integratore alimentare a base di **Fortigel®** (collagene) che, grazie ad un processo di produzione brevettato, **giunge selettivamente nel tessuto articolare sostenendo il benessere delle cartilagini.**

Questa caratteristica è comprovata da particolari studi clinici che hanno verificato l'effettiva presenza dei peptidi (piccole molecole proteiche) di collagene nel tessuto cartilagineo dove si dimostrano veramente **"bioattivi"**.

Arricchisce la formula l'**OptiMSM®**, marchio registrato che identifica un particolare zolfo organico caratterizzato da un alto profilo di sicurezza, qualità e purezza, oltre alla presenza di **glucosamina** e **condroitina** che sono elementi naturalmente presenti nelle cartilagini. Grazie anche alla presenza della **vitamina C**, che contribuisce alla **normale formazione del collagene, la formula si rivela utile per la normale funzione delle cartilagini.**

Evidol Articolazioni è privo di allergeni e OGM, è prodotto secondo i migliori standard qualitativi e con criteri che mirano all'efficacia.

Reperibile in erboristeria, farmacia, parafarmacia e negozi di alimentazione naturale.

Saremo presenti al SANA di Bologna
7-10 settembre • PAD. 26 • Stand A11 - B12



Natural Point srl
via P. Mariani, 4 - 20128 Milano
Tel. 02 27007247
www.naturalpoint.it

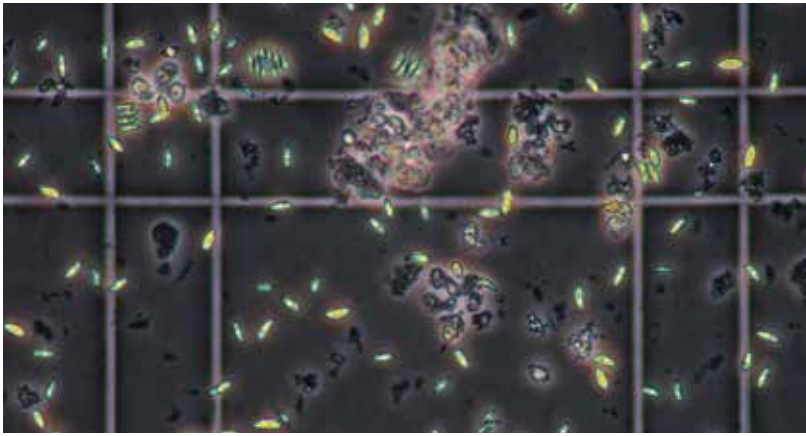


Figura 2 - Un nuovo ceppo di *Scenedesmus obliquus*

sono quelli di migliorare la tecnologia alla base dei sistemi di separazione della biomassa cellulare dal terreno di coltura e l'efficienza di estrazione dei composti bioattivi desiderati, rispettando l'ambiente e mantenendo i costi contenuti.

La ricerca dell'Università di Pavia

Il gruppo di ricerca del Dipartimento di Biologia e Biotecnologie dell'Università di Pavia, guidato dal prof. Erik Nielsen, dalla dott. Maurizia Dossena e di cui gli autori fanno parte, e che riunisce competenze di biochimica e fisiologia vegetale con quelle della farmacologia, conduce diverse ricerche riguardanti le microalghe e loro possibili applicazioni. Uno degli obiettivi che il gruppo si è posto è, da un lato, quello di trovare le condizioni di coltura più adatte per favorire l'accumulo di metaboliti di interesse (principalmente carotenoidi e lipidi), e dall'altro, sviluppare tecniche di estrazione da alghe eco-sostenibili ed economicamente vantaggiose, diminuendo l'uso di solventi organici. In particolare, questo gruppo di ricerca ha posto la propria attenzione su tre ceppi di microalghe: *Scenedesmus obliquus*, *Haematococcus pluvialis*, *Fibrocapsa japonica*. Un nuovo ceppo di *Scenedesmus obliquus* (Fig. 2), isolato dalle acque reflue di un impianto di depurazione di Pavia dal gruppo di ricerca pavese, è stato sottoposto a diversi stress ambientali (ossidativo, eda-

fico e osmotico) al fine di determinare un cospicuo accumulo di luteina. I dati preliminari ottenuti hanno mostrato come lo stress ossidativo, prodotto per esempio dall'aggiunta di H_2O_2 nel mezzo di coltura, aumenta il contenuto di luteina nelle cellule di oltre tre volte rispetto alla coltura di controllo (Fig. 3), senza diminuire eccessivamente la percentuale di crescita delle alghe, almeno entro i primi 10 giorni. Questi esperimenti sono stati condotti finora in scala di laboratorio, in colture in beuta, non permettendo le rese decisamente più elevate ottenute nelle colture in fotobioreattore (Fig. 4).

L'aumento dello stress luminoso e il cambiamento delle condizioni trofiche del mezzo di coltura, cioè l'aggiunta di una fonte di carbonio come un sale acetato, hanno permesso invece di saggiare le variazioni del contenuto di astaxantina e altri carotenoidi e di quello dei lipidi in colture di un ceppo argentino di *Haematococcus pluvialis*. Questo studio, riassunto nella tabella 3, contribuisce, almeno in parte, a chiarire alcune importanti correlazioni tra l'accumulo di xantofille di interesse nutraceutico e cosmeceutico (astaxantina e luteina specialmente) e quello dei lipidi, anch'essi utili per diverse applicazioni (Doria *et al.*, 2018).

Per quanto riguarda *Fibrocapsa japonica*, una microalga marina conosciuta soprattutto per essere responsabile delle fioriture estive che colorano di giallo alcuni mari, come quello Adriatico, e

che spesso risultano tossiche per i pesci, il gruppo di ricerca sta investigando sulla capacità dell'alga di produrre un carotenoide molto interessante, la fucoxantina. Lo scopo della ricerca è quello di chiarire il meccanismo con cui la xantofilla estratta da *Fibrocapsa* inibisce la tirosinasi nel processo di formazione della melanina e al contempo promuove la sintesi di collagene. Poiché non ci sono molti studi pubblicati sull'accumulo di fucoxantina in questa microalga bruna, la ricerca svolta potrebbe aprire qualche scenario per l'uso del carotenoide in ambito cosmetico.

*** UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA**
- Dip. di Biologia e Biotecnologie
"L. Spallanzani"

Bibliografia

- Arora, N., Agarwal, S., Murthy, R.S.R., 2012. Latest technology advances in cosmeceuticals. *Int. J. Pharm. Sci. Drug Res.* 4 (3), 168–182.
- Babitha, S., Kim, E.K., 2011. Effect of marine cosmeceuticals on the pigmentation of skin. *Marine cosmeceuticals: trends and prospects.* CRC Press, Florida, pp. 63–66.
- Borowitzka, M.A. 2013. High-value products from microalgae — their development and commercialisation, 743–756. <http://doi.org/10.1007/s10811-013-9983-9>
- Chandra, R.; Parra, R.; Iqbal, H.M.N. 2017. Phycobiliproteins: A Novel Green Tool from Marine Origin Blue-Green Algae and Red Algae. *Protein Pept. Lett.* 24, 118–125.
- Christaki, E., Bonos, E., Giannenas, I., Florou-Paneri, P., 2012. Functional properties of carotenoids originating from algae. *J. Sci. Food Agric.* <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.5902>
- Doria, E., Temporiti, M. E. E., Damiani, M. C., Popovic, C. A., Leonardi, P. I., & Nielsen, E. 2018. Influence of Light Stress on the Accumulation of Xanthophylls and Lipids in *Haematococcus Pluvialis* CCALA 1081 Grown under Autotrophic or Mixotrophic Conditions, 30–35.
- Han, D., Li, Q.H. 2013. Astaxanthin in microalgae: pathways, function and biotechnological implications. *Algae*, 28(2): 131-147.
- Hashtroudi, M.S.; Shariatmadari, Z.; Riahi, H.; Ghassempour, A. Analysis of *Anabaena vaginicola* and *Nostoc calci-*

	Densità cellulare finale (x10 ⁵ cell/mL)	Lipidi totali (mg/g)	Lipidi neutrali (mg/g)	Glicolipidi (mg/g)	Fosfolipidi (mg/g)	Astaxantina totale (mg/g)
35µmol fotoni m ⁻² s ⁻¹	11.00 ± 0.23	150.42 ± 1.80 (a,f)	105.42 ± 1.61 (a,f)	41.11 ± 1.62	10.71 ± 2.53	0.62 ± 0.10
35µmol fotoni m ⁻² s ⁻¹ + acetato	9.30 ± 0.15	157.51 ± 2.33 (c,f)	112.53 ± 2.15 (c,f)	34.03 ± 1.14	11.04 ± 2.22	1.31 ± 0.11
90µmol fotoni m ⁻² s ⁻¹	7.52 ± 0.12	163.42 ± 1.82 (a,g)	106.21 ± 1.56(a,g)	38.52 ± 3.43	19.11 ± 0.63	45.6 ± 2.13
90µmol fotoni m ⁻² s ⁻¹ + acetato	7.14 ± 0.07	198.52 ± 3.31 (d,h)	134.22 ± 1.82(d,h)	50.61 ± 2.51	13.02 ± 0.51	33.6 ± 2.72
350µmol fotoni m ⁻² s ⁻¹	5.22 ± 0.28	338.53 ± 0.90(b,i)	187.01 ± 1.43 (b,i)	67.42 ± 1.63	83.02 ± 5.21	13.24 ± 0.63
350µmol fotoni m ⁻² s ⁻¹ + acetato	0.48 ± 0.01	320.50 ± 2.36 (e,j)	202.01 ± 1.22 (e,j)	64.04 ± 1.45	38.03 ± 3.02	a.91 1.42

Tabella 3 - Massima densità cellulare, lipidi totali, lipidi neutrali e contenuto di astaxantina totale in colture di *H. pluvialis* soggette per due settimane a stress luminoso moderato e severo con o senza l'aggiunta di acetato al medium di coltura. Tutti gli esperimenti sono stati effettuati in triplicato. a-e: sono stati valutati gli effetti dell'intensità luminosa sul contenuto di lipidi totali e neutrali in ogni condizione mixotrofica f-j: è stato comparato il contenuto di lipidi totali all'interno di ogni coppia di condizioni trofiche

cola from Northern Iran, as rich sources of major carotenoids. *Food Chem.* 2013, 136, 1148–1153.

Hosikian, A.; Lim, S.; Halim, R.; Danquah, M.K. 2010. Chlorophyll extraction from microalgae: A review on the process engineering aspects. *Int. J. Chem. Eng.*

Jea, J.Y., Park, P.J., Kim, E.K., Park, J.S., Yoon, H.D., Kim, K.R., Ahn, C.B., 2009. Antioxidant activity of enzymatic extracts from the brown seaweed *Undaria pinnatifida* by electron spin resonance spectroscopy. *Food Sci. Technol.* 42, 874–878

Kelman, D., Posner, E.K., McDermid, K.J., Tabandera, N.K., Wright, P.R., Wright, A.D., 2012. Antioxidant activity of Hawaiian marine algae. *Mar. Drugs* 10 (2), 403–416.

Kim, M.S., Oh, G.H., Kim, N.J., Hwang, J.K., 2013. Fucosterol inhibits matrix metalloproteinase expression and promotes type-I procollagen production in UVB-induced HaCaT cells. *Photochem. Photobiol.* 89, 911–918.

Koller, M.; Muhr, A.; Brauneegg, G. Microalgae as versatile cellular factories for valued products. *Algal Res.* 2014, 6, 52–63.

Lubián, L.M.; Montero, O.; Moreno-Garrido, I.; Huertas, I.E.; Sobrino, C.; González-del Valle, M.; Parés, G. 2000. Nannochloropsis (Eustigmatophyceae) as source of commercially valuable pigments. *J. Appl. Phycol.*, 12, 249–255.

Mourelle, M., Gómez, C., & Legido, J. (2017). The Potential Use of Marine Microalgae and Cyanobacteria in Cosmetics and Thalassotherapy. *Cosmetics*, 4(4), 46.

Pallela, R., Na-Young, Y., Kim, S.K., 2010. Anti-photoaging and photoprotective compounds derived from marine organisms. *Mar. Drugs* 8 (4), 1189–1202.

Pora, B., Qian, Y., Caulier, B., Comini, S.,

Looten, P., Segueilha, L. 2014. Method for the Preparation and Extraction of Squalene From Microalgae, 14/118, 641.

De Jesus Raposo, M. F., De Morais, A. M. M. B., & De Morais, R. M. S. C. (2015). Carotenoids from marine microalgae: A valuable natural source for the prevention of chronic diseases. *Marine Drugs*, 13(8), 5128–5155. <http://doi.org/10.3390/md13085128>

Shick, J.M., Dunlap, W.C., 2002. Mycosporine-like amino acids and related gadusols: biosynthesis, accumulation, and UV-protective functions in aquatic organisms. *Annu. Rev. Physiol.* 64, 223–262.

Sun, Z., Li, T., Zhou, Z., & Jiang, Y. 2016. Microalgae as a Source of Lutein : Chemistry , Biosynthesis, and Carotenogenesis, (October 2015), 37–58.

Thomas, N.V., Kim, S.K., 2013. Beneficial effects of marine algal compounds in cosmeceuticals. *Mar. Drugs* 11 (1), 146–164.

Wang, J., Jin, W., Hou, Y., Niu, X., Zhang, H., Zhang, Q., 2013. Chemical composition and moisture-absorption/retention ability of polysaccharides extracted from five algae. *Int. J. Biol. Macromol.* 57, 26–29.

Wang, H. M. D., Chen, C. C., Huynh, P., & Chang, J. S. (2015). Exploring the potential of using algae in cosmetics. *Bioresource Technology*, 184, 355–362.

Ye, Z.W., Jiang, J.G., Wu, G.H., 2008. Biosynthesis and regulation of carotenoids in *Dunaliella*: progresses and prospects. *Biotechnol. Adv.* 26 (4), 352–360.

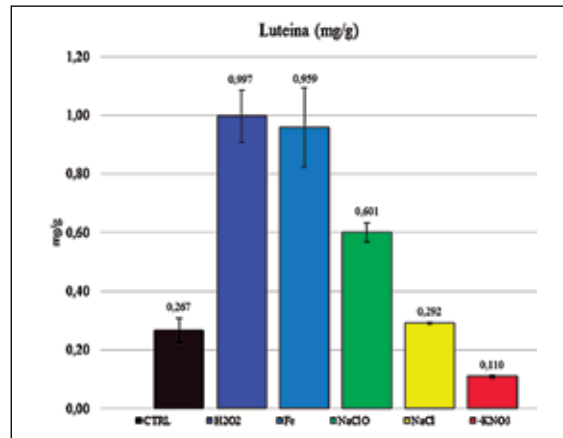


Figura 3
Variazioni del contenuto di luteine in colture in beuta di *Scenedesmus obliquus* sottoposte a diversi stress, ossidativo (con aggiunta di H₂O₂, Fe⁺⁺⁺, NaClO), osmotico (NaCl, NaClO) e edafico (-KNO₃)



Figura 4 - Coltura di microalge in un fotobioreattore