



# SPIRULINA: PROPRIETÀ NUTRACEUTICHE E COLTIVAZIONE

*Utilizzata inizialmente soprattutto dagli sportivi come integratore di proteine di origine non animale, la Spirulina oggi, per i suoi potenziali benefici, è utilizzata da un numero sempre più crescente di persone, in particolare da coloro che seguono un'alimentazione vegetariana o vegana. Il contenuto di nutrienti e la qualità e del prodotto sono fondamentali e sono correlati e influenzati dai metodi di coltivazione e da quelli di trasformazione di questa microalga.*

\* **Rossella Pistocchi**

**S**pirulina è il nome commerciale di microorganismi appartenenti al Phylum dei Cyanobacteria che, al pari dei batteri, sono procarioti e possiedono cellule il cui aspetto distintivo è quello di non avere il DNA racchiuso in un nucleo. Per alcune caratteristiche cellulari nella classificazione ufficiale rientrano tra i batteri gram-negativi tuttavia, invece di essere eterotrofi come la maggior parte dei procarioti, effettuano una fotosintesi che produce ossigeno come quella delle microalghe e dei vegetali in generale; infatti, dal momento che i cianobatteri sono stati i primi organismi fotosintetici a comparire sul pianeta, si ritiene che abbiano cambiato l'atmosfera terrestre originariamente povera di ossigeno.

Oltre alla fotosintesi, in comune con le microalghe possiedono diverse caratteristiche ambientali, fisiologiche ed ecologiche, per cui i cianobatteri vengono inclusi nei testi di Botanica come appartenenti alla classe Cyanophyceae, una denominazione che si basa sulle regole di classificazione dei vegetali. Al di là delle regole ufficiali, esiste anche un termine molto semplice con cui i cianobatteri sono comunemente noti ed è quello di alghe azzurre o alghe blu-verdi per la colorazione

dovuta al peculiare corredo di pigmenti fotosintetici.

Due organismi coloniali, appartenenti al genere *Arthrospira*, sono commercializzati da tempo sotto il nome di Spirulina, ovvero le specie *Arthrospira platensis* e *Arthrospira maxima*. Il nome Spirulina deriva dalla tipica forma elicoidale del filamento ed era il nome ufficiale del genere prima di un'attenta revisione tassonomica da cui è risultato che in alcune specie, tra cui quelle commercializzate, il filamento possiede dei setti (*arthro*) visibili al microscopio, mentre gli organismi che hanno mantenuto il nome del genere originale, ovvero *Spirulina*, non li possiedono. Anche se il vecchio nome non è più scientificamente corretto è comprensibile che venga mantenuto nei prodotti commerciali, in quanto molto più accattivante e facile da ricordare; pertanto anche in questo testo verrà usato il termine Spirulina per indicare le due specie economicamente rilevanti.

Questi organismi sono particolarmente ricchi di proteine (fino al 60-70% del peso secco) e, vista la loro abbondante presenza in fioriture naturali, sono stati raccolti e utilizzati fin dai tempi antichi soprattutto in due aree geografiche: una è il Messico, dove il consumo di un prodotto a base di Spirulina chiamato "tecuitlatl" sembra risalire agli aztechi e dove fioriture naturali di *A. maxima* sono tuttora presenti nel Lago Texoco; l'altra è l'Africa, dove Spirulina fu identificata nel 1940 dall'algologo francese Dangeard come componente di un prodotto essiccato, chiamato dihe, in vendita in un mercato non lontano dal Lago Chad. Circa 25 anni dopo, il botanico belga J. Leonard arrivò alla più precisa identificazione della specie *A. platensis* come unico componente del dihe di cui collegò la provenienza alle fioriture

che caratterizzavano alcuni laghi alcalini a nord-est del lago Chad. Nello stesso periodo l'Istituto Francese del Petrolio fece svolgere i primi studi sulle fioriture che avvenivano nel Lago Texoco avviando le basi per la produzione commerciale di Spirulina che ebbe inizio negli anni '70 del secolo scorso.

Attualmente Spirulina è considerata patrimonio dell'umanità per l'elevato potere nutrizionale e per l'alto potenziale di combattere la fame nel mondo e per questo motivo è oggetto di studi da parte della FAO.

### Proprietà nutraceutiche

Gli studi su Spirulina hanno evidenziato che questo organismo, in aggiunta alle proteine, contiene diversi altri composti interessanti per la nutraceutica. È stato anche osservato che la composizione può essere influenzata dal metodo di coltivazione o dai parametri di crescita, tuttavia vi sono molti aspetti concordanti tra i diversi studi effettuati, da cui risulta che ciò che caratterizza le specie *A. platensis* e *A. maxima* è sia il fatto di contenere un'elevata percentuale di proteine, seguite in abbondanza da carboidrati e lipidi, sia la presenza di discrete quantità e varietà di elementi minerali e vitamine, di cui sono riportati di seguito gli aspetti principali.

#### Proteine

Le proteine, oltre all'elevata quantità, sono particolarmente importanti in quanto composte per circa la metà da aminoacidi essenziali che, tra l'altro, sono presenti in quantità bilanciate e pertanto ne elevano le proprietà nutrizionali al pari delle proteine del latte e dei legumi.

#### Vitamine

Il valore nutraceutico è determinato anche dalla presenza delle vitamine del gruppo B che, in ge-

nere, sono più scarse nei vegetali rispetto alle fonti di cibo animali, e dalla presenza di vitamine C, D ed E.

### **Minerali**

Per quanto riguarda la composizione minerale, l'elemento più abbondante è il potassio ma è interessante anche il contenuto di fosforo, calcio, ferro, magnesio e selenio.

In particolare, fosforo e ferro sono contenuti in quantità simili a quelle presenti nel latte e in una proporzione tale da assicurare la buona salute delle ossa, in quanto compatibile con la riduzione del rischio di decalcificazione; per quanto riguarda il ferro si deve sottolineare che è presente in una forma che viene assimilata dall'organismo maggiormente di quella presente nelle fonti vegetali più comuni che contengono composti (es. fitati e ossalati) che interferiscono con l'assimilazione di questo elemento.

### **Acidi grassi polinsaturi**

Spirulina possiede una discreta quantità di acidi grassi polinsaturi, tra cui alcuni essenziali per l'uomo, come gli acidi gamma-linolenico, linoleico, oleico e alcuni omega-3.

### **Pigmenti**

Tra i composti più importanti per la nutraceutica si devono annoverare alcune molecole con proprietà antiossidanti, come la ficocianina (il pigmento fotosintetico di colore azzurro delle cellule) presente in quantità fino al 20%, e i carotenoidi, tra cui il beta-carotene che nell'organismo umano viene trasformato in vitamina A e la zeaxantina importante per la funzionalità della retina.

L'alto valore nutrizionale di Spirulina dipende anche da altri aspetti, quali l'elevata quantità di azoto proteico trattenuto dall'organismo in relazione a quello in-

gerito e l'alta percentuale di utilizzo nell'arco di 24 ore e il basso quantitativo di acidi nucleici, con conseguente scarsa produzione di acido urico derivante dal loro catabolismo; infine, il consumo di Spirulina, se confrontato con altre fonti proteiche come per esempio le uova, a parità di proteine fornisce un minore apporto di colesterolo e di kilocalorie.

Unico neo può essere rappresentato dal fatto che, pur non essendo un organismo marino, nella sua composizione è presente sodio, tuttavia in quantità variabili. Studi condotti su cellule *in vitro* e su animali hanno evidenziato numerosi effetti benefici poten-



*Fig. 1. Immagine al microscopio ottico di un filamento di Arthrospira sp., avente la tipica morfologia spiralata e in cui è possibile notare i setti divisori fra le cellule (Foto di F. Guerrini).*

ziali legati all'utilizzo regolare di Spirulina come integratore, quali: prevenzione di malattie degli occhi (per il contenuto in vitamina A), trattamento dell'anemia (per la presenza di ferro e vitamina B12), riduzione del colesterolo nel sangue, riduzione dei danni provocati dall'esposizione a metalli pesanti, effetti positivi sulla flora batterica intestinale, effetti antiossidanti e anticancro.

Gli studi sull'uomo sono ancora scarsi in quanto la sperimentazione è più difficoltosa, tuttavia cominciano a pervenire alcuni risultati che, essendo talvolta relativi a un basso campione di individui

o condotti per periodi non troppo lunghi, devono essere confermati. Per ora, in seguito alla somministrazione di dosi pari a quelle consigliate per un uso come integratore, sono stati osservati: miglioramento nei livelli di anemia e di immunodeficienza in pazienti anziani, aumento nei livelli del sangue di zeaxantina con possibili effetti positivi per disturbi quali cataratta e degenerazione maculare della retina, riduzione dei livelli del sangue di colesterolo e trigliceridi, riduzione della risposta glicemica postprandiale in diabetici, miglioramento della funzionalità polmonare in pazienti asmatici, aumento dei livelli di emoglobina nel sangue di bambini in età prescolare e di adolescenti anemiche.

L'utilizzo e i benefici per la salute si estendono anche agli animali in quanto Spirulina in natura rappresenta una fonte di nutrimento per i fenicotteri africani, inoltre viene usata da tempo come complemento dietetico integrativo per pesci e gamberi di acquacoltura nei quali migliora la crescita, la sopravvivenza e l'utilizzo del cibo.

### **Coltivazione**

La coltivazione industriale di *Arthrospira* è iniziata nel 1978 e attualmente sono più di 20 i paesi in cui Spirulina viene prodotta e commercializzata. Le coltivazioni vengono effettuate in laghi artificiali, ovvero in bacini di estensione tra i 2000 e 5000 m<sup>2</sup>, per lo più di forma ellittica, in cui l'acqua ha una profondità non superiore ai 30-40 cm e viene continuamente rimescolata tramite un sistema di pale rotanti.

Le coltivazioni di Spirulina si sono affermate nei paesi aventi il clima più simile a quello di origine dell'organismo che in natura

è presente in ambienti tropicali e subtropicali, in quanto la sua crescita ottimale si verifica alla temperatura di 35-38 °C. L'altro importante requisito di crescita è che l'ambiente acquatico possieda una elevata alcalinità, risultando ottimali i valori di pH intorno a 11.

Questi valori sono indicativi di un ambiente "estremo" in cui la crescita di altri microorganismi è inibita e, per questo motivo, nei bacini in cui *Arthrospira* cresce naturalmente si vengono a creare popolazioni essenzialmente unispecifiche.

I bacini naturali con una alcalinità tale da permettere la crescita di *Arthrospira* non sono numerosi, inoltre le estese fioriture si verificano in quanto sono alimentate da apporti di nutrienti che provengono dall'azione di dilavamento delle acque meteoriche oppure che vengono riciclati *in situ*, mentre nelle coltivazioni industriali i nutrienti devono essere aggiunti.

La produzione commerciale di Spirulina si basa su un processo costituito da 4 fasi: 1) crescita, 2) raccolta della biomassa, 3) disidratazione e 4) confezionamento. Ogni fase richiede manodopera e dispendio di energia per cui i costi di produzione sono elevati. Di seguito sono illustrati gli aspetti salienti di ogni fase.

#### **Crescita**

Si parte da un ceppo selezionato, possibilmente già sperimentato in colture all'aperto; quindi, una quantità iniziale di coltura viene aggiunta ai bacini artificiali, nelle condizioni di temperatura e di pH ottimali già menzionante, fornendo alcuni macro- e micronutrienti importanti per la crescita e permettendo così alle microalghe di dividersi e aumentare numericamente.

#### **Raccolta**

Quando la biomassa ha raggiunto una concentrazione critica si passa alla raccolta che avviene facendo passare la coltura attraverso alcuni stadi di filtrazione e ottenendo un prodotto che contiene ancora circa l'80% di acqua.

#### **Disidratazione**

Viene effettuata per eliminare l'acqua residua in modo da permettere una maggiore conservabilità del prodotto e deve essere effettuata con metodi efficienti e rapidi. Il metodo più usato è l'essiccazione tramite sole o calore, ma in alcuni impianti industriali è diffuso l'utilizzo dello spray-dryer, uno strumento in cui la coltura viene spruzzata in una camera di disidratazione, rimanendo a contatto con il calore per pochi secondi. Anche la liofilizzazione è un metodo molto efficiente e performante, tuttavia molto costoso.

#### **Confezionamento**

Di solito il prodotto viene venduto come polvere o in forma di pillole o di frammenti piatti e rettangolari. È importante che la confezione impedisca il contatto con l'ossigeno in quanto alcuni componenti, in particolare quelli con effetto antiossidante, si alterano velocemente se vengono esposti all'aria. La lunga storia commerciale di Spirulina ha fatto sì che si tratti di uno dei microorganismi fotosintetici più noti al mondo; e, mentre inizialmente veniva utilizzata soprattutto dagli sportivi come integratore di proteine non di origine animale, attualmente viene presa in considerazione da un sempre maggior numero di persone con dieta vegetariana o vegana o da persone attratte dai potenziali benefici che derivano dalla sua assunzione.

In seguito all'aumento generale del consumo di integratori di origine naturale si sta verificando un

aumento della richiesta per contro, dopo un boom iniziale di produzione e commercializzazione, negli ultimi anni è diventato più difficile reperire Spirulina nelle erboristerie o nei negozi specializzati; il motivo è da attribuire al fatto che i distributori si sono resi conto che il prodotto importato, in molti casi, non dava garanzia di qualità.

#### **Fattori che influiscono sulla qualità del prodotto**

Per quanto la coltivazione di questo microorganismo possa apparire relativamente facile, cosa che ha determinato la vasta distribuzione degli impianti, l'ottenimento di un prodotto di qualità elevata non lo è altrettanto, in quanto questa è determinata da vari fattori tra cui si annoverano caratteristiche intrinseche all'organismo oppure legate alla variabilità ambientale e alla modalità di coltivazione.

Per quanto riguarda i primi due aspetti, la composizione ottimale del prodotto, ovvero la ricchezza costante e non saltuaria degli elementi nutraceutici, si ha solo quando la microalga cresce a livelli ottimali di luce, temperatura e nutrienti, per i quali non devono esserci lunghi periodi di discostamento e neanche passaggi brevi a valori subottimali. La mancanza di valori ottimali di crescita determina non solo microalghe più povere di proteine, vitamine o antiossidanti ma anche una loro minore resistenza a subire l'invasione, nelle vasche di crescita, di altri microorganismi tra cui si possono annoverare batteri, microalghe, ciliati e amebe. L'aumento dei batteri è particolarmente negativo in quanto, come è noto, la purezza microbiologica di un prodotto destinato al consumo umano è il requisito più importante, ma ci



Fig. 2. Colture di laboratorio per gli studi sperimentali su crescita e composizione di Spirulina.

sono anche altri aspetti legati al fatto che i batteri per crescere necessitano di sostanza organica e questa è inevitabilmente presente nelle vasche in quanto deriva dai frammenti di cellule di Spirulina o dai polisaccaridi extracellulari che esse stesse producono. I batteri utilizzano i composti organici con un processo di fermentazione che determina la formazione di aggregati, di schiuma e, nel peggiore dei casi, di metanolo. Tra le conseguenze negative dell'esposizione di *Arthrospira* a condizioni ambientali non ottimali c'è anche la perdita di spiralizzazione del filamento che diventa lineare e questo cambiamento di forma è

stato dimostrato essere associato a un minore contenuto di proteine mentre, per quanto riguarda gli aspetti pratici, rende più difficile la raccolta.

La modalità di coltivazione può influire molto sui livelli e sulla tipologia di contaminazione, infatti vasche che si estendono per ettari quadrati di superficie non possono essere immuni da cadute accidentali di insetti, penne o escrementi di uccelli o di animali terrestri o di loro parti. L'FDA americana impone infatti un limite di 0,5 grammi di peli di roditori per 50 g di polvere di alghe e anche se questo è un valore molto basso si intuisce la vulnerabilità

del sistema. Un altro problema consiste nel fatto che una delle voci di spesa maggiori nella coltivazione di Spirulina è rappresentata dal costo dei nutrienti, i quali sono rappresentati da sali contenenti azoto, fosforo, ferro, calcio, ovvero composti chimici con un'ampia gamma di impieghi e per questo facilmente reperibili in una varietà di formati che risultano essere più o meno puri relativamente alla presenza di contaminanti. I più puri sono i più costosi e se, per risparmiare, si scende nel grado di purezza si corre il rischio di introdurre nel sistema metalli pesanti tossici per l'organismo quali piombo, cadmio

e arsenico o elementi non desiderati come iodio e sodio. Per quanto le concentrazioni di questi contaminanti siano a livelli bassissimi rispetto al composto principale e tali da sembrare irrilevanti, si deve tenere in considerazione che le microalghe hanno la capacità metabolica di assumere tutti i metalli al loro interno effettuando per di più un processo di bioconcentrazione. In Spirulina questa capacità sembra piuttosto elevata, tanto che è stata riportata la possibilità di un suo utilizzo come agente chelante e detossificante di acque contaminate.

Un altro metodo per ridurre il costo dei nutrienti consiste nel riciclare il mezzo di coltura, pratica che si effettua immettendo nuovamente nelle vasche l'acqua di coltivazione durante o dopo i processi di filtrazione necessari alla raccolta; questo metodo va sicuramente a vantaggio dell'ambiente perché porta a un risparmio di acqua ed evita lo scarico di nutrienti all'esterno delle vasche, ma deve essere eseguito con attenzione e per un tempo limitato perché determina anche la re-immissione di sostanza organica, con le conseguenze già citate sull'aumento dei batteri.

Per finire con le problematiche legate a coltivazione e produzione va menzionata anche la possibilità che il processo di essiccazione più usato a livello artigianale, ovvero l'utilizzo del calore, possa alterare il prodotto finale e contribuire alla formazione di idrocarburi policiclici aromatici, composti molto dannosi per la salute.

Tutti questi aspetti suggeriscono che la produzione di Spirulina non dovrebbe prescindere dal controllo di un operatore con competenze biologiche o che abbia acquisito esperienze specifiche in seguito a corsi di formazione in quanto,

attraverso controlli periodici dei parametri di crescita, il personale esperto è in grado di accertare il corretto andamento del processo.

### Controlli di qualità

Spirulina rientra nella categoria degli integratori alimentari ovvero di prodotti alimentari destinati a integrare la normale dieta, solitamente venduti come piccole unità di consumo. La legislazione per questi prodotti non è armonizzata a livello europeo, pertanto il Ministero ha prodotto delle

linee guida che però riguardano solo vitamine, minerali e prodotti genericamente definiti "Sostanze e preparati vegetali". Si tratta tuttavia di prodotti che possono essere commercializzati solo dagli operatori del settore alimentare i quali devono svolgere gli adempimenti richiesti per gli stabilimenti di produzione e confezionamento, hanno l'obbligo di registrazione e devono notificare ogni struttura posta sotto il loro controllo che esegua una qualsiasi delle fasi di deposito, distribuzione e importa-



## LAVORAZIONI C/TERZI

### Integratori alimentari in capsule, liquidi e liofilizzati

*Si eseguono produzioni di piccoli e medi lotti*

- Integratori in capsule formato 0
- Integratori liquidi in monodose da 10 e 15 ml
- Integratori con contagocce
- Liquidi e soluzioni in flaconi fino a 1000 ml
- Liofilizzazione in monodose con sigillatura sottovuoto
- Integratori di nostra produzione con possibilità di personalizzazione
- Lavorazione materie prime fornite dal cliente
- Confezionamento finale
- Assistenza per formulazioni personalizzate
- Assistenza per la procedura di notifica ministeriale

**TECNO-LIO**  
L'energia della Vita

**Tecno-lio S.r.l.**

Via Riviera Berica, 260

36100 Vicenza

Tel. 0444530465 - fax. 0444532275

E-mail: [info@tecno-lio.it](mailto:info@tecno-lio.it)

Website: [www.tecno-lio.it](http://www.tecno-lio.it)

zione di alimenti. Tuttavia, questa tipologia di prodotti non è sottoposta all'obbligo di indicare le percentuali dei diversi componenti e sulla confezione viene riportata solo una generica composizione che, presumibilmente, risale ad analisi svolte *una tantum*. Come evidenziato sopra, gli aspetti che destano maggiore preoccupazione sono invece rappresentati da fattori che raramente vengono riportati, come i controlli relativi alla carica microbiologica, al contenuto di metalli pesanti, di pesticidi, di sostanze estranee o di tossine. Queste ultime sono molecole prodotte da alcuni cianobatteri che possono causare effetti molto gravi sulla salute dell'uomo e che non sono mai state rilevate in *Arthrospira*. La loro presenza rappresenta un problema maggiore per le popolazioni che crescono in bacini naturali, in quanto le tossine potrebbero essere prodotte da cianobatteri contaminanti; poiché si sono verificati casi di contaminazione di *Aphanizomenon flos-aquae*, un altro cianobatterio usato come integratore, le linee guida del Ministero indicano la necessità di controlli specifici per i prodotti derivanti da microalghe.

### Sperimentazioni eseguite in Emilia-Romagna

Aziende produttrici di *Spirulina* nelle zone temperate sono ancora poche in quanto le condizioni climatiche ideali per la coltivazione si hanno solo nei mesi estivi e, poiché al variare della latitudine cambiano i fattori ambientali tra cui l'irradiazione solare, il fotoperiodo e l'escursione termica, i protocolli di coltivazione messi a punto nei paesi a clima subtropicale e tropicale non possono essere applicati direttamente ma devono essere verificati e sot-

toposti a opportune modifiche. Normalmente infatti la specie riesce ad adattarsi alle variazioni ambientali ma, come avviene per tutte le microalghe, gli adattamenti determinano cambiamenti nella performance di crescita e, di conseguenza, nella composizione. Il Laboratorio di Biologia delle Alghe dell'Università di Bologna (sede di Ravenna) ha avviato diversi studi su piccola scala mentre prove in campo e ulteriori analisi vengono eseguite da un'azienda, situata sempre a Ravenna, che presto commercializzerà *Spirulina* prodotta *in loco*. I risultati delle prove di crescita e delle analisi hanno confermato alcuni aspetti già segnalati in bibliografia ma hanno anche evidenziato nuove problematiche. Per esempio, diversi ceppi di *Spirulina* provenienti da varie zone geografiche si differenziano per la velocità di crescita e per il contenuto di proteine confermando l'esigenza di selezionare attentamente il ceppo da utilizzare. È stato confermato che i ceppi linearizzati crescono più velocemente di quelli con la normale conformazione spiralata e che sono più poveri di proteine, ma si è anche osservato che la condizione lineare dipende dal terreno e dalle condizioni di coltura utilizzati e che può non manifestarsi o essere reversibile se l'ambiente di crescita presenta le caratteristiche ideali per l'organismo. È stato confermato che la scelta del terreno di coltura e dei sali utilizzati per la crescita influenzano notevolmente la composizione del prodotto sia in termini di qualità nutrizionale che delle quantità di contaminanti presenti. Soprattutto è emerso che con un notevole impegno di ricerca e di sperimentazione molte problematiche possono essere risolte.

Da tutti gli aspetti riportati si può evincere che la produzione di *Spirulina* rappresenta uno dei rari casi in cui la denominazione "prodotto biologico" non ha un significato rilevante come per gli altri prodotti alimentari e questo per vari motivi: innanzitutto, rispetto ai prodotti agricoli comuni, il rischio di contaminazione da composti fitosanitari è molto basso; un altro aspetto importante risiede nel fatto che per poter avere la denominazione "biologica" alcuni sali del terreno di coltura dovrebbero essere sostituiti con composti come il nitrato del Cile e la fosforite che sono di difficile reperibilità e non danno la garanzia di una crescita ottimale, infine le caratteristiche del prodotto finale non dipendono solo dai composti utilizzati per la crescita quanto da buone pratiche di coltivazione e dall'attento controllo biologico e sanitario.

**\* UNIVERSITÀ DI BOLOGNA**  
**(Campus di Ravenna)**  
**Professore Associato di Botanica**  
**generale**  
**Dipartimento di Scienze Biologiche,**  
**Geologiche e Ambientali**

### Bibliografia

- Belay A. 2013. Biology and industrial production of *Arthrospira* (*Spirulina*). In: Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology, 2nd Edition. A cura di: Richmond A., Hu Q. Editore: Wiley Blackwell
- FAO 2008. A review on culture, production and use of *Spirulina* as food for humans and feeds for domestic animals and fish
- Gutiérrez-Salmeán G., Fabila-Castillo L., Chamorro-Cevallos G. 2015. Nutritional and toxicological aspects of *Spirulina* (*Arthrospira*). *Nutr. Hosp.* 32(1):34-40
- Mani UV, Iyer UM, Dhruv SA, Mani IU, and Sharma KS. 2007. Therapeutic utility of *Spirulina*. In: *Spirulina in Human Nutrition and Health*. A cura di: M. E. Gershwin, Amha Belay. Editore: CRC Press