

# UTILIZZO A CASCATA DELLE MICROALGHE; DALLA COSMESI AI PRODOTTI PETROLCHIMICI

## MICROALGHE, PICCOLI ORGANISMI CON GRANDI POTENZIALITA'

Le microalghe sono organismi unicellulari microscopici appartenenti al regno Protista, note per la loro varietà di forme, colori e habitat. Questi organismi unicellulari svolgono un ruolo vitale negli ecosistemi acquatici e hanno dimostrato un enorme potenziale in diverse applicazioni industriali, nutrizionali e cosmetiche.

Le microalghe si trovano principalmente in ambienti acquatici, inclusi mari, oceani, laghi, stagni e fiumi. Possono sopravvivere in condizioni molto varie, adattandosi a diversi livelli di luce, temperatura e salinità; grazie a queste peculiarità sono considerate organismi ubiquitari negli ambienti marini. Inoltre, ogni specie contiene differenti livelli di lipidi, proteine e materiali lignocellulosici, rendendole così specie estremamente duttili e utilizzabili in numerose aree chiave della bioeconomia.

Nel campo agroalimentare, ad esempio, *l'alga Spirulina* è ampiamente utilizzata come integratore alimentare grazie alla sua ricca composizione in vitamine, minerali e antiossidanti. Le ricerche condotte sulle microalghe nel campo biomedico invece, hanno portato alla scoperta nuovi antibiotici, antivirali e composti per la medicina veterinaria [1]. Inoltre, anche nell'industria petrolchimica le microalghe trovano varie applicazioni, in particolare, *Chlorella Vulgaris* viene largamente utilizzata, grazie al suo alto contenuto di lipidi, per la produzione di biodiesel [2]. Infine, l'industria cosmetica utilizza i metaboliti secondari delle microalghe sfruttando i loro effetti antimicrobici, dermocosmetici e di protezione dai raggi UV [3].

## UN APPROCCIO BIOMIMETICO

La disciplina della biomimesi utilizzata in questa ricerca è basata sull'osservazione dei processi biologici della natura, sull'adattamento morfologico delle specie in determinati ambienti e, infine, sullo studio delle funzioni fisiologiche degli organismi viventi.

Lo scopo della biomimesi è quindi quello di trarre ispirazione dalla natura per sviluppare soluzioni innovative a problemi moderni. In questo progetto verrà esaminata la possibilità di creare una crema solare a base di microalghe per ridurre l'inquinamento e i problemi salutari derivanti dalle creme solari di origine puramente sintetica.

È infatti noto che, le creme solari sintetiche, contribuiscono in maniera significativa allo sbiancamento dei coralli [4], possono essere causa di irritazioni e mostrano una minor copertura dei raggi UV rispetto a quelle formulate con microalghe [5] accelerando i processi di invecchiamento cutaneo.

Dagli studi condotti sulle microalghe si è scoperto che questa specie produce diversi metaboliti secondari, ovvero, molecole organiche non essenziali per la sopravvivenza dell'organismo stesso, ma con ruoli importanti per l'adattamento all'ambiente circostante. Tra i vari metaboliti secondari prodotti, la classe delle microsporine è incaricata della protezione cellulare contro i danni causati dalle radiazioni ultraviolette (UV) e altre forme di stress ambientale.

In particolare, queste molecole sono capaci di assorbire i raggi UVA e UVB appartenenti alle categorie più dannose di radiazioni solari per la loro alta energia di penetrazione cellulare. Attraverso l'approccio biomimetico, dunque, è possibile trasformare le caratteristiche protettive delle

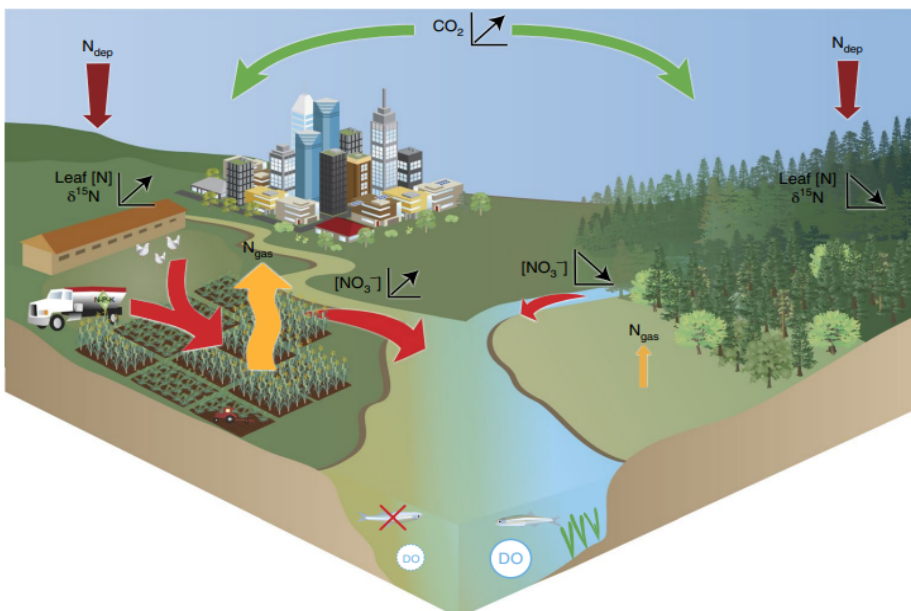
microalghe, in particolare delle microsporine, in un prodotto funzionale per l'uomo come una protezione solare.

## INTRODUZIONE ALLA SPECIE CAMPIONE: SCRIPPSIELLA TROCHOIDEA



La specie selezionata è *Scripsiella Trochoidea*, una microalga dinoflagellata presente nelle nostre coste e in tutto il nord Europa, caratterizzata da un alto contenuto di microsporine e un elevato tasso di crescita. Per coltivare correttamente questi microrganismi l'intensità, la durata e la variazione dei raggi luminosi sono caratteristiche fondamentali. Inoltre, è necessario assumere alcuni accorgimenti per prevenire danneggiamenti dovuti all'eccessiva esposizione di luce, tra cui la manipolazione del fotoperiodo e l'utilizzo di luci ad impulso. L'ideale esposizione alla luce per la fotosintesi e l'accumulo di sostanze nutritive fondamentali varia non solo tra i differenti gruppi di microalghe ma anche tra le varie forme della stessa specie. [6]

## METODI E BENEFIT DELLA COLTIVAZIONE DI MICROALGHE



Il metodo di progettazione ortogonale e il test a fattore singolo sono stati utilizzati per studiare gli effetti della temperatura dell'acqua e della salinità sulla crescita di *Scripsiella Trochoidea*. I risultati hanno mostrato che le migliori condizioni di crescita si verificano a 25°C e con una salinità del 25‰ ovvero 25g di sale per 1kg d'acqua. In condizioni in cui la temperatura dell'acqua o la salinità sono

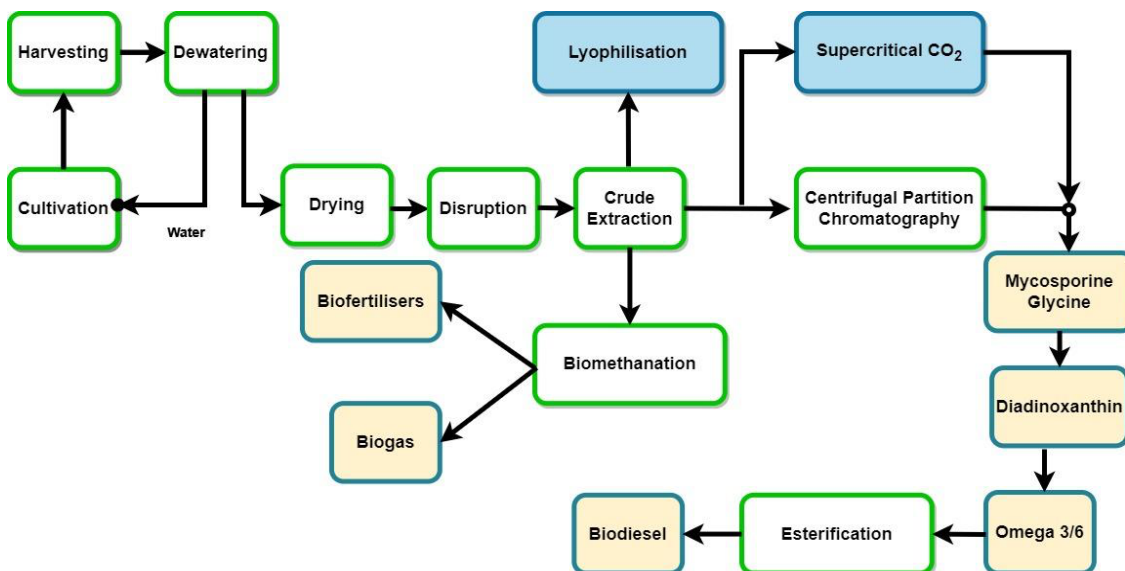
differenti da queste, la crescita di *Scrippsiella trochoidea* sarà limitata [7]. Tuttavia, in generale, esistono vari metodi di coltivazione consolidati che possono essere applicati a diverse specie di microalghe tra cui: fotobioreattori, stagni circolanti e bioreattori.

La coltivazione di questa specie offre una serie di benefici che vanno ben oltre il solo ambito della cosmesi.

Le microalghe, sono una potenziale fonte di materia prima per una vasta gamma di prodotti. Ad esempio, questa biomassa può essere utilizzata per produrre materiali biodegradabili, come bioplastiche, che rappresentano un'alternativa più sostenibile ai plastici tradizionali derivati dal petrolio. Inoltre, le microalghe assorbono CO<sub>2</sub> durante il processo di fotosintesi diminuendo le emissioni di gas serra e assorbono i nutrienti in eccesso derivanti dalle acque reflue dell'agricoltura riducendo l'inquinamento dell'habitat circostante e aumentando la fauna ittica.

## DIAGRAMMA DI FLUSSO E OPERAZIONI UNITARIE

Di seguito è mostrato il diagramma di flusso dove sono illustrate, in maniera sintetica, le operazioni unitarie e la valorizzazione a cascata delle microalghe trasformate nei prodotti d'interesse.



### RACCOLTA (HARVESTING)

Il processo di raccolta (Harvesting) costituisce il 20-30% dei costi di produzione [8], è dunque di fondamentale importanza utilizzare il metodo più adeguato a diminuire le spese manifatturiere. Successivamente alla raccolta segue uno step di disidratazione (Dewatering) attraverso filtrazione per ridurre il contenuto d'acqua del raccolto.

### ASCIUGATURA (DRYING)

L'asciugatura (Drying) è necessaria per produrre composti ad alto valore dalla biomassa [9], inoltre, questo passaggio è fondamentale per l'immagazzinamento delle microalghe al fine di evitarne il deterioramento.

L'asciugatura può essere condotta in modalità ibrida per alleviare i costi di produzione; durante i mesi estivi dell'anno il processo si baserà sulla conduttività termica del sole, i quali costi operativi

sono molto bassi [10], mentre nei mesi più freddi, l'asciugatura avverrà attraverso delle vasche asciugatrici.

### **ESTRAZIONE CRUDA (CRUDE EXTRACTION)**

Per avere una sufficiente estrazione delle microsporine l'estrazione cruda (Crude Extraction) avverrà attraverso la tecnica del milling, ovvero, attraverso un processo di lavorazione meccanica e chimica delle microalghe al fine di rimuovere le parti indesiderate.

Possono essere usati vari tipi di solventi per performare il milling, in questo progetto si propone una miscela 1:1:1 composta da: etil acetato/butanolo/acqua.

### **LIOFILIZZAZIONE (LYOPHILISATION)**

Il processo di Liofilizzazione (Lyophilisation) è uno step opzionale, questo dipende dalla quantità di prodotto ottenuto negli step precedenti; se la quantità è adeguata si procede verso la CPC (Cromatografia a Partizione Centrifugata) altrimenti l'estratto viene conservato e sommato successivamente.

### **CROMATOGRAFIA A PARTIZIONE CENTRIFUGATA (CPC)**

La Cromatografia a Partizione Centrifugata (CPC) permette di separare e purificare dall'estratto grezzo le componenti ad alto valore che saranno gli ingredienti base per la formulazione della crema solare. Alternativamente, questo progetto propone anche il trattamento con CO<sub>2</sub> supercritica per dividere le parti d'interesse dal grezzo, comunque per stabilire quale sia il miglior metodo si rende necessaria un'analisi tecnico-economica.

### **UTILIZZO A CASCATA DELLE MICROALGHE**

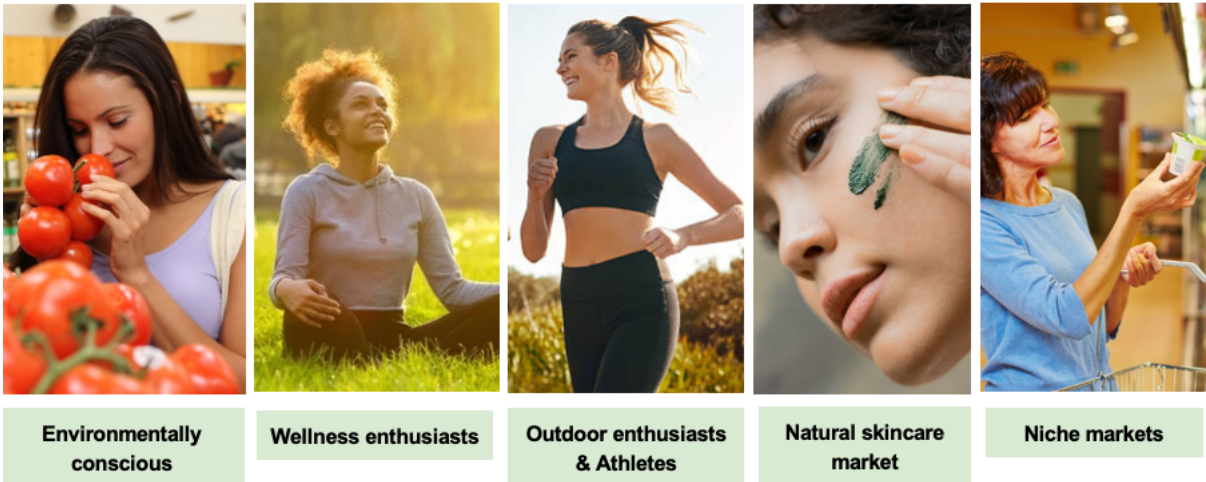
Come si evince dal diagramma di flusso, la cascata degli utilizzi spazia da beni dell'agroalimentare (biofertilizzanti), prodotti ad alto valore energetico (biogas e biodiesel) e molecole per l'industria cosmetica (microsporine, diadinoxantine e omega 3/6).

Sfruttando questa cascata di usi della biomassa e valorizzando i flussi di spreco, è possibile ridurre i costi di avvio per la costruzione della bioraffineria che richiede attrezzature specializzate per i vari processi.

### **PANORAMICA DEL MERCATO DELLE MICROALGHE**

Un altro punto a favore delle microalghe è il crescente interesse verso il suo mercato. Il commercio globale delle microalghe, infatti, sta assistendo ad una consistente crescita negli ultimi anni, guidata dalla crescente domanda di cibo e risorse sostenibili che alimentano la ricerca di applicazioni innovative nei vari settori. In accordo con Markets and Markets Research, società di ricerca di mercato, il mercato globale di prodotti derivanti da alghe è stato valutato 3.62 miliardi di euro nel 2020 ed è in proiezione di raggiungere 6.83 miliardi di euro per il 2026, con un tasso di crescita annuo composto (CAGR) del 10.6% [11]. Tra i vari settori che utilizzano questa biomassa, l'industria nutraceutica rappresenta il più alto consumatore, contando più del 50% della domanda totale. In Europa, il mercato per i prodotti delle microalghe è in proiezione di crescere dai 6.266 tonnellate nel 2021 alle 9.270 tonnellate per il 2031. ( dati da Transparency Market Research, 2021).

## TARGET DI MERCATO



I prodotti per la protezione solare che utilizzano microsporine estratti dalle microalghe hanno il potenziale per interessare diverse fasce di clientela.

Un mercato chiave è rappresentato dai consumatori attenti all'ambiente che danno la priorità alla sostenibilità e cercano attivamente prodotti naturali ed eco-friendly. Queste persone sono profondamente consapevoli dell'impatto ambientale delle creme solari convenzionali e, pertanto, probabilmente apprezzeranno l'utilizzo di una crema solare derivante dalle microalghe come alternativa più sostenibile.

Un altro potenziale gruppo di clienti è rappresentato dalle persone salutari che pongono l'accento sul benessere generale. Questa categoria attribuisce grande importanza ai prodotti per la cura della pelle che offrono una adeguata protezione solare e potenziali benefici per la pelle. Le creme solari a base di microalghe, con la loro capacità di promuovere la salute e la vitalità della pelle, si allineano bene alle preferenze di questo mercato di riferimento.

Gli amanti delle attività all'aperto e gli atleti rappresentano un altro mercato target per le creme solari a base di microalghe. Date le loro frequenti esposizioni al sole, queste persone sono fortemente motivate a proteggere la loro pelle dai dannosi raggi UV. Saranno probabilmente disponibili ad accogliere prodotti innovativi per la protezione solare che offrono benefici duali e potenziali miglioramenti per la cura della pelle.

Il mercato dei prodotti per la cura naturale della pelle, caratterizzato da consumatori che cercano attivamente prodotti organici e naturali con ingredienti sintetici minimi (FactMR, 2022), offre un'altra opportunità per le creme solari a base di microalghe. Questi clienti esigenti apprezzano la purezza e l'integrità della loro routine di cura della pelle e sono inclini a adottare l'uso di microsporine derivati dalle microalghe nelle loro scelte di protezione solare.

Infine, possono essere esplorati mercati di nicchia basati su attributi specifici del prodotto.

Ad esempio, individui con pelle sensibile o coloro che cercano opzioni vegane e cruelty-free potrebbero essere presi di mira in base alla compatibilità della crema solare con le loro esigenze uniche.

## **ANALISI DELL'IMPATTO DEL PROGETTO SULL'ECONOMIA EMILIANO ROMAGNOLA**

Nel contesto dell'Emilia-Romagna, regione italiana con una forte tradizione industriale e agricola, l'idea di una bioraffineria di microalghe per la produzione di cosmetici rappresenta una sfida e un'opportunità significativa per l'economia locale. L'installazione e il funzionamento di una bioraffineria di microalghe comporterebbe la creazione di posti di lavoro diretti e indiretti nell'Emilia-Romagna, oltre che a riconvertire e valorizzare strutture industriali in crisi economica e di mercato. Questo capitolo analizzerà il potenziale impatto che la costruzione di una bioraffineria e la coltivazione di microalghe possono avere sull'economia Emiliano-Romagnola, esplorando le possibilità di sviluppo del progetto per scopi commerciali, evidenziando le possibili ricadute sugli agricoltori e sulle imprese locali.

### **1) POTENZIALE IMPATTO ECONOMICO PER GLI AGRICOLTORI**

Gli agricoltori locali trarrebbero vantaggi dalla coltivazione di microalghe poiché crescono rapidamente in terreni poco produttivi e solitamente non dedicati alle coltivazioni tradizionali creando così una grande opportunità per il recupero e la valorizzazione dei residui colturali (potature, paglie, ecc....) con risparmi sui costi di gestione e incremento del reddito dell'azienda agricola. Inoltre, aumenterebbe l'efficienza produttiva della terra, sfruttando al massimo le aree agricole. Un altro vantaggio della coltivazione delle microalghe sarebbe quello di assicurare una costante fornitura della biomassa alla bioraffineria stipulando contratti a lungo termine e generando così una fonte stabile di guadagno. Infine, integrando le coltivazioni tradizionali con la coltivazione di microalghe, si riduce la dipendenza da colture stagionali mitigando i rischi legati a condizioni meteorologiche avverse o fluttuazioni dei prezzi delle colture. Coldiretti ha stimato una perdita di circa 100mila ettari di coltivazione tra frutteti e vigneti a causa dell'alluvione che ha pesantemente colpito la regione nel maggio 2023, causando un innalzamento dei prezzi su una vasta gamma di prodotti agricoli che provocherà rincari soprattutto sulla carne ovina e suina.

### **2) BENEFICI PER LE INDUSTRIE CHIMICHE E FARMACEUTICHE**

Le industrie chimiche e farmaceutiche dell'Emilia-Romagna possono trarre vantaggio dalla coltivazione di microalghe in diversi modi. Le microalghe offrono una fonte sostenibile di materie prime e sono diversi i prodotti che possono essere estratti dal loro utilizzo. In particolare, gli oli estratti dalle microalghe possono essere utilizzati per produrre bioplastiche e biocarburanti, riducendo la dipendenza da fonti di petrolio e abbattendone i consumi di GHGs regionali. Inoltre, le microalghe contengono composti bioattivi che possono essere utilizzati nella produzione di farmaci e cosmetici, generando l'interesse dei produttori a usare materie prime meno pericolose per la salute e l'ambiente.

### **3) BANCHE LOCALI E AMBIENTE**

Le istituzioni bancarie locali possono svolgere un ruolo cruciale nel finanziamento dei progetti legati alle microalghe e alle bioraffinerie. Questi investimenti non solo contribuirebbero allo sviluppo del settore ma offrirebbero anche opportunità di prestito e finanziamento oltre che a certificare l'impegno della banca nell'ambito della sostenibilità. Inoltre, le banche possono attingere a diversi fondi europei per co-finanziare e promuovere investimenti ESG (Ambientali, Sociali e di Governance) che stanno diventando sempre più popolari tra gli

investitori e contribuiscono a diversificare il portafoglio d'investimento. Per esempio, la costruzione di una bioraffineria potrebbe essere supportata dal fondo europeo per gli investimenti strategici (FEIS) col quale la banca può collaborare per finanziarne la realizzazione. Oppure potrebbero collaborare col fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale (FEASR) per finanziare progetti locali a favore della sostenibilità.

## **CONCLUSIONI**

In questo progetto sono stati discussi i vari aspetti di una proposta differente alle creme solari convenzionali. La necessità di un'alternativa è urgente e, basandoci su questo progetto, si può concludere affermando che è possibile realizzare una protezione solare utilizzando microsporine derivanti da microalghe.

Inoltre, è stato analizzato come l'implementazione di una bioraffineria di microalghe nell'Emilia-Romagna ha il potenziale per aumentare l'economia regionale. Attraverso la creazione di posti di lavoro, la diversificazione economica, la riduzione dell'impronta ambientale e lo sviluppo di nuovi prodotti, questo progetto può avere un impatto positivo sull'intera regione.

Ulteriori ricerche saranno attuate per determinare la convenienza economica e, quindi, la capacità di competere in termini di prezzo nel mercato, sviluppare metodi di estrazione più efficienti.

Infine, si renderà necessario intraprendere adeguati passi legislativi per mettere il prodotto sul mercato.

## REFERENZE

- [1] Borowitzka, M. A. (1995). Microalgae as sources of pharmaceuticals and other biologically active compounds. *Journal of applied phycology*, 7, 3-15.
- [2] Bhatt, A., Khanchandani, M., Rana, M. S., & Prajapati, S. K. (2022). Techno-economic analysis of microalgae cultivation for commercial sustainability: A state-of-the-art review. *Journal of Cleaner Production*, 133456.
- [3] Yarkent, Ç., Gürlek, C., & Oncel, S. S. (2020). Potential of microalgal compounds in trending natural cosmetics: A review. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 17, 100304
- [4] Danovaro, R., Bongiorno, L., Corinaldesi, C., Giovannelli, D., Damiani, E., Astolfi, P., ... & Pusceddu, A. (2008). Sunscreens cause coral bleaching by promoting viral infections. *Environmental health perspectives*, 116(4), 441-447.
- [5] Rosic, N., Climstein, M., Boyle, G. M., Thanh Nguyen, D., & Feng, Y. (2023). Exploring Mycosporine-like Amino Acid UV-Absorbing Natural Products for a New Generation of Environmentally Friendly Sunscreens. *Marine Drugs*, 21(4), 253. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/md21040253>
- [6] Maltsev Y., Maltseva K., Kulikovskiy K., Maltseva S. (2021). Influence of Light Conditions on Microalgae Growth and Content of Lipids, Carotenoids, and Fatty Acid Composition. *Biology (Basel)*. 1060.
- [7] Ning X., Songhui L., Jufang C., Lishi H., Longchu X., Yuzao Q. (2004 ). The influence of water temperature and salinity on the growth of *Scrippsiella trochoidea*., *Marine Environmental Science*, 01 , 23(3):36-
- [8-9] Brennan, L., & Owende, P. (2010). Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(2), 557–577. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.009>
- [10] Bheda, B., Shinde, M., Ghadge, R., & Thorat, B. (2018, September 11). Drying of algae by various drying methods. *Proceedings of 21th International Drying Symposium*. 21st International Drying Symposium. <https://doi.org/10.4995/IDS2018.2018.7761>
- [11] MarketsandMarkets. (2021). *Algae Products Market by Type (Lipids, Carrageenan, Carotenoids, Alginate, and Others), Application (Food & Beverages, Nutraceuticals & Dietary Supplements, Personal Care, Feed, and Others), and Region - Global Forecast to 2026*.