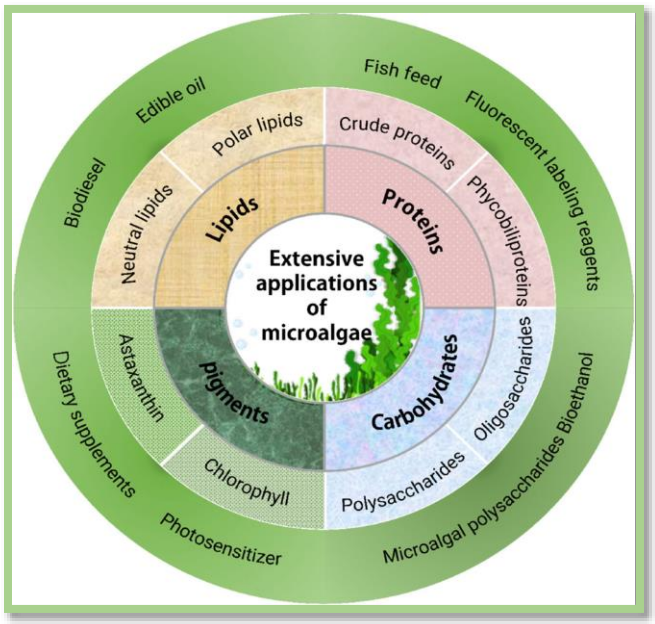
سارا کبیرنتاج
کارشناس بیوتکنولوژی مرکز تحقیقات

ریزجلبک ها به عنوان جایگزینی برای گیاهان روغنی

Microalgae as an alternative to oil crops

روغن خوراکی به عنوان بخش مهمی از رژیم غذایی انسان، اسیدهای چرب و ویتامین‌های محلول در چربی را تامین می‌کند. منابع اصلی روغن‌های خوراکی تصفیه شده عبارتند از: نخل، دانه‌های سویا، زیتون و دانه‌های پنبه. از آنجایی که جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به ۹ میلیارد نفر خواهد رسید، مقرون به صرفه بودن و پایداری غذا یک چالش جهانی به حساب خواهد آمد (Klok etal, 2014). ریزجلبک‌ها، به عنوان کاندیدای احتمالی در مقایسه با محصولات زراعی، مزایای زیادی دارند از جمله (۱) تکثیر سریع، که می تواند بهره‌وری زیست توده خود را در عرض یک روز دو برابر کند و به سرعت در زمین های غیر کشاورزی یا آب‌های شور بدون محصولات رقیب رشد کند. (۲) تجمع عظیم لیپیدها در شرایط تنش غیرزیستی یا در فاضلاب، به عنوان مثال، شدت نور بالا، کمبود مواد مغذی و یا حضور فلزات سنگین؛ (۳) تولید ترکیباتی با ویژگی‌های جذاب، مانند رنگدانه (Xue et al, 2021).

ریزجلبک‌ها میکروارگانیسم‌های فتوسنتز کننده ای هستند که پروتئین و چربی مشابه محصولات روغنی معمولی تولید می‌کنند، اما می‌توانند بازده تولید و نرخ تثبیت CO2 را افزایش دهند، در حالی که زیست توده بسیار مغذی با بسیاری از ترکیبات زیست فعال طبیعی تولید می‌کنند. ریزجلبک‌ها برای بسیاری از کاربردهای صنعتی مانند کاهش CO_2 ، بیودیزل، مکمل‌های غذایی، خوراک دام، لوازم آرایشی، مواد غذایی، داروسازی و تصفیه فاضلاب مورد بررسی قرار گرفته‌اند (شکل ۱).



شکل ۱- پیشرفت کاربرد زیست توده ریزجلبک (Xue et al, 2021)

تحقیقات نشان داده است که ریزجلبک‌ها به ترتیب تا ٦٣٪، ٧١/١٪ و ١٨/٥٪ پروتئین، لیپید و کربوهیدرات تولید می کنند. پروتئین‌های ریز جلبکی در حال حاضر به عنوان مکمل‌های پروتئینی در رژیم غذایی انسان استفاده می‌شوند و می‌توانند به طور بالقوه برای جایگزینی پروتئین‌های مشتق شده از محصولات روغنی در خوراک حیوانات مورد استفاده قرار گیرند، چرا که ریزجلبک‌ها تمام آمینواسیدهای ضروری را با مقادیر بالایی از متیونین و لیزین، دو مورد از محدودترین اسیدهای آمینه در جیره دام را سنتز می‌کنند. علاوه بر این، محتوای بالای ویتامین و مواد معدنی ریزجلبک‌ها می‌تواند ارزش غذایی کلی پروتئین‌های خوراک را افزایش داده و نیاز به مکمل‌های پرهزینه را کاهش دهد .(Cabanelas et al, 2015)

لیپیدهای ریز جلبکی می توانند جایگزین استفاده از لیپیدهای مشتق شده از محصولات روغنی در روغن های خوراکی شوند و ارزش غذایی آنها را افزایش دهند زیرا ریزجلبک ها می توانند اسیدهای چرب زنجیره امگا-٣ مانند ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) و دوکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) تولید کنند که هر دو مکمل‌های ضروری برای سلامتی انسان بوده و در گیاهان خشکی یافت نمی شوند. آنها همچنین به طور طبیعی ترکیبات زیست فعالی تولید می کنند که می تواند ارزش افزوده‌ای برای خوراک دام و روغن‌های خوراکی ایجاد کند. ترکیبات زیست فعال دارای خواص غیر مغذی بوده که که با انجام عملکردهایی می تواند برای سلامتی مفید باشد، مانند فعالیت‌های آنتی اکسیدانی، ضد التهابی و ضد میکروبی. ترکیبات زیست فعال مصنوعی اغلب برای نگهداری به خوراک ها و روغن ها اضافه می شوند و هزینه اضافی را متحمل می شوند. ترکیبات ریز جلبکی می توانند هزینه مکمل های مصنوعی را کاهش دهند یا به عنوان یک محصول مستقل مورد استفاده قرار بگیرد (Fawcett et al, 2022).
ریزجلبک‌ها ارگانیسم‌های متنوعی هستند که توزیع و غلظت مواد مغذی بالقوه آنها بین گونه‌ها و سویه‌ها بسیار متفاوت است. این تنوع فرصتی را برای انتخاب ریزجلبک‌ها با پروفایل‌های مواد مغذی خاص برای سود بهینه از نظر تغذیه برای خوراک دام و روغن‌های خوراکی فراهم می‌کند. گونه‌هایی مانند sp *Spirulina*. و sp *Chlorella*.، در مکمل‌های غذایی انسان استفاده شده‌اند، زیرا می‌توانند به ترتیب تا ٦٣٪ و ٤٧٪ از وزن خشک خود پروتئین تولید کنند. در حالی که ریزجلبک های تولید کننده چربی بالا، مانند sp *Schizochytrium* و sp *Botryococcus* به ترتیب تا ٧١/١٪ و ٤٧/١٪ لیپید تولید می‌کنند. طبق گزارشات موجود، *Isochrysis galbana* تقریبا دو برابر روغن کبد ماهی EPA تولید می‌کند. علاوه بر این، محتوای DHA در *Crytthecodinium cohnii* تقریباً شش برابر بیشتر است. روغن ریزجلبک نه تنها نسبت به روغن‌های حیوانی برتری دارد زیرا PUFA بیشتری تولید می‌کند، بلکه طعم عالی دارد و برای گیاهخواران جذاب است. این امر کاربرد لیپیدهای ریزجلبک را در زمینه روغن‌های خوراکی گسترش می‌دهد. اگرچه این موضوع به طور کامل مورد مطالعه قرار نگرفته است، اما ارزش بالا و مواد اولیه به راحتی در دسترس آن توجه زیادی را به خود جلب می کند. با این حال، مصرف بالای انرژی مورد نیاز برای تصفیه و استخراج متابولیت، دامنه گسترش و کاربرد محصولات ریزجلبک را محدود می‌کند (Madeira et al, 2017)..

نوع سویه ریزجلبک‌ها می‌تواند تا حد زیادی بر میزان زیست توده و بهره وری لیپید و همچنین محتوای لیپید مواد اولیه روغن خوراکی تأثیر بگذارد بطوریکه اگر سویه ریزجلبکی انتخاب شده برای تولید روغن خوراکی مناسب نباشد، روش‌های بهینه‌سازی شرایط کشت جهت افزایش تولید چربی از ریزجلبک‌ها نتیجه رضایت‌بخشی نخواهد داشت. عملکرد و محتوای اسیدهای چرب

بسته به گونه‌های ریزجلبک متفاوت است .نتایج آنالیز GC اسیدهای چرب در چندین گونه ریزجلبک در جدول ۱ نشان داده شده است.

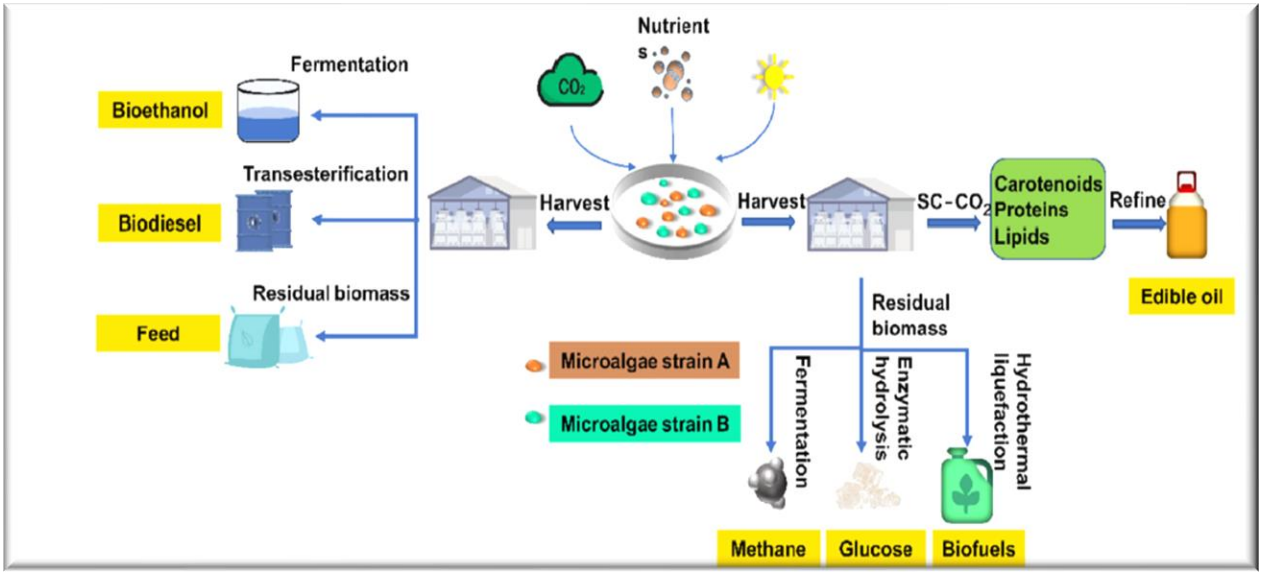
جدول ۱- نتایج آنالیز GC برخی از سویه های جلبکی

Strains	Fatty acids(%)							
	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C20:4	C20:5	C22:6
Schizochytrium limacinum	32.6	—	2.1	—	0.6	2.2	—	1.2
Scenedesmus obliquus	18.2	0.8	42.7	5.8	7.3	11.8	0.6	—
Schizochytrium sp. HX-308	17.9	0.2	0.3	—	—	—	1.0	49.5
Pavlova lutheri	20.1	26.3	—	1.7	0.5	—	18.2	9.8
Chlamydomonas reinhardtii	23.8	1.9	4.4	19.7	6.6	25.5	1.2	—
Nannochloropsis gaditana	8.1	6.9	0.2	1.3	0.4	—	—	3.4
Chlorococcum pamirum	25.8	10.3	28.8	13.9	10.3	7.4	0.1	—
Chlorella pyrenoidosa	19.3	2.3	0.1	4.5	36.7	20.6	—	—
Amphidinum carterae	24.0	1.0	—	5.0	1.0	—	14.0	25.0
Phaeodactylum tricornutum	16.8	24.7	3.2	0.9	2.7	1.8	32.3	4.5
Nitzschia laevis	23.0	33.5	—	3.7	2.5	—	16.0	—
Parietochloris incisa	10.0	2.0	3.0	16.0	17.0	43.0	1.0	—
Ectocarpus fasciculatus	16.7	—	0.6	12.5	4.2	10.8	13.4	—
Thraustochytrium sp. *26 185*	18.2	—	0.5	1.3	—	0.3	2.5	53.8
Heterosigma akashiwo	40.0	12.7	—	—	4.5	3.5	14.8	—
Aurantiochytrium sp.mh0186	29.5	0.1	1.0	0.5	0.2	0.6	0.6	45.1
Diacronema vlkianum	1.4	2.4	—	0.3	—	0.2	3.2	0.8

.

مقادیر جدول ۱ نشان دهنده محتوای نسبی ترکیبات اسیدهای چرب است .قابل ذکر است که قیمت پایین‌تر محصول همیشه با محتوای چربی بالا مرتبط است. بنابراین، ما گونه‌ای را انتخاب می‌کنیم که چربی به سرعت در زیست توده آن انباشته می‌شود و مقدار قابل‌توجهی از لیپید دارد. شرایط کشت نیز نقش مهمی در ترکیبات غذایی زیست توده دارد. فاکتورهایی مانند pH، تابش نور و در دسترس بودن مواد مغذی همگی بر توزیع غلظت مواد مغذی در زیست توده تأثیر می‌گذارند. تنظیم این عوامل می تواند منجر به بازده بیشتر تولید ترکیبات تجاری از جمله پروتئین‌ها، لیپیدها و ترکیبات زیست فعال شود. مصرف بالای انرژی و هزینه‌های مربوط به پیش تیمار، از جمله برداشت بیوماس و تخریب دیواره سلولی، از جمله مواردی هستند که استفاده تجاری زیست توده ریز جلبک را محدود می کند. برای پرداختن به این چالش، روش‌های جدید مختلفی وجود دارد که اخیرا توسعه یافته است(Xue et al, 2021).

بر اساس یک گزارش تحقیقات بازار، بازار جهانی نفت تا سال ۲۰۲٤ به ۱۳۰/۳ میلیارد دلار خواهد رسید که در مقایسه با سال ۲۰۱۵، ٥٦ % افزایش خواهد یافت و نرخ رشد مرکب سالانه ٥/۱ % خواهد بود. به عنوان یک جایگزین امیدوارکننده برای روغن ماهی، روغن‌های ریز جلبکی، تا حدی، مصرف کنندگان را برای غذاهای طبیعی بسیار خالص از نظر تغذیه ای راضی می‌کند و این امر حاکی از چشم انداز قوی بازار است .(شکل ۲). هزینه تولید TAG میکروجلبک با فرآیندهای سنتی تقریباً ۸/۳۰ € در کیلوگرم تخمین زده می‌شود که با روغن نباتی تجاری با قیمت فروش فعلی ۱/۰۰ € در کیلوگرم فاصله دارد. بهینه سازی طیف کاملی از جنبه‌ها مانند محیط رشد، فرآیند تولید و



محصولات با ارزش بالا ضروری است . علاوه بر این، تجزیه و تحلیل فنی-اقتصادی نیز ابزاری عملی برای هدایت تجاری‌سازی روغن‌های خوراکی ریزجلبکی است (Ahmad et al, 2020) .

شکل ۲- میکروجلبک ها، تولید کننده روغن و سوخت زیستی به عنوان محصول اصلی

منابع

1. Ahmad, T., Belwal, T., Li, L., Ramola, S., Aadil, RM., Xu, Y. 2020.Utilization of wastewater from edible oil industry, turning waste into valuable products: a review. Trends Food Sci Technol 99:21–33. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.017.

2. Cabanelas, I.T.D., Marques, S.S.I., de Souza, C.O., Druzian, J.I., Nascimento, I.A. 2015. Botryococcus, what to do with it? Effect of nutrient concentration on biorefinery potential, Algal Res. 11 43–49, https://doi.org/10.1016/j. algal.2015.05.009.

3. Claire, A, Fawcett., Gerusa, N.A, Senhorinho., Corey A, Laamanen., John A, Scott. 2022. Microalgae as an alternative to oil crops for edible oils and animal feed. Algal Research. 64 ,102663. https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102663.

4. Klok, AJ., Lamers, PP., Martens, DE., Draaisma, RB., Wijffels, RH. 2014. Edible oils from microalgae: insights in TAG accumulation. Trends Biotechnol 32:521–528. https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2014.07.004.

5. Madeira, M.S., Cardoso, C., Lopes, P.A., Coelho, D., Afonso, C., Bandarra, N.M., Prates, J.A. M. 2017. Microalgae as feed ingredients for livestock production and meat quality: a review, Livest. Sci. 205 111–121, https://doi.org/10.1016/j. livsci.2017.09.020.

6. Xue, Z., Li, S., Yu, W., Gao, X., Zheng, X., Yu, Y. and Kou, X. 2021. Research advancement and commercialization of microalgae edible oil: a review. J Sci Food Agric, 101: 5763-5774. https://doi.org/10.1002/jsfa.11390