زیست‌فناوری با رنگ آبی

«نانوفناوری (بیوتکنولوژی)» از لحاظ لغوی به معنای ترکیب «زیست‌شناسی (بیولوژی)» و «فناوری (تکنولوژی)» است؛ در واقع زیست‌فناوری شاخه‌ای از علم است که به کاربرد فناوری در استفاده، شناخت و یا تکامل سامانه‌های (سیستم) زیستی برای واحدهای صنعتی و ایجاد رفاه برای بشر می‌پردازد.

زیست‌فناوری تلاش می‌کند که از موجودات زنده به ویژه سلول‌ها و باکتری‌ها برای تولید محصولات مختلف به نفع انسان استفاده کند؛ ترکیبی از فناوری‌های مختلف که بر سلول‌های زنده اتخاذ می‌شود از جمله زیست‌شناسی، ریاضیات، فیزیک، شیمی و مهندسی. کاربرد زیست‌فناوری امروزه بسیار گسترده شده است، از کشاورزی (دامداری، سامانه کشت، اندام‌شناسی (فیزیولوژی) گیاهی، مدیریت زراعی و...) گرفته تا صنایع مختلف دارویی، غذایی، شیمیایی و منسوجات، علم پزشکی، محیط‌زیست، و زیست‌شناسی سلولی که به شدت در حال رشد است. با تمامی این تفاسیر در مجمع می‌توان این چنین تعبیر کرد که «زیست‌فناوری» عبارت است از اصلاح ساختار ژنتیکی در حیوانات و گیاهان به منظور بهبود آن‌ها برای دست‌یابی به محصولات مفید. ما قرار است به بررسی انواع شاخه‌های این علم و کاربردها و اثراتی که بر زندگی بشر دارد، بپردازیم.

بیوتکنولوژی آبی

به طور کلی و مختصر «زیست‌فناوری آبی» یا به بیانی دیگر زیست‌فناوری دریایی، شاخه‌ای از این علم گسترده است که به بررسی کاربرد صنعتی، پزشکی، یا محیط زیستی منابع زیستی از دریا می‌پردازد.

موجودات دریایی در محیطی کاملاً متفاوت از موجودات مستقر در خشکی زندگی می‌کنند و از جهات مختلف از نظر فرآیندهای اندام‌شناسی متفاوت هستند. گونه‌های بی‌شماری از اندام‌ها (ارگانیسم) بر روی زمین وجود دارند که می‌توانند به عنوان منابعی برای تولید مواد جدید عمل کنند. بر این اساس، موجودات دریایی فراتر از استفاده به عنوان یک منبع غذایی صرف، پیشرفت کرده‌اند.

از آنجایی که زیست‌فناوری دریایی اساساً بر موجـــودات دریایی متمرکـــز است، علاوه بر روش‌های زیست‌شناسی، به روش‌هایی از شیمی، فیزیک و مهندسی نیز نیاز دارد. از نظر عملی، زیست‌فنـــاوری دریایـــی ریشـــه در زیست‌شناسی دارد. به طور کلی، تحقیقات زیست‌فناوری دریایی نسبت به مطالعات موجودات مستقر در خشکی سابقه کوتاه‌تری دارد و با وجـــود پیشـــرفت قابـــل توجـــه، زیست‌فناوری دریایی هنوز تا تحقق توانمندی (پتانسیل) خود فاصله زیادی دارد. ما در این مقاله قصـــد داریـــم که کاربـــرد این منـــابع زیست‌شناسی دریایی در تولید سوخت‌های زیستی را زیر ذره‌بین قرار دهیم.

آب منبعی برای تولید سوخت‌های زیستی

«**زیست‌توده‌ها (بیومس)**» موجودات زنده یا مرده حاوی «کربن» هستند که برای تولید سوخت زیستی استفاده می‌شود. «زیست‌دیزل (بیـــودیـــزل)»، «زیســـت‌گـــاز (بیـــوگاز)»، «زیست‌الکل (بیوالکل)»، «زیست‌نفت»، «گاز هَندایِش (سنتز)» و غیره برخی از سوخت‌های زیستی برای تامین انرژی هستند. سوخت‌های زیستی از محصولات کشاورزی مانند «ذرت»، «سویا»، «کلزا»، «نخل»، «ریزجلبک‌ها» ، «جلبک‌های بزرگ» ، «جلبک‌های دریایی» و غیره تولید می‌شوند. اگرچه محصولات انرژی زمینی کم هزینه و مقرون‌به‌صرفه هستند، اما یک خطـــر هشداردهـــنده برای امنیـــت غذایی است.

زیرا همین منبع (زمین زراعی) با رقابت تنگاتنگی بین محصولات انرژی‌زا و تولید محصولات غذایی مواجه خواهد شد. این در حالی است که به مقدار زیادی زیست‌توده برای تولید سوخت زیستی به صورت تجاری نیاز اســـت. در این صـــورت، جلبک‌هـــای دریایی می‌توانند منبع زیست‌توده قابل اعتمادی باشند، زیرا اقیانوس‌ها منابع جلبکی گسترده‌ای دارند که می‌توانند هزینه‌های زمین را کاهش داده و «کربن آلی» را به طور موثر از طریق نورهَندایش (فتوسنتز)، هَندایِش (سنتز) کنند.

انواع سوخت‌های زیستی

به طور کلی سوخت‌های زیستی بر اساس ماهیت و ساختار شیمیایی زیست‌توده‌ها به سه نسل تقسیم می‌شوند:

۱. نسل اول: محصولات روغنی، مواد غذایی و چربی‌های حیوانی (ذرت، نیشکر و...)

۲. نسل دوم: بقایای کشاورزی و محصولات چوبی

۳. نسل سوم: منابع دریایی، «جلبک‌های دریایی» و «سیانوباکتری»ها

منابع دریایی مانند جلبک‌های بزرگ، ریزجلبک‌ها، جلبک‌های دریایی و قارچ‌ها به عنوان منابع تجدیدپذیر برای تولید سوخت زیستی بسیار متنوع هستند اما تاکنون بیشترین کار بر روی یک گونه از جلبک‌های قهوه‌ای با نام «سارگاسوم (Sargassum)» برجسته شده است؛ زیرا این گونه به طور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرد و از این رو به طور گسترده در بسیاری از کشورها کشت و تحقیق می‌شود. در سال ۲۰۱۴ Sargassum تقریباً نیمی از تولید کل جلبک دریایی در «چین» را تشکیل داد که در حال حاضر بزرگترین کشور کشت جلبک دریایی در جهان است. در مقابل، در مورد جلبک‌های قرمز و سبز، به ترتیب حداکثر گونه‌های مورد تحقیق، گونه‌های «Gracilaria» و «Ulva» هستند که در کشورهای آسیایی مانند «ژاپن»، «اندونزی» و «فیلیپین» نیز سالانه تولید بالایی دارند.

نمایی از جلبک «Sargassum»

زیست‌گاز دریایی

«زیست‌هیدروژن»، «زیست‌متان»، «زیست‌اتان» نوید آینده‌ای روشن را در صنعت سوخت‌های زیستی می‌دهند. زیست‌گاز عمدتاً حاوی «CH_4» و «CO_2» به همراه سایر ترکیبات مانند «H_2S»، «NH_3»، بخار آب و عناصر کمیاب خاص است. ترکیب موثر زیست‌گاز به ماهیت ماده اولیه مورد استفاده در فرآیند تولید و شرایط واکنش مورد استفاده برای تجزیه ماده اولیه بستگی دارد. تولید زیست‌گاز از طریق تجزیه بی‌هوازی جلبک‌ها به دلیل «چندقندبسپار (پلی ساکارید)»های بالا («آگار»، «آلژینات»، «کاراگینان» ، «لامیناران» و «مانیتول»)، عدم وجود «لیگنین» و محتوای «سلولز» کم در خوراک جلبک، جدیدا مورد توجه قرار گرفته است. جلبک‌های بزرگ به ویژه جلبک‌های دریایی بهترین منبع خوراک برای تولید زیست‌گاز هستند. برخی از مطالعات، کاربرد برخی از گونه‌های جلبک را برای تولید زیست‌گاز نشان داد که این گونه‌ها «Scenedesmus»، «Spirulina»، «Euglena» و «Ulva» هستند. علاوه بر این‌ها، چند منبع دیگر جلبک قرمز، جلبک قهوه‌ای، «Macrocystis pyrfiera»، S.latissima و «illaea antarctica -Durv» می‌باشند. علاوه بر این، از ریزجلبک ها می‌توان برای تولید زیست‌گاز به همراه سایر مواد اولیه کربنی استفاده کرد.

تولید زیست‌متان از ریزجلبک‌ها

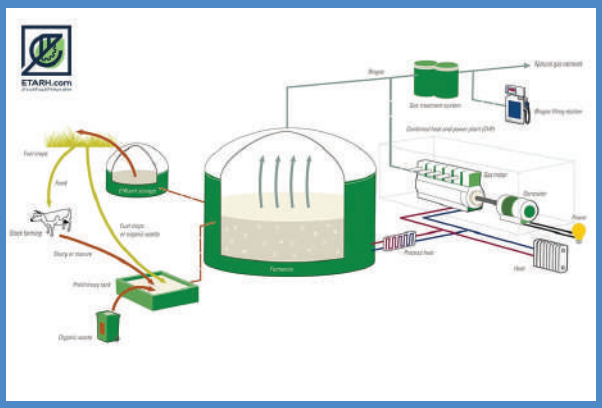
زیست‌متان به عنوان یکی از نویدبخش‌ترین سوخت‌های تجدیدپذیر در نظر گرفته می‌شود که امکان انتقال انرژی وابسته به سوخت‌های فسیلی موجود به سمت انرژی پایدار برای آینده را دارد. سوختن متان در مقایسه با سایر سوخت‌های «هیدروکربنی» سنتی CO_2 کمتری منتشر می‌کند اما نسبت وزن مولی (۱۶/۰ گرم بر مول) به گرمای احتراق (۸۹۱ کیلوژول بر مول) نشان می‌دهد که متان، گرما در واحد وزن بیشتری نسبت به هر هیدروکربن دیگری تولید می‌کند.

نمایی مجازی از مخزن زیست‌متان

زیست‌متان را می‌توان از منابع مختلف زیست توده مانند ضایعات مواد غذایی، بقایای کشاورزی، کود حیوانی، بقایای جنگلی، محصولات انرژی‌زا، ریزجلبک‌ها، فاضلاب‌های غنی از مواد آلی، زباله‌های آلی جامد شهری و زباله‌های آلی صنعتی توسط تجزیه بی‌هوازی تولید کرد اما در میان آن‌ها، ریزجلبک‌ها خوراک مناسب‌تری محسوب می‌شوند؛ زیرا سریع‌تر رشد می‌کنند (۵ تا ۱۰ برابر)، تولید زیست‌توده بالاتری دارند و همچنین برای کشت در زمین‌های غیرقابل کشت و پساب‌های غنی از مواد مغذی مناسب هستند. علاوه بر این، ریزجلبک‌ها پتانسیل زیادی برای مصرف CO_2 دارند به طوری که تجمع CO_2 در جو کاهش می‌یابد. ریزجلبک‌ها حاوی ترکیبات زیست‌تخریب‌پذیر کافی هستند؛ به عنوان مثال، «کربوهیدرات (۴ تا ۷۵ درصد)»، «لیپید (۲ تا ۴۰ درصد)» و «پروتئین (۸ تا ۷۱ درصد)» از کل جامدات که می‌توانند زیست‌متان بیشتری را به ترتیب در حدود بازدهی نظری ۰/۴۲، ۱/۰۱ و CH_4/g STP L ۰/۵ تولید کنند.

تجزیه بی‌هوازی یک روش موثر برای تولید متان (CH_4) از زیست‌توده جلبکی است. تجزیه بی‌هوازی برای تولید متان از ریزجلبک‌ها می‌تواند دو نوع باشد؛ «تجزیه بی‌هوازی مایع (L-AD)» و «تجزیه بی‌هوازی جامد (SS-AD)». اصول اولیه این روش‌ها مشابه است اما می‌تواند با شرایط فیزیکی سامانه، به ویژه میزان رطوبت زیست‌توده، متفاوت باشد. تولید متان در این دو روش تقریباً یکسان است اما بهره‌وری حجمی می‌تواند در SS-AD بیشتر از L-AD باشد.

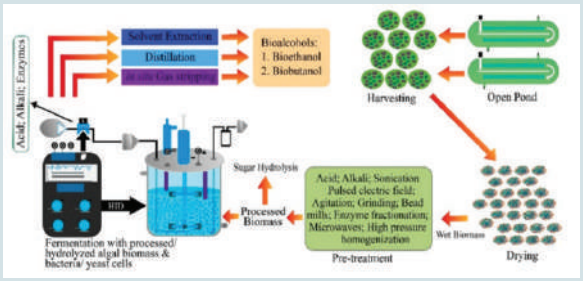
پروتکل اصلی تولید زیست‌متان از طریق تجزیه بی‌هوازی ریزجلبک‌ها شامل مراحل مختلفی مانند کشت، برداشت، پیش تصفیه و سپس تجزیه بی‌هوازی ریزجلبک‌ها می‌باشد. علاوه بر این، تولید زیست‌متان بر اساس انتخاب سویه جلبکی مناسب به طور قابل توجهی متفاوت است؛ زیرا ریزجلبک‌ها تنوع گسترده‌ای در ترکیب زیست توده خود دارند.



روش‌های سنتز سوخت‌های زیستی از ریزجلبک‌ها

تولید سوخت‌های زیستی از جلبک‌ها و ریزجلبک‌ها اغلب به طور کلی با ۴ فرآیند اصلی انجام می‌شود:

۱. تخمیر: تخمیر یک فرآیند طبیعی است که برای شکستن مولکول‌های آلی بزرگتر به مولکول‌های ساده‌تر استفاده می‌شود. فرآیندهای تولید زیست‌الکل صنعتی شامل «خشک کردن»، «پیش‌تصفیه»، «آب‌کافت (هیدرولیز)» و «تخمیر» می‌باشد که در شکل ۱ نشان داده شده‌است. برای تولید زیست‌الکل، می‌توان از زیست توده مرطوب مستقیماً برداشت شده، استفاده کرد. با این وجود، اعتقاد بر این است که زیست‌توده خشک شده عملکرد بهتری خواهد داشت.



شکل ۱: فرایندهای تولید زیست‌الکل به روش تخمیر

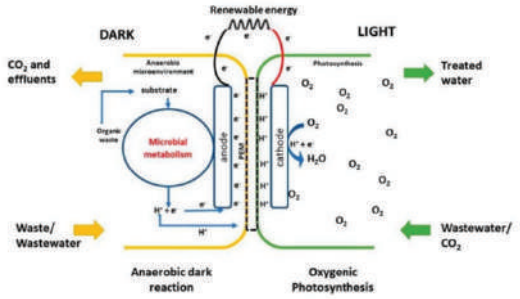
۲. «ترانس استریفیکاسیون»: فرآیندی است که در آن روغن با الکل واکنش شیمیـــایی می‌دهد تا «گلیسیرین» و «متیل استر»ها تولید شوند که معمولاً با کمک یک کنش‌یار «کاتالیزور» انجام می‌شود. قبل از شروع فرآیند، زیست‌توده ریزجلبک باید جداسازی و تصفیه شود. زیست‌دیزل که از مهم‌ترین سوخت‌های زیستی به شمار می‌رود، معمولاً از طریق فرآیند ترانس‌اســتــری شدن تولیــد می‌شود. این سوخت زیستی می‌تواند جایگزین سوخت‌های تجدیدناپذیر مورد استفاده در صنعت و حمل و نقل شود، زیرا غیر سمی و زیست‌تخریب‌پذیر است.

۳. فرآیندهای کیمیاگرمایی (ترموشیمیایی): در این فرآیند، با استفاده از دمای بالا، ساختار جلبک‌ها شکسته شده و با انجام «آذرکافت (پیرولیـــز)»، یـــا گازی‌ســـازی و مایع‌ســـازی «آب‌گرمایی (هیدروترمال)»، مواد حاصل به محصولاتی همچون زغال زیستی یا گازوئیل تبدیل می‌شود.

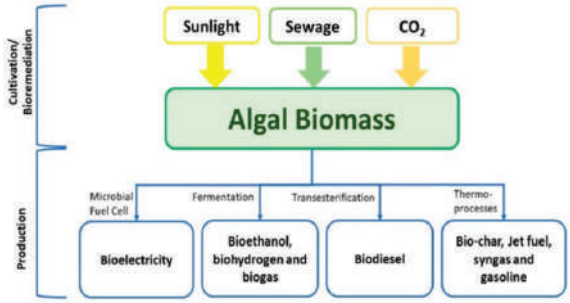
مایع‌سازی آب‌گرمایی: یک روش موثر برای تولید زیست‌دیزل از جلبک‌ها بدون نیاز به کاهش محتوای آب زیست‌توده جلبکی است. این فرآیند که شامل تغییرات ساختاری شیمیـــایی و فیزیـــکی است، باعـــث می‌شود زیست‌توده به مولکول‌های کوچک تجزیه شود که این مولکـــول‌های کوچک، ناپـــایدار و واکنش‌پذیر هستند. یکی از مزیت‌های مایع سازی آب‌گرمایی این است که نیازی به خشک کردن مواد اولیه نیست که سبب جلوگیری از مصرف انرژی ناشی از تبخیر آب می‌شود. این فرآیند معمولا بین ۲۵۰ تا ۳۵۰ درجه سانتی گراد، ۵ تا ۲۰ مگاپاسکال و با یا بدون کنش‌یار (کاتالیز) کار می‌کند. در واقع استفاده یکپارچه از شرایط دمای بالا و فشار بالا در فرآینـــد مایع‌سازی آب‌گرمایی زیست‌توده به طور قابل توجه‌ای بازده حرارتی کلی فرآیند را بهبـــود می‌بخشد. گاهی اوقات، هیدروژن را می‌توان اضافه کرد و اغلب آب در حالت زیربحرانی نگهداری می‌شود که به آن خاصیت واکنش پذیری ویژه‌ای می‌دهد. در برخی موارد نیز آب در حالت فوق‌بحرانی قرار دارد. از فعالیت بالای آب در شرایط بحرانی به منظور تجزیه مواد زیست‌توده به مواد مولکولی کوتاه‌تر و کوچکتر با انرژی بیشتر استفاده می‌شود.

۴. «پیل سوختی میکروبی»: در این فرآیند، جلبک‌ها و ریزجلبک‌ها در بخش «کاتدی» پیل قرار می‌گیرند و یک فرآیند «بیوالکتروشیمیایی» را به‌وجود می‌آورند. با شروع کار این پیل سوختی، نورهَندایش (فتوسنتز) صورت می‌گیرد و موجب تولید گاز اکسیژن می‌شود.

در نتیجه با این فرآیند می‌توان به محصولاتی دست یافت که در تصفیه فاضلاب‌ها و پساب‌ها و همچنین تولید برق کاربرد دارند.
تمام محصولاتی که طی ۴ فرایند مذکور از هَندایش جلبک‌ها و ریزجلبـــک‌ها به‌دســـت می‌آیند، به طور خلاصه در شکل ۳ نمایان شده است.[۸]



شکل ۲: طرحواره پیل سوختی میکروبی



شکل ۳: سوخت‌های زیستی تولیدی در فرایندهای مختلف از سنتز جلبک‌ها و ریزجلبک‌ها

نوشته:
محمـــد آزادمنجیـــری، محمدرضا شیـــروانی، سپهر صامعی، عرفان هراتی
برای دسترسی به منابع QR کد را اسکن کنید یا به قسمت منابع مراجعه کنید:

SCAN ME