

مکانیزم های بهبود بازده تولید سوخت زیستی از جلبک های دریایی

مهتاب خلجی^۱، سید علی اکبر هدایتی^۲

Mahtabkhalaji24@gmail.com

۱- دانشجوی دکتری تولید و بهره برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی

گرگان

۲- دانشیار گروه تولید و بهره برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

ریزجلبک‌ها اهمیت تجاری و زیست محیطی زیادی به عنوان پایه زنجیره غذایی و تولید کننده اکسیژن دارند. ترکیب چربی ریز جلبک‌ها برای مقاصد مختلفی مورد بررسی قرار می‌گیرد. میکرواورگانیسم‌های اتوتروف مانند جلبک‌های فتوسنتز کننده، راه حلی امیدوار کننده برای برآورده کردن این نیازها می‌باشند. استفاده از فاضلاب‌ها هزینه‌های مربوط به استفاده از کودهای تجاری مورد نیاز برای تولید جلبک را کاهش می‌دهد. بررسی این تحقیق نشان داد که حداکثر تولید چربی در ریزجلبک‌ها در فتوبیورآکتورهایی است که به طور اپتیمم طراحی شدند. بنابراین به کمک سیستم‌های کشت بسته و فاضلاب‌ها می‌توان بیومس بالایی ریز جلبک در مدت زمان کوتاهی به دست آورد که در مقایسه با دانه های روغنی مورد استفاده برای تولید بیودیزل مقرون به صرفه می‌باشد.

واژگان کلیدی: جلبک‌های دریایی، سوخت زیستی، فتوبیورآکتور، محیط کشت

تاریخ دریافت مقاله : ۹۵/۰۹/۱۳

تاریخ پذیرش مقاله : ۹۵/۱۰/۱۹

۱- مقدمه

و برای محیط زیست مضر است. با توجه به افزایش جمعیت و صنعتی شدن تقاضای انرژی به یک نگرانی اصلی در جوامع بین المللی تبدیل شده است. کمبود سوخت های فسیلی به عنوان یک منبع غیر قابل تجدید منجر به درگیری های جهانی و بین المللی به ویژه در کشورهای در حال توسعه شده است. سوخت های فسیلی با انتشار دی اکسید کربن به هوا منجر به تغییرات آب و هوا، خشکسالی، گسترش بیماری و تغییر در اندازه جمعیت گونه های گیاهی و جانوری می شود. با این روند ما نیاز به منابع انرژی تجدیدپذیر مانند: خورشید، زیست توده، باد و آب داریم. زیست توده^۲ به عنوان یک منبع انرژی تجدید پذیر در نظر گرفته شده است، به عنوان منبعی با بیشترین پتانسیل در برآورده کردن نیازهای انرژی جهانی است. اسیدهای چرب آلکیل (به ویژه متیل) به عنوان بیودیزل و جایگزینی برای سوخت معمولی دیزل شناخته شده اند [۲۰]. در حال حاضر بسیاری از کشورهای دنیا در حال هدف گذاری برای حمایت و تولید از سوخت های گیاهی هستند. سوخت های گیاهی در دنیا به دو شکل اتانول و بیودیزل تولید می شوند [۱۶].

۳- مواد اولیه برای تولید سوخت زیستی

ایده اصلی و اولیه سوخت های زیستی به سال ۱۹۱۱ بر می گردد. در سال ۱۹۱۱ رودولف دیزل بیان کرد که موتور دیزل می تواند با روغن های نباتی تغذیه شود و موجب توسعه کشاورزی شود. [۷]. تحقیقات و تلاشهای بسیاری در پیرو یک منبع پایدار، اقتصادی و سازگار با محیط زیست و برای حمل و نقل روی تبدیل مواد خام مختلف به سوخت زیستی متمرکز شدند. در حال حاضر سوخت زیستی از مواد اولیه مختلفی ساخته شده است که شامل: روغن خالص گیاهی، چربی حیوانات و پسماند کشاورزی می باشند. چربی حیوانات در مقایسه با روغن گیاهی از نظر اقتصادی برای تولید سوخت زیستی مناسب تر هستند. روغن خالص گیاهی از گیاهانی مانند: لوبیا سبز، کلزا، ذرت، پنبه دانه، کتان، آفتابگردان مشتق می شوند [۲۰].

جلبک ها گروه بزرگ و متعددی از ارگانسیم های ساده و عمدتاً اتوتروف که شامل انواع تک سلولی و چند سلولی می باشند. بزرگ ترین و پیچیده ترین آن ها را علف دریایی^۱ می نامند. آنها همانند گیاهان فتوسنتز می کنند، اما خیلی از ساختارهای گیاهان را ندارند به همین دلیل عمدتاً این ها را از گروه گیاهان مستثنی می کنند [۲]. جلبک ها دارای کاربردهای متنوع هستند که می توان از آنها به عنوان منبع مهمی از مواد غذایی به ویژه در آسیا نام برد. روغن حاصل از جلبک ها سطح بالایی از اسیدهای چرب غیر اشباع دارد برای مثال جلبک *Parietochloris incise* سطح بالایی از اسید آراشیدونیک دارد امروزه جلبک ها در موارد متعددی مانند نرم کردن خاک و غذای دام استفاده می شود. از جلبک ها برای پاکسازی فاضلاب استخر ها استفاده می شود. فاضلاب توسط جلبک ها پاکسازی می شود این عمل استفاده از مقادیر بالای سموم شیمیایی را کاهش می دهد [۲]. از جلبک ها برای تهیه ی انواع سوخت های شیمیایی استفاده می شود. استفاده از سوخت های گیاهی یکی از گزینه های کاهش آلودگی حمل و نقل جاده ای است. لذا اتحادیه اروپا برای تولید اتومبیل هایی که با سوخت گیاهی کار کنند، هدف گذاری نموده است [۲۲].

۲- سوخت زیستی به عنوان جانشینی برای سوخت های فسیلی

با توجه به این که سیستم حمل و نقل از عوامل عمده آلوده کننده هوا در کلان شهرها محسوب می شود و این امر یکی از عوامل اصلی ایجاد کننده گازهای گلخانه ای و دلیل اصلی سوراخ شدن گازهای گلخانه ای محسوب می شود جنبه زیست محیطی حمل و نقل از اهمیت ویژه ای در پایداری شهرها محسوب می شود [۶]. لازم به ذکر است با کاهش ذخایر نفت خام و اثرات منفی زیست محیطی که سوخت های فسیلی دارند، جایگزین کردن آن با سوخت های تجدید پذیر و دوستدار طبیعت امری اجتناب ناپذیر به نظر می رسد [۳]. سوخت های فسیلی حدود ۹۰٪ انرژی کل جهان را فراهم می کنند [۱۵]. روند استفاده از سوخت های فسیلی به طور گسترده به رسمیت شناخته شده است

² Biomass¹ Seaweed

۴- ریز جلبک ها به عنوان منبع تولید سوخت

زیستی

جلبک میکرو قادر به تولید سوخت های زیستی شامل: اتانول، متان، هیدروژن و روغن می باشد. هم چنین می توان آن را خشک کرد و برای تولید برق سوزاند [۳،۱۷]. بزرگترین نقش جلبک ها در اکوسیستم های آبی نقش تولید کنندگی است. جلبک ها از تواناترین گیاهان بوده و قادرند دی اکسید کربن را جذب کرده و آب و هوا را تمییز و پاک کنند [۹]. جلبک ها هیچ گونه رقابتی با منابع غذایی نسل بشر ندارند و استفاده از آنها در تولید سوخت هیچ گونه محدودیتی را در منابع غذایی به دنبال ندارد [۷،۲۳]. از نظر اقتصادی تولید سوخت زیستی و اتانول زیستی از جلبک ها مقرون به صرفه است و منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای می شود. فناوری های جدید جهانی حاکی از این موضوع می باشد که تولید سوخت زیستی از ارزش و اهمیت زیادی برخوردار بوده و جلبک به دلیل سرعت رویش بالا دارای تولید زیادی می باشد لذا در بین اقلام مختلف محصولات کشاورزی و منابع طبیعی جلبک برای تولید سوخت زیستی و اتانول در جهان انتخاب شده است [۱۴]. ریز جلبک ها به عنوان بزرگترین نماینده در عین حال یکی از گروه های ناشناخته در بین میکرواورگانیسم ها است که تنها منبع مناسب برای تولید سوخت زیستی به نظر می آیند. آنها به دو گروه پروکاریوت و یوکاریوت تقسیم می شوند که به خاطر ساختار ساده ای که دارند به سرعت رشد می کنند. با رشد جلبک ها روغن در سلول های جلبک تجمع می یابد روغنی که به لحاظ ساختاری و مولکولی ساختاری شبیه نفت خام دارد [۹]. جلبک ها به عنوان یک منبع پایدار سوخت زیستی در نظر گرفته شده است که توانایی سنتز و تجمع مقدار معنی داری از لیپید ها را دارند. مطالعات نشان داده است که مقدار لیپید در بعضی از آنها ۸۰٪ وزن خشک آنهاست [۲۱]. ریز جلبک های سبز به عنوان بزرگترین نماینده روغنی برای تولید سوخت زیستی شناسایی شده اند. جلبک ها دارای ۳ ترکیب عمده هستند ۱- کربوهیدراتها ۲- پروتیین ها ۳- لیپیدها. بخش عمده ای از روغن جلبک ها تریگلیسیرید است که نوع مناسب روغن برای تولید سوخت زیستی است. جلبک های میکروسکوپی مانند سیانوباکتری ها و یوکاریوت ها نسبت دانه های

روغنی با استفاده از آب و زمین کمتر سوخت زیستی بیشتری تولید کنند [۱۱] و هم چنین جلبک های رشد یافته تحت شرایط کنترل شده بیش از ۲۰ بار در هکتار بیشتر از دانه های روغنی خشکی مانند: سویا، کلزا روغن تولید می کنند [۱۹]. chisti در سال ۲۰۰۸ ثابت کرد که بیودیزل از جلبک میکرو تنها بیودیزل تجدیدپذیر است که دارای پتانسیل بالایی برای پاسخ گویی به تقاضای جهانی برای نفت می باشد [۳،۱۳].

۵- مکانیزم های تولید جلبک به منظور تولید سوخت زیستی

۵-۱ تولید و برداشت جلبک به کمک تصفیه فاضلاب یکی از روش های تولید و برداشت جلبک در مقیاس زیاد، کشت آن ها در داخل فاضلاب ها می باشد. جلبک ها با جذب مواد مغذی مورد نیاز خود از فاضلاب رشد کرده و همزمان باعث تصفیه فاضلاب می شوند. بدون تصفیه مناسب فاضلاب مواد مغذی مانند فسفات و نیتروژن از فاضلاب خارج و به اکوسیستم های پایین دست منتقل می شود. از اثرات منفی آن می توان به افزایش مواد مغذی، حضور جلبک های مزاحم، کاهش غلظت اکسیژن، تغییرات pH، تولید سم سیانو توکسین، و تلف شدن ماهیان اشاره نمود. به کمک یک سری فناوری های فیزیکی و شیمیایی میتوان به تصفیه فاضلاب کمک کرد که باصرف مواد شیمیایی و و انرژی بالایی همراه است. در مقابل فرایند های تصفیه فیزیکی و شیمیایی، جلبک های تصفیه کننده با حذف بالای مواد مغذی به صورت ارزان، در بازبایی منابع مفید واقع می شوند. استفاده از فاضلاب هزینه های مربوط به استفاده از کودهای آلی مورد نیاز برای تولید جلبک را کاهش می دهد [۱۱]. پارامترهایی که باعث افزایش تولید جلبک به کمک تصفیه فاضلاب می شود شامل: اضافه کردن دی اکسید کربن، گونه کنترل، کنترل چرندگان و انگل ها می باشند. زیست تود جلبکی که در فاضلابها رشد یافته است به عنوان یک محصول جانبی در نرخ بالا تولید می شود [۱۹].

۶- سیستم های کشت جلبک ها

سیستم های کشت ریز جلبک ها برای مقاصد مختلف تجاری بر اساس ویژگی های مختلفی قابل دسته بندی هستند. رایج ترین آنها تقسیم بندی بسته و باز است. برای

فتوبیورآکتورها یک محیط کشت بسته را فراهم می کنند که در برابر تهاجم و رقابت سایر میکرواورگانسیم ها ایمن بوده و شرایط کشت ریز جلبک ها در آن به طور موثرتری کنترل می شود علاوه بر این گونه های متنوع و بیشتری از ریز جلبک ها را می توان در چنین محیط های بسته ای کشت داد. در فتوبیورآکتورها نور به طور مستقیم فقط به سطح محیط کشت تابیده نمی شود، بلکه از دیوارهای شفاف رآکتور عبور کرده و به سلول های کشت شده می رسد. ضمن این که در فتوبیورآکتورها از تبادل مستقیم گاز و آلودگی بین اتمسفر و محیط کشت جلوگیری می شود. در مقایسه با سیستم های کشت باز میزان توده زیستی تولید شده در فتوبیورآکتورها بیشتر است [۵]. مدت زمان کشت ریز جلبک ها کاهش یافته و محصولات تولیدی در آنها پذیرش و مقبولیت بالایی در بازار دارد. گونه های متعدد ریزجلبکی را می توان در یک نوع فتوبیورآکتور کشت داد و میزان تخیر در آنها پایین است که این مسئله اهمیت زیادی در کشت جلبک در مناطق کم آب دارد. دو میلیون تن جلبک قادر است یک میلیون تن ریز جلبک را جذب کند [۱۵].

۷- عناوین راهکارهای بهبود راندمان تولید بیودیزل

۱- استفاده از ریز جلبک ها به عنوان یک کاندید بسیار مناسب در تهیه سوخت بیودیزل: جلبک به دلیل سرعت رویش بالا دارای تولید زیادی می باشد لذا در بین اقلام مختلف محصولات کشاورزی و منابع طبیعی جلبک برای تولید سوخت زیستی و اتانول در جهان انتخاب شده است. هم چنین ریز جلبک ها دارای درصد وزنی بالاتری از چربی در مقایسه با سایر مواد اولیه هستند.

۲- تولید ریزجلبک ها تحت شرایط مناسب: جلبک های رشد یافته تحت شرایط کنترل شده بیش از ۲۰ بار در هکتار بیشتر از دانه های روغنی خشکی مانند: سویا، کلزا روغن تولید می کنند. هم چنین برای تولید ریز جلبک ها نیاز به آب و زمین کمتری نسبت به دانه های روغنی دیگر وجود دارد.

۳- انتخاب محیط های کشت مناسب جهت تولید ریزجلبک: سیستم های کشت ریز جلبک ها برای مقاصد مختلف تجاری بر اساس ویژگی های مختلفی قابل دسته بندی هستند که مهم ترین آنها سیستم کشت باز و بسته هستند. به کمک سیستم کشت بسته تحت شرایط کنترل

مقاصد کشاورزی در کنار سیستم های کشت ویژه که مقیاسی کوچک در حد کمتر از ۱۰۰۰ لیتر دارند، استخرهای روباز، استخرهای دارای بازوهای چرخان، استخرهای با جریان سریع و کیسه های بزرگ مورد استفاده قرار می گیرند. عوامل مختلفی در انتخاب نوع سیستم کشت جلبک ها نقش دارند که مهم ترین آنها شامل نوع ریز جلبک، مواد غذایی، میزان مصرف انرژی، قیمت زمین و آب و هوای منطقه می باشند. بیشتر گونه های ریز جلبکی مانند کلرلا، دونالیلا، آسپیرولینا که امروزه استفاده تجاری وسیعی دارند به این دلیل حایز اهمیت هستند که قادرند در محیط های کشت انتخابی روباز رشد کنند بدون آن که توسط سایر میکرو اورگانسیم ها آلوده شوند [۵].

۶-۱ سیستم های کشت روباز

پیشرفت و تکامل تکنولوژی کشت ریزجلبک ها به صورت روباز نتیجه ترکیب سیستم های مختلف با هدف جلوگیری از رسوب مواد (اعم از توده های سلولی و مواد غذایی) در محیط های کشت و افزایش کیفیت نور مصرفی است. در سیستم های روباز، تولید توده زیستی ریزجلبک ها نه تنها به میزان انرژی نورانی وارده بر سطح محیط کشت وابسته است بلکه به مقدار انرژی لازم که به تک تک ریز جلبک ها مرسد نیز بستگی دارد که در این حالت عمل هم زدن محیط کشت و اختلاط آن نقش مهمی را ایفا می کند [۵]. این استخرها اغلب در زمین هایی با مساحت بسیار بزرگ (در حد چند هکتار) باید بنا شوند که این امر خودش محدودیت بزرگی به شمار می آید. از سوی دیگر کنترل شرایط محیط رشد در روش استخر باز کار چندان ساده ای نیست [۱].

۶-۲ سیستم های کشت بسته

سیستم های کشت بسته یا فتوبیورآکتورها، رآکتورهایی هستند که در آنها میکرواورگانسیمهای فتوتروف (انواع باکتری ها، ریز جلبک ها، و سلول های گیاهی) به منظور انجام یک سری واکنش های فتوبیولوژی کشت داده میشوند. بیشتر ریز جلبک ها به مدت طولانی نمی توانند در سیستم های روباز باقی بمانند به این علت که احتمال آلودگی آنها با پروتوزوآها، قارچ ها و سایر میکرواورگانسیم ها وجود دارد. هم چنین ممکن است سایر (ریزجلبکها) با گونه اولیه کشت شده رقابت کنند.

است. در سال های اخیر به منظور پایین آوردن هزینه تولید سوخت زیستی مطالعات زیادی در زمینه استخراج سوخت زیستی از ریز جلبک ها در سراسر جهان انجام گرفته است. آنها در مقایسه با دانه های پرچرب خشکی، دارای بازده فتوسنتزی و تولید زیست توده بیشتر و رشد سریع تری هستند. هم چنین درصد بالای اسیدهای چرب اشباع و MUFA در چربی ریز جلبک ها باعث افزایش کیفیت بیودیزل می گردد [۱۰]. تولید سوخت زیستی از ریز جلبک ها تحت تاثیر دو عامل میزان زیست توده تولید شده و درصد وزنی چربی تولید شده قرار دارد [۱۸]. روش های مختلفی جهت افزایش تولید زیست توده توسط ریز جلبک ها وجود دارد [۱۲]. یکی از این روش ها تغییر در شرایط کشت ریز جلبک ها می باشد علاوه بر آن استفاده از محیط کشت مناسب که در زمان کوتاه و با هزینه کم منجر به تولید مقادیر بالایی زیست توده شود. می توان چنین نتیجه گرفت که برای افزایش راندمان تولید بیودیزل، استفاده از ریز جلبک ها به عنوان یک کاندید مناسب مورد توجه قرار گرفته است. علاوه بر آن چگونگی تولید آنها نیز که صرفه اقتصادی داشته باشد حائز اهمیت است. بنابراین به کمک سیستم های کشت بسته و فاضلاب ها می توانیم مقادیر بالایی ریز جلبک در مدت زمان کوتاهی به دست آوریم که در مقایسه با دانه های روغنی مورد استفاده برای تولید بیودیزل مقرون به صرفه می باشد.

منابع

- [۱] امیدوار، امیر، ریز جلبک ها منابع آینده تولید انرژی زیستی، فصلنامه علمی و تخصصی انرژی های تجدید پذیر، شماره اول، ۱۳۹۳.
- [۲] بهرامیان، پریسا، بررسی اثر ضد باکتریایی عصاره جلبک سبز، گونه (*Caulerpa sertularioides*)، پایان نامه دوره دکترای حرفه ای پزشکی، ۱۳۸۸.
- [۳] پرنیان، ش، صیادی، م، دوسنی، م. تولید سوخت های زیستی از جلبک ها، منابع تجدید پذیر و توسعه پایدار، دومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، ۱۳۹۱.
- [۴] رضایی، س، دزفولی، ا، کاربرد سوخت زیستی از جلبک در توسعه حمل و نقل پایدار و نقش آن در کاهش آلودگی هوای کلانشهر تهران، کنگره بین المللی مهندسی عمران، معماری و توسعه شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ۱۳۹۴.

شده می توانیم مقدار زیادی ریزجلبک را در زمان کوتاهی تولید کنیم. که در مقایسه با سایر مواد اولیه تولید سوخت زیستی مقرون به صرفه می باشد.

۴- تصفیه فاضلاب توسط ریز جلبک به منظور تولید سوخت زیستی: استفاده از فاضلاب هزینه های مربوط به استفاده از کودهای آلی مورد نیاز برای تولید جلبک را کاهش می دهد. پارامترهایی که باعث افزایش تولید جلبک به کمک تصفیه فاضلاب می شود شامل: اضافه کردن دی اکسید کربن، گونه کنترل، کنترل چرندگان و انگل ها می باشند. زیست تود جلبکی که در فاضلابها رشد یافته است به عنوان یک محصول جانبی در نرخ بالا تولید می شود.

۸- نتیجه گیری

سوخت تجدید ناپذیر به عنوان سرمایه ملی کشورمان به حساب می آید که ما باید به دنبال این باشیم که از هدر رفتن این سرمایه جلوگیری کرده و برای آینده حفظ کنیم [۴]. بررسی ها نشان داده است که نمی توان از روغن های گیاهی به طور مستقیم به عنوان جایگزین مناسبی برای سوخت دیزل استفاده نمود. جرم مولکولی زیاد روغن های گیاهی و لزوجت نسبتا زیاد آنها استفاده از روغن های مذکور را به عنوان سوخت دیزل محدود می کند. منابع گیاهی مرسوم برای تولید زیست سوخت نمی تواند نیاز روز افزون به منابع سوخت را برآورده کنند. برای تولید این مواد زمین های کشاورزی زیادی مورد نیاز است. هم چنین نرخ رشد این گیاهان و فرکانس محصول دهی آنها کند است. از سوی دیگر نرخ تولید آلاینده ها و گاز های گلخانه ای به شدت روبه افزایش است. با توجه به مشکلات مذکور به راحتی می توان چنین استنتاج نمود که کنترل میزان گازهای گلخانه ای به کمک مواد خام نسل اول کاری غیر ممکن است. لذا باید به دنبال منابع مناسب تری رفت که بازدهی بالاتر و نرخ رشد سریع تری داشته باشند. با توجه به شرایط جغرافیایی کشورمان که بسیاری از گونه های جلبکی را به طور طبیعی داریم و می توان به راحتی تولید و بهره برداری کرد، انتخاب جلبک به عنوان سوخت تجدیدپذیر می تواند گامی در جهت دستیابی به توسعه پایدار باشد [۴]. بنابراین استفاده از ریز جلبک ها به عنوان یک منبع پایدار برای تولید سوخت زیستی دارای اهمیت است [۸]. از سوخت زیستی به عنوان یک سوخت پاک یاد می شود زیرا عاری از هر نوع ترکیب آروماتیک و سولفوری

- [16] Huang, J. et al. "Biofuels and the poor: Global impact pathways of biofuels on agricultural markets", *Food Policy*, p.p. 439–451, 2012.
- [17] Kadam, KL. "Environmental implications of power generation via coal-microalgae co firing Energy", 27:905–922, 2002.
- [18] Liang, Y. et al. "Biomass and lipid productivities of *Chlorella vulgaris* under autotrophic, heterotrophic and mixotrophic growth conditions", *Biotechnology Letters*. 31(7):1043-1049, 2009.
- [19] Park, J.B.K. et al. "Wastewater treatment high rate algal ponds for biofuel production", *Bioresource Technology* pp:(35–42), 2011.
- [20] Santhosh, S. et al. "Bioactive compounds from Microalgae and its different applications- a review", *Advances in Applied Science Research*, 7(4):153-158, 2016.
- [21] Silas, K. et al. "Microalgae as Potential Feedstock for Biodiesel Production-A Review", *international Journal of Recent Research in Interdisciplinary Sciences*, Vol. 2, Issue 3, pp: (1-9), 2015.
- [22] Silvestrini A.; et al; "The role of cities in achieving the EU targets on biofuels for transportation: The cases of Berlin, London, Milan and Helsinki ", *Transportation Research Part A*, p.p. 403–417, 2010.
- [23] Wen, Z and Johnson, M.B. "microalgae as a feedstock for biofuel production ", *virginia state university*, publication 441-886.
- [۵] فرامرزی، محمد علی و هم کاران، بیوتکنولوژی ریز جلبک ها، اداره انتشارات و علم سنجی دانشگاه علوم پزشکی تهران، معاونت پژوهشی، ۳۸۸ صفحه، ۱۳۸۹.
- [۶] فلاح منشادی، ا، روحی، ا، سعیدی زند، پ. بررسی و ارائه سیاست های دستیابی به حمل و نقل پایدار در تهران، مدیریت فناوری اطلاعات و مراکز اسناد، ۱۳۹۱.
- [۷] فصلنامه علمی- تخصصی انرژی های تجدید پذیر و نو، ریز جلبک ها، منابع آینده تولید انرژی زیستی، شماره اول، ۱۳۹۳.
- [۸] قشلاقی، پگاه، فیض بخش، رضا، ایجاد مجتمع اقتصادی تولید سوخت زیستی با استفاده از جلبک های دریایی، فتوبیورآکتور مارپیچ و پالایشگاه زیستی، با هدف تامین سوخت در سواحل دریای عمان، اولین همایش ملی توسعه سواحل مکران و اقتدار دریای جمهور اسلامی ایران، ۱۳۹۱.
- [۹] نوربخش، ش. سوخت جلبکی، دومین همایش بیوانرژی ایران، تهران، ۱۳۹۰.
- [10] Atadashi, I.M. et al. "Production of biodiesel using high free fatty acid feedstocks", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16(5): 3275-3285, 2012.
- [11] Christenson, L, Sims, R. "Production and harvesting of microalgae for wastewater treatment, biofuels, and bioproducts", *Biotechnology Advances* 29 686–702, 2011.
- [12] Chen, M. et al. "Effect of nutrients on growth and lipid accumulation in the green algae *Dunaliella tertiolecta*", *Bioresource Technology*. 102(2): 1649-1655, 2011.
- [13] Chisti, Y. "Biodiesel from microalgae beats bioethanol", *Trends Biotechnology* 26(3): 126–131, 2008
- [14] El-Moneim, A. et al. "Enhancement of Biodiesel Production from Different Species of Algae", *Grasasya Acites*, 61(4): 416-422, 2010.
- [15] Han, X. et al. "High Quality biodiesel production from a microalga *Chlorella protothecoides* by heterotrophic growth fermenters", *Journal of Biotechnology*. Vol 126, pg 499-504, 2006.