بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه زیست‌شناسی

پایان‌نامه‌ی کاشناسی ارشد رشته‌ی زیست‌شناسی - فیزیولوژی گیاهی

بررسی میزان تولید بیومس در دو ریزجلبک

کلرلا ولگاریس و *اسپیرولینا پلاتنسیس* با استفاده از منابع متفاوت گاز CO_2

استادان راهنما :

دکتر عباس المدرس

دکتر سعید افشارزاده

استاد مشاور:

دکتر محمد صادق حاتمی پور

پژوهشگر:

سید مهدی حسینی

اسفند ماه ۱۳۸۹

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه اصفهان است.

دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه زیست‌شناسی

پایان‌نامه‌ی کاشناسی ارشد رشته‌ی زیست‌شناسی - فیزیولوژی گیاهی

بررسی میزان تولید بیومس در دو ریزجلبک
کلرلا ولگاریس و اسپیرولینا پلاتنسیس با استفاده از منابع متفاوت گاز CO_2

در تاریخ ۱۳۸۹/۱۲/ ۱۶ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه **عالی** به تصویب نهایی رسید.

۱- استادان راهنمای پایان‌نامه	دکتر عباس المدرس	با مرتبه‌ی علمی	دانشیار	امضا
	دکتر سعید افشارزاده	با مرتبه‌ی علمی	استادیار	امضا
۲- استاد مشاور پایان‌نامه	دکتر محمد صادق حاتمی پور	با مرتبه‌ی علمی	دانشیار	امضا
۳- استاد داور داخل گروه	دکتر منصور شریعتی	با مرتبه‌ی علمی	دانشیار	امضا
۴- استاد داور خارج از گروه	دکتر رسول قاسمی	با مرتبه‌ی علمی	استادیار	امضا

امضای مدیر گروه

گروه زیست شناسی 1965 Department Of Biology

آدمی را آن به که بجوید تا دریابد کوچکی اش را ، بزرگی اش را و آنگاه بر آستان جهان بایستد و دریابد ساحت وجودی عظیم خداوندگاری را که درنیافتنش هیچ کناره نیست، پس خداوندگارا بپذیر ما را، تلاش خرد و کوچک ما را، و رهنمای ما باش بر آستان درگهت تا جزتو بر هیچ چیز دیگر به بزرگی در ننگریم.

در این مجال شایسته است از زحمات بی دریغ و راهنمایی های حکیمانه ی اساتید فرهیخته و بزرگوارم آقایان **دکتر عباس المدرس** و **دکتر سعید افشارزاده** تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین افتخار می کنم که دوره کارشناسی ارشد خود را در دانشگاه اصفهان و تحت نظر اساتید ارجمندی همچون دکتر احسانپور، دکتر شریعتی، دکتر قادریان، دکتر مستاجران، دکتر المدرس ، دکتر رحیمی‌نژاد و دکتر سعیدی سپری نمودم و بر خود لازم می دانم از زحمات بی دریغ این عزیزان تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین از تمامی دوستان عزیزم؛

آقایان: **آشنگرف، شاکری، عین علی،** عنایت اللهی، سلیمانی، شیرسلیمیان، قزلباش، حسامی، گلی و...

خانم ها: ریاحی، نجاتی، شمس، چنگانی، پاییزی، کمالی و ...

نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

حسینی اسفند ماه ۸۹

تقدیم به

همسر عزیزم

و با نهایت تشکر از

زحمات **پدر** و **مادر** دلسوزم

چکیده:

در حال حاضر مهمترین منبع تامین انرژی بشر سوخت‌های فسیلی است. مصرف این سوخت‌ها منجر به تولید گازهایی نظیر SO_2 ، CO_2 و NO_x می‌گردد، که ۱۵-۱۰٪ از این گازها به CO_2 اختصاص دارد. طی صد سال گذشته میزان اتمسفری CO_2 از ppm ۲۶۰ به ppm ۳۸۰ افزایش یافته است. افزایش غلظت اتمسفری CO_2 به عنوان یکی از علل اصلی گرم شدن جهانی زمین مطرح می‌باشد. از میان راه‌های مختلف کاهش سطح CO_2 جو، تثبیت زیستی آن توسط ریزجلبک‌ها به عنوان یک روش عملی و مقرون به صرفه پیشنهاد شده است. در این پژوهش اثر CO_2 در غلظت‌های اتمسفری(به عنوان شاهد)، ۴٪، ۶٪ و ۸٪ CO_2 بر روی رشد دو ریزجلبک *Chlorella vulgaris* و *Spirulina platensis* مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با تزریق گاز حاصل از احتراق به محیط کشت ریزجلبک‌های ذکر شده کارایی این ریزجلبک در مورد رشد با گاز احتراق نیز بررسی شد. در راستای بررسی روند رشد، پارامترهای مختلف رشد از جمله شمارش سلولی، وزن خشک و محتوی کلروفیل a در هر دو جلبک اندازه گیری شد. شمارش سلولی ریزجلبک *C. vulgaris* در تمام تیمارها حاکی از افزایش رشد معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد بود. این افزایش در تیمار ۶٪ CO_2 به صورت معنی‌داری از سایر تیمارها بیشتر بود. در مورد ریزجلبک *S. platensis* بررسی این پارامتر (شمارش سلولی) نشان داد که در تمام تیمارها، بجز تیمار ۱۰٪ CO_2 ، افزایش رشد معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد دیده می‌شود، در حالیکه بین این تیمارها نسبت به یکدیگر تفاوت رشد معنی‌داری وجود نداشت. همچنین تاثیر غلظت‌های مختلف CO_2 بر روی ترکیبات سلولی دو ریزجلبک شامل محتوی لیپید و پروتئین کل ارزیابی گردید. در مورد ریزجلبک *S. platensis* ، تحلیل واریانس میزان پروتئین در تیمارهای مختلف نشان دهنده‌ی عدم تفاوت معنی دار بین این مقادیر (۴۵/۸ تا ۴۷/۵ درصد از وزن خشک) بود. درمورد میزان لیپید تام این ریزجلبک نیز تحت تاثیر غلظت‌های مختلف CO_2 افزایش قابل توجهی مشاهده نگردید. در ریزجلبک *C. vulgaris* میزان پروتئین در تیمارهای مختلف، بجز ۶٪ CO_2 ، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت و میزان پروتئین در ۶٪ CO_2 از سایر تیمارها کمتر بود(۴/۲٪ از وزن خشک). در این ریزجلبک درصد قابل توجهی از بیوماس متعلق به لیپید می‌باشد و با افزایش CO_2 تا ۶٪ میزان لیپید تام آن افزایش یافته ولی در غلظت‌های بالاتر کاهش می‌یابد، بطوریکه میزان لیپید آن بر حسب درصد وزن خشک از ۳۰٪ در نمونه شاهد تا ۴۵/۵٪ در تیمار با ۶٪ CO_2 محاسبه گردید.

کلمات کلیدی: بیوماس، تثبیت زیستی CO_2، نرخ رشد، محتوی کلروفیل a، لیپید کل، پروتئین کل، *کلرلا ولگاریس*، *اسپیرولینا پلاتنسیس*

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : کلیات

۱-۱ صفات و ویژگی‌های کلی جلبک‌ها ۱

۱-۲ معرفی جلبک‌های مورد مطالعه ۲

۱-۲-۱ *کلرلا ولگاریس* ۲

۱-۲-۱-۱ تاکسونومی *کلرلا ولگاریس* ۲

۱-۲-۱-۲ ریخت شناسی، سازماندهی سلولی و تولید مثل *کلرلا ولگاریس* ۳

۱-۲-۱-۳ ترکیبات سلولی و رنگیزه‌های *کلرلا ولگاریس* ۴

۱-۲-۱-۴ اکولوژی و فیزیولوژی *کلرلا ولگاریس* ۴

۱-۲-۲ *اسپیرولینا پلاتنسیس* ۵

۱-۲-۲-۱ تاکسونومی *اسپیرولینا پلاتنسیس* ۵

۱-۲-۲-۲ ریخت شناسی، خصوصیات سلولی و تولید مثل *اسپیرولینا پلاتنسیس* ۶

۱-۲-۲-۳ ترکیبات سلولی و رنگیزه‌های *اسپیرولینا پلاتنسیس* ۸

۱-۲-۲-۴ اکولوژی و فیزیولوژی *اسپیرولینا پلاتنسیس* ۹

۱-۳ فرایند فتوسنتز و مکانیسم تغلیظ CO_2 در ریزجلبک‌ها ۹

۱-۳-۱ فتوسنتز در ریزجلبک‌ها ۹

۱-۳-۲ چالش‌های جذب CO_2 در ریزجلبک‌ها ۱۱

۱-۳-۳ مکانیسم تغلیظ CO_2 در ریزجلبک‌ها ۱۳

۱-۳-۳-۱ تغلیظ CO_2 در*اسپیرولینا پلاتنسیس* ۱۴

۱-۳-۳-۲ تغلیظ CO_2 در*کلرلا ولگاریس* ۱۶

۱-۳-۴ جایگاه آنزیم روبیسکو در ریزجلبک‌ها ۱۶

۱-۳-۵ اثر pH بر جذب کربن معدنی در کشت‌های جلبکی ۱۸

۱-۴ بیوتکنولوژی و کشت ریزجلبک‌ها ۱۹

۱-۴-۱ تاریخچه کشت انبوه ریزجلبک‌های مورد مطالعه ۲۰

۱-۴-۲ شرایط کشت ریزجلبک‌ها در تولید انبوه ۲۲
۱-۴-۲-۱ نور ۲۳
۱-۴-۲-۲ اکسیژن ۲۴
۱-۴-۲-۳ دما ۲۵
۱-۴-۲-۴ pH ۲۵
۱-۴-۲-۵ شوری ۲۶
۱-۴-۲-۶ مخلوط کردن ۲۷
۱-۴-۲-۷ آلودگی‌های زیستی ۲۸
۱-۴-۲-۸ مواد مغذی ۲۸
۱-۴-۲-۸-۱ کربن ۲۹
۱-۴-۲-۸-۲ نیتروژن ۳۰
۱-۴-۲-۸-۳ فسفر ۳۱
۱-۴-۳ انواع روش‌های کشت ریزجلبک‌ها ۳۱
۱-۴-۳-۱ کشت بسته ۳۱
۱-۴-۳-۲ کشت پیوسته ۳۲
۱-۴-۳-۳ کشت نیمه پیوسته ۳۵
۱-۴-۴ انواع سیستم‌های مورد استفاده برای تولید انبوه ریزجلبک‌ها ۳۵
۱-۴-۴-۱ سیستم‌های کشت باز ۳۶
۱-۴-۴-۲ سیستم‌های کشت بسته ۳۸
۱-۴-۵ فرایندهای برداشت و فرآوری بیومس ۴۰
۱-۴-۵-۱ منعقدسازی ۴۰
۱-۴-۵-۲ برداشت بیومس با سانتریفیوژ ۴۱
۱-۴-۵-۳ فیلتر کردن ۴۲
۱-۴-۵-۴ شناورسازی ۴۲
۱-۴-۵-۵ آبگیری از بیومس ۴۳
۱-۴-۵-۶ تخریب و شکستن سلول‌ها ۴۳
۱-۴-۶ مزایا و کاربردهای ریزجلبک‌ها ۴۳

۱-۴-۶-۱ کاربردهای محیطی ۴۴
۱-۴-۶-۱-۱ کاهش سطح CO_2 جو ۴۴
۱-۴-۶-۱-۲ تولید سوخت زیستی ۴۵
۱-۴-۶-۱-۳ تولید کود ۴۶
۱-۴-۶-۱-۴ تیمار فاضلاب ۴۶
۱-۴-۶-۲ محصولات بدست آمده از ریزجلبک‌ها ۴۶
۱-۴-۶-۲-۱ کاربرد ریزجلبک‌ها در سلامتی انسان ۴۷
۱-۴-۶-۲-۲ مصرف ریزجلبک‌ها بعنوان غذا ۴۸
۱-۴-۶-۲-۳ استفاده از ریزجلبک‌ها برای کشت‌های آبی و تغذیه حیوانات ۵۰
۱-۵ مروری بر مطالعات انجام شده ۵۰
۱-۵-۱ مروری بر مطالعات انجام شده درجهان ۵۰
۱-۵-۲ مروری بر مطالعات انجام شده در ایران ۵۳
۱-۶ اهداف پژوهش ۵۴

فصل دوم : مواد و روش‌ها

۲-۱ تهیه جلبک‌ها ۵۶
۲-۲ محیط کشت جلبک‌های مورد مطالعه ۵۶
۲-۲-۱ طرز تهیه محیط کشت مایع ۶۰
۲-۲-۲ طرز تهیه محیط کشت جامد ۶۰
۲-۳ شرایط نگهداری جلبک‌های مورد مطالعه ۶۰
۲-۴ شرایط تلقیح اولیه جلبک‌ها ۶۱
۲-۵ شرایط کشت جلبک‌ها ۶۲
۲-۵-۱ کنترل pH ۶۲
۲-۵-۲ منبع نور ۶۳
۲-۵-۳ دمای محیط ۶۳
۲-۵-۴ مخلوط سازی ۶۳

۲-۵-۵ هوادهی ۶۳
۲-۶ سیستم هوادهی و تزریق CO_2 بدرون محیط کشت ۶۴
۲-۶-۱ کمپرسور هوا ۶۴
۲-۶-۲ کپسول CO_2 ..... ۶۴
۲-۶-۳ تنظیم کننده ۶۵
۲-۶-۴ گرم کننده ۶۵
۲-۶-۵ فشار شکن ۶۵
۲-۶-۶ فشارسنج ۶۵
۲-۶-۷ جریان سنج ۶۷
۲-۶-۸ ریز تنظیم کننده ۶۷
۲-۶-۹ دستگاه سنجش CO_2 ..... ۶۷
۲-۶-۱۰ تزریق گاز احتراق بدرون محیط کشت ریزجلبک ۶۸
۲-۶-۱۱ نتایج آنالیز گاز احتراق ۶۸
۲-۷ اندازه گیری پارامترهای رشد ۶۹
۲-۷-۱ منحنی کالیبراسیون استاندارد شمارش/ تراکم نوری (OD) ۷۰
۲-۷-۱-۱- نحوه شمارش *اسپیرولینا پلاتنسیس* با استفاده از لام شمارش سدویک رافتر ۷۲
۲-۷-۱-۲- نحوه شمارش *کلرلا ولگاریس* با استفاده از لام شمارش توما ۷۲
۲-۷-۲ منحنی کالیبراسیون استاندارد وزن خشک/ تراکم نوری (OD) ۷۳
۲-۷-۳ روش اندازه گیری وزن خشک ۷۴
۲-۷-۴ فرمول‌های مورد استفاده برای اندازه گیری پارامترهای رشد ۷۶
۲-۷-۵ اندازه گیری محتوی کلروفیل a ۷۶
۲-۸ اندازه‌گیری ترکیبات سلولی ۷۷
۲-۸-۱ روش استخراج و محاسبه محتوی لیپید کل ۷۷
۲-۸-۲ روش استخراج و محاسبه محتوی پروتئین کل ۷۹
۲-۸-۲-۱ بافر لیزکننده ۷۹
۲-۸-۲-۲ محلول برادفورد ۷۹
۲-۸-۲-۳ منحنی استاندارد ۸۰

۲-۸-۲-۴ شکستن سلول و استخراج پروتئین ۸۰
۲-۹ تجزیه و تحلیل آماری ۸۱

فصل سوم : نتایج

۳-۱ پاسخ رشد ریزجلبک سبز - آبی *Spirulina platensis* و ریزجلبک سبز *Chlorella vulgaris* نسبت به افزایش غلظت CO_2 ..... ۸۳
۳-۱-۱ بررسی اثر افزایش CO_2 بر روند رشد جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* ۸۴
۳-۱-۲ بررسی اثر افزایش CO_2 بر روند رشد ریزجلبک *کلرلا ولگاریس* ۸۷
۳-۲ بررسی اثر افزایش CO_2 بر محتوی کلروفیل a جلبک‌های مورد مطالعه ۹۰
۳-۳ بررسی اثر افزایش CO_2 بر پارامترهای رشد جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* ۹۳
۳-۳-۱ بیشینه وزن خشک (X_{max}) ۹۳
۳-۳-۲ نرخ رشد ویژه (μ) ۹۴
۳-۳-۳ میزان تولید روزانه (P) ۹۴
۳-۴ بررسی اثر افزایش CO_2 بر پارامترهای رشد جلبک *کلرلا ولگاریس* ۹۷
۳-۴-۱ بیشینه وزن خشک (X_{max}) ۹۷
۳-۴-۲ نرخ رشد ویژه (μ) ۹۷
۳-۴-۳ میزان تولید روزانه (P) ۹۸
۳-۵ تاثیر غلظت‌های مختلف CO_2 بر روی ترکیبات سلولی جلبک‌های مورد مطالعه ۱۰۰
۳-۵-۱ تاثیر غلظت‌های مختلف CO_2 بر روی میزان پروتئین و لیپید تام جلبک سبز – آبی *اسپیرولینا* ۱۰۰
۳-۵-۲ تاثیر غلظت‌های مختلف CO_2 بر روی میزان پروتئین و لیپید تام جلبک سبز *کلرلا ولگاریس* ۱۰۲
۳-۵-۳ مقایسه میزان پروتئین و لیپید کل جلبک‌های مورد مطالعه ۱۰۴

فصل چهارم : بحث

۴-۱- پاسخ به تغییرات محیطی ۱۰۷
۴-۲- اثر افزایش CO_2 بر روند رشد ریزجلبک‌ها ۱۰۹
۴-۳- اثر گاز حاصل از احتراق بر روند رشد ریزجلبک‌ها ۱۱۲
۴-۴- اثر افزایش CO_2 و گاز احتراق بر محتوی کلروفیل a ۱۱۴

۴-۵- اثر افزایش CO_2 و گاز احتراق بر میزان لیپید و پروتئین کل ریزجلبک‌ها..... ۱۱۵
۴-۶- جمع بندی ۱۱۸
۴-۷- پیشنهادات ۱۱۹
منابع و مآخذ ۱۲۱

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱ محتوی لیپیدی و میزان تولید لیپید و بیومس روزانه در مهمترین ریزجلبک‌های مطالعه ۲۱
جدول ۱-۲ معرفی مراحل شش گانه رشد برای یک جمعیت جلبکی در شرایط کشت بسته ۳۴
جدول ۱-۳ مزایا و معایب سیستم‌های کشت باز و بسته ۳۹
جدول ۲-۱ ترکیبات محیط کشتBG11 .....۵۸
جدول ۲-۲ ترکیبات محیط کشت ASN- III ۵۹
جدول ۲-۳ نتیجه آنالیز ترکیبات گاز حاصل از احتراق و دمای آن ۶۸

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ A) سلول‌های *کلرلا ولگاریس* و ابعاد آنها؛ B) نمایشی از اتوسپورهای درون یک سلول ۴

شکل ۱-۲ میکروگراف الکترونی نگاره از یک تریکوم *اسپیرولینا پلاتنسیس* ۸

شکل ۱-۳ چرخه زندگی *اسپیرولینا پلاتنسیس* ۹

شکل ۱-۴ مسیرهای تثبیت کربن فتو سنتتیک؛ چرخه Calvin- Benson ۱۲

شکل ۱-۵ یک مدل شماتیک برای انتقال کربن معدنی و چگونگی تجمع و تغلیظ CO_2 در یک سیانوباکتری....۱۵

شکل ۱-۶ مدلی شماتیک برای انتقال کربن معدنی و فرایندهای تجمع CO_2 در سلول‌های ریزجلبک‌های یوکاریوتی مانند *کلرلا ولگاریس*.....۱۷

شکل ۱-۷ a) منحنی رشد سلول‌های جلبکی در شرایط کشت بسته b) تغییرات سرعت رشد متناظر با هر مرحله ۳۳

شکل ۱-۸ نمونه‌هایی از سیستم‌های کشت باز ۳۶

شکل ۱-۹ نمونه‌هایی از سیستم‌های کشت بسته (فتوبیوراکتورها) ۳۷

شکل ۲-۱ *Chlorella vulgaris* (ISC-23) ۵۷

شکل ۲-۲ *Spirulina platensis* (PCC9108) ۵۷

شکل ۲-۳ کمپرسور هوا (A) ، کپسول CO_2 (B)، تنظیم کننده (C) ، گرم کننده (D) ، فشار شکن (E) ، فشار سنج (F) و جریان سنج (G) ۶۶

شکل ۲-۴ ریز تنظیم کننده (A) ، دستگاه سنجش درصد CO_2 (B) ۶۷

شکل ۲-۵ نمایی از فشرده سازی گاز احتراق بدرون کمپرسور هوا (A,B)، آنالایزر گاز احتراق (C) ۶۹

شکل ۲-۶ منحنی کالیبراسیون شمارش/ تراکم نوری (OD) در *Chlorella vulgaris* ۷۱

شکل ۲-۷ منحنی کالیبراسیون شمارش/ تراکم نوری (OD) در *Spirulina platensis* ۷۱

شکل ۲-۸ طرحی شماتیک از لام سدویک رافتر (A)، لام توما (B) ۷۳

شکل ۲-۹ منحنی کالیبراسیون وزن خشک/ تراکم نوری در *Chlorella vulgaris* ۷۵

شکل ۲-۱۰ منحنی کالیبراسیون وزن خشک/ تراکم نوری در *Spirulina platensis* ۷۵

شکل ۲-۱۱ A) یک دکانتر B) یک Rotary Evaporator ۷۸

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

نمودار ۳-۱ تاثیر غلظت‌های CO_2 و گاز احتراق بر روند رشد *Spirulina platensis*.....۸۵

نمودار ۳-۲ تاثیر غلظت‌های CO_2 و گاز احتراق بر میزان وزن خشک *Spirulina platensis* ۸۶

نمودار ۳-۳ تاثیر غلظت‌های CO_2 و گاز احتراق بر روند رشد *Chlorella vulgaris*.....۸۸

نمودار ۳-۴ تاثیر غلظت‌های CO_2 و گاز احتراق بر وزن خشک *Chlorella vulgaris* ۸۹

نمودار ۳-۵ تاثیر غلظت‌های CO_2 و گاز احتراق بر محتوی کلروفیل a *Spirulina platensis*.....۹۱

نمودار ۳-۶ تاثیر غلظت‌های CO_2 و گاز احتراق بر محتوی کلروفیل a *Chlorella vulgaris* ۹۲

نمودار ۳-۷ تاثیر غلظت‌های CO_2 و گاز احتراق بر بیشینه وزن خشک *Spirulina platensis*.....۹۵

نمودار ۳-۸ تاثیر غلظت‌های CO_2 و گاز احتراق بر نرخ رشد ویژه *Spirulina platensis*.....۹۶

نمودار ۳-۹ تاثیر غلظت‌های CO_2 و گاز احتراق بر میزان تولید *Spirulina platensis*.....۹۶

نمودار ۳-۱۰ تاثیر غلظت‌های CO_2 و گاز احتراق بر بیشینه وزن خشک *Chlorella vulgaris* ۹۸

نمودار ۳-۱۱ تاثیر غلظت‌های CO_2 و گاز احتراق بر نرخ رشد ویژه *Chlorella vulgaris* ۹۹

نمودار ۳-۱۲ تاثیر غلظت‌های CO_2 و گاز احتراق بر میزان تولید *Chlorella vulgaris* ۹۹

نمودار ۳-۱۳ تاثیر غلظت‌های CO_2 و گاز احتراق بر میزان پروتئین کل*Spirulina platensis* ۱۰۱

نمودار ۳-۱۴ تاثیر غلظت‌های CO_2 و گاز احتراق بر میزان لیپید کل *Spirulina platensis*.....۱۰۲

نمودار ۳-۱۵ تاثیر غلظت‌های CO_2 و گاز احتراق بر میزان پروتئین کل *Chlorella vulgaris* ۱۰۳

نمودار ۳-۱۶ تاثیر غلظت‌های CO_2 و گاز احتراق بر میزان لیپید کل *Chlorella vulgaris* ۱۰۴

نمودار ۳-۱۷ مقایسه میزان لیپید کل دو *Chlorella vulgaris* و *Spirulina platensis* در تیمارهای مختلف.....۱۰۵

نمودار ۳-۱۸ مقایسه میزان لیپید کل دو *Chlorella vulgaris* و *Spirulina platensis* در تیمارهای مختلف ۱۰۶

پیشگفتار

با پیشرفت و توسعه روز افزون صنایع، زندگی بشر دستخوش تحولات شگرفی گردیده است. در قرن بیستم، مصرف انرژی نسبت به قرن گذشته ۲۲/۶ برابر افزایش یافت که با توجه به افزایش جمعیت در قرن پیش رو این میزان، رشد بیشتری نیز خواهد یافت. درحال حاضر مهمترین منبع تامین انرژی در بخش های مختلف صنعتی، کشاورزی، خانگی و حمل و نقل، سوخت های فسیلی و مشتقات آن می باشد. طبق گزارش اتحادیه اروپا، بخش‌های حمل و نقل و انرژی از مهمترین منابع دخالت انسان در طبیعت هستند، که به ترتیب مسئول تولید بیش از ۲۰٪ و ۶۰٪ از گازهای گلخانه ای می‌باشند. کشورهای توسعه یافته مسئول تولید بیش از ۷۰٪ از گازهای گلخانه‌ای جهان هستند. تولیدکنندگان اصلی در این زمینه شامل ایالات متحده آمریکا و کشورهای اروپای غربی می‌باشند. از طرفی با گسترش اقتصادهای رو به رشد جدیدی همچون هند و چین مصرف جهانی انرژی افزایش یافته و در نتیجه منجر به آسیب های محیطی بیشتر و جدی‌تری در رابطه با افزایش تولید CO_2 در جو می‌شود (Mata *et al*., 2010). سهم ایران در تولید گاز دی اکسید کربن تا سال ۱۹۹۰ حدود ۱/۱ درصد از کل دی اکسید کربن تولیدی بوده است که این میزان تا سال ۲۰۰۴ به ۱/۵ درصد رسیده است (امین‌زاده، ۱۳۸۸). دی اکسِد کربن در طی سال های طولانی در جو زمین انباشته شده و بشر را با یکی از مهمترین چالش ها در رابطه با محیط زیست خود روبرو ساخته است. افزایش این گاز موجب پدیده ای به نام اثر گلخانه ای[1] شده است. پیامد این اثر گرمایش جهانی[2] است، که چالش بزرگی برای جوامع انسانی محسوب می‌شود. از جمله دیگر اثرات گازهای گلخانه‌ای می‌توان به اسیدی شدن اقیانوس‌ها اشاره نمود. این امر موجب اسیدی شدن آب دریاها شده که می تواند منجر به از دست رفتن سریع تپه های مرجانی و تنوع زیستی اکوسیستم دریایی، همراه با مشکلات بزرگی در زیست اقیانوس‌ها و متعاقباً زیست کل کره زمین شود (Richmond, 2006).

هم اکنون تلاش‌های زیادی توسط گروه‌های دوستدار محیط زیست به منظور جلب افکار عمومی به سمت این موضوع و ارائه طرح‌هایی به دولت‌ها برای جلوگیری از گسترش این معضل در حال انجام است. بسیاری از کشورها در سرتاسر جهان نیز، کاهش CO_2 را بمنظور رسیدن به اهدافی همسو با پیمان نامه کیوتو[3]، از اهداف اصلی خود قرار داده‌اند. . ایران نیز در اجلاس ریو در برزیل و در ژوئن سال ۱۹۹۲ ، کنوانسیون تغییر آب و هوا را امضا کرد و در ۱۹۹۶ رسماً به عضویت آن درآمد. از آنجا که ایران یکی از تولید کنندگان عمده نفت و گاز در جهان است و همچنین از نظر حجم گازهای سوزانده شده توسط مشعل، پس از روسیه و نیجریه مقام سوم را دارد، بنابراین نگاهی جدی به برنامه‌های توسعه پاک ضروری به نظر می‌رسد (امین‌زاده، ۱۳۸۸).

دانشمندان برای کاهش سطح CO_2 اتمسفر و جلوگیری از اثرات نامطلوب آن کارهای زیادی را هم در سطوح آزمایشگاهی و هم در مقیاس صنعتی انجام داده اند. از جمله این طرح‌ها استفاده از انرژی‌های پاک است؛ که می‌توان به انرژی خورشیدی،

1- Greenhouse effect
2- Global warming
3- Kyoto Protocol

انرژی اتمی، پیل‌های نوری و یا حرارتی، هیدرو الکتریک، زمین گرمایی[1]، بادها، سوخت هیدروژنی و سوخت‌های زیستی اشاره کرد. از میان راه های مختلف کاهش مقدار دی اکسید کربن شامل: تزریق و محبوس کردن آن در لایه‌های زیرزمینی بویژه در مخازن هیدروکربور، استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر، جذب در مایعات، جذب در جامدات، تثبیت شیمیایی و ...، تثبیت زیستی آن توسط فتوسنتز میکروارگانیسمی به عنوان یک روش عملی و مقرون به صرفه پیشنهاد شده است. یکی از راهکارهای پیشنهادی استفاده از سیستم‌های رشد انبوه جلبک‌ها می باشد. جلبک‌ها برای رشد فقط به کربن دی اکسید، نور خورشید و آب نیاز دارند. آنها را می توان در زمین های بایر و آب‌های کثیف نیز پرورش داد و این در حالی است که پس از باروری، تولید هیچ ماده‌ای قابل رقابت با ریزجلبک‌ها نمی‌باشد. ثابت شده است که جلبک‌های سبز توانایی تثبیت CO_2 و بدام انداختن انرژی خورشیدی با کارایی حدود ۱۰ تا ۵۰ برابر گیاهان خشکی را دارا می‌باشند (Wang *et al*., 2008; Fan *et al*, 2008). هم اکنون از فعالیت ریزجلبک‌ها برای تولید بخش عظیمی از مواد غذایی، شیمیایی، دارویی، آنزیمها، ویتامین‌ها و ایجاد تغییرات دلخواه در مولکول‌های مواد شیمیایی پیچیده استفاده می شود. همچنین می‌توان در حل مشکلات مربوط به بهداشت و درمان، محیط زیست، صنایع کشاورزی، نفت و معادن و حتی تولید انرژی از میکرو ارگانیسم‌ها استفاده کرد (Richmond. 2006).

با توجه به کارایی بالا و مزیت‌های زیادی که ریزجلبک‌ها در تثبیت دی اکسید کربن دارند، در پژوهش حاضر به بررسی عملی بودن طرحی برای کاهش میزان CO_2 حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی با استفاده از ریزجلبک‌ها پرداخته می‌شود. از جمله اهداف این طرح می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- انتخاب ریزجلبک‌های مناسب با توانایی سازگاری به غلظت‌های افزایش یافته CO_2

۲- بررسی تاثیر غلظت‌های مختلف CO_2 و حدود محدود کننده و افزایش دهنده این گاز بر نرخ رشد و میزان تولید جلبکی هر یک از ریزجلبک‌ها در مقیاس آزمایشگاهی

۳- تعیین غلظت بهینه CO_2 جهت رشد ریزجلبک‌های انتخاب شده

۴- تعیین ترکیبات سلولی هر جلبک شامل میزان کلروفیل، لیپید و پروتئین کل جلبک‌ها در تیمارهای مختلف CO_2

۵- بررسی مستقیم رشد این ریزجلبک‌ها در گاز حاصل از احتراق

1- Geothermal

فصل اول

کلیات

۱-۱- صفات و ویژگی‌های کلی جلبک‌ها

جلبک‌ها عمدتاً موجوداتی فتو اتوتروف هستند و همه آنها بدون استثنا واجد کلروفیل a می‌باشند. مراحل متابولیکی آنها بطور کلی مشابه گیاهان سبز خشکی است و طی فرایند فتوسنتز مانند گیاهان پیشرفته در برابر نور، اکسیژن متصاعد نموده و انیدرید کربنیک را احیاء کرده، در سنتز کربوهیدرات مورد استفاده قرار می‌دهند. جلبک‌های فتواتوتروف در تبدیل انرژی خورشیدی به بیومس بسیار کارآمدتر (۳-۹٪) از گیاهان خشکی (کمتر از ۴٪) عمل می‌کنند (Patil *et al.*, 2008). بعلاوه جلبک‌ها نسبت به گیاهان خشکی به طیف گسترده‌تری از پرتوهای خورشیدی مقاوم بوده و توانایی بیشتری در سازگاری با شرایط محیطی مختلف دارند (Dismukes *et al.*, 2008). جلبک‌ها از نظر تولید مثل بسیار متنوع هستند و انواع شیوه‌های تولید مثلی را می‌توان در گروه‌های مختلف مشاهده نمود. جلبک‌های سبز – آبی فاقد تولید مثل جنسی هستند و تنها از طریق تقسیم دوتایی و آمیتوزی تکثیر می‌شوند (دیارکیانمهر، ۱۳۸۴).

بطورکلی ریزجلبک‌ها را اینگونه معرفی می‌کنند: میکروارگانیسم‌های فتوسنتز کننده پروکاریوتی یا یوکاریوتی که به علت ساختار تک سلولی یا پرسلولی ساده‌شان می‌توانند به سرعت رشد کرده و در شرایط سخت نیز زنده بمانند. از