

بررسی اثر نانوذرات آهن در میزان برخی از محصولات جلبک دونالیا سالینا (*Dunallia salina*)

- **حمید رمضانی***: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
- **علی گنجیان خناری**: گروه پژوهشی شیلات و آلاینده‌های آبی خزر (کاسپین)، وزارت علوم تحقیقات و فن آوری، ساری، ایران
- **محمد قدیری ابیانه**: موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۸

چکیده

به منظور بررسی اثر نانو ذرات آهن بر روی جلبک دونالیا سالینا به عنوان یکی از گونه‌های با ارزش آبی در برخی از دریاچه‌های آب شور ایران، با هدف تغییر در تولید برخی از محصولات فتوسنتزی (تحت شرایط ثابت نور، دما و pH) این تحقیق انجام شد. تهیه نمونه از مرکز تحقیقات تولید و پرورش آرتمیا در استان کرمان، انجام شد و تحت شرایط استاندارد به گروه پژوهشی شیلات و آلاینده‌های آبی خزر (کاسپین) انتقال داده شد و پس از جداسازی، خالص سازی و کشت در محیط جانشون پیشرفته برای سایر بررسی‌ها آماده شد. ۳ تیمار برای مدت ۱۲ روز و هر کدام با سه تکرار تحت تاثیر دزهای مختلف نانوذرات آهن (۰/۰۷۵، ۰/۷۵ و ۷/۵ میلی گرم بر لیتر) قرار داده شد و با نمونه شاهد با استفاده از نرم افزار SPSS-V18 مقایسه شد. نتایج حاصل نشان از تاثیر نانوذرات بر روی مقادیر کلروفیل a و b می باشد و نشان داد که نسبت به نمونه شاهد تغییرات معنی دار است ($P \leq 0/05$). میزان بتا کاروتن و گلیسرول (هر سه تیمار) نیز تغییرات معنی دار است ($P \leq 0/05$). به نظر می رسد که غلظت‌های مختلف نانوذرات می تواند باعث تغییر در میزان برخی تولیدات فتوسنتزی جلبک دونالیا و افزایش برخی محصولات با ارزش مانند گلیسرول و بتا کاروتن شود.

کلمات کلیدی: میکرو جلبک دونالیا، نانوذرات آهن، بتا کاروتن، گلیسرول و کلروفیل



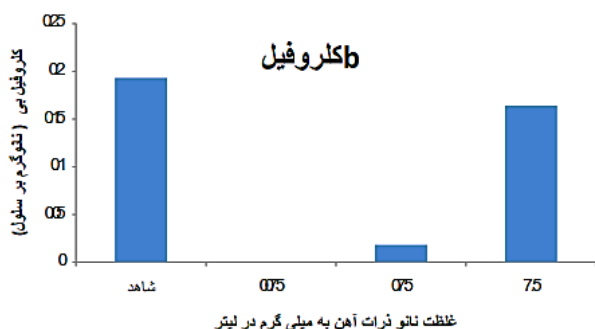
مقدمه

به عنوان اولین گروه‌هایی که از میکروجلبک‌های مورد استفاده برای تولید بیودیزل قرار گرفتند و با توجه به بحث استفاده از نانوذرات در فرایندهای کشت و برداشت میکروجلبک‌ها برای تولید بیودیزل (شرقی و غیاثوند، ۱۳۷۸؛ مقدسی و همکاران، ۱۳۹۰؛ بهشتی‌فر، ۱۳۹۰)، این بررسی با استفاده از افزودن نانوذرات آهن به محیط کشت این جلبک انجام شد تا میزان تغییرات محصولات حاصل از فتوسنتز در این جلبک تحت تاثیر نانوذرات آهن مورد بررسی قرار گیرد.

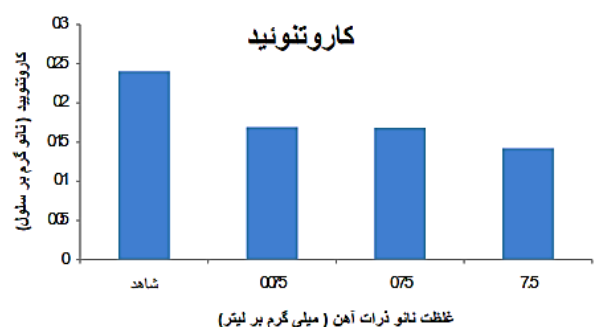
مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از نمونه‌های آماده برای کشت و پرورش آرتمیا از شرکت ایران آرتمیا در استان کرمان انجام شد و برای افزایش دقت در عمل و انجام مراحل رقت‌سازی، خالص‌سازی و جداسازی گونه جلبک دونالیا سالینا به آزمایشگاه جلبک‌شناسی و کشت جلبک گروه پژوهشی شیلات و آلاینده‌های آبی خزر (کاسپین)، منتقل شد. به این منظور کشت جلبک در محیط کشت جانسون پیشرفته (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۳) در حجم‌های یک لیتری انجام شد. به هر تیمار و نمونه شاهد ۲۰ سی‌سی از نمونه استوک اولیه خالص شده، جلبک اضافه شد. نمونه‌ها در سه تیمار با سه تکرار به غلظت (۰/۰۷۵، ۰/۷۵ و ۷/۵ میلی گرم در لیتر) از نانوذرات آهن اضافه شد و هر نمونه شاهد تحت شرایط مشابه از نظر (دمایی در 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد، $\text{pH} = 7$ و در پریود زمانی ۱۲ ساعته تاریکی و روشنایی و تحت تاثیر نور 350 ± 3500 لوکس با استفاده از لامپ فلورسنت در ارلن‌هایی با حجم ۲۵۰ سی‌سی قرار داده شدند. تحت شرایط استریل برای جلوگیری از نشست جلبک در ته ظروف و توزیع یکنواخت مواد مغذی با استفاده از پمپ هوا تحت شرایط استریل هوادهی انجام شد. برای تهیه نانو ذرات آهن مقدار ۰/۱ میلی گرم را در یک لیتر آب معطر حل شد و با مقادیر ذکر شده به تیمارها اضافه شد (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳). شمارش سلولی در هر دو روز یک‌بار با استفاده از لام نتوبار انجام شد (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳). مقادیر رشد ویژه و ضریب رشد ویژه اندازه‌گیری شد (آیت‌الله زاده‌شیرازی و همکاران، ۱۳۹۲). برای اندازه‌گیری مقادیر کاروتنوئیدهای کل و کلروفیل‌های a و b با استفاده از روش اسپکتروفتومتری، سانتریفیوژ در 5000 rpm به مدت ۱۰ دقیقه، حذف مایع رویی و اضافه کردن استون ۸۵٪ به رسوب جلبکی و قراردادن تحت شرایط تاریکی به مدت ۵ دقیقه و سانتریفیوژ مجدد جداسازی شد. سپس با استفاده از اسپکتروفتومتر (PerkinElmer, Lambda 650) مقادیر کاروتنوئید و میزان کلروفیل a و b تولید شده از روش اسپکتروفتومتری در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۴ و ۴۲۲ نانومتر بر حسب نانوگرم بر هر سلول اندازه‌گیری شد (قاسمی، ۱۳۹۳). برای اندازه‌گیری گلیسرول تولید شده نیز

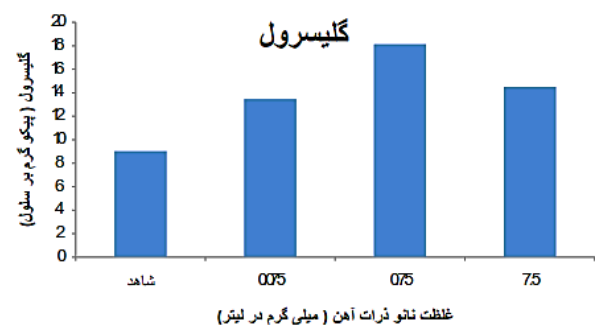
میکروجلبک‌های آب شور و شیرین از گونه‌های با ارزش در زمینه تولیدات بیولوژیک محسوب شده و به دلیل توانایی بالا در میزان تولید، سرعت تکثیر و رشد، در دانش بیوتکنولوژی برای دستیابی به محصولات ارزشمند دارویی و غذایی و منابع نوین انرژی مورد توجه قرار دارند. تاثیر فاکتورهای محیطی بر روی میزان رشد و تولید محصولات این منابع آبی مورد بررسی قرار گرفته است (پورافراسیایی و همکاران، ۲۰۱۳؛ حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳ و گنجیان‌خناری، ۱۳۸۹). در مجموع میکروجلبک‌های مورد بررسی گونه‌های آب شور دارای اهمیت خاصی هستند. جلبک *Dunallia* به شاخه (جلبک سبز) تعلق دارد. جلبک دونالیا سالینا (*Dunallia salina*) جلبکی تک‌سلولی، فاقد دیواره سلولی و دارای توانایی فتوسنتز و مقاومت بالا در شرایط متفاوت محیطی است. جلبک دونالیا از جمله میکروجلبک‌های آب‌های شور دریاچه‌های ایران و حاشیه خلیج فارس و دریای عمان است. تولید این جلبک و قابلیت کشت آن به طور طبیعی و مصنوعی در دریاچه‌های ارومیه و مهاباد، نمکدان قشم در تولید محصولات بیولوژیکی ارزشمند، تغذیه دام و طیور و همچنین پرورش آرتمیا و تولید ماهی نشان داده شده است (قاسمی و همکاران، ۱۳۷۹). تحقیقات روی خواص دارویی کاروتنوئیدها نشان داده شده که این ترکیب‌ها منجر به مهار رشد سلول‌های نوروبلاستوما و کاهش خطر سرطان کبد و شش، پوست، معده، پروستات در بدن موش شده است، همچنین باعث تغییر و کاهش در تعداد و سایز تومورها و کاهش تخریب ماکولار و کوری در فرد، باعث افزایش سلول‌های کمکی T_4 و افزایش ایمنی در بدن می‌شوند (Reja و همکاران، ۲۰۰۷؛ مقدسی و همکاران، ۱۳۹۰). امروزه رنگ ماهی به عنوان یکی از فاکتورهای مهم در بازار پسندی است که در تعیین قیمت ماهی، پذیرش مشتری و میزان فروش نقش به‌سزایی دارد، به گونه‌ای که رنگ ماهی را براساس درخواست بازار با انواع کاروتنوئیدهای طبیعی یا سنتزی تنظیم می‌نمایند (Kop و Durmaz، ۲۰۰۸). تنها منبع رنگی موجودات آبی مواد غذایی موجود در محیط زیست طبیعی آن‌ها می‌باشد (Kop و Durmaz، ۲۰۰۸؛ Miki، ۱۹۹۱). مطالعات نشان داده است که این جلبک تحت تاثیر استرس شوری و افزایش نور خورشید توانایی قابل توجهی در میزان تولید محصولات چون کاروتن، پروتئین و گلیسرول، لیپید دارد. تجمع کاروتنوئید در کلروپلاست جلبک و تحت شرایط استرس صورت می‌گیرد. نانوذرات به عنوان یکی از عوامل مهم در بهبود رشد سلول و یا رنگدانه‌ها، القای توده‌های لیپیدی بین سلولی با استفاده از تغذیه رقابتی و ایجاد محیط تحت تنش، به صورت مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی بر روی محصولات بیولوژیک میکروجلبک‌ها تاثیر می‌گذارند (مقدسی و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به ارزش و اهمیت جلبک دونالیا



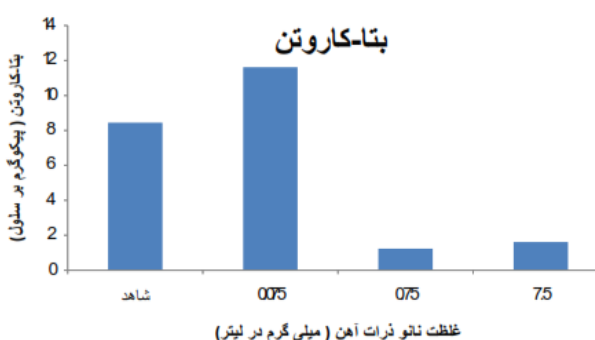
شکل ۲: نمودار تاثیر نانو ذرات آهن بر روی تغییر میزان کلروفیل b در تیمارهای مختلف ($P \leq 0.05$)



شکل ۳: نمودار اثر نانو ذرات آهن بر میزان کاروتنوئیدهای تولید شده در جلبک دونالیا سالیانا ($P \leq 0.05$)



شکل ۴: نمودار تاثیر نانو ذرات آهن بر تغییر میزان کلروفیل a در تیمارهای مختلف ($P \leq 0.05$)



نمودار ۵: میانگین بتا-کاروتن میکرو جلبک دونالیا سالیانا در تیمارهای مختلف ($P \leq 0.05$)

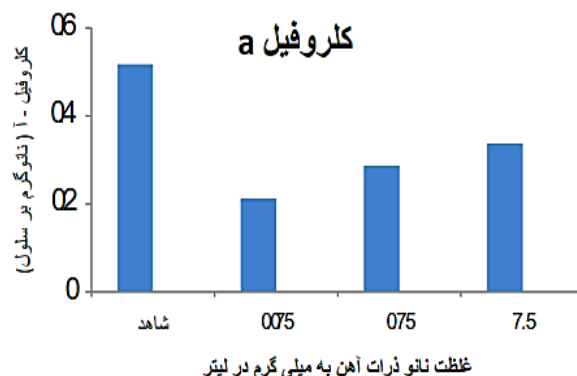
پس از ۵ دقیقه سانتریفیوژ در ۵۰۰۰ rpm و جداسازی مایع رویی، پس از افزودن محیط کشت جانسون، ۲۰۰ میکرولیتر نمونه جلبکی جداسازی شده و به آن ۱ میلی لیتر پریودات و ۲/۲ میلی لیتر استیل استن افزوده شده و به آرامی تکان داده شد، ۲۰ دقیقه در دمای ۴۵ درجه سانتی گراد نگهداری و پس از آن برای استخراج گلیسرول دوباره مانند قبل سانتریفیوژ شد و مقدار غلظت آن در ۴۱۰ نانومتر به وسیله اسپکتروفتومتر با توجه به منحنی استاندارد بر حسب پیکوگرم بر هر سلول اندازه گیری شد. در نهایت مقادیر میانگین، انحراف معیار به دست آمده از نتایج هر تیمار و نمونه شاهد با استفاده از نرم افزارهای Excel-2007 و SPSS-18 مورد آنالیز آماری قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده ها از روش One way ANOVA و جهت مقایسه میانگین ها از آزمون دانکن در سطح ۹۵ درصد استفاده گردید ($P \leq 0.05$).

نتایج

بررسی نتایج حاصل از تاثیر نانو ذرات آهن بر روی جلبک دونالیا نشان داد که این نانو ذرات بر روی مقادیر ضریب رشد ویژه و نرخ رشد (d/μ)، کلروفیل a و b، میزان گلیسرول، بتا-کاروتن و کاروتنوئید تولید شده دارای اثر بوده و باعث تغییر در میزان آن در تیمارهای مختلف شده است (شکل های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵).

جدول ۱: میزان تاثیر نانو ذرات آهن بر مقدار نرخ رشد و ضریب

رشد ویژه جلبک دونالیا سالیانا		
نمونه	نرخ رشد	ضریب رشد ویژه
شاهد	۰/۲۰	۰/۲۲
تیمار ۱	۰/۲۳	۰/۲۵
تیمار ۲	۰/۲۵	۰/۲۷
تیمار ۳	۰/۲۷	۰/۲۹



شکل ۱: نمودار تاثیر نانو ذرات آهن بر روی تغییر میزان تولید کلروفیل a در تیمارهای مختلف ($P \leq 0.05$)



بحث

به دلیل نداشتن دیواره سلولی مهم ترین واکنش برای حفاظت از آنزیم ها و پروتئین ها را با افزودن گلیسرول در سلول جبران می کند. در مطالعه بهشتی فر (۱۳۹۰) اثر تیتانیم بر رشد و تولید فتوسنتزی جلبک تک سلولی *دونالیا* انجام گردید. نتایج نشان داد در غلظت های مختلف تیتانیم هیچ تغییری از نظر رشد سلولی، میزان کلروفیل و بتاکاروتن نسبت به شاهد نداشته اما در حضور EDTA منجر به افزایش تعداد سلول، میزان کلروفیل و بتاکاروتن تیمارها نسبت به شاهد شده است. در تحقیق حاضر آخرین روز بررسی بعد از دوازده روز شمارش سلولی نشان از افزایش تعداد سلول در میلی لیتر در تیمارهای مختلف نسبت به شاهد بوده اما کلروفیل شاهد نسبت به تیمارهای دیگر دارای بیشترین میزان بوده است در صورتی که بتاکاروتن در تیمار دو بیشترین میزان را به خود اختصاص داده است. به نظر می رسد با حضور نانوذرات آهن میزان کلروفیل a کاهش می یابد و حضور مناسب غلظت نانوذرات آهن باعث افزایش میزان بتاکاروتن شود. غلظت بالای نانوذرات در محلول هایی که میکرو جلبک در آن ها حضور دارند از انتقال مستقیم نور به داخل سلول جلوگیری می کند (بهشتی فر، ۱۳۹۰؛ Young و همکاران، ۲۰۱۵). ضمن این که مطالعات نشان داده است که استفاده از نانوذرات طلا و نقره بر روی جلبک کلرلا و لگاریس نشان از افزایش رنگدانه های کاروتنوئیدی و کلروفیل گزارش کرده اند (بهشتی فر، ۱۳۹۰؛ Young و همکاران، ۲۰۱۵). در بررسی اثر نانوذرات بر میزان کاروتنوئیدها (شکل ۵)، اثر نانوذرات آهن با کاهش مقدار کاروتنوئیدها، در همه تیمارها همراه بوده است این تفاوت معنی دار بوده است ($P \leq 0.05$). در خصوص کلروفیل a و b نیز این تغییر در نتایج آزمایش اثر نانوذرات آهن بر روی سلول های جلبک کاملاً مشخص است. این تغییر با کاهش قابل توجه میزان کلروفیل a نشان از کاهش فتوسنتز در جلبک دارد. میزان کلروفیل به دست آمده در مقایسه با شاهد دارای اختلاف معنی داری است ($P \leq 0.05$) (شکل های ۴ و ۵). این کاهش نیز با توجه به اثر بازدارنده و تنش زای نانوذرات بر روی عملکرد فتوسنتزی قابل توجیه است. ضمن این که نانوذرات آهن می توانند در سلول با ایجاد نوعی اکسیژن فعال (ROS) باعث تخریب DNA و آسیب سلول ها از طریق پراکسیداسیون لیپیدی و اثر بر روی پروتئین ها شوند (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Kardar و همکاران، ۲۰۱۲؛ Young و همکاران، ۲۰۱۵). سمیت آهن صفر ظرفیتی مربوط به عمل اکسید و احیاء آن است (Young و همکاران، ۲۰۱۵) اثر مثبت این ماده در غلظت مشخصی است ولی بیش از آن می تواند اثرات باز دارنده داشته باشد. از طرفی آهن به عنوان یک ریز مغذی برای فتوسنتز و تنفس سلولی در سطح عملکرد جهانی شناخته شده است (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۰؛ شرفی و غیاثوند، ۱۳۷۸). ضمن این که مطالعات نشان داده که آهن صفر ظرفیتی محلول در EDTA نه تنها مانع رشد نیست بلکه به رشد و

از آن جایی که بخش های اصلی سلول مانند کربوهیدرات، پروتئین، لیپید و رنگدانه به طور مؤثر در کاربردهای صنعتی مورد استفاده قرار می گیرند، اصلاح زیستی آن ها با استفاده از میکرو جلبک ها، توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است. از بین بخش های مختلف میکرو جلبک ها، استفاده از لیپید (روغن) در تناژ بالا، در مقیاس صنعتی و در مقیاس پژوهشی، توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. از مزیت های دیگر میکرو جلبک ها می توان به توانایی استفاده از مواد مغذی موجود در آب های پسماند، تمایل به رشد بدون توجه به حاصلخیزی خاک و رشد با استفاده از آب غیر آشامیدنی اشاره کرد. به طور قطع، خواص یاد شده امکان استفاده از نواحی غیر قابل استفاده مانند مناطق ساحلی زمین های بایر و مناطق گیاهی به وجود آمده با آب های پسماند را برای میکرو جلبک ها فراهم می کند و در نهایت این اطمینان را به وجود می آورد که رقابتی بین محصولات کشاورزی برای زمین های ناب وجود ندارد (Young و همکاران، ۲۰۱۵). نتایج حاصل از بررسی تاثیر نانوذرات آهن بر روی برخی از محصولات بیولوژیکی حاصل از عملکرد فتوسنتز در جلبک *دونالیا* نشان داد که این جلبک تحت تاثیر نانوذرات آهن می تواند تغییرات قابل ملاحظه ای را در میزان گلیسرول، کاروتنوئیدها و کلروفیل داشته باشد، این تغییرات معنی دار ($P \leq 0.05$) بوده است. اثر نانوذرات آهن با اثر بر غشای پلاسمایی و اثر در تنظیم اسمزی سلول باعث افزایش گلیسرول در تیمار ۲ که با غلظت ۰/۷۵ میلی گرم در لیتر استفاده شده است (شکل ۴)، که تغییرات معنی داری را نسبت به شاهد و حتی نسبت به دو تیمار دیگر نشان داده است. گزارشات نشان داده است که افزودن آهن به محیط کشت میکرو جلبک های دریایی باعث انباشت لیپید می گردد (مقدسی و همکاران، ۱۳۹۰). در مطالعه ای که بر روی رفتار آهن متداول، محلول حاوی EDTA به عنوان کی لیت کننده استفاده شده و نانوذرات صفر ظرفیتی (nZVI) برای کشت سه نوع جلبک *Palva lutheri*، *Isochrysis galbana*، *Tetraselmis suecica* انجام شده است، نشان داده که رشد طبیعی با سرعت رشد استاندارد در حضور نانوذرات آهن داشتند و مقدار لیپید در آن ها افزوده شده است (میری و خندان بارانی، ۱۳۹۵؛ مقدسی و همکاران، ۱۳۹۰؛ بهشتی فر، ۱۳۹۰). افزودن نانوذرات آهن در محیط حاوی جلبک باعث افزایش جذب رقابتی بسیار شدید بین سلول ها شده و باعث تنش و افزایش لیپید در سلول ها می گردد (مقدسی و همکاران، ۱۳۹۰؛ بهشتی فر، ۱۳۹۰؛ Kadar و همکاران، ۲۰۱۲؛ Young و همکاران، ۲۰۱۵). هم چنین به نظر می رسد، گلیسرول به عنوان ماده مهم در تنظیم اسمزی جلبک *دونالیا* در برابر استرس های محیطی و تغییرات ناگهانی در سلول افزایش می یابد. این افزایش ناشی از نقش حفاظتی سلول در برابر افزودن نانوذرات آهن است. این جلبک



رشد ریز جلبک *Spirulina platensis*. تغذیه و بیوشیمی آبزیان. دوره ۱، شماره ۱، صفحات ۷۱ تا ۸۱.

۵. شرفی، ش. و غیاثوند، ن.، ۱۳۷۸. جلبک سوخت آینده. ترجمه از کتاب *Algae fuel for future*. مجله دانشمند. دوره ۳۶، شماره ۴، صفحات ۳۶ تا ۴۰.

۶. قاسمی، ح.؛ مظاهراسدی، م. و کیانیراد، م.، ۱۳۷۹. بررسی میزان گلیسرول در جلبک *Dunaliella salina*. مجله پژوهش و سازندگی. دوره ۱۳، شماره ۴، صفحات ۸۴ تا ۸۸.

۷. قاسمی، ی.، ۱۳۹۳. بررسی اثرات نانوذرات نقره بر رشد، متابولیسم و محتوای لیپیدی و رنگدان‌های ریزجلبک *Dunaliella salina*. دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی کرمان. ۱۲۰ صفحه.

۸. گنجیان‌خناری، ع.، ۱۳۸۹. کشت جلبک. گروه پژوهشی شیلات و آلاینده‌های آب خزر. ۲۴ صفحه.

۹. میری، م. و خندان‌بارانی، ه.، ۱۳۹۵. تاثیر نانوذره اکسید مس بر رشد، مقدار پروتئین، کلروفیل‌ها و کاروتن جلبک *Chlorella vulgaris*. مجله پژوهش‌های گیاهی. دوره ۲۹، شماره ۱، صفحات ۲۳۵ تا ۲۴۲.

۱۰. مقدسی، ز.؛ امتیازجو، م.؛ ربانی، م.؛ لیبی، ف.؛ اذن‌اله، آ. و نریمان، م.، ۱۳۹۰. مطالعه اثر ضدسرطانی عصاره اتانولی جلبک سبز *Dunaliella salina* جدا شده از دریاچه حوض سلطان بر رده سلولی Squamous cell carcinoma در شرایط آزمایشگاهی. فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲۷، شماره ۲، صفحات ۳۰۶ تا ۳۱۵.

۱۱. Borowitzka, L.J.; Borowitzka, M.A. and Moulton, T.P., 1984. The mass culture of *Dunaliellasalina* for fine chemicals: from laboratory to pilot plant. *Hydrobiologia*. Vol. 116, No. 1, pp: 115-121.

۱۲. Kadar, E.; Rooks, P.; Lakey, C. and White, D.A., 2012. The effect of engineered iron nanoparticles on growth and metabolic status of marine microalgae cultures. *Science of the Total Environment*. Vol. 439, pp: 8-17.

۱۳. Kop, A. and Durmaz, Y., 2008. The effect of synthetic and natural pigments on the colour of the cichlids (*Cichlasoma severum* sp. *Aquaculture*. Vol. 16, pp: 117-122.

افزایش عملکرد سلول جلبک‌های تک‌سلولی کمک نیز می‌کند (مقدسی و همکاران، ۱۳۹۰). نرخ رشد مهم‌ترین راه برای بیان موفقیت اکولوژیک یا توانایی سازگاری یک گونه نسبت به تغییرشرایط محیط طبیعی یا آزمایشگاهی است. به‌همین دلیل اثر نانوذرات آهن به‌عنوان یک محرک در محیط کشت جلبک اندازه‌گیری شد. نرخ رشد و ضریب رشد ویژه در سلول‌های جلبک دونالیا براساس جدول ۱ نشان داده است که دارای تغییرات قابل ملاحظه است. ولی این تغییرات خیلی نسبت به شاهد معنی‌دار نبوده است، غیر از تیمار ۳ که دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد است ($p \leq 0/05$). ضمن این‌که ذکر این نکته لازم است که ضریب رشد ویژه به معنی افزایش ترکیبات بیوشیمیایی سلول جلبک نیست.

در نتیجه‌گیری کلی تاثیر نانوذرات به‌عنوان یک عامل تنش در غلظت‌های متفاوت می‌تواند در میزان تولیدات جلبک دونالیا سالینا تاثیرگذار باشد. نانوذرات آهن همانند سایر نانو ذرات استفاده شده در مطالعات قبلی به‌عنوان ماده‌ای که امروزه دارای اثرات قابل توجهی برای بهره‌برداری اقتصادی و افزایش بهره‌وری از ترکیباتی چون لیپید و گلیسرول به‌دست آمده دارند، می‌تواند به‌عنوان یک پارامتر قابل قبول در افزایش تولید گلیسرول مورد استفاده قرار بگیرد. گلیسرول به‌دلیل اهمیت در تولیدات دارویی و به‌عنوان منبع اولیه برای تولید سوخت‌های زیستی دارای اهمیت اقتصادی است.

منابع

۱. آیت‌الله‌زاده‌شیرازی، م.س.؛ شریعتی، ف.؛ کشاورز، ع. و رمضانپور، ز.؛ ۱۳۹۲. اثر سمیت نانو ذره Al203 بر روی جلبک دونالیا سالینا *Dunaliella salina*. شانزدهمین همایش ملی بهداشت محیط. تبریز، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، دانشکده بهداشت.
۲. بهشتی‌فر، س.، ۱۳۹۰. اثر تیتانیوم و تولید رنگیزه‌های فتوسنتزی جلبک تک‌سلولی *Dunaliella salina* پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زیست‌شناسی، علوم گیاهی گرایش فیزیولوژی گیاهی. دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان. ۱۱۰ صفحه.
۳. پورافراسیابی، م.؛ ایمانپور، ج.؛ رمضانپور، ن. و صادقی‌راد، ح.، ۲۰۱۳. تأثیر شدت و دوره نوری بر نرخ رشد و سنتز چربی در جلبک سبز *Dunaliella salina*. مجله بهره‌برداری و پرورش آبزیان. دوره ۲، شماره ۳، صفحات ۶۳ تا ۷۵.
۴. حسین‌زاده، خ.؛ گنجیان‌خناری، ع. و جعفری، س.، ۱۳۹۳. بررسی تاثیر غنی‌سازی آب حوضه جنوبی دریای خزر بر پارامترهای



۱۴. **Miki, W., 1991.** Biological functions and activities of animal carotenoids. Pure & Applied Chemisrty. Vol. 63, No. 1, pp: 141-146.
۱۵. **Pádrová, K.; Lukavský, J.; Nedbalová, L.; Čejková, A.; Cajthaml, T.; Sigler, K.; Vítová, M. and Řezanka, T., 2015.** Trace concentrations of iron nanoparticles cause overproduction of biomass and lipids during cultivation of cyanobacteria and microalgae. Journal of Applied Phycology. Vol. 27, No. 4, pp: 1443-1451.
۱۶. **Raja, R.; Hemaiswarya, S. and Rengasamy, R., 2007.** Exploitation of Dunaliella for β carotene production. Appl. Microbial Biotechnol. Vol. 74, pp: 517-523.
۱۷. **Young-Chul, L.; Kyubock, L. and You-Kwan, O., 2015.** Recent nanoparticleengineering advances in microalgal cultivation andharvesting processes of biodiesel production: A review. Bioresource technology. Vol. 184, pp: 63-72.



Evaluation of the effect of iron nanoparticles on the amount of some products of algae *Dunaliella Salina*

- **Hamid Ramezai***: Ecological Academy of Caspian Sea, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Sari, Iran
- **Ali Ganjian Khonari**: Caspian Research Group of Fisheries and Water Pollutants, Ministry of Science, Research and Technology of Iran, Sari, Iran
- **Mohammad Ghadiri Abyaneh**: Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Tehran, Iran

Received: September 2019

Accepted: December 2019

Key words: Micro-algae *Dunaliella Salina*, Iron nanoparticles, Bet-carotene, Glycerol and Chlorophyll

Abstract

This research was conducted to evaluate the effect of iron nanoparticles on algae *Dunaliella Salina* as one of the valuable aquatic species in some saline lakes of Iran, aiming at changing the production of some photosynthetic products (under constant conditions of light, temperature and pH). Samples were taken from Artemia Production Research Center in Kerman province, and transferred under standard conditions to Caspian Research Group of Fisheries & Water Pollutants, and prepared after separation, purification, and cultivation in an modify Johnson medium for further studies. Three treatments were exposed to different doses of iron nanoparticles (0.075, 0.75, and 7.5 mg/l) for 12 days, each with three replications, and compared with control sample using SPSS-V20 software. Significant changes were observed in the amounts of chlorophyll a and b affected by nanoparticles compared to control sample ($P \leq 0.05$). Significant changes were also observed in the amounts Beta-carotene and glycerol (all three treatments) ($P \leq 0.05$). It seems that different concentrations of nanoparticles can alter the amounts of some of the photosynthetic products of algae *Dunaliella Salina* and increase some valuable products such as glycerol and beta-carotene.

* Corresponding Author's email: Hamid_ramezani@yahoo.com

