**مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران**
**سال هفدهم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱، صفحات ۸۶-۷۷**

# بررسی اثر استرس نمک و نور بر میزان رشد، محتوای بتاکاروتن و برخی ویژگی های فیزیکوشیمیایی ریزجلبک *دونالیلا سالینا*

شهرزاد اوصیاء[۱]، مریم میزانی[۲]، عزیزالله زرگران [۳]

۱- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- نویسنده مسئول: استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. پست الکترونیکی: m.mizani@srbiau.ac.ir
۳- استادیار گروه سیاستگذاری و برنامه ریزی غذا و تغذیه، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشگاه شهید علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۲۵

## چکیده

**سابقه و هدف:** *دونالیلاسالینا* یک جلبک سبز تک یاخته‌ای، متحرک و فاقد دیواره سلولی است. یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد این جلبک، توانایی تولید و تجمع مقادیر زیاد بتاکاروتن است. پژوهش حاضر با هدف بررسی و بهبود میزان تولید کاروتنوئید، پروتئین و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی ریز جلبلک دونالیلا سالینا انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** در پژوهش حاضر ریز جلبک *دونالیلا سالینا* در محیط کشت بهبود یافته‌ی جانسون تحت سه استرس شوری ۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵ molar و سه شدت نور صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ $\mu mol/m^2$ در ثانیه کشت داده شده و تأثیر پارامترهای فوق مورد بررسی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که افزایش سطح شوری تا میزان ۱/۵ molar تأثیر مثبت بر رشد داشته و شوری بالاتر موجب کاهش رشد می‌شود. بالاترین میزان رشد جلبک *دونالیلا* در شوری ۱/۵ mol و میزان نور $۵۰۰\mu mol/m^2$ بوده که این میزان برابر ۳۶/۱cell/ml است و حداکثر میزان کارتنوئید برابر ۲۴/۹mg/ml تولید شد. علاوه بر این بالاترین میزان محتوای کلروفیل در شوری ۰/۵ مولار، محتوای آنتی‌اکسیدان و پروتئین در شوری ۱/۵ مولار به ترتیب ۱۱/۵ mg/g ، ۲۵/۳ درصد، ۶۲/۹ درصد به دست آمد.

**نتیجه‌گیری:** به طور کلی تأثیر پارامتر نور بر میزان رشد و مواد مؤثره‌ی موجود در *دونالیلا* بیشتر از پارامتر شوری بوده و کشت در نور با لوکس ۵۰۰ می‌تواند در کنار رشد خوب جلبک، محتوای بتاکاروتن، کلروفیل، پروتئین و آنتی‌اکسیدان آن را افزایش دهد. شوری ۱/۵ molar به عنوان بهینه‌ی شوری محیط کشت پیشنهاد می‌گردد.

**واژگان کلیدی:** ریزجلبک، کلروفیل، پروتئین، آنتی‌اکسیدان، رئولوژی

## • مقدمه

جلبک‌ها یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی زمین هستند که تشکیل فیلوژنتیک تحتانی سلسله گیاهان را تشکیل می‌دهند. حدود ۷۰ درصد سطح زمین با آب پوشانده شده است و جلبک‌ها در حدود ۸۵ تا ۹۰ درصد در فرایند فتوسنتز نقش دارند. ریز جلبک‌ها (Microphytes or Microalgae) جلبک‌های میکروسکوپی هستند که به صورت معمول در سامانه‌های آب شیرین یا شور دریایی وجود دارند. این دسته از ریزاندام‌ها گونه‌های تک سلولی بوده که به صورت تکی یا به صورت گروهی در زنجیره هایی قرار می‌گیرند. ریزجلبک ها قادر به انجام فتوسنتز هستند که برای حیاتشان روی زمین امری ضروری به شمار می‌آید. این ریزاندام‌ها در همه سامانه‌های آبی نظیر آب غیرشور، آب دریا، دریاچه‌های فوق شور و حتی در مناطق قطبی یافت می‌شوند (۳-۱).

جلبک‌ها بسته به ماهیت ذاتی‌شان در تحمل شوری به دودسته هالوفیل (نیازمند به نمک برای رشد بهینه) و هالوتالرنت (دارای مکانیزم‌هایی جهت ارائه پاسخ‌های محیطی و حفظ حیات در محیط‌های بسیار شور) تقسیم بندی می‌شود. به عبارت دیگر جلبک‌های هالوتالرنت (Halotolerant)

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-31 ]
[ DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.2.6 ]

با تولید متابولیت‌های خاصی از آسیب‌های ناشی از شوک نمک محافظت می‌شوند (۴).

کاروتنوئیدها گروهی از رنگدانه ها هستند که علاوه بر نقشی که در تشکیل رنگدانه ها بر عهده دارند، خاصیت آنتی‌اکسیدانی نیز برای آن ها گزارش شده است. حیوانات و انسان قابلیت سنتز آن ها را نداشته و باید از طریق رژیم غذایی دریافت شوند که پس از آن می توانند از شکل کاروتنوئیدی به شکل دیگر تبدیل گردند، هم چنین این ماده نقش مهمی در تشکیل ویتامین A بر عهده دارد. در واقع بتا کاروتن، کاروتنوئید پایه برای تشکیل ویتامین A می باشد (۵).

جلبک *دونالیلا سالینا* نخستین بار در سال ۱۸۳۸ در حوضچه‌های نمک گیر در جنوب فرانسه کشف و تحت عنوان هماتوکوکوس معرفی گردید. اما در سال ۱۹۰۵ نام *دونالیلا* را بر روی آن گذاشتند. در سال ۱۹۸۳ جنس *دونالیلا* و ۱۶ جنس دیگر را در رده *Chloroplycaea* قرار دادند (۶). جلبک تک سلولی *دونالیلا سالینا* از تولیدکنندگان مهم دریا و دریاچه‌های نمکی فوق اشباع است که اهمیت تجاری و زیست محیطی زیادی به عنوان پایه زنجیره غذایی و تولید اکسیژن دارد (7-9). *دونالیلا* یک جلبک سبز تک سلولی، یوکاریوتی، دو تاژکه، متحرک، معمولا گرد با ابعاد ۹-۱۱ میکرومتر، فتوسنتز کننده، هالوتورلنت و فاقد دیواره سلولی است که حاوی مقدار زیادی بتا کاروتن، اسیدهای حلال، مواد محرک ایمنی مانند فیکوسیانین، پلی ساکاریدها، آهن و روی می‌باشد (۱۰). همچنین حاوی مقادیری پروتئین، گلیسرول، انواع کاروتنوئیدها، ویتامین C و ویتامین E نیز می‌باشد (۸) که این ترکیبات دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی می‌باشند (۱۲، ۱۱).

یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد این جلبک، توانایی تولید و تجمع مقادیر زیاد بتاکاروتن تحت شرایطی نظیر شوری زیاد، شدت نور بالا و محدودیت مواد غذایی است که منجر به نارنجی شدن رنگ سلول و سوسپانسیون جلبکی می‌شود. این جلبک به عنوان منبع غنی بتاکاروتن شناخته می‌شود که در شرایط رشد مناسب قادر به ذخیره سازی بتاکاروتن تا حدود ۱۵درصد نسبت به وزن خشک جلبک می‌باشد (۱۳).

*دونالیلا سالینا* از نظر ریخت شناسی، شبیه به کیلامیدوموناس بوده (۱۴) و از نظر فیزیولوژی، این ریزجلبک می‌تواند در فشار اسمزی بسیار بالا (۱۵)، دمای بالای آب (۷)، شدت نور زیاد (۱۶) و کمبود منابع غذایی نظیر نیترات، سولفات و فسفات به زندگی خود ادامه دهد (۱۷). *دونالیلا سالینا*، مقاوم‌ترین جلبک یوکاریوت شناخته شده در برابر غلظت بالای نمک است و می‌تواند تغییر نمک محلول را در بازه ۰/۵ تا ۵ مولار از سدیم کلرید تحمل کند (۳). این ریزاندام برای زنده ماندن در چنین شرایطی، غلظت بالایی از بتاکاروتن (حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد وزن خشک) را تولید و ذخیره می‌کند (۱۸, ۱۹).

مطالعات انجام شده بر روی ریز جلبک *دونالیلا سالینا* نشان می‌دهد که ترکیب کلی جلبک *دونالیلا سالینا* شامل کاروتنوئیدها ۱۰- ۱۵ درصد، پروتئین ۳۰-۶۰ درصد، کربوهیدرات ۱۰- ۱۸ درصد و لیپید ۱۴- ۲۰ درصد وزن خشک است. این مقادیر از ترکیبات زیستی در جلبک *دونالیلا سالینا* پتانسیل بالقوه این جلبک را برای کاربرد در صنعت غذا و آرایشی بهداشتی به عنوان ماده‌ی مؤثره با کیفیت مناسب و قابلیت تولید در مقیاس بالا را نشان می‌دهد (۲۰). در سال ۲۰۰۶ Wang و همکاران اثر جلبک *دونالیلا سالینا* بر رنگ پوست و گوشت ماهی قزل آلا *Oncorhynchus mykiss* را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که بتاکاروتن، باعث افزایش رنگدانه در پوست و گوشت ماهی می‌گردد، همچنین افزایش وزن و خاصیت آنتی‌اکسیدانی در ماهی را باعث می شود (21). در سال ۲۰۱۸ Liu و همکارانش مطالعه‌ای با عنوان تأثیر غلظت شوری بر تولید زیست توده جلبک و حذف مواد مغذی از فاضلاب شهری توسط دونالیلا سالینا انجام دادند. این مطالعه امکان سنجش کشت انبوه ریز جلبک‌ها در فاضلاب شهری تحت کنترل با محیط زیست کنترل شده را ارزیابی کرده است. از بین کلیه ترکیبات مورد بررسی، رشد بهینه جلبک در سطح شوری ۳۰ درصد با غلظت ۷۵ درصد پساب فاضلاب (نسبت ۳: ۱ فاضلاب و مخلوط آب شور-محیط رشد) مشاهده شد (۲۲).

در سال های اخیر توجه به رنگدانه های طبیعی مانند بتاکاروتن و کاربردهای آن در پرورش آبزیان و همچنین تولید مکمل‌های دارویی و آنتی‌اکسیدانی رو به افزایش بوده است. رنگدانه‌ی بتاکاروتن طبیعی بر پایه‌ی جلبک به دلیل ماهیت آن دارای محتوای آنتی‌اکسیدانی بالایی بوده و تولید آن با استفاده از ایجاد تنش در ریز جلبک دونالیلا سالینا پتانسیل بالایی دارد. مطالعه حاضر با هدف بررسی و بهبود میزان تولید کاروتنوئید، پروتئین و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی استخراجی از ریز جلبلک دونالیلا سالینا بواسطه تغییر در پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مؤثر در نرخ رشد جلبک با هدف امکان استفاده از آن به عنوان یک منبع رنگدانه‌ای و آنتی‌اکسیدانی و منبع تأمین ویتامین، پروتئین و اسیدهای چرب در صنعت غذا و افزایش در ارزش تغذیه‌ای آن انجام شده

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-31 ]
[ DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.2.6 ]

است. همچنین خواص رئولوژیکی ریز جلبک دونالیلا سالینا پس از رشد در محیط آبی مورد بررسی قرار گرفت.

## • مواد و روش‌ها

گونه جلبک و محیط کشت: استوک ریزجلبک دونالیلا سالینا با خواستگاه دریاچه‌ی مهارلو از بانک ملی جلبک ایران با شماره شناسه INASM0601 تهیه شد. کشت در محیط کشت تغییر یافته‌ی جانسون (Modified johnson) محصول شرکت مرک آلمان در انکوباتور همزن دار تحت نور انجام شد. در مرحله‌ی اول استوک جلبک طی دو مرحله کشت در شرایط دما، نور و شوری مطابق روش حجازی و همکاران انجام شد (۱۶). پس از ۲ مرحله کشت، استوک اولیه به ۲ لیتر افزایش یافته و جهت انجام تست‌های نهایی در یخچال نگهداری شد.

**طراحی آزمایش:** آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه سطح شوری ۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵ molar (با استفاده از نمک NaCl مرک، آلمان) با شدت‌های نور صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ $\frac{\mu mol}{m^2 s}$ (با استفاده از لامپ LED مهتابی رشد گیاه) طراحی و با ۳ تکرار مطابق با جدول ۱ اجرا شد. طراحی آزمایش با استفاده از نرم افزار Design Expert ver 10. انجام شد. تجزیه و تحلیل داده های حاصل از پژوهش با استفاده از نرم افزار (Stat-Ease Inc., Minneapolis, USA : Design-Expert 10.1 و با روش RSM صورت گرفت. آنالیز آماری داده‌ها با تجزیه واریانس ANOVA انجام شد. سطح معنی داری نتایج ۵ درصد ($p<0/05$) در نظر گرفته شد. هر تست سه بار تکرار شده و میانگین آن به عنوان نتیجه نهایی گزارش شد.

**جدول ۱.** تیمار تست‌های انجام شده بر اساس طراحی آمایش

| | سطح شوری (M) | شدت نور ($\mu mol/(s \cdot m^2)$) |
|---|---|---|
| ۱ | ۰/۵ | ۰ |
| ۲ | ۰/۵ | ۵۰۰ |
| ۳ | ۰/۵ | ۲۵۰ |
| ۴ | ۱/۵ | ۰ |
| ۵ | ۲/۵ | ۰ |
| ۶ | ۱/۵ | ۲۵۰ |
| ۷ | ۲/۵ | ۲۵۰ |
| ۸ | ۱/۵ | ۵۰۰ |
| ۹ | ۲/۵ | ۵۰۰ |

ارزیابی ویسکوزیته سوسپانسون جلبک: ویژگی‌های رئولوژیکی سوسپانسیون جلبک با استفاده از سیستم رئومتر Anton Paar (مدل MCR ) ارزیابی شد. در این سیستم از اکسسوری رئومتری استوانه‌های هم محور استفاده شد. نتایج ویسکوزیته بر حسب cp بیان گردید (۲۳).

ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی و پروتئین: بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از رادیکال‌های پایدار ۲ و ۲ دی فنیل ۱ پیکریل- هیدرازیل DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)، طبق روش (۲۴) انجام شد. غلظت کل پروتئین با استفاده از روش لوری توسط معرف Folin–Ciocalteu phenol تعیین شد (۲۵).

**ارزیابی محتوای کلروفیل‌ها و کارتنوئید:** مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدها با استفاده از روش اسپکتروفتومتری اندازه گیری شد. 5ml از سوسپانسیون جلبکی به مدت ۱۰ دقیقه با ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد و محلول رویی دور ریخته شد. بر روی رسوب سلولی باقی مانده 5 ml استون ۸۵ درصد ریخته شد و بعد از همزدن در تاریکی به مدت ۵ دقیقه قرار داده شد. مخلوط حاصل مجدداً به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۵۰۰۰rpm سانتریفوژ شد. میزان جذب نور محلول رویی در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۶۴ و ۴۵۲ nm به کمک اسپکتروفتومتر خوانده شد. به کمک رابطه های زیر میزان کلروفیل a و b و در نتیجه کلروفیل کل و کاروتنوئید بر حسب mg/ml بدست آمد (26).

رابطه ۱)

غلظت کلروفیل a = ۱۰,۳×E ۶۳۳ -۰,۹۱۸ ×E۶۴۴

رابطه ۲)

غلظت کلروفیل b =۱۹,۷× E۶۴۴-۳,۸۷×E۶۳۳

رابطه ۳)

غلظت کارتنوئید = ۴,۲×E۴۵۲-۰,۰۲۶۴×غلظت کلروفیل a- ۰,۴۹۶× غلظت کلروفیل b

## • یافته‌ها

**نتایج کشت:** کشت ریزجلبک دونالیلا در شرایط مختلف نور و شوری مطابق طراحی آزمایش صورت گرفته انجام شد و نتایج به صورت (cell/ml) بیان شد.

شکل ۱ الف تأثیر همزمان پارامترهای شوری و میزان نور بر تعداد سلول‌ها را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشخص است، افزایش میزان نور به طور کلی تأثیر مثبت بر تعداد سلول‌های رشد یافته دارد. از طرفی بررسی تأثیر شوری بیانگر حالت زنگوله‌ای با نقطه‌ی بیشینه است که نشان می‌دهد افزایش شوری تا میزان حدود mol ۱/۵ تأثیر مثبت بر رشد داشته و شوری بالاتر موجب کاهش رشد می‌شود. لذا می‌توان گفت کشت تحت نور ۵۰۰ و شوری mol ۱/۵ بالاترین راندمان را دارد.

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-31 ]

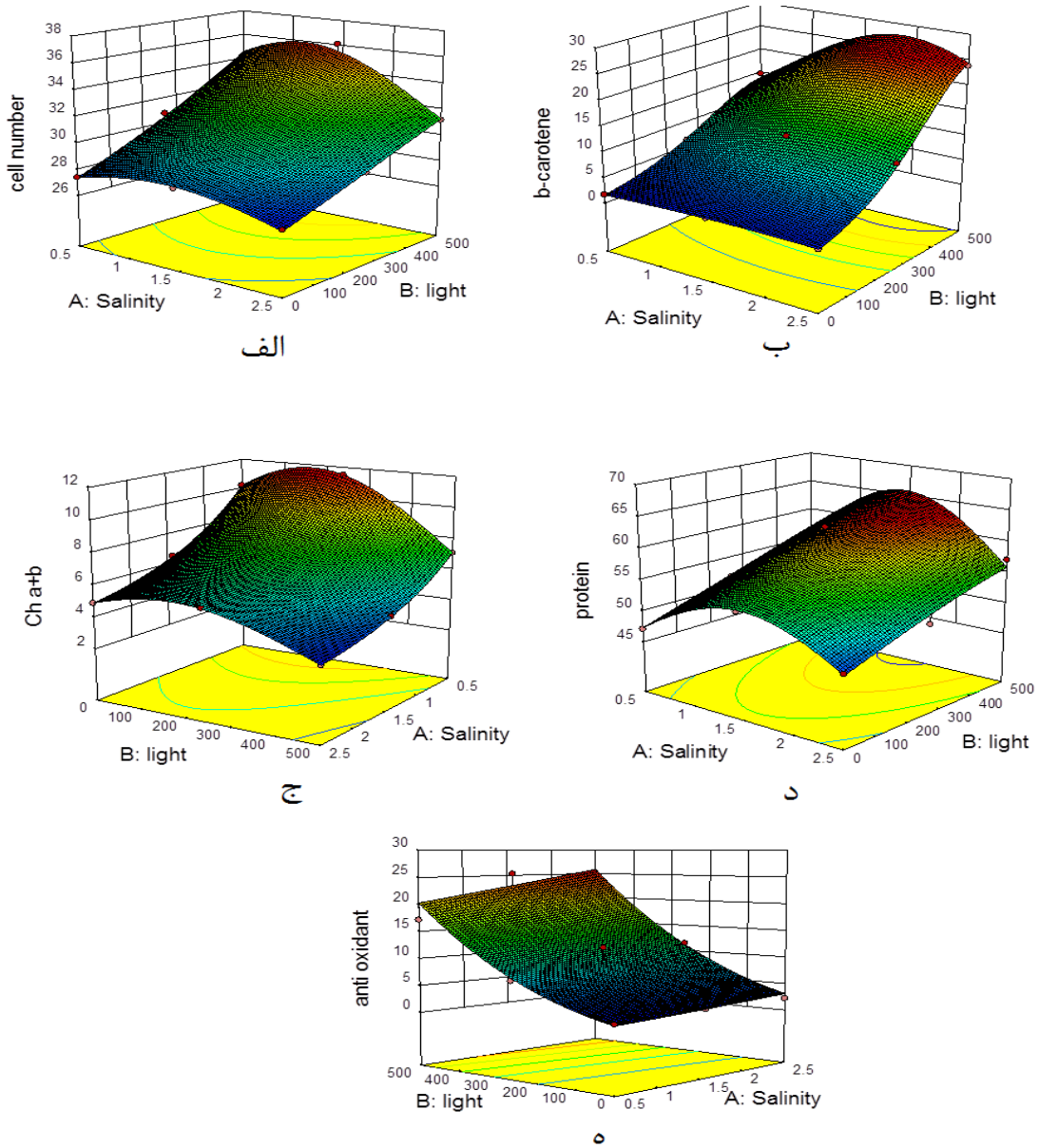
[ DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.2.6 ]

**جدول ۲.** میزان رشد ریزجلبک *دونالیلا سالینا* (تعداد سلول بر میلی‌لیتر) در شرایط آزمایش با ۳ تکرار

| شوری | نور | میانگین تعداد سلول (سلول بر میلی لیتر) | P-value |
|---|---|---|---|
| ۰/۵ | ۰ | ۲۷/۴±۲/۹ | ۰/۵۶۱ |
| ۰/۵ | ۵۰۰ | ۳۴/۲±۲/۲۳ | ۰/۳۴۴ |
| ۰/۵ | ۲۵۰ | ۳۰/۸±۱/۶۵ | ۰/۰۷۵ |
| ۱/۵ | ۰ | ۲۸/۱±۰/۶۵ | ۰/۵۴۷ |
| ۲/۵ | ۰ | ۲۶/۸±۰/۶۵ | ۰/۵۴۷ |
| ۱/۵ | ۲۵۰ | ۳۱/۴±۰/۹۴ | ۰/۲ |
| ۲/۵ | ۲۵۰ | ۲۸/۹±۰/۴۸ | ۰/۲ |
| ۱/۵ | ۵۰۰ | ۳۶/۱±۰/۹۵ | ۰/۰۹۱ |
| ۲/۵ | ۵۰۰ | ۳۱/۲±۰/۱۷ | ۰/۰۵۷ |

آنالیز واریانس با استفاده از مدل سازی quadratic انجام شده و با توجه به مقدار p-value داده‌ها از نظر آماری معنی‌دار بوده و با توجه به $R^2$ =۰/۹۹۶۳ داده های تجربی انطباق خوبی با مدل ارائه شده دارد. جدول ۳ آنالیز واریانس تعداد سلول‌ها به عنوان پارامتر رشد را نشان می‌دهد.

نتایج نشـــان می‌دهد با افزایش میزان نوردهی میزان تولید بتاکاروتن در دیواره ســـلولی افزایش می یابد. بررســـی تأثیر متقابل شوری و نور بر میزان بتاکاروتن تولیدی در شکل ۱ ب نشـــان می‌دهد که در میزان نور صـــفر عملا محتوای بتاکاروتن ناچیز بوده و افزایش شـــوری نیز تأثیری بر میزان تولید آن ندارد.




**شکل ۱.** الف) تأثیر همزمان پارامترهای شوری و میزان نور بر تعداد سلول¬ها. ب) تأثیر متقابل شوری و نور بر میزان بتاکاروتن تولیدی. ج) بررسی تأثیر شوری و نور بر میزان تولید کلروفیل. د) تأثیر پارامترهای نور و شوری بر میزان تولید پروتئین. ه) تأثیر پارامترهای نور و شور

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-31 ]
[ DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.2.6 ]

**جدول ۳**. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس تأثیر فاکتورهای میزان شوری و شدت نور بر میزان رشد جلبک

| Source | Sum of Squares | df | Mean Square | F Value | p-value | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Model | ۸/۷۸۱۱۸E-۱۰ | ۵ | ۱/۷۵۶۲۴E-۱۰ | ۱۶۰/۴۹۰۵ | ۰/۰۰۰۷۶۹ | significant |
| A-Salinity | ۵/۶۸۵۲۹E-۱۰ | ۱ | ۵/۶۸۵۲۹E-۱۰ | ۵۱/۹۵۳۹۶ | ۰/۰۰۵۵۰۵ | |
| B-light | ۷/۳۵۹۸۹E-۱۰ | ۱ | ۷/۳۵۹۸۹E-۱۰ | ۶۷۲/۵۷۰۱ | ۰/۰۰۰۱۲۶ | |
| AB | ۵/۲۶۲۸۵E-۱۲ | ۱ | ۵/۲۶۲۸۵E-۱۲ | ۴/۸۰۹۳۶۳ | ۰/۱۱۵۹۲۶ | |
| A^2 | ۷/۵۶۰۹۸E-۱۱ | ۱ | ۷/۵۶۰۹۸E-۱۱ | ۶۹/۰۹۴۶۴ | ۰/۰۰۳۶۴۹ | |
| B^2 | ۴/۴۰۳۸۲E-۱۲ | ۱ | ۴/۴۰۳۸۲E-۱۲ | ۴/۰۲۴۳۵۳ | ۰/۱۳۸۵۰۸ | |
| Residual | ۳/۲۸۲۸۸E-۱۲ | ۳ | ۱/۰۹۴۲۹E-۱۲ | | | |
| Cor Total | ۸/۸۱۴۰۱E-۱۱ | ۸ | | | | |

افزایش میزان نور باعث افزایش میزان بتاکاروتن تولیدی شده و در کشت زیر نور بالا، افزایش شوری نیز تأثیر مثبت بر میزان بتاکاروتن تولیدی دارد. نتایج نشان می‌دهد بالاترین تولید بتاکاروتن در شوری ۱/۵ mol و میزان نور ۵۰۰ ( µmol photons m−2 s−1) بوده که این میزان برابر ۲۴/۹ mg/ml است. نتایج سایر پژوهش‌ها نیز بیانگر این است که افزایش شوری تا میزان حدود ۲ مولار باعث افزایش میزان بتاکاروتن تولیدی شده و افزایش بیشتر آن نه تنها از رشد جلبک جلوگیری می‌کند بلکه تولید بتاکاروتن را نیز کاهش می‌دهد (11، 15).

آنالیز واریانس با استفاده از مدل سازی quadratic انجام شده و با توجه به مقدار p-value داده‌ها از نظر آماری معنی دار بوده و با توجه به $R^2$ = ۰/۹۹۸۵ داده های تجربی انطباق خوبی با مدل ارائه شده دارد. جدول ۴ آنالیز واریانس محتوای بتاکاروتن متناسب با پارامترهای آزمایش را نشان می‌دهد.

کلروفیل از جمله مهم‌ترین اجزای تشکیل دهنده‌ی ریزجلبک دونالیلا سالینا بوده و نتایج بررسی میزان محتوای کلروفیل‌های موجود در این جلبک در شکل ۱ ج آورده شده است. . با توجه به شکل ۱ ج، به طور کلی تولید کلروفیل در غلظت‌های ۰/۵ و ۱/۵ molar بیشتر بوده و با افزایش غلظت میزان آن کاهش می‌یابد. همچنین در شوری ۲/۵ molar میزان تأثیر نور بر تولید کلروفیل کمتر از حالتی است که شوری در کمینه‌ی خود (۰/۵molar) قرار دارد. در مقادیر ۰/۵ molar نمک نیز افزایش بیش از حد نور کاهش میزان تولید کلروفیل را در پی دارد. با توجه به نتایج به دست آمده بیشترین میزان کلروفیل تولید شده در شوری ۰/۵ molar و شدت نور ۲۵۰ (µmol photons m−2 s−1) گزارش شد.

آنالیز واریانس نتایج کلروفیل با استفاده از مدل سازی quadratic انجام شده و با توجه به مقدار p-value داده‌ها از نظر آماری معنی دار بوده و با توجه به $R^2$ =۰/۹۹۹۹ داده های تجربی کاملا با مدل ارائه منطبق است. جدول ۵ آنالیز واریانس محتوای کلروفیل متناسب با پارامترهای آزمایش را نشان می-دهد.

**جدول ۴**. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس تأثیرفاکتورهای میزان شوری و شدت نور بر میزان محتوای بتاکاروتن

| Source | Sum of Squares | df | Mean Square | F Value | p-value | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Model | ۰/۲۰۵۹۰۷ | ۵ | ۰/۰۴۱۱۸۱ | ۴۰۱/۰۳۶۱ | ۰/۰۰۰۱۹۶ | significant |
| A-Salinity | ۰/۰۰۴۹۶۱ | ۱ | ۰/۰۰۴۹۶۱ | ۴۸/۳۰۹۴۱ | ۰/۰۰۶۱۰۹ | |
| B-light | ۰/۱۸۶۳۳۱ | ۱ | ۰/۱۸۶۳۳۱ | ۱۸۱۴/۵۴۷ | ۲/۸۵E-۰۵ | |
| AB | ۴/۴۵E-۰۵ | ۱ | ۴/۴۵E-۰۵ | ۰/۴۳۳۰۵۵ | ۰/۵۵۷۴۸۵ | |
| A^2 | ۰/۰۰۳۰۷۲ | ۱ | ۰/۰۰۳۰۷۲ | ۲۹/۹۱۳۰۲ | ۰/۰۱۲۰۱۵ | |
| B^2 | ۰/۰۱۱۴۹۹ | ۱ | ۰/۰۱۱۴۹۹ | ۱۱۱/۹۷۷۶ | ۰/۰۰۱۸۰۳ | |
| Residual | ۰/۰۰۰۳۰۸ | ۳ | ۰/۰۰۰۱۰۳ | | | |
| Cor Total | ۰/۲۰۶۲۱۵ | ۸ | | | | |

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.2.6 ]

**جدول ۵.** نتایج تجزیه و تحلیل واریانس تأثیرفاکتورهای میزان شوری و شدت نور بر میزان کلروفیل

| Source | Sum of Squares | df | Mean Square | F Value | p-value | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Model | ۰/۰۰۳۶۴ | ۵ | ۰/۰۰۰۷۲۸ | 5648.162 | ۳/۷۲E$^{-۰۶}$ | significant |
| A-Salinity | ۰/۰۰۲۴۲۸ | ۱ | ۰/۰۰۲۴۲۸ | ۱۸۸۳۴/۳۸ | ۸/۵۳E$^{-۰۷}$ | |
| B-light | ۰/۰۰۰۶ | ۱ | ۰/۰۰۰۶ | ۴۶۵۵/۱۶۹ | ۶/۹۴E$^{-۰۶}$ | |
| AB | ۱/۸۶E$^{-۰۹}$ | ۱ | ۱/۸۶E$^{-۰۹}$ | ۰/۰۱۴۴۶۷ | ۰/۹۱۱۸۶۶ | |
| A^2 | ۴/۷۹E$^{-۰۵}$ | ۱ | ۴/۷۹E$^{-۰۵}$ | ۳۷۱/۶۸۸۷ | ۰/۰۰۰۳۰۵ | |
| B^2 | ۰/۰۰۵۶۵ | ۱ | ۰/۰۰۰۵۶۵ | ۴۳۷۹/۵۵۲ | ۷/۶E$^{-۰۶}$ | |
| Residual | ۳/۸۷E$^{-۰۷}$ | ۳ | ۱/۲۹E$^{-۰۷}$ | | | |
| Cor Total | ۰/۰۰۳۶۴۱ | ۸ | | | | |

بررسی تأثیر پارامترهای نور و شوری بر میزان تولید پروتئین بیانگر این است که مدل تأثیر شوری بر میزان تولید پروتئین بصورت زنگوله ای بوده و با افزایش آن ابتدا میزان پروتئین افزایش یافته و در ادامه در شوری‌های بالاتر از ۱/۵ molar میزان پروتئین شروع به کاهش می‌کند. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، بر خلاف شوری، نور بر روی میزان پروتئین تولیدی تأثیر مثبت داشته و با افزایش نور میزان محتوای پروتئین دونالیلا سالینا افزایش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد که در شوری ۱/۵ molar میزان پروتئین تولیدی ماکزیمم است. مطالعات پیشین نیز محتوای بالای پروتئین در این ریز جلبک را نشان داده اند. بررسی‌ها نشان داده است که عموما میزان پروتئین در این ریز جلبک بالاتر از ۵۰ درصد بوده و میزان تولید آن وابسته به پارامترهای متفاوتی از جمله شوری آب است. بررسی تأثیر شوری بیانگر ماکزیمم تولید پروتئین در شوری حدود ۲molar است (۲۷).

آنالیز واریانس نشان می‌دهد که تأثیر دو پارامتر نور و شوری بر روی میزان پروتئین معنادار بوده و و با توجه به ۰/۹۵۵۶ = $R^2$ داده های تجربی با مدل ارائه شده تطابق مطلوبی دارد. جدول ۶ آنالیز واریانس محتوای پروتئین متناسب با پارامترهای آزمایش را نشان می‌دهد.

بررسی تأثیر پارامترها نشان می‌دهد که تغییر در میزان شوری تأثیری بر روی تولید محتوای آنتی‌اکسیدان نداشته و افزایش شوری تأثیر معناداری بر افزایش محتوای آنتی‌اکسیدان ندارد. از طرف دیگر با توجه به شکل ۱ ، افزایش نور کشت تأثیر زیادی بر محتوای آنتی‌اکسیدان داشته و این میزان را تا حدود ۲۰ برابر نیز افزایش می‌دهد.

نتایج بررسی ویسکوزیته نشان می‌دهد که ویسکوزیته‌ی محلول حاوی جلبک در انتهای دوره‌ی رشد تفاوت چندانی با ویسکوزیته‌ی آب نداشته و حدود ۱۵ درصد افزایش می‌یابد. همانطور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، ویسکوزیته‌ی محلول حاوی جلبک عملا بیشتر از ۱۵ درصد نسبت به ویسکوزیته‌ی آب افزایش ندارد.

**جدول ۶.** نتایج تجزیه و تحلیل واریانس تأثیرفاکتورهای میزان شوری و شدت نور بر میزان پروتئین

| Source | Sum of Squares | df | Mean Square | F Value | p-value | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Model | ۵/۲۹E$^{-۰۷}$ | ۵ | ۱/۰۶E$^{-۰۷}$ | ۱۲/۹۱۰۹۷ | ۰/۰۳۰۵۱۴ | significant |
| A-Salinity | ۳/۵۱E$^{-۱۰}$ | ۱ | ۳/۵۱E$^{-۱۰}$ | ۰/۰۴۲۸۵۳ | ۰/۸۴۹۲۵۶ | |
| B-light | ۲/۸۹E$^{-۰۷}$ | ۱ | ۲/۸۹E$^{-۰۷}$ | ۳۵/۲۳۷۶۴ | ۰/۰۰۹۵۵۶ | |
| AB | ۳/۳۱E$^{-۱۰}$ | ۱ | ۳/۳۱E$^{-۱۰}$ | ۰/۰۴۰۴۷۴ | ۰/۸۵۳۴۲۵ | |
| A^2 | ۲/۳۴E$^{-۰۷}$ | ۱ | ۲/۳۴E$^{-۰۷}$ | ۲۸/۶۱۵۸۳ | ۰/۰۱۲۷۷۸ | |
| B^2 | ۵/۰۶E$^{-۰۹}$ | ۱ | ۵/۰۶E$^{-۰۹}$ | ۰/۶۱۸۰۸ | ۰/۴۸۹۱۴۱ | |
| Residual | ۲/۴۶E$^{-۰۸}$ | ۳ | ۸/۱۹E$^{-۰۹}$ | | | |
| Cor Total | ۵/۵۳E$^{-۰۷}$ | ۸ | | | | |

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.2.6 ]

**جدول ۷**. ویسکوزیته‌ی محلول حاوی جلبک

| شوری | نور | ویسکوزیته (سانتی پواز) |
|---|---|---|
| ۰/۵ | ۰ | ۲۲/۰±۰۶۳/۱ |
| ۰/۵ | ۵۰۰ | ۳۱/۰±۰۶۳/۱ |
| ۰/۵ | ۲۵۰ | ۱۷/۰±۰۸۲/۱ |
| ۱/۵ | ۰ | ۰۸/۰±۰۹۳/۱ |
| ۲/۵ | ۰ | ۴۷/۰±۰۹۶/۱ |
| ۱/۵ | ۲۵۰ | ۱۴/۰±۱۰۴/۱ |
| ۲/۵ | ۲۵۰ | ۲۹/۰±۱۰۴/۱ |
| ۱/۵ | ۵۰۰ | ۰۲/۰±۱۰۶/۱ |
| ۲/۵ | ۵۰۰ | ۲۴/۰±۱۴۵/۱ |

بررسی نتایج نشان می‌دهد که افزایش نور تأثیر آنچنانی بر ویسکوزیته نداشته و صرفا با افزایش شوری تا ۲٫۵ مولار و در نتیجه افزایش رشد دونالیلا سالینا، میزان ویسکوزیته‌ی محلول افزایش می‌یابد و لذا ویسکوزیته با شوری رابطه‌ی مستقیم و تا حدودی خطی مطابق با رابطه‌ی ۴ دارد.

رابطه ۴)

$$Viscosity = 0.0228\times Salinity+1.0609$$

## • بحث

در مطالعه‌ی حاضر تأثیر پارامترهای شوری و نور بر روی میزان رشد *دونالیلا سالینا*، بتاکاروتن، کلروفیل، محتوای پروتئین، آنتی‌اکسیدان و ویسکوزیته‌ی محلول آن مورد بررسی قرار گرفت. به طور کلی به نظر می‌رسد تأثیر پارامتر نور بر میزان رشد و مواد مؤثره موجود در *دونالیلا سالینا* بیشتر از پارامتر شوری بوده و کشت در نور با لوکس بالا می‌تواند در کنار رشد بالای جلبک، محتوای بتاکاروتن، کلروفیل، پروتئین و آنتی‌اکسیدان آن را افزایش دهد. با توجه به اینکه کارتنوئیدها گیرنده‌های فرعی نور بوده و با جذب نورهای مرئی نقشی حیاتی در حفاظت از سلول در برابر تشعشعات بالا ایفا می‌کنند، لذا در تنش‌های حاصل از افزایش نور جلبک دونالیلا سالینا قاد به افزایش سنتز و تجمع کارتنوئیدها می‌باشد (۲۸). همچنین شوری molar ۱/۵ به عنوان بهینه‌ی شوری محیط کشت پیشنهاد می‌گردد. بررسی سایر مطالعات نشان می‌دهد که فاکتورهای مختلف از جمله نور، شوری، دما و pH تأثیر بسزایی در رشد جلبک دارد. دقت در تنظیم فاکتورهای فوق می‌تواند کمک شایانی به کشت بهتر جلبک و میزان مواد مؤثره آن داشته باشد (۲۹). نور و شوری به عنوان ۲ پارامتر مهم در مطالعات دیگر نیز بررسی شده اند. نیکوکار و همکاران در سال ۲۰۰۴ با بررسی جلبک دونالیلا سالینای جدا شده از دریاچه‌ی مهارلو شیراز و با بررسی شوری‌های متفاوت بیشترین میزان رشد را در شوری molar ۲ مشاهده کردند (۳۰). در حالی که در بررسی دونالیلا سالینا موجود در دریاچه‌ی ارومیه رشد جلبک در شوری molar ۱ به بالاترین حد خود رسید (۳۱). به نظر می‌رسد شرایط خواستگاه اولیه‌ی جلبک و پارامترهای آب آن نیز بر روی اثر شوری در رشد تأثیرگذار است.

نکته‌ی مهم مورد اشاره در عمده‌ی تحقیقات به خصوص بر روی میزان شوری نشان‌دهنده تأثیر منفی شوری بر رشد جلبک و برعکس تأثیر مثبت آن بر میزان بتاکاروتن تولید شده است. مطالعات Borowitzka و همکاران در سال ۱۹۹۰ برای اولین بار تأثیر منفی شوری بر میزان رشد جلبک *دونالیلا* را نشان داد (۳۲). برخی مطالعات میزان شوری بهینه برای رشد جلبک را در حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد بیان کرده اند که از میزان بهینه‌ی بدست آمده در مطالعه‌ی حاضر بیشتر است. Gochnauer و همکاران با بررسی پارامتر شوری بر میزان رشد *دونالیلا سالینا* نشان دادند که غلظت نمک بهینه برای رشد *دونالیلا* ۱۵ درصد می‌باشد (۳۳)، در حالی که در مطالعات انجام شده توسط قاسمی در سال ۱۹۹۹ این میزان ۱۰ درصد گزارش شد (۳۴). به نظر می‌رسد نوع زیرگونه انتخابی و شرایط رشد خواستگاه جلبک پارامتر مهمی در میزان شوری بهینه‌ی رشد جلبک است. به طوری که نتایج مطالعات نیکوکار و همکاران در سال ۲۰۰۴ که بر روی گونه‌ی *دونالیلا سالینا* جمع آوری شده از دریاچه‌ی ارومیه انجام شده به نتایج مطالعه‌ی حاضر نزدیکتر است (۳۵). مطالعات هاشمی غلظت بهینه نمک برای رشد *دونالیلا سالینا* از دریاچه‌ی ارومیه را ۱ molar گزارش کرد. این مطالعات نشان داد که در غلظت‌های بالاتر نمک تا ۲ molar نیز میکروجلبک رشد خوبی از خود نشان داده است. در عین حال بالاترین میزان بتاکاروتن تولید شده در غلظت نمک ۳٫۵ molar مشاهده شد (۳۶). بررسی‌ها نشان می‌دهد در غلظت‌های بالاتر نمک سلول‌ها با پدیده‌ی فشار اسمزی مواجه شده و ضمن کاهش رشد سلول، فعالیت سلولی به حد اقل می‌رسد (۳۷). سرمد و همکاران با کشت ریزجلبک *دونالیلا سالینا* در غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ molar دریافتند که القای بتاکاروتن در سلول‌های جلبک کاملاً وابسته به سویه بوده و افزایش نمک باعث کاهش چشمگیر تعداد سلول‌ها و در نتیجه کاهش بتاکاروتن تولیدی می‌شود. در این مطالعه بیشترین بتاکاروتن تولیدی در محیط کشت با غلظت نمک ۱ molar و به میزان ۱۴٫۲ g/L گزارش شد (۳۸).

در یک بررسی کلی از نتایج حاصله می‌توان به این نکته دست یافت که در غلظت‌های پایین نمک، روند تولید بتاکاروتن

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.2.6 ]

متناسب با روند رشد بوده و با افزایش شوری رشد روند کاهشی پیدا می‌کند. نتایج نشان داد که در غلظت‌های بالاتر نمک، کاهش مقدار نرخ ویژه رشد، تولید بتاکاروتن به عنوان یک متابولیت ثانویه درون سلولی افزایش می‌یابد (۳۹). به علاوه با مقایسه نتایج این تحقیق با دیگر مطالعات متوجه می‌شویم که در هر بررسی، نتایج حاصله علاوه بر شرایط حاکم بر رشد و تولید محصول در جلبک، شدیدا به سویه ریزجلبک نیز وابسته است و بنابراین نتایج حاصله تنها به سویه‌ی مورد مطالعه قابل تعمیم بوده و برای بهینه کردن رشد و تولید بتاکاروتن باید به صورت اختصاصی بر روی همان سویه کار شود. به طور کلی ارتباط قوی میان ظرفیت طبیعی هر سویه و میزان پاسخ به عوامل القاگر محیطی وجود دارد. بنابراین امروزه تحقیقات به سمت مطالعات ژنتیکی و اصلاحات ژنتیکی به منظور افزایش و بهبود تولید محصول رفته است (۴۱، ۴۰).

## • Reference


1. Rasoul-Amini S, Mousavi P, Montazeri-Najafabady N, Mobasher MA, Mousavi SB, Vosough F, et al. Biodiesel properties of native strain of Dunaliella salina. International Journal of Renewable Energy Research (IJRER). 2014;4(1):39-41.
2. Raja R, Shanmugam H, Ganesan V, Carvalho I. Biomass from microalgae: an overview. Oceanography: Open Access. 2013:1-7.
3. Borowitzka L, Moulton T, Borowitzka M, editors. The mass culture of Dunaliella salina for fine chemicals: from laboratory to pilot plant. Eleventh international seaweed symposium; 1984: Springer.
4. Richmond A. Cell response to environmental factors. CRC handbook of microalgal mass culture: CRC Press; 2017. p. 69-100.
5. de Carvalho LMJ, Gomes PB, de Oliveira Godoy RL, Pacheco S, do Monte PHF, de Carvalho JLV, et al. Total carotenoid content, α-carotene and β-carotene, of landrace pumpkins (Cucurbita moschata Duch): A preliminary study. Food Research International. 2012;47(2):337-40.
6. Mayne ST. Beta-carotene, carotenoids, and disease prevention in humans. The FASEB Journal. 1996;10(7):690-701.
7. García F, Freile-Pelegrín Y, Robledo D. Physiological characterization of Dunaliella sp.(Chlorophyta, Volvocales) from Yucatan, Mexico. Bioresource technology. 2007;98(7):1359-65.
8. Hosseini Tafreshi A, Shariati M. Dunaliella biotechnology: methods and applications. Journal of applied microbiology. 2009;107(1):14-35.
9. Lee S-Y, Kim S-H, Hyun S-H, Suh HW, Hong S-J, Cho B-K, et al. Fatty acids and global metabolites profiling of Dunaliella tertiolecta by shifting culture conditions to nitrate deficiency and high light at different growth phases. Process Biochemistry. 2014;49(6):996-1004.
10. Giordano M, Pezzoni V, Hell R. Strategies for the allocation of resources under sulfur limitation in the green alga Dunaliella salina. Plant Physiology. 2000;124(2):857-64.
11. Gomez PI, Barriga A, Cifuentes AS, Gonzalez MA. Effect of salinity on the quantity and quality of carotenoids accumulated by Dunaliella salina (strain CONC-007) and Dunaliella bardawil (strain ATCC 30861) Chlorophyta. Biological Research. 2003;36(2):185-92.
12. Van Poppel G, Goldbohm RA. Epidemiologic evidence for beta-carotene and cancer prevention. The American journal of clinical nutrition. 1995;62(6):1393S-402S.
13. Shaish A, Ben-Amotz A, Avron M. [41] Biosynthesis of β-carotene in Dunaliella. Methods in enzymology. 1992;213:439-44.
14. Ginzburg M. Dunaliella: a green alga adapted to salt. Advances in Botanical research. 1988;14:93-183.
15. Fazeli M, Tofighi H, Samadi N, Jamalifar H. Effects of salinity on β-carotene production by Dunaliella tertiolecta DCCBC26 isolated from the Urmia salt lake, north of Iran. Bioresource Technology. 2006;97(18):2453-6.
16. Hejazi M, Wijffels R. Effect of light intensity on β-carotene production and extraction by Dunaliella salina in two-phase bioreactors. Biomolecular Engineering. 2003;20(4-6):171-5.
17. Celekli A, Dönmez G. Effect of pH, light intensity, salt and nitrogen concentrations on growth and β-carotene accumulation by a new isolate of Dunaliella sp. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 2006;22(2):183-9.
18. Phadwal K, Singh P. Effect of nutrient depletion on β-carotene and glycerol accumulation in two strains of Dunaliella sp. Bioresource technology. 2003;90(1):55-8.
19. Prieto A, Cañavate JP, García-González M. Assessment of carotenoid production by Dunaliella salina in different culture systems and operation regimes. Journal of biotechnology. 2011;151(2):180-5.
20. Natrah F, Yusoff F, Shariff M, Abas F, Mariana N. Screening of Malaysian indigenous microalgae for antioxidant properties and nutritional value. Journal of Applied Phycology. 2007;19(6):711-8.
21. Wang Y-J, Chien Y-H, Pan C-H. Effects of dietary supplementation of carotenoids on survival, growth, pigmentation, and antioxidant capacity of characins, Hyphessobrycon callistus. Aquaculture. 2006;261(2):641-8.
22. Liu Y, Yildiz I. The effect of salinity concentration on algal biomass production and nutrient removal from municipal wastewater by Dunaliella salina. International Journal of Energy Research. 2018;42(9):2997-3006.
23. Erni P, Fischer P, Windhab EJ, Kusnezov V, Stettin H, Läuger J. Stress-and strain-controlled measurements of interfacial shear viscosity and viscoelasticity at


[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.2.6 ]

liquid/liquid and gas/liquid interfaces. Review of scientific instruments. 2003;74(11):4916-24.

24. Brand-Williams W, Cuvelier M-E, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food science and Technology. 1995;28(1):25-30.

25. Peterson GL. A simplification of the protein assay method of Lowry et al. which is more generally applicable. Analytical biochemistry. 1977;83(2):346-56.

26. Frank G. Physiology and biochemistry of glycerol biosynthesis in Dunaliella. 1974.

27. Kumar D, Kastanek P, Adhikary SP. Exopolysaccharides from cyanobacteria and microalgae and their commercial application. Current Science. 2018;115(2):234-41.

28. Trenkenshu R. Simplest Models Of Microalgea Growth 2. Queasycontinuous Culture. Ekologiya Morya. 2005(67):98.

29. Rad FA, Aksoz N, Hejazi MA. Effect of salinity on cell growth and β-carotene production in Dunaliella sp. isolates from Urmia Lake in northwest of Iran. African Journal of Biotechnology. 2011;10(12):2282-9.

30. Nikookar K, Moradshahi A, Kharati M. Influence of salinity on the growth, pigmentation and ascorbate peroxidase activity of Dunaliella salina isolated from Maharlu salt lake in Shiraz. Iranian Journal of Science and Technology (Sciences). 2004;28(1):117-25.

31. shariati M, editor Study of beta-carotene synthesis in response to different concentration of heavy metal copper in unicellular green alga Dunaliella salina. 2nd Iranian National Conference of biotechnology; 2001; Karaj, Iran.

32. Borowitzka MA, editor The mass culture of Dunaliella salina. Technical Resource Papers Regional Workshop on the Culture and Utilization of Seaweads; 1990.

33. Gochnauer M, Kushwaha S, Kates M, Kushner D. Nutritional control of pigment and isoprenoid compound formation in extremely halophilic bacteria. Archiv für Mikrobiologie. 1972;84(4):339-49.

34. GHasemi H. Glycerol production by Dunaliella algae, A thesis presented to the Tarbiyat Modarres University: Tarbiat Modarres University; 1999.

35. Nikoukar K, Moradshahi A, Kharati M. Influencer Of Salinity On The Growth, Pigmentation And Ascorbate Peroxidase Activity Of Dunaliella salina Isolated From Maharlu Salt. 2004.

36. Hashemi SA, Pajoum shariati f, Delavari Amrei H, Heydarinasab A. Growth Pattern and β-Carotene Production of Dunaliella salina Cells in Different Salinities. Journal Of Food Technology And Nutrition. 2019;16(4 (64) #b00612):-.

37. Tammam AA, Fakhry EM, El-Sheekh M. Effect of salt stress on antioxidant system and the metabolism of the reactive oxygen species in Dunaliella salina and Dunaliella tertiolecta. African Journal of Biotechnology. 2011;10(19):3795-808.

38. Sarmad J, Shariati M, Tafreshi AH. Preliminary Assessment of ÃƒÂŸ-carotene Accumulation in Four Strains of Dunaliella salina Cultivated under the Different Salinities and Low Light Intensity. 2006.

39. Montazeri-Najafabady N, Negahdaripour M, Salehi MH, Morowvat MH, Shaker S, Ghasemi Y. Effects of osmotic shock on production of β-carotene and glycerol in a naturally isolated strain of Dunaliella salina. Journal of Applied Pharmaceutical Science Vol. 2016;8:160-3.

40. Zhu Q-L, Zheng J-L, Liu J. Transcription activation of β-carotene biosynthetic genes at the initial stage of stresses as an indicator of the increased β-carotene accumulation in isolated Dunaliella salina strain GY-H13. Aquatic Toxicology. 2020;222:105472.

41. Xu Y, Ibrahim IM, Wosu CI, Ben-Amotz A, Harvey PJ. Potential of new isolates of Dunaliella salina for natural β-carotene production. Biology. 2018;7(1):14.

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.2.6 ]

# Investigation of the Effects of Saline Stress and Light Intensity on the Growth Rate of *Dunaliella salina* and Its Beta-carotene Content and Physiochemical Characteristics

*Osia Sh[1], Mizani M[2], Zargaraan A[3]*

*1- Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*

*2- *Corresponding author: Professor, Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: m.mizani@srbiau.ac.ir*

3- *Assistant Professor, Department of Food and Nutrition Policy and Planning Research, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

**Received 25 Aug, 2020** **Accepted 16 Dec, 2021**

**Background and Objectives:** *Dunaliella salina* is a unicellular, mobile green alga, which lacks a rigid cell wall. One of the unique characteristics of *Dunaliella salina* is the ability to produce and accumulate high contents of beta-carotene. The aim of the present study was to assess and enhance carotenoid, protein and antioxidant compound production in *Dunaliella salina* cells.

**Materials & Methods:** In this study, *Dunaliella salina* microalga was cultured in modified Johnson culture media under three levels of saline stress (0.5, 1.5 and 2.5 mol) and three levels of light intensity (0,250 and 500 µmol/m$^2$ s) and then effects of the these parameters were investigated.

**Results:** Results showed that increasing the level of saline stress up to 1.5 mol enhanced the cell growth; however, further increases led to decreases in the cell growth rate. The maximum growth rate of *Dunaliella salina* was achieved at 1.5 mol salinity and 500 µmol/m$^2$ s light intensity, which was equal to 36.1 cell/ml and the highest content of carotenoids was 24.9 mg/ml. Furthermore, the highest contents of chlorophyll, antioxidants and proteins were 11.5 mg/g, 25.3% and 62.9%, respectively.

**Conclusion:** Light intensity included more effects on the growth rate and active ingredient content of *Dunaliella salina* than that it included on salinity. Cultivation under high light intensity (500 µmol/m$^2$ s) increased beta-carotene, chlorophyll, protein and antioxidant contents as well as the high cell growth rate. Salinity of 1.5 mol was suggested as the optimum culture media salinity.

**Keywords:** Microalgae, *Dunaliella salina*, Chlorophyll, Protein, Antioxidant, Rheology

[ Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-01-31 ]

[ DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.3.2.6 ]