

## اثرات مزمون آلکیل بنزن سولفونات خطی بر ریز جلبک سبز دریایی *Nannochloropsis oculata*

### چکیده

در این تحقیق به تعیین اثرات مزمون آلکیل بنزن سولفونات خطی (LAS) بر میزان کلروفیل و کاروتینوئید ریز جلبک *Nannochloropsis oculata* پرداخته شده است. نتایج سنجش میزان کلروفیل در ریز جلبک *N. oculata* نشان داد در هر سه دوره ای ابتدایی و میانی و انتهایی اختلاف معنی داری بین تیمارها وجود نداشت ( $P > 0.05$ )؛ اما با مقایسه تیمارها با تیمار شاهد در دوره های ابتدایی، میانی و انتهایی نتایج کاهش در میزان کلروفیل را نشان داد. نتایج سنجش کاروتینوئید نشان داد در هر سه دوره ای ابتدایی، میانی و انتهایی بین میزان کاروتینوئید تیمار اول و تیمار دوم اختلاف معنی دار مشاهده نگردید ( $P > 0.05$ ). سورفاکتانت ها از طریق اختلال در سنتر پروتئین، مانع ساخته شدن کلروفیل در جلبک ها شده و باعث اختلال در فتوسنتز می شوند. احتمالاً علت عدم کاهش معنی دار در میزان کاروتینوئید را بتوان به مقدار پایین LAS و خاصیت آنتی اکسیدانی کاروتینوئید های ریز جلبک *N. oculata* نسبت داد. ریز جلبک ها به تغیرات محیطی از جمله افزایش غلظت سورفاکتانت ها حساسیت زیادی داشته و این تغیرات می تواند باعث ایجاد اختلال در میزان کلروفیل و کاروتینوئید و بسیاری از متابولیسم های سلولی شود؛ بنابراین ضرورت استفاده از سورفاکتانت هایی که دارای سرعت تجزیه پذیری بالاتر و ماندگاری کوتاه تر در طبیعت هستند، امری مهم و قابل توجه به نظر می رسد.

**واژگان کلیدی:** تست مزمون، سورفاکتانت ها، کاروتینوئید، کلروفیل، *Nannochloropsis oculata*

### مقدمه

با توجه به توسعه‌ی فناوری در عصر حاضر، آلودگی‌های بسیار متعدد و متنوعی توسط انسان وارد محیط‌زیست می‌شود. از جمله‌ی این آلودگی‌ها فاضلاب‌های شهری و صنعتی هستند که باعث آلوده کردن آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شوند و درنهایت طیف وسیعی از مواد سمی و غیر سمی را وارد اکوسیستم‌های آبی می‌کنند و در زنجیره غذایی جانوران و موجودات آبزی اختلالاتی را به وجود می‌آورند و سپس با توجه به مصرف این موجودات آبزی توسط انسان، انواعی از بیماری‌ها و اختلالات فیزیولوژیکی در بدن انسان به وجود می‌آید (غلامی و فلاخی، ۱۳۸۷). مصرف گسترده سورفاکتانت‌ها توسط بشر امروزی باعث افزایش چشم‌گیر غلظت این مواد در فاضلاب‌های شهری و صنعتی گردیده است (بابایی و خداب پست، ۱۳۸۹). در حال حاضر عمده‌ترین ترکیب مواد شوینده‌ی آلی آئیونی آلکیل بنزن سولفونات خطی (LAS: Linear Alkyl Benzene Sulphonate) می‌باشد که به دلایل مختلفی از جمله جلوگیری از پدیده کف کردن و جلوگیری از ماندگاری طولانی و... جایگزین آلکیل بنزن سولفونات‌های شاخه‌ای شده‌اند چراکه سرعت تجزیه‌ی آن‌ها سریع‌تر و شدیدتر می‌باشد ( حاجیان نژاد و همکاران، ۱۳۹۰). این آلاینده‌ها و شوینده‌ها با ورود به اکوسیستم‌های آبی، در غلظت‌های بالا باعث مسمومیت و مرگ و میر بسیاری از ماهی‌ها و جلبک‌ها و بسیاری از موجودات آبزی دیگر می‌شوند (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۴). جلبک‌ها و ریز جلبک‌ها به عنوان اولین حلقة‌ی زنجیره‌ی غذایی آب‌ها نیز تحت

محسن مختاریان<sup>۱</sup>

رسول زمانی احمد محمد محدودی<sup>۲\*</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

۲. گروه شیلات و محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

\*مسئول مکاتبات:

rasoolzamani@yahoo.com

کد مقاله: ۱۳۹۷۰۲۰۶۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۱۲

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

تأثیر این آلودگی‌ها قرارگرفته و در بسیاری از موارد آسیب‌های جبران‌ناپذیری را متحمل می‌شوند. ریز جلبک‌ها در اکوسیستم‌های دریایی اساس زنجیره‌ی غذایی را تشکیل می‌دهند و در آبزی‌پروری نیز به عنوان غذای زنده برای رشد زئوپلانکتون‌ها مانند روتیفر و نرم‌تنان و میگو و همچنین در کارگاه‌های تکثیر لارو ماهیان دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Barbosa, 2003). یکی از جنس‌های ریز جلبک‌های موجود در محیط‌زیست دریا *Nannochloropsis* می‌باشد که شش گونه آن شناسایی شده است (Fawley and Fawley, 2007). به دلیل یوری-Halین و یوری‌ترمیک بودن گونه‌های موجود در این جنس، می‌توان آن‌ها را در آب‌های شور و لب‌شور و شیرین پرورش داد (Chiu et al., 2009). در زمینه تولید سوخت زیستی از این ریز جلبک‌ها نیز مطالعاتی انجام شده است (Brown, 2002). ریز جلبک Abu- (EPA:Eicosapentaenoic acid) می‌باشد (Rezq et al., 1999; Chini-Zitelli et al., 1999; Sukenik, 1999; Rocha et al., 2003) برای تأمین رنگ‌دانه‌های مانند آستاگرانتین، کانتاگرانتین و ... می‌باشد (Rocha et al., 2003). ریز جلبک *Nannochloropsis* از جمله ریز جلبک‌های سبز است که به منظور ایجاد شرایط محیطی مطلوب و یا به عنوان آب سبز در کارگاه‌های تکثیر لارو ماهیان دریایی و همچنین در پرورش روتیفر به عنوان غذای روتیفر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Fulks and Main, 1991; Lubzens et al., 1995). رنگیزهای جلبک ها شامل کلروفیل‌ها، کاروتینوئیدها و ... می‌باشد. کلروفیل رنگ‌دانه سبز موجود در گیاهان است که به جذب نور خورشید و تبدیل آن به انرژی کمک می‌کند. کاروتینوئیدها گروه مهمی از رنگیزهای هستند که درون کلروپلاست گیاهان، جلبک‌ها و بعضی باکتری‌ها وجود دارند (سلمانی نژاد، ۱۳۹۴). کاروتینوئیدها علاوه بر اینکه رنگ‌دانه‌های طبیعی تولید می‌کنند، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی نیز می‌باشند. جانوران و انسان توانایی ساخت کاروتینوئیدها را ندارند و برای تأمین کاروتینوئید موردنیازشان، باید آن را از رژیم غذایی به دست آورند. البته بعضی از سخت‌پوستان قادر هستند بتاکاروتون و زیگرانتین را به صورت مستقیم به آستاگرانتین تبدیل کنند (فائقی و همکاران، ۱۳۹۱). ریز جلبک *N. oculata* از لحاظ رده-بندی جزء جلبک‌های یوستیگماتوفیسیه می‌باشد (Hibberd, 1981) که این گونه شاخص‌ترین گونه در بین گونه‌های جنس *Nannochloropsis* می‌باشد (Fawley and Fawley, 2007). همه‌ی گونه‌ها تک‌سلولی و غیر متحرک هستند چراکه تازک مشخصی ندارند. علت انتخاب این ریز جلبک اندازه‌ی بسیار کوچک آن (۴-۲ میکرون) و کاربرد بسیار آن در کارگاه‌های تکثیر لارو ماهیان دریایی بود. با توجه به اینکه در داخل کشور تاکنون هیچ مطالعه‌ای در مورد تأثیر سورفاکтанتها بر ریز جلبک‌ها، از جمله *N. oculata* انجام نشده است لذا بررسی اثرات مژمن آلکیل بنزن سولفونات خطی (LAS) بر میزان کلروفیل و کاروتینوئید ریز جلبک *N. oculata* مهم می‌باشد که در این مطالعه به آن پرداخته شده است.

## مواد و روش‌ها

برای به دست آوردن ذخیره‌ی اولیه ریز جلبک *N. oculata* جهت انجام آزمایش‌های لازم، پرورش جلبک موردنظر در ارلن مایرهای ۴ لیتری با محیط کشت کانوی (AL-Ansari, 2007) در شوری ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر انجام گردید. کشت‌ها در یک محیط کنترل شده در دمای ۲۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی پرورش داده شدند (Nichols, 1973) و برای تأمین نور موردنیاز از ۴ عدد لامپ مهتابی در اندازه بزرگ استفاده شد.

آزمایش با ۲ تیمار اصلی و یک تیمار شاهد انجام شد. نمونه‌ی شاهد (کنترل) عاری از هرگونه ماده‌ی سمی بود. برای انجام تست مژمن از ۰/۲ و ۰/۳ میزان (Half maximum effective concentration) EC<sub>50</sub> بدست‌آمده برای آلکیل بنزن سولفونات استفاده شد. در این تحقیق به دلیل اینکه EC<sub>50</sub> برابر با ۳ میلی‌گرم بر لیتر بود؛ از غلظت‌های ۰/۶ و ۰/۹ میلی‌گرم بر لیتر آلکیل بنزن سولفونات (ساخت شرکت هک) به منظور

بررسی اثرات بر ریز جلبک *N. oculata* استفاده شد. به طور کلی آزمایش با ۳ تیمار و ۳ تکرار در ۹ عدد ارلن مایرهای ۲۵۰ میلی‌لیتری انجام گردید. مدت زمان بررسی اثرات مزمن ۱۴ روز در نظر گرفته شد. برای تجزیه و تحلیل پاسخ رشد ریز جلبک *N. oculata* پس از اضافه سازی غلظت‌های موردنظر، شمارش ریز جلبک به وسیله‌ی لام هماسایتومتری و میکروسکوپ نوری انجام گرفت (Martinez and Chakroff, 1975). شمارش ریز جلبک در طول دوره‌ی کشت هر روز در یک ساعت مشخص انجام گرفت.

به منظور سنجش کلروفیل و کاروتینوئید نمونه‌ها، نمونه‌برداری در سه دوره ابتدایی، میانی و انتهایی انجام گرفت که هر کدام از نمونه‌برداری‌ها با فاصله‌ی ۳ روز انجام گرفت. بدین منظور از درون ارلن‌های محتوی جلبک موردنظر مقدار ۱۰ میلی‌لیتر نمونه به وسیله‌ی پیپت برداشته شده و نمونه با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ فیلتر شد و پس از گذاشتن کاغذ صافی درون لوله فالکون، به میزان ۱۰ میلی‌لیتر استون اضافه کرده و با همزن شیشه‌ای به میزان کافی کوبیده شد و سپس به مدت ۲ الی ۵ دقیقه عملیات تکان دادن نمونه‌ها انجام می‌شد. در ادامه لوله‌های فالکون در فریزر و محیط تاریک به مدت ۲ ساعت نگهداری شده و سپس ۲۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ و درنهایت بعد از انجام تمامی این مراحل اندازه‌گیری کلروفیل به وسیله‌ی دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل 3900 DR) ساخت شرکت هک، کشور آلمان) انجام شد. برای اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتینوئید، میزان جذب به وسیله‌ی دستگاه اسپکتروفوتومتر در چهار طول موج ۶۶۴، ۶۴۷، ۴۸۰ و ۷۵۰ نانومتر برای کلروفیل قرائت گردید و سپس با استفاده از رابطه زیر، میزان کلروفیل اندازه‌گیری شد (Jeffrey and Humphrey, 1975).

$$\text{Chlorophyll a} = (11.85 * (\text{E664-E750}) - 1.54 * (\text{E647-E750}) - 0.08 * (\text{E630-E750})) * \text{Ve/L} * \text{Vf}$$

در این رابطه، L = بیانگر خط سیرکوت به سانتیمتر، Vf = بیانگر حجم آب فیلتر شده به لیتر و Ve = برابر با حجم عصاره به میلی‌لیتر می‌باشد. تمامی غلظت‌ها در واحد میلی‌گرم در مترمکعب است.

برای اندازه‌گیری کاروتینوئید میزان جذب در دو طول موج ۴۸۰ و ۵۱۰ نانومتر قرائت شد و سپس با استفاده از فرمول زیر میزان کاروتینوئید محاسبه گردید (Strickland and Parsons 1968).

$$\text{Total carotenoid} = 4.0 * (\text{E480-E750}) * \text{Ve/L} * \text{Vf} \text{ if predominantly chlorophytes or cyanobacteria}$$

L = خط سیرکوت به سانتیمتر

Vf = حجم آب فیلتر شده به لیتر

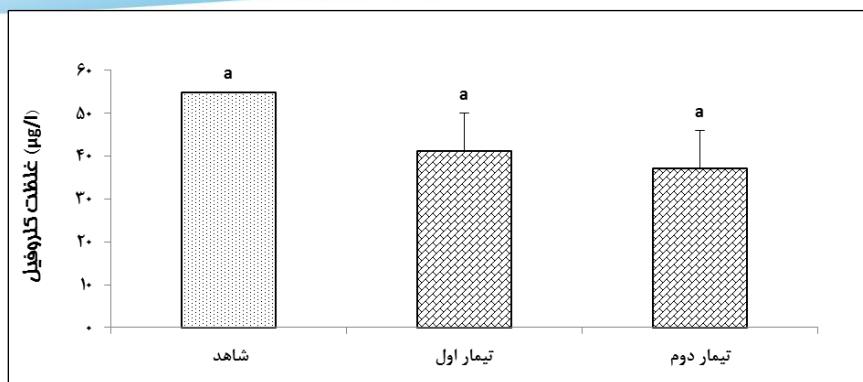
Ve = حجم عصاره به میلی‌لیتر

غلظت‌ها در واحد میلی‌گرم در مترمکعب است.

جهت انجام آنالیزهای آماری از نرم‌افزارهای اکسل ۲۰۱۳ و SPSS ویرایش شانزدهم استفاده گردید. از آزمون‌های t test و one sample برای مقایسه بین تیمارها و همچنین تیمارها با شاهد استفاده شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳ استفاده گردید.

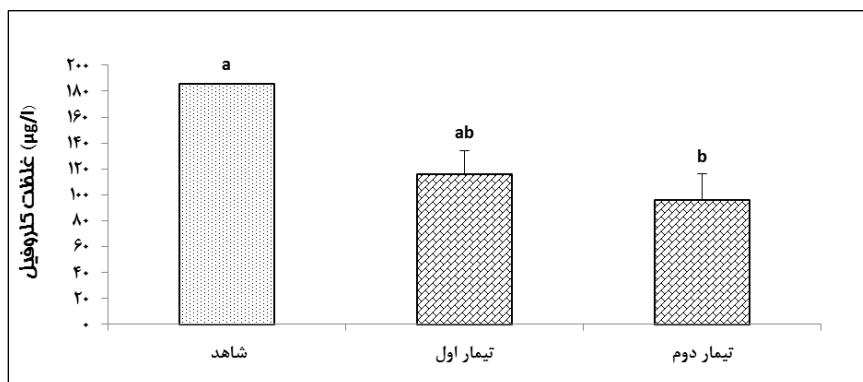
## نتایج

در شکل‌های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب نتایج اثرات آلکیل بنزن سولفونات خطی بر میزان کلروفیل در دوره‌های ابتدایی و میانی و انتهایی نمایش داده شده است. اطلاعات به دست‌آمده نشان می‌دهد که میزان کلروفیل اندازه‌گیری شده در تیمارهای هر دوره (ابتدایی، میانی و انتهایی) نسبت به میزان کلروفیل اندازه‌گیری شده در نمونه شاهد در همان دوره، کمتر بوده است.



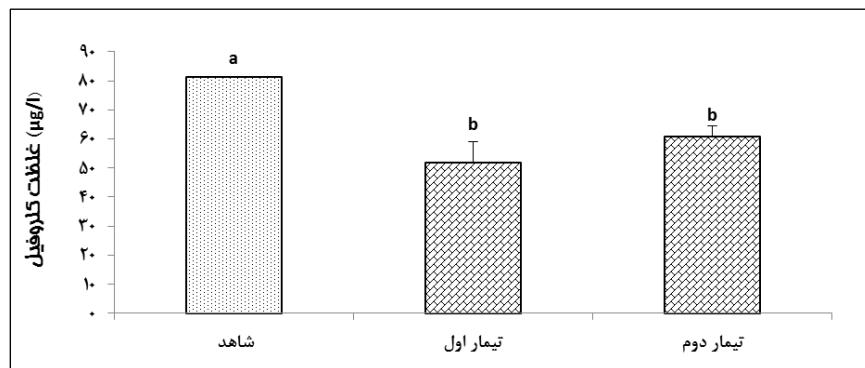
شکل ۱: مقایسه محتوای کلروفیل (میانگین ± خطای استاندارد) در نمونه شاهد ریز جلبک سبز دریایی با تیمارها در دوره ابتدایی.

در دوره ابتدایی اختلاف معنی‌داری در میزان کلروفیل تیمار یک و دو ( $0/6$  و  $0/9$  بی‌بی‌ام آکیل بنزن سولفونات خطی) مشاهده نگردید ( $P>0/05$ ، همچنین نتایج آزمون one sample نشان داد بین میزان کلروفیل تیمار اول و دوم در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ( $P>0/05$ ) (شکل ۱).



شکل ۲: مقایسه محتوای کلروفیل (میانگین ± خطای استاندارد) در نمونه شاهد ریز جلبک سبز دریایی با تیمارها در دوره میانی.

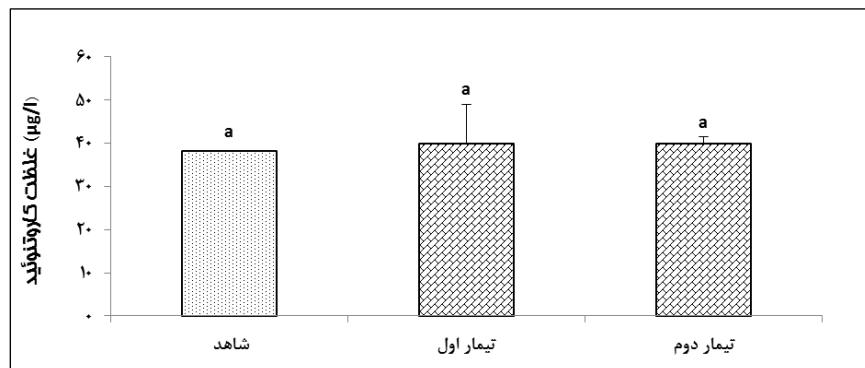
در دوره میانی اختلاف معنی‌داری در میزان کلروفیل تیمار یک و دو مشاهده نگردید ( $t$  test,  $P>0/05$ ). همچنین نتایج آزمون one sample نشان داد بین میزان کلروفیل تیمار اول در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ( $P>0/05$ ، ولی بین میزان کلروفیل تیمار دوم و گروه شاهد اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده گردید ( $P<0/05$ ) (شکل ۲).



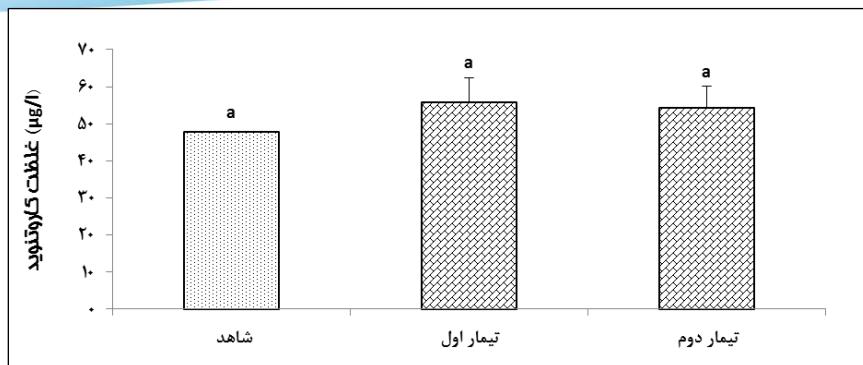
شکل ۳: مقایسه محتوای کلروفیل (میانگین  $\pm$  خطای استاندارد) در نمونه شاهد ریز جلبک سبز دریایی با تیمارها در دوره انتهایی.  
*Nannochloropsis oculata*

با توجه به شکل ۳ در دوره انتهایی اختلاف معنی‌داری در میزان کلروفیل تیمار یک و دو مشاهده نگردید ( $t$  test,  $P > 0.05$ ). نتایج آزمون one sample نشان داد بین میزان کلروفیل تیمار اول در مقایسه با شاهد و همچنین بین میزان کلروفیل تیمار دوم و گروه شاهد اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد ( $P < 0.05$ ).

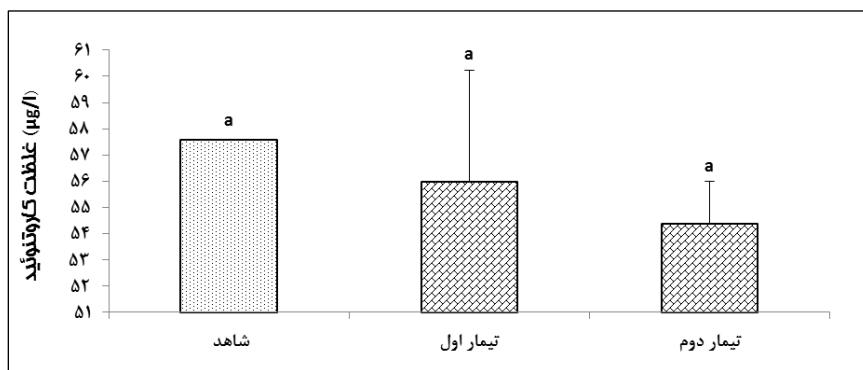
نتایج آزمایش‌های حاضر که بر روی تأثیر آلکیل بنزن سولفونات خطی بر میزان کاروتونوئید ریز جلبک *N. oculata* در سه دوره ابتدایی، میانی و انتهایی انجام گردید، در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ نمایش داده شده است.



شکل ۴: مقایسه محتوای کاروتونوئید (میانگین  $\pm$  خطای استاندارد) در نمونه شاهد ریز جلبک سبز دریایی با تیمارها در دوره ابتدایی.  
*Nannochloropsis oculata*



شکل ۵: مقایسه محتوای کاروتینوئید (میانگین  $\pm$  خطای استاندارد) در نمونه شاهد ریز جلبک سبز دریایی *Nannochloropsis oculata* با تیمارها در دوره میانی.



شکل ۶: مقایسه محتوای کاروتینوئید (میانگین  $\pm$  خطای استاندارد) در نمونه شاهد ریز جلبک سبز دریایی *Nannochloropsis oculata* با تیمارها در دوره انتهایی.

در هر سه دوره ابتدایی، میانی و انتهایی در میزان کاروتینوئید تیمار اول و تیمار دوم اختلاف معنی دار آماری مشاهده نگردید ( $P > 0.05$ ). همچنین با استفاده از آزمون one sample مشخص گردید که در هر سه دوره ابتدایی، میانی و انتهایی در میزان کاروتینوئید تیمار اول و گروه شاهد و همچنین میزان کاروتینوئید تیمار دوم در مقایسه با گروه شاهد اختلاف معنی داری وجود ندارد ( $P > 0.05$ ) (شکل های ۴، ۵ و ۶).

## بحث و نتیجه گیری

نتایج حاضر نشان می دهد باگذشت زمان، تأثیر آلکیل بنزن سولفونات های خطي بر میزان کلروفیل ریز جلبک *N. oculata* بیشتر شده و میزان کلروفیل ریز جلبک موردمطالعه در مقایسه با تیمار شاهد روند کاهشی پیدا می کند. این کاهش میزان کلروفیل منطقی به نظر می رسد؛ زیرا احتمالاً در شرایط تنفس، تغییرات در ترکیب کلروفیل جلبک یک پدیده شایع می باشد، همان طور که در مطالعات گذشته اشاره شده است مواد شوینده از طریق اختلال در سنتر پروتئین، مانع سنتر کلروفیل در ریز جلبک *Scenedesmus quadricauda* می شوند (Chawla *et al.*, 1987). همچنین مواد شوینده می توانند بر ترکیب رنگدانه ها، تخریب مولکول های رنگدانه ها و مهار بیوستزر آن ها، تأثیرگذار باشند (Azizullah *et al.*, 2011). برخی از گونه های *Dunaliell* در حضور سورفاکтанت ها و یا دیگر آلاینده ها گونه های فعال اکسیژن مانند سوپر

اکسید(O<sub>2</sub>)، اکسیژن مجزا یا منفرد (O<sub>2</sub>) و پراکسید هیدروژن (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) تولید می‌کند (Haghjoua *et al.*, 2009) که به طور جدی از طریق آسیب اکسیداتیو به لیپید غشاء، پروتئین‌ها، رنگدانه‌ها و اسیدهای نوکلئیک، متابولیسم طبیعی سلول را مختلف می‌کند (Posmyk *et al.*, 2009). همچنین تأثیرات آلاینده‌های دیگر بر ریز جلبک‌ها نیز تا حدودی با مطالعه‌ی حاضر همخوانی دارد. نتایج سنجش کاروتونوئید نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌دار آماری بین تیمارها و گروه شاهد وجود ندارد. احتمالاً علت این عدم کاهش معنی‌دار در میزان کاروتونوئید را بتوان به مقدار پایین غلظت آلکیل بنزن سولفونات خطی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی کاروتونوئیدهای ریز جلبک *N. oculata* نسبت داد. به طور کلی، مطالعات انجام شده اثرات و نتایج متنوع و متفاوتی در سمیت مواد شوینده و سورفاکтанت‌های مختلف بر ارگانیسم‌های گوناگون، نشان می‌دهد. به عنوان مثال طی مطالعه‌ی که Liu و Wu (۲۰۱۸) بر سمیت (LAS) بر گیاه غوطه‌ور در آب *Chara vulgaris* L. کار کردند، اذعان داشتند که افزایش میزان کاروتونوئید در *C. vulgaris* ممکن است بخشی از استراتژی گیاهان برای مقاومت در برابر اثرات سمی رادیکال‌های آزاد تولید شده تحت استرس LAS باشد. نتایج مطالعات گذشته نشان می‌دهد با افزایش مدت زمان درم عرض قرار گیری، تحرک، گرانشی، فشرده‌سازی سلول و فتوسنتز، علائمی از بازیابی و ترمیم را نشان می‌دهند (اگرچه الگوی بازیابی برای پارامترهای مختلف متفاوت بود؛ به عنوان مثال، روند بازیابی در تحرک پس از ۶ ساعت مشاهده شد، در حالی که روند بازیابی و بهبود در فتوسنتز پس از ۷۲ ساعت مشاهده شد). این پدیده را می‌توان با قابلیت انبساط و سازش *Euglena* با افزایش مدت زمان قرار گرفتن در شرایط تنفس مرتبط دانست، همچنان این پدیده در برخی از مطالعات قبلی نیز گزارش شده است (Mikolajczyk and Diehn, 1978; Danilov and Ekelund, 2002).

برخی از مطالعات نشان داده‌اند هنگامی که ریز جلبک‌ها در معرض آلاینده‌هایی دیگر از جمله فلزات سنگین قرار می‌گیرند میزان کلروفیل روند رو به افزایشی را نشان می‌دهد. طی مطالعه‌ی الوردی و همکاران که در سال ۱۳۹۰ در رابطه با استفاده از محتوای کلروفیل جلبک‌های *Ulva* و *Sargassum angustifolium* و *intestinalis* به عنوان شاخص زیستی آلوگی فلزی انجام دادند، مشخص گردید که همبستگی بالای بین غلظت نیکل و غلظت کلروفیل a و بین غلظت سرب و غلظت کلروفیل‌های a و b در جلبک *U. intestinalis* وجود دارد. این امر بدین معناست که با افزایش غلظت نیکل و سرب در جلبک *U. intestinalis*، مقدار کلروفیل‌های a و b نیز افزایش می‌یابد که این افزایش امری غیرطبیعی و دور از انتظار است، زیرا مقداری بالای این دو عنصر اثرات منفی زیادی به دنبال دارد. احتمالاً بتوان وجود این همبستگی مثبت و بالا را به مقاومت بالای این جلبک در برابر تجمع غلظت‌های بالای فلزات سنگین نسبت داد (الوردی و همکاران ۱۳۹۰). نتایج پژوهش Muwafq و Bernd (۲۰۰۶) نشان داد افزایش غلظت عنصر روی تا ۹۰۰ میلی‌گرم در لیتر و افزایش غلظت منگنز تا ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر، به صورت معنی‌داری باعث بهبود ویژگی‌های زیستی مانند رشد ویژه، تراکم جمعیت، کلروفیل a و مقدار کل کاروتونوئید در جلبک *S. quadricauda* می‌گردد (Muwafq and Bernd, 2006).

از مطالعات انجام شده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که سورفاکتانت‌ها اثرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مختلفی دارد. با این حال، نتایج با گونه‌های جلبکی منفرد نمی‌تواند به جلبک‌های دیگر در محیط‌های آبری تعمیم داده شود، همان‌طور که مطالعات قبلی نیز به این نتیجه رسیدند که مسمومیت سورفاکتانت‌ها برای همه‌ی جلبک‌ها به یک مقدار نیست (حساسیت دو جلبک مختلف، به یک ماده‌ی سمی متفاوت است)، بنابراین نیاز به مطالعات و بررسی‌های بیشتری در این زمینه است. با توجه به ساختار میکروسکوپی ریز جلبک‌ها و همچنین با توجه به اینکه ریز جلبک‌ها اولین حلقه‌ی زنجیره‌ی غذایی آب‌ها را تشکیل می‌دهند، بنابراین به تغییرات محیطی حساسیت زیادی داشته و این تغییرات می‌تواند باعث ایجاد اختلال در رشد، میزان کلروفیل و کاروتونوئید سلول شود. از طرف دیگر با توجه به افزایش مقدار شوینده‌ها در رودخانه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها، ضرورت استفاده از شوینده‌هایی که دارای سرعت تجزیه‌پذیری بالاتر و ماندگاری کوتاه‌تر در طبیعت هستند، امری مهم و قابل توجه به نظر می‌رسد.

**سپاسگزاری**

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه شهرکرد انجام شده است.

**منابع**

- اله وردی، م.، سهراب، ع. د.، صفاهیه، ع. رو. و سواری، ا.، ۱۳۹۰. استفاده از محتوای کلروفیل جلبک‌های *Sargassum* و *Ulva intestinalis* به عنوان شاخص زیستی آلدگی فلزی. مجله علوم و فنون دریابی، دوره ۱۰، شماره ۴، صفحات ۶۶-۵۶.
- بابائی، ه. و خدایبرست، ح.، ۱۳۸۹. بررسی و تعیین غلظت آلدگی شوینده آلکیل بنزن سولفونات خطی در آب رودخانه سفیدرود (استان گیلان). مجله علوم آذربایجان، سال اول، شماره سوم، صفحات ۴۵-۳۵.
- حاجیان نژاد، م.، گودرزی، ب.، طاهری، ا. و حمید دستجردی، م.، ۱۳۹۰. بررسی غلظت الکیل بنزن سولفونات خطی در رودخانه زایند هرود و چاههای حاشیه آن در سال ۱۳۸۶. مجله تحقیقات نظام سلامت، سال هفتم، شماره ششم، ویژه‌نامه بهداشت، صفحات ۸-۱.
- سلمانی نژاد، م.، ۱۳۹۴. تأثیر محیط کشت و شدت نور بر رشد و کاروتینوئیدهای جلبک *Dunaliella salina* دریاچه ارومیه. مجله پژوهش‌های گیاهی (زمست‌شناسی ایران)، شماره ۴، جلد ۲۸، صفحات ۷۸۲-۷۷۱.
- شاهسونی، د.، مهری، م. و بیجارچی، ا.، ۱۳۸۴. بررسی تأثیر آلکیل بنزن سولفونات خطی (LABS) بر برخی از پارامترهای بیوشیمیایی سرم خون ماهی قرمز (*Carassius auratus*). مجله علمی شیلات ایران، سال چهاردهم، (شماره ۲)، صفحات ۵۷-۵۱.
- غلامی، م. و فلاحتی، م.، ۱۳۸۷. بررسی میزان انتقال انفرادی و مخلوط فلزات سنگین مس و کادمیوم باشوینده Linear Alkyl Sulfonate در زنجیره غذایی بچه ماهی سفید یک گرمی (*Rutilus frisii kutum*), مجله دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی، شماره ۴، سال دوم، صفحات ۲۱-۱۵.
- قائeni، م.، سید هشتودی، م.، قادری، ف. و رومیانی، ل.، ۱۳۹۱. بررسی کلروفیل a و کاروتینوئیدها در ریز جلبک اسپیروولینا، مجله علمی پژوهشی زیست‌شناسی دریا دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال سوم، شماره چهاردهم، صفحات ۷۳-۶۷.
- کیانی، س.، فرهادیان، ا. و محبوبی صوفیانی، ن.، ۱۳۹۳. تأثیر فلزهای سنگین (کادمیوم، مس، سرب، نیکل) بر کلروفیل a و زیست‌توده جلبک سبز (*Scenedesmus quadricauda*) علوم و فنون شیلات ۳: صفحات ۷۸-۶۷.
- Abu-Rezq, T. S., Al-Musallam, L., Al-Shimmar, J. and Dias, P., 1999.** Optimum production conditions for different high-quality marine algae. *Hydrobiologia*, 40(3): 97–107.
- Azizullah, A., Richter, P. and Häder, D.P. 2011.** Toxicity assessment of a common laundry detergent using the freshwater flagellate *Euglena gracilis*. *Chemosphere*, 84: 1392–1400.
- Barbosa, M. J. G. V., 2003.** Microalgal photobioreactors: scale-up and optimisation. Ph.D. Thesis, Wageningen University, Wageningen, Netherlands.
- Baumann, H. A., Morrison, L. and Stengel, D. B., 2009.** Metal accumulation and toxicity measured by PAM-Chlorophyll fluorescence in seven species of marine macroalgae. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72: 1063–1075.
- Brown, M. R., 2002.** Nutritional value of microalgae for aquaculture. Quintana Roo, México.
- Chawla, G., Viswanathan, P. N. and Devi, S., 1987.** Biochemical studies on the toxicity of linear alkylbenzene sulphonate to *Scenedesmus quadricauda* in culture. *Environmental and Experimental Botany*, 27: 311–319.
- Chini-Zitelli, G., Lavista, F., Bastianini, A., Rodolfo, L., Vincenzini, M. and Tredici, M.R, 1999.** Production of eicosapentaenoic acid by *Nannochloropsis* sp. cultures in outdoor tubular photobioreactors. *Journal of Biotechnology*, 70: 299-312.
- Chiu, S. Y., Kao, C. Y., Tsai, M. T., Ong, S. C., Chen, C. H. and Lin, C. S., 2009.** Lipid accumulation and CO<sub>2</sub> utilization of *Nannochloropsis oculata* in response to CO<sub>2</sub> aeration. *Bioresource Technology*, 100: 833- 838.
- Danilov, R. A. and Ekelund, N. G. A., 2002.** Effects of short-term and long-term aluminium stress on photosynthesis, respiration, and reproductive capacity in a unicellular green flagellate (*Euglena gracilis*). *Acta Hydrochim. Hydrobiologia*, 30: 190–196.

- Fawley, K. P. and Fawley, M. W., 2007.** Observations on the diversity and ecology of Freshwater *Nannochloropsis* (Eustigmatophyceae), with descriptions of new taxa. *Protist*, 158: 325-336.
- Fulks, W. and Main, K. L, 1991.** Rotifer and Microalgae Culture Systems. Proceedings of a U.S.-Asia Workshop. Honolulu, Hawaii. 28-31, 364 pp.
- Haghjoua, M. M., Shariatia, M. and Smirnoff, N., 2009.** The effect of acute high light and low temperature stresses on the ascorbate-glutathione cycle and superoxide dismutase activity in two *Dunaliella salina* strains. *Physiologia Plantarum*, 135: 272-280.
- Hibberd, D. J., 1981.** Notes on the taxonomy and nomenclature of the algal classes Eustigmatophyceae and Tribophyceae (synonym Xanthophyceae). *Journal of the Linnean Society of London, Botany*. 82: 93-119.
- Jeffrey, S. W. and Humphrey, G. F., 1975.** New Spectrophotometric Equations for determining chlorophylls a, b, c<sub>1</sub> and c<sub>2</sub> in Higher Plants, Algae and Natural Phytoplankton. *Biochemie und Physiologie der Pflanze*, 167: 191-194.
- Küpper, H., Küpper, F. and Spiller, M., 1996.** Environmental relevance of heavy metals substituted chlorophylls using the example of water plants. *Journal of Experimental Botany*, 47: 259-266.
- Liu N. and Wu Z., 2018.** Toxic effects of linear alkylbenzene sulfonate on *Chara vulgaris* L. *Environmental Science and Pollution Research*, 25: 4934-4941.
- Lubzens, E., Gibson, O., Zmora, O. and Sukenik, A., 1995.** Potential advantages of frozen algae (*Nannochloropsis* sp.) for rotifer (*Brachionus plicatilis*) culture. *Aquaculture*, 133: 295-309.
- Martinez, M. P. and Chakroff, J. B. P., 1975.** Direct phytoplankton counting technique using the hemacytometer. *Philippine Agriculture Science*, 59: 43-50.
- Mikolajczyk, E. and Diehn, B., 1978.** Morphological alteration in *Euglena gracilis* induced by treatment with CTAB (Cetyltrimethylammonium bromide) and Triton X-100: correlations with effects on photophobic behavioral responses. *The Journal of Protozoology*, 25: 461-470.
- Muwafq, M. and Bernd, M., 2006.** Toxicity of heavy metals on *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) deBrébisson in Batch Cultures (7 pp). *Environmental Science and Pollution Research*, 13: 98-104.
- Nichols, H. W., 1973.** Growth media – freshwater. In: Stein, JR. (Editor), *Handbook of Phycological Methods–Culture Methods and Growth Measurements* Cambridge University Press Cambridge. 7-24.
- Posmyk, M. M., Kontek, R. and Janas, K. M., 2009.** Antioxidant enzymes activity and phenolic compounds content in red cabbage seedlings exposed to copper stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72: 596-602.
- Rocha, J. M. S., Garcia, J. E. C. and Henriques, M. H. F., 2003.** Growth aspects of the marine microalga *Nannochloropsis gaditana*. *Biomolecular Engineering*, 20: 237-242.
- Strickland, H. and Parsons, P., 1968.** Spectrophotometric Determination of chlorophylls and total carotenoids. Pp. 185-206. In: *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Fisheries Research Board of Ottawa.
- Sukenik, A., 1999.** Production of eicosapentaenoic acid by the marine eustigmatophyte *Nannochloropsis*. In *Chemicals from microalgae*, (Cohen, Z., ed.). pp. 41-56. London, Taylor & Francis Ltd.

