اثرات کمبود نیتروژن و شدت نور بر روی ترکیب اسید چرب جلبک *Chaetoceros calcitrans*

مهسا اکبرنژاد[۱]، هومن رجبی اسلامی[۱*]، مهران جواهری بابلی[۲]، مهدی شمسایی مهرجان[۱]، یوسف فیلی زاده[۳]

۱- گروه شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، صندوق پستی: ۱۴۵۱۵/۷۷۵، تهران، ایران

۲- گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۳- گروه کشاورزی، دانشکده زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۲۰

چکیده

دیاتومه‌های دریایی منابع مهمی از چربی و اسیدهای چرب هستند که برای آبزی پروری و جایگزینی منابع انرژی مورد توجه قرار گرفته‌اند. پژوهش حاضر به بررسی تاثیر محدودیت نیتروژن و شدت نور محیط کشت بر ترکیب اسید چرب *Chaetoceros calcitrans* پرداخت. جلبک‌ها برای این منظور در ۴ تیمار نیتروژنی (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیتروژن) و شدت نور (۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ میکرومول فتون بر مترمربع در ثانیه) در ارلن‌های یک لیتری پرورش داده شدند. نمونه‌برداری جهت تعیین ترکیب اسیدهای چرب از طریق برداشت در ابتدای فاز سکون و با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی صورت گرفت. نتایج نشان داد که مجموع اسیدهای چرب اشباع، C۱۴:۰ (اسید میریستیک)، C۱۶:۰ (اسید پالمیتیک) و اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه، C۱۶ :۱n-۷ (اسید پالمیتولئیک)،C۱۶ :۱n-۹ (اسید هگزادکنوئیک) و C۱۸ :۱n-۹ (اسید اولئیک) با افزایش غلظت نیتروژن محیط کشت کاهش معنی‌دار پیدا نمودند (P≤۰/۰۵). اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه و همینطور اسیدهای چرب EPA و DHA با افزایش غلظت نیتروژن افزایش یافتند.اسیدهای چرب اشباع، C۱۶:۰ (اسیدپالمیتیک)، C۱۸:۰ (اسید استئاریک) و اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه و C۱۶ :۱n -۷ با افزایش شدت نور، افزایش معنی‌داری پیدا نمودند (P≤۰/۰۵). میزان اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه با افزایش شدت نور تغییر معنی‌داری را نشان ندادند. همچنین میزان اسیدهای چربDHA با افزایش شدت نور تغییرات معنی‌داری را نشان نداد اما میزانEPA افزایش معنی‌داری را در تیمار ۲۴۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه نسبت به ۲ شدت نور دیگر (۸۰ و ۱۶۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه) نشان داد.نتایج کلی نشان داد که اسیدهای چرب غیراشباع با افزایش میزان نیتروژن محیط کشت افزایش پیدا نمود ولی با افزایش شدت نور این گروه از اسیدهای چرب افزایش پیدا نکردند. همچنین با افزایش غلظت نیتروژن اسیدهای چرب اشباع کاهش و با افزایش شدت نور اسیدهای چرب اشباع افزایش پیدا نمودند.

کلمات کلیدی: نیتروژن، شدت نور، اسید چرب،جلبک *Chaetoceros calcitrans*.

* عهده‌دار مکاتبات (✉) rajabi.h@srbiau.ac.ir

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-07-27]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.2.9]

مقدمه

ریزجلبک‌های تک سلولی به عنوان مهم‌ترین منبع تامین‌کننده انرژی به ویژه در مراحل اولیه لاروی آبزیان از جایگاه ویژه‌ای در تغذیه برخوردار هستند (خلیل پذیر و همکاران، ۱۳۹۶). ریزجلبک‌ها بدلیل داشتن رنگدانه، ویتامین، اسیدهای چرب و پروتئین از اهمیت غذایی بالایی برخوردار بوده از این‌رو نقش کلیدی در امر آبزی پروری را ایفا می‌کنند (غریب نیا و همکاران،۱۳۹۷). جلبک‌های تک سلولی دریایی از جمله دیاتومه‌ها منبع غنی از پروتئین، چربی، کربوهیدرات و ویتامین‌هایی نظیر A، B، C، E، اسیدفولیک و اسید پانتوتنیک می‌باشند (Becker, 2007). این جلبک‌ها می‌توانند غذای با کیفیتی را به عنوان منبع غذایی برای انواع زئوپلانکتون‌ها و لارو آبزیان تامین نمایند (Banerjee *et al.*, 2011؛ Khatoon *et al.*, 2009, 2012). به علاوه دیاتومه‌ها، به عنوان منابع تولید سوخت زیستی هم مورد توجه قرارگرفتند (Yodsuwan *et al.*,2017).

اسیدهای چرب بلند زنجیره امگا ۳ از جمله EPA و DHA از مهمترین مواد مغذی هستند که از ریزجلبک‌ها و گونه‌های آبزی انتقال داده می‌شود (Miller *et al.*,2012). مهره‌داران ظرفیت محدودی برای تولید اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه امگا ۳ دارند، بنابراین نیازمند تامین آنها از منابع غذایی دارند تا بتوانند عملکرد اندام‌هایی مثل مغز، چشم را بهبود بخشند (Stillwell *et al.*,2003). بنابراین دانستن چگونگی ذخیره ریزجلبک‌ها و بیوسنتز اسیدهای چرب به خصوص اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه بسیار مهم است بوده و از نکات مهم در استفاده از آنها می‌باشند (Alonso *et al.*,2000).

جلبک *C. calcitrans* به عنوان مهمترین دیاتومه مورد استفاده در کارگاه‌های تکثیر میگو مورد توجه قرارگرفته تا انرژی و مواد مغذی لازم برای رشد لاروها و ناپلی‌هارا فراهم کند (Raghavan *et al.*, 2008). این گونه دارای میزان بالایی اسید چرب (EPA)، آنتی اکسیدان (ویتامین E) و محرک سیستم ایمنی (ویتامین C و B2) بوده و به دلیل اندازه کوچک (قطر ۲/۵ تا ۶ میکرومتر) برای تغذیه نرم‌تنان، خارپوستان، سخت‌پوستان و برخی زئوپلانکتون‌ها نظیر آرتمیا مناسب است (Brown *et al.*, 1997, 1999؛ Becker, 2004؛ Krichnavarruk *et al.*, 2005؛ Khoi *et al.*, 2006). علاوه بر این جلبک مذکور میزان به نسبت بالایی از چربی (۱۴/۶۰ تا ۱۶/۴۰ درصد) در زی‌توده خشک داشته و حتی قادر به تولید چربی تا ۳۹/۸۰ درصد وزن خشک در شرایط استرسی است که می‌تواند به عنوان ماده خام برای تولید سوخت زیستی استفاده شود (Mata *et al.*, 2010).

جهت افزایش نرخ رشد و ترکیبات مختلف بیوشیمیایی از جمله اسیدهای چرب از علوم مهندسی ژنتیک و متابولیک استفاده می‌شود (پورافراسیابی و همکاران، ۱۳۹۲). بهترین شرایط مورد نیاز کشت در هر گونه جلبک در مهندسی متابولیک از طریق تغییرات فیزیکی مانند دوره نور، شدت نور و شیمیایی مانند نیتروژن، شوری و فسفات محیط کشت به صنعت معرفی می‌شود.

نیتروژن نقش کلیدی در مسیر سنتز ماکرومولکولی ریزموجودات زنده بازی می‌کند که شامل سنتز پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و همینطور اسیدهای چرب می‌باشد (Yodsuwan *et al.*, 2017). کیفیت نور و کمیت نور، مقادیر انرژی قابل دسترس برای فتوسنتز

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-07-27]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.2.9]

جلبک‌ها را برای فعالیت‌های متابولیک فراهم می‌کند (Latasa, 1995).

مطالعات نشان دادند که کمبود نیتروژن و تغییرات شدت نور در محیط‌های کشت می‌تواند بر ترکیبات اسیدهای چرب ریزجلبک‌ها تاثیرات معنی داری را ایفا کند. افزایش اسیدهای چرب اشباع و کاهش اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه با افزایش شدت نور از ۳۷/۵ میکرومول بر مترمربع در ثانیه تا ۱۰۰ میکرومول در مترمربع در ثانیه توسط Amini Khoeyi و همکاران (۲۰۱۲) گزارش شد. همچنین Yodsuwan و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که جلبک‌های کشت داده شده با افزایش سطح نیتروژن در محیط کشت، افزایش اسیدهایی چرب اشباع و کاهش اسیدهای چرب غیراشباع را نشان دادند. تغییرات ترکیب اسید چرب به وسیله عامل شدت نور در پژوهش‌های انجام شده توسط Ying و همکاران (۲۰۰۱) و پورافراسیابی و همکاران (۱۳۹۲) و اثرات محدودیت نیتروژن در محیط کشت در پژوهش Zhu و همکاران (۲۰۱۵) و Flynn و همکاران (۱۹۹۲) گزارش شده‌اند.

علیرغم پژوهش‌های انجام شده در زمینه اثرات محدودیت محیط کشت در انواع جلبک‌ها، هیچ تحقیق مدونی در مورد محدودیت نیتروژنی و نوری در محیط کشت *C. calcitrans* انجام نشده است. هدف از این مطالعه بررسی اثرات کمبود نیتروژن و شدت نور در محیط کشت روی ترکیب اسید چرب جلبک *C. calcitrans* بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی اثر محدودیت نیتروژن و شدت نور بر ترکیب اسید چرب در جلبک *C. calcitrans* صورت گرفت. نمونهٔ خالص جلبک از مرکز جمع آوری کشت ملی جلبک استرالیا (Australian National Algae Culture Collection) تامین و در محیط کنترل شده برای استفاده در رشد یا تکثیر نگهداری گردید. جلبک‌ها به منظور تاثیر محدودیت نیتروژن و شدت نور محیط کشت بر ترکیب اسید چرب در ۴ تیمار نیتروژنی (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیتروژن) و شدت نور (۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه) در ارلن‌مایرهای یک لیتری پرورش داده شدند. روش اجرای مورد استفاده در تلقیح جلبکی محیط کشت F/2 گیلارد بر اساس روش تصحیح شده Klaas و Probert انجام گرفت. در این روش ۱۰۰ میلی لیتر از محیط کشت F/2 که قبلاً آماده شده بود درون ظروف استوانه‌ای با گنجایش ۲۵۰ میلی لیتر با سرپوش چوب پنبه‌ای یا آلومینیومی قرار داده شد (Probert and Klass, 1999). ظرف آماده شده تحت برنامهٔ A با اتوکلاو مورد ضدعفونی میکروبی قرار گرفت. سپس ظروف استوانه‌ای از اتوکلاو خارج و در اتاق جلبک تا صبح سرد شدند. همهٔ ظروف استوانه‌ای با ۱۰ درصد از جلبک خالص *C. calcitrans* تلقیح شدند. محل نگهداری ظروف و وسایل تلقیح با اتانول ۷۰ درصد تمیز شدند. پیپت‌ها و میکروپیپت‌ها همچنین برای ضدعفونی و رفع عوامل میکروبی اتکلاو شدند (Thornton, 2009).

بعضی از عوامل نظیر درجهٔ حرارت در ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد، اسیدیته بین ۷ تا ۹ براساس و شوری بین ۲۰ تا ۳۵ بخش در هزار ثابت نگه داشته شدند (Anonymous, 1991). شدت نور در مرکز ظروف آزمایشگاهی با استفاده از دستگاه پرتابل Watch-Dog light meter (model 200) اندازه‌گیری گردید. طول

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-07-27]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.2.9]

دورهٔ این آزمایش ۳۰ روز و نمونه برداری درابتدای فاز ثابت رشد با بالاترین میزان تراکم جلبک جهت تعیین ترکیب اسید چرب از تیمارهای جلبکی انجام گرفت.

نمونه‌ها بعد از همگن‌سازی در هاون به دقت توزین (۰/۵ گرم) و به لوله آزمایش درب‌پیچ‌دار منتقل شدند تا حلال استخراج کننده (متانول: کلرفرم) به نسبت حجمی ۲:۱ به آنها اضافه گردد (Folch *et al.*, 1957). نمونه پس ازاختلاط با حلال سانتریفیوژ انجام گردید و حلال حاوی چربی را به داخل لوله آزمایشی منتقل گردید که وزن آن قبلا اندازه‌گیری شده بود. این فرآیند یک بار دیگر تکرار گردید و سپس حلال توسط گاز نیتروژن تبخیر کرده و وزن لوله حاوی چربی مجدد اندازه گیری شد تا درصد چربی از اختلاف وزن نهایی و اولیه لوله‌ها محاسبه شود. چربی استخراج شده از نمونه‌ها با افزودن ۳ میلی لیتر هیدروکسید پتاسیم متانولی (۲ مولار) صابونی شد و بعد با افزودن ۵ میلی لیتر اسید سولفوریک متانولی (۲ مولار) به متیل استر تبدیل گردید (Carvalho and Malcata, 2005). متیل استر اسیدهای چربی در یک میلی لیتر هپتان نرمال استخراج و یک میکرولیتر از فاز هپتان نرمال جهت آنالیز پروفیل اسیدهای چرب به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق شد. جهت شناسائی تک تک اسیدهای چرب از مخلوط استاندارد اسیدهای چرب ساخت شرکت سیگما با مقایسه زمان‌های بازداری استفاده گردید.

دستگاه کروماتوگراف گازی مدل Agilent-6890 ساخت کمپانیAgilent آمریکا، مجهز به دریچه تزریق کاپیلاری، ستون کاپیلاری ویژه تجزیه اسیدهای چرب (DB-225 MS) به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر با فاز ساکن پلی‌اتیلن گلیکول به ضخامت ۰/۲۵ میکرومتر، شناساگر یونش شعله‌ای (FID) بود. دمای اولیه آون در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک دقیقه نگه داشته شد و بعد با سرعت ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و ۱۲ دقیقه در همان دما باقی ماند. گاز نیتروژن به عنوان گاز حامل به ترتیب با سرعت جریان ۱ و ۴۵ میلی لیتر بر دقیقه استفاده گردید. دمای دریچه تزریق در ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و دمای آشکارساز در ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. پردازش داده‌های دستگاه با استفاده از نرم افزار Chemstation در محیط ویندوز انجام شد.

برای تهیه آب دو بار تقطر از دستگاه GFL-2104 ساخت کمپانی GFL آلمان استفاده گردید. سانتریفوژ نمونه‌ها با دستگاه سانترفوژ با دور بالا (۱۵۰۰۰ دور بر دقیقه) ساخت کمپانی Hettich آلمان انجام شد.

مواد آزمایشگاهی: گازهای نیتروژن و هیدروژن مورد استفاده برای آنالیز با دستگاه کروماتوگراف گازی با خلوص تجزیه ای ۹۹/۹۹۹٪ از شرکت اکسیژن سبلان نمایندگی شرکت Air Product انگلستان تهیه شدند. هوای فشرده از شرکت اکسیژن ارومیه گاز فراهم گردید. حلال‌های هپتان نرمال، کلرفرم و متانول با خلوص بالا از شرکت کالدون کانادا تهیه شده و بدون تخلیص مجدد مورد استفاده قرار گرفته‌اند. هیدروکسید پتاسیم و سایر نمک‌ها از شرکت مرک آلمان تهیه شدند.

این آزمایش در یک طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمون فاکتوریل با دو فاکتور شامل غلظت نیتروژن در ۴ سطح (۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰) و شدت نور در ۳ سطح (۸۰، ۱۶۰، ۲۴۰) با سه تکرار انجام گرفت. نتایج به دست آمده با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-07-27]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.2.9]

(One way ANOVA) تجزیه و تحلیل شدند. برای تعیین همگنی واریانس‌ها از آزمون Leven) استفاده شد. مقایسه میانگین تیمارها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت و وجود و عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان۹۵ درصد تعیین شد. آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS (ویرایش ۲۳) صورت گرفت.

نتایج

نتایج تاثیر شدت نور و کمبود نیتروژن در جدول ۱ نشان داده شده است. میزان اسیدهای چرب اشباع در جلبک *C. calcitrans* با افزایش سطح نیتروژن محیط کشت در کلیه تیمارها کاهش معنی‌داری پیدا نمود (P≤۰/۰۵)، به طوری که از میزان ۱/۳۴± ۱۸/۳۴ درصد در تیمار ۲۵ درصد نیتروژن به ۱/۸۹±۱۴/۲۲ درصد در تیمار ۱۰۰ درصد نیتروژن در شدت نور ۸۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه رسید. همچنین این کاهش در کلیه شدت نورها با افزایش نیتروژن محیط کشت گزارش شد. میزان اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه با افزایش نیتروژن محیط کشت کاهش معنی‌داری نشان داد (P≤۰/۰۵). روند کاهشی با افزایش نیتروژن محیط کشت در اسیدهای چرب ۷- n۱: C۱۶، ۹- n۱: C۱۶ و ۹- n۱: C۱۸ مشاهده شد. اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه با افزایش نیتروژن محیط کشت روند صعودی را به خود اختصاص داد. این روند افزایشی در اسیدهای چرب EPA و DHA هم در کلیه تیمارها با افزایش نیتروژن محیط کشت مشاهده گردید. نتایج جدول ۱ نشان داد که میزان اسیدهای چرب اشباع جلبک *C. calcitrans* در کلیه تیمارها با افزایش شدت نور افزایش معنی‌داری را نشان داد (P≤۰/۰۵). اسیدهای چرب C۱۴:۰ (اسید میریستیک)، C۱۶:۰ (اسیدپالمیتیک) هم در جلبک *C. calcitrans* با افزایش شدت نور از میزان ۸۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه به ۱۶۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه به شکل معنی‌داری افزایش یافت (P≤۰/۰۵). یک روند افزایشی معنی‌داری در اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه و اسید چرب ۷- n۱: C۱۶ با افزایش شدت نور محیط کشت به دست آمد (P≤۰/۰۵). نتایج تحقیق حاصل نشان داد که میزان اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA) افزایش شدت نور تغییرات معنی‌داری را در کلیه تیمارها نشان نداد (P≤۰/۰۵)؛ اما اسیدهای چرب امگا ۳ با افزایش شدت نور افزایش معنی‌داری را نشان داد (P≤۰/۰۵).

بحث

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که اسیدهای چرب اشباع غالب جلبک *C. calcitrans* شامل اسیدهای چرب C۱۴:۰ (اسید میریستیک)، C۱۶:۰ (اسیدپالمیتیک) و C ۱۸:۰ (اسید استئاریک) است. همچنین اسیدهای چرب ۷- n۱: C ۱۶ (اسید پالمیتولئیک)، ۹- n۱: C۱۶ (اسید هگزادکنوئیک)، چرب ۹- n۱: C۱۸ (اسیداولئیک) و ۵- n۱: C۱۶ جزء اسیدهای چرب غالب غیراشباع با یک پیوند دوگانه در تمام تیمارها بودند. اسیدهای چرب ۳- n۵: C۲۲ (اسیددکوزاپنتانوئیک) (DPA) و ۳- n۶: C۲۲ (اسید دکوزا هگزانوئیک) (DHA) جزء اسیدهای چرب غالب با چند پیوند دوگانه در سری اسیدهای چرب امگا ۳ به دست آمد.

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-07-27]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.2.9]

جدول۱: میزان ترکیب اسیدهای چرب مختلف جلبک *C. calcitrans* در ۴ تیمار نیتروژنی (۷۵،۵۰،۲۵و ۱۰۰ درصد نیتروژن) و شدت نور (۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه)

اسید چرب	N=25 I=80	N=25 I=160	N=25 I=240	N=50 I=80	N=50 I=160	N=50 I=240	N=75 I=80	N=75 I=160	N=75 I=240	N=100 I=80	N=100 I=160	N=100 I=240
C12:0	۰/۲۰±۰/۰۱^{a}	۰/۲۲±۰/۰۳^{ab}	۰/۲۵±۰/۰۳^{abc}	۰/۲۴±۰/۰۴^{ab}	۰/۲۴±۰/۰۱^{ab}	۰/۲۹±۰/۰۵^{bc}	۰/۲۵±۰/۰۳^{abc}	۰/۲۹±۰/۰۴^{bcd}	۰/۳۱±۰/۰۴^{cd}	۰/۳±۰/۰۲^{bcd}	۰/۳۲±۰/۰۲^{cd}	۰/۳۷±۰/۰۷^{d}
C14:0	۱۸/۴۶±۰/۷۱^{cd}	۱۹/۵۳±۰/۵۳^{de}	۲۰/۳۶±۰/۶۰^{e}	۱۷/۷۰±۰/۷۲^{c}	۱۸/۲۰±۰/۷۰^{c}	۱۹/۵۷±۰/۶۷^{de}	۱۶/۵۰±۰/۴۲^{ab}	۱۷/۷۰±۰/۷۸^{c}	۱۸/۱±۰/۵^{c}	۱۶/۰۵±۰/۸۱^{a}	۱۷/۴۰±۰/۴۴^{bc}	۱۷/۸۰±۰/۵۲^{c}
C15:0	۰/۷۳±۰/۱۵^{e}	۰/۵۳±۰/۱۵^{d}	۰/۴۳±۰/۰۵^{cd}	۰/۵۰±۰/۲۰^{d}	۰/۴۲±۰/۰۳^{cd}	۰/۲۶±۰/۰۵^{abc}	۰/۳۷±۰/۱۶^{bcd}	۰/۳۴±۰/۰۴^{abcd}	۰/۲۱±۰/۰۷^{ab}	۰/۲۵±۰/۰۴^{abc}	۰/۲۱±۰/۲^{ab}	۰/۱۵±۰/۰۳^{a}
C16:0	۷/۹±۰/۶^{cd}	۸/۶۱±۰/۳۶^{de}	۱۱/۳۶±۰/۴۳^{g}	۷/۲۱±۰/۳۹^{bc}	۸/۶۰±۰/۳۶^{de}	۱۰/۲۸±۰/۳۳^{f}	۶/۵۴±۰/۳۷^{ab}	۸/۲۶±۰/۳۰^{d}	۹/۲۳۰±۰/۸۷^{e}	۶/۱۳±۰/۷۰^{a}	۸/۴۰±۰/۲۰^{de}	۸/۵۸±۰/۳۶^{de}
C18:0	۱/۱۰±۰/۲^{b}	۰/۹۳±۰/۲۷^{ab}	۰/۹±۰/۰۱^{ab}	۰/۹۸±۰/۱۸^{ab}	۰/۷۰±۰/۲۰^{a}	۰/۷۶±۰/۱۵^{ab}	۰/۹۲±۰/۲۶^{ab}	۰/۶۶±۰/۰۹^{a}	۰/۷۶±۰/۰۱۵^{ab}	۰/۸۴±۰/۱۸^{ab}	۰/۷۱±۰/۲۱^{a}	۰/۷۳±۰/۱۵^{a}
C20:0	۰/۳۲±۰/۰۲^{a}	۰/۳۲±۰/۰۲^{a}	۰/۴۱±۰/۲۰^{a}	۰/۳۳±۰/۰۶^{a}	۰/۳۱±۰/۰۶^{a}	۰/۳۷±۰/۰۴^{a}	۰/۳۸±۰/۱۵^{a}	۰/۴۶±۰/۱۶^{a}	۰/۴۷±۰/۰۷^{a}	۰/۴۱±۰/۲۱^{a}	۰/۴۵±۰/۱۱^{a}	۰/۴۴±۰/۱۱^{a}
C22:0	۰/۱۷±۰/۰۲^{a}	۰/۱۷±۰/۰۲^{a}	۰/۱۹±۰/۰۲^{a}	۰/۱۸±۰/۰۵^{a}	۰/۱۶±۰/۰۱^{a}	۰/۱۷±۰/۰۱^{a}	۰/۲۴±۰/۱^{ab}	۰/۲۰±۰/۰۴^{a}	۰/۲۲±۰/۰۶^{ab}	۰/۱۴±۰/۰۳^{a}	۰/۱۹±۰/۰۵^{a}	۰/۲۹±۰/۰۴^{b}
C 16:1n-5	۱/۵۰±۰/۲۲^{ab}	۱/۵۴±۰/۲۱^{ab}	۱/۷۱±۰/۲۰^{b}	۱/۳۵±۰/۴۴^{ab}	۱/۵۱±۰/۳۰^{ab}	۱/۵۹±۰/۳۶^{ab}	۱/۲۷±۰/۵۹^{ab}	۱/۲۹±۰/۳۳^{ab}	۱/۴۱±۰/۴۱^{ab}	۱/۰۱±۰/۱۹^{a}	۱/۳۳±۰/۴۵^{ab}	۱/۸۳±۰/۲۳^{b}
C 16:1n-9	۳/۵۳±۰/۳۲^{c}	۳/۵۶±۰/۳۰^{c}	۳/۵۳±۰/۳۵^{c}	۲/۷۸±۰/۹۰^{abc}	۲/۸۶±۰/۳۶^{abc}	۳/۳۲±۰/۲۰^{bc}	۲/۴۸±۰/۴۷^{a}	۲/۶۰±۰/۲۷^{ab}	۳/۰۵±۰/۴۳^{abc}	۲/۳۹±۰/۴۵^{a}	۲/۳۵±۰/۴۴^{a}	۲/۷۸±۰/۱۵^{abc}
C 16:1n-7	۲۰/۳۳±۰/۷۰^{b}	۲۲/۴۴±۰/۵۰^{def}	۲۳/۴۰±۰/۵۳^{ef}	۲۰/۲۷±۰/۶۱^{b}	۲۱/۶۵±۰/۵۶^{cd}	۲۳/۵۳±۰/۵۵^{f}	۱۹/۷۰±۱^{b}	۲۲/۲۶±۰/۵۴^{de}	۲۲/۲۹±۰/۵۹^{de}	۱۸/۴۲±۰/۴۸^{a}	۲۰/۷۵±۰/۹۹^{bc}	۲۱/۵۳±۰/۶۸^{cd}
C 18:1n-7	۰/۸۰±۰/۲۰^{de}	۰/۸۱±۰/۱۷^{de}	۰/۹۰±۰/۱^{e}	۰/۶۶±۰/۲۰^{cde}	۰/۸۰±۰/۱۰^{de}	۰/۷۰±۰/۲۰^{cde}	۰/۵۰±۰/۲۰^{bcd}	۰/۲۷±۰/۰۷^{ab}	۰/۲۲±۰/۰۵^{ab}	۰/۳۶±۰/۴۶^{abc}	۰/۷۰±۰/۰۲^{a}	۰/۴۴±۰/۰۱^{a}
C 18:1n-9	۱/۲۸±۰/۱۵^{bcd}	۱/۶۰±۰/۳۱^{de}	۱/۸۱±۰/۱۵^{e}	۱/۱۷±۰/۳۳^{abcd}	۱/۵۴±۰/۳۶^{de}	۱/۵۷±۰/۲۶^{de}	۰/۸۵±۰/۱۶^{ab}	۱/۳۶±۰/۱۶^{cde}	۱/۳۶±۰/۴۳^{cde}	۰/۶۹±۰/۱۷^{a}	۰/۹۷±۰/۰۶^{abc}	۱/۱۶±۰/۳۱^{abcd}
C 16:2n-7	۳/۴۰±۰/۲۱^{c}	۲/۷۶±۰/۲۳^{ab}	۲/۵۳±۰/۳۱^{b}	۳/۲۸±۰/۳۲^{c}	۲/۸۱±۰/۱۵^{bc}	۲/۳۶±۰/۰۵^{ab}	۳/۳۰±۰/۵۱^{c}	۲/۶۱±۰/۲۷^{b}	۲/۳۳±۰/۴۶^{ab}	۳/۲۹±۰/۵۲^{c}	۲/۴۵±۰/۴۰^{ab}	۱/۸۵±۰/۲۰^{a}
C 16:2n-4	۰/۶۶±۰/۲۰^{bc}	۰/۵۰±۰/۱۵^{ab}	۰/۲۰±۰/۰۶^{a}	۰/۹۷±۰/۲۱^{cde}	۰/۸۳±۰/۱۵^{bc}	۰/۷۰±۰/۱۰^{bc}	۱/۲۱±۰/۳۰^{def}	۰/۹۰±۰/۱۱^{cd}	۰/۷۸±۰/۱۲^{bc}	۱/۵۸±۰/۲۷^{f}	۱/۳۰±۰/۲۹^{ef}	۱/۲۶±۰/۳۰^{def}
C 16:3n-4	۳/۵±۰/۶۰^{e}	۲/۷۶±۰/۱۵^{d}	۲/۳۱±۰/۳۲^{cd}	۲/۴۵±۰/۴۲^{cd}	۲/۴۰±۰/۴۹^{cd}	۲/۱۳±۰/۲۷^{bcd}	۲/۱۵±۰/۶۷^{bcd}	۱/۹۵±۰/۰۸^{abc}	۱/۹۵±۰/۳۶^{abc}	۱/۵۴±۰/۳۱^{ab}	۱/۴۶±۰/۳۰^{ab}	۱/۳۸±۰/۰۷^{ab}
C 18:2n-4	۱/۵۴±۰/۳۱^{b}	۱/۵۵±۰/۳۶^{b}	۱/۲۸±۰/۳۳^{ab}	۱/۴۲±۰/۴۴^{ab}	۱/۲۷±۰/۲۷^{ab}	۱/۲۸±۰/۴۸^{ab}	۱/۲۶±۰/۲۹^{ab}	۱/۱۱±۰/۲۰^{ab}	۱/۰۵±۰/۴۶^{ab}	۱/۰۷±۰/۱۵^{ab}	۰/۹۵±۰/۰۷^{ab}	۰/۸۲±۰/۱۷^{a}
C 18:2n-6	۱/۴۱±۰/۲۲^{a}	۱/۷۳±۰/۲۲^{abc}	۲/۱۰±۰/۴۰^{bcd}	۱/۶۱±۰/۲۲^{ab}	۱/۹۳±۰/۰۸^{abcd}	۲/۳۵±۰/۴۷^{cde}	۱/۷۹±۰/۲۳^{abc}	۲/۱۷±۰/۴۱^{bcd}	۲/۵۶±۰/۴۸^{de}	۱/۹۷±۰/۳۵^{abcd}	۲/۴۶±۰/۳۰^{de}	۲/۸۳±۰/۴۳^{e}
C 18:3n-6	۵/۲۰±۰/۴۰^{g}	۴/۲۴±۰/۳۳^{f}	۳/۱۷±۰/۴۱^{de}	۳/۳۶±۰/۴۶^{e}	۳/۰۵±۰/۱۸^{cde}	۲/۵۲±۰/۳۴^{bcd}	۲/۸۹±۰/۳۳^{bcde}	۲/۳۷±۰/۴۶^{bc}	۲/۱۸±۰/۶۳^{b}	۲/۴۴±۰/۴۷^{bcd}	۲/۳۰±۰/۳۰^{bc}	۱/۳۹±۰/۴۹^{a}
C 20:4n-6	۵/۴±۰/۰۲^{de}	۳/۲۷±۰/۲۷^{ab}	۲/۸۸±۰/۲۸^{a}	۵/۷۸±۰/۵۵^{ef}	۳/۶۵±۰/۲۹^{b}	۳/۲۷±۰/۳۳^{ab}	۶/۳۶±۰/۴۶^{fg}	۵±۰/۳۵^{cd}	۴/۵۸±۰/۳۸^{c}	۶/۹۴±۰/۳۱^{g}	۵/۳۲±۰/۴۶^{de}	۳/۸۳±۰/۱۸^{b}
C 22:5n-6	۰/۹±۰/۰۱^{d}	۰/۰۷±۰/۰۲^{abcd}	۰/۰۶±۰/۰۱^{abcd}	۰/۰۸±۰/۰۲^{bcd}	۰/۰۶±۰/۰۱^{abcd}	۰/۰۵±۰/۰۱^{a}	۰/۰۷±۰/۰۲^{abcd}	۰/۰۵±۰/۰۱^{ab}	۰/۰۶±۰/۰۱^{abc}	۰/۰۸±۰/۰۱^{cd}	۰/۰۶±۰/۰۱^{abcd}	۰/۰۵±۰/۰۱^{a}
C 18:3n-3	۰/۱۰±۰/۰۲^{a}	۰/۱۶±۰/۰۱^{a}	۱/۷۰±۰/۲۶^{de}	۰/۹±۰/۱۰^{b}	۱/۲۰±۰/۲۲^{bc}	۲/۱۷±۰/۲۴^{fg}	۱/۴۷±۰/۳۶^{cd}	۱/۶۱±۰/۲۷^{cde}	۲/۵۷±۰/۳۳^{gh}	۱/۹۷±۰/۲۲^{ef}	۲/۸۵±۰/۲۲^{h}	۳/۲۹±۰/۳۲^{i}
C 18:4n-3	۰/۷۳±۰/۱۵^{ab}	۰/۷۳±۰/۱۴^{ab}	۰/۵۰±۰/۱^{a}	۰/۸۰±۰/۱۰^{ab}	۰/۷۰±۰/۲۰^{ab}	۰/۶۳±۰/۱۵^{a}	۰/۸۰±۰/۲۰^{ab}	۰/۷۰±۰/۱۰^{ab}	۰/۵۸±۰/۱۸^{a}	۰/۹۶±۰/۲۰^{b}	۰/۶۶±۰/۲۰^{ab}	۰/۷۰±۰/۲۰^{ab}
C 20:5n-3	۱۰/۸۰±۰/۷۵^{a}	۷/۵۹±۰/۳۱^{ab}	۱۲/۵۰±۰/۴۴^{bc}	۱۱/۴۰±۰/۴۲^{a}	۱۱/۷۰±۰/۴۱^{ab}	۱۳/۸۱±۱/۰۱^{de}	۱۲/۴۸±۰/۴۷^{bc}	۱۳/۲۷±۰/۲۷^{cd}	۱۵/۴۲±۰/۵۰^{f}	۱۴/۳۲±۰/۸۲^{e}	۱۴/۳۵±۰/۴۴^{e}	۱۶/۸۹±۰/۶۵^{g}
C 22:5n-3	۰/۴۰±۰/۱۰^{abc}	۰/۴۶±۰/۲۰^{abc}	۰/۵۵±۰/۱۸^{c}	۰/۳۳±۰/۱۵^{abc}	۰/۲۰±۰/۱۰^{a}	۰/۳۱±۰/۰۸^{abc}	۰/۲۹±۰/۰۹^{abc}	۰/۲۹±۰/۰۳^{abc}	۰/۴۹±۰/۱۴^{bc}	۰/۲۲±۰/۰۴^{ab}	۰/۳۵±۰/۱۸^{abc}	۰/۴۱±۰/۲۰^{abc}

N= nitrogenI= Light intensity

[Downloaded from aquev.iau.ac.ir on 2025-07-27]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.2.9]

ادامه جدول۱: میزان ترکیب اسیدهای چرب مختلف جلبک *C. calcitrans* در ۴ تیمار نیتروژنی (۷۵،۵۰،۲۵و ۱۰۰ درصد نیتروژن) و شدت نور (۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه)

اسید چرب	N=25 I=80	N=25 I=160	N=25 I=240	N=50 I=80	N=50 I=160	N=50 I=240	N=75 I=80	N=75 I=160	N=75 I=240	N=100 I=80	N=100 I=160	N=100 I=240
C 22:6n-3	۱/۲۰±۰/۲۰^{a}	۱/۴۱±۰/۲۱^{ab}	۱/۸۰±۰/۳۰^{abc}	۱/۴۷±۰/۳۳^{ab}	۱/۷۱±۰/۲۷^{abc}	۲/۴۴±۰/۴۶^{cde}	۱/۴۴±۰/۴۴^{ab}	۲/۱۷±۰/۳۳^{bcd}	۳±۰/۵۱^{ef}	۲/۳۶±۰/۴۳^{cde}	۲/۸۲±۰/۶۹^{de}	۳/۵۹±۰/۳۷^{f}
SFA	۱۸/۳۴±۱/۴۳^{cd}	۱۹/۴۱±۰/۸۶^{d}	۲۴/۴۹±۰/۴۵^{f}	۱۶/۶۶±۱/۱۳^{bc}	۱۹/۰۴±۰/۹۲^{d}	۲۲/۴۳±۰/۵۶^{e}	۱۵/۲۷±۱/۴۴^{ab}	۱۸/۵۰±۰/۴۷^{cd}	۲۰/۴۷±۲/۱۳^{de}	۱۴/۲۲±۱/۸۹^{a}	۱۸/۶۹±۰/۳۸^{cd}	۱۹/۱۵±۰/۶۱^{d}
MUFA	۲۷/۳۵±۰/۲۰^{bcd}	۲۹/۹۷±۱/۵۰^{de}	۳۰/۷۶±۰/۶۶^{e}	۲۶/۲۵±۲/۰۵^{bc}	۲۸/۳۷±۱/۵۶ ^{cde}	۳۰/۷۲±۰/۷۹^{e}	۲۴/۸۱±۲/۰۷^{ab}	۲۷/۷۹±۱/۳۶^{cd}	۲۸/۳۴±۱/۸۲ ^{cde}	۲۲/۹۰±۱^{a}	۲۵/۴۹±۱/۹۵ ^{abc}	۲۷/۳۵±۱/۳۵ ^{bcd}
N-6	۱۲/۱۰±۰/۱۰ ^{f}	۹/۳۲±۰/۲۰^{abc}	۷/۹۲±۰/۲۹^{a}	۱۰/۸۴±۱/۲۰ ^{cdef}	۸/۷۰±۰/۵۳^{ab}	۸/۱۹±۱/۱۴^{a}	۱۱/۱۲±۱^{def}	۹/۶۱±۱/۲۱^{abcd}	۹/۳۹±۱/۴۷^{abc}	۱۱/۴۴±۱/۱۴^{ef}	۱۰/۱۵±۰/۵۰ ^{bcde}	۸/۱۱±۰/۲۴^{a}
N-3	۱۳/۲۴±۰/۴۸ ^{a}	۱۴/۳۷±۰/۰۵^{ab}	۱۷/۴۸±۰/۵۰^{def}	۱۴/۹۱±۰/۶۱ ^{abc}	۱۵/۵۱±۱/۱۴ ^{bcd}	۱۹/۳۸±۱/۱۷^{fgh}	۱۶/۴۹±۰/۹۶^{cde}	۱۸/۰۴±۰/۹۳^{efg}	۲۲/۰۷±۱/۶۵^{i}	۱۹/۸۵±۱/۳۵^{gh}	۲۱/۰۵±۱/۲۹^{hi}	۲۴/۸۹±۱/۷۳^{j}
PUFA	۳۴/۴۵±۰/۸۴ ^{ab}	۳۱/۲۷±۰/۴۳^{a}	۳۱/۶۱±۲/۰۴^{a}	۳۳/۹۰±۳/۲۰^{ab}	۳۱/۵۵±۲/۷۲^{a}	۳۴/۰۶±۳^{ab}	۳۵/۵۵±۳/۷۳^{ab}	۳۴/۲۴±۲/۵۷^{ab}	۳۷/۵۹±۴/۴۴^{b}	۳۸/۷۹±۳/۷۴^{b}	۳۷/۳۸±۲/۲۲^{b}	۳۸/۳۲±۱/۹۷^{b}
FAME	۹۰/۷۲±۳/۴۷^{ab}	۹۱/۵۸±۲/۹۲^{ab}	۹۶/۹۰±۴/۵۰^{b}	۸۷/۳۱±۶/۷۰^{ab}	۸۸/۵۷±۵/۵۴^{ab}	۹۶/۵۲±۴/۶۸^{b}	۸۵/۶۰±۷/۲۷^{a}	۹۰/۰۱±۳/۱۳^{ab}	۹۵/۲۶±۸/۰۴^{ab}	۸۵/۸۳±۶/۷۰^{a}	۹۰/۵۷±۳/۹۰^{ab}	۹۴/۰۵±۳/۰۵^{ab}

N= nitrogenI= Light intensity

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-07-27]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.2.9]

غالب بودن اسیدهای چرب C۱۴:۰، C۱۶:۰ و C۱۸:۰ در جلبک *C. calcitrans* توسط Miller و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش شد. همچنین غالبیت اسید چرب ۷- n۱: C۱۶ در بین اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه را گزارش نمودند. آن‌ها همچنین غالبیت اسیدهای چرب EPA و DHA را در اسیدهای چرب امگا ۳ بیان کردند.

Ackman و همکاران (۱۹۹۰) غالب بودن C۱۴:۰ و C۱۶:۰ را در بین اسیدهای چرب اشباع و همین‌طور غالب بودن ۷- n۱: C۱۶ را در بین اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دو گانه در جلبک *C. calcitrans* گزارش نمودند. آن‌ها همچنین غالبیت EPA و DHA را در بین اسیدهای چرب امگا ۳ در جلبک *C. calcitrans* گزارش نمودند.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که سطوح بالاتر اسیدهای چرب اشباع در غلظت‌های پایین‌تر نیتروژن (۵۰ و N=۲۵) بدست می‌آید. همینطور اسیدهای چرب C۱۴:۰ و C۱۶:۰ با افزایش غلظت نیتروژن کاهش می‌یابند. Yodsuwan و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که غلظت‌های پایین‌تر نیتروژن در محیط‌های کشت موجب سطوح‌های بالاتر اسیدهای چرب اشباع نسبت به محیط‌های کشت با سطوح نیتروژن بالاتر می‌شوند. آن‌ها همچنین کاهش اسیدهای چرب C۱۶:۰ را در تیمارهای ۰ و ۱۶/۴۵ میلی‌گرم در لیتر نیترات سدیم نسبت به تیمارهای ۳۲/۹ میلی‌گرم نیترات سدیم گزارش دادند.

پژوهشگران دریافتند که ۹- n۱: C۱۸ (اولئیک اسید) نقش کلیدی در سوخت و ساز جلبک *Phaeodactylum tricornutum* به عنوان یک پیش‌ماده اسیدهای چرب غیراشباع با زنجیره بلند (PUFA) ایفا می‌کند (Hamilton, 2014). نتایج تحقیق حاصل نشان داد که میزان اسیدهای چرب اشباع با یک پیوند دوگانه با افزایش غلظت نیتروژن در محیط کشت کاهش معنی‌داری نمود و اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه افزایش معنی‌داری را پیدا نمودند. همچنین میزان اسیدهای چرب اشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA) در کلیه تیمارها نسبت به اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دو گانه میزان بالاتری را نشان داد که این نسبت با افزایش غلظت نیتروژن افزایش پیدا نمود. همچنین ۷- n۱: C۱۶، ۹- n۱: C۱۶ و ۹- n۱: C۱۸ با افزایش غلظت نیتروژن کاهش یافتند. اسیدهای چرب EPA و DHA با افزایش غلظت نیتروژن افزایش یافتند.

با توجه به تاثیر بر پیوندهای دوگانه اسیدهای چرب بر کیفیت سوخت‌های زیستی، غلظت‌های پایین‌تر نیتروژن با اسیدهای چرب اشباع بالا و اسیدهای چرب غیراشباع کم مورد توجه هستند. Zhu و همکاران (۲۰۱۵) نمودندکه درصد اسیدهای چرب خنثی بعد از کمبود نیتروژن افزایش می‌یابد در حالی که میزان اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه یا چند پیوند دوگانه کاهش یافتند. اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره در حقیقت مهمترین جزء در ترکیب ساختارهای غشایی هستند و نقش مهمی در یکپارچگی ساختارهایی غشایی جلبک‌ها بازی می‌کنند. بنابراین کاهش در سطح PUFA ممکن است با اثر قوی کمبود نیتروژن در سیستم فتوسنتزی جلبک‌ها پیوسته باشد. بنابراین مقادیر بالاتر PUFA در فاز تصاعدی در همه محیط‌های کشت پیدا شده است.

Yodswan و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که جلبک *Phaeodactylum tricornutum* کشت داده

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-07-27]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.2.9]

شده با افزایش سطح نیتروژن در محیط کشت سطوح بالاتر اسیدهای چرب اشباع و سطوح پایین‌تر اسیدهای چرب غیراشباع را در خود ذخیره می‌کنند.

اسید ایکوزاپنتانوئیک (EPA) در این پژوهش به طور قابل توجهی در سطوح بالاتر نیتروژن محیط کشت به دست آمد و لذا محیط کشت جلبک با غلظت‌های بالاتر نیتروژن برای تجمع اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه به خصوص EPA توصیه می‌شود. همچنین افزایش اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع با چند پیوند دوگانه با افزایش شدت نور گزارش شد. افزایش شدت نور علاوه بر این توانست میزان اسید چرب EPA را افزایش دهد که این افزایش در مورد اسیدهای چرب دکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) اندک بود.

Renaud و همکاران (۱۹۹۱) نشان دادند که در جهت افزایش اسیدهای چرب اشباع در *Isocrysis* و *Nannochloropsis oculata* رشد یافته در محیط‌های بیرون با افزایش شدت نور، افزایش اسیدهای چرب اشباع را نشان دادند. آن‌ها همچنین نشان دادند که غلظت اسیدهای چرب اشباع C۱۶:۰ (اسید پالمیتیک) و C۱۸:۰ (اسید استئاریک) با افزایش شدت نور به ترتیب ۷/۵ درصد و ۲/۰ درصد افزایش پیدا کرد. افزایش اندکی نیز در غلظت‌های اسیدهای چرب DHA و ۳- n۵: C۱۸ همراه با افزایش شدت گزارش شده است.

Harrison و همکاران (۱۹۹۰) نتیجه مشابهی را برای ۳- n۵: C۲۰ یافته و گزارش نمودند که میزان این اسید چرب در جلبک *Isocrysis galbana* با افزایش شدت نور حدود ۴ درصد در شرایط آزمایشگاهی افزایش می‌یابد.

Renaud و همکاران (۱۹۹۱) کاهش غلظت در اسیدهای چرب غیراشباع ۴- n۲: C۱۶، ۳ - n۳: C۱۸ و ۳-n۵: C۲۰ را در *Nannochloropsis oculata* رشد یافته در شدت‌های نور بالا گزارش دادند.

غلظت اسیدهای چرب ۳-n۵: C۲۰ حدودا نزدیک ۵/۵ درصد کاهش یافت، در حالی که غلظت اسیدهای چرب غالب C۱۶:۰ (اسید پالمیتیک) نزدیک ۴ درصد در شدت‌های نورهای بالاتر افزایش پیدا کرد. Sukenik و همکاران (۱۹۹۳) نتایج مشابهی را با کاهش غلظت ۳-n۵: C۲۰ از ۱۰ درصد تا ۵ درصد کل اسید چرب در شرایط آزمایشگاهی به ترتیب در شدت نور ۲۹۰ و ۵۵۰ میکرومول زیمنس در مترمربع در ثانیه گزارش دادند. Amini Khoeyi و همکاران (۲۰۱۲) افزایش اسیدهای چرب اشباع و کاهش اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه و چند پیوند دوگانه را در راستای افزایش شدت نور گزارش دادند.

نقش اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه در عملکرد غشاء فتوسنتزی و نقش سازشی آن در شرایط کمبود نور بیان شده است (Klyachko-Gurrich*et al.*,1999). نتایج کلی این پژوهش نشان داد که اسیدهای چرب غیراشباع با افزایش میزان نیتروژن محیط کشت افزایش پیدا می‌کنند در حالی که این گروه از اسیدهای چرب با افزایش شدت نور افزایش پیدا نکرده و بالعکس با افزایش غلظت نیتروژن اسیدهای چرب اشباع کاهش و با افزایش شدت نور اسیدهای چرب اشباع افزایش پیدا نمودند.

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-07-27]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.2.9]

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می دانیم از زحمات کلیه کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

منابع

۱- پورافراسیابی، م.، ایمان‌پور نمین، ج.، رمضان‌پور، ز.، صادقی‌راد، م.، ۱۳۹۲. تأثیر شدت و دوره نوری بر نرخ رشدو سنتز چربی در جلبک سبز *Dunaliella salina*. مجله بهره‌برداری و پرورش آبزیان، ۲(۳)، ۷۵-۶۳.

۲- خلیل پذیر، م.، اکبرپور، ا.، وهاب نژاد، ا.، ۱۳۹۶. میزان رشد و تراکم ریز جلبک *Tetraselmis chuii* در شدت‌های نوری مختلف. نشریه توسعه آبزی پروری، ۱۱(۲)، ۴۸-۳۹.

۳- غریب نیا، پ.، یحیوی، م.، روحانی قادیکلایی، ک.، ۱۳۹۷. تاثیر عصاره ۶ گونه جلبک ماکروسکوپی به عنوان محیط کشت جایگزین بر روی رشد، میزان کلروفیل a وکارتنوئید جلبک میکروسکوپی *Nanochloropsis oculata*. نشریه توسعه آبزی پروری، ۱۲ (۴)، ۱۰۶-۹۵.

4- Ackman, R. G., Ratnayake, W. M. N., 1990. Fatty Acid Composition of Three Cultured Algal Species (*Isochvysis galbana*, *Chaetoceros gracilis* and *Chaetoceros calcitrans*) used as Food for Bivalve Larvae. Journal of the world Aquaculture Society, 21(2), 122-130.

5- Alonso, D.L., Belarbi E.H., Fernandez-Sevilla, J.M., Rodriguez-Ruiz, J., Grima E.M., 2000. Acyl lipid composition variation related to culture age and nitrogen concentration in continuous culture of the microalga *Phaeodactylum tricornutum*. Phytochemistry, 54 (5), 461–471.

6- Amini Khoeyi, Z., Seyfabadi, J., Ramezanpour, Z., 2012. Effect of light intensity and photoperiod on biomass and fatty acid composition of the microalgae, *Chlorella vulgaris*. Aquaculture International, 20 (1), 41-49.

7- Anonymous., 1991. The design and operation of live feeds production systems. In: Rotifer and micro-algae culture systems, Fulks, W. and Main K.L. (Eds.). Proceedings of a US-Asia Workshop, Honolulu, Hawaii, January 28-31, 1991The Oceanic Institute, Hawaii, USA, pp 3-52.

8- Banerjee, S., Hew, W.E., Khatoon, H., Shariff, M., Yusoff, F.M., 2011. Growth and Proximate composition of tropical marine *Chaetoceros calcitrans* and *Nannochloropsis oculata* cultured outdoors and under laboratory conditions. African Journal of Biotechnol, 10(8), 1375-1383.

9- Becker, E. W., 2004. Microalgae in human and animal nutrition. In: Richmond, A., editor. Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology: 566. Blackwell Science, London, UK.

10- Becker, E.W., 2007. Microalgae as a source of protein. Biotechnology Advances, 25(2), 207-210.

11- Brown, M.R., Jeffrey, S. W., Volkmann, J. K., Dunstan, G. A., 1997. Nutritional properties of microalgae for mariculture. Aquaculture, 151(1), 315-331.

12- Brown, M., Mular M., Miller, I., Farmer, C., Trenerry, C., 1999. The vitamin content of microalgae used in aquaculture. Journal of Applied Phycology, 11(3), 247-255.

13- Carvalho, A.P., Malcata, F.X., 2005. Preparation of Fatty Acid Methyl Esters for Gas-Chromatographic Analysis of Marine Lipids: Insight Studies. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(13), 5049–5059.

14- Flynn, K.J., Garrido, J.L., Zapata, M., Opikl, H., Hipkin, C.R., 1992. Changes in fatty acids, amino acids and carbon/nitrogen biomass during nitrogen

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-07-27]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.2.9]

starvation of ammonium- and nitrate-grown *Isochrysis galbana*. Journal of Applied Phycology, 28(1), 48-52.

15- Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G.H., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. Journal Biology Chemistry, 226 (1), 497-509.

16- Hamilton, M.L., Haslam, R.P., Napier, J.A., Sayanova, O., 2014. Metabolic engineering of *Phaeodactylum tricornutum* for the enhanced accumulation of omega-3 long chain polyunsaturated fatty acids. Metabolic Engineering, 22(1), 3-9.

17- Harrison, P.J., Thompson, P.A., Calderwood, G.S., 1990. Effects of nutrient and light limitation on the biochemical composition of phytoplankton. Journal of Applied Phycology, 2(1), 45–56.

18- Khatoon, H., Banerjee, S., Yusoff, F.M., Shariff, M., 2009.Evaluation of indigenous marine periphytic Amphora, Navicula and Cymbella grown substrate as feed supplement *Penaeus monodon* postlarval hatchery system. Aquaculture Nutrition, 15(2), 186-193.

19- Khatoon, H., Banerjee, S., Yusoff, F.M., Shariff, M., 2012. Use of microalgal-enriched *Diaphanosoma celebensis* Stingelin, 1900 for rearing *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) postlarvae. Aquaculture Nutrition, 19(2), 163-171.

20- Klyachko-Gurvich, G., Tsoglin, L.N., Doucha, J., Kopetskii, J., Shebalina, B.I., Semenenko, V.E., 1999. Desaturation of fatty acids as an adaptive response to shifts in light intensity. Physiologic Plant, 107(2), 240–249.

21- Khoi, C., Guong, V., Merckx, R., 2006. Growth of the diatom *Chaetoceros calcitrans* in sediment extracts from *Artemia franciscana* ponds at different concentrations of nitrogen and phosphorus. Aquaculture, 259(1), 354-364.

22- Krichnavaruk, S., Loataweesup, W., Powtongsook, S., Pavasant, P., 2005. Optimal growth conditions and the cultivation of *Chaetoceros calcitrans* in airlift photobioreactors. Chemical Engineering Journal, 105(3), 91-98.

23- Latasa, M., 1995. Pigment composition of *Heterocapsa sp.* and *Thalasiosira weissflogii* growing in batch cultures under different irradiances, Journal of Phytochemistry, 59(1), 25-37.

24- Mata, T.M., Martins, A.A., Caetano, N.S., 2010. Microalgae for biodiesel production and other applications: a review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(1), 217–232.

25- Miller, M.R., Quek, S. Y., Staehler, K., Nalder, T., P, M.A., 2012. Changes in oil content, lipid class and fatty acid composition of the microalga *Chaetoceros calcitrans* over different phases of batch culture Aquaculture Research, 23(5), 1–14.

26- Probert, I., Klaas, C., 1999. Microalgal culturing. Practical notes from the culturing Short course. Held in Caen, 10-12 February 1999.

27- Raghavan, G., Haridevi, C.K., Gopinathan, C.P., 2008. Growth and proximate composition of the *Chaetoceros calcitrans f. pumilus* under different temperature, salinity and carbon dioxide levels, Aquaculture Research, 39(1), 1053-1058.

28- Renaud, S.M., Parry, D.L., Luong-Van, T., Kuo, C., Padovan, A., Sammy, N., 1991. Effect of light intensity on the proximate biochemical and fatty acid composition of *Isochrysis* sp. and *Nannochloropsis oculata* for use in tropical aquaculture. Journal of Applied phycology, 3(1), 43-53.

29- Stillwell, W., Wassall, S.R., 2003. Docosahexaenoic acid: membrane properties of a unique fatty acid. Chemistry and Physics of Lipids, 126(1), 1–27.

30- Sukenik, A., Zmora, O., Carmeli, Y., 1993. Biochemical quality of marine unicellular algae with special emphasis on lipid composition: II. *Nannochloropsis* sp. Journal of Aquaculture. 117(3-4), 313-326.

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-07-27]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.2.9]

31- Thornton, D.C.O., 2009. Effect of low pH on carbohydrate production by a marine planktonic diatom (*Chaetoceros muelleri*). Research Letters in Ecology, 2009(1), 1-4.

32- Ying, L., Kang-sen, M., Shi-chun, S., Dao-zhan, Y., 2001. Effect of light intensity on the total lipid and fatty acid composition of six strains of marine diatoms. China Journal of Oceanology Limnology, 19(1), 249–254.

33- Yodsuwan, N., Sawayama, sh., Sirisansaneeyakul, S., 2017. Effect of nitrogen concentration on growth, lipid production and fatty acid profiles of the marine diatom *Phaeodactylum tricornutum*. Agriculture and Natural Resources, 51(1), 190-197.

34- Zhu, Sh., Wang, Y., Shang, Ch., Wang, Z., Xu, J., Yuan, Z., 2015. Characterization of lipid and fatty acids composition of *Chlorella zofingiensis* in response to nitrogen starvation. Journal of Bioscience and Bioengineering, 120(2), 205-209.

[Downloaded from aqudev.liau.ac.ir on 2025-07-27]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.2.9]