نهمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی فیزیولوژی گیاهی
9th National and 1st International Conference of Plant Physiology
۱۳-۱۱ بهمن ۱۴۰۴، دانشگاه گیلان

اثر نقاط کوانتومی کربن بر بیوسنتز آستاگزانتین و پروفایل اسیدهای چرب در ریزجلبک Haematococcus pluvialis

فرح‌روز زهری[1*]، سید یحیی صالحی لیسار[1]، جعفر رازقی[1]، صابر زهری[2]
۱گروه زیست‌شناسی گیاهی- سلولی و مولکولی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز
۲گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

چکیده

آستاگزانتین یکی از باارزش‌ترین کاروتنوئیدهای طبیعی است که توسط ریزجلبک *هماتوکوکوس پلوویالیس* تولید می‌شود. هدف از این پژوهش، بررسی اثر نقاط کوانتومی کربن (CQDs) و نقاط کوانتوم کربن دوپ شده با نیتروژن (BNCQDs) بر افزایش تولید آستاگزانتین و پروفایل اسیدهای چرب در هماتوکوکوس بود. جلبک‌ها پس از تیمار با غلظت‌های مختلف نانوذرات و ورود به مرحله قرمز رشد، محتوای آستاگزانتین آن با استفاده از HPLC و ترکیب اسیدهای چرب متیله‌شده با GC-MSاندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که تیمار با CQDs و BNCQDs در غلظت‌های پایین و متوسط موجب افزایش معنی‌دار محتوای آستاگزانتین نسبت به گروه کنترل شد. همچنین، آنالیز لیپیدی حاکی از افزایش اسیدهای چرب غیراشباع، به‌ویژه اسیدهای لینولئیک و لینولنیک، در تیمارهای حاوی نانوذرات بود. به نظر می‌رسد نانوذرات کربنی با بهبود انتقال انرژی و افزایش راندمان فتوسنتز، موجب هدایت شار کربن به سمت بیوسنتز آستاگزانتین و اسیدهای چرب غیراشباع می‌شوند. در مجموع، این مطالعه پتانسیل نانوذرات مبتنی بر کربن را به‌عنوان ابزاری نوین برای بهینه‌سازی تولید متابولیت‌های زیست‌فعال در ریزجلبک‌ها نشان می‌دهد.

مقدمه

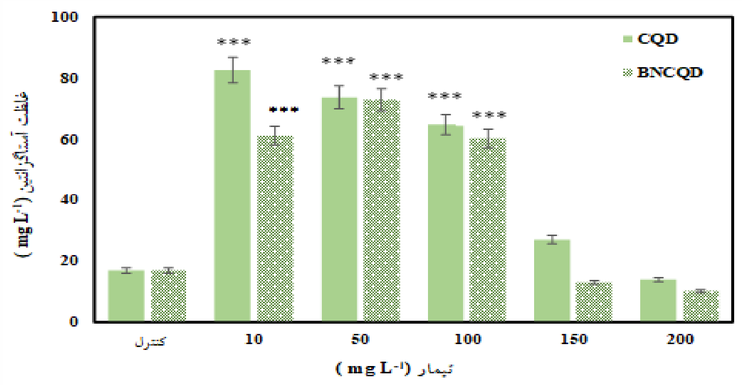
هماتوکوکوس پلوویالیس به دلیل ظرفیت بالای سنتز آستاگزانتین و اسیدهای چرب، اهمیت ویژه‌ای در مطالعات دارند. با این حال، سرعت رشد پایین و چگالی سلولی کم این گونه، چالش‌های جدی برای تولید صنعتی ایجاد می‌کند و نیاز به راهکارهای نوین برای افزایش بهره‌وری آن را برجسته می‌سازد. در سال‌های اخیر، همگرایی نانوفناوری و زیست‌شناسی جلبکی به‌عنوان رویکردی نوآورانه مطرح شده است. در این میان، نقاط کوانتومی کربنی (CQDs) به‌عنوان نانومواد کربنی نوظهور، به دلیل ویژگی‌هایی فتوفیزیکی خاص و غیرسمی بودن توجه گسترده‌ای را به خود جلب کرده‌اند. هدف این پژوهش متمرکز بر بررسی و مقایسه اثرات CQDs و نقاط کوانتوم کربن دوپ شده با نیتروژن (BNCQDs) بر بیوسنتز ترکیبات زیست فعال بوده است. این مطالعه با تأکید بر بهینه‌سازی غلظت نانوذرات و مقایسه کارایی CQDs دوپ‌شده و بدون دوپ، می‌کوشد بینش‌های نوینی برای افزایش بهره‌وری ریزجلبک‌ها و توسعه پایدار سوخت‌های زیستی و کاربردهای زیست‌فناورانه ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

کشت جلبک در محیط کشت BBM در دمای ۲ ± ۲۴ درجه سانتیگراد، تحت دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی: ۸ ساعت تاریکی با نور فلورسنت سفید و با جریان CO_2 مداوم انجام شد. سپس با CQDs و BNCQDs سنتز شده در آزمایشگاه در غلظت‌های مختلف (۱۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در طول فاز نمایی رشد جلبکی تیمار شد. استخراج و سنجش محتوای آستاگزانتین و پروفایل اسیدهای چرب به ترتیب در فاز قرمز از طریق HPLC و در فاز سبز از طریق GCMS انجام شد. برای استریفیکاسیون اسیدهای چرب، از متانول و اسید سولفوریک به عنوان کاتالیزور اسیدی استفاده شد.

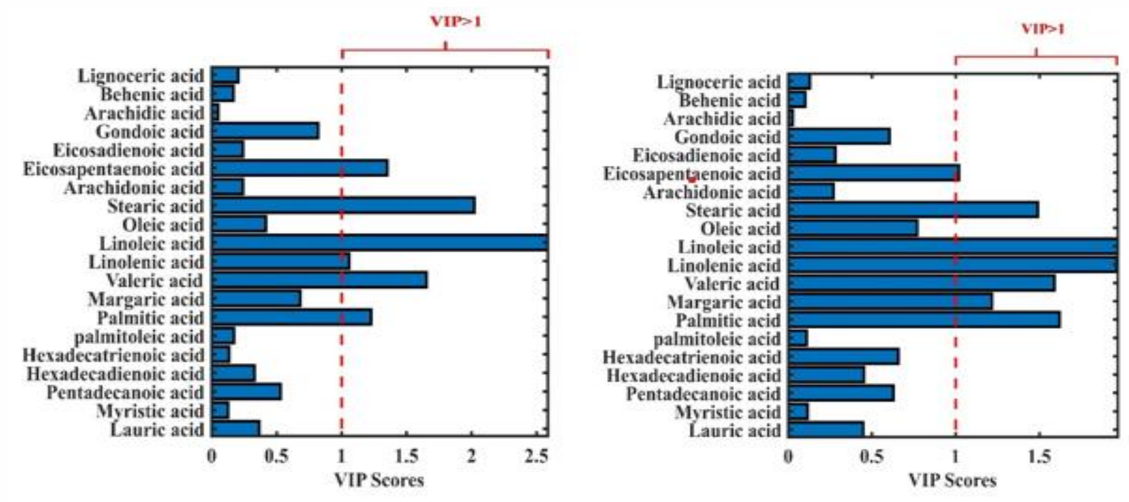
نتایج و بحث

نتایج آنالیز HPLC نشان داد که محتوای آستاگزانتین در اکثر غلظت‌های تیمار CQDs و BNCQDs افزایش آماری معنی‌داری ($P \geq ۰/۰۵$) را نسبت به گروه کنترل داشت.



شکل ۳-۱: تأثیر غلظت‌های مختلف CQD و BNCQD بر محتوای آستاگزانتین در هماتوکوکوس پلوویالیس.

یافته‌ها نشان می‌دهد که تأثیر تیمار CQDs بر افزایش محتوای آستاگزانتین نسبتاً بیشتر از تیمار BNCQDs است. کربن دات‌های حاوی گروه‌های کربوکسیلیک اسید سطحی به عنوان اهداکنندگان انرژی برتر به پروتئین‌های فتوسنتزی عمل می‌کنند، در حالی که افزایش حضور گروه‌های آمین روی سطح کربن دات، راندمان انتقال انرژی را کاهش می‌دهد. افزایش فتوسنتز با افزایش سنتز کلروفیل همگام است. ژرانیل ژرانیل پیروفسفات به عنوان سوبسترای واسطه مشترک در بیوسنتز کاروتنوئیدها و کلروفیل، می‌تواند پس از تجزیه کلروفیل (در فاز قرمز) به مسیر بیوسنتزی آستاگزانتین هدایت شده و منجر به افزایش بیوسنتز آستاگزانتین شود.



شکل ۳-۲: نمودار تجزیه و تحلیل VIP Score داده‌های GC-MS در جلبک هماتوکوکوس پلوویالیس تیمار شده با غلظت‌های مختلف نانوذرات CQDs (سمت چپ)، BNCQDs (سمت راست).

تجزیه و تحلیل کمی اسیدهای چرب متیله شده نشان داد که محتوای اصلی اسیدهای چرب توسط همه تیمارهای BNCQDs و برخی از تیمارهای CQDs افزایش یافته است. CQDs و BNCQDs ممکن است ترکیب اسیدچرب غشا را تغییر دهند، جایی که تغییرات در اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع مستقیماً بر سیالیت غشا تأثیر می‌گذارند. به طور خاص، مسیرهای دخیل در بیوسنتز اسیدهای چرب غیراشباع، مانند متابولیسم اسید لینولئیک، افزایش می‌یابند. این نشان می‌دهد که کربن‌دات‌ها در تنظیم تولید و پردازش لیپیدها در سلول‌ها نقش دارند

منابع

Fang, L., Zhang, J., Fei, Z., and Wan, M. (2019). Chlorophyll as key indicator to evaluate astaxanthin accumulation ability of Haematococcus pluvialis. *Bioresources and Bioprocessing*, *6*(1), 52.