



ارزیابی میزان اثربخشی عصاره جلبک دریایی *Sargassum ilicifolium* و عصاره جانوری ستاره شکننده *Ophiocoma scolopendrina* در مقدار جذب تشعشعات فرابنفش به وسیله نانوذره اکسید سریم

مهديه امیری نژاد^۱، نرگس امراللهی بیوکی^{۲،۳*}، مرتضی یوسفزادی^۴، آرش قادری^۵

DOI: 10.22124/japb.2024.25709.1516

تاریخ پذیرش: دی ۱۴۰۲

تاریخ دریافت: مهر ۱۴۰۲

چکیده

امروزه روش‌های تولید سبز نانوذرات در حال افزایش است. این پژوهش به منظور بررسی تولید نانوذرات اکسید سریم با استفاده از عصاره‌های *Sargassum ilicifolium* و *Ophiocoma scolopendrina*، تأیید اثر محافظتی و همچنین پایداری فرمولاسیون کرم دارای نانو اکسید سریم در برابر UVR بود. محصولات به دست آمده با استفاده از SEM، TEM، XRD و UV-Vis شناسایی شدند. سپس نمونه‌های کرم با غلظت‌های ۰، ۰/۵، ۲، ۴ و ۸ درصد نانوذرات اکسید سریم آماده شد. بر اساس نتایج، شکل نانوذرات کروی و دارای ساختار کریستالی مکعبی با اندازه حدود ۱۰-۱۲ نانومتر بود. پیک بین ۲۹۰-۳۲۰ نانومتر مربوط به UVB بود و طیف جذبی نانوذرات اکسید سریم تولید شده بیشترین جذب را در طول موج‌های ۳۱۷ و ۳۱۵ نانومتر نشان داد. فرمولاسیون F5 با غلظت ۸ درصد نانوذره تولید شده از *S. ilicifolium* با SPF ۲۵ و طول موج بحرانی (λc) ۳۸۰/۴ نانومتر بالاترین فاکتور حفاظتی را نشان داد که با توجه به رتبه‌بندی ستاره‌ای، چهار ستاره داشت. فرمولاسیون کرم ضدآفتاب کاملاً همگن و در چرخه سرمایش-گرمایش پایدار بود. همچنین pH نزدیک به پوست انسان را داشت. نتیجه آزمایش MTT برای بررسی سمیت نانوذرات اکسید سریم تولید شده از عصاره‌های دریایی روی رده سلولی HFF حاکی از آن بود که سلول‌های تیمار شده در مقایسه با شاهد سمیت قابل توجهی نشان ندادند. با توجه به نتایج به دست آمده در این مطالعه، نانوذرات اکسید سریم دارای شرایط لازم برای پیشرفت در فناوری محافظ خورشیدی هستند.

واژگان کلیدی: عصاره دریایی، فاکتور حفاظتی خورشیدی، SPF، نانوتکنولوژی.

- ۱- دانشجوی دکتری زیست‌شناسی دریا، گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
- ۲- دانشیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
- ۳- دانشیار گروه فناوری‌های نوین، پژوهشکده منطقه‌ای جنگل‌های حرا، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
- ۴- استاد گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه قم، قم، ایران.
- ۵- دانشیار گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

* نویسنده مسئول: amrollahi@hormozgan.ac.ir

مقدمه

شده است. ستاره‌های دریایی به عنوان گروهی از خارپوستان محصولات منحصر به فردی را تولید می‌کنند که برای درمان بیماری‌های مرگبار در زمینه پزشکی استفاده می‌شوند. ترکیبات جدا شده از ستاره دریایی شامل استروئیدها، آنتروکینون‌ها، آلکالوئیدها، فسفولیپیدها و پپتیدها هستند. این ترکیبات زیستی فعالیت‌های ضدقارچی، ضدباکتریایی، همولیتیک و غیره دارند. محصولات بویژه متابولیت‌های ثانویه که توسط آنها تولید می‌شود بخش جدایی‌ناپذیر از راهکارهایی برای بقا آنها است. متابولیت‌های ثانویه در ستاره دریایی یکسری مواد شیمیایی تولید شده توسط این جاندار هستند که از آن در برابر حمله شکارچیان محافظت می‌کند. این متابولیت‌های شیمیایی شامل منبعی از ترکیباتی می‌شود که دارای ارزش دارویی برای بشر هستند (Chisato et al., 2012).

پرتوی فرابنفش (UV) به عنوان بخشی از تابش الکترومغناطیسی بین پرتوی ایکس و نور مرئی قرار دارد که طول موج آن از ۲۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر است. این پرتوی فرابنفش بسته به طول موج به سه دسته شامل UV-A، UV-B و UV-C تقسیم می‌شود. پرتوی UV-A با طول

محصولات طبیعی به دست آمده از منابع دریایی در مقایسه با محصولات طبیعی از منابع زمینی به همان اندازه منابع ممتازی از ترکیبات جدید با اهمیت دارویی تولید می‌کنند. چگونگی تولید نانوذرات فلزی با استفاده از جلبک هنوز ناشناخته است، اما روش زیست‌سازگارتری نسبت به دیگر روش‌های زیستی است. تولید نانوذرات فلزی با استفاده از عصاره جلبک، فرآیندی سریع و غیرسمی است که بیشترین پتانسیل را برای کاربردهای زیست‌پزشکی دارد. ترکیبات طبیعی به عنوان عامل کاهش دهنده و تثبیت کننده نانوذرات عمل می‌کنند. با این حال، جلبک‌های دریایی می‌توانند مکانیسم‌های محافظت و ترمیم در برابر پرتوی فرابنفش (Ultraviolet Ray: UVR) را با تولید متابولیت‌های ثانویه افزایش دهند. چنین مکانیسم‌هایی شامل تجمع آنزیم‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها، افزایش ضخامت دیواره سلولی و تجمع ترکیبات جاذب UVR است (Shalaby, 2022). بی‌مهرگان دریایی بویژه خارپوستان به دلیل داشتن پتانسیل‌های زیستی خارق‌العاده خود، امروزه مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته‌اند. چندین متابولیت از خارپوستان که در زمینه داروسازی کاربرد دارند، شناسایی

به سطح پوست برسد. فرمولاسیون ضدآفتاب در سال‌های اخیر دستخوش تحولات تکنولوژیکی بزرگی بوده که منجر به بهبود کارایی و ایمنی ضدآفتاب شده است (Santos et al., 2022). نتایج چندین مطالعه در مورد فیلترهای غیرارگانیک محافظت از پوست در برابر پرتوی فرابنفش نشان داده است که بعد از استفاده موضعی، این ترکیبات توسط پوست انسان جذب می‌شوند و به دلیل نفوذ آنها ممکن است باعث اثرات نامطلوب واکنش‌های فوتوتوکسیک به علاوه فوتوآلرژیک در بدن شوند (Giokas et al., 2007; Haisma and Schuttelaar, 2017). بدین ترتیب، تلاش‌های مستمر برای یافتن ترکیبات طبیعی با پتانسیل‌های زیستی برای استفاده در فرمولاسیون انجام می‌شود که می‌توان آن را به عنوان یک جایگزینی برای ترکیبات مصنوعی در ضدآفتاب‌ها معرفی کرد.

نانوذره اکسید سریم با فرمول شیمیایی CeO_2 و جرم مولی ۱۱۵/۱۷۲ گرم بر مول در سال‌های اخیر توجه بسیاری از پژوهشگران این حوزه را به خود جلب کرده است. فراوان‌ترین فلز خاکی کمیاب که در دو حالت اکسیداسیون +۳ و +۴ وجود دارد. فعالیت‌های ترمودینامیکی چرخه ردوکس بین +۳ و +۴ در سطح آنها توانایی منحصر به فردی در جذب و رهاسازی

موج بین ۳۲۰ تا ۴۰۰ نانومتر، مسئول برنزه شدن یا تیره شدن فوری پوست به دلیل تولید بیش از حد ملانین در اپیدرم، پیری زودرس، سرکوب عملکردهای ایمنولوژیک، و حتی نکروز سلول‌های اندوتلیال و آسیب رگ‌های خونی پوست است (Marionnet et al., 2014). طول موج پرتوی UV-B بین ۲۸۰ تا ۳۲۰ نانومتر است. پرتوهای UV-B به عنوان پرتوهای سوزان ۱۰۰۰ برابر نسبت به UV-A قادر به ایجاد آفتاب سوختگی است. پرتوهای UV-B عمدتاً بر روی لایه سلول‌های پایه اپیدرمی پوست تاثیر می‌گذارند، اما نسبت به پرتوی UV-A ژنوتوکسیک‌تر هستند. پرتوی فرابنفش UVB که با زمان و فصل تغییر می‌کند، علت اصلی آفتاب سوختگی است. همچنین پوست آفتاب سوخته یک عامل خطر اصلی برای سرطان پوست ملانوما و غیرملانوما است. پرتوی UV-C بین ۲۰۰ تا ۲۸۰ نانومتر است. تشعشعات UV-C توسط لایه‌های ازون استراتوسفر فیلتر می‌شوند، بنابراین کمتر خطرناک هستند (Jou et al., 2012).

ضدآفتاب‌ها محصولات آرایشی و بهداشتی دارای فیلترهای UV به عنوان ترکیبات فعال هستند که مسئول جذب و یا انعکاس پرتوی UV هستند که در غیر این صورت ممکن است

قوی هستند که خواص ضدالتهابی، ضدپیری و درمانی دارند (Caputo et al., 2015).

تولید نانوذرات با استفاده از ماتریس‌های طبیعی به عنوان عوامل تثبیت کننده، نگرانی‌ها مربوط به سازگاری زیستی را کاهش می‌دهند. برای به حداقل رساندن اتلاف منابع انرژی، تولید نانوذرات به روش شیمی سبز در حال افزایش است که این نانوذرات به طور بالقوه برای کاربردهای دارویی مفید هستند. در این مطالعه به بررسی تولید سبز نانوذرات اکسید سریم از عصاره‌های طبیعی دریایی پرداخته شده است و به دلیل داشتن خواص نوری منحصر به فرد این نانوذره اکسید سریم، جذب پرتوی فرابنفش توسط این نانوذرات تولید شده به روش سبز در فرمولاسیون کرم ضدآفتاب بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه‌ها و عصاره‌گیری

جلبک قهوه‌ای *Sargassum ilicifolium* پس از جمع‌آوری از سواحل چابهار، به منظور جداسازی گل و لای با آب مقطر شستشو شد و در سایه در دمای مناسب به مدت یک هفته خشک شد. سپس برای پودر شدن آسیاب شد. همچنین ستاره شکننده *Ophiocoma scolopendrina* در زمان شروع جزر از سواحل

اکسیژن است. همچنین به دلیل شکاف انرژی ($\sim 4\text{eV}$) زیاد می‌تواند به عنوان جاذب UV عمل کند (Miri et al., 2020). نانوذره اکسید سریم به صورت گسترده در زمینه‌های مختلفی همچون کاتالیز، سنسورهای گازی، سلول‌های سوختی، مواد ذخیره هیدروژن، دستگاه‌های اپتیکی، مواد جاذب فرابنفش، مواد صیقل دهنده و بسیاری از زمینه‌های علم زیست‌پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. علت اصلی این کاربردها وجود جاهای خالی اکسیژن در سطح سریا است که به عنوان مکان فعال در واکنش‌ها عمل می‌کنند.

نانوذرات اکسید سریم (CeO_2) از طریق زوج ردوکس $\text{Ce}^{+4}/\text{Ce}^{+3}$ از سلول‌های تحت پرتوی فرابنفش محافظت چشمگیری می‌کنند و با اکسیداسیون بافر، حفظ زنده ماندن و تکثیر، کاهش آسیب DNA و تسریع در بازسازی، به طرز چشمگیری تقریباً جهش‌زایی را از بین می‌برند و به عنوان ابزاری مهم برای جلوگیری از سرطان پوست عمل می‌کنند که به عنوان کاندیدهای ضدآفتاب برای نسل بعد ایده‌ال به نظر می‌رسد. نانوذرات اکسید سریم نه تنها انکسار کننده UV هستند، بلکه به دلیل سطح تغییر ظرفیت $+4/+3$ آنتی‌اکسیدان‌های زیستی

هم زده شد. ذرات پس از زمان کافی هم زدن تشکیل شدند. نانوذرات پس از جداسازی با سانتریفیوژ (Sigma، آلمان) در ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه، با آب دیونیزه به طور مکرر شستشو داده شد و در آن ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت خشک شد. سپس محصول به دست آمده در کوره در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت کلسینه شد تا پودر زرد رنگ نانو اکسید سریم به وجود آمد.

شناسایی نانوذره اکسید سریم

نانوذرات تولید شده با استفاده از میکروسکوپ‌های الکترونی SEM و TEM (TESCAN, MIRA III، چک)، پراش پرتوی ایکس (XRD) و طیف جذبی با دستگاه اسپکتروفوتومتر UV-Vis (Biochrom، انگلستان) انجام شد.

در این بررسی طول موج تابش مورد استفاده در XRD ۱/۵۴۰۵۶ آنگستروم (آند مس) بود. داده‌ها در قالب نمودار 2θ رسم شدند. از داده‌های به دست آمده برای محاسبه اندازه کریستالیت با معادله شرر (رابطه ۱) استفاده شد. ضریب ثابت شبکه (Lattice Constant) نیز با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد.

قشم جمع‌آوری و سپس با آب مقطر شستشو شد و برای خشک شدن در دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد به دستگاه فریزدرایر منتقل و در نهایت با آسیاب صنعتی پودر شد. برای تهیه عصاره آبی، ۱۰ گرم از پودر هر کدام از نمونه‌ها به ۱۰۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر اضافه شد. سپس نمونه‌ها در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ تا ۴ ساعت هم زده شدند. پس از آن نمونه‌ها ابتدا با کاغذ صافی معمولی و سپس با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ جمع‌آوری و در نهایت برای نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به یخچال منتقل شدند.

تولید نانو اکسید سریم از عصاره موجودات دریایی

برای تولید نانو اکسید سریم (CeO_2 NPs)، در یک ارلن مایر ۱۰۰ میلی‌لیتری ۰/۰۵ مولار از $Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ ریخته و ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. این محلول با استفاده از همزن هم زده شد تا محلول همگن تشکیل شود (Arunachalam et al., 2017). به این محلول ۴۰ میلی‌لیتر از عصاره اضافه شده و در نهایت حجم آن با آب مقطر به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. مخلوط واکنش روی استیرر با دمای ۷۰-۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳-۴ ساعت

رابطه ۱:

$$\text{Crystallite Size} = k_{\lambda} / b \cdot \cos\theta$$

k: ثابت شرر (۰/۹۴) برای طول موج λ ؛ b: پهنای پیک در نصف ارتفاع بیشینه پیک (FWHM)؛ θ : موقعیت پیک الگوی پراش نصف دو تتا است.

رابطه ۲:

$$1/d^2 = (h^2 + k^2 + l^2) / a^2$$

d: فاصله بین صفحات (d-spacing)؛ h و k و l: اندیس‌های میلر؛ a: ثابت شبکه.

تهیه فرمولاسیون کرم ضد آفتاب

برای آماده کردن فاز آبی (A)، مواد لازم برای فاز آبی وزن و درون یک بشر شیشه‌ای ریخته شد. در این مرحله نانوذره تولید شده (C) در وزن‌های مورد نظر (۲ تا ۲۰ درصد) به فاز آب اضافه شد. برای فاز روغنی نیز درون یک بشر شیشه‌ای مواد لازم برای فاز (B) طبق جدول ۱ وزن و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد یکدست شد (Liu et al., 2018). سپس فاز روغنی به

جدول ۱: مواد تشکیل دهنده فرمولاسیون کرم ضد آفتاب

ماده	مقدار (گرم)
فاز آبی (A)	
آب دیونیزه	تا رسیدن وزن کل به ۱۰۰ گرم
تری اتانول آمین	۱
گلیسرین	۵
فاز روغنی (B)	
پارافین مایع	۵
موم (لانولین)	۸
اسید استئاریک	۸
ستیل الکل	۳
اتیلن گلیکول مونو استئارات	۱
پروپیلن پارابن	۰/۱
C نانوذره اکسید سریم تولید شده	۸-۰/۵
مقدار نهایی کرم	۱۰۰

جدول ۲: تابع محصول نرمال شده مورد استفاده در محاسبه SPF

طول موج (nm)	EE × I
۲۹۰	۰/۰۱۵۰
۲۹۵	۰/۰۸۱۷
۳۰۰	۰/۲۸۷۴
۳۰۵	۰/۳۲۷۸
۳۱۰	۰/۱۸۶۴
۳۱۵	۰/۰۸۳۹
۳۲۰	۰/۰۱۸۰
جمع کل	۱

آنالیز SPF به روش ISO 24443

برای مطالعه، هر محصول به مقدار ۱/۳ میلی گرم در سانتی متر مربع بر روی چهار صفحه پلی متیل متاکریلات (Polymethyl-methacrylate Plate: PMMA) بر روی سطح ناصاف اعمال شد. برای هر فرمولاسیون سه پلیت با شش تکرار در نظر گرفته شد. پس از استفاده از محصول، صفحه PMMA به مدت ۳۰ دقیقه در یک اتاق تاریک در دمای اتاق قرار داده شد تا محصول خشک شود و یک فیلم نازک همگن تشکیل شود.

فاز آبی حاوی نانوذره تولید شده اکسید سریم در حال همزدن طبق جدول ۱ اضافه شد.

تعیین SPF در شرایط آزمایشگاهی

ابتدا ۱ گرم از هر نمونه با ۲۵ میلی لیتر اتانول رقیق شده، به مدت ۵ دقیقه سونیکیت شد و سپس به مدت ۱۰ دقیقه در ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. در نهایت، جذب فاز رویی به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر (CE 2501, Cecil Instruments, بریتانیا) در طول موج ۲۹۰ تا ۳۲۰ نانومتر خوانده شد. برای هر نمونه سه تکرار انجام شد. به منظور محاسبه SPF (Sun Protection Factor) از رابطه ۳ استفاده شد (Donglikar and Deore, 2016).

رابطه ۳:

$$SPF = CF \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times Abs(\lambda)$$

CF: ضریب تصحیح که مساوی ۱۰ است؛ EE: طیف اثر اریتمال یا التهاب زدایی اشعه در طول موج مورد نظر؛ I: شدت طیف خورشیدی؛ Abs مقدار جذب محصول ضدآفتاب. مقادیر EE×I مقادیر ثابتی هستند که در جدول ۲ آورده شده است (Hoppe et al., 1975).

رابطه ۵:

$$\int_{290}^{\lambda_{ci}} A_{\lambda} \cdot d_{\lambda} = 0.9 \left(\int_{290}^{400} A_{\lambda} \cdot d_{\lambda} \right)$$

A_{λ} : جذب در طول موج λ ؛ λ_{ci} : طول موج بحرانی با توجه به دیواره سلولی.

نسبت UVA/UVB یکی دیگر از روش‌های

آزمایشگاهی برای بیان محافظت در برابر UVA

است و توسط سیستم رتبه‌بندی Boots

(۲۰۰۸) برای ضدآفتاب‌ها تعیین شده است.

نسبت UVA/UVB ($R_{UVA/UVB}$) با استفاده از

رابطه ۶ محاسبه شد.

رابطه ۶:

$$R_{UVA/UVB} = \left[\frac{\int_{320}^{400} A_{\lambda} \cdot d_{\lambda}}{\int_{320}^{400} d_{\lambda}} \right] / \left[\frac{\int_{290}^{320} A_{\lambda} \cdot d_{\lambda}}{\int_{290}^{320} d_{\lambda}} \right]$$

A_{λ} : جذب در طول موج λ ؛ λ_{ci} : طول موج بحرانی با توجه به دیواره سلولی.

با توجه به نسبت جذب UVA/UVB،

محاسبه شده از رابطه ۴، مقیاس رتبه‌بندی ۳ تا

۵ ستاره در نظر گرفته شد. طبق جدول ۳

ستاره‌های بیشتر به معنای محافظت بیشتر (بر

اساس نسبت) در برابر پرتوی UVA است

(Boots, 2008).

پس از دوره استراحت، صفحات در دستگاه

اسپکتروفتومتری با شبیه‌ساز خورشیدی طبق

روش‌های تعیین شده توسط استاندارد ISO

24443 قرار گرفتند و مقادیر SPF از رابطه ۴

به دست آمد (Rohr et al., 2018).

رابطه ۴:

$$SPF = \left(\int_{290}^{400} E_{\lambda} \cdot I_{\lambda} \cdot d_{\lambda} \right) / \left(\int_{290}^{400} E_{\lambda} \cdot I_{\lambda} \cdot T_{\lambda} \cdot d_{\lambda} \right)$$

E_{λ} : طیف عمل اریتما در طول موج λ ؛ I_{λ} : تابش طیف

خورشیدی در طول موج λ ؛ T_{λ} : میزان عبور لایه

ضدآفتاب در طول موج λ .

ارزیابی طول موج بحرانی

طول موج بحرانی (λ_c) به عنوان طول موجی

تعریف می‌شود که در آن ۹۰ درصد از سطح زیر

منحنی جذب (۴۰۰-۲۹۰ نانومتر) به دست

می‌آید. در صورتی که طول موج بحرانی در ۳۷۰

نانومتر یا بالاتر یافت شود، محصول دارای

معیارهای طیف وسیع مورد نیاز توصیه اتحادیه

اروپا است. بیشترین محافظت در برابر UVA

زمانی اتفاق می‌افتد که $\lambda_c \leq 370$ نانومتر باشد.

طول موج بحرانی با رابطه ۵ اندازه‌گیری شد

(Hojerova et al., 2011).

فعالیت قارچ و میکروب باشد (Pumival et al., 2020).

کشت سلول

برای کشت سلول، رده سلولی پوست انسان (Human Foreskin Fibroblast: HFF) از بانک سلولی انستیتو پاستور تهیه شد و از محیط کشت DMEM با سرم جنین گاوی (FBS) ۱۰ درصد و آنتی‌بیوتیک‌های پنی‌سیلین و استرپتومایسین ۱ درصد استفاده شد.

ارزیابی MTT

برای انجام این آزمایش، در هر چاهک پلیت‌های ۹۶ خانه حدود ۱۰۰۰۰ سلول از رده سلولی پوست انسان قرار داده شد و به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور گذاشته شد. سپس سلول‌های هر خانه با نانوذرات تولید شده و در غلظت‌های ۵۰۰، ۲۵۰، ۱۲۵، ۶۲، ۳۱، ۱۶ میکروگرم در میلی‌لیتر تیمار شد. محلول‌های محیط کشت حاوی نانوذرات قبل از استفاده سونیکیت شد. نمونه‌ها پس از تیمار به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت انکوبه شدند، پس از طی زمان‌های یاد شده به هر خانه ۲۰ میکرولیتر MTT با غلظت ۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر اضافه شد و برای ۴ ساعت در تاریکی انکوبه شد. پس از طی زمان

جدول ۳: سیستم رتبه‌بندی ستاره برای کرم‌های ضد آفتاب (Boots, 2008)

مقدار UVA/UVB	دسته‌بندی ستاره‌ها
۰/۵۹ تا ۰/۱۰	-
۰/۷۹ تا ۰/۶	***
۰/۹ تا ۰/۸	****
۰/۹ به بالا	*****

ارزیابی پایداری فرمولاسیون

هدف از آزمایش پایداری، اطمینان از مطابقت یک محصول جدید یا اصلاح شده با استانداردهای کیفی فیزیکی یا شیمیایی و میکروبیولوژی است. برای این آزمون فرمولاسیون با بهترین SPF از نظر ظاهر، رنگ، بو و مقدار pH همچنین یکنواختی اندازه ذرات کنترل شد.

بررسی پایداری فورمولاسیون در دوره گرما و سرما

این آزمایش با ۵ دوره دمایی ۴ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. بدین منظور، نمونه ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس از نظر ظاهری و pH مورد ارزیابی قرار گرفت. اندازه‌گیری pH مهم است، زیرا تغییرات می‌تواند حاکی از رشد و

ترتیب به صفحات کریستالی (۱۱۱)، (۲۰۰)، (۲۲۰)، (۳۱۱)، (۲۲۲)، (۴۰۰)، (۳۳۱)، (۴۲۰) و (۴۲۲) مربوط می‌شوند. ضریب ثابت شبکه (Lattice Constant) برای نمودار a (شکل ۱) ۵/۴۱۵ آنگستروم بود. برای این نمونه، بلندترین پیک (۱۱۱) ۱۰/۷ نانومتر و میانگین اندازه کریستالیت ۹/۹۷ نانومتر به دست آمد که تشکیل نانوذرات اکسید سربیم از جلبک را نشان می‌دهد.

نمودار b در شکل ۱ که مربوط به ستاره شکننده *Ophiocoma scolopendrina* است، پیک‌های مشخصه برای اکسید سربیم با ساختار مکعبی (Space Group: *Fm3m*) در 2θ های $28/66^\circ$ ، $33/22^\circ$ ، $47/61^\circ$ ، $56/42^\circ$ ، $59/10^\circ$ ، $69/50^\circ$ ، $76/80^\circ$ ، $79/30^\circ$ و $88/40^\circ$ به ترتیب به صفحات کریستالی (۱۱۱)، (۲۰۰)، (۲۲۰)، (۳۱۱)، (۲۲۲)، (۴۰۰)، (۳۳۱)، (۴۲۰) و (۴۲۲) مربوط می‌شوند. ثابت شبکه و حجم سلول واحد به ترتیب ۵/۳۹۱ آنگستروم و ۱۵۶/۶۸ محاسبه شد. برای این نمونه، اندازه با توجه به 2θ شاخص‌ترین پیک (۱۱۱) ۸/۱ نانومتر و میانگین اندازه کریستالیت ۷/۷۵ نانومتر به دست آمد که تشکیل نانوذرات اکسید سربیم از ستاره دریایی را نشان می‌دهد.

لازم، محیط حاوی MTT به دقت خارج شد. برای حل کردن کریستال‌های فورمازان نیز ۱۰۰ میکرولیتر DMSO به هر چاهک اضافه شد. همچنین سه چاهک به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. در نهایت، جذب نمونه‌ها توسط دستگاه الیزاریدر (Microtrac، آمریکا) در طول موج ۵۷۰ نانومتر خوانده شد و میزان زنده‌مانی و بقای سلول (SR) طبق رابطه ۷ محاسبه شد.

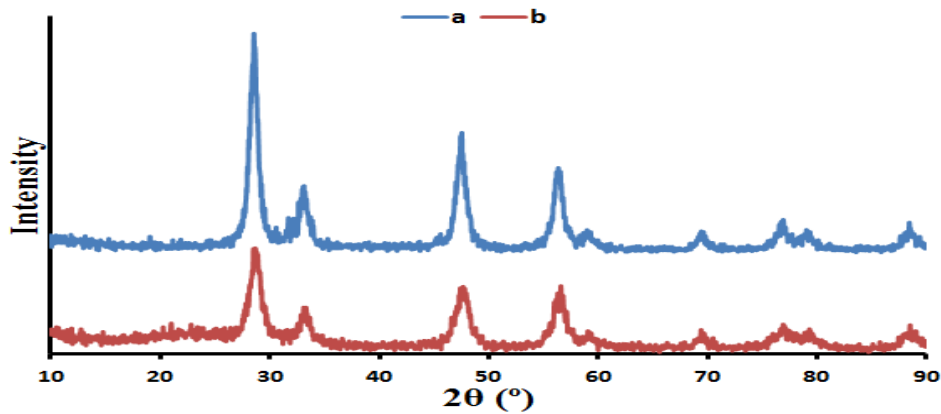
رابطه ۷:

$$SR(\%) = (A_T / A_C) \times 100$$

A_T : جذب متوسط نمونه‌های تیمار شده؛ A_C : جذب متوسط نمونه‌های شاهد.

نتایج

الگوی پراش پرتوی ایکس (XRD) دو نمونه اکسید فلزی سربیم (CeO_2) به دست آمده از منابع طبیعی در شکل ۱ نشان داده شده است. نمودار a در شکل ۱ مربوط به جلبک *Sargassum ilicifolium* است. همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود پیک‌های مشخصه برای نانوذره اکسید سربیم با ساختار مکعبی، (Space Group: *Fm3m*) در 2θ های $28/52^\circ$ ، $33/7^\circ$ ، $47/44^\circ$ ، $56/32^\circ$ ، $59/05^\circ$ ، $69/42^\circ$ ، $76/68^\circ$ ، $79/05^\circ$ و $88/43^\circ$ به



شکل ۱: مقایسه الگوی XRD. a: *Sargassum ilicifolium*; b: *Ophiocoma scolopendrina*.

۲ نشان می‌دهد که این ذرات کروی، متقارن و همگن هستند. الگوهای مشابهی برای تولید نانوذرات اکسید سریم سبز با اندازه بین ۱۰-۱۲ نانومتر و اشکال کروی ثبت شده است که با اندازه به دست آمده از رابطه شرر (رابطه ۱) مطابقت دارد.

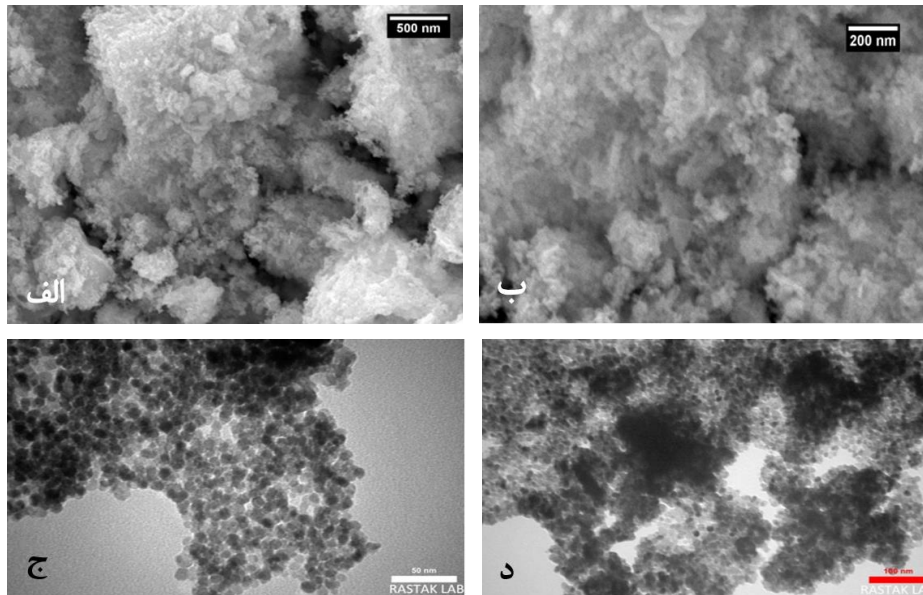
طیف جذبی

در شکل ۳ پیک بین ۲۹۰-۳۲۰ نانومتر مربوط به UVB است. طیف جذبی نانوذرات اکسید سریم تولید شده نشان داد که بیشترین جذب در طول موج‌های ۳۱۷ و ۳۱۵ نانومتر رخ داده است.

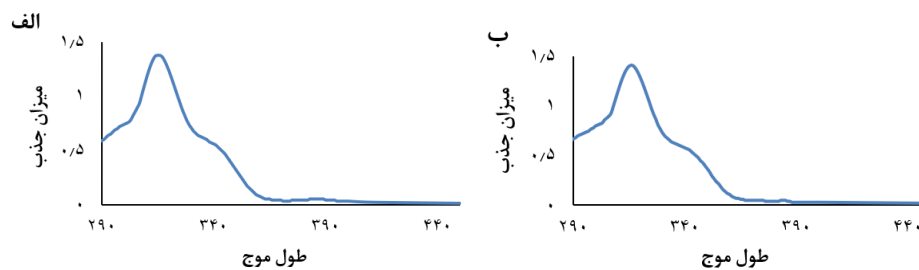
در شکل ۱ که مقایسه الگوی XRD جلبک (نمودار a) و ستاره شکننده (نمودار b) را نشان می‌دهد، هر دو نمودار حضور اکسید سریم را در این نمونه‌ها تایید می‌کنند. با توجه به بلندتر بودن پیک‌های پراش در نمونه a، این نمونه از ماهیت کریستالی بالاتری نسبت به نمونه b برخوردار است.

میکروسکوپ الکترونی SEM و TEM

ریخت‌شناسی نانوذرات اکسید سریم در تصاویر SEM نشان می‌دهد که این نانوذرات کروی تمایل زیادی به تجمع دارند (شکل ۲). تجزیه و تحلیل دقیق‌تر توسط TEM انجام شد. تصویر TEM از نانوذرات اکسید سریم در شکل



شکل ۲: تصاویر SEM و TEM نانو اکسید سربیم. الف) تصویر SEM نانو اکسید سربیم تولید از عصاره جلبک *Sargassum ilicifolium*. ب) تصویر SEM نانو اکسید سربیم تولید شده از عصاره ستاره شکننده *S. ilicifolium*. ج) تصاویر TEM نانوذره اکسید سربیم تولید شده از عصاره *Ophiocoma scolopendrina*. د) تصاویر TEM نانوذره اکسید سربیم تولید شده از عصاره *O. scolopendrina*.



شکل ۳: طیف UV-Vis نانوذرات اکسید سربیم. الف) نانوذرات اکسید سربیم تولید شده از *Sargassum ilicifolium*. ب) نانوذرات اکسید سربیم تولید شده از *Ophiocoma scolopendrina*.

نتایج ارزیابی SPF در فرمولاسیون کرم ضدآفتاب با استفاده از نانو اکسید سربیم تولید شده از جلبک قهوه‌ای و ستاره شکننده نشان داد که مقدار SPF برای فرمولاسیون ۸ درصد

(F5) نانوذره تولید شده از جلبک ۲۵ بود طول موج بحرانی، نسبت UVA/UVB و (جدول ۴) که در مقایسه با فرمولاسیون ضدآفتاب ۸ درصد نانوذره تولید شده از ستاره شکننده تفاوت چشمگیری داشت (جدول ۵).
 امتیازدهی ستاره‌ای در فرمولاسیون‌های مختلف نانوذرات اکسید سریم تولید شده توسط جلبک توانایی خوبی در جذب اشعه UV داشتند.

جدول ۴: نتایج بررسی SPF و طول موج بحرانی کرم ضدآفتاب با غلظت‌های متفاوت نانو اکسید سریم تولید شده از جلبک *Sargassum ilicifolium*

تیمار	غلظت نانوذره (%)	SPF	T (UVA) (%)	T (UVB) (%)	λ_c	UVA/UVB	ستاره
F1	۰	۰/۸۸	۰	۰	۳۶۰	۰	-
F2	۰/۵	۲/۱۶	۸۰/۵۳	۴۲/۷۰	۳۶۵	۰/۲۵۴	-
F3	۲	۴/۵	۵۰/۰۲	۳۰/۱۳	۳۷۲	۰/۴۶۶	-
F4	۴	۸	۲۹/۳۸	۱۶/۴۵	۳۷۷/۵	۰/۶۰۲	***
F5	۸	۲۵	۱۲/۲۷	۴/۷۰	۳۸۰/۴	۰/۸۵۴	****

λ_c : طول موج بحرانی؛ T: میزان UV عبوری از نمونه.

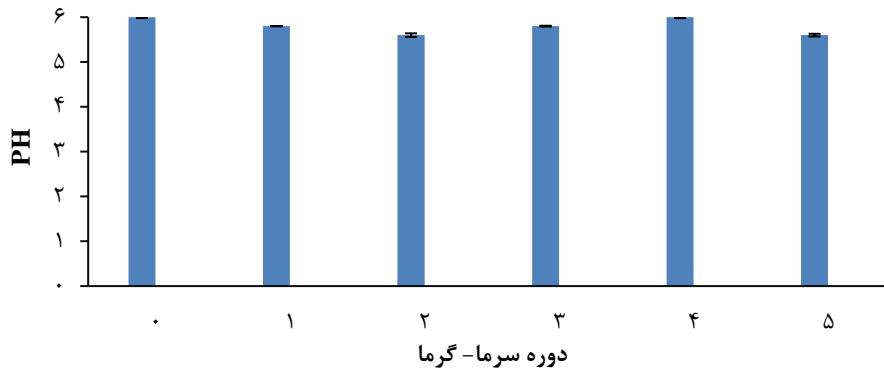
جدول ۵: نتایج بررسی SPF و طول موج بحرانی کرم ضدآفتاب با غلظت‌های متفاوت نانو اکسید سریم تولید شده از *Ophiocoma scolopendrina*

تیمار	غلظت نانوذره (%)	SPF	T (UVA) (%)	T (UVB) (%)	λ_c	UVA/UVB	ستاره
F1	۰	۰/۹۸	۰	۰	۳۶۱	۰	-
F2	۰/۵	۱/۷۲	۸۲/۱۳	۴۶/۶۷	۳۶۱/۲	۰/۲۷۱	-
F3	۲	۲/۱۹	۸۰/۵۰	۴۲/۱۶	۳۶۶	۰/۲۴۴	-
F4	۴	۴/۳۷	۵۰/۵۴	۲۰/۷۵	۳۷۲/۲	۰/۴۶۸	-
F5	۸	۵	۴۸/۲۱	۱۷/۹۱	۳۷۱/۶	۰/۴۵۲	-

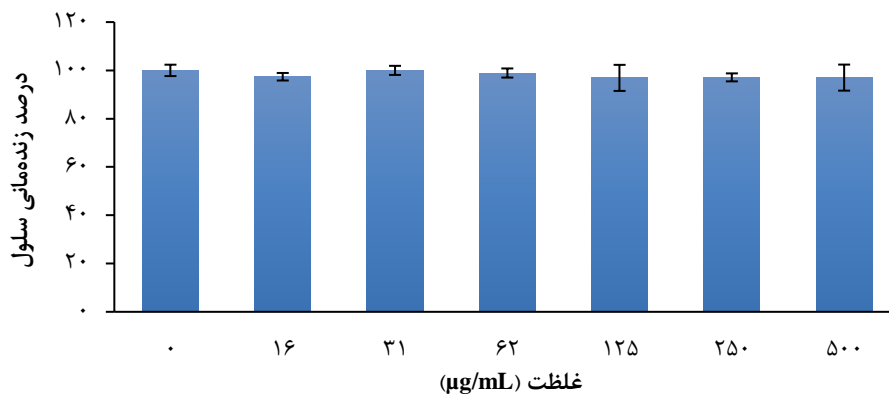
λ_c : طول موج بحرانی؛ T: میزان UV عبوری از نمونه.

ارزیابی pH برای کرم پایه (F1) و کرم‌ها با فرمولاسیون‌های مختلف در هیچ یک از آزمایش‌های چرخه گرمایش و سرمایش تغییر معناداری نداشت (شکل ۴). همچنین در این مدت هیچ تغییری در رنگ و بوی کرم مشاهده نشد.

فعالیت سمیت سلولی نانوذرات اکسید سربیم که در شکل ۵ آمده است، نشان می‌دهد نانوذرات سبز تولید شده حتی در غلظت‌های بالای ۲۵۰ میکروگرم در میلی لیتر سمیت قابل توجهی نداشتند.



شکل ۴: اثر دوره سرما و گرما در مقدار PH (میانگین \pm انحراف معیار)



شکل ۵: زنده‌مانی سلول‌های رده HFF پس از ۲۴ ساعت قرارگیری در معرض نانو اکسید سربیم تولید شده از جلبک *Sargassum ilicifolium* (میانگین \pm انحراف معیار)

بحث

O. scolopendrina تولید نشده است. طیف جذبی نانوذرات اکسید سریم تولید شده نشان داد که بیشترین جذب در طول موج‌های ۳۱۷ و ۳۱۵ نانومتر رخ داد و پیک جذبی ۲۹۰-۳۲۰ نانومتر مربوط به UVB است. فرمولاسیون ضدآفتاب در سال‌های اخیر دستخوش تحولات تکنولوژیکی بزرگی بوده که منجر به بهبود کارایی و ایمنی ضدآفتاب شده است (Santos et al., 2022). تعیین فاکتور محافظت از خورشید (SPF) توسط ارزیابی‌های بالینی یا اسپکتروفوتومتری تعیین می‌شود. از آنجایی که آزمایش‌های بالینی زمان‌بر و پرهزینه بوده و نتایج به دست آمده در هر دو روش مشابه است، روش اسپکتروفوتومتری برای به دست آوردن مقدار SPF برای نانوذرات تولید شده استفاده می‌شود. در روش تهیه نمونه دو هدف را باید دنبال کرد. اولین مورد شبیه‌سازی، شرایط کاربرد مورد استفاده برای آزمایش In-vivo، کمیت اعمال شده و برهمکنش بستر است. این یک مقدار SPF In vitro قابل اعتماد تولید می‌کند که به طور مثبت نتیجه یک آزمایش In-vivo بعدی را پیش‌بینی می‌کند. هدف دوم این است که این روش به اندازه کافی سازگار باشد تا نتایج قابل تکرار نمونه برای فرمول ضدآفتاب ایجاد شود (Sayre et al., 1979).

امروزه تولید سبز جایگاه ویژه‌ای در تولید نانوذرات دارد زیرا آنها به عنوان منابع ارزان، تجدیدپذیر و سازگار با محیط زیست محسوب می‌شوند. بیوسنتز، استفاده از مواد شیمیایی خطرناک را به حداقل می‌رساند. جلبک‌ها یک فرم جایگزین برای تولید نانوذرات هستند. از طرفی، کاهش هزینه کشت و زمان تولید کوتاه‌تر از مزایای استفاده از آنها است (Fawcett et al., 2017). در مطالعه حاضر، پس از عصاره‌گیری، از طرق حرارت دادن تولید و شناسایی نانوذرات با روش‌های TEM، SEM، XRD و UV-Vis انجام گرفت. نتایج نشان داد یک مجموعه‌ای از ذرات کروی شکل نانوذرات اکسید سریم با اندازه حدود ۱۰-۷ نانومتر با استفاده از عصاره جلبک *Sargassum ilicifolium* و ستاره شکننده *Ophiocoma scolopendrina* تولید شد. Rosi و همکاران در سال ۲۰۲۰ نانوذره اکسید سریم را از جلبک *Sargassum wightii* تولید کردند که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. در مطالعات پیشین از جلبک‌ها، گیاهان، پلیمرها و مواد مغذی در تولید انواع مختلف نانوذرات استفاده شده، اما تاکنون نانوذره اکسید سریم از جلبک *S. ilicifolium* و ستاره شکننده

چرخه سرمایش-گرمایش پایدار و نزدیک به pH پوست انسان بود و هیچ تغییری در pH و رنگ یا بو مشاهده نشد.

در این مطالعه، از روش MTT برای بررسی سمیت سلولی نانوذرات اکسید سریم (با غلظت‌های ۱۶، ۳۱، ۶۲، ۱۲۵، ۲۵۰ و ۵۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر) روی رده سلولی HFF استفاده شد. با بررسی فعالیت سمیت سلولی این ذرات (شکل ۵) مشاهده شد که سلول‌های تیمار شده در مقایسه با شاهد سمیت قابل توجهی نشان ندادند. با توجه به نتایج این مطالعه، این نانوذرات می‌توانند برای کاربردهای زیستی بالقوه مانند دارورسانی مورد استفاده قرار گیرند. Kargar و همکاران (۲۰۱۵) تولید نانوذرات اکسید سریم را از طریق آگارز انجام دادند. آنها با استفاده از روش MTT، اثرات سمیت سلولی آن را بر روی رده سلولی فیروبلاست موش بررسی کردند. مطالعه آنها نشان داد که از نانوذرات تولید شده می‌توان در زمینه‌های مختلفی از جمله آرایشی و بهداشتی، پزشکی، دستگاه‌های نوری-الکتریکی و غیره استفاده کرد (Kargar et al., 2015). به دلیل حضور مولکول‌های زیستی در ترکیب جلبک‌ها، از جمله پلی‌ساکاریدها، پپتیدها، ترکیبات فنلی و رنگدانه‌ها، آنها مسئول کاهش و تثبیت فلزات

اثربخشی فورمولاسیون ضدآفتاب با ویژگی حفاظت در برابر UV با مقادیر SPF بیان می‌شود (جدول ۵ و ۴) و محصولات با طول موج بحرانی بیش از ۳۷۰ نانومتر بالاترین حفاظت UVR را دارند (Diffey et al., 2001). SPF بالاتر نشان می‌دهد که یک نمونه محافظت بیشتری را ارائه می‌دهد. فرمول F1 فقط حاوی اجزای کرم پایه است با SPF برابر ۰/۸ و مقادیر F2، F3 و F4 با درصد‌های مختلف نانوذره استفاده شده به ترتیب دارای SPF‌های ۲، ۴/۵ و ۸ هستند. فرمولاسیون F5 از کرم ضدآفتاب حاوی نانوذره تولید شده از جلبک با SPF ۲۵ بالاترین فاکتور حفاظتی را نشان داد که با توجه به رتبه‌بندی ستاره‌ای، چهار ستاره داشت (Boots, 2008). سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) کرم‌های ضدآفتاب با SPF ۱۰-۲۰ را دارای محافظت پایین، SPF ۳۰-۱۰۰ را دارای محافظت متوسط و بالای ۳۰ را دارای حفاظت بالا اعلام کرده است. بسیاری از مطالعات گزارش کرده‌اند که فیلترهای طبیعی جایگزین شده در فرمولاسیون‌های ضدآفتاب دارای pH ۴/۵ تا ۸ هستند (Athikomkulchai et al., 2021). دما و زمان دو عامل بسیار مهم در پایداری کرم است. فرمول F5 در طول ۳۰ روز نگهداری در دمای ۴ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد و پس از ۵

استفاده به عنوان فیلتر UV در محصولات آرایشی و بهداشتی ضد آفتاب باشد. ظرفیت‌های محافظت از نور جلبک قهوه‌ای برای استفاده در محصولات آرایشی و بهداشتی از جمله کرم‌های ضد آفتاب مورد مطالعه قرار گرفته است (Liu et al., 2018). SPF بالاتر نشان می‌دهد که یک نمونه محافظت بیشتری در برابر امواج UVA/UVB از طریق جذب یا بازتاب دارد (Hojerova et al., 2011).

در مجموع، با توجه به نتایج مطالعه حاضر، نانوذرات اکسید سریم دارای شرایط لازم برای پیشرفت در فناوری محافظ خورشیدی هستند. از این رو، مطالعات با هدف بررسی کارایی و ایمنی آنها در کاربردهای خاص باید به عنوان یک اولویت در نظر گرفته شود و از این عصاره‌های طبیعی جانداران دریایی نیز به عنوان عامل پوششی در فرایند تولید نانوذره اکسید سریم استفاده شود.

هستند. ثابت شده است که تولید متابولیت‌های فعال زیستی توسط جلبک‌ها می‌تواند پاسخی باشد برای کاربردهای خاص در صنایعی مانند زیست‌پزشکی، دارویی، غذا و غیره (Yosri et al., 2021). ترکیبات زیستی موجود در ستاره شکننده نیز در تولید نانوذره اکسید سریم موثر بود. اما به دلیل ساختار اسکلت آهکی از خلوص بالا برخوردار نبود و در ارزیابی SPF در مقایسه با جلبک موفق ظاهر نشد. امتیاز اضافی که نانوذرات اکسید سریم ارائه می‌کنند خواص ضدالتهابی قوی آنها است (Das et al., 2013). اندازه کوچک نانوذرات که شفافیت لوسیون‌های ضد آفتاب را تضمین می‌کند، از نقطه نظر تجاری موضوع کلیدی است. توانایی انکسار بالای پرتوی فرابنفش به کارایی محافظت کلی کرم‌های ضد آفتاب مبتنی بر نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2) کمک می‌کند. نانوساختار اکسید سریم بدون سمیت شناخته شده است و به نظر می‌رسد یک ماده معدنی امیدوارکننده برای

منابع

- Arunachalam T., Karpagasundaram M. and Rajarathinam N. 2017.** Ultrasound assisted green synthesis of cerium oxide nanoparticles using *Prosopis juliflora* leaf extract and their structural, optical and antibacterial properties. *Materials Science-Poland*, 35(4): 791–798. doi: 10.1515/msp-2017-0104
- Athikomkulchai S., Tunit P., Tadtong S., Jantrawut P., Sommano S.R. and Chittasupho C. 2021.** *Moringa oleifera* seed oil formulation physical stability and chemical constituents for enhancing skin hydration and antioxidant activity. *Cosmetics*, 8(1): 1–18. doi: 10.3390/cosmetics8010002
- Boots. 2008.** Measurement of UVA: UVB ratios according to the Boots Star Rating System. BOOTS Ltd., UK.
- Caputo F., De Nicola M., Sienkiewicz M., Giovanetti A., Bejarano I., Licoccia S., Traversa E. and Ghibelli L. 2015.** Cerium oxide nanoparticles, combining antioxidant and UV shielding properties, prevent UV-induced cell damage and mutagenesis. *Nanoscale*, 7: 15643–15656. doi: 10.1039/c5nr03767k
- Chisato K., Chiaki K., Mami K., Yuki T. and Akira Y. 2012.** Morphogenesis of adult traits during the early development of *Mespilia globulus* Linnaeus, 1758 (Echinodermata: Echinoidea). *Zoological Studies*, 51(8): 1481–1489.
- Das S., Dowding J.M., Klump K.E., McGinnis J.F., Self W. and Seal S. 2013.** Cerium oxide nanoparticles: Applications and prospects in nanomedicine. *Nanomedicine*, 8(9): 1483–1508. doi: 10.2217/nmm.13.133
- Diffey B.L., Tanner P.R., Matts P.J. and Nash J.F. 2001.** In vitro assessment of the broad-spectrum ultraviolet protection of sunscreen products. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 43: 1024–103. doi: 10.1067/mjd.2000.109291
- Donglikar M. and Deore S.H. 2016.** Sunscreens. *Pharmacognosy Journal*, 8(3): 171–179. doi: 10.5530/pj.2016.3.1
- Fawcett D., Verduin J.J., Shah M., Sharma S.B. and Poinern G.E.J. 2017.** A review of current research into the biogenic synthesis of metal and metal oxide nanoparticles via marine algae and seagrasses. *Journal of Nanoscience*, 7: 1–15. doi: 10.1155/2017/8013850
- Giokas D.L., Salvador A. and Chisvert A. 2007.** UV filters: From sunscreens to human body and the environment. *Trends in Analytical Chemistry*, 26: 360–374. doi: 10.1016/j.trac.2007.02.012

- Haisma M.S. and Schuttelaar M.L. 2017.** Contact urticaria caused by the ultraviolet absorber octocrylene in sunscreens. *Contact Dermatitis*, 77: 254–256. doi: 10.1111/cod.12806
- Hojerova J., Medovcikova A. and Mikula M. 2011.** Photoprotective efficacy and photostability of fifteen sunscreen products having the same label SPF subjected to natural sunlight. *International Journal of Pharmaceutics*, 408: 27–38. doi: 10.1016/j.ijpharm.2011.01.040
- Hoppe V.U., Kopplow H.J. and Wiskemann A. 1975.** Statistical evaluation of light protection factors. *Arzneimittelforschung*, 25(5): 817–825.
- Jou P.C., Feldman R.J. and Tomecki K.J. 2012.** UV protection and sunscreens: What to tell patients. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 79(6): 427–436. doi: 10.3949/ccjm.79a.11110
- Kargar H., Ghasemi F. and Darroudi M. 2015.** Bioorganic polymer-based synthesis of cerium oxide nanoparticles and their cell viability assays. *Ceramics International*, 41(1): 1589–1594. doi: 10.1016/j.ceramint.2014.09.095
- Liu N., Fu X., Duan D., Xu J., Gao X. and Zhao L. 2018.** Evaluation of bioactivity of phenolic compounds from the brown seaweed of *Sargassum fusiforme* and development of their stable emulsion. *Journal of Applied Phycology*, 30: 1955–1970. doi: 10.1007/s10811-017-1383-0
- Marionnet C., Tricaud C. and Bernerd F. 2014.** Exposure to non-extreme solar UV daylight: Spectral characterization, effects on skin and photoprotection. *Molecular Sciences*, 16(1): 68–90. doi: 10.3390/ijms16010068
- Miri A., Sarani M. and Khatami M. 2020.** Nickel-doped cerium oxide nanoparticles: Biosynthesis, cytotoxicity and UV protection studies. *Royal Society of Chemistry*, 10: 3967–3977. doi: 10.1039/C9RA09076B
- Pumival P., Tadtong S., Athikomkulchai S. and Chittasupho C. 2020.** Antifungal activity and the chemical and physical stability of micro-emulsions containing *Citrus hystrix* DC. leaf oil. *Natural Product Communications*, 15: 1–12. doi: 10.1177/1934578X20957755
- Rohr M., Ernst N. and Schrader A. 2018.** Hybrid diffuse reflectance spectroscopy: Non-erythematous in vivo testing of sun protection factor. *Skin Pharmacology and Physiology*, 31(4): 220–228. doi: 10.1159/000488249
- Rosi H., Ethrajavalli R. and Janci M.I. 2020.** Synthesis of cerium oxide nanoparticles using marine algae *Sargassum wightii* Greville extract: Implications for anti-oxidant applications. *International*

- Conference on System, 1–3. doi: 10.1109/ICSCAN49426.2020.9262367
- Santos A.C., Marto J., Cha-Cha R., Pereira Silva M., Ribeiro H.M. and Veiga F. 2022.** Nanotechnology-based sunscreens. *Materials Today Chemistry*, 23: 237–247. doi: 10.54254/27552721/24/20230715
- Sayre R.M., Agin P.P., LeVee G.J. and Marlowe E. 1979.** A comparison of in vivo and in vitro testing of suncreening formulas. *Photochemistry and Photobiology*, 29(3): 559–566. doi: 10.1111/j.1751-1097.1979.tb07090.x
- Shalaby E.A. 2022.** Algae-mediated silver nanoparticles: Synthesis, properties, and biological activities. P: 525–545. In: Abd-Elsalam K.A. (Ed.). *Green Synthesis of Silver Nanomaterials*. Elsevier, Netherlands. doi: 10.1016/B978-0-12-824508-8.00009-5
- Yosri N., Khalifa S.A.M., Guo Z., Xu B., Zou X. and El-Seedi H.R. 2021.** Marine organisms: Pioneer natural sources of polysaccharides/proteins for green synthesis of nanoparticles and their potential applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 193: 1767–1798. doi: 10.1016/j.ijbio mac.2021.10.229



Research Paper

Evaluating the effectiveness of seaweed, *Sargassum ilicifolium*, extract and animal extract of brittle star, *Ophiocoma scolopendrina*, in the amount of ultraviolet ray absorption by cerium oxide nanoparticles

Mahdieh Amirinezhad¹, Narges Amrollahi Biuki^{2,3*}, Morteza Yousefzadi⁴, Arash Ghaderi⁵

DOI: 10.22124/japb.2024.25709.1516

Received: October 2023

Accepted: January 2024

Abstract

Today, green synthesis methods of nanoparticles are increasing. This research was aimed at investigating the synthesis of cerium oxide nanoparticles (CeO₂-NPs) using *Sargassum ilicifolium* and *Ophiocoma scolopendrina* extracts and confirming the protective effect as well as the stability of the cream formulation with cerium oxide nanoparticles against UVR. The obtained products were identified using XRD, TEM, SEM and UV-Vis. Then cream samples were prepared with concentrations of 0, 0.5, 2, 4 and 8% CeO₂-NPs. Based on the results, the nanoparticles were spherical in shape and had a cubic crystal structure with a size of about 10-12 nm. The peak between 290-320nm corresponded to UVB and the absorption spectrum of the synthesized CeO₂-NPs showed absorption peaks at 317 and 315nm wavelengths. Formulation F5 of sunscreen containing nanoparticle synthesized from *S. ilicifolium* with SPF 25 and critical wavelength (λ_c) 380.4nm showed the highest protection factor. According to the star rating, it had four stars. The cream formulation was completely homogeneous and stable in the cooling-heating cycle. Also, the pH was close to the pH of human skin. The results of MTT test to investigate the toxicity of CeO₂-NPs on HFF cell line, indicated that the treated cells did not show significant toxicity compared to the control. According to the results of this study, CeO₂ nanoparticles have the necessary conditions for progress in solar protection technology.

Key words: *Marine Extract, Sun Protection Factor, SPF, Nanotechnology.*

1- Ph.D. Student in Marine Biology, Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

2- Associate Professor in Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

3- Associate Professor in Department of Modern Technologies, Mangrove Forest Research Center, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

4- Professor in Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Qom, Qom, Iran.

5- Associate Professor in Department of Chemistry, Faculty of Sciences, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

*Corresponding Author: amrollahi@hormozgan.ac.ir