

کیتوسان؛ بیوپلیمر طبیعی محصولات مراقبتی از پوست

پلیمر زیستی کیتوسان به دلیل خواص ضد میکروبی، ضد التهابی و آنتی-اکسیدانی که دارد به گزینه‌ای ایده‌آل برای کاربرد در طیف گسترده‌ای از محصولات آرایشی تبدیل شده و افق‌های جدیدی را در طراحی فرمولاسیون‌های آرایشی پدیدار نموده است. توانایی این پلیمر در برقراری برهمکنش الکترواستاتیکی با سطوح باردار منفی (مانند پوست آسیب دیده) منجر به تشکیل فیلم‌های پلیمری شده و در نهایت، به محصولات آرایشی نرمی و رطوبت می‌بخشد. این مقاله مروری، پتانسیل بالقوه کیتوسان و مشتقات آن را به‌عنوان مواد اولیه در محصولات آرایشی و مراقبتی پوست بازخوانی نموده است.

کلیدواژه‌ها: کیتوسان، پوست، محصولات آرایشی و مراقبتی

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۲/۱۸ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۳/۲۰

پوست و زیبایی؛ بهار ۱۴۰۳، دوره ۱۵ (۱): ۴۳-۵۶

طیبه مؤمنی^{۱و۳}
عالیه صفامتش^۲
فائزه کاشانیان^{۳و۴*}

۱. دانشکده فیزیک و شیمی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران
۲. دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۳. دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۴. شرکت دانش‌بنیان ایستا صنعت و وطن، قم، ایران

نویسنده مسئول:

فائزه کاشانیان

تهران، خیابان انقلاب، دانشگاه تهران، دانشکده علوم و فنون نوین
پست الکترونیک:

Kashanian@ut.ac.ir

تعارض منافع: اعلام نشده است.

مقدمه

هیدروکسیل زیادی دارند و از منابع طبیعی مانند گیاهان و جلبک‌ها به دست می‌آیند و به‌طور طبیعی توسط بدن تجزیه می‌شوند.^۳ علاوه بر این، آن‌ها به طور کلی، غیرسمی و غیرتحریک‌کننده هستند و طیف وسیعی از خواص را دارند که می‌توان از آنها برای بهبود عملکرد محصولات آرایشی و بهداشتی استفاده کرد^۴ و این محصولات زیست‌سازگار با کاهش کربن در صنعت آرایشی و بهداشتی به حفظ سلامت پوست کمک شایانی می‌کنند.^۵

کیتوسان یکی از مشهورترین پلی‌ساکاریدهاست که به دلیل سازگاری زیستی، قابلیت تجزیه زیستی، غیرسمی بودن و خاصیت ضد میکروبی در بسیاری از زمینه‌ها کاربرد دارد. این مولکول شکل غیر استیل

امروزه، صنعت آرایشی و بهداشتی از طیف گسترده‌ای از پلیمرها در محصولات استفاده می‌کند. این پلیمرها به چهار دسته اصلی پلیمرهای مصنوعی، پلیمرهای بر پایه پلی‌ساکارید، پروتئین‌ها و سیلیکون‌ها تقسیم می‌شوند.^۱ هر کدام از این پلیمرها نقش‌های متفاوتی در فرمولاسیون محصولات آرایشی ایفا می‌کنند. به دلیل نگرانی‌های زیست‌محیطی و سلامتی، جایگزینی پلیمرهای مصنوعی و سیلیکون‌ها با «مواد اولیه سبز» به یکی از مهم‌ترین چالش‌های این صنعت تبدیل شده است و استفاده از پلی‌ساکاریدها به دلیل مزایای متعدد آنها، یک راه جایگزین محسوب می‌شود.^۲ پلی‌ساکاریدها پلیمرهای پیچیده کربوهیدرات هستند که در طول زنجیره اصلی خود، گروه‌های

صنعت آرایشی، به طور معمول به عنوان ماده جانبی و جزء فعال زیستی به کار می‌رود. این امر به دلیل سمیت محدود، سازگاری زیستی و قابلیت تجزیه پذیری زیستی کیتوسان امکان پذیر است.^{۲۰}

فعالیت ضد میکروبی

یکی از مهم ترین خواص کیتوسان، فعالیت ضد میکروبی آن در برابر میکروارگانیسم های مختلف از جمله باکتری ها، قارچ ها و مخمرها است. با وجود این که مکانیسم دقیق این فعالیت هنوز به طور کامل شناخته نشده است، فرضیه های مختلفی برای توضیح آن وجود دارد. طبق اولین فرضیه، فعالیت ضد میکروبی کیتوسان به اتصال عرضی یونی بین پلی کاتیون کیتوسان و سطح سلولی باردار منفی میکروارگانیسم ها مربوط است. این اتصال منجر به تشکیل لایه ای متراکم می شود که مانع از ورود مواد مغذی به سلول های میکروبی و در نهایت مرگ آنها می شود. فرضیه دوم بر خواص شلات کنندگی کیتوسان تمرکز دارد. کیتوسان می تواند با یون های فلزی ضروری برای رشد میکروارگانیسم ها کمپلکس تشکیل دهد و به این ترتیب، رشد و تکثیر آنها را مختل کند. طبق فرضیه سوم، کیتوسان با وزن مولکولی پایین می تواند از دیواره سلولی میکروارگانیسم ها عبور کند و با DNA آنها برهم کنش داشته باشد^{۲۱}. این برهم کنش منجر به اختلال در سنتز RNA و پروتئین و در نهایت مرگ سلول می شود^{۲۲، ۲۳}. عوامل مختلفی از جمله افزایش بار کیتوسان (افزایش درجه استیل شدن)، افزایش وزن مولکولی پلیمر و اسیدیته محلول pH می توانند اثربخشی ضد میکروبی کیتوسان را افزایش دهند. به طور کلی، کیتوسان در برابر باکتری های گرم منفی نسبت به باکتری های گرم مثبت اثربخشی بیشتری نشان می دهد^{۲۳، ۲۴}.

فعالیت آنتی اکسیدان

کیتوسان به عنوان یک آنتی اکسیدان قدرتمند در برابر طیف گسترده ای از رادیکال های آزاد، از جمله

شده از کیتین است که دومین پلیمر طبیعی فراوان بعد از سلولز به شمار می‌رود. کیتین در موجودات زنده مانند سخت پوستان، حشرات و قارچ ها وجود دارد. پلیمر کیتوسان یک هتروپلی ساکارید دوتایی خطی است که از گلوکز آمین و N-استیل گلوکز آمین پیوسته با β -۱ و ۴ تشکیل شده است^{۶، ۷} و به دلیل خاصیت ضد حساسیت و ضد میکروبی، به طور معمول در بخش مراقبت از پوست به عنوان یک ماده کمکی در پانسمان های التیام بخش به کار می‌رود^{۸-۱۰}.

علاوه بر خاصیت جذب اشعه فرابنفش، کیتوسان فعالیت های فیلم زایی، آنتی اکسیدانی و ضد التهابی نیز از خود نشان می‌دهد^{۱۱}. تحقیقات متعددی نشان داده اند که ترکیب فیلم های کیتوسان با ترکیبات بیواکتیو جایگزین، می تواند محصولی سازگار با محیط زیست با قابلیت تنظیم برای حوزه لوازم آرایشی جوانساز به ارمغان آورد^{۱۲-۱۴}. به طور خاص، صنعت آرایشی و بهداشتی از ترکیبات مختلف مبتنی بر کیتوسان از جمله کلرید هیدرات کیتوسان، استات کیتوسان، لاکتات کیتوسان، کاربوکسی متیل کیتوسان، مشتقات کواترنری، الیگوساکاریدها و همچنین کیتین سولفات و کربوکسی متیل کیتین بهره می‌برد^{۱۵-۱۷}.

این مقاله مروری، پتانسیل کیتوسان را در فرمولاسیون های آرایشی برای مراقبت از پوست بررسی کرده است. جایگزینی پلیمر های مصنوعی سنتی در لوازم آرایشی با کیتوسان که منشأ طبیعی دارد، نوید بخش تولید محصولات با دوام و ایمن تر است. علاوه بر این، می تواند به کاهش آلودگی فرآیندهای تولید نیز کمک کند^{۱۸}.

ویژگی های کیتوسان

کیتوسان، طیف وسیعی از فعالیت های بیولوژیکی از جمله ضد کلسترول، ترمیم زخم، ضد سرطان، ضد قارچ، بند آورنده خونریزی، ضد درد، ضد اسید، ضد زخم و تقویت کننده سیستم ایمنی دارد^{۱۹} و در

افزایش نفوذپذیری کیتوسان

کیتوسان می‌تواند با تغییر مقاومت الکتریکی ترانس اپیتلیال که ناشی از باز شدن و تخریب اتصالات محکم سلول است، به‌عنوان افزایش‌دهنده نفوذپذیری عمل کند. این امر از طریق اتصال الکترواستاتیک کیتوسان به غشای سلولی امکان‌پذیر است که باعث تغییر ارتباط پروتئین‌های درگیر در اتصالات محکم می‌شود.^{۲۹،۳۰}

نقش کیتوسان در محصولات مراقبت از پوست

کیتوسان، به‌دلیل داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی، پاک‌کنندگی، محافظت‌کنندگی، جاذب رطوبت و ضدالتهابی، ماده مناسبی برای محصولات مراقبت از پوست به‌شمار می‌رود. به‌طور خاص، کیتوسان به‌طور گسترده به‌عنوان یک عامل جوانساز و مرطوب‌کننده، در محافظت در برابر اشعه فرابنفش، پاک کردن پوست و به‌عنوان تقویت‌کننده عملکردهای ضروری مختلف پوست (محافظت، جذب، تنظیم حرارت، دفاع، ذخیره‌سازی و سنتز) مورد استفاده قرار گرفته است.^{۲۰}

یکی از مهم‌ترین جنبه‌های کیتوسان در رابطه با استفاده از آن در محصولات مراقبت از پوست، نفوذ بسیار کم آن به لایه‌های زیرین پوست است که مکانیسم اثر آن را در بسیاری از فرمولاسیون‌ها به سطح تماس پوست و محیط خارجی محدود می‌کند.^{۱۵،۳۰} رسوب کیتوسان روی سطح پوست با ایجاد یک شبکه، به بهبود زخم کمک می‌کند و باعث تحریک سنتز کلاژن و حفظ قابلیت تنفس مناسب پوست می‌شود. علاوه‌براین، کیتوسان از نظر زیست‌سازگاری و زیست‌تخریب‌پذیری مناسب است، خاصیت ضدباکتری، ضدخونریزی و ضدالتهابی دارد، جذب خوبی برای ترشحات زخم دارد و باعث ترمیم بافت و رشد الیاف کلاژن پوست می‌شود. این ویژگی‌ها استفاده از آن را به‌عنوان یک ماده تشکیل‌دهنده در طیف وسیعی از محصولات مراقبت از پوست تأیید می‌کند.^{۳۱،۳۲}

رادیکال‌های اکسیژن؛ مانند آلکیل، سوپراکسید و هیدروکسیل و همچنین ۲۰۲ - دی فنیل ۱ - پیکریل هیدرازین DPPH عمل می‌کند. مکانیسم دقیق فعالیت آنتی‌اکسیدانی کیتوسان هنوز به‌طور کامل شناخته نشده است؛ اما به‌طور کلی به توانایی گروه‌های هیدروکسیل و آمینوی این پلیمر در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و تشکیل کمپلکس با یون‌های فلزی آزاد و در نتیجه ایجاد ترکیبات پایدار نسبت داده می‌شود.^{۲۰} نکته قابل توجه این است که خواص آنتی‌اکسیدانی کیتوسان تحت تأثیر ویژگی‌های مولکولی خاص پلیمرهای انتخابی قرار دارد.^{۲۴،۲۵} کاهش وزن مولکولی کیتوسان، تمایل زنجیرهای کوتاه را برای تشکیل پیوند هیدروژنی درون مولکولی بین گروه‌های هیدروکسیل آن‌ها محدود می‌کند. این امر منجر به افزایش تعداد گروه‌های هیدروفیل در دسترس برای خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و در نتیجه تقویت فعالیت آنتی‌اکسیدانی کیتوسان می‌شود.^{۲۶}

پیونددهنده مخاطی کیتوسان

کیتوسان به‌دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود، به‌ویژه بار مثبت، می‌تواند به‌طور مؤثری با باقی‌مانده‌های منفی موجود در مخاط پیوند برقرار کند. این خاصیت، کیتوسان را به گزینه‌ای ایده‌آل برای کاربردهای مختلف در حوزه‌های پزشکی، دارویی و آرایشی تبدیل می‌کند. برهم‌کنش کیتوسان با مخاط، در پلی‌ساکاریدهایی با درجه داستیل شدن و وزن مولکولی بالا به‌طور قابل توجهی تقویت می‌شود.^{۲۷} این امر به‌دلیل افزایش تعداد گروه‌های آمینو در زنجیره کیتوسان و در نتیجه افزایش بار مثبت آن است. علاوه‌بر این، فرآیندهای مشتق‌سازی کیتوسان نیز می‌توانند به بهبود ویژگی‌های پیونددهنده مخاطی پلیمرهای حاصل در مقایسه با کیتوسان خالص کمک کنند. این فرآیندها می‌توانند شامل مواردی مانند افزودن گروه‌های عاملی هیدروفیلک یا افزایش حلالیت کیتوسان باشند.^{۲۸،۲۹}

ضدآفتاب‌ها

پیری زودرس پوست ناشی از نور، آسیبی است که پس از قرارگیری مکرر در معرض تابش فرابنفش (Ultra violet UV) در پوست ایجاد می‌شود و عمدتاً با استرس اکسیداتیو و عدم تعادل التهابی مشخص و باعث می‌شود علائم پیری پوست ناشی از نور مانند چین و چروک‌های درشت، خشکی، رنگدانه نامنظم و شل شدن نمایان گردد. علاوه بر این، قرار گرفتن در معرض اشعه فرابنفش، ارتباط مستقیمی با سرطان پوست دارد. کیتوسان به‌عنوان یک ماده بسیار امیدوارکننده برای کاهش مشکلات مرتبط با پیری پوست شناخته شده است. در واقع، کیتوسان به‌ویژه با وزن مولکولی بالا، با تشکیل فیلم روی سطح پوست، باعث کاهش از دست رفتن رطوبت پوست و بهبود خواص مکانیکی پوست (خاصیت ارتجاعی و نرمی) شده و به‌عنوان یک مرطوب‌کننده نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند.^{۳۲}

Kong و همکاران نشان دادند که فعالیت بیولوژیکی کیتوسان را می‌توان برای به حداقل رساندن تغییرات نامطلوب ناشی از قرار گرفتن طولانی مدت در معرض اشعه فرابنفش مورد استفاده قرار داد. برای مثال، کیتوسان می‌تواند با تحریک مسیره‌های تولید کلاژن، به کاهش آسیب‌های ماکروسکوپی و هیستوپاتولوژیکی ایجاد شده در پوست کمک کند. علاوه بر این، می‌تواند تولید سیتوکین‌های التهابی پس از التهاب را مهار کند و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مختلف و سطح رطوبت پوست را بهبود بخشد بنابراین، می‌توان از آن برای جلوگیری از خشکی پوست ناشی از اشعه فرابنفش، هایپرپلازی اپیدرم و چین و چروک استفاده کرد؛ زیرا کیتوسان فعالیت برخی آنزیم‌ها با نقش آنتی‌اکسیدانی را افزایش و تولید سیتوکین‌های التهابی را سرکوب می‌کند.^{۳۳،۳۴}

کیتوسان و فیلم‌های کیتوسان جذب زیر ۴۰۰ نانومتر را نشان می‌دهند بنابراین، می‌توان از آنها

به‌عنوان ضدآفتاب استفاده کرد. Gomma و همکاران گزارشی از دو فیلم کیتوسان با فاکتور محافظت‌کننده در برابر نور خورشید (SPF) تهیه کردند. هنگام مقایسه دو فیلم کیتوسان، عبوردهندگی فیلم کیتوسان با منبع قارچ برای اشعه UVA-UVB (۳۰۰-۵۰۰ نانومتر) نسبت به فیلم کیتوسان با منبع میگو کمتر بود. نتایج مطالعات آنها نشان داد که ظرفیت مقاومت در برابر اشعه فرابنفش، عصاره کیتوسان با منبع قارچی بهتر از فیلم کیتوسان با منبع میگو بوده است.^{۳۴}

توانایی محافظت‌کنندگی کیتوسان در برابر اشعه فرابنفش توسط Verma و همکاران ثابت شد. آن‌ها پارچه پنبه‌ای رنگ‌شده را با کیتوسان تیمار کردند و دریافتند که فاکتور محافظت در برابر اشعه فرابنفش، بیش از ۲۰ درصد نسبت به پارچه پنبه‌ای رنگ‌شده بدون تیمار و طول مدت محافظت در برابر نور افزایش یافته است.^{۳۵،۳۶} و محافظت در برابر اشعه فرابنفش به‌شدت به ویژگی‌های خاص پلیمر مورد استفاده، از جمله منبع، وزن مولکولی و درجه داستیلاسیون بستگی دارد.^{۲۰}

Morsy و همکاران ژل‌های ضدآفتاب حاوی نانوذرات هیدروکسی آپاتیت را که به‌طور همگن در یک ماتریس کیتوسان پراکنده شده بودند، تولید کردند. مشخص شد که ایجاد یک لایه از این سیستم هیبریدی روی سطح پوست، استراتژی مناسبی برای به حداقل رساندن اثرات ناشی از قرار گرفتن در معرض اشعه فرابنفش دارد.^{۳۶}

Kong و همکاران در مطالعه‌ای، اثر الیگوساکاریدهای کیتوسان را بر کاهش پیری زودرس پوست ناشی از نور در موش‌های صحرایی بدون مو بررسی کردند. این مطالعه به مدت ۱۰ هفته بر روی پوست موش‌ها و با تابش اشعه فرابنفش انجام شد. نتایج نشان داد که الیگوساکاریدهای کیتوسان می‌توانند به‌طور مؤثری وضعیت آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی پوست را تنظیم نموده که این امر به نوبه

Bikiaris و همکاران در پژوهشی، نانوذرات کیتوسان را سنتز کرده و آب انار را در آنها کپسوله کردند. سپس این نانوذرات بارگذاری شده را به شکل امولسیون درآوردند. نتایج نشان داد که سیستم‌های حاوی کیتوسان در مقایسه با نمونه‌های دیگر، محافظت‌کنندگی بهتری در برابر اشعه فرابنفش دارند.^{۴۱} همچنین در مطالعه دیگری اسید الاژیک از انار استخراج و به نانوذرات کیتوسان کپسوله کردند تا از پوست در برابر UV محافظت کنند و مشخص شد که این نانوذرات می‌توانند بقای سلولی را افزایش و روند پیری را کند نمایند.^{۴۲}

Karami و همکاران یک هیدروژل بر پایه کیتوسان و فوکوئیدان با استفاده از پیوند فیزیکی سنتز کردند. میزان نفوذ سیلیبین، اثرات ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی هیدروژل بهینه در پوست سالم و تحت تابش اشعه فرابنفش UVB در مدل‌های حیوانی بررسی شد. هیدروژل بهینه از نفوذ سیلیبین به پوست سالم و تحت تابش UVB به‌طور مؤثری محافظت می‌کند. این هیدروژل، پوست را در برابر آسیب‌های ناشی از اشعه UVB، از جمله التهاب و تولید گونه‌های فعال اکسیژن، حفظ می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که هیدروژل بهینه حاوی سیلیبین می‌تواند به‌عنوان یک محصول ضدآفتاب مؤثر در نظر گرفته شود.^{۴۳}

Chen و همکاران کامپوزیت‌هایی از کیتوسان کربوکسی متیل کواترنر و مونت موریلونیت آلی را به‌عنوان یک ماده ضدچروک جدید برای کرم‌های آرایشی طراحی کردند. این ماده به لطف ساختار لایه‌ای و تعداد زیاد گروه‌های آب‌دوست، جذب و نگهداری رطوبت را تسهیل می‌کند و محافظت بسیار خوبی در برابر اشعه فرابنفش ایجاد می‌کند.^{۴۴}

Quan و همکاران نانوذرات گلیسیریزینیک اسید - β -NGA18 را با آمفی‌فیلیک کیتوسان ACS ترکیب کردند تا جذب پوستی و اثربخشی ضدپیری پوست را افزایش دهند. نانوذرات کامپوزیت گلیسیریزینیک اسید

خود، از آسیب‌های ناشی از اشعه فرابنفش به پوست، مانند چین و چروک، شل شدن پوست و لکه‌های هایپرپیگمانتاسیون، جلوگیری می‌کند.^{۳۳،۳۴}

Libio و همکاران از توانایی کیتوسان محلول در بافر سیترات برای تشکیل فیلم روی سطح پوست به‌عنوان یک استراتژی بسیار جالب برای لایه‌برداری لایه شاخی استفاده کردند. این کار از خاصیت چسبندگی زیستی کیتوسان برای کاهش چسبندگی سلول‌ها و جدا شدن بعدی آنها استفاده می‌کند که می‌تواند با القای تکثیر سلولی و بازسازی لایه شاخی به جلوگیری از پیری پوست کمک کند. علاوه بر این، کیتوسان همچنین نقش مهمی در افزایش تراکم کلاژن و کاهش خطوط و چین و چروک دارد؛ زیرا در تحریک پروتئین‌ها و سلول‌ها و متعاقباً تکثیر سلولی، تشکیل یک سد قابل نفوذ (بازاپیتیلیزاسیون) و رگ‌زایی مؤثر است.^{۳۷،۳۸}

Li و همکاران هیدروژل‌های نانوذره کامپوزیتی جدیدی با الهام از ملانین برای محافظت از پوست در برابر نور خورشید ساختند. این هیدروژل‌ها از نانوذرات توخالی پلی‌دوپامین و هیدروژل کیتوسان اسید هیالورونیک تشکیل شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که این هیدروژل‌ها ایمن، سازگار با پوست بوده و محافظت قوی در برابر اشعه UVA و UVB دارند. این هیدروژل‌ها پتانسیل جایگزین برای ضدآفتاب‌های فعلی را دارند.^{۳۹}

Liu و همکارانش، نانوسیانید - ۳ - O - گلوکوزید C3G را از طریق ژل شدن یونی کیتوسان و تری‌فسفات سدیم طراحی و سنتز کردند. این نانوذره با مکانیسم‌های مختلف، از جمله کاهش استرس اکسیداتیو، تنظیم آپوپتوز و بهبود ظاهر پوست، اثرات محافظتی قوی در برابر آسیب‌های ناشی از اشعه UVB از خود نشان می‌دهد. نانو - C3G پتانسیل تبدیل شدن به یک درمان مؤثر برای هایپرپیگمانتاسیون و سایر مشکلات پوستی مرتبط با اشعه UV دارد.^{۴۰}

می‌توانند رادیکال‌های آزاد را در سطوح مختلف خنثی کرده و از سلول‌ها در برابر آسیب‌های ناشی از اشعه فرابنفش و مواد شیمیایی محافظت کنند.^{۴۹}

پاک‌کننده‌ها

هدف از روش‌های پاکسازی پوست، حذف هرگونه ماده‌ای است که در اثر تماس با هوای محیط یا استفاده از محصولات آرایشی روی آن رسوب می‌کند. با استفاده از ماهیت کاتیونی کیتوسان و برخی مشتقات آن، می‌توان از آن‌ها به‌عنوان پاک‌کننده پوست بهره برد. بدین صورت که از این خاصیت برای طراحی حامل‌هایی بر پایه مواد مؤثر در پاکسازی پوست استفاده می‌شود بنابراین، برهم‌کنش بین بارهای مثبت زنجیره اصلی کیتوسان و بارهای منفی سطح پوست می‌تواند به‌عنوان ابزاری بسیار امیدوارکننده برای اطمینان از آزادسازی هدفمند مواد پاک‌کننده به کار گرفته شود.^{۵۰}

Theerawattanawit و همکاران نشان دادند که ژل‌های کیتوسان می‌توانند برای کاهش میزان سبوم بدون هیچ عارضه جانبی مورد استفاده قرار گیرند.^{۵۱} همچنین، توانایی نانوذرات کیتوسان در کنترل میزان سبوم، توسط تانگ کیجانگاموونگ و همکاران مورد مطالعه قرار گرفت. آن‌ها پس از یک هفته کاهش قابل توجه میزان سبوم و کاهش چربی پوست را مشاهده کردند. حذف سبوم به‌دلیل توانایی کیتوسان در تشکیل کمپلکس با سبوم و کمک به حذف آن می‌باشد. همزمان، کیتوسان می‌تواند لایه‌ای ایجاد کند که از رسوب مجدد سبوم روی سطح پوست جلوگیری کند.^{۵۲}

Fujii و همکاران در مطالعه‌ای، اثر لوسیون حاوی کیتوسان را بر خارش و خشکی پوست موش‌های بدون مو با رژیم غذایی خاص که درماتیت آتوپیک داشتند، بررسی کردند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که این لوسیون می‌تواند خارش ناشی از خشکی پوست را کاهش، رطوبت پوست را افزایش و دفع آب از طریق

ANGA سمیت سلولی کمتری نسبت به NGA خالص نشان دادند. هیدروژل ANGA نفوذ پوستی اسید گلیسیریزینیک را به‌طور قابل توجهی افزایش و علائم پیری پوست ناشی از نور خورشید را در مدل موش کاهش داد.^{۴۵}

Wang و همکاران با واکنش دادن کیتوسان α - استیل آمید بنزوئیل کلرید در محیط اسید استیک و تحت امواج فراصوت با شدت بالا، موفق به تولید p - استیل آمید بنزوئیل کیتوسان شدند. این پژوهشگران نشان دادند که این مشتق کیتوسان قابلیت جذب اشعه فرابنفش را دارد و می‌تواند زمینه‌ساز تولید نسل جدیدی از ضدآفتاب‌ها شود.^{۴۶} کار مشابهی توسط Ma و همکاران انجام شد. آن‌ها ترکیبات N - (۴) - هیدروکسی فییل) آکریل آمید یا N - (۴) - آمینوسولفونیل) فییل آکریل آمید را با کیتوسان واکنش دادند تا مشتقی از کیتوسان با قابلیت جذب UV تولید کنند. چنین مشتقات کیتوسانی می‌توانند در ساخت ژل‌های ضدآفتاب به کار روند.^{۴۷}

Huerta-Madronal و همکارانش کیتوسان را با مقادیر مختلفی از اسید رزماری نیک عامل دار کردند و کنژوگه‌های جدید کیتوسان - رزماری نیک اسید CSRA با پتانسیل بالا برای کاربردهای پوستی سنتز نمودند. نتایج نشان داد که CSRA فعالیت‌های ضدالتهابی، ضدباکتریایی و ضدفتواکسیداتیو قابل توجهی از خود نشان می‌دهد. این کنژوگه‌ها می‌توانند فعال‌شدن ماکروفاژهای ملتهب را کاهش، توانایی ضدباکتریایی علیه باکتری اشرشیاکلی را در مقایسه با کیتوسان خالص و اسید رزماری نیک آزاد، به‌طور قابل توجهی افزایش دهند و از آسیب سلولی ناشی از اشعه UVB و تولید گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر در فیبروبلاست‌ها و کراتینوسیت‌ها بکاهند.^{۴۸}

در مطالعه‌ای دیگر، محققان نانوذرات سلنیم با بار صفر را با کیتوسان روکش‌دار و نانوذرات کیتوسان - سلنیم CS-SeNPs سنتز کردند. این نانوذرات

متیل به عنوان ترکیبات مرطوب کننده در لوازم آرایشی توسط Chaiwong و همکاران^{۵۴} مورد مطالعه بیشتر قرار گرفت. آنها دریافتند که این نوع پلیمر را می توان با موفقیت در کرم های ضد تعریق برای به دست آوردن میزان رضایت بخشی رطوبت پوست به کار برد.

Qin و همکاران چندین نمونه کیتوسان با وزن مولکولی متفاوت ($1/2 \times 10^3$ تا 30×10^4 کیلو دالتون) با تخریب اکسیداتیو با آب اکسیژنه تهیه کردند. میزان گروه های کربوکسیلیک در کیتوسان با کاهش وزن مولکولی افزایش می یابد. ظرفیت جذب و نگهداری رطوبت در کیتوسان های نهایی به وزن مولکولی و درجه استیل زدایی بستگی دارد. بیشترین ظرفیت جذب و نگهداری رطوبت مربوط به کیتوسانی با وزن مولکولی $0/45 \times 10^4$ و درجه استیل زدایی ۹۰٪ بود.^{۵۷}

Chen و همکاران، چندین مشتق کربوکسی متیل کیتین و کیتوسان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که جایگزینی در موقعیت 6-OH محل اصلی برای جذب و نگهداری رطوبت است، در حالی که موقعیت های 3-OH و N مشارکت کمتری دارند. در مورد 6-O-CM-Chitin و 6-O-CM-Chitosan مشاهده شد که با افزایش وزن مولکولی، توانایی نگهداری رطوبت نیز به طور قابل توجهی افزایش می یابد. با توجه به این یافته ها، 6-O-CM-Chitin و 6-O-CM-Chitosan با وزن مولکولی بالا می توانند به عنوان جایگزین های مناسب برای اسید هیالورونیک در محصولات آرایشی و پزشکی باشند.^{۵۸}

آنها همچنین در پژوهش دیگری، تأثیر افزودن کیتوسان های محلول در آب به کرم های مرطوب کننده حیاتی (کرم های حاوی ویتامین E) را بررسی و دریافتند که افزودن کیتوسان محلول در آب به کرم های حاوی ویتامین E، با افزایش گرانیروی و پایداری، می تواند کارایی محصولات آبرسانی پوست را ارتقا دهد بدون آنکه بر آزادسازی ویتامین E یا سازگاری با پوست تأثیر منفی بگذارد.^{۵۹}

پوست را کاهش دهد و دمای سطح پوست را خنک نگه دارد.^{۵۳}

مرطوب کننده ها

جاذب های رطوبت، لوازم آرایشی هستند که برای افزایش میزان آب در لایه های بالایی پوست طراحی شده اند. جاذب های رطوبت کاتیونی به سطح پوست که بار منفی دارد جذب می شوند بنابراین، می توان جاذب های رطوبت را به عنوان یک جزء مرطوب کننده در نظر گرفت که برای جایگزینی عوامل مرطوب کننده طبیعی موجود در لایه شاخی پوست استفاده می شوند. مرطوب کننده ها با افزایش آب پوست، نرمی و لطافت آن را بهبود می بخشد. هرچه وزن مولکولی کیتوسان بالاتر باشد، ظرفیت نگهداری رطوبت آن نیز بیشتر می شود. این را می توان با در نظر گرفتن تعداد بیشتر مونومر های موجود در زنجیره پلیمری توضیح داد که به تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین مولکولی کمک می کند. این پیوندها مسئول تعدیل جذب و نگهداری رطوبت توسط کیتوسان هستند.^{۵۴} کیتوسان به عنوان یک جاذب رطوبت با پیرولیدون کربوکسیلیک اسید PCA ترکیب شد و ماده جاذب رطوبت فیلم ساز تولید کرد. مشتقات آلی و آلکیل دار کیتوسان برای بهبود خواص جاذب رطوبت کیتوسان تولید شدند. فعالیت پلیمر های جاذب رطوبت به بار کاتیونی، وزن مولکولی و آبگریزی پلیمر بستگی دارد.^{۵۵}

Chaiwong و همکاران نشان دادند که کیتوسان کربوکسی متیل می تواند به عنوان یک ماده مرطوب کننده مناسب عمل کند و با افزایش وزن مولکولی پلیمر، خاصیت مرطوب کنندگی آن نیز افزایش می یابد. این اثر مرطوب کنندگی را می توان با در نظر گرفتن توانایی پلیمر برای تشکیل لایه ای از کیتوسان هیدراته روی سطح پوست و جلوگیری از تبخیر آب توضیح داد.^{۵۶} از طرف دیگر، اثر مرطوب کنندگی کیتوسان با افزایش درجه استیل زدایی افزایش می یابد. استفاده از کیتوسان های کربوکسی

زمان طولانی روی پوست قرار می‌گیرند تا مواد فعال خود را به تدریج آزاد کرده و پوست را با ویتامین‌ها، پروتئین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها تغذیه کنند و باعث بهبود ظاهر پوست شوند.^{۶۴}

محققان در مطالعه‌ای، نوعی از ماسک‌های ورقه‌ای صورت را با استفاده از کیتوسان و پلی‌وینیل الکل تولید کردند. نتایج نشان داد که فرمولاسیون ایده‌آل این ماسک‌ها شامل ۲ درصد کیتوسان، ۱ درصد پلی‌وینیل الکل و ۱۰ درصد اتانول است. اتانول برای تسریع زمان خشک‌شدن ماسک، به ترکیب اضافه شد. این فرمولاسیون، زمان خشک‌شدن مناسب و همچنین خاصیت ارتجاعی مطلوبی را برای ماسک ارائه می‌دهد.^{۶۵}

Sionkowska و همکاران، فیلم‌های بر پایه کیتوسان حاوی اسید هیالورونیک و روتین را با هدف استفاده در محصولات آرایشی، سنتز و بررسی کردند. نتایج نشان داد که افزودن روتین به کیتوسان، پایداری حرارتی و زبری سطح فیلم را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ اما ساختار شیمیایی آن را دستخوش تغییر نمی‌کند. آزمایش‌های انجام‌شده بر روی پوست نشان داد که استفاده موضعی از این فیلم‌ها، خاصیت ارتجاعی و رطوبت‌رسانی پوست را تا حدی افزایش می‌دهد. به همین دلیل، می‌توان از این فیلم‌ها به‌عنوان ماسک صورت یا سایر محصولات آرایشی جهت بهبود سلامت و شادابی پوست استفاده کرد.^{۶۶}

Hu و همکاران ماسک نانویی چندمنظوره با استفاده از کیتوسان و کلاژن ساخته‌اند. الیاف نانویی موجود در ماسک با رطوبت فعال شده و خاصیت آنتی‌اکسیدانی، مرطوب‌کنندگی و ضدباکتریایی دارند. کارایی بالا، آزادسازی مواد مؤثر و سهولت استفاده از مزایای این ماسک‌ها می‌باشد.^{۶۷،۶۸}

Anies و همکاران به بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف کیتوسان محلول در آب در یک ماسک لایه‌بردار و همچنین مهارکنندگی آن نسبت به

Gholibeikian و همکاران، کرم مرطوب‌کننده‌ای بر پایه کیتوسان با استفاده از روغن‌های گیاهی، توئین و آب با نسبت‌های خاص فرموله کردند. آنالیز اسیدهای چرب نشان داد که پالمیتیک اسید، اولئیک اسید، لینولئیک اسید و استئاریک اسید اصلی‌ترین اسیدهای چرب موجود در این کرم بودند که روی پوست خرگوش ایجاد حساسیت نکرده و تحریک پوستی بسیار کمی داشتند.^{۶۰}

کمپلکس‌های کیتین - گلوکان که از واحدهای کیتین و β - گلوکان که با پیوند کووالانسی به‌هم متصل شده‌اند، تشکیل شده و خواص مرطوب‌کنندگی پایه در کرم‌ها داشتند و پس از استفاده طولانی مدت از آنها هیچگونه عوارضی مشاهده نشد و برخی از علائم پیری پوست بهبود یافت.^{۶۱} علاوه بر این، مطالعات نشان داد نانوکامپوزیت‌های کربوکسی‌متیل کیتوسان کواترنری - مونت موریلونیت نیز به‌دلیل خاصیت مرطوب‌کنندگی و همچنین توانایی محافظت خوب در برابر اشعه فرابنفش، خواص مناسبی را در برابر پیری پوست نشان دادند.^{۶۲}

اصلاح شیمیایی کیتوسان با افزودن گروه‌های آنیونی، استراتژی مناسبی برای افزایش توانایی کیتوسان در جذب رطوبت و دستیابی به اثر مرطوب‌کنندگی بهتر از محصولات مبتنی بر اسید هیالورونیک ارائه می‌دهد بنابراین، کیتوسان‌های اصلاح‌شده آنیونی به‌عنوان ترکیبات امیدوارکننده‌ای برای اطمینان از جذب و نگهداری خوب رطوبت در هنگام استفاده از محصولات آرایشی در حال توسعه هستند.^{۶۳}

ماسک‌ها

یکی از روش‌های استفاده از کیتوسان محلول در آب ماسک صورت است که به‌صورت ورقه‌ای جدا می‌شود. از آنجایی که این نوع ماسک به‌طور مستقیم با سطح پوست در تماس است، برای افزایش جوان‌سازی پوست پیشنهاد می‌شوند. این ماسک‌ها برای مدت

کیتوسان یا مشتقات آن با خلوص و خواص کافی برای استفاده به‌عنوان ترکیب آرایشی صورت گیرد. همچنین، دستیابی به دانش گسترده در مورد جنبه‌های ساختاری و فیزیکوشیمیایی کیتوسان نیز ضروری است.^{۶۹}

به‌عنوان نتیجه‌گیری، صنعت آرایشی به‌دنبال جایگزینی ترکیبات شیمیایی با مواد طبیعی در محصولات خود به‌دلیل تقاضای فزاینده برای محصولات ایمن‌تر و سازگار با محیط زیست است.

پلیمرهای طبیعی مانند کیتوسان به‌دلیل خواص منحصربه‌فردشان، جایگزینی مناسبی برای ترکیبات شیمیایی هستند و می‌توان از آنها در طیف وسیعی از محصولات آرایشی از جمله محصولات مراقبت از پوست استفاده کرد. با وجود پتانسیل بالای کیتوسان، چالش‌هایی مانند بهینه‌سازی فرآیندهای جداسازی و تصفیه، شناسایی دقیق خواص مواد اولیه و انجام آزمایش‌های کافی برای ارزیابی اثربخشی وجود دارد.

این مقاله مروری، دیدگاه گسترده‌ای در مورد استفاده از کیتوسان در محصولات آرایشی ارائه و به تولیدکنندگان کمک می‌کند تا از این پلیمر طبیعی به‌طور مؤثر در محصولات جدید و سازگار با محیط زیست استفاده کنند.

باکتری‌های آکنه پرداختند. نتایج نشان داد که ماسک لایه‌بردار حاوی کیتوسان، ایمن بوده و باعث قرمزی و تورم پوست نمی‌شود.^{۶۸}

مطالعه‌های نامبرده نشان داد که کیتوسان یک ماده اولیه نوظهور برای برآورده کردن برخی از نیازهای اصلی صنعت «آرایشی سبز» است. با وجود موارد ذکرشده، متأسفانه تعداد محدودی از محصولات تجاری حاوی کیتوسان در بازار وجود دارد. همچنین، در اکثر موارد از کیتوسان به‌عنوان یک ترکیب آرایشی استفاده می‌شود و زیست‌فعالیت و خواص فیزیکوشیمیایی آن به‌طور کامل به‌کار گرفته نمی‌شود. این امر تا حدودی به‌دلیل دسترسی بسیار دشوار به کیتوسان با خلوص کافی از منابع آن است.

علاوه‌براین، منشأ طبیعی کیتوسان دستیابی به مواد اولیه با ویژگی‌های یکسان در سطح صنعتی را بسیار دشوار می‌کند. در صورت امکان دستیابی به چنین موادی، هزینه‌های تولید به‌شدت افزایش می‌یابد (بالاتر از هزینه پلیمرهای مشتق‌شده از نفت). این موضوع مانع مهمی برای معرفی کیتوسان به‌عنوان یک ترکیب در صنعت آرایشی به شمار می‌رود^{۱۵} بنابراین، یافتن جایگزین‌های پایدار از نظر اکولوژیکی و اقتصادی برای تولید کیتوسان با ویژگی‌های مناسب برای استفاده در صنعت آرایشی ضروری است. این امر می‌تواند از طریق طراحی مسیرهای سنتزی برای تولید

References

1. Ricapito NG, Ghobril C, Zhang H, et al. Synthetic biomaterials from metabolically derived synthons. *Chem Rev* 2016;116 :2664-704.
2. Lautenschläger H. Saccharides in cosmetic products-From alginate to xanthan gum. *Kosmetische Praxis* 2009;4:12-5.
3. AlMaadeed MAA, Ponnammma D, Carignano MA. Polymer science and innovative applications: materials, techniques, and future developments: 5th ed. Amsterdam; Elsevier; 2020.
4. L'Haridon J, Martz P, Chenéble JC, et al. Ecodesign of cosmetic formulae: Methodology and application. *Int J Cosmet Sci* 2018; 40:165-77.
5. Guillot J, Giauffret J, Martini MC, et al. Safety evaluation of gums and thickeners used in cosmetic formulations. *Int J Cosmet Sci* 1982; 4 :53-66.

6. Ojagh SM, Rezaei M, Razavi SH, et al. Development and evaluation of a novel biodegradable film made from chitosan and cinnamon essential oil with low affinity toward water. *Food Chem* 2010; 122 :161-6.
7. Shahidi F, Arachchi JKV, Jeon YJ. Food applications of chitin and chitosans. *Trends Food Sci Technol* 1999; 10:37-51.
8. Barbosa GP, Debone HS, Severino P, et al. Design and characterization of chitosan/zeolite composite films-Effect of zeolite type and zeolite dose on the film properties. *Mater sci eng* 2016;60:246-54.
9. Loureiro KC, Barbosa TC, Nery M, et al. Antibacterial activity of chitosan/collagen membranes containing red propolis extract. *Int J Pharm Sci* 2020;75:75-81.
10. Yoshida CM, Pacheco MS, de Moraes MA, et al. Effect of chitosan and Aloe vera extract concentrations on the physicochemical properties of chitosan biofilms. *Polymers* 2021;13: 1187.
11. Aranaz I, Acosta N, Civera C, et al. Cosmetics and cosmeceutical applications of chitin, chitosan and their derivatives. *Polymers* 2018;10 :213.
12. Afonso C, Hirano R, Gaspar A, et al. Biodegradable antioxidant chitosan films useful as an anti-aging skin mask. *Int J Biol Macromol* 2019;132:1262-73.
13. De Oliveira Filho JG, de Deus IPB, Valadares ACF, et al. Chitosan film with citrus limonia essential oil: Physical and morphological properties and antibacterial activity. *Colloid Interface* 2020;4 :18.
14. Rubilar JF, Cruz RM, Silva HD, et al. Physico-mechanical properties of chitosan films with carvacrol and grape seed extract. *J Food Eng* 2013;115 :466-74.
15. Morin-Crini N, Lichtfouse E, Torri G, et al. Applications of chitosan in food, pharmaceuticals, medicine, cosmetics, agriculture, textiles, pulp and paper, biotechnology, and environmental chemistry. *Environ Chem Lett* 2019;17 :1667-692.
16. Guzmán E, Cavallo JA, Chuliá-Jordán R, et al. pH-induced changes in the fabrication of multilayers of poly (acrylic acid) and chitosan: fabrication, properties, and tests as a drug storage and delivery system. *Langmuir* 2011;27 :6836-845.
17. Guzman E, Chulia-Jordan R, Ortega F, et al. Influence of the percentage of acetylation on the assembly of LbL multilayers of poly (acrylic acid) and chitosan. *Phys Chem Phys* 2011;13:18200-82007.
18. Maliki S, Sharma G, Kumar A, et al. Chitosan as a tool for sustainable development: A mini review. *Polymers* 2022;14 :1475.
19. Zargar V, Asghari M, Dashti A. A review on chitin and chitosan polymers: Structure, chemistry, solubility, derivatives, and applications reviews. *Chem Bio Eng* 2015;2 :204-26.
20. Casadidio C, Peregrina DV, Gigliobianco MR, et al. Chitin and chitosans: Characteristics, eco-friendly processes, and applications in cosmetic science. *Mar Drug* 2019;17 :369.
21. Gomes LP, Andrade CT, Del Aguila EM, et al. Assessing the antimicrobial activity of chitosan nanoparticles by fluorescence-labeling. *Indian J Biochem Biophys* 2018;12 :112-7.
22. Liu X, Jiang Q, Xia W. One-step procedure for enhancing the antibacterial and antioxidant properties of a polysaccharide polymer: Kojic acid grafted onto chitosan. *Int J Biol Macromol* 2018;113:1125-133.
23. Perinelli DR, Fagioli L, Campana R, et al. Chitosan-based nanosystems and their exploited antimicrobial activity. *Eur J Pharm Sci* 2018;117:8-20.

24. Demetgül C, Beyazit N. Synthesis, characterization and antioxidant activity of chitosan-chromone derivatives. *Carbohydr Polym* 2018;181:812-17.
25. Abd El-Hack ME, El-Saadony MT, Shafi ME, et al. Antimicrobial and antioxidant properties of chitosan and its derivatives and their applications: A review. *Int J Biol Macromol* 2020;164:2726-744.
26. M. Ways TM, Lau WM, Khutoryanskiy VV. Chitosan and its derivatives for application in mucoadhesive drug delivery systems. *Polymer* 2018;10 :267.
27. Moreno JAS, Mendes AC, Stephansen K, et al. Development of electrosprayed mucoadhesive chitosan microparticles. *Carbohydr Polym* 2018;190:240-7.
28. Hamed H, Moradi S, Hudson SM, et al. Chitosan based bioadhesives for biomedical applications: A review. *Carbohydr Polym* 2022;282:119100.
29. Chaiyasan W, Praputbut S, Kompella UB, et al. Penetration of mucoadhesive chitosan-dextran sulfate nanoparticles into the porcine cornea. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 2017;149:288-96.
30. Rejinold NS, Choi G, Choy J-H. Chitosan hybrids for cosmeceutical applications in skin, hair and dental care: an update. *Emergent Materials* 2021;4 :1125-142.
31. Peng W, Li D, Dai K, et al. Recent progress of collagen, chitosan, alginate and other hydrogels in skin repair and wound dressing applications. *Int J Biol Macromol* 2022;208:400-08.
32. Jimtaisong A, Saewan N. Utilization of carboxymethyl chitosan in cosmetics. *Int. J Cosmet Sci* 2014;36 :12-21.
33. Kong S-Z, Li D-D, Luo H, et al. Anti-photoaging effects of chitosan oligosaccharide in ultraviolet-irradiated hairless mouse skin. *Exp Gerontol* 2018;103:27-34.
34. Gomaa YA, El-Khordagui LK, Boraei NA, et al. Chitosan microparticles incorporating a hydrophilic sunscreen agent. *Carbohydr Polym* 2010;81 :234-42.
35. Verma M, Gahlot N, Singh SSJ, et al. UV protection and antibacterial treatment of cellulosic fibre (cotton) using chitosan and onion skin dye. *Carbohydr Polym* 2021;257:117612.
36. Morsy R, Ali SS, El-Shetehy M. Development of hydroxyapatite-chitosan gel sunscreen combating clinical multidrug-resistant bacteria. *J Mol Struct* 2017;1143:251-58.
37. Libio IC, Demori R, Ferrão MF, et al. Films based on neutralized chitosan citrate as innovative composition for cosmetic application. *Mater Sci Eng* 2016;67:115-24.
38. Li N, Ji X, Wang B, et al. Functional composite hydrogels entrapping polydopamine hollow nanoparticles for highly efficient resistance of skin penetration and photoprotection. *Mater Sci Eng C* 2021;128:112346.
39. Li Q, Liu S, Guo Y, et al. Mussel-inspired polydopamine-enhanced polyimide for ultrahigh toughness and ultraviolet shielding applications. *ACS Appl Polym Mater* 2021;3 :896-907.
40. Liu Z, Hu Y, Li X, et al. Nanoencapsulation of cyanidin-3-O-glucoside enhances protection against UVB-induced epidermal damage through regulation of p53-mediated apoptosis in mice. *J Agric Food Chem* 2018;66: 5359-367.
41. Bikiaris ND, Michailidou G, Lazaridou M, et al. Innovative skin product emulsions with enhanced antioxidant, antimicrobial and UV protection properties containing nanoparticles of pure and modified chitosan with encapsulated fresh pomegranate juice. *Polym* 2020;12 :1542.
42. Abd-Elghany AA, Mohamad EA. Chitosan-coated niosomes loaded with ellagic acid present antiaging activity in a skin cell line. *ACS omega* 2023;8 :16620-6629.

43. Ali Karami M, Sharif Makhmalzadeh B, Pooranian M, et al. Preparation and optimization of silibinin-loaded chitosan–fucoidan hydrogel: An in vivo evaluation of skin protection against UVB. *Pharm Dev Technol.* 2021;26: 209-19.
44. Chen X, Zhang M, Wang X, et al. Peptide-modified chitosan hydrogels promote skin wound healing by enhancing wound angiogenesis and inhibiting inflammation. *Am J Transl Res* 2017;9 :2352-362.
45. Quan W, Kong S, Li S, Ouyang Q, Lu S, Guo J, et al. Anti-photoaging effects of nanocomposites of amphiphilic chitosan/18β-glycyrrhetic acid. *Molecul* 2023;28 :4362.
46. Wang J, Jin X, Chang D. Chemical modification of chitosan under high-intensity ultrasound and properties of chitosan derivatives. *Carbohydr Polym* 2009;78: 175-77.
47. Ma G, Qian B, Yang J, et al. Synthesis and properties of photosensitive chitosan derivatives (1). *Int. J Biol Macromol* 2010;46 :558-61.
48. Huerta-Madronal M, Caro-Leon J, Espinosa-Cano E, et al. Chitosan–Rosmarinic acid conjugates with antioxidant, anti-inflammatory and photoprotective properties. *Carbohydr Polym* 2021; 273:118619.
49. Zhai X, Zhang C, Zhao G, et al. Antioxidant capacities of the selenium nanoparticles stabilized by chitosan. *J Nanobiotech* 2017;15:1-12.
50. Tunku Mahmud TH, Abdul-Aziz A, Muda R. A review on the potential use of chitosan-based delivery system in mild facial cleansing formulation. *Int J Polym Mater* 2015;64 :432-37.
51. Theerawattanawit C, Phaiyarin P, Wanichwecharungruang S, et al. The efficacy and safety of chitosan on facial skin sebum. *Skin Pharmacol Physiol* 2022;35 :23-30.
52. Tangkijngamvong N, Phaiyarin P, Wanichwecharungruang S, et al. The anti-sebum property of chitosan particles. *J Cosm Dermatol* 2020;19: 2135-140.
53. Fujii M, Shimizu T, Nakamura T, et al. Inhibitory effect of chitosan-containing lotion on scratching response of hairless mice with atopic dermatitis-like dry skin. *Biol Pharm Bull* 2011;34 :1890-894.
54. Shariatinia Z. Carboxymethyl chitosan: Properties and biomedical applications. *Int J Biol Macromol* 2018;120:1406-419.
55. Pham TT, Nguyen TH, Thi TV, et al. Investigation of chitosan nanoparticles loaded with protocatechuic acid (PCA) for the resistance of *Pyricularia oryzae* fungus against rice blast. *Polymer* 2019;11:177.
56. Chaiwong N, Leelapornpisid P, Jantanasakulwong K, et al. Antioxidant and moisturizing properties of carboxymethyl chitosan with different molecular weights. *Polymer* 2020;12 :1445.
57. Qin C, Du Y, Xiao L, et al. Moisture retention and antibacterial activity of modified chitosan by hydrogen peroxide. *J Appl Polym Sci* 2002;86 :1724-730.
58. Chen X, Zhang H, Yang X, et al. Preparation and application of quaternized chitosan- and AgNPs-Base synergistic antibacterial hydrogel for burn wound healing. *Mol* 2021;26 4037.
59. Chen R, Heh R. Skin hydration effects, physico-chemical properties and vitamin E release ratio of vital moisture creams containing water-soluble chitosans. *Int J Cosmet Sci* 2000;22 :349-60.
60. Gholibeikian M, Nooriani Z, Firouzi A, et al. The formulation of moisturizing and hydrating cream based on natural ingredients such as chitosan. *J Cosmet Dermatol* 2024;2:24-8

61. Gautier S, Xhaufaire, Uhoda E, et al. Chitin–glucan, a natural cell scaffold for skin moisturization and rejuvenation. *Int J Cosmet Sci* 2008;30 :459-69.
62. Chen X, Zhang M, Chen S, et al. Peptide-modified chitosan hydrogels accelerate skin wound healing by promoting fibroblast proliferation, migration, and secretion. *Cell Transplant* 2017;26:1331-340.
63. Mi Y, Miao Q, Cui J, et al. Novel 2-Hydroxypropyltrimethyl ammonium chitosan derivatives: synthesis, characterization, moisture absorption and retention properties. *Mol* 2021;26 :4238.
64. Spiro A, Lockyer S. Nutraceuticals and skin appearance: Is there any evidence to support this growing trend? *Nutrition bulletin*. 2018;43:10-45.
65. Wetchakun C, Puapermpoonsiri U, Sila-on W. Effect of alcohol and co-film former on the physical and mechanical properties of facial mask formulations. *Isan J Pharm Sci* 2015;11 :25-32.
66. Sionkowska A, Lewandowska K, Kurzawa M. Chitosan-based films containing rutin for potential cosmetic applications. *Polymers* 2023;15 :3224.
67. Hu W, Yin H, Guo Y, et al. Fabrication of multifunctional facial masks from phenolic acid grafted chitosan/collagen peptides via aqueous electrospinning. *Int J Biol Macromol* 2024: 131443.
68. Anies C, Eko W, Agnesia SR, et al. Anti-acne potency of water- soluble chitosan peel –off gel mask against *Propionibacterium acnes*. *Russ j agric soc econ sci* 2024; 147:94-100.
69. Kumar M, Vivekanand V, Pareek N. Insect chitin and chitosan: Structure, properties, production, and implementation prospective. *Natur Mat Produ from insects. Chemistry and Applications* 2020:51-66.

Chitosan; a promising natural biopolymer in skin care products

Tayebeh Momeni, PhD^{1,4}
Alieh Safamanesh, PhD²
Faezeh Kashanian, PhD^{3,4*}

1. Faculty of Physics and Chemistry, Alzahra University, Tehran, Iran
2. Faculty of Science, University of Birjand, Birjand, Iran
3. School of Modern Sciences and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran
4. Ista Sanat Vatan Knowledge Based Company, Qom, Iran

Received: May 07, 2024
Accepted: Jun 09, 2024
Pages: 43-56

Corresponding Author:
Faezeh Kashanian, PhD

Enghelab Ave, School of Modern Science and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran
Email: Kashanian@ut.ac.ir

Conflict of interest: None to declare

Chitosan biopolymer, due to its antimicrobial, anti-inflammatory, and antioxidant properties, has become an ideal candidate for use in a wide range of cosmetic products and has opened up new horizons in the design of cosmetic formulations. The ability of this polymer to electrostatically interact with negatively charged surfaces (such as damaged skin) leads to the formation of polymeric films and ultimately imparts smoothness and moisture to cosmetic products. This review article revisits the potential of chitosan and its derivatives as raw materials in cosmetic and skincare products.

Keywords: chitosan, skin, cosmetic and skincare products

