مروری بر نانوتکنولوژی در صنعت آرایشی

سیدسجاد آل‌نبی[۱]
عاطفه نعیمی‌فر[۲]
سارا بحرینیان[۳]
سامان احمدنصراللهی[۴*]

۱. دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، مازندران، ایران
۲. گروه فارماسیوتیکس، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۳. گروه فارماسیوتیکس، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور، اهواز، ایران
۴. مرکز آموزش و پژوهش بیماری‌های پوست و جذام، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

نویسنده مسئول:
سامان احمدنصراللهی

تهران، خیابان طالقانی، شماره ۴۱۵
پست الکترونیک:
Snasrollahi@tums.ac.ir

تعارض منافع: اعلام نشده است.

امروزه صنعت آرایشی به‌سرعت در حال رشد است و شمار زیادی از محصولات آرایشی موضعی ازقبیل فراورده‌های ضدآفتاب، ضدلک، ضدچروک و محصولات مراقبت از مو، به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند. نانوتکنولوژی در صنعت آرایشی نقش مهمی دارد. استفاده از تکنیک‌های نوین در سطح اتم و مولکول، منجر به توسعه آینده صنعت آرایشی می‌شود. استفاده از نانوتکنولوژی منجر به افزایش تنوع محصولات، افزایش فراهمی زیستی مواد مؤثره و بهبود ظاهر محصولات آرایشی با اثربخشی طولانی‌مدت‌تر می‌شود. از طرف دیگر افزایش استفاده از محصولات مبتنی‌بر نانو، نگرانی‌ها را در رابطه با عبور احتمالی نانوذرات از پوست و احتمال ایجاد خطراتی برای سلامت انسان افزایش داده است. در این مقاله مروری نانوذرات مختلف مورداستفاده در محصولات متنوع آرایشی و خطرات احتمالی در مواجهه با نانوذرات بررسی شده است.

کلیدواژه‌ها: نانوتکنولوژی، صنعت آرایشی، حامل‌های نانو، سمیت

دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۵/۲۸ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۷/۱۰

پوست و زیبایی؛ پاییز ۱۴۰۱، دوره ۱۳ (۳): ۲۰۲-۱۹۱

مقدمه

نانوتکنولوژی به‌دلیل کاربردهای گسترده در زمینه پزشکی و تجارت، موردتوجه جهانی قرار گرفته است. در نانوپزشکی از سیستم‌های دارورسانی نانوذرات به‌دلیل توانایی آن‌ها در عبور از سدهای بیولوژیکی، تجمع دارو در محل مورد نظر و افزایش حلالیت دارو استفاده می‌شود. یکی از موارد کاربرد نانوتکنولوژی در زمینه پوستی و صنعت آرایشی است[۱].

بازار جهانی محصولات آرایشی در سال ۲۰۱۷، ارزشی معادل ۵۳۲ بیلیون دلار امریکا داشت و انتظار می‌رود با رشد سالیانه ۷ درصد در سال ۲۰۲۳ به ۸۰۶ بیلیون دلار برسد[۱].

مهم‌ترین چالش در دارورسانی پوستی، عبور دارو از لایه شاخی در لایه اپیدرم می‌باشد که خارجی‌ترین لایه و سد محافظتی پوست است که از نفوذ دارو به لایه‌های زیرین پوست ممانعت به‌عمل می‌آورد.

امروزه از نانوتکنولوژی به‌عنوان راه‌حل غلبه بر سد دفاعی لایه شاخی و افزایش جذب داروهای پوستی استفاده می‌گردد. این تکنولوژی شامل سیستم‌هایی ازقبیل نانوذرات، نانومولسیون‌ها، لیپوزوم‌ها، اتوزوم‌ها و نانوپارتیکل‌های لیپیدی و دندریمرها است. اندازه این ذرات در دارورسانی پوستی بین ۱۰۰۰-۱ نانومتر است[۲و۸].

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-06]

[DOR: 20.1001.1.20087470.1401.13.3.7.9]

در عرصه صنعت آرایشی اعتقاد بر این است که ذرات کوچکتر به‌راحتی در پوست جذب شده و آسیب‌ها را راحت‌تر و کارآمدتر ترمیم می‌کنند. برخی از نوآوری‌های مبتنی‌بر نانوتکنولوژی عبارتند از نانومولسیون، نانوکپسول‌ها، نانوپیگمان‌ها، فرمولاسیون لیپوزومی، فیتوزوم، نئوزوم، نانوکریستال‌ها، نانوذرات لیپیدی جامد، حامل‌های با ساختار نانو، نانولوله‌های کربن، فولرن‌ها و دندریمرها[۳].

مزایای اصلی استفاده از نانوذرات در محصولات آرایشی و بهداشتی، بهبود پایداری مواد جانبی آرایشی (مانند ویتامین‌ها، اسیدهای چرب اشباع‌نشده و آنتی‌اکسیدان‌ها) ازطریق کپسوله‌کردن در درون نانوذرات، محافظت مؤثر از پوست در برابر اشعه خطرناک ماوراءبنفش، ایجاد ظاهر مناسب، دارورسانی هدفمند به محل هدف و رهش آهسته مواد مؤثره جهت ایجاد اثرات طولانی‌مدت از دیگر مزایای نانوتکنولوژی می‌باشد[۵-۲].

راه‌های افزایش نفوذ و ذخیره دارو در لایه‌های درم و اپیدرم

مشکل داروهایی با نفوذپذیری پایین را می‌توان با استفاده از نیروهای خارجی یا افزایش نفوذپذیری پوست (روش غیرفعال) حل کرد. در افزایش دارورسانی غیرفعال، تنها داروهای با وزن مولکولی کمتر از ۵۰۰ دالتون، توانایی نفوذ پوستی را دارند بنابراین، جهت دارورسانی مولکول‌های با وزن مولکولی بالاتر، نیاز به روش فعال است که در این روش از نیروهای خارجی برای افزایش نفوذ و جذب دارو استفاده می‌شود. لیستی از موارد انتقال فعال و انتقال غیرفعال در جدول ۱ ذکر شده است. سیستم‌های نانو ازطریق انتقال غیرفعال عمل می‌کنند[۷]. جدول ۲ نیز نام، اندازه ذره‌ای و شکل حامل‌های نانو را نمایش می‌دهد.

استفاده از سیستم‌های لیپیدی

حامل‌ها در این سیستم به دو دسته بسیار وسیع

جدول ۱: لیستی از موارد انتقال فعال و غیرفعال در دارورسانی پوستی[۵].

انتقال غیرفعال	انتقال فعال
سامانه‌های لیپیدی حامل‌های وزیکولی (لیپوزوم و اتوزوم) حامل‌های لیپیدی ذره‌ای (نانوذرات جامد لیپیدی و نانوحامل‌های لیپیدی)	روش‌های الکتریکی، یونوفورزیس، الکتروپوریشن
سامانه‌های سورفکتانتی وزیکولی (نئوزوم‌ها و میسل‌ها) امولسیون (نانوامولسیون‌ها)	روش‌های مکانیکی/ میکرونیدل، سایش، تزریق و ساکشن
سامانه‌های پلیمری نانوذرات زیست‌تخریب‌پذیر نانوذرات زیست‌تخریب‌ناپذیر دندریمرها	متفرقه، اولتراسوند مگنتوفورزیس (Magnetophoresis) فرکانس رادیویی (Radio frequency) لیزر و امواج نوری و حرارت

حامل‌های وزیکولی لیپیدی و نانوذرات لیپیدی تقسیم می‌گردند. این‌گونه حامل‌ها توانایی ترمیم لایه فسفولیپیدی پوست را نیز دارند و می‌توانند میزان توزیع دارو در لایه اپیدرم را افزایش دهند[۷].

حامل‌های وزیکولی لیپیدی

ساختار دولایه دارند که فاز آبی در داخل ساختار کروی قرار گرفته است. در ساختارشان از لیپیدهای زیست‌سازگار همانند فسفولیپیدها استفاده می‌شود. نفوذ و جذب دارو ازطریق ضمائم پوستی و نفوذ ازطریق اتصال به فسفولیپیدهای سطح پوست و آزادکردن محتوای خود در زیر لایه پوست می‌باشد. هم‌چنین اتصال به غشای لیپیدی پوست، به‌اندازه و استحکام وزیکول‌های لیپیدی وابسته است و می‌تواند در میزان نفوذ دارو مؤثر باشد[۹و۱۰].

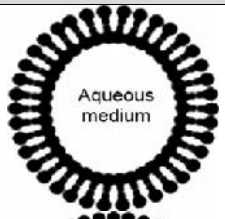
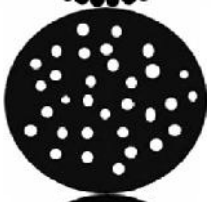
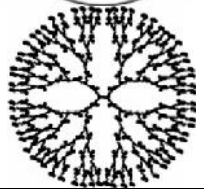
لیپوزوم

لیپوزوم‌ها، وزیکول‌های کروی و محصورشده با ابعاد کلوئیدی و دولایه هستند که درون دو لایه فسفولیپیدی، مواد محلول در چربی و خارج از آن مواد محلول در آب قرار می‌گیرد. اندازه لیپوزوم‌ها به‌طور معمول بین ۲۰ نانومتر و چندصدمیکرومتر متفاوت

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-06]

[DOR: 20.1001.1.20087470.1401.13.3.7.9]

جدول ۲: ارائه شماتیک نانوسیستم‌ها در دارورسانی پوستی[۵].

حامل	اندازه ذره‌ای (نانومتر)	شکل میکروسکوپی
لیپوزوم	۲۵–۱۰۰۰	
نانوذرات جامد لیپیدی	۱۰۰–۳۰۰	
نانوحامل لیپیدی	۱۰۰–۳۰۰	
نانومولسیون	بزرگتر از ۱۰۰	
نانوذرات	۴۰–۵۰۰	
نانوکپسول	۴۰–۵۰۰	
دندریمر	۱–۱۰	

می‌باشد. لیپوزوم‌های با اندازه ذره‌ای بالاتر از ۶۰۰ نانومتر نمی‌توانند به لایه‌های عمیق‌تر پوست نفوذ کنند و در لایه شاخی به دام می‌افتند، درحالی که لیپوزوم‌های کمتر از ۳۰۰ نانومتر به لایه‌های عمیق‌تر پوست و درم نفوذ می‌کنند[۹].

لیپوزوم‌ها به‌دلیل خصوصیاتی ازقبیل زیست‌سازگاری، زیست‌تخریب‌پذیری، غیرسمی و انعطاف‌پذیری در انواع فرآورده‌های آرایشی و بهداشتی مورداستفاده قرار می‌گیرند. لیپوزوم‌ها توانایی محافظت از داروی محصورشده در برابر محیط خارجی را دارند و در دارورسانی ـ هم ترکیبات آب‌دوست و هم آبگریز ـ مناسب هستند. یکی از ترکیبات اصلی لیپوزوم، فسفاتیدیل کولین می‌باشد که به‌دلیل خاصیت نرم و مرطوب‌کنندگی در محصولات مراقبت از پوست، در محصولات مراقبت از مو نیز استفاده می‌شود. چندین ماده مؤثر و آنتی‌اکسیدان‌ها جهت افزایش پایداری فیزیکی و شیمیایی آن‌ها حین فرمولاسیون در پایه آبی درون لیپوزوم‌ها بارگذاری می‌گردند[۱۰-۱۵].

فیتوزوم

فیتوزوم کمپلکسی از مواد فعال طبیعی و فسفولیپید اغلب لسیتین می‌باشد. درواقع ادغام لیپوزوم و عصاره‌های گیاهی می‌باشد. فیتوزوم‌ها منجر به افزایش دارورسانی خوراکی و موضعی عصاره‌های گیاهی مانند ژینکو، سیلیبین، کورکومین، چای سبز و .... می‌گردند. در شکل ۱ تفاوت ساختار لیپوزوم و فیتوزوم نشان داده شده است[۷].

ترانسفروزوم

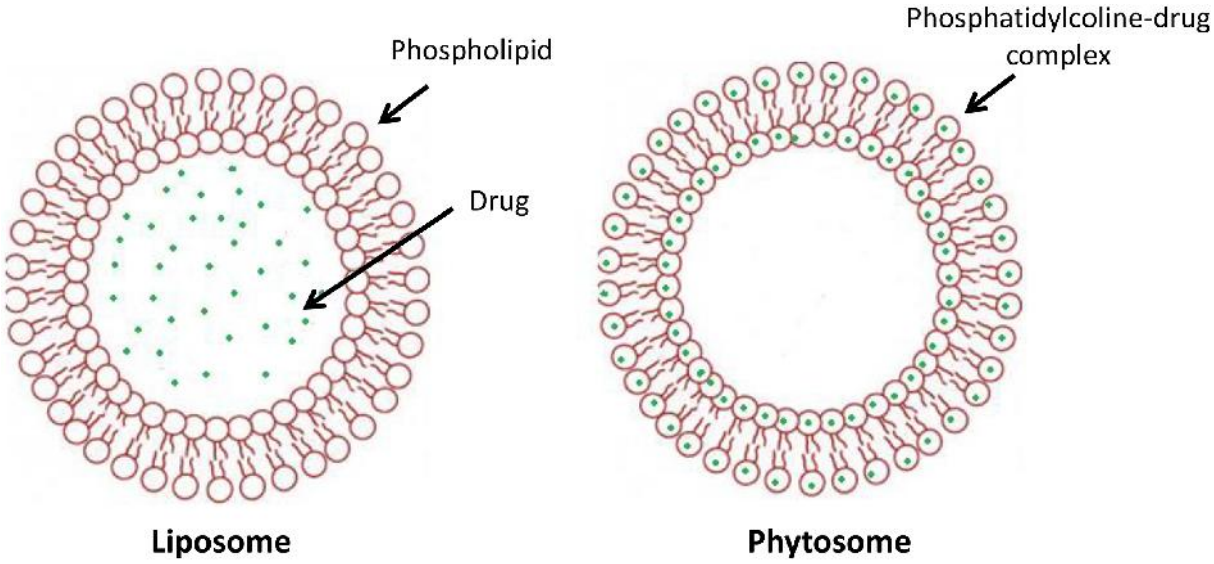
نسل دوم از حامل‌های وزیکولی لیپیدی هستند که خاصیت الاستیسیته و انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به لیپوزوم‌ها دارند. در ساختارشان سورفکتانت‌ها استفاده می‌شود که به انعطاف‌پذیری آن‌ها کمک می‌کنند. اندازه ذره‌ای ترانسفروزوم‌ها کمتر از ۳۰۰ نانومتر می‌باشد. هنگام عبور از سطح پوست و از بین سلول‌های کراتینوسیت، تغییر شکل داده و عبور می‌کنند (شکل ۲)[۱۴].

اتوزوم

نسل سوم در این دسته، اتوزوم‌ها هستند که در

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-06]

[DOR: 20.1001.1.20087470.1401.13.3.7.9]



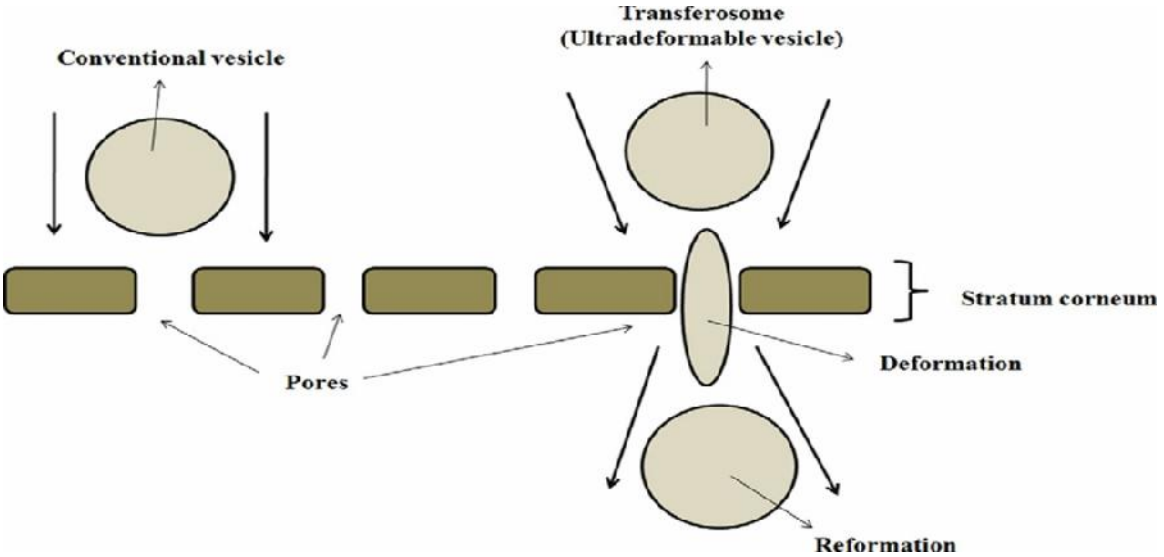
شکل ۱: تفاوت ساختار لیپیدی لیپوزوم و فیتوزوم[۷].

ساختارشان از ۲۰ تا ۴۵ درصد اتانول استفاده شده است و اندازه ذره‌ای کمتر از ۳۰۰ نانومتر دارند. هم‌چنین نسبت به لیپوزوم ۳۰-۱۰ برابر خاصیت الاستیسیته و به‌دنبال آن نفوذ بیشتری دارند[۹].

حامل‌های نانوذرات لیپیدی

در ساختار این دسته از حامل‌ها، از لیپیدهای ایمن و زیست‌سازگار استفاده شده است. در این دسته دو نوع ذرات لیپیدی وجود دارد؛ نانوذرات جامد لیپیدی و حامل‌های با ساختار نانو.

نانوذرات جامد لیپیدی در این دسته، نسل اول هستند و از ماتریکس جامد لیپیدی در ابعاد ۱۰۰۰-۵۰ نانومتر تشکیل شده‌اند، درحالی که حامل‌های با ساختار نانو در نسل دوم قرار می‌گیرند و در ساختارشان هر دو حالت لیپید جامد و مایع قرار دارد که منجر به بهبود افزایش ظرفیت بارگیری دارو



شکل ۲: تغییر شکل ترانسفروزوم حین عبور از بین کراتینوسیت‌ها[۱۴].

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-06]
[DOR: 20.1001.1.20087470.1401.13.3.7.9]

می‌شود. این نانوذرات از لیپیدهای فیزیولوژیکی و زیست‌تخریب‌پذیر تشکیل یافته‌اند که سمیت کمی دارند. اندازه کوچک نانوذرات جامد لیپیدی ازطریق تماس نزدیک با لایه شاخی پوست باعث افزایش نفوذ مواد فعال در پوست می‌شوند. نانوذرات جامد لیپیدی با ایجاد انسداد سطح پوست منجر به افزایش رطوبت پوست می‌شوند[۱۰و۱۱].

مشخص شده است که نانوذرات جامد لیپیدی به‌تنهایی ویژگی ضدآفتاب فیزیکی را دارند. در یک مطالعه درون‌تن نشان داده شده است که با افزودن نانوذرات جامد لیپیدی به یک کرم معمولی، میزان رطوبت پوست تا ۳۱ پس از ۴ هفته افزایش یافته است. نانوذرات جامد لیپیدی هم‌چنین به‌عنوان حامل موضعی در عطرها سودمند هستند. دکتر نصراللهی و همکارانش در دو مطالعه مجزا، اثر ضدچروک نانوذرات جامد لیپیدی Q10 و اثر ضدآکنه نانوامولسیون‌های ترتینوئین را بررسی کردند[۱۶]. در سال ۲۰۱۱ مطالعه درون‌تن و برون‌تن بررسی پایداری و اثربخشی کرم موضعی حاوی نانوذرات جامد لیپیدی Q10 با ابعاد ۱۰۰-۵۰ نانومتری نشان داد فرآورده نانو، رهش آهسته‌تری نسبت به کرم موضعی معمولی داشته‌اند. هم‌چنین مطالعه بالینی شامل بررسی رطوبت و الاستیسیته پوست ۲۵ داوطلب، نفوذپذیری پوستی بالا و اثربخشی آبرسان و ضدچروک نانوذرات Q10 را ثابت کرد[۲۰]. در مطالعه دیگر این گروه در سال ۲۰۱۸ پایداری و اثربخشی نانوامولسیون حاوی ترتینوئین با امولسیون معمولی آن مقایسه شد. در این مطالعه نانوامولسیون روغن در آب پایدار با اندازه ذره‌ای ۱۵۰ نانومتر شکل گرفت و به‌طور معنی‌داری باعث کاهش اندازه و شدت ضایعات آکنه در داوطلبان شد[۲۱].

حامل‌های سورفکتانتی نانو

در این دسته نئوزوم‌ها قرار دارند. وزیکول‌های دولایه همانند لیپوزوم‌ها می‌باشند با این تفاوت که در ساختارشان، سورفکتانت‌های غیریونی و کلسترول استفاده شده است بنابراین، نسبت به لیپوزوم‌ها، پایدارتر و ارزان‌تر هستند. اندازه ذرات در نئوزوم‌ها بین ۲۰۰-۵۰ نانومتر می‌باشد. نئوزوم‌ها به‌عنوان حامل در دارورسانی انواع داروها و مواد آرایشی موضعی موردارزیابی قرار گرفته اند. به‌نظر می‌رسد که نئوزوم‌ها در دارورسانی مواد مؤثره مفید هستند؛ زیرا می‌توانند مدت ماندگاری مواد فعال در لایه شاخی پوست و هم‌چنین اپیدرم را افزایش و جذب سیستمیک را کاهش دهند. دسته‌های دیگر در این نوع حامل‌ها، میکروامولسیون‌ها و نانوامولسیون‌ها می‌باشند که از مخلوط فاز روغن و آب به همراه سورفکتانت تهیه شده‌اند. دکتر نصراللهی و همکاران در سال ۲۰۱۸ در مطالعه‌ای، نانوامولسیون حاوی ترتینوئین جهت درمان ضایعات آکنه را بررسی کردند؛ به این صورت که در تهیه نانوامولسیون روغن در آب ترتینوئین از تری‌گلیسرید به‌عنوان فاز روغنی، توئین ۸۰ به‌عنوان سورفکتانت و آب دیونیزه به‌عنوان فاز آبی با متد هموژنایزر با فشار بالا استفاده شد[۲۱].

نانوذرات پلیمری

نانوذرات پلیمری به دو دسته کلی، نانوذرات پلیمری زیست‌تخریب‌پذیر و نانوذرات پلیمری زیست‌تخریب‌ناپذیر تقسیم می‌گردند. در این گروه، اصلی‌ترین راه نفوذ دارو، ازطریق ضمائم پوستی است.

دندریمرها نیز در این گروه قرار می‌گیرند که ساختارهای پلیمری کروی با انشعابات زیاد هستند و ابعاد ذره‌ای آن‌ها بین ۱ تا ۱۰ نانومتر می‌باشد. به‌طور عمده در لایه اپیدرم و فولیکول‌های مو تجمع می‌یابند. کمترین میزان حساسیت پوستی در این دسته از حامل‌ها گزارش شده است[۲۲].

نانوکریستال

نانوکریستال‌ها مجموعه‌های متشکل از صدها تا هزاران اتم به‌صورت خوشه‌ای در ابعاد ۱۰ تا ۴۰۰ نانومتر هستند که در دارورسانی ترکیبات کم‌محلول در آب کاربرد دارند[۲۳].

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-06]

[DOR: 20.1001.1.20087470.1401.13.3.7.9]

نانوذرات فلزی

نانوذرات فلزی به‌دلیل داشتن خاصیت ضدباکتریایی، ضدقارچی، ضدآفتاب و ... به‌عنوان حاملی ارزشمند در صنعت آرایشی و بهداشتی موردمطالعه قرار گرفته‌اند. این ذرات به‌طور گسترده‌ای در محصولاتی مانند دئودورانت، کرم ضدپیری و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند. در شکل ۳ لیستی از فلزات و درصد استفاده از آن‌ها که در صنعت آرایشی کاربرد دارد ذکر شده است[۶].

نانوذرات سیلیکا

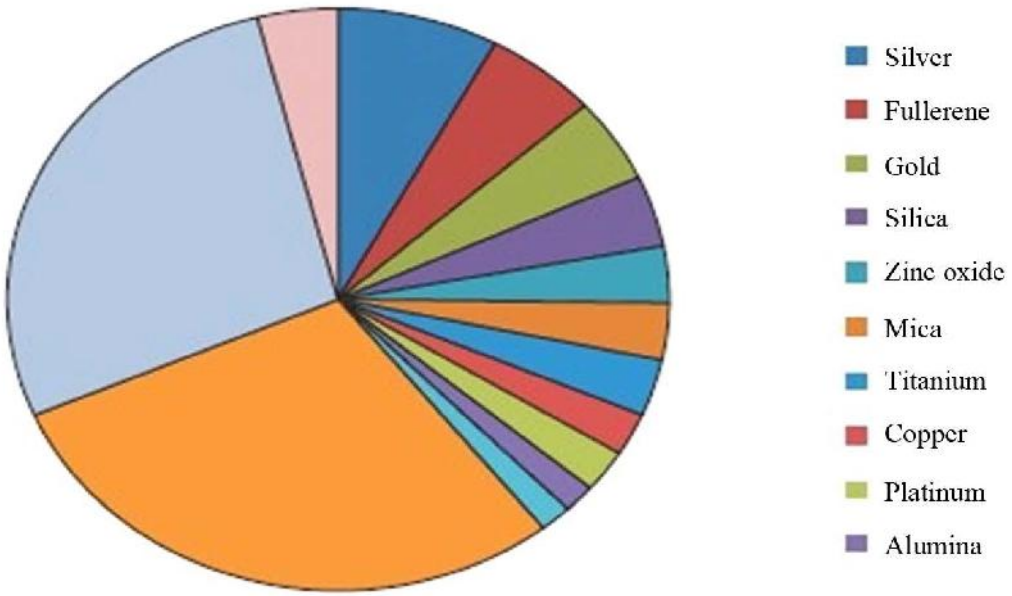
نانوذرات سیلیکا در صنعت دارو و آرایشی به‌دلیل خصوصیات منحصربه‌فرد ازقبیل سطح آب‌دوست، سهولت و هزینه نسبتاً پایین تولید سنتتیک آن، داشتن سطح و شکل و اندازه قابل تنظیم، زیست‌سازگارپذیری بالا، پایداری بالا و بی‌خطری، کاربرد وسیعی دارد[۲۴].

نانوذرات اکسید روی

نانوذرات اکسید روی به‌طور عمده در محصولات ضدآفتاب فیزیکی کاربرد دارد. مهندسی نانو منجر به تولید ضدآفتاب‌های شفاف و ازنظر ظاهری زیبا با اثربخشی بالای اکسید روی شده است. در سال ۲۰۱۹ مطالعه‌ای توسط محققان استرالیایی انجام گرفت که در آن از نانوذرات اکسید روی بر روی پوست داوطلبان به‌مدت ۵ روز استعمال کرده و میزان سمیت موضعی، میزان نفوذ پوستی و تغییرات متابولیک اپیدرم زنده پوست را بررسی نمودند. مشاهده شد نانوذرات اکسید روی در سطح پوست تجمع‌یافته و در اپیدرم زنده سمیت سلولی ایجاد نکرد، درنتیجه استفاده مکرر از ضدآفتاب حاوی اکسید روی بی‌خطر بوده و به اپیدرم زنده نفوذ نمی‌کند[۱۷].

نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید

نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید در ابعاد ۴۰۰-۲۰۰ نانومتر به‌عنوان فیلتر فیزیکی در محصولات ضدآفتاب و گاهی در کرم پودر و بالم لب کاربرد و اثربخشی بالایی دارد. در مقاله مروری انجام‌گرفته در سال ۲۰۱۹ عنوان شده است که در استعمال موضعی در انسان و حیوان، نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید به لایه اپیدرم زنده نفوذ نمی‌کند و به گردش عمومی خون نمی‌رسد. کمیته علمی بی‌خطری مصرف‌کنندگان (Scientific



شکل ۳: لیست نانوذرات فلزی مورد استفاده در صنعت آرایشی[۶].

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-06]

[DOR: 20.1001.1.20087470.1401.13.3.7.9]

Committee on Consumer Safety [SCCS]) بیان کرده است نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید درصورت استفاده موضعی تا غلظت ۲۵ درصد، حساسیت‌زا و تحریک‌کننده نبوده و پس از استعمال موضعی، هیچ گونه شواهد مبنی‌بر سرطان‌زایی در آن مشاهده نگردیده است[۱۸].

نانوذرات نقره

نانوذرات نقره حدود ۱۲ درصد از محصولات نانو را در صنعت آرایشی به خود اختصاص داده است. نقره با تخریب دیواره سلولی باکتری اثر ضدمیکروب دارد. نانوذرات نقره نسبت به میکروذرات آن اثر ضدمیکروب قوی‌تری دارند و هرچه اندازه نانوذرات کوچک‌تر باشد، اثر ضدمیکروبی قوی‌تر می‌شود. به‌عنوان نگهدارنده در محصولاتی ازقبیل شامپو و خمیردندان و اثر ضدالتهاب و ضدآکنه در محصولات آرایشی نیز کاربرد دارد. به‌طور کلی میزان سمیت نانوذرات نقره به شکل نانوذرات روش‌های تجویز آن بستگی دارد[۶].

نانوذرات طلا

فعالیت‌های صنعتی بر روی نانوذرات طلا و تبدیل آن‌ها به محصولات آرایشی و بهداشتی به‌سبب افزایش پایداری محصولات، بهبودبخشیدن به انتقال ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها و سایر مواد فعال و درنهایت زیبا و جذاب‌ترکردن محصولات آرایشی و بهداشتی است. نانوذرات طلا اثرات ضدقارچ و ضدباکتری دارد. اندازه ذره‌ای، غلظت و تعداد دفعات استعمال موضعی آن در میزان سمیت مؤثر است. مطالعات نشان داده‌اند که نانوذرات طلا در ابعاد ۴۰۰-۵ نانومتر در تماس با بدن خنثی و بی‌خطر می‌باشند[۶].

فولرن

مواد نانوی دیگر مانند فولرن به‌دلیل داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی در برخی محصولات آرایشی استفاده شده‌اند. آن‌ها ظرفیت بالایی در به‌دام‌انداختن گونه‌های فعال اکسیژن نشان می‌دهند و جهت استفاده در تهیه فرمولاسیون‌های آرایشی جوان‌سازی پوست درنظر گرفته شده‌اند. این‌گونه حامل‌ها از حلقه‌های کربن تشکیل شده‌اند که شکل کروی سه‌بعدی دارند[۱۹].

بررسی خصوصیات نانو مواد

خصوصیات و ویژگی‌های نانوذرات توسط تکنیک‌های متنوعی ارزیابی می‌گردند که این موارد به‌طور خلاصه در جدول ۳ ذکر شده است.

فناوری نانوترکیبات گیاهی در صنعت آرایشی

ترکیبات فعال زیستی مشتق‌شده از گیاهان، قرن‌ها است که در صنعت آرایشی جهت درمان‌های زیبایی متنوعی در محصولات مراقبت از پوست استفاده شده‌اند.

ترکیبات فعال گیاهی علاوه‌بر اثرات آرایشی اثرات ضدباکتری، ضدقارچ، ضدسرطان و ضدالتهاب بیولوژیک را افزایش می‌دهند.

نانوذرات ترکیبات فعال گیاهی مانند کورکومین و روغن‌های گیاهی با مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی مختلفی ظاهر پوست را بهبود می‌بخشند.

اخیراً یک سامانه نانوامولسیون با اندازه ذره‌ای ۷۰ نانومتر از فلاوانون‌های برگ گیاه Eysenhardtia platycarpa تهیه شد که اثرات ضدپیری خوبی نشان داد. هم‌چنین ترکیب رزوراترول (Resveratrol) و کورکومین در یک فرآورده موضعی منجر به افزایش دارورسانی در درمان بیماری‌ها ازطریق فعالیت آنتی‌اکسیدانی شده و روند پیری را کندتر کرده است[۲۵].

سمیت نانوذرات

نانوذرات موجود در محصولات مختلف آرایشی و بهداشتی که روی پوست استعمال می‌شوند، درصورت رسیدن به جریان خون می‌توانند اثرات سمی داشته باشند. یک تحقیق در مورد سمیت نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید نشان داد که وقتی نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید به‌صورت زیرجلدی بر روی موش‌های باردار

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-06]

[DOR: 20.1001.1.20087470.1401.13.3.7.9]

جدول ۳: روش‌های آزمایشگاهی بررسی خصوصیات نانوذرات[۱۷].

متد آزمایشگاهی	کاربرد
تصویربرداری لیزری (laser light Scattering System)	اندازه‌گیری اندازه ذره‌ای، توزیع ذره‌ای نانوذرات در اشکال دارویی محلول و سوسپانسیون
آنالیزور پتانسیل زتا	اندازه‌گیری بار سطحی نانوذرات در اشکال دارویی محلول و سوسپانسیون
میکروسکوپ الکترونی (Scanning Electron Microscope [SEM])	ارزیابی سطح و شکل نانوذرات
میکروسکوپ الکترونی (Transmission Electron Microscope [TEM])	اندازه‌گیری خصوصیات سطحی و مورفولوژی نانوذرات
میکروسکوپ اتمی (Atomic Force Microscope [AFM])	اندازه‌گیری سطح و شکل (زبری و نرمی) نانوذرات با رزولوشن بالا
میکروسکوپ کونفوکال (laser Scanning Confocal Microscope [lSCM])	اندازه‌گیری غیرتهاجمی سه‌بعدی نانوذرات و ارزیابی عبور نانوذرات از سدهای بیولوزیک
آنالیزور سطح و تخلخل (Surface Area analyzer and pore size Analyzer)	آنالیز مساحت سطحی نانوذرات و ظرفیت جذب آن‌ها
اسپکتروسکوپ اشعه ایکس (X-ray Photoelectron Spectroscope [XPS, ESCA])	ارزیابی ترکیبات شیمیایی موجود بر روی سطوح نانوذرات
اسپکتروسکوپ FTIR (Founier Transform Infared spectroscope)	تعیین ترکیبات شیمیایی موجود در سطح نانوذرات
کالریمتری افتراقی Differential Scanning Calorimetry (DSC)	آنالیز حرارتی نانوذرات و ناخالصی‌ها حین ساخت
HPLC (High Performance Liquid Chromatography)	شناسایی، جداسازی و تعیین مقدار نانوذرات با اندازه ذره‌ای مختلف

تجویز می‌شوند، به جنین منتقل شده و منجر به آسیب مغزی و کاهش تولید اسپرم در فرزندان نر می‌شوند. تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید می‌توانند رادیکال‌های آزاد تولید کرده و باعث سمیت سلولی، در مواجهه با اشعه فرابنفش شوند. اگر نانوذرات به‌طور اتفاقی استنشاق و بلعیده یا ازطریق پوست جذب شوند، می‌توانند باعث آسیب پوستی، آسیب ریه‌ها و سمیت اندام‌ها شوند یا به جنین آسیب برسند[۲۶].

نانوذرات نقره به‌دلیل فعالیت ضدمیکروبی در محصولات آرایشی مورداستفاده قرار می‌گیرند. غلظت نقره‌ای که برای باکتری‌ها کشنده است، برای کراتینوسیت‌ها و فیبروبلاست‌ها نیز کشنده است. صنعت آرایشی و بهداشتی عنوان می‌کند که خطرات آن‌ها برای مصرف‌کننده کم است؛ زیرا هیچ مدرکی مبنی‌بر نفوذ نانوذرات حاصل از محصول آرایشی و بهداشتی به پوست سالم و بدون زخم در بزرگسالان وجود ندارد[۲۲].

دارورسانی موضعی سیستم‌های نانوحامل نسبت به روش‌های قدیمی دارورسانی پوستی، ایمن‌تر و مؤثرتر هستند و هم‌چنین اختصاصی و هدفمند عمل می‌کنند بنابراین، در این راه به میزان کمتری از دوز دارو نیاز است و به‌دنبال آن عوارض جانبی بسیار کمتر خواهد شد. با این حال، تماس مکرر و مزمن نانوحامل‌ها، مخصوصاً نانوحامل‌های پلیمری و فلزی با پوست، منجر به ایجاد سمیت و حساسیت در پوست می‌گردند[۲۳].

قرارگرفتن در معرض نانوذرات

استفاده صنعتی از نانوذرات فرصت‌های جدیدی ایجاد کرده است؛ اما برخی از خطرات و عدم قطعیت‌ها

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-06]

[DOR: 20.1001.1.20087470.1401.13.3.7.9]

را نیز به همراه دارد. افزایش تولید و استفاده از نانومواد، منجر به افزایش تعداد کارگران و مصرف‌کنندگان در معرض نانومواد می‌شود. استنشاق شایع‌ترین مسیر قرارگرفتن در معرض نانوذرات موجود در هوا است. ممکن است کارگران نانوذرات را استنشاق کنند درحالی‌که مصرف‌کنندگان ممکن است حین استفاده از محصولات آرایشی و بهداشتی آئروسل‌شده استنشاق کنند[۲۴].

رسوب نانوذرات در دستگاه تنفسی به تعامل آن‌ها با غشای اپیتلیوم تنفسی بستگی دارد. نانوذرات ممکن است ازطریق اعصاب بینی به مغز انتقال پیدا کرده و به سیستم عصبی دسترسی پیدا کنند. به‌دلیل اندازه آن‌ها، این نانوذرات به‌راحتی می‌توانند به جریان خون یا پوست دسترسی پیدا کنند و ازآنجا به اندام‌های مختلف منتقل شوند. خوردن آن دسته از مواد آرایشی و بهداشتی که در نزدیکی دهان یا لب‌ها استفاده می‌شوند، ممکن است باعث انتقال غیرعمدی نانوذرات به دهان شود[۲۴].

مسیر دیگر، قرارگرفتن در معرض نانوذرات در گردش خون جذب پوستی است. انتقال نانوذرات ازطریق پوست به ماهیت و خصوصیات فیزیکوشیمیایی نانوذرات و حامل، ماهیت ماده و شرایط پوست مربوط می‌شود. تحقیقات نشان داده است که این نانوذرات در پوست سالم نمی‌توانند از سد پوست عبور کنند و به سلول‌های زنده اپیدرم یا لایه‌های عمیق‌تر برسند ازاین‌رو، ثابت شده است که سیستم‌های دارورسانی موضعی نانومحصولات آرایشی و بهداشتی، مفید و بی‌خطر هستند[۲۶].

نتیجه می‌گیریم که صنعت آرایشی، روزبه‌روز با توجه به تنوع گسترده محصولات آرایشی و بهداشتی در بازار و ورود محصولاتی از تولیدکنندگان بزرگ و کوچک و شرکت‌های محلی در سراسر جهان رو به رشد است. نانوتکنولوژی در صنعت آرایشی منجر به کاهش دفعات مصرف، دارورسانی هدفمند، افزایش حلالیت مواد مؤثره، افزایش پایداری محصول، رهش آهسته ماده مؤثره، افزایش اثربخشی ازطریق بهبود نفوذ ترکیب فعال به پوست و کاهش عوارض جانبی شده که این موارد، ازجمله مزایای آن است. گسترش سریع و تجاری‌سازی فناوری نانو در صنعت آرایشی، پیشرفت‌های تکنیکی و اقتصادی بزرگی را به‌وجود آورده است؛ اما در مورد خطرات ناشی از سلامتی و ایمنی مصرف‌کنندگان نیز سؤال وجود دارد بنابراین، محصولات آرایشی بر پایه نانوتکنولوژی باید به‌گونه‌ای طراحی و عرضه شوند که سلامت مصرف‌کنندگان و محیط‌زیست را تضمین نماید.

References

1. Brandt F, Cazzaniga A, Hann M. Cosmeceuticals: Current trends and market analysis. Semin Cutan Med Surg 2011; 30: 141-43.
2. Mu L, Sprando R. Application of nanotechnology in cosmetics. Pharm Res 2010; 27: 1746–749.
3. Bangham A. Physical structure and behavior of lipids and lipid enzymes. J Lipid Res 1963; 64:65–104.
4. Draelos Z. Retinoids in cosmetics. Cosmet Dermatol 2005; 18: 3–5.
5. Iqbal B, Ali J, Baboota S. Recent advances and development in epidermal and dermal drug deposition enhancement technology. Int J Dermatol 2018; 57:646-60.
6. Ha T, Jeong J, Jung B, et al. Cosmetic pigment composition containing gold or silver nano-particles. European Patent 1909745A1, 2008.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-06]

[DOR: 20.1001.1.20087470.1401.13.3.7.9]

7. Jain S, Patel N, Shah MK, et al. Recent advances in lipid based vesicles and particulate carriers for topical and transdermal application. J Pharm Sci 2017; 106: 423–45.

8. Paudel KS, Milewski M, Swadley CL, et al. Challenges and opportunities in dermal/transdermal delivery. Ther Deliv 2010; 1:109–31.

9. Jain S, Patel N, Madan P, et al. Quality by design approach for formulation, evaluation and statistical optimization of diclofenac loaded ethosomes via transdermal route. Pharm Dev Techno 2015; 20: 473–89.

10. Pathak Y, Thassu D. Drug delivery nanoparticles formulation and characterization. J Pharm Sci 2009; 191: 126–55.

11. Erdo F, Hashimoto N, Karvaly G, et al. Critical evaluation and methodological positioning of the transdermal microdialysistechnique. A review. J Control Release 2016; 233: 147 61.

12. Feingold KR. Thematic review series: Skin lipids. The role of epidermal lipids in cutaneous permeability barrier homeostasis. J Lipid Res 2007; 48: 2531–546.

13. Patel N, Jain S, Madan P, et al. Influence of electronic and formulation variables on transdermal iontophoresis of tacrine hydrochloride. Pharm Dev Techno 2015; 20: 442–57.

14. Perez AP, Altube MJ, Schilrreff P, et al. Topical amphotericin B in ultra-deformable liposomes: formulation, skin penetration study, antifungal and ant leishmanial activity in vitro. Colloids Surf B 2015; 139: 190–98.

15. Naeimifar A, Samadi A, Ahmad Nasrollahi S, et al. Efinaconazole topical solution 10%: Formulation and efficacy assessment in the treatment of toenail onychomycosis, Mycoses 2020; 63:517-24.

16. Ahmad Nasrollahi S, Hasanzadeh H, Moradi A, et al. Safety assessment of tretinoin loaded nano emulsion and nanostructured lipid carriers: A non-invasive trial on human volunteers. Curr Drug Deliv 2017; 14:575-80.

17. Mohammed Y, Holmes A, Haridass A, et al. Support for the safe use of zinc oxide nanoparticle sunscreens: Lack of skin penetration or cellular toxicity after repeated application in volunteers. J Invest Dermatol 2019; 139: 308-15.

18. Dreno B, Alexis A, Chuberre B, et al. Safety of titanium dioxide nanoparticles in cosmetics. J Eur Acad Dermatol Venereol 2019;33:34–46.

19. Pandey P, Satija S, Wadhwa R, et al. Emerging trends in nanomedicine for topical delivery in skin disorders: Current and translational approaches, Dermatol Ther 2020; 33:132-92.

20. Farbod E, Ahmad Nasrollahi S, Tabbakhi Z, et al. Novel formulation and evaluation of Q10-loaaded solid lipid nanoparticles cream: In vitro and in vivo studies, Int J Nanomedicine 2011; 6:611-17.

21. Sabouri M, Samadi A, Ahmad Nasrollahi S, et al. Tretinoin loaded nanoemulsion for acne vulgaris: Fabrication, physicochemical and clinical efficacy assessments. Skin pharmacol Physiol, 2018;3 :316-23.

22. Kushwaha N. Use of nanotechnology in cosmeceuticals: A review. Int J Pharm Sci Invent 2020;9:43-51.

23. Gupta V, Mohapatra S, Mishra H, et al. Nanotechnology in cosmetics and cosmeceuticals—A review of latest advancements. Gels 2022; 8:173-204.

24. Ong W, Nyam K. Evaluation of silver nanoparticles in cosmeceutical and potential biosafety complications. Saudi J Biol Sci 2022;29:2085-094.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-06]

[DOR: 20.1001.1.20087470.1401.13.3.7.9]

25. Dubey SK, Dey A, Singhvi G, et al. Emerging trends of nanotechnology in advanced cosmetics. Colloids Surf B 2022;214:112440.

26. Ahmad Nasrollahi S, Naeimifar A, Daneshmand B, et al. Formulation of Cosmetics & Toiletries (2), 2021;5: 322-52.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-06]

[DOR: 20.1001.1.20087470.1401.13.3.7.9]

Reviewing the nanotechnology in cosmeceuticals

Seyedsajad Alenabi, PharmD[1]
Atefeh Naeimifar, PhD[2]
Sara Bahrainian, PhD[3]
Saman Ahmadnasrollahi, PhD[4*]

1. School of Pharmacy, Mazandaran University of Medical Sciences, Mazandaran, Iran
2. Department of Pharmaceutics, School of Pharmacy, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3. Department of Pharmaceutics, School of Pharmacy, Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
4. Center for Research & Training in Skin Diseases & Leprosy, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: Aug 19, 2022
Accepted: Oct 02, 2022
Pages: 191-202

Corresponding Author:
Saman Ahmadnasrollahi, PhD

No. 415, Taleqani Ave., Tehran, Iran
Email: snasrollahi@tums.ac.ir

Conflict of interest: None to declare

Cosmeceuticals are the fastest growing segment of the personal care industry, and a number of topical cosmeceutical treatments for conditions such as photoaging, hyperpigmentation, wrinkles, and hair damage have come into widespread use. In the cosmeceutical arena nanotechnology has played an important role. Using new techniques to manipulate matter at an atomic or molecular level, opening up new perspectives for the future of cosmeceutical industry. Nanotechnology-based cosmeceuticals offer the advantage of diversity in products, and increased bioavailability of active ingredients and increase the aesthetic appeal of cosmeceutical products with prolonged effects. However increased use of nanotechnology in cosmeceuticals has raised concern about the possible penetration of nanoparticles through the skin and potential hazards to the human health. This review outlines the different nanoparticles used in various classes of cosmeceuticals, and the potential risk caused by nanoparticles on exposure.

Keywords: nanotechnology, cosmeceuticals, nanocarriers, toxicity

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-06]

[DOR: 20.1001.1.20087470.1401.13.3.7.9]

Copyright © 2022 Published by Tehran University of Medical Sciences.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.