REVIEW ARTICLE

A Review on the Use of Lipid Nanocarriers in Anti-Wrinkle Skin Products

Fatemeh Rezaie[1]
Majid Saeedi[2]
Rezvan Yazdian-Robati[3]
Javad Akhtari[4]

[1] MSc Student in Medical Nanotechnology, Student Research Committee, Faculty of Advanced Technologies in Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[2] Professor, Faculty of Pharmacy, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[3] Assistant Professor, Pharmaceutical Sciences Research Center, Hemoglobinopathy Institute, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[4] Associate Professor, Department of Medical Nanotechnology, Faculty of Advanced Technologies in Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received January 30, 2024; Accepted May 16, 2024)

Abstract

Functioning as the human body's most extensive organ, the skin exhibits an intricate, stratified architecture. This architecture consists of distinct layers: the epidermis, dermis, and hypodermis. Collectively, these layers play a crucial role in safeguarding the body and upholding its general well-being. The aging process of the skin is complex and is influenced by a wide range of internal and external factors. The loss of skin elasticity and firmness is a consequence of these factors, which ultimately contribute to signs of aging such as wrinkles, skin discoloration, and diminished radiance as people get older. A comprehensive understanding of these factors and their impact on the skin can lead to the development of more effective methods and products for skin care, capable of slowing down this process and improving skin quality. Recent advances in nanotechnology, driven by increasing consumer demand for beauty products, have prompted the development of novel methods of skincare that are aimed at minimizing the appearance of symptoms of aging. Therefore, nanotechnology in skin care has emerged as a recognized novel and effective approach that can provide efficient solutions for combating skin aging. Nano lipid carriers have been introduced as one of the key innovations in this field. These carriers can effectively enhance the penetration of active cosmetic and skincare ingredients through the branched layers of the epidermis, which serve as the main barrier to the penetration of substances into the skin. These nanocarriers enhance the stability of active ingredients present in cosmetic and skincare formulations. When it comes to cosmetics and skincare products, nano lipid carriers have several distinctive qualities that add to their potential to improve efficacy while simultaneously minimizing side effects. They facilitate controlled release and long-term diffusion of active ingredients, ensuring continuous and uniform distribution of active compounds in the skin. Hence, they improve the biocompatibility of ingredients, thereby reducing skin irritation and enhancing skin tolerance to active substances. A wide range of nanocarriers is utilized in the dermal delivery of cosmetic and skincare products. These include nanoemulsions, liposomes, lipid nanoparticles, ethosomes, niosomes, transferosomes, nanocrystals, as well as polymeric and mineral nanocarriers. Each of these nanocarriers exhibits specific properties and mechanisms of action that effectively improve the penetration and efficacy of active ingredients into the deeper layers of the skin. In the present article, various types of nano lipid carriers have been examined as effective vehicles for delivering active compounds into the skin layers, along with their mechanisms of action. Furthermore, the latest anti-aging and anti-wrinkle products containing these nanocarriers have been discussed. Scientific investigations have demonstrated that the use of nano lipid carriers in the formulation of anti-aging products can significantly improve skin rejuvenation and regeneration. These products, by enhancing the permeability and stability of active compounds, exhibit better efficacy in reducing wrinkles and fine lines, increasing skin firmness and elasticity. It is also anticipated that with further advancements in this field, more innovative products will be introduced to the market to meet diverse consumer needs.

Keywords: nanoliposome, nanocarriers, skin aging, skin drug delivery, anti-wrinkle products

J Mazandaran Univ Med Sci 2024; 34(234): 183-199 (Persian).

Corresponding Author: Javad Akhtari- Faculty of Advanced Technologies in Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran. (E-mail: javad.akhtari20@gmail.com)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-12-27]

مجلـــه دانـشـــگاه عـلـــوم پـزشـــکـــی مـــازنـــدران
دوره سی و چهارم شماره ۲۳۴ تیر سال ۱۴۰۳ (۱۹۹-۱۸۳)

مروری بر کاربرد نانوحامل‌های لیپیدی در فراورده‌های ضدچروک پوست

فاطمه رضایی[۱]
مجید سعیدی[۲]
رضوان یزدیان[۳]
جواد اختری[۴]

چکیده

پوست، به‌عنوان بزرگ‌ترین عضو بدن انسان، ساختاری پیچیده و چندلایه دارد که شامل اپیدرم، درم و هیپودرم است و نقش حیاتی در محافظت از بدن و حفظ سلامت کلی آن ایفا می‌کند. پیری پوست یک فرآیند چندبعدی است و به وسیله عوامل درونی و بیرونی متعددی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با بالا رفتن سن افراد، این عوامل در نهایت باعث از بین رفتن خاصیت ارتجاعی و استحکام پوست می‌شوند که به‌دنبال آن نشانه‌هایی از افزایش سن مانند چین و چروک، تغییر رنگ پوست و کاهش روشنایی آن ایجاد می‌شود. آگاهی همه جانبه از این عوامل و تاثیری که بر روی پوست می‌گذارد، منجر به ایجاد روش‌ها و محصولات مؤثرتری برای مراقبت از پوست می‌شود که می‌توانند این روند را کند کرده و کیفیت پوست را افزایش دهند. پیشرفت‌های اخیر در فناوری نانو که با افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان در مورد زیبایی همراه شده است، به‌دنبال لوازم آرایشی و محصولات مراقبت از پوست نوآورانه‌ای است که بتوانند اثرات پیری را کاهش دهند. از این‌رو، فناوری نانو درحوزه مراقبت از پوست به‌عنوان یک رویکرد نوین و مؤثر شناخته شده است که می‌تواند راهکارهای کارآمدی برای مقابله با پیری پوست ارائه دهد. نانوحامل‌های لیپیدی به‌عنوان یکی از نوآوری‌های کلیدی و پیشرفت‌های مهمی که در زمینه محصولات آرایشی و بهداشتی ایجاد شده‌اند، معرفی شده است. این نانوحامل‌ها می‌توانند به‌طور مؤثری نفوذ مواد مؤثره آرایشی و بهداشتی را از طریق لایه شاخی اپیدرم که به‌عنوان سد اصلی نفوذ مواد به داخل پوست عمل می‌کند، تقویت کنند. هم‌چنین، این نانوحامل‌ها پایداری اجزای فعال موجود در فرآورده‌های آرایشی- بهداشتی را نیز ارتقاء می‌بخشند. نانوحامل‌های لیپیدی ویژگی‌های منحصر به فردی دارند که سبب افزایش اثربخشی و کاهش عوارض جانبی محصولات آرایشی- بهداشتی می‌شوند. این نانوحامل‌ها باعث رهایش کنترل‌شده و انتشار طولانی‌مدت مواد فعال می‌شوند، که این ویژگی‌ها باعث می‌شوند ترکیبات فعال به‌صورت مداوم و یکنواخت در پوست آزاد شوند. بهبود زیست سازگاری اجزا نیز یکی دیگر از مزایای نانوحامل‌های لیپیدی است که به کاهش تحریکات پوستی و افزایش تحمل پوست نسبت به مواد فعال کمک می‌کند. طیف گسترده‌ای از نانوحامل‌ها در دارورسانی پوستی محصولات آرایشی- بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. نانومولسیون‌ها، لیپوزوم‌ها، نانوذرات لیپیدی، اتوزوم‌ها، نیوزوم‌ها، ترانسفروزوم‌ها، نانوکریستال‌ها و نانوحامل‌ها پلیمری و معدنی از جمله این نانوحامل‌ها هستند. هر یک از این نانوحامل‌ها دارای ویژگی‌ها و مکانیسم‌های عمل خاصی هستند که در بهبود نفوذ و اثرگذاری مواد فعال به لایه‌های عمقی پوست مؤثر می‌باشند. در مطالعه حاضر، به بررسی انواع مختلف نانوحامل‌های لیپیدی به‌عنوان حامل‌های مؤثر در نفوذ ترکیبات فعال به لایه‌های پوست، مکانیسم عمل این نانوحامل‌ها درپوست و هم‌چنین جدیدترین محصولات ضدپیری و ضدچروک حاوی این نانوحامل‌ها پرداخته شده است. بررسی‌های علمی نشان داده‌اند که استفاده از نانوحامل‌های لیپیدی در فرمولاسیون محصولات ضدپیری می‌تواند بهبود چشمگیری در جوان‌سازی و بازسازی پوست ایجاد کند. این محصولات با افزایش نفوذپذیری و پایداری ترکیبات فعال، اثربخشی بهتری در کاهش چروک‌ها و خطوط ریز پوست دارند و باعث افزایش استحکام و ارتجاعی بودن پوست می‌شوند. هم‌چنین انتظار می‌رود که با پیشرفت‌های بیش‌تر در این زمینه، محصولات نوآورانه‌تری به بازار عرضه شوند که بتوانند نیازهای مختلف مصرف‌کنندگان را برآورده سازند.

واژه های کلیدی: نانولیپوزوم، نانوحامل‌ها، پیری پوست، دارورسانی پوستی، فراورده‌های ضد چروک

مولف مسئول: جواد اختری- ساری: کیلومتر ۱۷ جاده فرح آباد، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم، دانشکده فناوری‌های نوین پزشکی E-mail: javad.akhtari20@gmail.com
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد نانوفناوری پزشکی، دانشکده فناوری‌های نوین پزشکی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲. استاد، گروه فارماسیوتیکس، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۳. استادیار، مرکز تحقیقات علوم دارویی، پژوهشکده هموگلوبینوپاتی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۴. دانشیار، گروه نانوفناوری پزشکی، دانشکده فناوری‌های نوین پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
تاریخ دریافت : ۱۴۰۲/۱۱/۱۰ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۴۰۳/۲/۴ تاریخ تصویب : ۱۴۰۳/۲/۲۷

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-12-27]

مقدمه

پوست، بزرگ‌ترین ارگان منفرد بدن است که به‌طور معمول ۱۵ الی ۲۰ درصد وزن بدن را تشکیل می‌دهد. پوست به‌عنوان سد اولیه بدن در برابر نفوذ عوامل بیماری‌زا، اشعه ماوراء بنفش، مواد شیمیایی و آسیب‌های مکانیکی عمل می‌کند. هم‌چنین در کنترل دمای بدن و حفظ مایعات بدن نقش دارد. پوست از سه لایه اصلی تشکیل شده است: اپیدرم (Epidermis)، درم (Dermis) و هیپودرم (Hypodermis) اپیدرم لایه بالایی و قابل مشاهده پوست است که فاقد رگ‌های خونی بوده و به‌طور مداوم در حال تجدید است. درم ۹۰ درصد ضخامت پوست را تشکیل می‌دهد. پروتئین‌ها، نمک‌ها، آب، عروق خونی و لنفاوی، انتهای عصبی، فولیکول‌های مو، غدد چربی وغدد عرق در درم قرار دارند. کلاژن، الاستین و اسیدهیالورونیک که از اجزای اصلی درم هستند، به ایجاد پوستی انعطاف‌پذیر، صاف و الاستیک کمک می‌کنند. استحکام پوست به کلاژن بستگی دارد. خاصیت ارتجاعی پوست توسط الاستین حفظ می‌شود. هیپودرم، عمیق‌ترین لایه پوست به‌عنوان منبع انرژی ذخیره‌ای عمل می‌کند و از پوست محافظت می‌کند این لایه عمدتاً از سلول‌های چربی، که به آن‌ها آدیپوسیت گفته می‌شود، تشکیل شده است(۳-۱).

بحث

پیری پوست

با افزایش سن، تکثیر سلول‌ها در لایه پایه کاهش می‌یابد. سپس اپیدرم نازک‌تر می‌شود و سطح تماس بین درم و اپیدرم کاهش می‌یابد و در نتیجه سطح تبادلی کوچک‌تری برای تغذیه اپیدرم ایجاد می‌شود و توانایی تکثیر سلوهای پایه ضعیف‌تر می‌شود. در واقع با پیر شدن پوست، روند طبیعی که به حفظ ویژگی‌های جوانی مانند استحکام، صافی ودرخشندگی کمک می‌کنند، آرام می‌شود. فرایند پیری پوست آهسته و غیرقابل برگشت است و توسط عوامل درونی و بیرونی ایجاد می‌گردد که همگی منجر به کاهش یکپارچگی ساختاری و از دست دادن عملکرد فیزیولوژیکی می‌شوند(۶-۴). خطوط ریز، چین وچروک‌ها، افتادگی و شل شدگی پوست و لکه‌های تیره از جمله نشانه‌های اجتناب‌ناپذیر پیری پوست هستند(۷). مدل‌های مختلفی برای توضیح پیری پوست پیشنهاد شده‌اند، از جمله نظریه پیری سلولی، کاهش ظرفیت ترمیم DNA سلولی و از دست دادن تلومرها، جهش‌ها، استرس اکسیداتیو، افزایش فراوانی ناهنجاری‌های کروموزومی و ژنی و... . بیش‌تر اثرات پیری پوست ناشی از عوامل بیرونی است و تنها ۳ درصد از عوامل پیری دارای پیش زمینه ذاتی هستند(۸).

- مکانیسم نفوذ مواد به پوست

دارورسانی پوستی یک روش موضعی و غیرتهاجمی برای کاربرد عوامل درمانی می‌باشد که دارای مزیت‌هایی از جمله انطباق و پذیرش بیمار، سهولت و راحتی کاربرد، بهبود فراهمی‌زیستی دارو، پاسخ فیزیولوژیکی و دارویی بهتر و حداقل سمیت سیستمیک است.

ترکیبات و مواد موثره دارویی می توانند از سه مسیر به داخل پوست نفوذ کنند: ۱- مسیردرون سلولی (Transcellular)، ۲- مسیر بین سلولی (Intercellular) که رایج‌ترین مسیر نفوذ مواد موثره می‌باشد، ۳- مسیر عبور از میان ضمائم پوست (Transappendgeal) که راه انتقال مواد موثره از طریق غددعرقی، فولیکول‌های مو و غدد سبابه است(۹).

نانوتکنولوژی

نانوتکنولوژی به عنوان علم و فناوری مورد استفاده برای توسعه یا دستکاری ذرات در محدوده ۱ تا ۱۰۰ نانومتر در نظر گرفته می‌شود. تقریباً ۴۰ سال از ورود نانوتکنولوژی به حوزه لوازم آرایشی، محصولات بهداشتی و محصولات پوستی می‌گذرد(۱۰). استفاده از نانوذرات در حوزه‌های مختلف در سال‌های اخیر به شدت مورد توجه قرار گرفته‌اند. این فناوری‌های نوین با ابعاد بسیار کوچک خود، توانسته‌اند در صنایع مختلف تغییرات

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-12-27]

چشمگیری را به ارمغان آورند. صنایع آرایشی- بهداشتی نیز از این پیشرفت‌ها و نوآوری‌ها بهره‌برداری کرده و به کاربردهای موثری از نانوتکنولوژی دست یافته‌اند(۱۱).

صنایع آرایشی و بهداشتی با هدف بهبود زیبایی و بهداشت فرد، همواره در جستجوی روش‌ها و محصولات نوآورانه و کارآمد بوده‌اند. با ورود نانوتکنولوژی و نانوذرات به این صنایع، امکانات بیش‌تری در اختیار محققان قرار گرفته است. نانوذرات به دلیل اندازه بسیار کوچک خود، قابلیت نفوذ عمیق‌تر و تعامل با سطوح مختلف را دارا هستند. این ویژگی به تولید محصولات با اثربخشی بالا کمک می‌کند. با نانوتکنولوژی، محققان و تولیدکنندگان قادر به طراحی محصولاتی هستند که قابلیت نفوذ عمقی در پوست و مو، تأمین تغذیه و حفاظت از آن‌ها را داشته و هم‌چنین عوامل مفیدی را در محل تماس با پوست ترکیب و آزاد سازند. در این بستر، لوسیون‌ها، کرم‌های ضدآفتاب، لاک ناخن و سایر محصولات آرایشی- بهداشتی، خواصی نظیر ضدعفونی کننده، ضدآب و ضدلک را در بر دارند(۱۲). با وجود تمامی فوایدی که استفاده از نانوذرات در صنایع آرایشی- بهداشتی به همراه دارد، لازم است به جنبه‌های ایمنی و اثربخشی این مواد نیز توجه شود(۱۳). با اندازه بسیار کوچک نانوذرات، خطر جذب مواد مضر توسط پوست و سایر بافت‌های بدن به‌شدت کاهش می‌یابد.

- محصولات آرایشی- بهداشتی

در سال ۲۰۱۸ سازمان غذا و داروی آمریکا Food And Drug Administration (FDA) لوازم آرایشی را اینگونه تعریف کرده است: ترکیباتی که برای استفاده روی بدن انسان یا هر قسمت از آن برای پاکسازی، زیباسازی، ارتقای جذابیت یا تغییر ظاهر در نظر گرفته شده است(۱۴). به‌طورکلی، لوازم آرایشی به‌عنوان محصولی تعریف می‌شود که دارای تقویت ظاهر پوست، زیبایی و تشدید پاکسازی است و از دیرباز مورد استفاده بشر بوده است(۱۵). لوازم آرایشی شامل تعدادی از محصولات شامل: کرم‌ها، لوسیون‌ها، پمادها، ژل‌ها، امولسیون‌ها، اسپری‌ها و ... است(۱۷،۱۶). این محصولات حاوی اجزا یا مواد مغذی هستند که توانایی ارتقای سلامت پوست، مو و ناخن‌ها را دارند و ممکن است شامل ویتامین‌ها، مواد معدنی، عصاره‌های گیاهی و آنتی‌اکسیدان‌ها باشند(۱۹،۱۸).

طبق تعریف رسمی اتحادیه اروپا نانومواد در لوازم آرایشی به‌صورت "یک ماده نامحلول، زیست سازگار و سنتزی با یک یا چند بعد خارجی، یا یک ساختار داخلی، درمقیاس ۱ تا ۱۰۰ نانومتر" تعریف می‌شود(۲۰). اندازه، مورفولوژی، ویژگی‌های سطح، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نانومواد به همراه میزان بارگذاری دارو و آرایش لایه‌ای آن‌ها، برهمکنش‌های بین نانومواد و پوست را برای مسیر تحویل اجزای آن‌ها مشخص می‌کند(۲۲،۲۱). نانومواد به‌طور وسیعی در کرم‌های ضدچروک و پیری، ضد آفتاب، مرطوب‌کننده، سفیدکننده، شامپوها، نرم‌کننده‌ها و سرم‌ها استفاده می‌شوند(۱۶).

پیشرفت‌های اخیر فناوری نانو که با افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان در مورد زیبایی همراه شده است، به‌دنبال لوازم آرایشی نوآورانه است. لوازم آرایشی نانو، به عنوان یک فرمول آرایشی که با نانوتکنولوژی به عنوان سیستم دارورسانی ترکیب شده است، برای ارتقای عملکرد و بهبود اجزای زیست فعال معرفی می‌شود(۲۳). این رویکرد باعث می‌شود تا نانوذرات کوچکتری از مواد آرایشی تشکیل شود که می‌توانند دارای اجزای فعال باشند که به راحتی روی پوست جذب می‌شوند، آسیب را به راحتی ترمیم می‌کنند و کارایی محصول را ارتقا می‌دهند. کیفیت و عملکرد لوازم آرایشی با ترکیب اجزای زیست فعال در فرمولاسیون لوازم آرایشی با نانوحامل‌های جدید افزایش یافته است(۲۵،۲۴). ادغام نانوذرات و استفاده از نانوحامل‌ها در این محصولات مزایای متعددی را به همراه دارد که نشان‌دهنده بهبود قابل توجهی در حلالیت و پایداری است که منجر به عملکرد برتر می‌شود(۲۶). مطالعات اخیر نشان می‌دهند که نانوحامل‌ها می‌توانند به‌طور موثری نفوذ اجزای

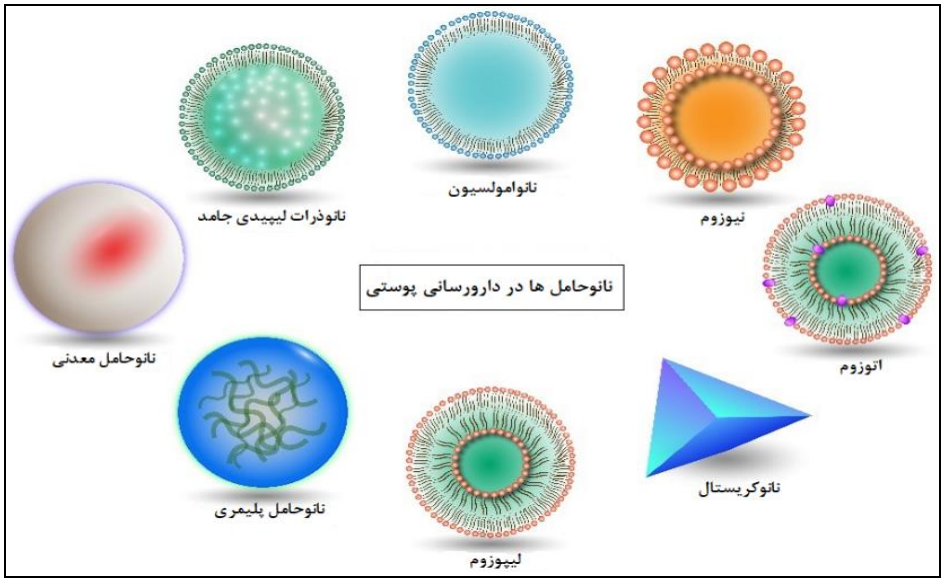
[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-12-27]

آرایشی- بهداشتی را از طریق لایه شاخی پوست تقویت کنند و به طور موثری پایداری اجزای فعال موجود در فرآورده‌های آرایشی- بهداشتی را افزایش دهند(۲۸،۲۳-۲۶). هم‌چنین نانوحامل‌ها سبب رهایش کنترل شده، انتشار طولانی مدت، بهبود سازگاری‌زیستی اجزا و افزایش اثربخشی می‌شوند و عوارض‌جانبی را کاهش می‌دهند(۲۳). نانومولسیون‌ها، لیپوزوم‌ها، نانوذرات لیپیدی، اتوزوم‌ها، نیوزوم‌ها، ترانسفروزوم‌ها، نانوکریستال‌ها، نانوحامل‌های پلیمری و معدنی از انواع نانوحامل‌های مورد استفاده در دارورسانی پوستی فراورده‌های آرایشی- بهداشتی هستند(تصویر شماره ۱)(۳۰،۲۹).

مطالعه در زمینه استفاده ازنانوحامل‌های لیپیدی در محصولات ضدچروک نشان می‌دهد که این فناوری می‌تواند ابزاری مؤثر برای بهبود عملکرد و کارایی محصولات ضدچروک باشد. با افزایش اندازه نانوذرات، سطح این حامل‌ها افزایش می‌یابدکه باعث افزایش جذب و تسریع جذب مواد موثره در پوست می‌شود. علاوه بر این، نانوحامل‌های لیپیدی قابلیت حمل و انتقال مواد فعال به‌صورت هدفمند و دقیق به بافت‌های عمیق‌تر پوست را دارند که این امر منجر به کاهش عوارض جانبی و افزایش کارایی محصولات می‌شود. هم‌چنین، این تکنولوژی می‌تواند بهبودهای چشمگیری در استحکام و پایداری محصولات ایجاد کند، که این ویژگی‌ها مهم‌ترین‌عوامل درمورد پذیرش مصرف‌کنندگان و ماندگاری محصولات در بازار هستند. به‌طورکلی، این تحقیقات نقش بسزایی در توسعه محصولات پوستی کارآمد و موثر بازی می‌کنند و می‌توانند اساسی برای پیشرفت صنعت آرایشی و بهداشتی در آینده باشند(۳۰).

نانوذرات لیپیدی

نانوذرات لیپیدی حامل‌های کلوییدی با اندازه ۵۰ تا ۱۰۰۰نانومتر هستند که از لیپیدهای زیستی که در فاز آبی پراکنده شده‌اند، تشکیل می‌شوند(۳۲). نانوذرات لیپیدی مزایایی از جمله امکان تولید در مقیاس بزرگ، امکان ترکیب داروهای آبدوست و چربی‌دوست، فراهمی زیستی بالای داروهای بارگذاری شده و سمیت کم را نشان می‌دهند(۳۳). اندازه کوچک این نانوذرات سبب افزایش تماس با لایه شاخی پوست می‌شود که سبب افزایش نفوذپذیری مواد از طریق پوست می‌شود(۳۴). نانوذرات لیپیدی جامد حامل‌های مناسبی برای کاربرد در محصولات مراقبت ازپوست هستند و درکرم‌های ضدآفتاب، کرم‌های مرطوب‌کننده ومحصولات ضدچروک یافت می‌شوند(۲۳).



تصویر شماره ۱: انواع نانوحامل‌ها در دارورسانی پوستی(۳۱)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-12-27]

میـوه‌هـای نخـل (*Elaeis guineensis*) حـاوی آنتی‌اکسیدان‌هایی هستند که می‌توانند به عنوان عوامل مراقبت از پوست استفاده شوند. در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۲۲ توسط Sawatdee و همکارانش انجام گرفت، یک کرم آرایشی حاوی عصاره میوه نخل، مملو از نانوذرات لیپیدی جامد (SLNs) تولید شد و کارایی آن مورد ارزیابی قرار گرفت. به‌طورکلی، نتایج نشان داد که هیدراسیون پوست، خاصیت ارتجاعی پوست و شاخص ملانین در مقایسه با داده‌های پایه، پس از ۳۰ روز بهبود یافته است. بنابراین، کرم‌های صورت روز و شب فرموله شده، پوست را مرطوب، چین و چروک را کاهش داده و خاصیت ارتجاعی آن‌را افزایش داد(۳۵). Chen و همکاران در سال ۲۰۱۷ رسوراترول، ویتامین E و اپی‌گال‌کاتچین‌گالات (EGCG) که همگی آنتی‌اکسیدان‌های قوی شناخته شده برای محافظت از پوست هستند را به‌صورت نانوذرات لیپیدی فرموله کردند. هدف از این کار ارزیابی اثربخشی نانوذرات لیپیدی به‌عنوان حامل‌های بالقوه برای عوامل فعال سلامت پوست با ارزیابی توانایی آن‌ها برای محافظت، رهاسازی و رساندن مواد فعال به محل مورد نظرشان بود. نتایج کلی نشان داد که نانوذرات لیپیدی حامل‌های امیدوارکننده‌ای برای تحویل رسوراترول و ویتامین E و EGCG هستند تا فواید آنتی‌اکسیدانی طولانی مدتی را برای پوست فراهم کنند(۳۶).

- لیپوزوم‌ها

لیپوزوم‌ها یکی از متداول‌ترین سیستم‌های دارورسانی برای اهداف پوستی هستند. لیپوزوم‌ها وزیکول‌های دولایه لیپیدی کروی شکل هستند که در آن یک لایه دوتایی چربی‌دوست بین دو لایه آبدوست قرار می‌گیرد. جزء اصلی لیپوزوم‌ها فسفاتیدیل‌کولین است اما چندین لیپید دیگر به‌عنوان مثال گلیسروفسفولیپیدها، گلیسرولیپیدها، اسفنگولیپیدها، سرامید و کلسترول را می‌توان در ترکیب آن‌ها گنجاند. کلسترول معمولا برای افزایش سفتی وزیکول‌ها و کارایی کپسوله‌سازی آن‌ها استفاده می‌شود(۳۸،۳۷). لیپوزوم‌ها از لحاظ ساختار و ترکیب شبیه به لایه شاخی پوست هستند و به‌دلیل داشتن اجزای آبدوست و آبگریز قادر به نفوذ به لیپیدهای بین سلولی درلایه‌های شاخی هستند(۴۰،۳۹). عملکرد لیپوزوم‌ها به اندازه، تعداد لایه‌ها، شکل و بار سطحی آن‌ها بستگی دارد. بنابراین برآورد و مشخص کردن این ویژگی‌ها برای کاربرد بالینی و هم‌چنین در تعیین نیمه عمر آن‌ها ضروری است و بسته به ساختار محفظه و لایه‌بندی لیپوزوم‌ها را می‌توان به عنوان وزیکول‌های تک لایه (ULVs)، وزیکول‌های اولیگولایه (OLVs)، وزیکول‌های چند لایه (MLVs) و لیپوزوم‌های چندلایه‌ای (MVLs) طبقه‌بندی کرد(۴۲،۴۱).

لیپوزوم‌ها را می‌توان از نظر عملکرد و مکانیسم انتقال درون سلولی به چند نوع طبقه‌بندی کرد:

۱) لیپوزوم‌های معمولی(Conventional Liposomes): این لیپوزوم‌ها از فسفولیپیدهای طبیعی یا مصنوعی با یا بدون کلسترول به عنوان یک لیپوزوم نسل اول سنتز می‌شوند.

۲) لیپوزوم‌های باردار (Charged Liposomes): لیپوزوم‌های باردار در طول ذخیره‌سازی پایداری لیپوزومی بالاتری را نشان می‌دهند. لیپوزوم‌های کاتیونی به دلیل توانایی آن‌ها در محصور کردن موفقیت‌آمیز اسیدهای نوکلئیک توسط جاذبه‌های الکترواستاتیکی در ژن‌درمانی استفاده می‌شوند.

۳) لیپوزوم‌های تثبیت شده پنهان(Stealth stabilized liposomes): این لیپوزوم‌های نسل دوم با تزئین سطح با پلیمرهای مصنوعی، گلیکوپروتئین‌ها، پلی ساکاریدها یا لیگاندهای گیرنده خاص برای دستیابی به توزیع باریک و تجمع در محل موردنظر مشخص می‌شوند. لیپوزوم‌های پگیله شده (PEGylated Liposomes) نمونه‌ای از لیپوزوم‌های این دسته هستند.

۴) لیپوزوم‌های پاسخ‌دهنده به محرک‌ها (Stimuli-responsive liposomes): آن‌ها سیستم‌های

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-12-27]

لیپوزومی هوشمندی هستند که آزادسازی سریع بار دارویی خود را براساس محرک‌های فیزیکوشیمیایی یا بیوشیمیایی، مانند pH، دما، غلظت آنزیم‌ها، امواج فراصوت، میدان‌های الکتریکی یا مغناطیسی نشان می‌دهند.

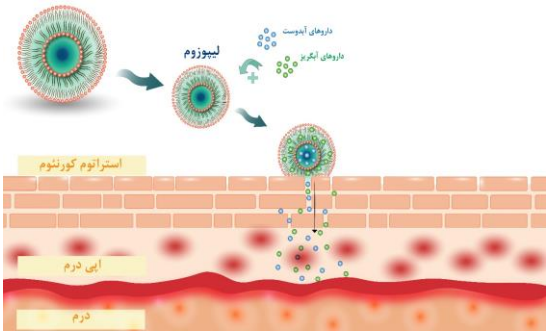
۵) ایمونولیپوزوم‌ها (Immunoliposomes): این لیپوزوم‌ها حاوی آنتی‌بادی‌های مونوکلونال یا قطعات آنها با فسفولیپیدها هستند. در برخی موارد، آنتی‌ژن‌ها در غشای لیپوزوم‌ها قرار می‌گیرند یا برای تقویت پاسخ ایمنی به هسته داخلی لیپوزوم وارد می‌شوند.

۶) لیپوزوم‌های هدفمند فعال (Active-targeted Liposomes): لیپوزوم‌های هدفمند فعال، لیپوزوم‌های نسل سوم را نشان می‌دهند. هدف‌گیری فعال لیپوزوم‌ها، گزینش‌پذیری تعامل لیپوزوم با سلول‌های بیمار را افزایش می‌دهد و باعث ایجاد اندوسیتوز با واسطه گیرنده لیپوزوم می‌شود(۴۴،۴۳).

مطالعات متعددی در مورد ترکیب، آماده‌سازی و خصوصیات لیپوزوم‌ها منتشر شده است. تقریباً تمام تکنیک‌ها شامل انحلال فسفولیپیدها در یک حلال آلی و حذف حلال آلی در مراحل بعدی است. بلوک‌های سازنده لیپوزوم‌ها فسفولیپیدها و/یا کلسترول هستند. فرآیندهای تولید متداول شامل هیدراتاسیون لایه نازک، تزریق حلال، تبخیر فاز معکوس است(۴۵).

– مکانیسم تاثیر نانولیپوزوم‌ها در پوست

نانولیپوزوم‌ها وزیکول‌های دو لایه لیپیدی هستند و از لحاظ ساختار و ترکیب شبیه به لایه شاخی پوست هستند و مواد را می‌توانند به صورت همجوشی به محل مورد نظر در پوست برسانند(۴۶). لیپوزوم‌ها با بهبود قابل توجه هیدراتاسیون لایه شاخی پوست می‌توانند آرایش و ساختار قسمت آبگریز در دولایه لیپیدی لایه شاخی پوست را تغییر دهند تا داروها بتوانند به راحتی به لایه شاخی پوست نفوذ کنند. ترکیب لیپید موجود در لیپوزوم‌ها همچنین یک لایه لیپیدی روی سطح پوست ایجاد می‌کند که می‌تواند از دست دادن رطوبت پوست را کاهش دهد، محتوای آب لایه شاخی را بهبود بخشد و نفوذ دارو را تقویت کند(۳۷). لیپوزوم‌های تک‌لایه کوچک ظرفیت نفوذ پوست بیش‌تری نسبت به لیپوزوم‌های بزرگ‌تر دارند. علاوه بر این لیپوزوم‌های چندلایه می‌توانند لایه‌های خارجی را در طول نفوذ از بین ببرند و نفوذ وزیکول‌های کوچک‌تر با اندازه متوسط را تسهیل می‌کنند (تصویر شماره ۲).



تصویر شماره ۲: مکانیسم عبور و تاثیر نانولیپوزوم‌ها در پوست. این وزیکول‌ها می‌توانند به عنوان حامل برای ترکیبات آبدوست و آبگریز عمل کنند و با پدیده همجوشی، ترکیبات را به لایه‌های عمقی پوست برسانند(۳۷).

به‌دلیل ماهیت آمفی‌فیلیک لیپوزوم‌ها، می‌توان از آن‌ها به‌عنوان یک سیستم حامل لوازم آرایشی آبدوست و چربی‌دوست استفاده کرد. فرمولاسیون لیپوزومی از دارو یا ترکیبات فعال در برابر محیط خارجی محافظت می‌کند و ماندگاری و پایداری شیمیایی فرمولاسیون‌ها را افزایش می‌دهند. لیپوزوم‌ها نفوذ دارو را از طریق جذب وزیکول و/یا همجوشی بر روی سطح پوست و از طریق تعامل لیپید لیپوزوم‌ها با لایه شاخی افزایش می‌دهند. همچنین، لیپوزوم‌ها فراهمی‌زیستی را افزایش می‌دهند و فرمولاسیون‌های لیپوزومی موضعی ممکن است جذب فعال را در اپیدرم و درم افزایش داده و کلیرانس سیستمیک را کاهش دهند. این نوع نانوسیستم‌ها برای ارائه در عطرها در ضد تعریق‌ها، اسپری‌های بدن، دئودرانت‌ها و هم‌چنین درکرم‌های ضدپیری، مرطوب‌کننده‌ها، ضدآفتاب و درمان ریزش مو به‌کار می‌روند(۲۶).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-12-27]

ویتامین D3 یک ماده محافظ پوست موثر برای جلوگیری از پیری پوست است. در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۹ توسط Bi و همکاران انجام شد، لیپوزوم‌ها به عنوان یک حامل برای رساندن آن برای بهبود پایداری و افزایش اثر درمانی ویتامین استفاده شدند. پایداری لیپوزوم‌های ویتامین D3، میانگین نفوذ تجمعی و حفظ ویتامین در پوست مورد ارزیابی قرار گرفت و با ویتامین آزاد مقایسه شد. این لیپوزوم‌ها می‌توانند مورفولوژی سطح پوست را در مدل پیری نوری ترمیم کنند و تولید الیاف کلاژن جدید را تقویت کنند(۴).

دانه‌های سبز قهوه منبع غنی پلی‌فنول‌ها هستند که از آسیب اکسیداتیو پوست جلوگیری می‌کنند. در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۲۱ توسط Mallya و همکارانش انجام گرفت، لیپوزوم‌ها به عنوان حامل دارویی برای افزایش نفوذپذیری پوستی پلی‌فنل‌ها برای تجویز موضعی فرموله شدند. وزیکول‌های چند لایه با استفاده از روش هیدراسیون لایه نازک تهیه شدند و لیپوزوم‌های تهیه شده دارای راندمان کپسولاسیون و پایداری فیزیکی خوب بودند. از این رو لیپوزوم‌های حاوی عصاره دانه‌های قهوه سبز را می‌توان به‌عنوان یک حامل موثر برای تحویل موضعی با پتانسیل ضدپیری در نظر گرفت(۴۷). رزمارینیک‌اسید به‌طور گسترده‌ای به عنوان یک آنتی اکسیدان با عمل به‌عنوان پاک‌کننده رادیکال‌های آزاد استفاده می‌شود و در جلوگیری از تشکیل پراکسیدهای لیپیدی که توسط اشعه UV و عوامل خارجی فیزیکی و شیمیایی در زمینه آرایشی ایجاد می‌شود، موثر است. هدف ازمطالعه‌ای‌که در سال ۲۰۱۹ توسط Yücel و همکارانش انجام شد، ارزیابی اثربخشی لیپوزوم‌های بارگذاری شده با اسید رزمارینیک (RA) در پوست بود. نتایج نشان داد که لیپوزوم‌ها می‌توانند اثر آنتی‌اکسیدانی، آنتی‌کلاژناز و آنتی‌الاستاز را به‌طور قابل ملاحظه‌ای نشان دهند. لیپوزوم‌ها باعث افزایش نفوذ رزمارینیک‌اسید به پوست شدند. این لیپوزوم‌های حاوی رزمارینیک‌اسید ممکن است برای محافظت از پوست در برابر رادیکال‌های آزاد، کاهش چین و چروک و کاهش سرعت پیری پوست با کاربردهای ترانس‌درمال مفید باشند(۴۸).

مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۰ توسط Luo و همکارانش با هدف توسعه نانولیپوزوم‌هایی که چندین پپتید فعال زیستی را کد می‌کنند برای دستیابی به اثرات ضد پیری بهبود یافته در پوست انسان، انجام شد. نانولیپوزوم‌ها به طور همزمان با کارنوزین، پالمیتول تری پپتید-۵ و استیل هگزاپپتید-۳ برای تحویل موضعی بارگذاری شدند. فرمولاسیون لیپوزومی حاوی سه ترکیب دارای توزیع اندازه باریک بودند و راندمان کپسولاسیون بالا، ظرفیت بارگذاری بالا را نشان دادند. نتایج نشان می‌دهد که بارگذاری ترکیبی از پپتیدهای فعال زیستی در نانولیپوزوم‌ها یک استراتژی امیدوارکننده برای افزایش کارایی تحویل موضعی و اثر ضدپیری است(۴۹).

مورین، یک پلی‌فنول با خواص دارویی بسیاری از جمله آنتی اکسیدان، ضدالتهاب و محافظت از نور است. با این حال، حلالیت آبی ضعیف مورین کاربرد آن را در داروسازی محدود می‌کند. مطالعه‌ای در سال۲۰۲۲ توسط Tran و همکارانش با هدف کپسوله کردن مورین در وزیکول‌های لیپوزومی برای بهبود حلالیت در آب و نفوذ پوست انجام شد. نتایج نشان داد که مورین یک جاذب رادیکال قوی DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) است و توانایی مهاری ROS (reactive oxygen species) قابل توجهی را نشان داد. هم‌چنین از کراتینوسیت‌ها در برابر ذرات معلق محافظت کرد. از این‌رو، مورین یک کاندید مورد توجه برای بسیاری از محصولات ضدپیری است(۵۰).

اپی‌گالوکاتچین‌گالات (EGCG) و کوئرستین پلی‌فنول‌های طبیعی هستند که در رژیم غذایی انسان فراوان هستند. این دو پلی‌فنل با موفقیت در یک سیستم لیپوزومی همگن و پایدار در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۸ توسط Liu و همکارانش انجام شد، کپسوله شدند. جالب توجه است که اثر آنتی‌اکسیدانی هم‌افزای دو پلی‌فنل مشاهده شد. این نشان داد که تحویل همزمان EGCG و کوئرستین

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-12-27]

یک رویکرد جذاب برای بهبود عملکرد آن‌ها برای گسترش کاربرد آن‌ها در صنایع آرایشی- بهداشتی و دارویی است(۵۱). در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۷ توسط Dag و همکارانش انجام شد، عصاره چای‌سبز برای افزایش فراهمی‌زیستی و پایداری کاتچین‌ها با محافظت همزمان از خواص عملکردی آن‌ها در لیپوزوم‌ها کپسوله شد. نتایج نشان می‌دهد که عصاره چای‌سبز یک منبع بالقوه آنتی اکسیدان است. کپسوله‌سازی عصاره چای‌سبز در لیپوزوم‌ها نشان داده است که عصاره چای‌سبز تکنیک امیدوارکننده برای محافظت از خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن است و می‌تواند به‌عنوان یک عامل موثر در فرمولاسیون‌های ضدپیری به کار رود(۵۲).

آسکوربیک‌اسید(AA) به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی و توانایی در افزایش سنتز کلاژن به‌طور گسترده در فرمولاسیون‌های آرایشی استفاده می‌شود. در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۹ که توسط Maione-Silva و همکارانش انجام گرفت، آسکوربیک‌اسید را در لیپوزوم‌های دارای بار منفی کپسوله کردند. مطالعات اثربخشی آزمایشگاهی نشان داد که کپسوله کردن آسکوربیک‌اسید در این لیپوزوم‌ها منجر به افزایش اثربخشی سنتز کلاژن نوع I توسط فیبروبلاست‌ها و بازسازی آسیب‌های ناشی از UVA در کراتینوسیت‌ها می‌شود. این فرمول هم‌چنین ثبات و اثربخشی آسکوربیک‌اسید را افزایش داد(۵۳). فرمولاسیون‌های مختلفی از لیپوزوم‌ها در کرم‌های ضدپیری وچروک وجود دارد. بسیاری از این محصولات تجاری سازی شده است و در بازار وجود دارد. اولین فرآورده لیپوزومی ضدپیری را درسال ۱۹۸۶ Christian Dior روانه بازار کرد(۵۴). سرم C-Vit Facial Serum خاصیت آبرسانی دارد و سنتز کلاژن را تقویت می‌کند، خاصیت ارتجاعی و استحکام پوست را افزایش می‌دهد و هم‌چنین سبب از بین رفتن چین وچروک‌های ریز پوست می‌شود. لوسیون صورت و گردن Clinicians Complex Liposome یک فرمول غنی و مرطوب‌کننده است که ازسیستم تحویل لیپوزوم برای رساندن ویتامین E، اسیدهیالورونیک، روغن آفتابگردان و آلانتوئین درعمق پوست استفاده می‌کند(۵۳). سایر محصولات در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

- ترانسفروزوم‌ها

ترانسفروزوم‌ها حامل‌های وزیکولی مبتنی بر چربی هستند که در مقایسه با وزیکول‌ها تک لایه، دولایه لیپیدی سفت و سخت (لیپوزوم) یا سورفکتانت غیریونی (نیوزوم) ، فوق‌العاده تغییر شکل‌پذیر هستند. اگرچه سازماندهی اولیه به طور کلی شبیه به لیپوزوم است، اما ترانسفرزوم با غشای مصنوعی نرم‌تر، تغییر شکل‌پذیری و قابل تنظیم بهتری که دارد، متفاوت است. ترانسفرزوم‌ها به دلیل تبخیر آب از طریق ایجاد شیب اسمزی به لایه شاخی یا از طریق داخل سلولی یا از طریق بین سلولی نفوذ می‌کنند. ترانسفروزوم ها از چهار عنصر کلیدی تشکیل شده‌اند: ۱) فسفولیپیدها (مانند فسفاتیدیل کولین)، ۲)یک فعال‌کننده سطح مانند (یک سورفاکتانت یا نمک صفراوی در محدوده ۱۰ تا ۲۵ درصد سدیم کولات، توین ۲۰ و ۸۰، اسپان ۶۰، دی پتاسیم گلیسیریزینات و ...)، ۳) اتانول در درصدهای کم، معمولاً زیر ۱۰ درصد) و ۴) آب(۶۱).

جدول شماره ۱: فرآورده‌های لیپوزومی ضدپیری موجود در بازار

نام تجاری	شرکت سازنده	ماده فعال کپسوله شده در لیپوزوم	رفرنس
Capture Totale	Christian Dior	-	(۵۶،۵۵،۲۳)
Rovisome ACE Plus	Rovi Cosmetics International GmbH	کوآنزیمQ10 ، ویتامین ها(A,C,E) و عصاره چای سبز	(۵۷)
Longevity-C Serum	Setare	ویتامین C	(۵۸)
C-Vit Liposomal Serum	Sesderma	ویتامین C	(۲۶)
Ageless Facelift Cream	I-Wen Naturals	کوآنزیمQ10	(۵۷)
Royal Jelly Lift Concentrate	Jafra Cosmetics	ژل رویال	(۵۹)
Liposome Concentrate	Russell Organics	عصاره ها و روغن های طبیعی (آلوئه باربادنسیس، رزا داماسینا)	(۲۳)
Liposome Face and Neck Lotion	Clinicians Complex	ویتامینE ، اسید هیالورونیک و روغن آفتابگردان	(۵۸)
Active Anti-Aging Face Cream	Perris Swiss Laboratory	توکوترینول	(۶۰)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-12-27]

طبق مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۶ توسط Avadhani و همکارانش انجام شد، ترانسفرزوم‌های حاوی EGCG و اسید هیالورونیک را تهیه و از نظر آماری بهینه‌سازی کردند. هدف از ساخت این فرمولاسیون‌ها، توانایی محافظت از اشعه ماوراء بنفش هر دو ترکیب و همچنین دریافت اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضد پیری بود. فرمول ترانسفرزومی بهینه EGCG و HA نفوذ پوستی و رسوب EGCGرا نسبت به آن‌چه با EGCG ساده مشاهده شد، به‌طور قابل توجهی نشان داد(۶۲).

کوآنزیم Q10 یک مولکول آلی طبیعی تولید شده است که به عنوان یک عامل آنتی اکسیدانی از جمله در ضدپیری پوست عمل می‌کند(۶۳). با این حال، سطح آن در بدن در طول افزایش سن کاهش می‌یابد. در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۲۲ توسط توسط Ayunin و همکارانش با هدف ارزیابی استفاده از یک امولژل پروترانسفرزومال برای بهبود تحویل پوست و پایداری CoQ10 انجام شد که حلالیت کم در آب، نفوذپذیری ضعیف و ناپایداری را نشان می‌دهد. علاوه بر این، استفاده موضعی ۲۴ ساعته آن نشان داد که هیچ بثورات پوستی در طول مطالعه مشاهده نشد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که پروترانسفرزوم‌های بارگذاری شده با امولژل، که به عنوان حامل CoQ10 استفاده می‌شوند، فعالیت ضد پیری را با تحریک پوستی پایین افزایش می‌دهند. پیشنهاد ادغام امولژل پروترانسفرزومال در لوازم آرایشی مستلزم مطالعات بیش‌تر به ویژه در مورد تست پذیرش در انسان و تست‌های پایداری برای زمان نگهداری طولانی‌تر است(۶۴).

- اتوزوم‌ها

اتوزوم‌ها وزیکول‌های لیپیدی با غلظت بالایی از اتانول هستند. اتانول آنها رابه حامل‌های کلوییدی نرم با ساختار تک‌لایه یا چندلایه متحدالمرکز دولایه فسفولیپیدی تبدیل می‌کند(۶۵). وزیکول‌های اتوزومی دارای اندازه ذرات کوچک‌تر از لیپوزوم‌های معمولی هستند و به‌علت وجود غلظت بالای اتانول در آن‌ها اندازه آن‌ها مستقل ازغلظت فسفولیپید است(۶۶). غلظت اتانولی بالاتر سبب افزایش نفوذپذیری به پوست می‌شود(۶۷).

رزمارینیک اسید (RA) ترکیبی گیاهی است که به عنوان آنتی اکسیدان سبب از بین رفتن رادیکال‌های آزاد می‌شود. در مطالعه انجام شده توسط Yücel و همکاران اثربخشی اتوزوم‌های بارگذاری شده با اسید رزمارینیک بر روی پوست ارزیابی شد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی و اثرات مهاری فرمولاسیون بر روی آنزیم‌های کلاژناز و الاستاز اندازه‌گیری شد و نتایج نشان داده است که محصور کردن رزمارینیک اسید توسط اتوزوم‌ها فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ضدکلاژناز و ضدالاستاز دارد و سبب محافظت از پوست در برابررادیکال های آزاد و کاهش چین و چروک‌های پوست می‌شوند(۴۸).

در یک مطالعه که توسط Sguizzato و همکارانش درسال ۲۰۲۰ انجام گرفت، تولید، شناسایی و محافظت پوستی اتوزوم‌های مبتنی بر فسفاتیدیل کولین به‌عنوان سیستم‌های تحویل از راه پوست برای کوآنزیم Q10 بررسی شد و نتایج مطالعات نشان داد که می‌توان با بارگذاری کوآنزیم Q10 در اتوزومها، در فیبروبلاست‌ها و در اپیدرم بازسازی شده انسان، یک اثر محافظتی پایدار در برابر استرس اکسیداتیو اعمال کرد(۶۸).

- نیوزوم‌ها

نیوزوم‌ها ساختارهای وزیکولی کلوییدی در ابعاد نانو هستند که از خودآرایی سورفکتانت‌های غیریونی در یک محیط آبی تشکیل می‌شوند(۶۹،۶۶). سورفکتانت‌ها با اصلاح آرایش ساختار سبب افزایش نفوذپذیری آن‌ها می‌شود(۷۰). نیوزوم‌ها زیست تخریب‌پذیر و پایدار هستند(۷۱). اولین فرمولاسیون حاوی نیوزوم در سال ۱۹۷۰ توسط برند L'Oreal ساخته شد. امروزه برخی از محصولات آرایشی و دارویی با نیوزوم‌ها در بازار وجود دارد، مانند کرم‌های ضد چروک، سفید کننده‌های پوست، کرم‌های مرطوب کننده، شامپوهای ترمیم‌کننده مو و نرم کننده‌ها(۷۲).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-12-27]

ترکیب پلی‌فنلی الاژیک‌اسید (EA) استخراج شده از انار دارای قابلیت زیست فعالی در برابر انواع مختلف بیماری‌های مزمن است. پیری پوست یک فرآیند فیزیولوژیکی طولانی‌مدت است که توسط عوامل محیطی زیادی ایجاد می‌شود که مهمترین آن‌ها قرار گرفتن در معرض اشعه ماوراء بنفش خورشید (UV) است. مطالعه‌ای توسط Mohamad و همکاران در سال ۲۰۲۳ با هدف ارزیابی اثرات محافظت از نور EA بر روی رده سلولی فیبروبلاست پوست انسان HFB4 و بررسی ظرفیت آن برای محافظت از کلاژن در برابر زوال ناشی از UV انجام شد. یافته‌ها نشان داد که نیوزوم‌های پوشیده‌شده با کیتوزان با EA بقای سلولی را بهبود می‌بخشند، ژن‌های Col1A1، TERT و Timp3 را تنظیم می‌کنند و MMP3 را کاهش می‌دهند. بنابراین، نانوذرات حاوی EA آنتی اکسیدان‌های قوی هستند که می‌توانند سطوح کلاژن را حفظ کرده و روند پیری را در پوست انسان کند کنند(۷۳).

مورین یکی از اعضای خانواده فلاونول‌ها، به طور گسترده در پیاز، موروس و جلبک‌دریایی وجود دارد. در مطالعات قبلی نشان داده شده است که مورین بیان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهد و هم‌چنین به فعالیت مهاری تیروزیناز واکنش نشان داد. در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۲۲ توسط محمدی و همکارانش با هدف توسعه و بهینه‌سازی نیوزوم‌های مورین متشکل از سورفکتانت‌های غیریونی و ارزیابی محافظت در برابر اشعه ماوراء بنفش و اثر ضد پیری در شرایط آزمایشگاهی انجام شد، نشان داده شده است که نیوزوم حاوی مورین محافظت در برابر نور خورشید و اثرات ضد پیری را ارائه می‌دهد و نشان می‌دهد که می‌توان از آن در محصولات دارویی و آرایشی استفاده کرد(۷۴). برخی از محصولات ضد پیری با استفاده از فناوری نانوحامل‌ها در جدول شماره ۲ فهرست شده‌است که چشم‌انداز کاربرد گسترده فناوری نانوحامل را در زمینه لوازم آرایشی و بهداشتی نشان می‌دهد(۷۶،۷۵). پوست گسترده‌ترین عضوی است که تمام سطح بدن را می‌پوشاند. صنعت لوازم آرایشی در سال‌های اخیر به عنوان بازاری که پتانسیل رشد بسیار بالایی دارد، رونق گرفته است. تعداد زیادی از مواد در مقیاس نانو در حال حاضر در فرمول‌بندی‌های لوازم آرایشی استفاده می‌شوند یا برای استفاده در آینده به‌عنوان سیستم‌های نانو یا نانوحامل‌های جدید برای محصور کردن مواد فعال برای انتقال کارآمد از طریق موانع پوستی توصیه می‌شوند. نانوحامل‌های لیپیدی، سیستم‌های حامل بسیار خوبی برای کاربردهای موضعی هستند. تهیه این سیستم‌های حامل حاوی فرمولاسیون موضعی در آزمایشگاه و هم‌چنین در مقیاس وسیع امکان‌پذیر است. با استفاده ازنانوحامل‌های لیپیدی، می‌توان بر برخی محدودیت‌ها مانند نفوذ کم، حلالیت، پایداری، مدت اثر و عوارض جانبی یا هزینه‌های زیاد غلبه کرد و برخی ویژگی‌های دیگر را بهبود داد. در آینده نزدیک، انتظار می‌رود که طیف گسترده‌ای از محصولات حاوی نانوحامل‌های مختلف در بازار لوازم آرایشی و بهداشتی موجود باشد.

- آینده محصولات حاوی نانوحامل‌های لیپیدی در محصولات ضدچروک و پیری پوست

فناوری نانوحامل‌های لیپیدی در کپسوله کردن ترکیبات فعال، پتانسیل بالایی در محصولات ضدپیری و ضدچروک دارد. آن‌ها می‌توانند مواد فعال را به لایه‌ها یا سلول‌های مورد نظر در پوست هدف‌گیری کنند و عملکرد آن‌ها را به حداکثر برسانند. کپسوله‌سازی از تخریب مواد حساس ضدپیری جلوگیری کرده و پایداری و کارایی آن‌ها را تضمین می‌کند.

این محصولات قابلیت ارائه فرمولاسیون‌هایی را دارند که به طور خاص برای مقابله با مشکلات پیری پوستی طراحی شده و ممکن است ترکیبات مختلفی از آنتی اکسیدان‌ها، هیدراته کننده‌ها و مواد تحریک کننده کلاژن را در خود جای دهند.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-12-27]

جدول شماره ۲: نانوحامل‌های مورد استفاده در محصولات ضدپیری

نانوحامل	نام تجاری	شرکت سازنده	ماده فعال	رفرنس
نانوامولسیون	Skin Caviar	La Prairie	ویتامین C خالص	(۷۷،۵۵)
	Vital Nanoemulsions A-VC	Marie Louise	ویتامین C و A	
انوکپسول	Bioperformance Crème Super Régénérante Absolue	Lancôme	گامالینولئیک اسید	(۷۹،۷۸،۵۹)
	Collagen Stimulator Factor MAP®	Cosmetochem	ویتامین سی	
	Plentitude Revitalift	L'Oréal	رتینول	
نانوحامل‌های معدنی	Nano Gold Anti-Aging Lifting Serum	Nuvoderm	پودر طلا، عصاره های گیاهی (دانه قهوه عربیکا)، آلوئه باربادنسیس، دانه کدو تنبل، ویتامین ها(A و C و E) ،هیالورونیک اسید	(۸۰،۷۹،۵۷،۲۳)
	Nano Gold Energizing: Cream/Eye Serum	Chantecaille	طلا ۲۴ و ابریشم به هم چسبیده، عصاره سلول ها بنیادی گیاهی	
	Nano Gold 24 Hour Cream	Joyona International Marketing	میکروپروتئین های ابریشم و نانو ذرات طلا	
	Renergie: lift makeup/microlift eye	Lancome	ویتامین E - SiO2	
نانوذرات لیپیدی	Cutanova Nano Repair Q10 Cream	Dr. Rimpler GmbH	کوآنزیم Q10، روغن شاهدانه وماکادمیا، عصاره ادلویس	(۸۳-۸۱)
	Iope Supervital Extra Moist: Softener	Amore Pacific	اسیدهای چرب غیراشباع، امگا ۳ و امگا ۶	
	Regenerations Creme Intensiv	Scholl	روغن دانه ماکادمیا ترنیفولیا، روغن آووکادو، اوره و روغن دانه توت سیاه	
	NanoLipid Q10 CLR	Chemisches Laboratorium (Dr. Richter)	روغن دانه توت سیاه	
نیوزوم	Niosome + Perfected Age Treatment	Lancome	پپتید با هیالورونیک اسید و نیاسینامید	(۵۹،۲۳)
	Antiage Response Cream	Simply Man Match	روغن هسته انار، عصاره مخمر غلیظ و ترکیبی از ریبونوکلئوزیدهای مونوفسفات	

از طرفی مطالعات کمی در زمینه سمیت و ایمنی این نانوحامل‌ها در پوست، میزان پایداری آن‌ها و مکانیسم اثر آن‌ها انجام شده است. نانوحامل‌ها به تنهایی محصول آرایشی بهداشتی نیستند بلکه باید به‌صورت یک دوز مناسب برای استفاده درآیند، که در این حین ممکن است دستخوش تغییراتی از قبیل تغییر در میزان حلالیت، تغییر میزان پایداری و تغییر در اندازه شوند و مشکلاتی را برای پوست ایجاد کنند. با این حال محصولات آرایشی- بهداشتی مبتنی برنانوحامل‌های لیپیدی بستری جدید را برای دارورسانی به پوست ایجاد کرده است و به سرعت درجهان در حال گسترش است. علاوه بر این، آزمایش‌های بالینی دقیقی در مورد مواد آرایشی باید انجام شود. مقررات سختگیرانه‌ای باید در مورد ساخت، ذخیره‌سازی، واردات و بازاریابی مواد آرایشی و نانوذرات گنجانده شده در آن اعمال شود. هم‌چنین، آگاهی در میان مصرف‌کنندگان نیز می‌تواند با ایجاد امکان انتخاب آگاهانه محصولات به بهبود این وضعیت کمک کند.

سپاسگزاری

این مطالعه حاصل طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه علوم پزشکی مازندران با کد ۱۳۸۱۵ می‌باشد.

References

1. Tiwari N, Osorio- Blanco ER, Sonzogni A, Esporrín-Ubieto D, Wang H, Calderón M. Nanocarriers for skin applications: where do we stand? Angewandte Chemie International Edition 2022; 61(3): e202107960.
2. Lopez-Ojeda W, Pandey A, Alhajj M, Oakley AM. Anatomy, skin (integument). StatPearls [Internet]: StatPearls Publishing; 2022.
3. Abdo JM, Sopko NA, Milner SM. The applied anatomy of human skin: A model for regeneration. Wound Medicine 2020; 28:100179.
4. Bi Y, Xia H, Li L, Lee RJ, Xie J, Liu Z, et al. Liposomal vitamin D3 as an anti-aging agent for the skin. Pharmaceutics 2019; 11(7): 311.
5. Ahmed IA, Mikail MA, Zamakshshari N, Abdullah A-SH. Natural anti-aging skincare: role and potential. Biogerontology 2020; 21(3): 293-310.
6. Hollmerus S, Yousaf S, Islam Y, Khan I. Isoflavones-Based Liposome Formulations as

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-12-27]

Anti-Aging for Skincare. Novel Approaches in Drug Designing & Development 2018; 3(3).
7. Tobin DJ. Introduction to skin aging. J Tissue Viability 2017; 26(1): 37-46.
8. Zhang S, Duan E. Fighting against skin aging: the way from bench to bedside. Cell Transplant 2018; 27(5): 729-738.
9. Bolzinger M-A, Briançon S, Pelletier J, Chevalier Y. Penetration of drugs through skin, a complex rate-controlling membrane. Current opinion in colloid & interface science 2012; 17(3): 156-165.
10. Aziz ZAA, Mohd-Nasir H, Ahmad A, Mohd. Setapar SH, Peng WL, Chuo SC, et al. Role of nanotechnology for design and development of cosmeceutical: application in makeup and skin care. Front Chem 2019; 7: 739.
11. Gupta V, Mohapatra S, Mishra H, Farooq U, Kumar K, Ansari MJ, et al. Nanotechnology in cosmetics and cosmeceuticals—a review of latest advancements. Gels 2022; 8(3): 173.
12. Effiong DE, Uwah TO, Jumbo EU, Akpabio AE. Nanotechnology in cosmetics: basics, current trends and safety concerns—A review. Advances in nanoparticles 2019; 9(1): 1-22.
13. Souto EB, Fernandes AR, Martins-Gomes C, Coutinho TE, Durazzo A, Lucarini M, et al. Nanomaterials for skin delivery of cosmeceuticals and pharmaceuticals. Appl Sci 2020; 10(5): 1594.
14. Is it a of Cosmetics, a drug, or both?(Or is it soap?). Plast Surg Nurs 2008; 28(4): 195-197.
15. Gautam A, Singh D, Vijayaraghavan R. Dermal exposure of nanoparticles: an understanding. Journal of Cell and Tissue Research 2011; 11(1): 2703-2708.
16. Ahmad U, Ahmad Z, Khan AA, Akhtar J, Singh SP, Ahmad FJ. Strategies in development and delivery of nanotechnology based cosmetic products. Drug ReS 2018; 68(10): 545-552.
17. Kligman AM. Cosmetics: a dermatologist looks to the future: promises and problems. Dermatol Clin 2000; 18(4): 699-709.
18. Ahsan H. The biomolecules of beauty: Biochemical pharmacology and immunotoxicology of cosmeceuticals. J Immunoassay Immunochem 2019; 40(1): 91-108.
19. Ruocco N, Costantini S, Guariniello S, Costantini M. Polysaccharides from the marine environment with pharmacological, cosmeceutical and nutraceutical potential. Molecules 2016; 21(5): 551.
20. Fytianos G, Rahdar A, Kyzas GZ. Nanomaterials in cosmetics: Recent updates. Nanomaterials 2020; 10(5): 979.
21. Paudel KS, Milewski M, Swadley CL, Brogden NK, Ghosh P, Stinchcomb AL. Challenges and opportunities in dermal/ transdermal delivery. Ther Deliv 2010; 1(1): 109-131.
22. Akhtari J, Faridnia R, Kalani H, Bastani R, Fakhar M, Rezvan H, et al. Potent in vitro antileishmanial activity of a nanoformulation of cisplatin with carbon nanotubes against Leishmania major. J Global Antimicrob Resist 2019; 16: 11-16.
23. Kaul S, Gulati N, Verma D, Mukherjee S, Nagaich U. Role of nanotechnology in cosmeceuticals: a review of recent advances. J Pharm 2018; 2018: 3420204.
24. Singh R, Tiwari S, Tawaniya J. Review on nanotechnology with several aspects. Int J Res Comput Eng Electron 2013; 2(3): 1-8.
25. Asfaram S, Fakhar M, Keighobadi M, Akhtari J. Promising anti-protozoan activities of propolis (bee glue) as natural product: A review. Acta Parasitol 2021; 66(1): 1-12.
26. Santos AC, Morais F, Simões A, Pereira I, Sequeira JA, Pereira-Silva M, et al.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-12-27]

Nanotechnology for the development of new cosmetic formulations. Expert Opin Drug Deliv 2019; 16(4): 313-330.

27. Chariou PL, Ortega-Rivera OA, Steinmetz NF. Nanocarriers for the Delivery of Medical, Veterinary, and Agricultural Active Ingredients. ACS Nano 2020; 14(3): 2678-2701.
28. Bilal M, Iqbal HM. New insights on unique features and role of nanostructured materials in cosmetics. Cosmetics 2020; 7(2): 24.
29. Scicluna MC, Vella-Zarb L. Evolution of nanocarrier drug-delivery systems and recent advancements in covalent organic framework–drug systems. ACS Applied Nano Materials 2020; 3(4): 3097-3115.
30. Asadi P,Mehravaran A, Soltanloo N, Abastabar M, Akhtari J. Nanoliposome-loaded antifungal drugs for dermal administration: A review. Current Medical Mycology 2021; 7(1): 71-78.
31. Yuan L, Pan M, Shi K, Hu D, Li Y, Chen Y, et al. Nanocarriers for promoting skin delivery of therapeutic agents. Applied Materials Today 2022; 27: 101438.
32. Pandey S, Shaikh F, Gupta A, Tripathi P, Yadav JS. A Recent Update: Solid Lipid Nanoparticles for Effective Drug Delivery. Adv Pharm Bull 2022; 12(1): 17-33.
33. Bayón-Cordero L, Alkorta I, Arana L. Application of solid lipid nanoparticles to improve the efficiency of anticancer drugs. Nanomaterials 2019; 9(3): 474.
34. Pardeike J, Hommoss A, Müller RH. Lipid nanoparticles (SLN, NLC) in cosmetic and pharmaceutical dermal products. Int J Pharm 2009; 366(1-2): 170-184.
35. Plyduang T, Atipairin A, Sae Yoon A, Sermkaew N, Sakdiset P, Sawatdee S. Formula Development of Red Palm (Elaeis guineensis) Fruit Extract Loaded with Solid Lipid Nanoparticles Containing Creams and Its Anti-Aging Efficacy in Healthy Volunteers. Cosmetics 2022; 9(1): 3.
36. Chen J, Wei N, Lopez-Garcia M, Ambrose D, Lee J, Annelin C, et al. Development and evaluation of resveratrol, Vitamin E, and epigallocatechin gallate loaded lipid nanoparticles for skin care applications. Eur J Pharm Biopharm 2017; 117: 286-291.
37. Sala M, Diab R, Elaissari A, Fessi H. Lipid nanocarriers as skin drug delivery systems: Properties, mechanisms of skin interactions and medical applications. Int J Pharm 2018; 535(1-2): 1-17.
38. Gulati S, Kumar S, Wadhwa R, Lamba S, Batra K. Nanocosmeceuticals: Novel and Advanced Self-Care Materials. Handbook of Consumer Nanoproducts 2021: 1-26.
39. Fakhravar Z, Ebrahimnejad P, Daraee H, Akbarzadeh A. Nanoliposomes: Synthesis methods and applications in cosmetics. Journal of Cosmetic and Laser Therapy 2016; 18(3): 174-181.
40. Assadpour S, Shiran MR, Akhtari J. Chitosan coating of anionic liposomes containing sumatriptan succinate: a candidate for nasal administration. Nanomed J 2021; 8(2): 132-139.
41. Liu P, Chen G, Zhang J. A review of liposomes as a drug delivery system: current status of approved products, regulatory environments, and future perspectives. Molecules 2022; 27(4): 1372.
42. Abbasi H, Kouchak M, Mirveis Z, Hajipour F, Khodarahmi M, Rahbar N, et al. What We Need to Know about Liposomes as Drug Nanocarriers: An Updated Review. Adv Pharm Bull 2023; 13(1): 7-23.
43. Nsairat H, Khater D, Sayed U, Odeh F, Al Bawab A, Alshaer W. Liposomes: Structure, composition, types, and clinical applications. Heliyon 2022; 8(5): e09394.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-12-27]

44. Andra VVSNL, Pammi S, Bhatraju LVKP, Ruddaraju LK. A comprehensive review on novel liposomal methodologies, commercial formulations, clinical trials and patents. Bionanoscience 2022; 12(1): 274-291.
45. Mehravaran A, Nasab MR, Mirahmadi H, Sharifi I, Alijani E, Nikpoor AR, et al. Immunogenicity and protection effects of cationic liposome containing imiquimod adjuvant on leishmaniasis in BALB/c mice. Iran J Basic Med Sci 2019; 22(8): 922-931.
46. Zhou H, Luo D, Chen D, Tan X, Bai X, Liu Z, et al. Current Advances of Nanocarrier Technology-Based Active Cosmetic Ingredients for Beauty Applications. Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology 2021; 14: 867-887.
47. Desai J, Mallya R. Development of green coffee beans extract loaded anti-aging liposomal gel. Indian J Pharm Educ Res 2021; 55(4): 979-988.
48. Yücel Ç, Şeker Karatoprak G, Değim İT. Anti-aging formulation of rosmarinic acid-loaded ethosomes and liposomes. Journal of Microencapsulation 2019; 36(2): 180-191.
49. Han F, Luo D, Qu W, Chen D, Hong Y, Sheng J, et al. Nanoliposomes codelivering bioactive peptides produce enhanced anti-aging effect in human skin. Journal of Drug Delivery Science and Technology 2020; 57: 101693.
50. Tran HM, Yang CY, Wu TH, Yen FL. Liposomes Encapsulating Morin: Investigation of Physicochemical Properties, Dermal Absorption Improvement and Anti-Aging Activity in PM-Induced Keratinocytes. Antioxidants 2022; 11(6): 1183.
51. Chen W, Zou M, Ma X, Lv R, Ding T, Liu D. Co-encapsulation of EGCG and quercetin in liposomes for optimum antioxidant activity. Journal of Food Science 2019; 84(1): 111-120.
52. Dag D, Oztop MH. Formation and characterization of green tea extract loaded liposomes. Journal of Food Science 2017; 82(2): 463-470.
53. Maione-Silva L, de Castro EG, Nascimento TL, Cintra ER, Moreira LC, Cintra BAS, et al. Ascorbic acid encapsulated into negatively charged liposomes exhibits increased skin permeation, retention and enhances collagen synthesis by fibroblasts. Scientific Reports 2019; 9(1): 522.
54. Che Marzuki NH, Wahab RA, Abdul Hamid M. An overview of nanoemulsion: concepts of development and cosmeceutical applications. Biotechnology & Biotechnological Equipment 2019; 33(1): 779-797.
55. Dhapte-Pawar V, Kadam S, Saptarsi S, Kenjale PP. Nanocosmeceuticals: Facets and aspects. Future Science OA 2020; 6(10): FSO613.
56. Dobke M, Hauch A. Targeting facial aging with nano and regenerative technologies and procedures. Plast Aesthet Res 2020; 7: 1.
57. Talegaonkar S, Rai M. Nanoformulations in human health: Springer; 2020.
58. Ferraris C, Rimicci C, Garelli S, Ugazio E, Battaglia L. Nanosystems in cosmetic products: A brief overview of functional, market, regulatory and safety concerns. Pharmaceutics 2021; 13(9): 1408.
59. Zhou H, Luo D, Chen D, Tan X, Bai X, Liu Z, et al. Current advances of nanocarrier technology-based active cosmetic ingredients for beauty applications. Clin Cosmet Investig Dermatol 2021; 14: 867-887.
60. Salvioni L, Morelli L, Ochoa E, Labra M, Fiandra L, Palugan L, et al. The emerging role of nanotechnology in skincare. Adv Colloid Interface Sci 2021; 293: 102437.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-12-27]

61. Sapkota R, Dash AK. Liposomes and transferosomes: A breakthrough in topical and transdermal delivery. Ther Deliv 2021; 12(2): 145-158.
62. Avadhani KS, Manikkath J, Tiwari M, Chandrasekhar M, Godavarthi A, Vidya SM, et al. Skin delivery of epigallocatechin-3-gallate (EGCG) and hyaluronic acid loaded nano-transfersomes for antioxidant and anti-aging effects in UV radiation induced skin damage. Drug Deliv 2017; 24(1): 61-74.
63. Ayunin Q, Miatmoko A, Soeratri W, Erawati T, Susanto J, Legowo D. Improving the anti-ageing activity of coenzyme Q10 through protransfersome-loaded emulgel. Sci Rep 2022; 12(1): 906.
64. Ayunin Q, Miatmoko A, Soeratri W, Erawati T, Susanto J, Legowo D. Improving the anti-ageing activity of coenzyme Q10 through protransfersome-loaded emulgel. Scientific Reports 2022; 12(1): 906.
65. Verma P, Pathak K. Therapeutic and cosmeceutical potential of ethosomes: An overview. J Adv Pharm Technol Res 2010; 1(3): 274-282.
66. Zeb A, Arif ST, Malik M, Shah FA, Din FU, Qureshi OS, et al. Potential of nanoparticulate carriers for improved drug delivery via skin. Journal of Pharmaceutical Investigation 2019; 49(5): 485-517.
67. Aggarwal D, Nautiyal U. Ethosomes: A review. Int J Pharm Med Res 2016; 4(4): 354-363.
68. Sguizzato M, Mariani P, Spinozzi F, Benedusi M, Cervellati F, Cortesi R, et al. Ethosomes for coenzyme Q10 cutaneous administration: From design to 3D skin tissue evaluation. Antioxidants 2020; 9(6): 485.
69. Kazi KM, Mandal AS, Biswas N, Guha A, Chatterjee S, Behera M, et al. Niosome: A future of targeted drug delivery systems. J Adv Pharm Technol Res. 2010;1(4):374-80.
70. Ramanunny AK, Wadhwa S, Gulati M, Singh SK, Kapoor B, Dureja H, et al. Nanocarriers for treatment of dermatological diseases: Principle, perspective and practices. Eur J Pharmacol 2021; 890: 173691.
71. Hameed A, Fatima GR, Malik K, Muqadas A, Fazal-ur-Rehman M. Scope of nanotechnology in cosmetics: dermatology and skin care products. Journal of Medicinal and Chemical Sciences 2019; 2(1): 9-16.
72. Mawazi SM, Ann TJ, Widodo RT. Application of niosomes in cosmetics: a systematic review. Cosmetics 2022; 9(6): 127.
73. Abd-Elghany AA, Mohamad EA. Chitosan-Coated Niosomes Loaded with Ellagic Acid Present Antiaging Activity in a Skin Cell Line. ACS Omega 2023; 8(19): 16620-16629.
74. Mohamadi N, Soltanian S, Raeiszadeh M, Moeinzadeh M, Ohadi M, Sharifi F, et al. Characteristics and in vitro anti skin aging activity and UV radiation protection of morin loaded in niosomes. J Cosmetic Dermatol 2022; 21(11): 6326-6335.
75. Starzyk E, Frydrych A, Solyga A. Nanotechnology: does it have a future in cosmetics? SÖFW-Journal 2008; 134(6): 46-57.
76. Dahiya A, Romano J. Cosmeceuticals: a review of their use for aging and photoaged skin. Cosmetic Dermatology 2006; 19(7): 479-484.
77. Sonawane RO, Deshmukh AS, Mangrule UE, Shinde SA, Mahajan HS. Nanotechnology as a marketing future. World J Pharm Res 2020; 9(6): 889-903.
78. Nafisi S, Maibach H. Nanotechnology in cosmetics. Cosmetic Science and Technology 2017; 337-369.
79. Raj S, Jose S, Sumod U, Sabitha M. Nanotechnology in cosmetics: Opportunities

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-12-27]

and challenges. J Pharm Bioallied Sci 2012; 4(3): 186-193.

80. Lohani A, Verma A, Joshi H, Yadav N, Karki N. Nanotechnology-based cosmeceuticals. ISRN Dermatol 2014; 843687.
81. Chauhan A, Chauhan C. Emerging trends of nanotechnology in beauty solutions: A review. Materials Today: Proceedings. 2023; 81(1): 1052-1059.
82. Battaglia L, Ugazio E. Lipid nano-and microparticles: an overview of patent-related research. Journal of Nanomaterials 2019; 2019(2): 1-22.
83. Montenegro L. Lipid-based nanoparticles as carriers for dermal delivery of antioxidants. Curr Drug Metab 2017; 18(5): 469-480.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2024-12-27]