نانوفناوری در شیمی، داروسازی، محیط زیست و صنایع غذایی

محمد اصغریان[۱]، آریانا میرخلف زاده[۲]، طراوت اوسطی[۳]، محمدرضا عارف نعمتی[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی شیمی کاربردی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات mohasgharian83@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی شیمی کاربردی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

۳- دانشجوی کارشناسی شیمی کاربردی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

۴- دانشجوی کارشناسی شیمی کاربردی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

خلاصه

نانوفناوری با قابلیت‌های منحصر به فرد خود، تحولی شگرف در حوزه‌های مختلف علمی و صنعتی ایجاد کرده است. در شیمی، این فناوری به بهبود واکنش‌های شیمیایی و سنتز مواد جدید کمک می‌کند. در داروسازی، نانوذرات به عنوان حامل‌های دارویی عمل کرده و اثر بخشی درمان‌ها را افزایش می‌دهند. در محیط زیست، نانوفناوری به حذف آلاینده‌ها و بهینه‌سازی فرآیندهای تصفیه آب و خاک کمک می‌کند. همچنین در صنایع غذایی، این فناوری بهبود کیفیت و ایمنی محصولات غذایی را تسهیل کرده و به حفظ ارزش‌های تغذیه‌ای آنها کمک می‌کند. به طور کلی، نانوفناوری به عنوان یک ابزار چندمنظوره، پتانسیل بالایی در حل چالش‌های معاصر در این حوزه‌ها دارد.

کلمات کلیدی: نانوفناوری، شیمی، داروسازی، محیط زیست، صنایع غذایی

۱. مقدمه

نانوفناوری به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین و نوآورانه‌ترین حوزه‌های علمی در دهه‌های اخیر، به طور گسترده‌ای در صنایع مختلف به کار گرفته شده است. این فناوری به مطالعه و مهندسی مواد در مقیاس نانو(یک نانومتر معادل یک میلیاردیم متر) می‌پردازد و به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد مواد در این مقیاس، توانسته است تحولات چشمگیری در زمینه‌های شیمی، داروسازی، محیط زیست و صنایع غذایی ایجاد کند.

در زمینه شیمی، نانوفناوری با ایجاد نانوذرات و نانومواد، امکان طراحی و سنتز موادی با خواص خاص و عملکرد بهینه را فراهم کرده است. این مواد می‌توانند به عنوان کاتالیزورهای موثر در واکنش‌های شیمیایی عمل کنند و سرعت و کارایی این واکنش‌ها را افزایش دهند. به علاوه، نانوفناوری امکان تولید مواد با ساختارهای پیچیده و کنترل‌شده را فراهم می‌آورد که می‌تواند به بهبود عملکرد محصولات شیمیایی منجر شود. تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که نانوذرات می‌توانند در تسریع واکنش‌های شیمیایی و کاهش مصرف انرژی نقش مهمی ایفا کنند.

در حوزه داروسازی، نانوفناوری به عنوان یک ابزار کلیدی در توسعه داروهای هدفمند و سیستم‌های تحویل دارو شناخته می‌شود. نانوذرات می‌توانند به عنوان حامل‌های دارویی عمل کرده و داروها را به طور مستقیم به محل هدف در بدن منتقل کنند که این امر به کاهش عوارض جانبی و افزایش اثربخشی درمان کمک می‌کند. همچنین، نانوفناوری در تولید واکسن‌ها و مواد بیولوژیکی نیز نقش حیاتی دارد و به توسعه درمان‌های نوین برای بیماری‌های مزمن و کشنده کمک می‌کند. به عنوان مثال، تحقیقات اخیر در زمینه نانوذرات مبتنی بر لیپید نشان داده‌اند که می‌توانند به عنوان واکسن‌های نوین برای مقابله با بیماری‌های عفونی عمل کنند.

محیط زیست یکی دیگر از حوزه‌هایی است که نانوفناوری می‌تواند به بهبود شرایط آن کمک کند. نانوذرات می‌توانند به عنوان ابزارهای مؤثر در حذف آلاینده‌ها از آب و خاک عمل کنند. به عنوان مثال، نانوفناوری می‌تواند در تصفیه آب‌های آلوده به فلزات سنگین و مواد شیمیایی خطرناک به کار گرفته شود و به کاهش آلودگی محیط زیست کمک کند. همچنین، این فناوری می‌تواند به بهینه‌سازی فرآیندهای بازیافت و مدیریت پسماندها منجر شود و به حفظ منابع طبیعی کمک نماید.

در نهایت، صنایع غذایی نیز از مزایای نانوفناوری بهره‌مند شده‌اند. این فناوری می‌تواند به بهبود کیفیت و ایمنی محصولات غذایی کمک کند و به حفظ ارزش‌های تغذیه‌ای آنها کمک نماید. نانومولسیون‌ها و نانوذرات می‌توانند به عنوان مواد نگهدارنده و بسته‌بندی‌های هوشمند عمل کنند که به افزایش ماندگاری و کیفیت غذاها کمک می‌کند. همچنین، استفاده از نانوفناوری در فرآوری مواد غذایی می‌تواند به بهبود طعم و ارزش تغذیه‌ای محصولات منجر شود.

در مجموع، نانوفناوری با توانمندی‌های گسترده خود، به عنوان یک راهکار نوین و چندمنظوره در حل چالش‌های معاصر در زمینه‌های شیمی، داروسازی، محیط زیست و صنایع غذایی شناخته می‌شود و پتانسیل بالایی برای بهبود کیفیت زندگی و حفظ سلامتی انسان‌ها و محیط زیست دارد. این فناوری نه تنها به عنوان یک ابزار نوین، بلکه به عنوان یک جاده‌نما برای دستیابی به توسعه پایدار و بهبود شرایط زندگی در جوامع مختلف به شمار می‌آید. به همین دلیل، توجه به تحقیق و توسعه در این حوزه، برای رسیدن به دستاوردهای جدید و پایدار ضروری است.

۲. پیشینه تحقیق

تأسیس نانوتکنولوژی به عنوان یک حوزه علمی مشخص و مستقل، به اواسط قرن بیستم و به ویژه سال‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ مربوط می‌شود. در سال ۱۹۵۹، ریچارد فاینمن، فیزیک‌دان مشهور، در سخنرانی خود در انجمن فیزیک آمریکا به مسأله دستکاری مواد در مقیاس اتمی اشاره کرد. او با طرح این سؤال که "چرا نمی‌توانیم به ساختن چیزها در مقیاس اتمی بپردازیم؟" پایه‌گذار علم نانو شد. در دهه ۱۹۷۰، با پیشرفت تکنولوژی‌های میکروسکوپی، دانشمندان موفق به مشاهده و بررسی ساختارهای نانومتری شدند. میکروسکوپ‌های الکترونی امکان مشاهده مواد در مقیاس نانو را فراهم کردند. در این دوره، دانشمندان متوجه شدند که خواص فیزیکی و شیمیایی مواد در مقیاس نانو به طرز قابل توجهی متفاوت از خواص آن‌ها در مقیاس‌های بزرگ‌تر است. در دهه ۱۹۸۰، نانوتکنولوژی به عنوان یک حوزه علمی مستقل شناخته شد. در این دوره، تحقیقات گسترده‌تری در زمینه سنتز و کاربرد نانومواد آغاز شد. در سال ۱۹۸۱، میکروسکوپ نیروی اتمی و میکروسکوپ تونلی به عنوان ابزارهای کلیدی برای مطالعه نانوساختارها معرفی شدند. این ابزارها به دانشمندان اجازه دادند تا نانومواد را با دقت بسیار بالا مشاهده و دستکاری کنند.

نانوفناوری به عنوان یک علم بین رشته‌ای، از اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی به طور جدی مورد توجه قرار گرفت و به سرعت به یکی از حوزه‌های پژوهشی پیشرو در علوم مختلف تبدیل شد. این فناوری به دلیل توانایی در طراحی و تولید مواد در مقیاس نانو و همچنین تغییر خواص فیزیکی و شیمیایی آنها، قابلیت‌های بالقوه‌ای در زمینه‌های متنوعی چون شیمی، داروسازی، محیط زیست و صنایع غذایی ارائه می‌دهد.

در حوزه شیمی، تحقیقات اولیه بر روی نانوذرات و نانومواد متمرکز بود. پژوهشگران با استفاده از روش‌های نوین سنتز، موفق به تولید نانوذرات با اندازه‌ها و خواص خاص شدند که می‌توانستند به عنوان کاتالیزورهای موثر در واکنش‌های شیمیایی عمل کنند. به عنوان مثال، مطالعه‌ای که در سال ۱۹۹۹ توسط دکتر هارولد کروتو انجام شد، نشان‌دهنده توانایی نانوذرات کربنی در تسریع واکنش‌های شیمیایی بود و به شکل‌گیری نانوتکنولوژی کربنی منجر شد.

در زمینه داروسازی، نانوفناوری به طور خاص در دهه ۲۰۰۰ به عنوان یک ابزار نوین برای توسعه سیستم‌های تحویل دارو مورد توجه قرار گرفت. تحقیقات نشان داد که نانوذرات می‌توانند به عنوان حامل‌های دارویی عمل کرده و داروها را به طور هدفمند به بافت‌های خاصی در بدن منتقل کنند. به عنوان نمونه، پژوهش‌های انجام شده توسط دکتر آنتونی فریزر در سال ۲۰۰۵ نشان داد که نانوذرات می‌توانند به طور مؤثری داروها را به تومورهای سرطانی منتقل کنند و این امر به توسعه درمان‌های هدفمند و کاهش عوارض جانبی منجر شد.

در حوزه محیط زیست، مطالعات متعددی نشان داده‌اند که نانوفناوری می‌تواند به عنوان ابزاری کارآمد در حذف آلاینده‌ها از آب و خاک عمل کند. به عنوان مثال، تحقیقاتی که در سال ۲۰۱۰ توسط گروهی از محققان در دانشگاه کالیفرنیا انجام شد، نشان داد که نانوذرات آهن می‌توانند به طور مؤثری آلاینده‌های آلی و فلزات سنگین را از آب‌های آلوده حذف کنند. این نتایج نشان‌دهنده پتانسیل نانوفناوری در بهبود کیفیت آب و خاک و حفظ محیط زیست بودند.

در صنایع غذایی، نانوفناوری به عنوان یک ابزار نوین برای بهبود کیفیت و ایمنی محصولات غذایی شناخته شده است. تحقیقات نشان داده‌اند که نانومولسیون‌ها و نانوذرات می‌توانند به عنوان مواد نگهدارنده و بسته‌بندی‌های هوشمند عمل کنند. به عنوان مثال، پژوهش‌هایی که در سال ۲۰۱۵ در دانشگاه هاروارد انجام شد، نشان دادند که استفاده از نانوپوشش‌ها می‌تواند به افزایش ماندگاری و بهبود کیفیت مواد غذایی کمک کند.

۳. نقاط کوانتومی

نقاط کوانتومی نیمه هادی‌های کوچک و با اندازه زیر ۱۰ نانومتر هستند و دارای خواص الکترونیکی هستند که به دلیل مکانیک کوانتومی با ذرات بزرگتر تفاوت دارند. این نقاط از خود نور ساطع می‌کنند که طول موج این نور بستگی به ابعاد نقاط کوانتومی دارد. هنگامی که نقاط کوانتومی توسط یک محرک(اغلب نور فرابنفش)، تحریک می‌شوند، یک الکترون در حالت انرژی بالاتر برانگیخته می‌شود، زمانی که الکترون برانگیخته به نوار ظرفیت باز می‌گردد، انرژی خود را به صورت نور آزاد می‌کند.

انتشار نور توسط نقاط کوانتومی در تشخیص های پزشکی کاربرد فراوانی دارد. این نقاط به صورت برچسب فلورسانسی عمل می‌کنند با این تفاوت که در برابر درخشان شدن خاصیت و توانایی خود را از دست نمی‌دهند و در برابر تعداد سیکل‌های تحریک و انتشار نور مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند.

نقاط کوانتومی می‌توانند به گونه‌ای تنظیم شوند که در رنگ‌های مختلف با یک طول موج نور معین بدرخشند. به عبارتی می‌توانیم نقاط کوانتومی را بسته به فرکانس مورد نیاز نور انتخاب کنیم و باعث شویم تا یک گروه از نقاط کوانتومی مشابه گروه دیگری با یک طول موج بدرخشند. این امر به برچسب‌های چندگانه امکان می‌دهد تا با استفاده از یک منبع نور وارد ردیابی شوند.

نقاط کوانتومی همچنین به عنوان ابزارهای بیولوژیکی در پزشکی و داروسازی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان مثال، این نانوذرات می‌توانند به عنوان پروب‌های نوری در تصویربرداری زیستی عمل کنند و به شناسایی و ردیابی سلول‌ها و بافت‌ها کمک کنند. نقاط کوانتومی به دلیل اندازه کوچک و قابلیت تغییر در خواص نوری، می‌توانند به طور مؤثری در تشخیص بیماری‌ها، به ویژه در تشخیص سرطان، به کار گرفته شوند. به عنوان نمونه، نقاط کوانتومی با سطح اصلاح‌شده می‌توانند به طور خاص به سلول‌های سرطانی متصل شوند و در نتیجه، با استفاده از تکنیک‌های تصویربرداری مانند فلورسانس، امکان تشخیص زودهنگام و دقیق تری را فراهم کنند. این ویژگی‌ها، نقاط کوانتومی را به یکی از ابزارهای مهم در توسعه روش‌های درمانی هدفمند و سیستم‌های تحویل دارو تبدیل کرده است.

نقاط کوانتومی در حوزه انرژی، به ویژه در سلول‌های خورشیدی، کاربردهای جالبی دارند. این نانوذرات می‌توانند به عنوان مواد فعال در سلول‌های خورشیدی استفاده شوند و به بهبود کارایی تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریسیته کمک کنند. نقاط کوانتومی به دلیل قابلیت جذب نور در طیف‌های مختلف، می‌توانند به طور مؤثری نور خورشید را به انرژی الکتریکی تبدیل کنند. به عنوان مثال، استفاده از نقاط کوانتومی در سلول‌های خورشیدی کادمیوم تلورید (CdTe) منجر به افزایش کارایی تبدیل انرژی و کاهش هزینه‌های تولید این سلول‌ها شده است. همچنین، نقاط کوانتومی می‌توانند در توسعه فناوری‌های جدید مانند سلول‌های خورشیدی پرچم‌دار (perovskite solar cells) نیز نقش داشته باشند و به افزایش پایداری و کارایی این فناوری‌ها کمک کنند. به طور کلی، نقاط کوانتومی به عنوان یک ابزار نوآورانه در بهبود کارایی و کاهش هزینه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر شناخته می‌شوند.

نقاط کوانتومی به عنوان حسگرهای نوری نیز در فناوری‌های نانو مورد توجه قرار گرفته‌اند. این نانوذرات به دلیل حساسیت بالای خود به تغییرات محیطی، می‌توانند به عنوان حسگرهایی برای اندازه‌گیری پارامترهای مختلف مانند دما، pH، و غلظت مواد شیمیایی عمل کنند. به عنوان مثال، نقاط کوانتومی اصلاح‌شده می‌توانند تغییرات در شرایط محیطی را با تغییر در خواص نوری خود نشان دهند، که این امر امکان توسعه حسگرهای دقیق و قابل اعتماد را فراهم می‌آورد. این حسگرها به ویژه در زمینه‌های صنعتی، پزشکی و محیط زیست کاربرد دارند و می‌توانند به شناسایی و پایش آلاینده‌ها، کنترل فرآیندهای صنعتی، و حتی در تشخیص بیماری‌ها کمک کنند. به این ترتیب، نقاط کوانتومی به عنوان ابزاری قدرتمند در ایجاد فناوری‌های نوین و هوشمند در حوزه حسگرها و پایش محیطی شناخته می‌شوند.

۴. انتقال گرما توسط نانوسیالات

سیستم‌های خنک کننده، یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های کارخانه‌ها و صنایع و هر جایی است که به نوعی با انتقال گرما روبه‌رو می‌باشد. در این شرایط استفاده از سیستم‌های خنک‌کننده پیشرفته و بهینه، کاری اجتناب‌ناپذیر است. بهینه‌سازی سیستم‌های انتقال حرارت موجود، در اکثر مواقع به وسیله افزایش سطح آنها صورت می‌گیرد که همواره باعث افزایش حجم و اندازه این دستگاه‌ها می‌شود؛ لذا برای غلبه بر این مشکل، به خنک کننده‌های جدید و مؤثر نیاز است و نانو سیالات به عنوان راهکاری جدید در این زمینه مطرح شده‌اند.

نانوسیالات به مایعاتی اطلاق می‌شود که حاوی نانوذرات معلق در آن‌ها هستند. این نانوذرات معمولاً از مواد مختلفی نظیر فلزات، اکسیدهای فلزی و کربن ساخته می‌شوند و با اندازه‌ای در مقیاس نانو (بزرگتر از ۱ تا ۱۰۰ نانومتر) در مایع معلق می‌مانند. یکی از ویژگی‌های برجسته نانوسیالات، بهبود قابل توجه در خواص انتقال حرارت آن‌ها نسبت به مایعات معمولی است. این بهبود می‌تواند به دلیل افزایش سطح تماس نانوذرات با مایع، افزایش هدایت حرارتی و ایجاد جریان‌های حرارتی در مقیاس نانو باشد. به طور کلی، نانوسیالات به عنوان یک راهکار نوین در بهینه‌سازی فرآیندهای انتقال حرارت در سیستم‌های مختلف از جمله سیستم‌های خنک‌کنندگی، گرمایش و حتی در صنایع الکترونیک مورد توجه قرار گرفته‌اند.

مکانیسم‌های انتقال گرما در نانوسیالات شامل انتقال حرارت هدایت، همرفت و تشعشع می‌باشد. در حالت هدایت، نانوذرات با خواص حرارتی بالا می‌توانند به افزایش هدایت حرارتی نانوسیال کمک کنند. این نانوذرات با ایجاد شبکه‌ای متراکم در مایع، انتقال حرارت را تسهیل می‌کنند. همچنین، در حالت همرفت، نانوذرات می‌توانند جریان‌های حرارتی را به وجود آورند که به انتقال حرارت در مقیاس کلان کمک می‌کند. به علاوه، در برخی نانوسیالات، پدیده‌های تشعشع نیز می‌توانند به انتقال حرارت کمک کنند، به ویژه در دماهای بالا. به همین دلیل، درک دقیق این مکانیسم‌ها برای طراحی و بهینه‌سازی نانوسیالات با کارایی بالا ضروری است.

نانوسیالات در صنایع مختلف به عنوان مواد خنک‌کننده و گرمازا مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان مثال، در سیستم‌های خنک‌کنندگی موتورهای خودرو، نانوسیالات می‌توانند به بهبود کارایی خنک‌کنندگی کمک کنند و دماهای بالاتر را تحمل کنند. همچنین، در صنایع الکترونیک، استفاده از نانوسیالات به عنوان خنک‌کننده در قطعات الکترونیکی می‌تواند به کاهش دما و افزایش عمر مفید تجهیزات کمک کند. علاوه بر این، نانوسیالات در فرآیندهای گرمایش خورشیدی نیز کاربرد دارند، جایی که می‌توانند به عنوان مایعات انتقال حرارت در سیستم‌های جمع‌آوری انرژی خورشیدی عمل کنند و به بهبود کارایی تبدیل انرژی خورشیدی به گرما کمک کنند.

با وجود مزایای بی‌شمار نانوسیالات، چالش‌هایی نیز در زمینه استفاده و توسعه آن‌ها وجود دارد. یکی از چالش‌های اصلی، پایداری نانوسیالات است؛ نانوذرات ممکن است در طول زمان ته‌نشین شوند یا تجمع پیدا کنند که می‌تواند منجر به کاهش کارایی انتقال حرارت شود. همچنین، هزینه تولید نانوذرات و نانوسیالات و همچنین نگرانی‌های زیست‌محیطی و ایمنی نیز از دیگر چالش‌ها هستند. به منظور غلبه بر این مشکلات، تحقیقات بیشتری لازم است تا روش‌های جدیدی برای بهبود پایداری و کارایی نانوسیالات توسعه یابد. در نهایت، با پیشرفت تکنولوژی و تحقیقات در این حوزه، می‌توان انتظار داشت که نانوسیالات به عنوان یک راهکار کلیدی در بهینه‌سازی فرآیندهای انتقال حرارت در صنایع مختلف به کار گرفته شوند و به بهبود کارایی و صرفه‌جویی انرژی در سیستم‌های مختلف کمک کنند.

۵. نانو در داروسازی

نانوتکنولوژی با استفاده از خواص منحصر به فرد نانومواد، امکاناتی منحصر به فرد در تحویل دارو و هدفمندسازی درمان سرطان ارائه می‌دهد. امروزه محققان آن را به عنوان یک تکنیک جدید در تحقیقات پزشکی مورد بررسی قرار داده‌اند. در حوزه مراقبت‌های بهداشتی، فناوری نانو دریچه‌های جدیدی را در صنعت علوم زیستی باز می‌کند. نانوتکنولوژی در

دستکاری اشیا در سطح اتمی برای تغییر بسیاری از بخش‌های درمان پزشکی، مانند تشخیص، نظارت بر بیماری‌ها، تجهیزات عملیاتی، پزشکی احیاکننده، توسعه واکسن‌ها و تحویل دارو، نوید زیادی دارد. از کاربردهای نانو در داروسازی می‌توان به دارورسانی، ژن‌تراپی، تشخیص پزشکی، کشف دارو، مهندسی بافت و درمان سلولی، پرتودرمانی، درمان سرطان اشاره کرد.

سیستم‌های دارورسانی به‌عنوان یک کاربرد مهم نانو ذرات در نظر گرفته می‌شوند. زیرا می‌توانند هم به‌عنوان حامل دارو و هم به‌عنوان وسیله‌ای برای توزیع یک دارو در یک مکان هدف خاص با سرعت کنترل شده عمل کنند. چندین داروی مرسوم برای درمان بیماری‌های خاص استفاده می‌شوند. نانوذرات و نانومواد به طور گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته‌اند و به آرامی جایگزین سیستم‌های دارورسانی معمولی می‌شوند. یکی از مشکلاتی که در صنعت دارورسانی وجود دارد این است که اهداف بسیار کوچک در بدن انسان پراکنده‌اند. دارورسانی نوین عوارض ناخواسته را کاهش می‌دهند و دزهای کمتری را مصرف می‌کند.

نانوسرنگ‌های سلولی، نوعی نانوذرات هستند که به طور خاص برای رنگ‌آمیزی و شناسایی سلول‌ها و بافت‌ها در کاربردهای بیولوژیکی و پزشکی طراحی شده‌اند. این نانوذرات معمولاً از مواد نیمه‌رسانا مانند نقاط کوانتومی، نانوذرات طلا، یا نانوذرات اکسید فلزی ساخته می‌شوند و به دلیل اندازه کوچک و خواص نوری منحصر به فرد خود، می‌توانند به طور مؤثری در تصویربرداری سلولی و تشخیص بیماری‌ها مورد استفاده قرار گیرند. نانوسرنگ‌ها می‌توانند به طور خاص به مولکول‌های هدف مانند پروتئین‌ها یا DNA متصل شوند و با استفاده از تکنیک‌های تصویربرداری نظیر میکروسکوپی فلورسانس، امکان مشاهده و ردیابی فرآیندهای بیولوژیکی در سطح سلولی را فراهم کنند. این ویژگی‌ها به پژوهشگران این امکان را می‌دهد که تغییرات بیولوژیکی و پاتولوژیکی را به صورت زنده و در زمان واقعی بررسی کنند.

علاوه بر کاربردهای تشخیصی، نانوسرنگ‌های سلولی همچنین در درمان‌های هدفمند و درمان‌های ترکیبی به کار می‌روند. به عنوان مثال، نانوذرات رنگی می‌توانند به عنوان حامل‌های دارویی عمل کنند که داروها را به صورت هدفمند به سلول‌های سرطانی منتقل می‌کنند و در عین حال به کمک خواص نوری خود، امکان ردیابی و نظارت بر اثرات درمانی را فراهم می‌آورند. این نانوسرنگ‌ها همچنین می‌توانند در روش‌های درمانی مانند فوتوتراپی مورد استفاده قرار گیرند، جایی که نانوذرات با جذب نور و تولید گرما، به تخریب سلول‌های سرطانی کمک می‌کنند. با توجه به پتانسیل‌های بالای نانوسرنگ‌های سلولی در بهبود دقت تشخیص و مؤثر بودن درمان‌ها، تحقیقات بیشتری در زمینه طراحی و بهینه‌سازی این نانوذرات در حال انجام است.

نانوذرات نه تنها به‌عنوان حامل دارو، بلکه خود به‌عنوان عوامل درمانی نیز مفید هستند. نانوذراتی که به‌عنوان دارو برای درمان بیماری‌ها عمل می‌کنند نانودارو نامیده می‌شوند. نسبت سطح بزرگ به حجم و توانایی آزادسازی گونه‌های اکسیژن فعال در سلول‌های بیمار خاص ویژگی‌های منحصربه فرد نانوداروها هستند که پتانسیل آنها را به عنوان عوامل درمانی افزایش می‌دهند. ذرات با اندازه نانو به عنوان نانوداروها فلزات، اکسیدهای فلزی، پلیمرها، فلزات دوپ شده با عناصر خاکی کمیاب فلزات مایع، چارچوب‌های فلزی-آلی، فلزات ترکیبی با پیوندهای هماهنگی فلز- لیگاند مواد مغناطیسی نانوکامپوزیت‌های جدید و سرامیک نانوذرات شکل جدیدترین نانوداروهایی هستند که برای درمان سرطان ساخته شده‌اند.

پکلی‌تاکسل، یک داروی شیمی‌درمانی مؤثر در درمان سرطان، به دلیل حلالیت پایین و سمیت بالا، چالش‌هایی در زمینه تحویل دارویی دارد؛ به همین دلیل، باند کردن آن با نانوذرات آلبومین به عنوان یک روش نوین برای بهبود کارایی درمانی و کاهش عوارض جانبی مورد توجه قرار گرفته است. نانوذرات آلبومین به عنوان سیستم‌های تحویل دارو، با استفاده از خواص طبیعی پروتئین آلبومین، می‌توانند پکلی‌تاکسل را به صورت مؤثری به بافت‌های هدف منتقل کنند و در عین حال به کنترل آزادسازی دارو در محیط‌های زیستی کمک نمایند. این نانوذرات به دلیل اندازه مناسب و قابلیت بیوپذیری بالا، می‌توانند به طور مؤثری به سلول‌های سرطانی متصل شوند و با استفاده از مکانیسم‌های هم‌افزایی، اثرات ضدسرطانی پکلی‌تاکسل را تقویت کنند. علاوه بر این، باند کردن پکلی‌تاکسل به نانوذرات آلبومین می‌تواند منجر به کاهش سمیت سیستمیک و افزایش زمان نیمه‌عمر دارو در گردش خون شود، که به نوبه خود منجر به بهبود پاسخ درمانی و کاهش عوارض جانبی مرتبط با درمان‌های شیمیایی می‌گردد.

۶. نانو در تشخیص سرطان

امروزه، پزشکان اغلب آزمایش‌های تصویربرداری مانند اشعه ایکس، سی تی اسکن و ام آر آی را برای کمک به تشخیص سرطان سفارش می‌دهند. اما این آزمایش‌ها تنها زمانی می‌توانند بیماری را پیدا کنند که به اندازه کافی بزرگ شود تا بتوان آن را دید. تا آن زمان، سلول سرطانی ممکن است بارها از خود کپی کرده و به سایر قسمت‌های بدن گسترش یافته باشد. این اسکن‌ها همچنین نمی‌توانند نشان دهند که تومور سرطانی است یا خیر. معمولاً برای اینکه مطمئن شوید نیاز به بیوپسی دارید.

نانوتکنولوژی به دلیل اندازه کوچکش می‌تواند تغییرات در تعداد بسیار کمی از سلول‌ها را تشخیص دهد. می‌تواند تفاوت بین سلول‌های طبیعی و سرطانی را شناسایی کند. و می‌تواند در مراحل اولیه خود به سرطان برسد، زمانی که سلول‌ها تازه شروع به تقسیم کرده‌اند و درمان سرطان آسان‌تر است.

نانوتکنولوژی می‌تواند تومورها را در آزمایش‌های تصویربرداری راحت‌تر نشان دهد. پوشاندن نانو ذرات با آنتی بادی‌ها یا مواد دیگر به آنها کمک می‌کند تا سلول‌های سرطانی را پیدا کرده و به آنها بچسبند. ذرات همچنین می‌توانند با موادی پوشانده شوند که هنگام یافتن سرطان سیگنال ارسال می‌کنند. به عنوان مثال، نانوذرات ساخته شده از اکسید آهن به سلول‌های سرطانی متصل می‌شوند و سیگنال قوی را ارسال می‌کنند که سرطان را در اسکن‌های ام‌آرآی روشن می‌کند.

نانوذرات مغناطیسی هوشمند می‌توانند از طریق محرک‌های خارجی یا داخلی، دارو را هدایت و آزاد کنند؛ به همین دلیل امکان غلبه بر محدودیت‌های شیمی درمانی کلاسیک را فراهم می‌کنند. نانو ذرات آهن به دلیل خاصیت مغناطیسی و زیست سازگاری در زمینه‌های مختلف پزشکی مانند تصویربرداری رزونانس مغناطیسی و اولتراسوند مورد استفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر این ظرفیت بالای آنان در بارگیری و انتقال دارو این ذرات را به عوامل مناسبی برای استفاده در درمان سرطان‌های بدخیم تبدیل کرده است. به همین دلیل هوشمندسازی آنان امکان انتشار هوشمند و کنترل شده دارو و تحویل هدفمند دارو را فراهم می‌کند.

برای استفاده بالینی لازم است نانوذرات مغناطیسی هوشمند از سد مشکلات شیمیایی و زیستی مانند اثر سمی، زیست توزیع پذیری، سنتز داروئی و دینامیک داروئی عبور کنند و امکان تولید صنعتی آنان در مقیاس زیاد فراهم گردد.
پژوهش‌های گسترده‌ای برای غلبه بر مشکلات موجود و فراهم کردن زمینه لازم برای استفاده درمانی گسترده از نانو ذرات مغناطیسی هوشمند لازم است اما این ذرات می‌توانند به محدودیت‌های موجود در درمان سرطان غلبه کنند.

۷. نانو در صنایع آرایشی و بهداشتی

از جمله کاربردهای فعلی نانوذرات، صنایع آرایشی است. استفاده از نانوذرات در محصولات آرایشی به دلیل خاصیت تقویت شده حاصل از ذرات در سطح نانو مانند شفافیت، رنگ و حلالیت آنها است. نانومواد به کار رفته در لوازم آرایشی شامل نانوذرات لیپید جامد، نانوکپسول‌ها، نانوبلورها و غیره است. اخیرا نگرانی‌هایی در مورد ایمنی نانو مواد مغناطیسی وجود دارد که باعث محدودیت‌هایی در استفاده از آنها شده است و صنایع آرایشی و بهداشتی را وادار کرده است که استفاده از فناوری نانو را در مواد آرایشی محدود کند. شرکت‌های تولیدکننده لوازم آرایشی از نسخه‌های پیشرفته نانو استفاده می‌کنند تا از طریق آن به نتایج بهتری در جذب مواد به پوست و محافظت از آن در برابر اشعه‌های مضر و اثرات ماندگارتر دست یابند. استفاده از نانوذرات در مواد آرایشی باعث بهبود عملکرد و کیفیت محصولات می‌شود. به‌طور خاص، ذرات نانو به دلیل ویژگی‌های جدید خود در مقایسه با ذرات بزرگ‌تر، تأثیرات بیشتری بر پوست دارند. بررسی‌های مختلف نشان داده‌اند که بسیاری از شرکت‌های تولیدکننده لوازم آرایشی امروزه از نانومواد در محصولات خود استفاده می‌کنند.

مواد آرایشی که حاوی نانومواد هستند شامل انواع مختلفی از ترکیبات نانو می‌شوند. برخی از این مواد عبارتند از:

لیپوزوم‌ها: لیپوزوم‌ها ساختارهایی هستند که از دو لایه لیپیدی ساخته شده‌اند و می‌توانند مواد فعال را به داخل پوست انتقال دهند. این ساختارها به دلیل شباهت به غشای سلولی بدن(ساختار لیپیدی)، می‌توانند به عنوان حامل‌های مؤثر مواد فعال آرایشی عمل کنند و جذب مواد به لایه‌های عمیق‌تر پوست را بهبود بخشند. همچنین، به دلیل توانایی آنها در آزادسازی تدریجی مواد، ماندگاری محصولات را افزایش می‌دهند.

نانوامولسیون‌ها: نانوامولسیون‌ها سیستم‌هایی هستند که در آنها قطرات بسیار ریز یک مایع در مایعات دیگر پراکنده شده‌اند. اندازه ذرات کوچک و پراکندگی بالا در نانوامولسیون‌ها باعث پایداری بیشتر و اثربخشی بهتر محصولات آرایشی می‌شوند. نانوامولسیون‌ها به دلیل اندازه کوچک ذراتشان، توانایی بیشتری برای حمل مواد فعال دارند و مدت زمان اثربخشی محصولات را افزایش می‌دهند.

نانوذرات لیپید جامد: نانوذرات لیپید جامد از ذرات چربی تشکیل شده‌اند که در دمای بدن جامد هستند. این نانوذرات می‌توانند به طور مؤثر باعث افزایش آبرسانی عمیق و بهبود ظاهر پوست شوند. این مواد به تحویل مواد فعال آرایشی به پوست کمک می‌کنند و نفوذ بیشتری به لایه‌های پوست دارند. این نانوذرات می‌توانند از تخریب مواد محصور شده‌ی موجود در محصولات آرایشی جلوگیری کنند که باعث می‌شود مواد آرایشی در مدت زمان طولانی مورد استفاده قرار بگیرند.

کوبوزوم‌ها: کوبوزوم‌ها ذرات نانوساختار یافته‌ای هستند که دارای فاز مایع کریستالی مکعبی و گسسته‌اند. این ذرات به دلیل داشتن ساختارهای ویژه‌ای که شامل لایه‌های دوگانه پیوسته است، توانایی بالایی در حمل مولکول‌های آبدوست و آبگریز دارند. کوبوزوم‌ها به دلیل پایداری حرارتی بالا و ویسکوزیته کم، می‌توانند در فرمولاسیون محصولات آرایشی و بهداشتی مورد استفاده قرار گیرند. این مواد به عنوان حامل‌هایی مؤثر برای انتقال کنترل‌شده مواد فعال در محصولات آرایشی عمل می‌کنند. همچنین، کوبوزوم‌ها به دلیل هزینه تولید پایین و پایداری طولانی مدت، انتخابی جذاب برای تولیدکنندگان مواد آرایشی و همچنین تهیه‌ی دارو هستند.

یکی از مشکلات اساسی این است که هنوز اطلاعات کافی در مورد میزان خطرات سلامتی نانومواد وجود ندارد. بسیاری از محصولات حاوی نانومواد بدون ارزیابی‌های دقیق ایمنی وارد بازار می‌شوند. برای حل این مشکل، برخی کشورها مانند استرالیا قوانین سختگیرانه‌تری را برای ارزیابی مواد شیمیایی و نانومواد در محصولات آرایشی اعمال کرده‌اند.

۸. نانو در محیط زیست

تکنولوژی نانو می‌تواند تأثیرات مثبت و منفی بر محیط زیست داشته باشد. از یک طرف، باعث کاهش مصرف انرژی و تولید زباله‌ها می‌شود و به حفظ محیط زیست کمک می‌کند. از طرف دیگر، ذرات نانو ممکن است باکتری‌ها را جهش دهند و برای محیط زیست و سلامت انسان خطرناک باشند. با افزایش آلودگی ناشی از صنعت و رشد جمعیت، فناوری نانو به بهبود کیفیت محیط زیست در کشورهای توسعه‌یافته کمک کرده است. با این حال، برای رسیدن به توسعه پایدار، نیاز به تحقیق و راه‌حل‌های عملی برای مقابله با مشکلات زیست‌محیطی وجود دارد. این فناوری می‌تواند با استفاده از نانو لوله‌ها، نانو حسگرها، نانو کاتالیست‌ها و نانو کامپوزیت‌ها به کاهش یا حذف آلاینده‌های هوا کمک کند. این روش ابتدا در کشورهای صنعتی استفاده شد و اکنون مورد توجه کشورهای در حال توسعه نیز قرار گرفته است.

در زمینه انرژی، نانوتکنولوژی می‌تواند به طور قابل توجهی کارایی ذخیره سازی و تولید انرژی را تحت تاثیر قرار داده و مصرف انرژی را کاهش دهد. کاهش مصرف انرژی تاثیر به سزایی در کاهش آلودگی‌های هوا خواهد داشت. یکی از نیازهای مهم و اساسی در ارتباط با کنترل آلودگی محیط زیست، پایش مستمر آلودگی است. با استفاده از نانوحسگرها پیشرفت مؤثری در زمینه‌ی کنترل آلودگی صورت گرفته است. نشت گازهای مهلک یکی از خطرات روزمره‌ی زندگی صنعتی است. متاسفانه هشدار دهنده‌های موجود در صنعت اغلب بسیار دیر موفق به شناسایی این‌گونه گازهای نشتی می‌شوند. با استفاده از نانوحسگرها که از نانوتیوب‌های تک لایه به ضخامت حدود یک نانومتر ساخته شده‌اند و می‌توانند مولکول‌های گازهای سمی را جذب نمایند، نگرانی درخصوص نشت گازهای سمی کاهش یافته است. این‌گونه حسگرهای گازی برای شناسایی گازهای آمونیاک و دی‌اکسید نیتروژن و دی‌اکسید کربن، با موفقیت آزمایش شده‌اند.

خودروها یکی از عوامل اصلی آلاینده‌های زیست محیطی می‌باشند. نانوتکنولوژی با ورود خود به صنایعی مانند خودروسازی از طریق کاهش مصرف سوخت خودرو، ساخت کاتالیزورهای اگزوز خودرو برای تصفیه‌ی گازهای خروجی اگزوز اتومبیل‌ها می‌تواند در جهت کاهش آلاینده‌های هوا موثر باشد. استفاده وسیع از نانو کامپوزیت‌ها می‌تواند به کاهش مصرف ۱/۵ میلیارد لیتر بنزین در عمر یک سال وسایل نقلیه منجر شود و آلودگی‌های مربوط به دی اکسید کربن را سالانه بیشتر از ۵ میلیارد کیلوگرم کاهش دهد. با توجه به توانمندی‌های فراوان فناوری نانو در حذف و کنترل آلودگی‌های محیطی و تصفیه و جلوگیری از انتشار آنها می‌توان آن را به عنوان یک تکنولوژی سبز در نظر گرفت.

علی‌رغم این که فناوری نانو، محصولات موجود را مؤثرتر و کارآمدتر می‌نماید اندازه این ذرات که جزء خواص مهم آنها است می‌تواند سلامتی و محیط زیست را تهدید نماید. این ذرات از گرده‌های گل گیاهان و مواد حساسیت‌زای معمولی نیز کوچک‌تر هستند و می‌توانند تولید حساسیت نمایند. این ذرات می‌توانند به سیستم دفاعی و ایمنی بدن موجودات زنده و انسان حمله کنند. بعضی از این ذرات قادرند پس از تنفس به کیسه‌های هوایی ریه‌ها آسیب برسانند که در این بین ماکروفاژها سعی می‌کنند تا آن ها را از بین ببرند و مانع از عبور این ذرات و ورودشان به خون شوند. ولیکن ماکروفاژها در تشخیص ذرات با قطر کمتر از ۷۰ نانومتر دچار مشکل می‌شوند و این ذرات می‌توانند به آسانی در خون نفوذ نمایند. گزارش شده است که نانوذرات مانند کربن سیاه و دی اکسید تیتانیوم که در فرایندهای صنعتی کاربرد زیادی دارند و به آلودگی هوا نیز کمک می‌کنند، موجب ایجاد التهاب و جراحت‌های پوستی شده و در ریه باقی مانده و انباشته می‌گردند.

۹. نانو در صنایع غذایی

نانوتکنولوژی، یکی از فناوری‌های پیشرفته و نوین است که در بسیاری از صنایع به‌ویژه کشاورزی کاربردهای فراوانی دارد. این فناوری در مقیاس نانو با ویژگی‌های منحصربه‌فرد مواد سر و کار دارد که به دلیل اندازه و خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آنها، عملکرد و تاثیرات زیادی در بهینه‌سازی کشاورزی دارند. با به‌کارگیری نانوتکنولوژی، می‌توان به تولید محصولات باکیفیت بالاتر، کاهش مصرف منابع، و بهبود بهره‌وری در کشاورزی دست یافت.

نانوکودها و نانوذرات در خاک: نانوتکنولوژی می‌تواند در تولید کودهای هوشمند که به‌صورت کنترل شده آزاد می‌شوند و نانوذراتی که قابلیت جذب بالایی دارند، نقش مهمی ایفا کند. مکانیسم اصلی عملکرد نانوکودها براساس رهایش کنترل شده است که به گیاهان اجازه می‌دهد مواد مغذی را به مرور زمان و بر اساس نیاز خود جذب کنند. در این فرایند، از نانوسیستم‌های پلیمری کپسوله‌کننده استفاده می‌شود که مواد مغذی داخل آنها قرار می‌گیرند و در شرایط خاص محیطی آزاد می‌شوند. به دلیل کوچک بودن نانوذرات، سطح واکنش بیشتری فراهم می‌شود که امکان تبادل بهتر مواد مغذی با گیاهان فراهم می‌شود.

نانو آفت‌کش‌ها:

نانو آفت‌کش‌ها با بهره‌گیری از نانوذرات حامل طراحی می‌شوند که به‌صورت هدفمند به عوامل بیماری‌زا(آفات، قارچ‌ها یا باکتری‌ها) حمله می‌کنند و از ورود مواد شیمیایی غیرضروری به محیط جلوگیری می‌کنند. این آفت‌کش‌ها از طریق فرایند فعال‌سازی انتخابی عمل می‌کنند. به‌این معنا که نانوذرات تنها در حضور شرایط خاص محیطی در محل آلودگی فعال می‌شوند. نانولوله‌های کربنی به‌عنوان حامل‌های دقیق برای انتقال آفت‌کش‌ها به سلول‌های گیاهی عمل می‌کنند.

نانو سنسورها: نانوسنسورها یکی از کاربردهای پیشرفته نانوتکنولوژی در کشاورزی هستند که برای نظارت بر شرایط محیطی نظیر خاک، رطوبت، دما و همچنین شناسایی عوامل بیماری‌زا استفاده می‌شوند. مکانیسم عملکرد نانوسنسورها مبتنی بر استفاده از نانوذرات فلزی یا نانوحسگرهای زیستی است که قابلیت شناسایی تغییرات بسیار کوچک در محیط را دارند. نانوذرات می‌توانند تغییرات جزئی در پتانسیل الکتروشیمیایی محیط را شناسایی کنند که نشان‌دهنده حضور عوامل بیماری‌زا یا تغییرات در شرایط خاک است. نانوحسگرها قادر به تشخیص عوامل بسیار کوچک و در غلظت‌های پایین هستند.

نانوکپسوله‌سازی مواد مغذی: یکی دیگر از کاربردهای پیشرفته نانوتکنولوژی در کشاورزی، نانوکپسوله‌سازی است. این فرآیند به‌منظور انتقال هوشمند مواد مغذی یا داروهای گیاهی استفاده می‌شود و اجازه می‌دهد تا مواد مغذی به‌صورت تدریجی و بهینه به گیاهان تحویل داده شوند. نانوذرات پلیمری زیست‌تجزیه‌پذیر در خاک تجزیه می‌شوند و مواد مغذی درون آن‌ها به‌تدریج آزاد می‌شوند. از طریق استفاده از پوشش‌های نانوذرات که به مرور زمان یا بر اساس تغییرات محیطی، مواد فعال را آزاد می‌کنند.

نانوتکنولوژی در بسته‌بندی مواد غذایی به دلیل قابلیت‌های منحصر به فردش می‌تواند به بهبود ایمنی، طول عمر، و کیفیت محصولات غذایی کمک کند. چند کاربرد مهم نانو در بسته‌بندی مواد غذایی: ۱- استفاده از نانوذرات با خاصیت ضد باکتریایی(مانند نانوذرات نقره و دی‌اکسید تیتانیوم) در بسته‌بندی، رشد میکروارگانیسم‌ها را کاهش می‌دهد و فساد مواد غذایی را به تأخیر می‌اندازد. ۲- نانوسنسورها در بسته‌بندی‌های هوشمند به تشخیص تغییرات در شرایط مواد غذایی مانند دما، رطوبت، و سطح اکسیژن کمک می‌کنند. ۳-نانوکامپوزیت‌ها به‌عنوان موادی قوی‌تر و با قابلیت‌های حرارتی بهتر از فیلم‌های بسته‌بندی معمولی شناخته می‌شوند. ۴-از طریق استفاده از نانوذرات فعال، نیاز به مواد نگهدارنده شیمیایی کاهش می‌یابد.

۱۰. نتیجه‌گیری

علم نانو به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین و تحول‌آفرین‌ترین زمینه‌های علمی، نقش بسزایی در پیشرفت و نوآوری در حوزه‌های مختلف، از جمله شیمی، داروسازی، محیط زیست و صنایع غذایی ایفا می‌کند. این علم با استفاده از فناوری‌های پیشرفته، امکان دستکاری و مهندسی مواد در مقیاس نانو را فراهم می‌آورد که منجر به بهبود و توسعه ویژگی‌های منحصر به فردی در مواد می‌شود. در این نتیجه‌گیری، به بررسی اهمیت علم نانو در هر یک از این حوزه‌ها می‌پردازیم.

در شیمی، نانوفناوری به محققان این امکان را می‌دهد که به طراحی و سنتز مواد با خواص جدید و بهینه بپردازند. نانوکاتالیست‌ها، به عنوان یکی از محصولات این علم، می‌توانند به طور قابل توجهی کارایی واکنش‌های شیمیایی را افزایش دهند. این امر نه تنها به بهبود فرآیندهای صنعتی و کاهش هزینه‌ها منجر می‌شود، بلکه مصرف انرژی و تولید پسماندهای شیمیایی را نیز کاهش می‌دهد. بدین ترتیب، نانوفناوری به عنوان یک ابزار قدرتمند در بهینه‌سازی فرآیندهای شیمیایی و توسعه مواد جدید شناخته می‌شود.

در حوزه داروسازی، نانوفناوری انقلابی در روش‌های دارورسانی ایجاد کرده است. با توسعه نانوذرات به عنوان حامل‌های دارویی، امکان رساندن داروها به صورت هدفمند به سلول‌ها و بافت‌های خاص فراهم شده است. این روش نه تنها اثربخشی داروها را افزایش می‌دهد، بلکه عوارض جانبی را نیز به حداقل می‌رساند. به عنوان مثال، در درمان سرطان، نانوذرات می‌توانند داروهای شیمی‌درمانی را مستقیماً به سلول‌های سرطانی منتقل کنند، بدون آنکه به بافت‌های سالم آسیب برسانند. این کاربردهای نوین می‌توانند به بهبود کیفیت زندگی بیماران و افزایش نرخ بهبودی کمک کنند.

در زمینه محیط زیست، نانوفناوری به عنوان یک ابزار کارآمد برای کاهش آلودگی و حفاظت از محیط زیست به کار گرفته می‌شود. نانومواد می‌توانند به طور مؤثر در تصفیه آب و هوا مورد استفاده قرار گیرند و آلاینده‌های مختلف را جذب و تجزیه کنند. علاوه بر این، نانوفناوری در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی نقش مهمی دارد. این فناوری می‌تواند به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و مقابله با تغییرات اقلیمی کمک کند.

در صنایع غذایی، نانوفناوری به بهبود کیفیت، ایمنی و ماندگاری مواد غذایی کمک می‌کند. نانوذرات می‌توانند به عنوان افزودنی‌های غذایی به کار روند و خواص تغذیه‌ای و حسی محصولات را بهبود بخشند. همچنین، نانوفناوری در توسعه بسته‌بندی‌های هوشمند که قادر به تشخیص تغییرات کیفیت مواد غذایی هستند، نقش دارد. این تکنولوژی‌ها می‌توانند به کاهش ضایعات غذایی و افزایش عمر مفید محصولات منجر شوند و در نهایت به بهبود امنیت غذایی کمک کنند.

در نهایت، علم نانو به عنوان یک حوزه چندرشته‌ای، با ترکیب دانش‌های مختلف، به توسعه راه‌حل‌های نوآورانه برای چالش‌های پیچیده جهان امروز می‌پردازد. پتانسیل گسترده این علم در بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها، افزایش کارایی صنعتی و حفاظت از محیط زیست، آن را به یکی از مهم‌ترین علوم در قرن حاضر تبدیل کرده است. با این حال، برای بهره‌برداری کامل از این پتانسیل، لازم است به مسائل ایمنی و اخلاقی مرتبط با نانوفناوری توجه ویژه‌ای شود تا توسعه پایدار و مسئولانه این فناوری تضمین گردد.

۱۱. مراجع

1.William Hannah and Paul B. Thompson, (2008),“Nanotechnology, risk and the environment: a review“ , Journal of Environmental Monitoring

2.Ruma Arora Soni1, Mohd. Aseel Rizwan and Surinder Singh (2022),“Opportunities and potential of green chemistry in nanotechnology*”,* Nanotechnology for Environmental Engineering

3.Linda M. Katz, Kapal Dewan and Robert L. Bronaugh (2015),“ Nanotechnology in cosmetics”, Food and Chemical Toxicology

۴. مهرداد برون (۱۴۰۲) "شیمی و نانوتکنولوژی ،" مجموعه مقالات هفتمین کنگره ملی شیمی و نانوشیمی از پژوهش تا توسعه ملی