

اهمیت نانو فناوری در سلامت مواد غذایی

احمد مهرآوران^۱، سارا اسدیپور^۲، فاطمه فیروزی^۳، مهدی فخاری^۴، محمدرضا شیران^۵، جواد اختری^{۶*}

تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۰۲/۲۶ تاریخ پذیرش ۱۳۹۸/۰۶/۰۵

چکیده

پیش‌زمینه و هدف: کلیه موجودات زنده برای ادامه حیات و زندگی در تکاپو و جستجوی غذا هستند این امر بزرگ‌ترین و مهم‌ترین نیاز همه موجودات زنده است. در این بین سلامت مواد غذایی از اهمیت بالایی برخوردار است. نانوتکنولوژی در تمامی جوانب زندگی بشر وارد شده است و امروزه نقش مهمی در صنایع غذایی دارد. این فناوری از تولید و انبارداری تا بسته‌بندی و مشخص کردن انقضای مواد غذایی را تغییر داده است. در این مقاله شماری از پیشرفت‌های صورت گرفته در علوم صنایع غذایی با تکیه بر فناوری نانو مرور می‌گردد.

مواد و روش کار: این مطالعه از نوع مروری غیرنظام‌مند بوده و جستجو از طریق پایگاه‌های اطلاعاتی Pubmed، SCOPUS، Web of Science و Google Scholar با کلیدواژگان Nanoparticle، Nanotechnology به همراه Packaging و Food Science در سال‌های اخیر (۲۰۱۸-۲۰۱۵) انجام شد. تعداد ۸۵۲ مقاله مرتبط بود که از میان آن‌ها ۴۳ مقاله جهت استفاده در این مقاله انتخاب شدند.

یافته‌ها: نانوذرات فلزی و اکسید فلزی، کیتوزان، نانوذرات پلیمری و لیپوزومی از پرکاربردترین ذرات در بسته‌بندی و حفاظت مواد غذایی هستند. استفاده از نانوذرات مختلف و کامپوزیت‌های آغشته به نانوذرات، نانوفیلم‌ها و ... سبب بهبود کیفیت و ماندگاری مواد غذایی شده است. **نتیجه‌گیری:** نانوتکنولوژی به‌عنوان یک فناوری نوظهور که در تمام جنبه‌های زندگی بشر وارد شده است، توانسته است در صنایع غذایی هم بسیار تأثیرگذار باشد. **کلیدواژه‌ها:** نانوتکنولوژی، نانوذره، بسته‌بندی، مواد غذایی

مجله پزشکی ارومیه، دوره سی‌ام، شماره هشتم، ص ۶۳۰-۶۲۱، آبان ۱۳۹۸

آدرس مکاتبه: ساری، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دانشکده پزشکی، گروه نانوتکنولوژی پزشکی، تلفن: ۰۲۴۴۵۰۲۰۱۳۳۳

Email: Javad.Akhtari@gmail.com

مقدمه

زندگی ما شده است. در ایران نیز این فناوری از بیش از یک دهه قبل شروع شده و ایران اکنون جایگاه اول منطقه و جایگاه پنجم دنیا را در اختیار دارد.

مواد و روش کار

این مطالعه از نوع مروری غیر نظام‌مند بوده و جستجو از طریق پایگاه‌های اطلاعاتی Pubmed، SCOPUS، Web of Science و Google Scholar با کلیدواژگان Nanotechnology،

نانوتکنولوژی در تمامی ابعاد زندگی بشر وارد شده است. از هوافضا و کامپیوتر گرفته تا شاخه‌های مهندسی و علوم زیستی. بدون شک شاخه‌ای از علم را نمی‌توان یافت که در آن نانوتکنولوژی کاربردی نداشته باشد. بالأخص اثرات این فناوری در حوزه نانومواد و پزشکی بسیار چشمگیر بوده است. طراحی و ساخت حسگرهای زیستی، مواد هوشمند و نانوداروها از مواردی هستند که همیشه اخباری از آن‌ها شنیده می‌شود امروزه می‌توان گفت که نانو وارد

^۱ استادیار نانوفناوری دارویی، مرکز تحقیقات بیماریهای عفونی و گرمسیری، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران

^۲ دانشجوی دکتری بیولوژی سلولی مولکولی، کمیته تحقیقات دانشجویی، مرکز تحقیقات بیولوژی سلولی مولکولی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

^۳ کارشناسی ارشد میکروبیولوژی، مرکز تحقیقات بیولوژی سلولی و مولکولی، گروه میکروبیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

^۴ دانشیار انگل شناسی، مرکز تحقیقات بیولوژی سلولی و مولکولی، گروه انگل شناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

^۵ دانشیار فارماکولوژی، مرکز تحقیقات سلامت فرآورده‌های گیاهی و دامی، گروه فارماکولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

^۶ استادیار نانوفناوری پزشکی، مرکز تحقیقات سلامت فرآورده‌های گیاهی و دامی، گروه نانوتکنولوژی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران (نویسنده مسئول)

همچنین در صنعت بسته‌بندی از فیلم‌های هوشمند و انتخابی (نانوذرات و نانوکامپوزیت‌ها) استفاده می‌شود و در تولید در بخش افزودنی‌های مواد غذایی، از امولسیون‌ها (نانوامولسیون‌ها) می‌توان بهره‌مند شد (۷-۹).

بسته‌بندی مواد غذایی:

عملکرد اصلی سیستم‌های بسته‌بندی، نگهداری و حفاظت غذا بر علیه فاکتورهای محیطی مانند میکروارگانیسم‌ها، آلوده‌کننده‌های شیمیایی، اکسیژن و بخار آب می‌باشد که منجر به پیشبرد سلامت غذا و همچنین پایداری و ثبات و ماندگاری بیشتر مواد غذایی می‌شود (۱۰). بسته‌بندی غذا و مایعات (آب معدنی شربت‌ها و آبمیوه‌ها و ...) اغلب در مواد پلاستیکی و پلیمری ساده انجام می‌شود. این مواد پلیمری در دهه‌های گذشته مورد توجه قرار گرفته است و دلیل استفاده مستمر از این نوع بسته‌بندی، تهیه و پردازش آسان و وزن کم آن می‌باشد. در مقایسه با بسته‌بندی‌های دیگر مثل شیشه و فلزات، مواد پلیمری پلاستیکی، دارای تحمل پایینی در برابر تغییرات دمایی و استحکام مکانیکی کمتری می‌باشند و خصوصیات ممانعت‌کنندگی در برابر گازها، بخار آب و عوامل محیطی را ندارند و از آنجاکه در محیط، قدرت تجزیه‌پذیری ندارند، مشکلات زیست‌محیطی را ایجاد می‌کنند، یعنی در واقع بازیافت نمی‌شوند (۱۱، ۱۲).

امروزه علم نانوتکنولوژی می‌تواند بر مشکلات مذکور در بخش بسته‌بندی مواد غذایی غلبه کند، به طوری که با افزودن نانو ذراتی مانند خاک رس (Nano clay) و مواد دیگر (مثلاً سیلیکات‌ها) به پلیمرها می‌توان بر این مشکلات (خصوصیات حرارتی، مکانیکی، ممانعت‌کنندگی در برابر آب و گازها) فائق آمد. الحاق نانوذرات خاک رس در یک پلیمر که به صورت نانو کامپوزیت تهیه می‌شود در واقع مشکلات عنوان شده را مرتفع می‌کند (۱۳).

همچنین تیتانیوم نیتريد (Titanium nitride (TiN)) به شکل نانو به عنوان یک افزودنی در مواد پلاستیکی در لیست FCM پذیرفته شده است که در تولید بطری‌های ساخته شده از پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۴).

نانو کامپوزیت‌ها در واقع جایگزینی برای روش‌های سنتی بسته‌بندی توسط پلیمرها به حساب می‌آیند (۱۵). نانوکامپوزیت‌های پلیمری، هیبریدی متشکل از یک پیش‌زمینه پلیمری است که به وسیله فیبرها (صفحات یا ذراتی که حداقل یک بعد در مقیاس نانو دارند) تقویت شده است.

نانو کامپوزیت‌ها ذراتی بین ۱۰۰-۱ نانومتر می‌باشند و به خاطر اندازه آن‌ها خواص ویژه‌ای نسبت به فرم‌های مشابه در ابعاد کوچک ولی معمولی پیدا کرده‌اند. ویژگی‌های منحصر به فرد نانوکامپوزیت‌ها نسبت به بسته‌بندی‌های پلیمری مرسوم عبارت‌اند

Nanoparticle به همراه Food Science و Packaging سال‌های اخیر (۲۰۱۵-۲۰۱۸) انجام شد. تعداد ۸۵۲ مقاله مرتبط بود که از میان آن‌ها ۴۳ مقاله جهت استفاده در این مقاله انتخاب شدند.

یافته‌ها

نانو فناوری عبارت است از شناخت، تولید و به‌کارگیری مواد در ابعاد کوچک‌تر از ۱۰۰ نانومتر در مقیاس اتمی، مولکولی و ماکرو مولکولی. در حقیقت موادی در این گروه جا می‌گیرند که یکی از ابعاد اضلاع آن‌ها از ۱۰۰ نانومتر کوچک‌تر (بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر) باشد. مواد در ابعاد نانو نسبت به سطح به حجم بیشتری در مقایسه با ذرات بزرگ‌تر با همان ترکیب شیمیایی دارند. هر چه اندازه این مواد کاهش یابد، تعداد بیشتری از اتم‌ها در سطح قرار خواهند گرفت (۱).

نانوساختارها را می‌توان به سه گروه اصلی تقسیم‌بندی کرد:

۱- نانولایه‌ها Nano layers. لایه‌ها یک‌بعدی هستند که در دو بعد دیگر توسعه یافته‌اند، مانند؛ فیلم‌های نازک و پوشش‌ها.
۲- نانومیله‌ها و نانولوله‌ها. این گروه در دو بعد در مقیاس نانو بوده و در یک بعد دیگر گسترش یافته‌اند، مثل سیم‌ها و لوله‌ها (Nano rods).

۳- نانوذرات که سه‌بعدی بوده و شامل مواردی همچون دندیرمها، نانوذرات فلزی، فولرین‌ها و نقطه‌های کوانتومی می‌باشند (Nano particles) (۲).

فناوری نانو و سلامت مواد غذایی:

نانوفناوری در حوزه پزشکی و سلامت بسیار تأثیرگذار بوده است و بیشتر کاربردهای آن را در پزشکی و داروسازی می‌توان در دارورسانی به سرطان خلاصه کرد (۳، ۴). تأثیر فناوری نانو و کاربردهای آن در حوزه کشاورزی و صنایع غذایی بی‌شمار است. این کاربردها در مراحل مختلف از جمله بهبود طعم و رنگ مواد غذایی، سلامت غذا، بسته‌بندی و نگهداری مواد غذایی و تولید غذا و فرایندهای غذایی می‌تواند باشد.

فن‌آوری نانو با استفاده از روش‌های گوناگون بخصوص، الف) ضد عفونی و ضد میکروبی نمودن سطوح، ب) حفاظت آنتی‌اکسیدانی، ج) دستورزی و کنترل فعالیت آنزیم‌ها می‌تواند در نگهداری مواد غذایی مؤثر واقع شود (۵).

در پروسه کنترل کیفیت مواد غذایی می‌توان با برنامه‌ریزی جهت به‌کارگیری نانوسنسورها (نانوسیم‌ها و ...) و در ارزیابی سلامت مواد غذایی می‌توان از نانوفیلترها (نانوذرات و نانوالیاف) استفاده نمود (۶).

به‌عنوان مواد ضد میکروبی برای صنعت بسته‌بندی مواد غذایی پیش بینی شده‌اند. محققین به این نتیجه رسیده‌اند که این نانو ذرات به‌طور برگشت‌ناپذیری به باکتری‌های هدف متصل می‌شوند و از چسبیدن آن‌ها به میزبان‌شان و خواص عفونی‌کنندگی آن‌ها ممانعت می‌کنند. برای مثال در بسته‌بندی محصولات ماکیان در جهت کاهش گونه‌های بیماری‌زا از دو نوع ذره می‌توان استفاده نمود؛ یک نوع پلیمر آلی بنام پلی استیرن و دیگری نانو ذرات غیر آلی همراه با پلی ساکاریدها و پلی پپتیدها، یا می‌توان با به‌کارگیری فناوری نانو با استفاده از میکروکپسول‌های نظیر روغن‌های گیاهی و الگها، به‌صورت نانوذرات در بسته‌بندی مواد غذایی با ایجاد یک سد مؤثر، از ورود انواع میکروارگانیسم به مواد غذایی جلوگیری نمود (۱۸، ۲۰).

برای نگهداری انواع آنتی‌اکسیدان‌های حساس همچون انواع ویتامین‌های A, D, E، و یا اسیدهای چرب امگا ۳، β - کاروتن و ... در مواد غذایی همچون انواع ماهی‌ها و یا میوه‌ها، می‌توان از پوشش‌های نانو در مواد غذایی استفاده نمود، که همان‌گونه که ذکر شد این پوشش‌ها مانعی برای تبادلات گاز و رطوبت بوده و به‌عنوان نگه‌دارنده طعم و رنگ و مواد آنتی‌اکسیدانی داخل میوه و آنتزیم‌های آن عمل خواهند نمود، مثل پوشش واکسی نانو ساختاری که در نگهدارنده میوه سیب بکار می‌رود. نانو ذرات همچنین بر روی فعالیت برخی آنتزیم‌ها که منجر به فساد مواد غذایی می‌شوند مؤثر هستند (۲۱).

انواع اصلی نانوذرات ضد میکروبی در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی:

۱- نانو ذرات نقره (Silver Nano particles)

نقره از زمان‌های قدیم به‌عنوان یک عنصر که خاصیت و سیع ضد میکروبی دارد شناخته شده است و گذشته از این دارای فواید فرایندی نظیر پایداری در حرارت بالا و فراریت کم می‌باشد. اغلب نانو کامپوزیت‌هایی که برای بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شوند بر اساس نانوذرات نقره (Agnp) است که اثرات ضد میکروبی دارند (۲۲).

دیده شده است که پلی آمید ۶ همراه با ۰/۰۶ درصد وزنی نانوذره نقره، توانایی زدودن کامل جمعیت باکتریایی را در مدت ۲۴ ساعت دارد، درحالی‌که پلی آمید ۶- میکروکامپوزیت نقره که ۱/۹ درصد وزنی آن نقره است فقط حدود ۸۰ درصد از باکتری‌ها را در همان مدت‌زمان (۲۴hr) می‌کشد و این بیانگر آن است که نانوذرات نقره نسبت به ترکیبات معمولی نقره اثر بهتری در مقابله با میکروارگانیسم‌ها حتی در زمان طولانی‌تر دارند. این امر به دلیل آزاد شدن آهسته‌تر و نیز نسبت سطح به حجم بیشتر نانوذرات نقره می‌باشد (۲۳). به نظر می‌رسد که فعالیت ضد میکروبی نانوذرات

از افزایش مقاومت به کشش، مقاومت حرارتی بالاتر، شفافیت بیشتر، قابلیت تجزیه‌پذیری در طبیعت (زیست‌تخریب‌پذیر بودن) و بهبود خصوصیات ممانعت‌کنندگی در برابر بخار آب و گاز‌ها می‌باشد (۱۶).

درواقع نانوذرات بکار رفته در بسته‌بندی‌ها خصوصیات ویژه‌ای را به آن می‌دهند، اولاً؛ حجم و اندازه مواد بسته‌بندی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای در پوشش‌های نانو تقلیل پیدا می‌کند، ثانیاً؛ ذرات نانو این توانایی را دارند تا قابلیت دوام و استحکام مواد مورد استفاده در بسته‌بندی را تا بیش از ۴۰ درصد افزایش دهند. همچنین نانو مواد می‌توانند دمای ماندگاری و پایداری بسته‌بندی را تا ۳۵۰ درصد افزایش دهند و بنابراین غذا به‌صورت تازه‌تری نگهداری و ماندگار آن افزایش می‌یابد. علاوه بر این، نانومواد مورد استفاده در بسته‌بندی‌ها قادرند تا حد قابل قبولی از نفوذپذیری گازهایی مانند اکسیژن، دی‌اکسید کربن، رطوبت، ترکیبات فرار و اشعه ماوراءبنفش به ماده غذایی جلوگیری نمایند (۱۷).

در مقایسه با سیستم‌های بسته‌بندی مواد غذایی مر سوم که فقط برای نگهداری مواد طرح ریزی شده‌اند (بسته‌بندی فقط یک سد بین غذا و محیط پیرامون آن می‌باشد)، بسته‌بندی‌های هوشمند، فعال و زیست فعال مطرح می‌باشند (۱۸).

بسته‌بندی‌های فعال یا بسته‌بندی‌های اولیه به‌صورت پوشش خوراکی برای فرآورده‌های غذایی مصرف می‌شوند و درواقع به‌صورت یک سد خوراکی ولی بدون عملکرد در برابر شرایط محیطی خارجی، نقش ایفاء می‌کنند درحالی‌که سیستم‌های بسته‌بندی زیست فعال هوشمند و عملکردی هستند، بطوریکه علاوه بر الحاق نانو ذراتی از قبیل نانورس و نانوسیلیکات، می‌توان با افزودن نانوذراتی مانند نقره و ... بر روی پلیمرها، بسته‌بندی‌هایی با خاصیت ضد میکروبی تهیه نمود. درواقع این بسته‌بندی‌ها عوامل آنتی میکروبیال زیست سازگار نظیر یون‌های نقره و ... را بر روی سطح مواد غذا منتشر می‌کنند و بدین طریق از رشد میکروبی و در پی آن از فساد مواد غذایی پیشگیری به عمل می‌آورند (۱۰، ۱۹).

مکانیسم عمل در فعالیت ضد میکروبی مواد در مقیاس نانو می‌تواند به‌صورت ممانعت از رشد میکروارگانیسم و یا به‌صورت کشتن و از بین بردن میکروارگانیسم‌ها باشد. سیستم‌های نانوکامپوزیتی ضد میکروبی به فرم مولکولی مؤثر هستند، یعنی نسبت سطح به حجم بالاتری دارند که سطح تماس با عوامل مخرب همچون میکروارگانیسم‌ها را به‌صورت مؤثری افزایش داده که همین خصوصیت آن‌ها را قادر می‌سازد که نسبت به بسته‌بندی‌های مر سوم بر روی میکروارگانیسم‌ها اثرات بسیار بیشتری داشته باشند (۱۲).

به‌طور کلی نانو ذرات مختلف مانند نانو ذرات اکسید روی، نانو اکسید منیزیم، نانو اکسید مس، نانو دی‌اکسید تیتانیوم و ...

کیتین پس از سلولز فراوانترین پلی ساکارید موجود در طبیعت می باشد و در اسکلت خارجی بند پایانی نظیر حشرات، خرچنگ ها، میگوها، لابسترها و دیواره ی سلولی نوع خاصی از جلبک ها وجود دارد. کیتوزان یک پلی ساکارید خطی است و از کیتین مشتق می شود. گروه های استیل از ساختار کیتین با درجات مختلفی کم می شوند و بر اساس میزان داستیلاسیون، کیتوزان های مختلف تشکیل می شود (۲۹، ۳۰).

کیتوزان ها به صورت فیلم های بیوپلیمری و جاذب در بسته بندی مواد غذایی مصرف می شدند که البته به دلیل مقاومت ناکافی در برابر گرما و سختی، کاربرد آن در صنعت بسته بندی به تهنایی با مشکل مواجه شد. در یکسری از تحقیقات مشخص شد که اضافه کردن نانوذرات رس به کیتوزان ها می تواند موجب بهبود خواص مکانیکی و فیزیکی فیلم های کیتوزانی شود و از میزان حساسیت آن ها نسبت به رطوبت بکاهد، در ضمن کیتوزان به دلیل داشتن گروه آمین و هیدروکسیل، تمایل قوی به یون های نقره دارد و در نتیجه با پیوستن نانو ذرات نقره می تواند اثر ضد میکروبی شدیدی را ایجاد کند. به نظر می رسد که حدود ۲/۱۵ درصد وزنی نانو ذرات نقره در یک کیتوزان کافی است که اشرفشیا کولی را به طور مشخص از بین ببرد و یا غیرفعال کند (در مقایسه با کیتوزانی که به صورت ساده است و با نانو ذرات نقره آغشته نشده است) (۷، ۱۰). در نانو کیتوزان ها یک خاصیت ضد میکروبی قوی بر علیه گونه های وحشی باکتری های گرم منفی و مثبت و همچنین قارچ ها وجود دارد (۱۵، ۳۱، ۳۲).

۴- اکسیدهای فلزی (Metal oxides):

اکسیدهای فلزی مانند؛ اکسید تیتانیوم (TiO₂)، اکسید روی (ZNO) و اکسید منیزیم (MgO) به عنوان عوامل ضد میکروبی مطرح می باشند. یکی از فواید اصلی و مهم اکسیدهای فلزی، پایداری بالای آن ها می باشد. اثر باکتری کشی اکسید تیتانیوم به صورت نانوذرات نوری در سال ۱۹۸۵ بوسیله دانشمندی بنام Matsunaga گزارش شد (۳۳). اکسید روی و اکسید تیتانیوم، اجسام نیمه رسانایی هستند که باعث برانگیخته شدن و جذب اشعه UV می شوند. نانو ذرات اکسید فلزی بر روی سطح میکروارگانیسم ها قرار می گیرند و با جذب اشعه UV خاصیت ضد تابش دارند و منجر به از بین رفتن میکروارگانیسم می شوند. اکسید تیتانیوم به صورت ماده ی گندزای فتوکاتالیتیکی بر روی پوشش سطوح گسترده ای به کار گرفته شده است. اکسید تیتانیوم باعث پراکسیداسیون فسفولیپیدهای غشاء سلولی میکروارگانیسم می شوند و در نتیجه سبب غیرفعال شدن باکتری های پاتوژن در مواد غذایی می شوند (۱۰).

نقره (Agnp) وابسته به رها شدن آهسته یون های نقره باشد (۲۴). مطابق با یافته های کومار، یون نقره به گروه های دهنده الکترون در مولکول های زیستی شامل سولفور، اکسیژن و نیتروژن متصل می شود (۲۵). Feng و همکاران معتقدند که برهمکنش یون های نقره با گروه های تیول در پروتئین ها ممکن است سبب القای غیرفعال شدن آنزیم های باکتریایی شود، همچنین مولکول DNA ممکن است که فشرده شده و توانایی همانندسازی نداشته باشد (۲۶).

۲- کمپلکس نانو ساختار سیلیکات کلسیم- نقره (Ncs) (Nano structured calcium silicate – Ag complexes)

در بعضی از تحقیقات از این کمپلکس که مبنای آن جذب نانوذرات نقره از محلول است استفاده شده است. با اینکه از مقادیر بسیار کم نانوذرات نقره در آن استفاده شده، اثرات ضدباکتریایی بالایی دارد و می تواند به عنوان یک عامل ضدباکتری در بسته بندی مواد غذایی استفاده شود (۲۷).

ترکیب نانوذرات نقره در مواد پلیمری می تواند به صورت پدهای جاذب طراحی شود که این پدها معمولاً در بسته بندی های کوچک جهت جذب آب (به صورت خشک کننده) و مایعات خارج شده از فرآورده های گوشتی استفاده می شوند که به حفظ ظاهر تازه ی غذا کمک می کنند و تا حدودی از فرایندهای غیربهداشتی جلوگیری می نمایند اما نمی توانند باکتری های بیماری زا را حذف کنند و برای حذف میکروارگانیسم ها معمولاً از پدهای جاذب آغشته به نانوذرات نقره استفاده می شود. به عنوان مثال پدهای سلولزی که به صورت پلیمرهای پلی ساکاریدی می باشند همراه با نانو ذرات نقره، به عنوان کنترل کننده ی سطح میکروبی در بسته بندی های مواد غذایی مطرح است. نقره روی دسته ی وسیعی از میکروارگانیسم ها اعم از باکتری های گرم مثبت، گرم منفی، قارچ ها و پروتوزوآها و برخی از ویروس ها اثر ضد میکروبی دارد و به دلیل پایداری در حرارت بالا و فراریت کم حائز اهمیت است و بنابراین می تواند در حین فراوری ماهیت خود را حفظ کند. یون نقره به تدریج آزاد می شود و به یکی از سه طرق زیر بر روی میکروارگانیسم اثر میکروبیو سیدالی دارد؛ الف) یون های نقره با گروه تیول پروتئین ها واکنش می دهند و باعث دناتوراسیون یا تخریب پروتئین ها و در واقع برخی آنزیم ها (از جمله آنزیم های در سطح رونویسی) می شوند و در نتیجه سنتز DNA رخ نمی دهد. ب) نانو ذرات نقره به طور مستقیم به غشاء سلولی میکروارگانیسم آسیب می رسانند. ج) نانو ذرات نقره همچنین ایجاد رادیکال های اکسیژن فعال می کنند که این رادیکال ها برای میکروارگانیسم ها بسیار سمی و کشنده می باشند (۲۸).

۳- کیتوزان (Chitosan)

از بسته‌بندی‌ها یکی نانو ذرات اکسید روی به صورت پودر اضافه شده است و به دیگری هیچ نانوذره‌ای اضافه نشده است و به سومی پودر اکسید تیتانیوم و ۵ درصد نانو ذرات نقره اضافه گردیده است. از طرفی آب‌پرتقال تحت شرایطی کاملاً استریلیزه شده است و سپس مقداری از باکتری لاکتوباسیلوس پلاتاریوم (L.P) به آن تلقیح شده است و در ادامه آب‌پرتقال به این بسته‌بندی‌ها اضافه گردیده است، تا اینکه مقاومت میکروبی در بسته‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد. باید یادآور شد که محققین بر این باورند که وجود ذرات نانو هیچ تأثیری بر خواص بالقوه‌ی این آب‌میوه ندارد.

نتیجه‌ی این تحقیق بیانگر آن است که آب‌پرتقال حاوی لاکتوباسیلوس پلاتاریوم که در فیلم‌های LDPE آغشته شده با نانو ذرات نقره و اکسید روی بسته‌بندی شده بود، مقدار قابل‌ملاحظه‌ای از باکتری‌های داخل خود را از دست داد با این تفاوت که در بسته‌بندی آغشته به پودر اکسید تیتانیوم و ۵ درصد نانوذره نقره (P105)، بیشترین تعداد میکروارگانیسم از بین رفت و علت اینکه در بسته‌بندی LDPE همراه با نانوذرات اکسید روی (LDPE+ 1% ZNO)، تعداد کمتری از باکتری از بین رفته، تجمع و ته‌نشین شدن نانو ذرات اکسید روی در طول تولید فیلم نانو کامپوزیتی می‌باشد که در نتیجه نتوانسته به تمام محلول آب‌پرتقال اثر کند (۳۶).

روی جزء مواد GRAS^۲ است. مواد GRAS یعنی مواد افزودنی که توسط اداره‌ی نظارت بر غذا و داروی آمریکا برای مصرف انسان، سالم و بی‌ضرر تشخیص داده شده باشند. نانو ذرات اکسید روی مقدار کمی خصوصیات ضد میکروبی بر علیه قارچ‌ها و کپک‌ها و مخمرها دارند (۳۷).

فیلم‌های پوشیده شده از نانو ذرات اکسید روی که از جنس PVC می‌باشند، اثرات باکتریواسـتاتیکی و باکتریوسـیدی فوق‌العاده‌ای را بر ضد اشـرشیا کولی از خود نشان می‌دهند.

در یک تحقیق تعداد سلول‌های باکتری اشـرشیا کولی بر روی سیب انبار شده که در کیسه‌های آغشته با نانوذرات اکسید روی حفاظت می‌شدند مورد ارزیابی قرار گرفته و مشاهده شده که در یک روز حدود ۳۰ درصد تعداد این میکروارگانیسم کاهش یافته است. علاوه بر این، فساد میوه‌هایی که با این نانو پوشش‌ها پوشانده شده‌اند، کاهش چشمگیری داشته است و از رشد باکتری‌های سرما دوست هوازی در انبارهایی که از بسته‌بندی‌های آغشته با نانو ذرات اکسید روی بهره می‌برند جلوگیری شده است. بر روی میوه‌های فاقد پوشش، جلبک‌ها و قارچ‌ها و مخمرها رشد می‌کنند. ولی اگر میوه‌ها با پوشش‌هایی که آغشته با نانو ذرات اکسید روی هستند

پوشش اکسید تیتانیوم بر روی فیلم‌های بسته‌بندی باعث از بین رفتن آلودگی اشـرشیا کولی در سطح مواد غذایی می‌شود. فیلم‌های بسته‌بندی آغشته به اکسید تیتانیوم که در معرض نور خورشید قرار می‌گیرند باعث غیرفعال شدن کلی فرم‌های مدفوعی در آب می‌گردند. اکسید تیتانیوم با جذب امواج نور مرئی، کارایی بیشتری در جهت از بین بردن آلودگی‌های میکروبی پیدا می‌کند و فعالیت فتوکاتالیکی آن‌ها در برابر امواج UV افزایش می‌یابد.

معمولاً از ترکیب یک نانو فلز و پلیمر (پلیمر - متال)، در برخی پوشش‌های مواد غذایی استفاده می‌شود که آزاد شدن یون فلزی باعث از بین رفتن یا محدود شدن میکروارگانیسم (باکتری‌ها و قارچ‌ها) در ماده غذایی می‌شود و مقدار کاهش میکروارگانیسم بستگی به مقدار نانوذره‌ای که بر روی پوشش بارگذاری شده است دارد (۱۵).

امروزه یک کمپلکس جدید بنام فریت تیتانیوم استرانتیوم (Strontium titanium ferrite (SrTi1-xFexO3-δ - or STFx) در میان مواد گوناگون در دسته متالواکسیدهای مورد تحقیق، مورد توجه قرار گرفته است و به‌عنوان یک نانوذره ضد میکروبی در گروه متالواکسیدها مطرح است. این ماده از ترکیب محکم بین دو محلول استرانتیوم تیتانات Strontium titanate (SrTiO3 or STO) و استرانتیوم فریت Strontium ferrite (SrFeO3-δ or SFO) به وجود می‌آید (۳۴).

اکسید روی (Zinc oxide) (ZNO)؛

اکسید روی نیز به‌عنوان یک عامل ضد میکروبی عمل می‌کند و فعالیت ضد میکروبی به‌خصوص با تأثیر بر روی اسپوره‌های مقاوم به حرارت از خود نشان می‌دهد و به‌نوعی خواص تولید پراکسید هیدروژن (H2O2) را دارد که برای باکتری‌ها سمی است. فعالیت ضد میکروبی پودر اکسید روی بستگی به افزایش و یا کاهش اندازه ذرات آن دارد. نانو ذرات اکسید روی سطح شیشه معمولاً ته‌نشین می‌شوند و فعالیت‌های ضد میکروبی علیه دو باکتری اشـرشیا کولی (از دسته‌ی باکتری‌های گرم منفی) و استافیلوکوک اورئوس (از دسته‌ی باکتری‌های گرم مثبت) را از خود نشان می‌دهند و نیز روی غشاء باکتری سالمونلا تیفی مورینوم اثر تخریب‌کنندگی دارد (۳۵).

بسته‌بندی‌هایی تحت عنوان LDPE^۱ (پلی‌اتیلن با دانسیته پائین) وجود دارند. کاربرد نانو ذرات اکسید روی بر روی این نوع بسته‌بندی‌ها (LDPE)، در طی یک کار تحقیقاتی مورد ارزیابی قرار گرفته است. بدین ترتیب که انواعی از این بسته‌بندی‌ها برای بسته‌بندی یک نوع آب‌پرتقال در نظر گرفته شده است و به هرکدام

^۲ Generally recognized as safe

^۱ LDPE= Low density poly ethylene

تنها به خصوصیات جذبی آن‌ها محدود نمی‌شود بلکه به خاطر آسیب زدن به باکتری‌ها به دلیل ساختار سوزنی و تخریب آن‌ها و نشت محتویات درونی آن‌ها می‌باشد. در تحقیق دیگری Kang و همکاران ثابت کردند که نانولوله‌های کربنی تک دیواره نسبت به چنددیواره‌ها اثر سمی بیشتری بر روی باکتری‌ها دارند که نشان دهنده آن است که قطر نانولوله یک فاکتور اساسی در خصوصیات ضدباکتری این ترکیبات می‌باشد (۴۲).

کامپوزیت پلاستیک و نانو ذرات مس (PET)

انواع مختلفی از پلاستیک‌های انعطاف پذیر و غیر انعطاف پذیر برای ساختار نانوکامپوزیت‌ها استفاده شده است که شامل پروپیلن، نایلون و پلی‌اتیلن ترفتالات است. یک پلاستیک شفاف بنام دیورتان توسط یک کارخانه تولید می‌شود که آغشته با نانوذرات مس است. نانو ذرات مس در سرتاسر این پلاستیک پخش می‌شوند و از ورود اکسیژن، دی‌اکسیدکربن و رطوبت ممانعت می‌کنند. این نانو ذرات مس پلاستیک را قوی‌تر، سبک‌تر و مقاوم‌تر در برابر حرارت می‌کنند (۴۳).

بحث و نتیجه‌گیری

کلیه موجودات زنده برای ادامه حیات و زندگی در تکاپو و جستجوی غذا هستند این امر بزرگ‌ترین و مهم‌ترین نیاز همه موجودات زنده است، بشر نیز این ضرورت غریزی را دنبال می‌کند. زنجیره غذایی انسان با تأمین غذای سایر حیوانات اهلی و غیراهلی نیز گره خورده است. به گونه‌ای که بشر امروز بایستی منابع غذایی دام‌های خود را نیز تأمین کند تا بتواند نیاز رو به رشد غذایی و تنوع غذایی جامعه را تأمین نماید. نانوتکنولوژی به عنوان یک فناوری نوظهور که در تمام جنبه‌های زندگی بشر وارد شده است، می‌تواند در این مهم هم تأثیرگذار باشد.

واضح است که امروزه نانوتکنولوژی از تولید مواد غذایی تا حمل و نقل و بسته‌بندی و رسیدن به دست مصرف کننده وارد شده است و در تأمین سلامت این مواد و رفع آلودگی‌های مختلف میکروبی هم ایفای نقش می‌کند. روز به روز بر استقبال مردم از محصولات بر پایه نانو افزوده می‌شود و می‌توان این فناوری را نماد کامل همکاری در سلامت مواد غذایی از مزرعه تا سفره در نظر گرفت.

یکی از موارد اثر نانوتکنولوژی در صنایع غذایی رفع آلودگی‌های میکروبی در مراحل مختلف و مخصوصاً در مرحله بسته‌بندی تا مصرف می‌باشد. استفاده از نانوذرات مختلف و کامپوزیت‌های آغشته به نانوذرات، نانوفیلیم‌ها و ... سبب بهبود کیفیت و ماندگاری مواد غذایی شده است.

بسته‌بندی شوند کمتر تحت تأثیر این میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرند. پوشش‌های آغشته به نانو ذرات اکسید روی، نسبت به پوشش‌های آغشته با نانو ذرات نقره، تأثیر کمتری بر قارچ‌ها و مخمرها و جلبک‌ها دارند.

ترکیب اکسید روی با اکسید آهن (FeO)، یک کمپلکس مغناطیسی را ایجاد می‌کند که اثرات پایدارتری را از خود بروز می‌دهند و چنانچه نسبت وزنی Zn/Fe بالا باشد اثرات نانوذره (FeO+ZNO) بیشتر است و این کمپلکس بر روی باکتری‌های گرم مثبت اثر بیشتری نسبت به باکتری‌های گرم منفی دارد (۳۸).

هیدروکسیدهای فلزی (Metal hydroxide):

هیدروکسید کلسیم $(Ca(OH)_2)$:

به عنوان یک عامل ضد میکروبی در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی مطرح و اثر آن وابسته به آزاد سازی یون های OH^- می‌باشد (۳۹).

هیدروکسید منیزیم $(Mg(OH)_2)$:

به عنوان یک عامل ضد میکروبی و به صورت یک افزودنی برای مواد غذایی و دارو ها مطرح است. نانو ذرات و نانوذره های هیدروکسید منیزیم به عنوان یک عامل آنتی میکروبیال بخصوص برای باکتری اشرشیاکولی مورد بررسی قرار گرفته است. مکانیسم اثر آن‌ها به دو صورت می‌باشد:

مکانیسم اول به این صورت است که نانوذرات هیدروکسید منیزیم به درون دیواره ی سلولی میکروارگانیسم نفوذ کرده و باعث تخریب پروتئین های غشاء و در نتیجه منجر به مرگ سلولی می‌شوند. مکانیسم دوم به صورت جذب آب بر روی سطح نانو ذرات هیدروکسید منیزیم است به طوری که یک لایه نازک و رقیق آبی روی یون های OH^- که در اتصال باکتری است تمرکز می‌یابد و در نتیجه باعث تخریب غشاء باکتری می‌شود (۴۰).

۵- نانولوله‌های کربنی

نانولوله‌های کربنی آلوتروپ‌هایی از کربن به شکل لوله‌ای بوده و از گرافیت ساخته شده‌اند. به دلیل خصوصیات منحصربه‌فرد این ذرات، توجه زیادی به آن‌ها در زمینه نانوتکنولوژی و داروسازی شده است. قطر این نانوذرات در حدود چند نانومتر و طول آن چند میلی‌متر می‌باشد. خصوصیات الکتریکی، گرمایی و ساختمانی این ذرات وابسته به طول، قطر و طبیعت دیواره و ... می‌باشد. مساحت سطحی منحصربه‌فرد، استحکام و حالت ارتجاعی سبب توجه زیادی به آن در زمینه‌های مختلف صنعتی و داروسازی شده است (۴۱).

نانو لوله‌های کربن و تورمالین نیز خاصیت و فعالیت ضد میکروبی علیه میکروارگانیسم‌ها دارند و در بسته‌بندی‌ها استفاده می‌شوند. تماس مستقیم با توده‌های نانولوله‌های کربنی سبب از بین رفتن ای کولی می‌شود. فعالیت ضدباکتری نانولوله‌های کربنی

وظیفه سازمان‌های نظارتی در کشورها مانند سازمان غذا و دارو باید این عوارض را بررسی کرده و فقط به موارد بسیار ایمن اجازه تولید و کاربری دهند.

افزایش ماندگاری مواد غذایی و حذف آلودگی‌های میکروبی و جلوگیری از فساد آن‌ها و بسیاری موارد دیگر می‌تواند با کمک این فناوری هر روز بهبود یابد و امید است که همکاری بین علوم سبب ایجاد یک زنجیره غذایی ایمن، سالم و پایدار شود و غذای سالم، جامعه سالم‌تری را به وجود آورد.

در کنار مزیت‌های گفته شده از آنجا که ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ذرات در دنیای نانو تغییر می‌کند، سمیت و اثرات ناشناخته آن‌ها را هم نباید نادیده گرفت. ورود این ذرات به مواد غذایی و یا تماس نزدیک با آن‌ها در بسته‌بندی مواد غذایی ممکن است خطراتی را ایجاد کند. به هر حال علم نانوتوکسیکولوژی به موازات نانوتکنولوژی در حال پیشرفت است و همان طور که کاربردهای بیشتری از این فناوری شناخته می‌شود راه به سمت شناخت سمیت احتمالی آن‌ها نیز هموارتر می‌گردد. به هر حال

References:

- Jain KK. Nanomedicine: application of nanobiotechnology in medical practice. *Med Principle Practice* 2008;17(2):89-101.
- Chaudhry Q, Watkins R, Castle L. Nanotechnologies in the food arena: new opportunities, new questions, new concerns. *Nanotechnol Food* 2010(14):1-17.
- Akhtari J, Rezayat SM, Teymouri M, Alavizadeh SH, Gheybi F, Badiee A, et al. Targeting, bio distributive and tumor growth inhibiting characterization of anti-HER2 affibody coupling to liposomal doxorubicin using BALB/c mice bearing TUBO tumors. *Int J Pharmaceut* 2016;505(1-2):89-95.
- Alavizadeh SH, Akhtari J, Badiee A, Golmohammadzadeh S, Jaafari MR. Improved therapeutic activity of HER2 Affibody-targeted cisplatin liposomes in HER2-expressing breast tumor models. *Expert Opinion Drug Delivery* 2016;13(3):325-36.
- Chaudhry Q, Scotter M, Blackburn J, Ross B, Boxall A, Castle L, et al. Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. *Food Additives Contaminants* 2008;25(3):241-58.
- Karimi MA, Pourhakkak P, Adabi M, Firoozi S, Adabi M, Naghibzadeh M. Using an artificial neural network for the evaluation of the parameters controlling PVA/chitosan electrospun nanofibers diameter. *e-Polymers* 2015;15(2):127-38.
- Naghibzadeh M, Amani A, Amini M, Esmaeilzadeh E, Mottaghi-Dastjerdi N, Faramarzi MA. An insight into the interactions between α -tocopherol and chitosan in ultrasound-prepared nanoparticles. *J Nanomaterials* 2010;2010:44.
- Ghosh V, Mukherjee A, Chandrasekaran N. Ultrasonic emulsification of food-grade nanoemulsion formulation and evaluation of its bactericidal activity *Ultrasonics sonochemistry* 2013;20(1):338-44.
- Valipour S, Ebrahimzadeh M, Mobini GR, Akhtari J. The use of nanoparticles in the formulation of essential oils. *J Shahrekord Uuniv Med Sci* 2017;18.
- de Azeredo HMC. Antimicrobial activity of nanomaterials for food packaging applications *Nano-Antimicrobials*. Springer; 2012. P. 375-94.
- Bott J, Störmer A, Franz R. A model study into the migration potential of nanoparticles from plastics nanocomposites for food contact *Food Packaging and Shelf Life*. 2014;2(2):73-80.
- De Azeredo HM. Nanocomposites for food packaging applications. *Food Res Int* 2009;42(9):1240-53.
- Majeed K, Jawaid M, Hassan A, Bakar AA, Khalil HA, Salema AA, et al. Potential materials for food packaging from nanoclay/natural fibres filled hybrid composites *Materials & Design* 2013;46:391-410.
- Bradley EL, Castle L, Chaudhry Q. Applications of nanomaterials in food packaging with a

- consideration of opportunities for developing countries Trends in food science & technology 2011;22(11):604-10.
15. Alhendi A, Choudhary R. Current Practices in Bread Packaging and Possibility of Improving Bread Shelf-life by Nanotechnology INT J Food SCI Nutr 2013;3:55-60.
 16. Pereira D, Losada PP, Angulo I, Greaves W, Cruz JM. Development of a polyamide nanocomposite for food industry: morphological structure, processing, and properties. Polymer Composites 2009;30(4):436-44.
 17. Huang Y-y, Wang L, HU Q-h. Application of Nano-packaging in Food Preservation and Its Security Assessment [J]. Food Sci 2005;8:148.
 18. Véronique C. Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat-based products. Meat Sci 2008;78(1):90-103.
 19. Duncan TV. Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: barrier materials, antimicrobials and sensors. J Colloid Interface Sci 2011;363(1):1-24.
 20. Cruz-Romero M, Murphy T, Morris M, Cummins E, Kerry J. Antimicrobial activity of chitosan, organic acids and nano-sized solubilisates for potential use in smart antimicrobially-active packaging for potential food applications. Food Control 2013;34(2):393-7.
 21. Li C, Xi-hong L. Preparation of Nano structure TiO₂/PVC film on the Storage of 'Fuji' Apples [J]. Food Sci 2001;7:019.
 22. Kumar R, Münstedt H. Silver ion release from antimicrobial polyamide/silver composites. Biomaterials 2005;26(14):2081-8.
 23. Damm C, Münstedt H, Rösch A. The antimicrobial efficacy of polyamide 6/silver-nano-and microcomposites. Materials Chemistry and Physics 2008;108(1):61-6.
 24. Morones JR, Elechiguerra JL, Camacho A, Holt K, Kouri JB, Ramírez JT, et al. The bactericidal effect of silver nanoparticles. Nanotechnology 2005;16(10):2346.
 25. Murugadoss A, Chattopadhyay A. A'green'chitosan-silver nanoparticle composite as a heterogeneous as well as micro-heterogeneous catalyst. Nanotechnology 2008;19(1):015603.
 26. Feng Q, Wu J, Chen G, Cui F, Kim T, Kim J. A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on Escherichia coli and Staphylococcus aureus. J Biomed Material Res 2000;52(4):662-8.
 27. Johnston JH, Borrmann T, Rankin D, Cairns M, Grindrod JE, Mcfarlane A. Nano-structured composite calcium silicate and some novel applications. Current Appl Physic 2008;8(3):504-7.
 28. Prabhu S, Poulouse EK. Silver nanoparticles: mechanism of antimicrobial action, synthesis, medical applications, and toxicity effects. Int Nano Letters 2012;2(1):1-10.
 29. Kumar MNR. A review of chitin and chitosan applications. Reactive and functional polymers 2000;46(1):1-27.
 30. Fakhar M, Chabra A, Rahimi-Esboei B, Rezaei F. In vitro protoscolicidal effects of fungal chitosan isolated from Penicillium waksmanii and Penicillium citrinum. Journal of parasitic diseases: official organ of the Indian Society for Parasitology 2015;39(2):162-7.
 31. Rahimi-Esboei B, Fakhar M, Chabra A, Hosseini M. In vitro treatments of Echinococcus granulosus with fungal chitosan, as a novel biomolecule. Asian Pacific J Trop Biomed 2013;3(10):811-5.
 32. Yarahmadi M, Fakhar M, Ebrahimzadeh MA, Chabra A, Rahimi-Esboei B. The anti-giardial effectiveness of fungal and commercial chitosan against Giardia intestinalis cysts in vitro. Journal of parasitic diseases: official organ of the Indian Society for Parasitology 2016;40(1):75-80.
 33. Matsunaga T, Tomoda R, Nakajima T, Wake H. Photoelectrochemical sterilization of microbial

- cells by semiconductor powders. *FEMS Microbiol Letters* 1985;29(1-2):211-4.
34. Zhang L, Tan PY, Chow CL, Lim CK, Tan OK, Tse MS, et al. Antibacterial activities of mechanochemically synthesized perovskite strontium titanate ferrite metal oxide. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 2014;456:169-75.
35. Applerot G, Lipovsky A, Dror R, Perkas N, Nitzan Y, Lubart R, et al. Enhanced antibacterial activity of nanocrystalline ZnO due to increased ROS-mediated cell injury. *Advanced Functional Materials* 2009;19(6):842-52.
36. Emamifar A, Kadivar M, Shahedi M, Soleimani-Zad S. Effect of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on inactivation of *Lactobacillus plantarum* in orange juice. *Food Control* 2011;22(3):408-13.
37. Jin T, Sun D, Su J, Zhang H, Sue HJ. Antimicrobial efficacy of zinc oxide quantum dots against *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis*, and *Escherichia coli* O157: H7. *Journal of Food Science* 2009;74(1):M46-M52.
38. Gordon T, Perlstein B, Houbara O, Felner I, Banin E, Margel S. Synthesis and characterization of zinc/iron oxide composite nanoparticles and their antibacterial properties. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 2011;374(1):1-8.
39. Beltes PG, Pissiotis E, Koulaouzidou E, Kortsaris AH. In vitro release of hydroxyl ions from six types of calcium hydroxide nonsetting pastes. *J Endodontics* 1997;23(7):413-5.
40. Dong C, Cairney J, Sun Q, Maddan OL, He G, Deng Y. Investigation of Mg (OH) 2 nanoparticles as an antibacterial agent. *J Nanoparticle Res* 2010;12(6):2101-9.
41. Saito R, Dresselhaus G, Dresselhaus MS. Physical properties of carbon nanotubes: World Scientific; 1998.
42. Kang S, Herzberg M, Rodrigues DF, Elimelech M. Antibacterial effects of carbon nanotubes: size does matter! *Langmuir* 2008;24(13):6409-13.
43. Ben-Sasson M, Zodrow KR, Genggeng Q, Kang Y, Giannelis EP, Elimelech M. Surface functionalization of thin-film composite membranes with copper nanoparticles for antimicrobial surface properties. *Environ Sci Technol* 2013;48(1):384-93.

THE IMPORTANCE OF NANOTECHNOLOGY IN FOOD HEALTH

*Ahmad Mehravaran¹, Sara Assadpour², Fatemeh Firouzi³, Mahdi Fakhar⁴,
Mohammad Reza Shiran⁵, Javad Akhtari^{6*}*

Received: 15 May, 2019; Accepted: 27 Aug, 2019

Abstract

Background & Aims: All organisms struggle to survive and find food. This is the biggest and most important need of all organisms. Meanwhile, food safety is very important. Nanotechnology has penetrated every aspect of human life and plays an important role in the food industry. This technology has changed production and services as well as packaging and specifying the expiration of the food. Metal and metal oxide nanoparticles, chitosan, polymeric nanoparticles, and liposome are the most common particles in the packing and food protection. Here is a review of a number of developments in the nanotechnology over the food industry.

Materials & Methods: This study was a Nonsystematic Review and was searched through the databases Pubmed, SCOPUS, Web of Science, and Google Scholar with the keywords Nanotechnology, Nanoparticle, Packaging, and Food Science in recent years (2015-2018). There were 852 articles of which 43 papers were selected.

Results: Metal and metal oxide nanoparticles, chitosan nanoparticles, polymer nanoparticles, and liposomes are the most commonly used particles in packaging and food preservation. The use of various nanoparticles and nanoparticle-coated composites, nanofilms, etc. has improved the quality and shelf-life of foodstuffs.

Conclusion: Nanotechnology has been able to influence the food industry as an emerging technology that has entered into all aspects of human life.

Keywords: Nanotechnology, Nanoparticle, Packaging, Food

Address: The Health of Plant and Livestock Products Research Center, Department of Medical Nanotechnology, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.

Tel: +981133044502

E-mail: Javad.Akhtari@gmail.com

SOURCE: URMIA MED J 2019; 30(8): 630 ISSN: 1027-3727

¹ Assistance Professor, Infectious Diseases and Tropical Medicine Research Center, Resistant Tuberculosis Institute, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran

² PhD Candidate in Molecular and Cell Biology, Student Research Committee, Molecular and Cell Biology Research Center, Faculty of Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

³ MSc of Microbiology, Department of Microbiology, Faculty of Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

⁴ Associate Professor, Department of Parasitology, Molecular and Cell Biology Research Center (MCBRC), Faculty of Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

⁵ Associate Professor, The health of Plant and Livestock Product Research Center, Department of Pharmacology, Faculty of Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

⁶ Assistance Professor, The Health of Plant and Livestock Products Research Center, Department of Medical Nanotechnology, Faculty of Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran. (Corresponding Author)