

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

نانو مواد آلاینده های نوظهور در مواد غذایی

سودابه پورفاداکاری (نویسنده مسئول)^۱

^۱ استادیار پژوهشی مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات بهداشت محیط سیستمی وانرژی، پژوهشکده علوم زیست پزشکی خلیج فارس دانشگاه علوم پزشکی بوشهر porfadakar@gmail.com

چکیده

بسیاری از مواد که در حال حاضر برای بسته بندی مواد غذایی استفاده می شوند، غیر قابل تجزیه هستند که باعث افزایش آلودگی محیط زیست می شوند. از میان جدیدترین آلاینده های مواد غذایی، آنهایی که منشأ صنعتی دارند، همانند ترکیبات پرفلورینه (PFCs) و مواد نانو، مهم ترین ها هستند که به دلیل استفاده از آن ها در بسته بندی، نگهداری و غیره وارد مواد غذایی می شوند. بسیاری از این ترکیبات سبب نگرانی هایی شده اند زیرا می توانند آسیب جدی به سلامتی انسان وارد کنند و برخی از آنها مشکوک به سرطان زایی هستند. در این مقاله به بررسی یکی از مهم ترین آلاینده های نوظهور در مواد غذایی (نانو مواد) پرداخته شده است.

واژه های کلیدی: نانو مواد، آلاینده نوظهور، مواد غذایی

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

مقدمه

اصطلاح "آلاینده نوپدید" به هر ماده شیمیایی طبیعی و انسان ساخت و یا میکروارگانیسمی اطلاق میگردد که معمولاً در محیط زیست پایش نمیگردد، اما پتانسیل ورود به محیط و ایجاد اثرات سوء مشخص یا مشکوک بر محیط زیست اکولوژی و یا سلامت انسان را دارد. در حال حاضر، این آلاینده ها در برنامه های پایش روتین بین المللی و ملی قرار ندارند؛ سرنوشت، رفتار و اثرات سمی آنها بر محیط زیست اغلب بخوبی درک نشده است؛ تحت پوشش قوانین موجود محیط زیستی بخصوص قوانین کیفیت آب نیستند؛ و تاکنون استانداردهای مرتبط با سلامت انسان برای اکثر آنها وضع نگردیده است (۱). اصطلاح آلاینده های نوپدید صرفاً معادل آلاینده های جدید نمی باشد. چون بسیاری از این مواد در چندین دهه گذشته همزمان با استفاده آنها توسط انسان به محیط وارد شده اند اما اثرات سوء آنها تاکنون ناشناخته باقیمانده و در حال حاضر صرفاً با کمک تکنیک های آنالیزی مدرن و حساس حضور آنها در بخش های مختلف محیط زیست تأیید شده است. بر اساس تحقیقات مربوط به سمیت آلاینده های نوپدید بر روی انسان و محیط، اثرات بهداشتی بالقوه و درک عمومی در مورد آنها و همچنین با توجه به نتایج داده های پایش مربوط به حضور آنها در بخش های مختلف محیط احتمال وضع قانون و تعیین سطوح استاندارد برای این مواد در آینده وجود دارد. با توجه به اینکه آلاینده های نوپدید همواره توسط محققان در حال بررسی هستند و با توسعه مداوم تکنیک های آنالیزی، گستره ترکیبات شناخته شده روز به روز در حال افزایش است، لذا ارائه اطلاعات دقیق و کاملی از تعداد و ماهیت دقیق این مواد بسیار سخت است (۲). با این حال سازمان ها و نهادهای علمی مختلف در سطح جهان بر اساس معیارهای خود اقدام به طبقه بندی این ترکیبات کرده اند. بطور کلی این آلاینده ها می توانند در چند گروه اصلی از جمله مواد دارویی (بخصوص مواد شیمیایی فعال از لحاظ دارویی)، فرآورده های بهداشت فردی، استروئیدها و هورمون ها (عمدتاً ترکیبات مختل کننده غدد درون ریز)، سورفاکتانت ها، ترکیبات پرفلوئورینه، اطفاء کننده های حریق، افزودنی های صنعتی، نرم کننده های مواد پلیمری، محصولات جانبی گندزدایی (حاصل از ترکیب مواد گندزدا با آلاینده های آلی نوپدید)، سموم جلبکی و سیانوباکتریایی، آفت کش های قطبی و همچنین محصولات ناشی از تغییر شکل این ترکیبات طبقه بندی شوند (۳،۴). در حال حاضر یکی از چالش های بزرگ در ایمنی غذا، کنترل خطرات مربوط به انواع آلاینده هاست که دائماً در حال تغییر هستند. در سال های اخیر، فناوری نانو به طور فزاینده ای در صنایع غذایی، به ویژه به منظور افزایش امنیت غذایی مورد استفاده قرار گرفته است. از میان جدیدترین آلاینده های مواد غذایی، آنهایی که منشأ صنعتی دارند، همانند ترکیبات پرفلورینه (PFCs) و مواد نانو، مهم ترین ها هستند که به دلیل استفاده از آن ها در بسته بندی، نگهداری و... وارد مواد غذایی می شوند. بسیاری از این ترکیبات، سبب نگرانی هایی شده اند، زیرا می توانند آسیب جدی به سلامتی انسان وارد کنند و برخی از آنها، مشکوک به سرطان زایی هستند (۵).

کاربرد مواد نانو در صنعت غذایی

امروزه نانو تکنولوژی به عنوان یکی از جدیدترین روش ها در بهبود کیفیت و سلامت مواد غذایی شناخته شده است. بسته بندی مواد غذایی، از عمده ترین کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی است، اخیراً نانو کامپوزیت های پلیمری جهت بسته بندی مواد غذایی مورد توجه قرار گرفته اند که محصولات را از صدمات فیزیکی و آلودگی حفظ می کنند. نانو کپسولهای پلیمری توانایی خاصی را در نگهداری و رها سازی ماده حامل دارا می باشند. هم چنین سیستم های بسته بندی هوشمند به کمک نانو حسگرها صورت می گیرد که به رها شدن مواد شیمیایی ناشی از فساد غذاها حساس هستند و با تغییر رنگ، فساد ماده غذایی را هشدار می دهد. نتایج حاصل از بررسی انواع نانو مواد مانند نانو کامپوزیت های پلیمری، نانو کامپوزیت های زیستی، نانو پلیمرها و نانو فیبریل ها بیانگر امکان کاربرد این ترکیبات، به منظور افزایش عمر انبارداری، امنیت مواد غذایی، کنترل و ردیابی می باشند (۶،۷).

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

الف) طبقه‌بندی راه‌های ورود مواد نانو به مواد غذایی

حوزه‌های کاربردی فناوری نانو در غذا و صنایع غذایی را می‌توان به شش دسته زیر تقسیم‌بندی نمود:

۱. بهبود طعم و رنگ
۲. سلامت غذا
۳. بسته‌بندی
۴. تولید غذا
۵. فرایندهای غذایی
۶. نگهداری غذا

بهبود طعم و رنگ غذا

فناوری نانو، امکان ایجاد خواص مختلف در مواد غذایی را امکان پذیر کرده است به گونه ای که سبب ایجاد احساس طعم و بوی خاصی در مصرف‌کننده میشود. مثلاً تولید سس کم چرب که مزه چربی می‌دهد در حالی که چربی ندارد (۸).

سلامت غذا

برای اطمینان از سلامت غذایی، پژوهشگران در پروژه‌ای از نانو حسگرهای قابل حمل برای یافتن مواد شیمیایی مضر، پاتوژن‌ها و سم‌ها در مواد غذایی استفاده کرده‌اند. با این کار، فرستادن نمونه‌های مواد غذایی به آزمایشگاه‌ها، برای تشخیص سلامت و کیفیت محصولات کشتزارها و کشتارگاه‌ها لازم نیست. هم‌چنین، این پروژه برای کشف پاتوژن‌ها، در حال گسترش کاربردهای زیست تراشه‌های DNA است. این روش، می‌تواند در تشخیص باکتری‌های مضر و متفاوت موجود در گوشت یا ماهی و یا قارچ‌های میوه مؤثر باشد. این پروژه در نظر دارد با گسترش میکرو حسگرهای رشته‌ای، بتواند آفت کش‌های میوه و سبزیجات را به همان خوبی که شرایط محیطی کشتزارها را کنترل می‌کند، تشخیص دهد. این نوآوری به نام حسگرهای Good Food نامیده می‌شود (۷،۹).

بسته‌بندی

بسته‌بندی، چهره کالا است در ترکیب با طرح، نام تجاری و کیفیت، کالا را به راحتی معرفی میکند. بسته‌بندی، در واقع اولین ارتباط مشتری با محصول است. بیشترین کاربردی که نانو در صنعت غذایی دارد، مربوط به بسته‌بندی است چرا که:

- بسته‌بندی، محصول را از صدمات فیزیکی و آلودگی‌ها حفظ می‌کند.
- بسته‌بندی‌های نانویی به سبب کارایی وسیع و مؤثری که در برابر انواع ریزساختارهای زنده دارند، می‌توانند باعث افزایش عمر مفید و ماندگاری دراز مدت محصولات شوند.
- کیفیت ضد میکروبی و خواص ممانعتی آن، بهداشت بهتر، کنترل بیشتر، ممانعت از بی‌رنگی و خسارت کمتر به ساختار آن را سبب می‌شود.

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

- استحکام در مقابل حرارت. یعنی از فساد و پلاسیدگی میوهها و سبزیها در دمای بالا جلوگیری می کند.
- زمان ماندگاری محصولات در بسته بندی های نانو، از سه یا چهار روز به دو تا سه هفته در دمای محیط خارج از یخچال، افزایش می یابد.

انواع بسته بندی های نانو:

الف. بسته بندی کنترل کننده مواد غذایی با استفاده از نانو ذرات: اکسیژن، مسئله سازترین عامل در بسته بندی مواد غذایی است. این عنصر، باعث فساد چربی مواد غذایی و هم چنین باعث تغییر رنگ آنها می شود. در این نوع بسته بندی ها، نانو ذرات به صورت زیگزاگ قرار گرفته اند و همانند سد، مانع از نفوذ اکسیژن می شوند. به بیان دیگر، مسیری که گاز باید برای ورود به بسته طی کند، طولانی می شود. به همین خاطر، مواد غذایی در این بسته ها تازگی خود را بیشتر حفظ می کنند.

ب. بسته بندی هوشمند: در این نوع بسته بندی که برای افزایش عمر مفید محصولات غذایی است، سیستم های بسته بندی قادر خواهند بود پارگی ها و سوراخ های کوچک را با توجه به شرایط محیطی همانند تغییرات دما و رطوبت، ترمیم و از فساد مواد غذایی جلوگیری کنند. در این نوع بسته بندی ها، نانو حسگرهایی وجود دارد که نسبت به گازهای آزاد شده از مواد غذایی و به دنبال آن فساد آنها، به شدت حساس بوده و تغییر رنگ می دهند. این تغییر رنگ، علامت واضحی از سلامت یا فساد مواد غذایی است. این سیستم، بسیار دقیق تر و مطمئن تر از فروش با تاریخ مصرف است (۱۰، ۱۱).

مضرات استفاده از نانو مواد و اثراتی که روی سلامت انسان ها می گذارد

هر فناوری قدرتمندی، به همان میزان که فواید و محاسن بدنیا ل دارد، می تواند مضراتی هم داشته باشد. فعالان عرصه نانو از بدو مطرح شدن آن به دلیل خطرات و نگرانی هایی که ممکن است توسط این فناوری ایجاد شود، توجه داشته و در پی بررسی و رسیدگی به آن ها بوده اند. تغییراتی که در اثر فناوری نانو بوجود می آید، نه در حد و اندازه تغییرات ناشی از انقلاب صنعتی بلکه بسیار فراتر از آن خواهد بود. بهتر است یک گام به جلوتر برویم و با پا نهادن به دنیای عظیم نانو، در پیشرفت این فناوری سهمی داشته باشیم، چرا که در مقابل مضرات آن، فواید بسیاری وجود دارد که قابل شمارش نیست. مهم ترین هدف این فناوری، کمک به بشریت و پاکسازی این جهان است، همانند نانو فیلترها و نانو ماشین ها، نانو حسگرها و یا کاربردهای نانو در صنایع غذایی، در حدود ۱۳۵ درصد کارایی دارد. حال سؤال مهمی که مطرح می شود آن است که چگونه باید با این تغییرات مواجه شد؟ چه سیاست ها و خط مشی هایی باید در خلال پیشرفت و گسترش این فناوری نوظهور لحاظ شود؟ بنابراین، می توان گفت، فناوری نوظهور نانو، نویدبخش زندگی بهتر برای بشریت و رفع بسیاری از مشکلات و ناملازمات موجود است. با این حال، نانو نیز همانند سایر پدیده های نوظهور در کنار نکات مثبت فراوان، کاستی ها و حتی خطراتی را به همراه داشته است. خطر کلی نانو ذرات به پایداری آن ها در مواد زیستی مرتبط است. نانو ذراتی که به راحتی به مواد با سمیت کم تجزیه می شوند، نسبت به نانو ذرات مقاوم در مقابل تجزیه زیستی، از زیان آوری کمتری برخوردارند. شکل و طبیعت سطح نانو ذرات در زیان آور بودن آنها نقش مهمی دارد و در طول چند سال اخیر، سبب تبدیل نانو ذرات به یکی از گروه های نوظهور آلاینده های غذایی شده است. منابع اصلی، شامل وارد شدن آنها به زنجیره غذایی و پسماندهای فناوری های جدید در صنعت تولید مواد غذایی است. در برخی از کشورها، مواد نانو هم اکنون برای بسته بندی غذا، نانورس ها به عنوان سد نفوذی و نانوسیلورها به عنوان عوامل ضد میکروبی، استفاده می شوند. علاوه بر مسیرهای مورد انتظار همانند آلودگی آب آشامیدنی به آلاینده های زیست محیطی، آلودگی زنجیره غذا و ... ، استفاده از نانو مواد در صنعت تولید مواد غذایی، یکی از منابع جدید مواجهه انسان با این مواد است، که ممکن است از طریق مهاجرت نانو ذرات از بسته بندی غذا به درون غذا اتفاق بیفتد. عدم وجود روش های شناسایی و کنترل مهاجرت نانو ذرات در مواد غذایی و شناسایی سمیت آنها، از مهم ترین مشکلات استفاده از نانو ذرات در بسته بندی هاست. به طور مثال، طبق بررسی های انجام

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

شده توسط محققان دانشگاه بینگهمتون، نانوذرات حاوی اکسید روی که به طور گسترده در صنعت بسته بندی مواد غذایی به کار می روند، باعث می شوند که سلول های روده انسان نتوانند مواد مفید موجود در انواع غذا را به خوبی دریافت و جذب کنند. علت استفاده از اکسید روی در صنعت بسته بندی مواد غذایی، خواص ضد میکروبی آنهاست. از این ماده به خصوص برای بسته بندی غذاهای کنسروی استفاده می شود. تا به حال تصور می شد این ماده کاملاً بی خطر و سالم است، اما اکنون مشخص شده که این تصور درست نبوده است. تحقیقات محققان بر روی ذرت، ماهی تن، مارچوبه و مرغ بسته بندی شده با استفاده از اکسید روی این ادعا را به اثبات رسانده است. در برخی موارد، میزان روی مورد استفاده برای بسته بندی این مواد، ۱۰۰ برابر بیشتر از میزان مجاز و قابل قبول بوده است که جذب پروتئین توسط بدن را به میزان زیادی کاهش داده و لذا باید در استفاده از آن در صنعت بسته بندی انواع غذاها، تجدید نظر شود. طبق گزارش های خبری، نانوذرات در آدامس ها، آب نبات ها، خامه ی کیک، تارت ها، کریمر های قهوه، پودینگ ها، ویتامین ها و... وجود دارند. متأسفانه علم کمی درباره اینکه این ذرات چگونه ممکن است در بدن، روی سلامت انسان تأثیر بگذارند، وجود دارد. اما در مطالعه ای حیوانی از دانشگاه کرنل، دانشمندان کشف کردند که پس از خوردن نانوذرات توسط جوجه ها، تغییری در ساختار پوشش دیواره روده ای آن ها به وجود آمد. دانشمندان می گویند که نتایج نشان دهنده این است که نانوذرات، می توانند تغییرات ظریفی که به مشکلات سلامتی منجر می شوند، از قبیل جذب بیش از حد از سایر ترکیبات مضر، ایجاد کنند. اخبار مربوط به نانو ذرات در مواد غذایی هنوز هم جدید است و بسیاری از مصرف کنندگان هنوز از خطرات احتمالی آگاه نیستند. همانند موضوع ارگانیک های اصلاح شده ژنتیکی، به نظر می رسد صنایع اجازه دارند از تکنولوژی جدید استفاده کنند، بدون آنکه ابتدا آن را آزمایش و همه ما را در معرض آزمایش علمی عظیمی قرار دهند که نتایج آن هنوز ناشناخته است (۱۲، ۱۳، ۱۴).

نتیجه گیری و پیشنهادات

دانش نانو به عنوان یک فناوری نوین امکانات بالقوه ای را برای بهبود کیفیت و امنیت غذا فراهم آورده است. بیشترین کاربرد فناوری نانو در زمینه بسته بندی و تشخیص عوامل بیماری زای غذایی می باشد. این دانش سبب ایجاد تحولی عظیم در صنایع بسته بندی به دلیل اصلاح ساختار مواد در سطح مولکولی شده است و هم اکنون امکان تولید صنعتی آن ها فراهم می باشد. برای استفاده گسترده از فناوری نانو در بسته بندی مواد غذایی باید موضوعات مهمی را در نظر گرفت. مهمترین آنها مسئله ایمنی است، زیرا ممکن است نانو ذرات از ظروف بسته بندی مواد غذایی وارد غذا شوند. با این وجود تحقیقات جامع تری به منظور بررسی تأثیر تماس نانوذرات مختلف با مواد غذایی بر روی سلامتی انسان در طولانی مدت با توجه به توانایی آن ها در عبور از غشا سلولی مورد نیاز است. در حال حاضر، مصرف کنندگان از نظر دانستن اینکه آیا محصولات نانو در محصولات ما وجود دارد یا نه، عمدتاً ناآگاه هستند. ضمناً اداره ایمنی غذایی اروپا، تولیدکنندگان را ملزم می کند که مواد غذایی حاوی نانوذرات را برچسب دار کنند. ما می توانیم برخی از اقدامات احتیاطی زیر را همچنین انجام دهیم. فراتر از آن، بهتر است از شرکت هایی خرید کنیم که مایل به بیان لیست کامل ترکیبات استفاده شده در محصولات و یا عدم استفاده از نانوذرات هستند.

محصول خود را در لیست بین المللی دانش پژوهان وودرو ویلسون در زمینه پروژه نانو تکنولوژی های نوظهور بررسی کنید. این لیست نشان می دهد کدام محصولات، از جمله غذاها و مکمل ها، حاوی نانومواد هستند. این فهرست جامع و مفصل نیست، اما به عنوان نقطه شروع خوب است.

- تا حد امکان از غذاهای تازه محلی استفاده کنید. دور غذاهای بسته بندی شده و فرآوری شده، که در آن ها امکان حضور نانوذرات بیشتر است، خط بکشید.
- تا جایی که ممکن است از غذا های ارگانیک مصرف کنید.
- از خوردن محصولات دستکاری شده ژنتیکی (GMO) اجتناب کنید.

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

➤ محصولات خود را برای اطلاعات بیشتر در مورد نانوذرات بالقوه در Skin Deep Database بررسی کنید. حواستان باشد کلماتی مانند “nanodelivery system” نشان‌دهنده حضور نانوذرات است، اما به یاد داشته باشید که شرکت‌ها ملزم به افشای نانوذرات بر روی برچسب نیستند.

منابع

- [1]. Hutzinger O, Barcelo D, Kositanoy A. The handbook of environmental chemistry; Emerging Contaminants from Industrial and Municipal Waste, Occurrence, Analysis and Effects. Volume 5, Water Pollution, PartS/1, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
- [2]. Bolong N, Ismail A.F, Salim M.R., Matsuura T. A review of the effects of emerging contaminants in wastewater and options for their removal. Desalination 239 (2009) 229–246.
- [3]. Diana S. Aga. Fate of Pharmaceuticals in the Environment and in Water Treatment Systems. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008.
- [4] World Health Organization. Emerging Issues in Water and Infectious Disease. WHO, Geneva, 2003.
- [5]. Joseph, T. and M. Morrison. Nanotechnology in agriculture and food. Institute of Nanotechnology, 84(2006): 1-13.
- [6]. Chaudhry, Q., L. Castle and R. Watkins. Nanotechnologies in Food. Royal Society of Chemistry.2010
- [7]. Sozer, N. and J.L.Kokini..Nanotechnology and its applications in the food sector. Trends in Biotechnology. 2009, 27(2): 82-89.
- [8]. SHIVRAJ HARIRAM NILE, VENKIDASAMY BASKAR, DHIVYA SELVARAJ, Nanotechnologies in Food Science: Applications, Recent Trends, and Future Perspectives, NANO-MICRO LETTERS 2020 (12), ARTICLE NUMBER: 45
- [9]. GAVRILESCU M, DEMNEROVÁ K, AAMAND J, AGATHOS S, FAVA F. EMERGING POLLUTANTS IN THE ENVIRONMENT:PRESENT AND FUTURE CHALLENGES IN BIOMONITORING, ECOLOGICAL RISKS AND BIOREMEDIATION. NEW BIOTECHNOLOGY.2015;32(1):147-56.
- [10]. Miller, G. and R. Senjen., 2008. Nanotechnology used for food packaging and food contact materials. Nanotechnology in Food and Agriculture. 2008 (2): 14-68.
- [11]. Brody, A.L., 2006. Nano and food packaging technologies converge. Food Technology. 60(3): 92-94.
- [12]. Antonio Pietroiusti, Helene Stockmann-Juvala, Francesca Lucaroni, Nanomaterial exposure, toxicity, and impact on human health 2018, <https://doi.org/10.1002/wnan.1513>
- [13]. Arindam Malakar, Sushil R.Kanel, Chittaranjan Ray, Nanomaterials in the environment, human exposure pathway, and health effects: A review, Science of The Total Environment, 2021(759): 143470

یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

[14]. Irina Guseva Canu, Paul A Schulte, Michael Riediker, Methodological, political and legal issues in the assessment of the effects of nanotechnology on human health, J Epidemiol Community Health 2017;1–6. doi:10.1136/jech-2016-208668