



● استفاده از فناوری نانو در صنایع کشاورزی
و نگهداری مواد و محصولات کشاورزی

● محمد مهرآبادی

استفاده از نانو جاذب در انبارداری محصولات کشاورزی:

طبق آمار سازمان خواروبار جهانی (FAO)، یک چهارم از غذایی که در کشورهای در حال توسعه تولید می‌شود به سبب فساد و گندیدگی به دلایل مختلف و در فرآوری‌های پس از برداشت هدر می‌رود. این آمار در مورد برخی میوه‌ها و سبزی‌ها تا ۵۰ درصد تخمین زده شده است. ایران به‌طور متوسط سالانه ۲۵ میلیون تن میوه و سبزی تولید می‌کند که میزان ضایعات این حجم از تولید به‌صورت سالانه ۶.۷ میلیون تن به‌عبارت‌دیگر بیش از ۳۰ درصد تولید محاسبه می‌شود. این در حالی است که میزان ضایعات در کشورهای توسعه‌یافته ۷ الی ۱۰ درصد تولید است.

جدا شدن میوه از درخت سبب بروز یکسری تغییرات فیزیولوژیک در میوه می‌شود لذا لازم است به‌سرعت نسبت به حمل و نگهداری آن در سردخانه اقدام شود. یکی از مهم‌ترین عوامل فساد میوه و برخی محصولات کشاورزی حمل نامناسب و تأخیر در انتقال به سردخانه است. به‌گفته متخصصین کشاورزی در اثر هر روز تأخیر در انتقال میوه‌ها حدود دو هفته از عمر میوه کاسته می‌شود؛ زیرا در این مرحله حساسیت محصول به عواملی نظیر کاهش رطوبت، گاز اتیلن، آفات و بیماری‌ها به میزان قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.

گاز اتیلن ساده‌ترین هورمون گیاهی است که سبب بروز اثرات فیزیولوژیک مختلفی در گیاه و میوه می‌شود. این هورمون به علت تأثیر بر رسیدن میوه، هورمون پیری نیز نام گرفته است. اثر اتیلن پس از رسیدگی به‌صورت تغییر رنگ، کاهش استحکام میوه و نهایتاً لهیدگی آن بروز می‌کند.

افزایش گاز اتیلن در محیط نگهداری میوه سبب رسیدگی بیش‌ازحد، تغییر در نسبت قند به اسید، تغییر در رنگ و فساد آن می‌شود. از طرفی افزایش این گاز شرایط مناسبی برای رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌هایی نظیر بوتیریس، مونیللا، پنی‌سیلیوم و... ایجاد می‌کند. با آلوده شدن یک میوه سایر میوه‌ها نیز در معرض این میکروب‌ها قرار می‌گیرند و به‌سرعت ضایعات انبارداری افزایش پیدا می‌کند.

روش‌های مختلفی برای کنترل و خنثی‌سازی گاز اتیلن وجود دارد که علاوه بر مزایا با معایبی نیز همراه است. سوزاندن گاز اتیلن با استفاده از حرارت و گاز ازن یکی از این روش‌ها است. استفاده از این روش به‌رغم راندمان بالا، هزینه‌های زیادی دارد. به‌علاوه استفاده از گاز ازن سبب خوردگی تجهیزات سردخانه شده و با اثر زیانباری برای سلامتی همراه است. استفاده از موادی نظیر MCP یکی دیگر از روش‌ها به‌شمار می‌آید. این مواد به عنوان موادی که از نظر ساختاری شبیه اتیلن هستند؛ قادرند گیرنده‌های اتیلن را اشغال نمایند؛ اما استفاده از این مواد نیز فارغ از راندمان بسیار بالا، سبب بهم خوردن تعادل اتیلن درونی و بیرونی میوه می‌شود و نیازمند مهارت بالایی است.

مخرب، ضمن ترکیب و واکنش با مولکول‌های ماده هدف باعث تغییر شیمیایی و خروج آن از محیط می‌شوند. یکی از کاربردهای مهم این ترکیبات مبتنی بر فناوری نانو، کاربرد آن‌ها در کشاورزی و در صنایع پایین‌دستی آن به‌ویژه در فرآورده‌های پس از برداشت و انبارداری محصولات است.

ازجمله نانوجاذب‌ها که در بحث خنثی‌سازی اتیلن کاربرد دارد، می‌توان به نانوجاذب ژئولیتی (ترکیب رس مصنوعی و پرمنگنات پتاسیم) اشاره نمود که یکی از مؤثرترین فرآورده‌های کنترل گاز اتیلن است. در این روش نانو جاذب ضمن جذب گاز اتیلن، به‌صورت شیمیایی با آن واکنش داده و سبب حذف این گاز از محیط و جلوگیری از اثر مخرب آن می‌شود.

این نانوجاذب از نانوذرات متخلخل ژئولیت ساخته‌شده است که کانال‌ها و شبکه‌های حاصل از این تخلخل ابعاد نانومتری دارند. در این کانال‌ها کاتالیزورهای ویژه‌ای نظیر پرمنگنات پتاسیم اندود شده است. مولکول‌های گاز اتیلن و میکروارگانیسم‌های موجود در هوای محیط بعد از ورود به کانال‌های نانومتری ژئولیت در حضور کاتالیزورها، خنثی شده و از بین می‌روند. در نتیجه هوای تصفیه‌شده و عاری از میکروارگانیسم‌ها و مولکول‌های گاز اتیلن به محیط برگردانده می‌شود.

یکی از ویژگی‌ها نانوجاذب ژئولیتی افزایش نسبت سطح به حجم در آن است. با توجه به محدودیت سطح در حالت معمولی و بدون حضور فضای متخلخل ژئولیت، مولکول‌های کاتالیزور (پرمنگنات پتاسیم) توانایی کمتری برای خنثی‌سازی گاز اتیلن دارند. هر گرم گرانول نانوجاذب ژئولیتی با توجه به وجود کانال‌ها و شبکه‌های نانومتری موجود در آن، سطحی معادل ۴۰۰ مترمربع ایجاد می‌کند که با حضور مولکول‌های کاتالیزور در آن‌ها سطح واکنش افزایش و راندمان خنثی‌سازی اتیلن افزایش می‌یابد.

نانو جاذب ژئولیتی در ابعاد مختلفی عرضه شده است؛ ویژه حمل‌ونقل، در سردخانه‌های میوه و در بسته‌های صادراتی و مصارف خانگی. در سردخانه‌های میوه، نانوژئولیت به‌عنوان فیلتر و همراه با ماشین‌های ویژه خنثی‌کننده اتیلن ارائه می‌شود. این ماشین‌ها در اندازه‌های متفاوت و متناسب با ظرفیت و حجم سردخانه‌ها طراحی شده‌اند. ماشین‌های خنثی‌کننده اتیلن از فن‌های بسیار قوی بهره می‌برند و می‌توانند با قرار گرفتن در مسیر سیرکولاسیون هوای سردخانه بیشترین کارایی را داشته باشند.

فناوری نانو در بسته‌بندی هوشمند محصولات کشاورزی:

بسته‌بندی هوشمند با استفاده از فناوری نانو، توانایی اثرگذاری در بسیاری از زمینه‌های صنایع غذایی را دارد. این علم و فناوری جدید می‌تواند نقاط ضعف صنعت بسته‌بندی را برطرف کند. به‌عنوان مثال فیلم‌هایی با ساختارهای نانویی و نیز با افزودن برخی مواد در ساخت آن‌ها، به تولید بسته‌بندی‌هایی ختم می‌شود که



می‌تواند از تهاجم عوامل بیماری‌زا و میکروب‌ها و دیگر میکروارگانیسم‌هایی که بهداشت و سلامت غذا را به خطر می‌اندازد، جلوگیری کنند.

همچنین نانو حسگرهای بکار رفته در بسته بندی مواد غذایی، می‌تواند برای نمایش کیفیت مواد غذایی بسته بندی شده و اعلام وضعیت سلامت آن بکار رود.

این بسته‌بندی‌ها می‌توانند تغییرات و فساد محتویات درون خود را آشکار سازند و به مصرف‌کننده، مواد مغذی نشان دهند و قبل از فاسدشدن غذا به وی اطلاع دهند.

بسته‌بندی هوشمند یکی از بهترین راه‌ها برای تشخیص سلامت خوراکی‌هاست و همین‌طور یک راه مفید برای افزایش عمر محصول است چون می‌تواند به‌صورت هوشمند سوراخ‌ها و درزهای کوچکی که ممکن است وجود داشته باشد را ترمیم و اگر محصول دچار فساد شده باشد مصرف‌کننده را مطلع سازد. این بسته‌بندی‌های هوشمند می‌توانند تشخیص بدهند که چه موقع تاریخ مصرف گوشت، ماهی و حتی سالاد گذشته و یا بیرون از یخچال بوده است. اگر بسته‌بندی غذا به هر ترتیب باز شده و یا آسیب‌دیده باشد این سیستم به مصرف‌کننده هشدار می‌دهد.

از دیگر کاربردهای فناوری نانو در صنایع غذایی ایجاد پلاستیک‌های جدید در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی است. در تولید این پلاستیک‌ها از فناوری نانو ذرات استفاده شده است. اکسیژن مسئله‌سازترین عامل در بسته‌بندی مواد غذایی است زیرا این عنصر باعث فساد چربی مواد غذایی و همچنین تغییر رنگ آن‌ها می‌شود. در این پلاستیک جدید نانو ذرات به‌صورت زیگزاگ قرار گرفته‌اند و مانند سد مانع از نفوذ اکسیژن می‌شوند.

به‌بیان دیگر مسیری که گاز باید برای ورود به بسته طی کند طولانی می‌شود. به همین خاطر مواد غذایی در این بسته‌ها تاگی خود را بیشتر حفظ می‌کنند.

شرکت sharper image ظروفی را تولید کرده که در آن از نانو ذرات نقره‌ای استفاده شده است که خاصیت ضد باکتریایی دارند. ادعای این شرکت این است که مواد غذایی در این ظروف ۳-۴ برابر تازه‌تر می‌مانند.

شرکت voridran از impern در تولید بطری‌های نوشابه استفاده کرده است. impern نوعی پلاستیک است که همراه نانو ذرات رس چیزی شبیه شیشه ولی محکم‌تر را به وجود آورده و طوری طراحی شده که از خروج دی‌اکسید کربن نوشابه‌ها و ورود اکسیژن جلوگیری می‌کند.

شرکت kraft روی پروژه «زبان الکترونیکی» کار می‌کند تا این ویژگی را به بسته‌بندی هوشمند اضافه کند. این نوع بسته‌بندی نانو حسگرهایی دارد که قادر است با توجه به گازهایی که در اثر فساد ماده غذایی آزاد می‌شود تغییر رنگ داده و مشتری را آگاه کند.

شرکت دیگری به نام Bayer polymer کیسه‌ای پلاستیکی Durethan KU2-2601 تولید کرده که این پوشش سبک و محکم است و مقاومت بیشتری نسبت به گرما دارد. هدف اصلی آن جلوگیری از خشک شدن ماده غذایی و محافظت

در برابر رطوبت و اکسیژن است چراکه غنی از نانو ذرات در برابر رطوبت و اکسیژن است چراکه غنی از نانو ذرات سیلیکات است و این ذرات از نفوذ اکسیژن و... جلوگیری می‌کنند.

شرکت Agromicron افشانه‌ای تولید کرده که سطح میکروب‌هایی مثل سالمونلا را می‌پوشاند و باعث ایجاد نور می‌شود!

نانو حسگرهای قابل حملی هم تولید شدند که با استفاده از آن‌ها می‌توان باکتری‌های موجود در مواد غذایی را تشخیص دهند. این نانو حسگرهای قابل حمل برای یافتن مواد شیمیایی مضر، پاتوژن‌ها و سم‌ها در مواد غذایی استفاده می‌شوند. همچنین این پروژه، در حال توسعه به کارگیری زیست‌تراشه‌های DNA

برای کشف پاتوژن‌هاست. این روش می‌تواند در تشخیص باکتری‌های مضر و متفاوت موجود در گوشت یا ماهی و یا قارچ‌های میوه مؤثر باشد. با استفاده نمودن از این حسگرها در بسته بندی مواد غذایی می‌توان از فساد مواد آگاهی یافت. به این حسگرها، حسگرهای Good Food می‌گویند.

بسته‌بندی‌های فعال از بسته‌بندی‌های هوشمند یک گام جلوتر هستند. این نوع بسته‌بندی‌ها طوری طراحی می‌شوند که به‌محض شروع فساد در ماده غذایی از خودشان مواد نگه‌دارنده آزاد می‌کنند.

صنعت بسته‌بندی هوشمند از آنچه پیش‌بینی می‌شد جلوتر رفته است و دلیل آن می‌تواند علاقه مشتریان به مصرف محصولات تازه باشد.

نانو حسگرهای زیستی:

نانو حسگرهای زیستی ابزارهایی هستند که از تلفیق ابزارهای شیمیایی، فیزیکی و زیستی به دست آمده‌اند. این حسگرها شامل ترکیبات زیستی مانند یک سلول، آنزیم و یا آنتی‌بادی متصل به یک مبدل انرژی هستند و قادرند تغییرات ایجاد شده در مولکول‌های اطراف خود را گزارش دهند. این گزارش‌ها توسط سیگنال‌هایی که مبدل انرژی به تناسب با مقدار آلودگی تولید می‌کند، دریافت می‌شوند؛ بنابراین اگر تجمع زیادی از عامل بیماری در اطراف این حسگرها وجود داشته باشد سیگنال‌های قوی فرستاده می‌شوند. ارزیابی حضور آلاینده‌ها در محیط توسط حسگرها در چند دقیقه میسر است اما با استفاده از روش‌های رایج حداقل

۴۸ ساعت زمان برای تشخیص نیاز است. امروزه با توجه به افزایش جمعیت و همچنین بالا رفتن عرضه و تقاضا، به کارگیری نانو حسگرهای زیستی در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی و محصولات کشاورزی می‌توان سبب تسهیل در امر مدیریت محصولات شد.

فناوری نانو در نگهداری غلات:

محققان استرالیایی با استفاده از نانو ذرات سیلیکا، روشی برای محافظت از غلات ارائه کردند که اثربخشی آن طولانی مدت بوده و برای محیط‌زیست خطری ندارد. پژوهشگران

دانشگاه آدلاید با استفاده از فناوری و بهره‌گیری از یک جلبک تک‌سلولی موفق به ارائه روش جدیدی برای محافظت غلات از گزند حشرات شدند. این گروه تحقیقاتی از خواص منحصربه‌فرد این جلبک تک‌سلولی موسوم به دیاتوم برای این کار استفاده کردند. دیاتوم‌ها به‌عنوان کارخانه‌های طبیعی تولید نانو ساختار شناخته می‌شوند زیرا قادر به تولید نانو ساختارهایی از جنس سیلیکا هستند که خواص جالب توجهی دارند. به دلیل کثرت استفاده از حشره‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها برخی از گونه‌ها مقاومت ذاتی نسبت به این حشره‌کش‌ها پیدا کرده‌اند. همچنین تقاضا برای خرید غلات اورگانیک رو به افزونی است. عوامل ذکرشده، دو عامل اصلی برای توجیه این طرح بوده است. محققان این پروژه از سیلیکای غیر سمی و طبیعی که از دیاتوم‌ها ایجاد شده برای این کار استفاده کردند. نانو ساختارهای سیلیکا موجب آگاهی از بدن حشرات شده و در نهایت از غلات محافظت می‌کند. نتایج کار نشان داده است که این روش از نظر محیط‌زیستی مناسب بوده و اثربخشی بالایی روی حشرات دارد. از سوی دیگر طول عمر این نانو ساختارها بسیار طولانی است. در نتیجه از این روش می‌توان برای غلات ذخیره‌شده استفاده کرد به‌طوری‌که غلات در درازمدت محافظت شده، بدون این‌که نیاز به استفاده از آفت‌کش باشد.

راه‌اندازی خط تولید واکس نانو محافظ میوه:

با طراحی پوشش خوراکی محافظ میوه که با نام تجاری «کتین سیل» به بازار عرضه می‌شود باعث ایجاد یک لایه بسیار نازک خوراکی، براق و شفاف بر روی میوه‌ها می‌شود که تنفس و کاهش وزن میوه‌ها را به‌گونه‌ای کنترل می‌کند که باعث تبادل گازهای مناسب در میوه شود. این محصول با کنترل نرخ تبادل رطوبت میوه و جلوگیری از کاهش آب آن‌ها، کیفیت ظاهری و داخلی میوه، شادابی، طعم و بوی طبیعی آن را حفظ می‌کند. همچنین پوشش خوراکی محافظ میوه منجر به افزایش طول عمر آن تا چندین برابر پس از برداشت می‌شود و از فاسدشدن داخل میوه‌ها برای انبارداری و صادرات جلوگیری می‌کند. مواد اولیه موجود در پوشش خوراکی محافظ میوه این شرکت فناوریانه از امولسیونف لیپید، پایدارکننده، برنج و عسل بوده ولی در نمونه‌های خارجی علاوه بر قیمت ۴ برابری آن، از مواد سمی نظیر گوگرد و پیمر استفاده شده است.

این محصول خوراکی که ضد قارچ و ضد باکتری هست، با ایجاد یک لایه استریل سطحی موجب جلوگیری از نفوذ میکروارگانیسم‌ها در مرکبات می‌شود و معمولاً به میزان یک کیلوگرم برای یک تن میوه استفاده می‌شود.

