کاربرد فناوری نانو در کشاورزی و صنایع غذایی
(مورد مطالعه شرکت صنایع غذایی سحر همدان)

رسول مالکی و مریم محمدی

دانشجوی دکتری توسعه کشاورزی، کارشناس مسئول واحد مهندسی کشاورزی شرکت صنایع غذایی سحر همدان، Email: r_maleki_r@yahoo.com

دانش آموخته کارشناسی صنایع غذایی، کارشناس تولید شرکت صنایع غذایی سحر همدان، Email: maria.mohamadi97@gmail.com

چکیده

فناوری نانو به عنوان یک فناوری نوین در توسعه بسیاری از عرصه‌های علمی و صنعتی، توانسته است به خوبی جایگاه خود را در علوم کشاورزی و صنایع وابسته آن به اثبات برساند و امروزه بیشتر کاربردهای نانو در این عرصه تجاری‌سازی شده است. مقاله حاضر، یک مقاله مروری است و با توجه به اطلاعات گردآوری شده، کاربرد نانو در صنعت غذا، در ۵ بخش کشاورزی، ماشین آلات و تجهیزات، فراوری، بسته‌بندی و انبارداری تنظیم گردیده است. مورد مطالعه این تحقیق شرکت صنایع غذایی سحر همدان می‌باشد و مطالب متناسب با فرایندهای موجود در این شرکت جمع‌آوری شده است. استخراج DNA از گیاهان، افزایش کارایی تغذیه گیاهان با نانوکودهای شیمیایی، صرفه‌جویی در مصرف آب و اصلاح خاک با استفاده از نانو سوپرجاذب و افزایش ماندگاری محصولات کشاورزی با استفاده از نانوجاذب‌های زئولیتی از کاربردهای نانو در کشاورزی است، همچنین فناوری نانو می‌تواند در پردازش غذا، در تثبیت و پوشش‌دهی آنزیم‌ها، در امولسیون‌های مواد غذایی، نقش فناوری نانو در سنتز غذا، درحامل‌های لیپیدی در صنایع غذایی، در فیلتراسیون و رویکردهای دستکاری مواد نفش داشته باشد.

کلمات کلیدی: فناوری نانو، کشاورزی، صنایع غذایی

۱- مقدمه

رشد روزافزون جمعیت و کمبود مواد غذایی از یک سو و نابودی بخش مهمی از منابع زیست‌محیطی کره زمین به دلیل استفاده بی‌رویه از سوی دیگر، لزوم تغییر نگرش جدی نسبت به مدیریت بخش کشاورزی و صنعت غذا در سطح جهانی را نمایان می‌سازد.

جمعیت کنونی جهان حدود ۷٫۶۳ میلیارد نفر می‌باشد که از این تعداد ۰٫۸۳ میلیارد نفر دچار سوء تغذیه هستند (worldometers, 2018)، به این ترتیب نزدیک به ۱۱ درصد جمعیت جهان از گرسنگی و سوء تغذیه رنج می‌برند. این در حالی است که با براورد جمعیت جهان بالغ بر ۹ میلیارد نفر در سال ۲۰۵۰، نیاز غذایی به ۳ برابر افزایش می‌یابد. باید توجه داشت که عوامل تولید یعنی آب، خاک و انرژی متناسب با آن رشد نخواهد کرد. مطابق با تعریف بانک جهانی منظور از امنیت غذایی، دسترسی همه مردم در تمام اوقات به غذای کافی برای داشتن یک زندگی سالم است، بنابراین امنیت غذایی به دلیل محدودیت منابع تولید آب، خاک، انرژی و رشد جمعیت در معرض خطر می‌باشد و این نقیصه با تعامل صنعت و کشاورزی به ویژه مکانیزاسیون کشاورزی در حال کاشت، داشت و برداشت، انبارداری و فراوری محصولات کشاورزی قابل حل می‌باشد (اعرابی، ۱۳۹۰).

ورود نسل اول فناوری‌ها به عرصه کشاورزی، در چند دهه گذشته، منجر به وقوع انقلاب سبز و گذر از کشاورزی سنتی به کشاورزی صنعتی گردید. در این دوره تغییرات چشم‌گیری در میزان کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی صورت گرفت که البته در کنار آن استفاده بی‌رویه از منابع، مشکلاتی را نیز در پی داشت. اکنون با گذشت سال ها از وقوع انقلاب سبز و کاهش مجدد نسبت رشد تولیدات کشاورزی به جمعیت جهان، لزوم به کارگیری فناوری‌های جدید در صنعت کشاورزی و غذا بیش از هر زمان دیگری آشکار است.

فناوری نانو به عنوان یک فناوری نوین در توسعه بسیاری از عرصه‌های علمی و صنعتی، توانسته است به خوبی جایگاه خود را در علوم کشاورزی و صنایع وابسته آن به اثبات برساند و امروزه بیشتر کاربردهای نانو در این عرصه تجاری‌سازی شده است. ورود فناوری نانو به صنعت کشاورزی و صنایع غذایی، متضمن افزایش میزان تولیدات کشاورزی و کیفیت آنها، در کنار حفظ محیط‌زیست و منابع کره زمین می‌باشد. فناوری نانو، از علومی است که می‌توان از آن در امر تولید مواد غذایی بهره برد و این فناوری پتانسیل لازم برای ایجاد انقلابی عظیم در بخش کشاورزی را دارد. با وجود اینکه در سال‌های گذشته، استفاده از علم نانو در زمینه کشاورزی، بیشتر جنبه نظری داشته است، اما در سال‌های اخیر کاربرد آن به صورت عملی نیز امکان‌پذیر شده و در آینده نیز این مسیر رو به رشد ادامه خواهد داشت و اثرات شگرف آن هر روز بیش از پیش مشخص خواهد گردید (ولی‌پور و همکاران، ۱۳۹۴).

۲- مواد و روش‌ها

مقاله حاضر، یک مقاله مروری است و روش تحقیق، روش کتابخانه‌ای می‌باشد که داده‌ها و اطلاعات آن از طریق مطالعه منابع و مأخذ مختلف جمع‌آوری شده است. در اجرای تحقیق، با برخی محققان و صاحب‌نظران حوزه نانو، کشاورزی و صنایع غذایی، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته انجام

شد و از نظرات آنان در تکمیل مطالب استفاده گردید. همچنین از سایت statnano.com که پایگاه معتبری در معرفی فناوری‌های نانو که تجاری‌سازی شده‌اند، بهره گرفته شد. با توجه به اطلاعات گردآوری شده، کاربرد نانو در صنعت غذا، در ۵ بخش زیر تنظیم گردید:

۱- کاربرد نانو در کشاورزی و پرورش محصولات مختلف زراعی و باغی مورد استفاده در صنایع غذایی

۲- کاربرد نانو در بهبود کار با ماشین‌آلات و تجهیزات مورد استفاده در صنایع غذایی

۳- کاربرد نانو در فراوری و تبدیل محصولات کشاورزی

۴- کاربرد نانو در بسته‌بندی مواد غذایی فرآوری شده

۵- کاربرد نانو در نگهداری و انبارداری مواد غذایی فرآوری شده

مورد مطالعه این تحقیق شرکت صنایع غذایی سحر همدان می‌باشد و مطالب متناسب با فرایندهای موجود در این شرکت جمع‌آوری شده است. شرکت صنایع غذایی سحر، تحت مالکیت بخش خصوصی در سال ۱۳۷۰ به منظور تولید انواع مواد غذایی بر پایه محصولات کشاورزی (کنسروهای غیرگوشتی) تأسیس گردید. شرکت سحر، در سال‌های ابتدایی تأسیس با همکاری ۲۰ نفر پرسنل، فعالیت تولیدی خود را آغاز نمود که با توسعه روند تولید خود، در حال حاضر از همکاری ۹۰۰ نفر پرسنل خبره و کارآمد در بخش‌های مختلف استفاده می‌نماید. تولیدات این شرکت در ۱۰ گروه محصولی (رب، شوری‌جات، ترشی‌جات، سس‌های سرد و گرم، کنسروها، کمپوت‌ها، مرباها، خوراک‌ها، شربت‌ها و عسل) شامل ۷۰ نوع محصول و بیش از ۲۰۰ نوع بسته‌بندی می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- کاربرد نانو در کشاورزی

۳-۱-۱- استخراج DNA از گیاهان با کیت نانومغناطیسی

محققان با استفاده از نانوذرات مغناطیسی آهن، کیت‌هایی را عرضه کردند که بدون نیاز به سانتریفیوژ قادر به استخراج mRNA و بازیابی DNA است. در این پروژه استفاده از نانوذرات مغناطیس آهن برای ساخت مجموعه‌ای از کیت‌ها مد نظر قرار گرفت تا در آزمایشگاه‌هایی همچون بیوتکنولوژی و پزشکی کاربرد داشته باشد. استخراج مولکول‌هایی چون DNA، RNA و پروتئین توسط این کیت‌ها انجام می‌شود. استخراج این مولکول‌ها از منابعی همچون بافت گیاهی، بافت انسان و خاک اجرایی شد. کیت‌هایی برای این منظور در بازار وجود دارد؛ اما این نوع کیت با توجه به سیستم آن و استفاده از نانوذرات متفاوت بوده و دارای برتری‌های فنی مانند عدم نیاز به سانتریفیوژ است.

شناسایی رقم‌های گیاهی و تعیین دقیق اصالت آن‌ها، اهمیت زیادی در کشت و کار صحیح و اقتصادی دارد. برخی ارقام گیاهی خاص صنعت بوده و کاربرد وسیعی در صنایع غذایی دارند. شناسایی ارقامی که پارامترهای مهم مورد نیاز صنایع غذایی مانند بریکس، سایز، رنگ، بافت و غیره را دارا می‌باشند، از اهمیت خاصی در این صنعت برخوردار است. استخراج DNA با هدف شناسایی مولکولی و ژنتیکی ارقام مختلف انجام گرفته و از این طریق گام مؤثری برای تشخیص اصالت محصولات کشاورزی برداشته می‌شود (مردی و همکاران، ۱۳۹۵).

۳-۱-۲- افزایش کارایی تغذیه گیاهان با نانوکودهای شیمیایی

کودهای شیمیایی به طور معمول از طریق محلول‌پاشی روی اندام‌های هوایی گیاه یا به صورت پخش در خاک برای استفاده اندام‌های زمینی گیاه، به کار می‌رود. در این میان، به دلیل وقوع معضلاتی مانند آبشویی، روان‌آب و تبخیر، تنها بخش اندکی از عناصر مؤثر کود به نقطه هدف می‌رسد که بسیار کمتر از حداقل غلظت مؤثر مورد نیاز گیاه است. از این رو، به منظور اعمال کنترل مؤثر بر وضعیت تغذیه‌ای گیاه، به کاربرد مکرر کودهای شیمیایی نیاز است که این کاربرد پی‌درپی می‌تواند موجب بروز برخی اثرات جانبی نامطلوب، مانند آلودگی آب و خاک شود. بنابراین، باید با به‌کارگیری فناوری‌های نوین اقدام به طراحی و ساخت کودهایی کرد که از ویژگی‌هایی مانند رهاسازی کنترل‌شده عناصر در پاسخ به محرک‌های ویژه، فعالیت هدف‌گیری ارتقایافته، سمیت زیست‌محیطی کمتر و رسانش آسان و ایمن عناصر برخوردارند و بدین طریق مانع از کاربرد مکرر کودهای شیمیایی شد. فناوری نانو، به‌عنوان یک فناوری نوظهور، نقش مهمی در بهینه‌سازی تکنیک‌های مدیریتی کشاورزی مرسوم بر عهده دارد. به واسطه کاربرد فناوری نانو در طراحی و توسعه نانوکودها و نانوسیستم‌های رسانش عناصر غذایی به ریشه‌های گیاهان، می‌توان از طریق افزایش کارآیی مصرف کودهای شیمیایی به دستاوردهای شگرفی مانند افزایش عملکرد محصول، کاهش هزینه‌های تولید و حفاظت از محیط زیست نائل آمد (نادری و همکاران، ۱۳۹۱).

سه عنصر غذایی نیتروژن، فسفر، و پتاسیم از عمده‌ترین عناصر مورد نیاز گیاهان است که از طریق مصرف کودهای شیمیایی تأمین می‌شود. با وجود این، ۴۰ تا ۷۰ درصد از نیتروژن، ۸۰ تا ۹۰ درصد از فسفر و ۵۰ تا ۷۰ درصد از پتاسیم کودهای شیمیایی مرسوم با اندازه ذرات بیش از ۱۰۰ نانومتر به درون محیط نشت می‌کند و قابل جذب توسط گیاهان نیست (نادری و همکاران، ۱۳۹۱). مطالعات نشان می‌دهد که کاربرد کود پایه نانو به طور قابل توجهی نسبت به کود پایه معمولی موجب بهبود صفات اندازه‌گیری شامل صفات رویشی از جمله وزن تر و خشک شاخساره و ریشه، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ، سطح برگ، شاخص کلروفیل، صفات کیفی از جمله پروتئین، آنزیم پراکسیداز و محتوای عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، سدیم و منیزیم اندام هوایی گیاه گردید (حسینی، ۱۳۹۶). ایده استفاده از کودهای کندرها موجب توسعه کودهای

نانوکپسوله‌ای شده است که در آنها کودهای شیمیایی نیتروژنه، فسفره و پتاسه در پوشش‌هایی از جنس نانوذرات محصور می‌گردند (پارک و همکاران، ۲۰۰۸).

با استفاده از فناوری نانو و به ویژه بـــا به‌کارگیری نانوذرات می‌توان وضعیت غذایی و رطوبتی گیاه را کنترل کرد و به انجام آبیاری یا کوددهی در زمانی مناسب اقدام کرد به گونه‌ای که گیاه بتواند بالاترین مقدار آب و عناصر غذایی را جذب نماید. امکان هیجان‌انگیز تلفیق دانش کشاورزی و فناوری نانومقیاس در درون حسگرها دارای پتانسیل افزایش حساسیت و واکنش‌پذیری سیستم‌های کشاورزی و در نتیجه کاهش قابل ملاحظه زمان پاســـخ دادن نسبت به معضلات قابل تشخیص در اراضی زراعی اســـت. به واســـطه کنترل وضعیت سلامتی گیاه با اســـتفاده از فناوری نانو می‌توان قبل از آنکه علایم ناشـــی از بروز بیماری یا اختـلال تغذیه‌ای در بافت‌های گیاه قابل رویت شـــود، آنها را تشخیص داد و بدین گونه امکان تبدیل سیستم‌های کشاورزی به سیســـتم‌هایی هوشمند وجود خواهد داشت. در سیستم‌های کشاورزی هوشمند، وسایل نانومقیاس هم به عنوان عوامل پیشگیری‌کننده و هم به عنوان سیستم‌های هشداردهنده پیش از وقوع آسیب عمل می‌کنند. نانوفرموله کردن عناصر غذایی کم‌مصـــرف نیز می‌تواند سبب افزایش جذب این عناصر از طریق برگ‌های گیاه طی محلول‌پاشـــی آنها شود (نادری و همکاران، ۱۳۹۱).

۳-۱-۳- صرفه‌جویی در مصرف آب و اصلاح خاک با استفاده از نانو سوپرجاذب

آب مهم‌ترین عامل در تولید محصولات کشاورزی و تأمین مواد غذایی است. از بین رفتن پوشش گیاهی بر اثر کمبود آب باعث بروز تغییرات آب و هوایی در کره زمین و گرم شدن هوا می‌گردد، در این شرایط هر اقدامی در راستای صرفه‌جویی در مصرف آب و جلوگیری از هدر رفتن و آلودگی آن اهمیت حیاتی دارد. از جمله راه‌کارهای مدیریتی که می‌توان در جهت استفاده بهینه از منابع آبی موجود مورد استفاده قرار بگیرد، کاربرد مواد جاذب رطوبت از جمله پلیمرهای آب‌دوست می‌باشد که این مواد علاوه بر قابلیت جذب آب، اصلاح‌کننده خاک نیز هستند.

کاربرد هیدروژل‌های سوپر جاذب، جدیدترین شیوه آبیاری برای مناطق خشک است که به کمک آن می‌توان تا ۵۰ درصد مصرف آب آبیاری را کاهش داد و ضمناً از آبشویی کودهای محلول در آب و آلودگی آب‌های زیرزمینی جلوگیری کرد. سوپر جاذب در خاک، آب را همراه با کودهای محلول در آن، جذب کرده و بنا بر تقاضای ریشه در اختیار آن قرار می دهد. لذا این روش به تنهایی یا در کنار سایر روش‌های نوین آبیاری، اگر به درستی پیاده شود و تداوم یابد، می‌تواند ایران را از فجایع خشک‌سالی و زیست محیطی از یک سو و از وابستگی شدید غذایی و رهایی از بحران اشتغال از سوی دیگر، برهاند و انقلابی در کشاورزی و اقتصاد ایجاد کند.

پلیمرهای سوپرآب ضمن بالا بردن ظرفیت نگهداری آب در خاک‌های سبک می‌توانند مشکل نفوذناپذیری خاک‌های سنگین و مشکل آبشویی سریع کودها و آلودگی آب‌های زیرزمینی را نیز مرتفع کنند. این سوپرجاذب‌ها از آنجا که با جذب سریع آب به میزان صدها برابر وزن خود به ژلی با دوام زیاد تبدیل می‌شوند، در کشاورزی و باغبانی از جایگاه ویژه‌ای در دنیا برخوردارشده‌اند. با اینکه سوپرآب، تحت فشار هم قادر به نگهداری آب جذب کرده خود است، به محض نیاز ریشه، آب را به سهولت در اختیار آن قرار می‌دهد. سوپرآب با جذب سریع آب و حفظ آن، بازده جذب آب ناشی از بارندگی‌های پراکنده را بالا برده و در صورت آبیاری خاک، فواصل آبیاری را نیز افزایش می‌دهند. مقدار این افزایش به شرایط فیزیکی خاک، آب و هوای منطقه و میزان مصرف سوپرجاذب در خاک، بستگی دارد. استفاده از سوپرآب در کاشت نشا و نهال، تنش‌های رطوبتی را از بین برده و به سازگاری نباتات کاشته شده با محیط کمک می‌نماید

PH نزدیک به خنثی در سوپرآب که بین ۶ تا ۷ است، اثر سوء بر خاک نداشته و هیچ گونه سمیتی نیز ندارد. این سوپرجاذب‌ها پس از ۳ تا ۵ سال، بسته به نوع آن و ترکیب خاک، توسط میکروارگانیسم‌ها تخریب می‌شوند و لذا آلودگی زیست‌محیطی نیز ایجاد نمی‌کنند. علاوه بر نگهداری آب، سوپرآب به علت تغییر حجم مداوم (انبساط به هنگام تورم و انقباض به هنگام از دست دادن آب) میزان هوا را در خاک افزایش می‌دهد. دو نوع سوپر آب A200 و A300 مشخص ترین محصولات نانو آب ایرانیان هستند که اولی برای کلیه مصارف کشاورزی و دومی برای پرورش، حفظ و نگهداری و جابجایی نهال و بسترهای کشت قارچ، طراحی شده است.

۳-۱-۴- افزایش ماندگاری محصولات کشاورزی با استفاده از نانوجاذب‌های زئولیتی

نانوجاذب‌ها و واکنش‌های مفید حاصل از حضور آن‌ها کاربردهای گسترده‌ای در صنایع به‌ویژه در تصفیه پساب‌های صنعتی و عاری‌سازی پساب‌ها از فلزات سنگین یا مواد رنگی دارند. یکی از کاربردهای مهم این ترکیبات مبتنی بر فناوری نانو، کاربرد آن‌ها در کشاورزی و در صنایع پایین‌دستی آن به‌ویژه در فرآیندهای پس از برداشت و انبارداری محصولات است. نانوجاذب زئولیتی محصول تاییدیه‌دار شرکت زیست پژوهان خاورمیانه محسوب می‌شود که به منظور افزایش ماندگاری تولیدات باغی در مرحله بعد از برداشت و انبار تا رسیدن به‌دست مصرف‌کننده استفاده می‌شود. جدا شدن میوه از درخت، سبب بروز یک سری تغییرات فیزیولوژیک در میوه می‌شود، لذا لازم است به سرعت 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. به گفته 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 قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.

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

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

استفاده از مواد نانوجاذب زئولیتی (ترکیب رس مصنوعی و پرمنگنات پتاسیم)، یکی از مؤثرترین فرایندهای 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 زئولیت ساخته شده 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 زئولیت 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.

۲-۳- کاربرد نانو در ماشین‌آلات و تجهیزات صنایع غذایی

صنایع غذایی همواره درتکاپوی یافتن روش‌ها وتجهیزات جدیدتر و ارزان‌تر برای تولید و نگهداری مواد غذایی می‌باشد. با توجه به شرایط خاص حاکم بردستگاه‌های فراوری مواد غذایی، قطعات این دستگاه‌ها که در تماس با مواد غذایی قراردارند، دچار خوردگی و سایش می‌شوند که هزینه‌هایی را به این صنایع تحمیل می‌کند. همچنین استریل بودن سطحی که در تماس با غذا است، از اهمیت فراوانی برخوردار است. با ورود فناوری نانو به صنایع غذایی، کارکرد بعضی از تجهیزات ارتقایافته، هزینه‌ها کاهش یافته و کیفیت محصولات تولیدی نیز بهبود پیدا کرده است (گزارش صنعتی فناوری نانو،۱۳۹۴). برخی کاربردهای فناوری نانو در تجهیزات و ماشین آلات شامل موارد زیر می‌باشد:

- پوشش‌های عایق نیمه شفاف نانومتری که نانوعایق نامیده می‌شود، در تانک‌ها و لوله‌های فرآوری لبنیات مورد استفاده قرار گرفته‌اند تا هم هزینه‌ها را کاهش داده و هم موجب افزایش عمر تجهیزات گردند.

- سیستم‌های پوششی مقاوم در برابر خوردگی‌های بیولوژیکی که مانع از فعالیت باکتری‌های SRB18می‌شوند.

- اعمال پوشش‌های مقاوم به سایش و مقاوم به خوردگی در تجهیزات به کار رفته در صنایع فرآوری نمک، چغندر قند و نیشکر که منجر به افزایش عمر این تجهیزات می‌شود.

- پوشش‌های دارای ضریب اصطکاک کم و چسبندگی پایین برای کاربردهایی از قبیل قیف و چاقوهای همزن خمیر، قالب اکستروژن تولید شکلات.

- نانوپوشش‌های اعمال شده روی ابزارهای برش گوشت از جنس نیترید تیتانیوم ویا سایر پوشش‌های سرامیکی هستند. این پوشش‌ها دارای سختی ومقاومت به سایش بسیار بالایی هستند.

- درسطوح داخلی یخچال‌های خانگی و صنعتی جهت جلوگیری از رشد میکروبی و تمیز و بهداشتی نگه داشتن شرایط داخلی یخچال، از نانو ذرات استفاده شده است. پوشش‌هایی که حاوی نانو ذرات هستند، جهت ایجاد سطوح ضد میکروبی، سطوح مقاوم در برابر خورندگی و خراش مورد استفاده قرار می‌گیرند.

- استفاده از فناوری نانو در تجهیزات سرخ کن (به علت افزایش سطح مقطع) موجب کاهش چشمگیر میزان روغن مصرفی در رستوران‌ها و فروشگاه‌های فست فود شده است. همچنین این فناوری موجب تازه نگه داشتن روغن سرخ کردنی برای مدت طولانی تر، طعم و مزه بهتر، محصولات سرخ شده تردتر و با قوام بیشتر و هزینه کمتر و همچنین فواید فراوان برای سلامتی و محیط زیست شده است. شرکت آمریکایی oiLfresh تجهیزات سرخ کردن عمیق در رستوران‌ها را با استفاده از این فناوری توسعه داده است .

- کاربرد نانو ذرات (الماس، فلورین و نانولوب‌ها) در جلوگیری از خوردگی و بهبود روان‌کاری قطعات متحرک صنعتی و موتور خودرو است. روان‌کاری را می‌توان به کلیه عملیاتی اطلاق نمود که اثرات اصطکاک و ساییدگی را تقلیل می‌دهند روان کننده به ماده ای اطلاق می‌شود که با قرار گرفتن مابین دو سطح در تماس باعث پایین امدن نیروی مقاومت در برابر حرکت یا نیروی اصطکاک مابین آنها و نتیجتا کاهش نیروی لازم برای شروع و ادامه حرکت نسبی سطوح می‌گردد .

انجام روان‌کاری با استفاده از روان‌کارهای پیشرفته موجب صرفه‌جویی‌های قابل توجهی در انرژی مصرفی برای تولید برق سوخت مصرفی در صنایع، سوخت مصرفی وسایل نقلیه، هزینه روان کننده مصرفی و هزینه نگهداری و تعمیرات ماشین الات خواهد شد. از این میان افزودنی‌های تولید شده بر پایه نانوتکنولوژی از جمله نانوذرات، عملکرد بسیار قابل قبولی در این زمینه داشته‌اند. این محصول که بسیار بهتر از روان کننده‌های معمولی عمل می‌کند سبب کاهش اصطکاک و سایش به خصوص در مواقع بارگیری زیاد می‌شود (اولین همایش ملی توسعه تکنولوژِی در صنایع نفت،گاز و پتروشیمی، ۱۳۸۸) .

علاوه بر کاربردهای مورد اشاره در ماشین‌آلات و تجهیزات، نسل جدیدی از کف‌پوش‌ها برای استفاده در صنایع غذایی (کارخانجات، انبارها، آشپزخانه‌ها و غیره) در ایران و سایر کشورها توسعه پیدا کرده‌اند که در برابر اسیدها و سایر مواد شیمیایی و همچنین ضربه و بارهای مکانیکی مقاومت مناسبی دارند.

همچنین محیط‌های عاری از باکتری با استفاده از روش‌های متنوع فیلتراسیون وتصفیه هوا و یا استفاده از کاشی و سرامیک و به طور کلی سطوح آنتی‌باکتریال قابل تحقق است.

۳-۳- کاربرد نانو در فراوری مواد غذایی

صنعت غذا همواره به دنبال روش‌های جدید، سلامت محور، ارزان با ویژگی کیفی بالا برای تولید و فراوری مواد غذایی می‌باشد. حوزه فناوری نانو به گزینه‌های زیادی در جهت تولید و فراوری غذایی باارزش تغذیه‌ای بالا به وسیله انتشار مخصوص در بدن توسط پوشش‌های محافظ،حفظ کیفیت غذا از طریق روکش کردن آنزیم‌ها،یا بافت اصلاح شده بواسطه ی نانو امولسیون‌ها، مطابق با تقاضای مصرف کننده کمک می‌کند.کاربرد فناوری نانو در مواد غذایی جدید شامل موارد زیر می‌باشد.

۱-۳-۳- نقش فناوری نانو در پردازش غذا

حوزه کاربرد نانو در این بخش مربوط به طعم‌ها و رنگ‌های دلخواه برای رسانش عامل تغذیه‌ای دلخواه، تصفیه سرخ کردنی (با استفاده از نانوسرامیک) برای پیشگیری از پلیمریزاسیون حرارتی روغن و کاهش بوهای نامطبوع است (مرجان حاجی ئی،۱۳۹۲).

۲-۳-۳- نقش فناوری نانو در تثبیت و پوشش‌دهی آنزیم‌ها

آنزیم‌ها، پروتئین‌هایی هستند که سرعت واکنش شیمیایی را تسریع نموده، زمان فاسد شدن میوه‌ها را از چند ماه به چند روز کاهش می‌دهند. اگر بتوان به روشی آنزیم‌ها یا باکتری‌ها را از محیط عمل دور کرد، فرآیند فساد مواد غذایی به تأخیر می‌افتد. با تکامل فناوری نانو و شناخت محققین از ذرات ریز و بنیادی مواد و دست بردن در ساختار مواد از طریق ریزترین ذرات آنها، توانایی‌های جدیدی در صنایع مختلف از جمله صنایع غذایی به وجود آمده است، به عنوان مثال می‌توان به "روکش‌کردن آنزیم‌ها و پروتئین‌ها" اشاره کرد. با روکش‌کردن آنزیم‌ها، آنها را از محیط فعالیت دور کرده و مانع از فعالیت آنها می‌شوند، به این ترتیب، فساد مواد غذایی به تأخیر می‌افتد و طول عمر آنها افزایش می‌یابد.

آنزیم‌ها تنها در محیط‌های زنده رشد و فعالیت می‌کنند و در خارج این محیط‌ها به سرعت تخریب می‌شوند. یکی از پروژه‌های مهم که در مراجع علمی‌مورد توجه قرار گرفته است، روکش‌کردن آنزیم "توسط یک ساختار پلیمری" است. با این روش آنزیم‌ها تا ۵ ماه فعال می‌مانند. به گفته محققین تبدیل آنزیم‌های آزاد به این نانوذراتِ حاوی آنزیم، باعث ثبات خاصیت کاتالیزوری آنها می‌شود. در این روش یک شبکه کامپوزیتی را با فرآیند پلیمریزاسیون در اطراف هر مولکول آنزیم ایجاد می‌کنند تا از تخریب آن جلوگیری شود. این نانوذراتِ حاوی آنزیم قطری حدود ۸ نانومتر دارند و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا ۵ ماه عمر می‌کنند.

۳-۳-۳- نقش فناوری نانو در امولسیون‌های مواد غذایی

تولید نانو امولسیون جهت ریز پوشانی و کنترل رهایش ترکیبات سودمند مانند انواع داروها، رنگ‌ها، اسانسها و ویتامین‌ها یکی از زمینه‌های کاربردی فناوری نانو در صنایع غذایی بوده است. از جمله کاربردهای فراوری نانو امولسیون در صنایع غذایی می‌توان به نقش آنها در فرمولاسیون مواد غذایی و نوشیدنی‌های دارای ترکیبات فراسودمند پوشینه دار شده مانند کوآنزیم، لیکوپن، لوتئین، بتاکارتن، اسیدهای چرب امگا۳، ویتامین A,D,Eو K، فیتواسترول‌ها و ایزوفلان‌ها اشاره کرد. اصولاً وجود ساختارهای نانو امولسیون امکان نانو کپسوله کردن ترکیبات فرا سودمند و مواد فعال زیستی را که پایه روغنی دارند فراهم می‌کند و موجب به تعویق افتادن تجزیه شیمیایی این ترکیبات می‌گردد. همچنین حلالیت مواد لیپیدی مانند کارتنوئیدها، فیتواسترول‌ها، اسیدهای چرب امگا۳، آنتی اکسیدان‌های طبیعی و غیره را افزایش داده و به طبع آن قابلیت استفاده‌های زیستی آن‌ها را نیز افزایش می‌دهد. نانو امولسیونها در کاهش چربی نیز نقش داشته است. شرکت nanomi می‌تواند قطرات بسیار ریزی از سیال را به صورت متوالی تولید نماید.باعبور چربی‌ها از یک فیلر،میله‌های چربی تولید می‌شود.با فشار آب قسمت بالا قطع شده و ذرات ریز تولید می شود. بااین فناوری پتنت شده این شرکت قادر به کنترل شکل وترکیب ذرات است .(جهان گلستانی، علی قاسمی،۱۳۸۹)

شرکت AC serendip ltd نانو امولسیون‌هایی برای شیر، مایونز، سس‌ها تولید می‌نماید که فناوری آن بر پایه فشار بالا وفیلرهای امولسیون کننده است که منتج به ذرات ریزتر،انتقال سریع AI یا کنترل مستقیم اندازه ذرات می‌شود .(جهان گلستانی، علی قاسمی،۱۳۸۹)

به طور کلی در سامانه‌های امولسیونی ویژگی‌هایی مانند پایداری، رئولوژی، ظاهر، رنگ، و بافت بستگی به اندازه قطرات امولسیون و توزیع اندازه قطرات دارد. همچنین، خصوصیات امولسیون‌ها وابسته به نوع تکنیک مورد استفاده برای تهیه امولسیون و شرایط فرایند امولسیون‌سازی دارد. تکنیک‌های مختلفی برای تولید نانوامولسیون‌ها وجود دارد که هر یک دارای مزایا و معایبی هستند و منجر به تولید نانوامولسیون‌هایی با خصوصیات متفاوت می‌شوند.برای مثال نانو فیبر سلولز به همراه صمغ گوار سبب بهبود بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی و رئولوژیکی و حسی مایونز کم چرب می‌شود و شاخص‌های ویسکوزیته، پایداری فیزیکی امولوسیونف شاخص‌های رنگی ومیزان یکنواختی ذرات، نسبت به نمونه شاهد تجاری برتری معنا داری مشاهده شده است . (گلچوبی و همکاران، ۱۳۹۵)

۴-۳-۳- نقش فناوری نانو در سنتز غذا

مهندسی ملکولی امکان تهیه و رشد مقادیر زیاد غذا را بدون نیاز به خاک، بذر و مزرعه وکشاورزی را فراهم کرده که با ورود این فناوری و به جای کشت غلات و پرورش گاوها برای بدست آوردن کربو هیدرات‌ها و پروتئین، نانو ماشین‌ها و با همان نانوبوت‌ها استیک با آرد مورد نظر را از اتم‌های کربن،هیدروژن و اکسیژن موجود در ترکیب آب با دی اکسید کربن هوا می‌سازد و نانوبوت‌های موجود در غذا در دستگاه گوارش خون به حرکت در می‌آیند .با استفاده از غذاهای مولکولی می‌توان محتوای تغذیه ای مواد

غذایی را افزایش داد و خطر مواد حساسیت زا را در مواد غذایی حذف کرد. آرایش بسیار ریز افزودنی‌های غذایی می‌تواند گروه‌های جدید غذایی را با سنتز مواد تغذیه ای مورد نیاز، طعم دهی ترکیبات و پیوند آنزیم‌ها با هم تولید کند .این روش باعث کاهش زیاد وابستگی صنایع غذایی به محیط زیست شده و به عنوان ی ایده متفاوت در این زمینه بدون نیاز به ملزومات غذای طبیعی به خدمت

در آمده(آرزو قادی، اعظم سینکاکریمی، معصومه گرانسایه، فرشته فتاح زاده، ۱۳۹۳)

وبه طور کلی این حوزه از فناوری نانو منجر به

- تهیه گروه‌های جدید غذایی با استفاده از سنتز مواد تغذیه ای مورد نیاز بدن با طعم‌های دلخواه
- ابداع راه‌های جدید غیر وابسته به شرایط طبیعی برای تولید غذا،گشته است.(مرجان حاجی ئی،۱۳۹۲)

۵-۳-۳- نقش فناوری نانو درحامل‌های لیپیدی در صنایع غذایی

اغلب ترکیبات نانوکپسوله شده بر پایه چربی بوده که می‌توانند در مکمل‌ها، مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرند،شامل نانولیپوزو مها، آرکئوزو مها و نانوکوکلئا ت‌ها هستند.فاکتورهاییچون اندازه منحصربه فرد آنها و ویژگی‌های آب دوستی/چربی دوستی، آنهارا قادر می‌سازد تا هر دو نوع مواد محلول در آب و محلول در چربی را به دام انداخته، دریافت کنند و رها کنند.(توسعه فناوری مهرویژن،نظارت داود قرایلو،۱۳۹۴)

این نانو ساختارها از بتا کاروتن در برابر تخریب محافظت می‌کنند و جذب ان را در بدن بهبود می‌بخشد.کاربرد این طرح به طور مستقیم در صنایع غذایی بوده و انتی اکسیدان جهت کاهش خطر ابتلا به بیماریهای قلبی عروقی بوده بتا کاروتن یک ماده زیست فعال و مورد نیاز بدن به عنوان منبع اصلی ویتامین ویک ماده ضد سرطان بوده ودر بدن به فرم کریستالی و محلول در روغن بوده و بشدت مستعد تخریب شدن و اکسید شدن می‌باشد حاملهای لپیدی نانو ساختاری، به اندازه ذرات نانویی طراحی میشوند که بخوبی از بتا کاروتن در برابر تخریب محافظت می‌کنند (قادری و همکاران، ۱۳۹۳)

۶-۳-۳- نقش فناوری نانو در فیلتراسیون

استفاده از غشای پلیمری نانو فیلتراسیون جهت جداسازی ترکیبات و مواد معلق یا محلول در مایعات و گازها یک رویکرد کارای مهندسی است که در حال حاضر درکشور در قالب صنعتی و نیمه صنعتی جهت تصفیه آب ونمک زدایی آن مورد استفاده قرار گرفته است که طی این فرایند سختی آب کم شده و مواد آلی، باکتری‌ها و ناخالصی‌های دیگر از آب جدا می‌شوند.

۷-۳-۳- رویکردهای دستکاری مواد در مقیاس نانو

الف- تولید نانو مواد

این رویکرد شامل شکستن و کوچک کردن ذرات بزرگتر، از یک ماده به ذراتی با ابعاد نانو متری می‌شود که از طریق ابزارهای شیمیای و فیزیکی انجام می‌گیرد. دو الگوی اصلی تولید نانو مواد "بالا به پائین" و "پائین به بالا" می‌باشد که تولید بالا به پایین شامل شکستن و کوچک کردن مواد است و تولید پایین به بالا شامل روش‌هایی چون متبلور شدن، نشست لایه به لایه، استخراج حلال/ تبخیر وخود آرایی و سنتز باکتریای می‌باشد که نانو فیبر سلولز تولید می‌گردد. نانو فیبر سلولز تولید شده به این روش دارای کاربردهای متنوع، درجه خلوص بالا و ظرفیت تقویت کنندگی بالا در مقایسه با نانو سلولز تهیه شده از منابع چوب وگیاهان غیر چوبی است . کاربرد نانو فیبر سلولز در صنایع غذایی در تولید دسرهای غذایی، عامل تغلیظ کننده، شکل دهنده و تثبیت کننده ابعادی، کمک نگهدارنده، کاهش کالری غذا، حامل طعم دهنده‌های غذایی، بهبود ماندگاری مواد، صنایع بسته بندی و غیره است (مظهری موسوی و همکاران، ۱۳۹۴)

نانو فناوری غذایی هم روش پائین به بالا وهم روش بالا به پائین به منظور توسعه مواد جدید به کار می‌رود، ولی به طور مرسوم بیشتر روش بالا به پائین مورد استفاده قرار گرفته است که شامل روش‌هایی چون:

- آسیاب کردن

این فرایند به صورت خرد کردن مکانیکی جامدات به ذرات کوچکتر بدون ایجاد تغییر در وضعیت تراکم شان است.که تحت این شرایط مساحت سطحی ذرات افزایش می‌یابد .مساحت سطح افزایش یافته مواد غذایی توسط این فرایند، میزان جذب این مواد را در بدن افزایش خواهد

داد و انحلال‌پذیری فرآورده‌های خشک را بهبود بخشیده و دستیابی به مکان‌های فعال برای واکنش‌های شیمیایی (اکسیداسیون، هضم، آزاد سازی طعم، کاتالیست و فعالیت آنزیم‌ها) را افزایش می‌دهد.

بر خلاف ته‌نشینی سوسپانسیون خمیر اولیه، سوسپانسیون نانوفیبر کاملاً پایدار بوده است. پایداری سوسپانسیون می‌تواند در توزیع یکنواخت ساختارهای سلولزی در محصول نهایی تأثیرگذار باشد. شفافیت کیفی فیلم میکروفیبر بسیار کم تر از شفافیت کیفی فیلم نانوفیبر و مقدار نفوذپذیری آن بسیار بیش تر است (هادیلام و همکاران، ۱۳۹۲)

- هموژنیزه کردن

در این فرآیند،یک فرآورده مایع یا دوغاب در معرض یک تنش برشی بالا قرار می‌گیرد. وعواملی مانند فشار،دما،تعداد گذرگاه‌ها و غیره در این فرایند مؤثر می‌باشد و مکانیزم عمده درگیر با فرآیند هموژنیزاسیون تلاطم و آشفتگی است.د-کاربرد سیستم هموژنایزر التراسونیک جهت پاستوریزاسیون سرد که مبتی بر استفاده از پدیده نانو کاویتاسیون می‌باشد.

۴-۳- فناوری نانو در بسته بندی مواد غذایی

فناوری نانو در بسته بندی مواد غذایی کاربرد بیشتری داشته است که به احتمال زیاد به این دلیل بوده است که نانوذرات به صورت مستقیم به مواد غذایی اضافه نمی‌شوند و ساختار طبیعی ماده ی غذایی حفظ می‌شود. در این قسمت به کاربردهایی از فناوری نانو در زمینه بسته بندی مواد غذایی خواهیم پرداخت.

۱-۴-۳- نانوکامپوزیت‌های پلیمری غیر قابل نفوذ

.یک موضوع مهم در بسته بندی مواد غذایی مهاجرت یونی و نفوذ پذیری آنها می‌باشد (Robertson, 2005) هیچ ماده ای به صورت کامل نسبت به گازهای اتمسفری، بخار آب و یا مواد طبیعی ای که در هنگام بسته بندی با آن مخلوط می‌شوند و یا حتی خودماده ی بسته بندی نفوذ ناپذیر نیست. مواد مرسوم برای بسته بندی مواد غذایی عبارتند از فلز، سرامیک (شیشه) و کاغذ (مقوا .) در حالی که این مواد هنوز هم مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما قیمت پایین، آسانی شکل پذیری و تنوع قابل توجه در خواص فیزیکی مواد پلیمری آلی، پلاستیک‌ها را جایگزین مناسبی برای بسته بندی مواد غدایی معرفی می‌کند که این پلیمرها انواع زیادی دارند. اگر چه که پلیمرها تحولات زیادی در صنایع غذایی ایجاد کرده اند، اما اشکال بزرگ آنها، نفوذ پذیری به گازها و دیگر مولکول‌های کوچک می‌باشد.

۲-۴-۳- نانوذرات و نانوکامپوزیت‌های نقره، مس، تیتانیوم و خواص ضد میکروبی آنها در بسته بندی مواد غذایی

نقره یک ماده ضد میکروبی دارای کاربردهای غذایی وآشامیدنی است ومزیت آن نسبت به سایر عوامل ضد میکروبی این است که، نقره در مقابل گونه‌های متعددی از باکتری‌ها، قارچها، جلبک‌ها و احتمالا بعضی از ویروس‌ها، خاصیت سمی‌دارد. نقره به عنوان یک عنصر، پایداری زیادی در مدت زمان طولانی دارد Monteiro et al., 2009) . شاید بزرگترین مزیت ضدمیکروبی نقره این است که نقره می‌تواند به آسانی داخل موادی مانند منسوجات و پلاستیک آمیخته شود و آنها را برای مواردی که خاصیت پایدار و با طیف وسیع نیاز است و همچنین در مواردی که روشهای ضد میکروبی قدیمی‌غیر عملی و غیر کاربردی هستند مناسب سازد .مس نیز از جمله فلزاتی است که دارای خواص ضد میکروبی می‌باشد ,Duncan) 2011 .)

نانوذرات نقره می‌توانند به همراه نانوکامپوزیت‌های پلیمری استفاده شوند که به آنها، نانوکامپوزیت‌های نقره نیز گفته می‌شود-Sánchez. (Valdes et al., (2009)

یک فیلم پلاستیکی 5 لایه را با با یک لایه نانوکامپوزیت نانوذرات نقره/پلی اتیلن پوشش دادند و توانستند فعالیت ضد میکروبی آنرا در مقابل نوعی قارچ که یک آلاینده ی غذایی رایج بود مشاهده کنند.

از کاربردهای نانوتکنولوژی در صنعت ساخت شیشه می‌توان به محصولاتی مانند شیشه‌های خودتمیز شونده، شیشه‌های کنترل کننده انرژی و شیشه‌های محافظ در برابر آتش اشاره کرد. در ساخت شیشه‌های خود تمیز شونده از نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم استفاده می‌شود. این شیشه‌ها دارای خاصیت ضدلک و ضدعفونی کنندگی هستند. شیشه‌های محافظ در برابر آتش از طریق قرار دادن یک لایه شفاف محتوی نانوذرات سیلیس در میان دو صفحه شیشه ای ساخته می-شوند. شیشه‌های کنترل کننده انرژی سبب کاهش عبور امواج ماورای بنفش و مادون قرمز، و تنظیم عبور نور مرئی است. از طرفی به حفظ و نگهداری ساختمان برای مدت طولانی، و همچنین مقاوم‌سازی آن، حتی در برابر حوادث غیرمترقبه کمک بسیاری می‌کند. عامل کثیفی و لک بر روی شیشه فرورفتگی‌های میکروسکوپی در سطح شیشه و نشست ذرات گردوغبار و ترکیب آنها با آب و چربیها می‌باشد. ماده نانوئی دی اکسید تیتانیوم با قرار گرفتن بر روی سطح شیشه، باعث پوشش فرورفتگی‌ها شده و سطح شیشه کاملاً مسطح می‌گردد.

ویژگی‌ها

- پس زدن آب و روغن از روی شیشه
- عدم چسبیدن آلودگی و کثیفی بر روی شیشه
- عدم رسوب گرفتن شیشه
- ممانعت از خوردگی
- افزایش استحکام و مقاومت شیشه در برابر خش افتادگی
- جلوگیری از تشکیل اثر انگشت روی شیشه
- روشن تر و شفاف تر شدن شیشه تا ۲۰٪
- یکنواخت تر شدن سطح شیشه تا ۳۰٪
- تمیز باقی ماندن شیشه تا مدت زمان طولانی

دیگر ویژگی‌های شیشه‌های پوشش داده شده با نانو اکسید تیتانیوم:

- بدون هیچ گونه تغییر رنگ و کشیدن لایه ای بر روی سطح شیشه (بر خلاف رزین‌ها) با سطح شیشه واکنش می‌دهد و سطحی کاملا صیقلی را شکل می‌دهد. (آنتی استاتیک : عدم جذب گرد و غبار)
- شفاف باقی ماندن سطح شیشه برای مدت طولانی
- افزایش مقاومت شیشه در برابر سایش و خوردگی
- کاملا مقرون به صرفه برا مصارف خانگی و صنعتی و پیمانکاری

۳-۴-۳- نانو سنسورها و بسته بندی‌های هوشمند

این بسته‌بندی‌ها می‌توانند دما و رطوبت را در زمان‌های مختلف ارزیابی کنند و بر حسب شرایط، پاسخ‌های متناسبی را به مصرف‌کننده بدهند. برای مثال با تغییر رطوبت، رنگ بسته‌بندی تغییر می‌کند (ستاد توسعه فناوری نانو،۱۳۹۳).

بسته بندی‌های هوشمند دارای سنسورهایی هستند که تازه بودن مواد را مشخص می‌کنند. بسته بندی هوشمند بر روی بررسی و آگاهی از وضعیت محصول متمرکز می‌شود و به این طریق از ایمنی و کیفیت محصول(تازگی و رسیده بودن و ثبات آن) اطلاع می‌دهد. از این جهت بسته بندی هوشمند این قابلیت را دارد که محصول را ره گیری کند و تولید کننده، فروشنده و مصرف کننده را از وضعیت محصول آگاه سازد. وقتی سنسورها در بسته بندی مواد غذایی قرار می‌گیرند، می‌توانند مواد شیمیایی، پاتوژن‌ها و سموم را در مواد غذایی آشکار کنند (مطهری، ۱۳۹۲).

۴-۵-۳- بسته‌بندی‌های بهبود یافته با فناوری پلاسمای سرد

پلاسمای سرد تکنیکی نوین، دوست دار محیط زیست و اقتصادی که در عرصه‌های مختلف در صنایع غذایی وکشاورزی با ارائه راهکاری مناسب و کارآمد گامی‌موثر در جهت ارتقاء اهداف این صنایع برمی‌دارد. استفاده از فناوری پلاسما با تغییراتی در عمق چندلایه اتمی بر روی سطح، منجر به قابلیت‌های زیادی در بسته‌بندی‌ها می‌شود. استفاده از پلاسمای کرونا پیش از چاپ، لمینت و یا پوشش در فیلم‌ها و جعبه‌های پلاستیکی، ورق ههای فلزی و درپوش‌های پلاستیکی منجر به بهبود قابلیت چسبندگی (و در نتیجه کاهش میزان مصرف چسب) و چاپ پذیری این اجزای بسته بندی شده است .همچنین بسته بند یهای ضدتعرق از دستاوردهای قابل حصول با استفاده از این فناوری می‌باشد.(ستاد توسعه فناوری نانو،۱۳۹۴)

۳-۵- کاربرد نانو در نگهداری و انبارداری مواد غذایی

۳-۵-۱- اعلام انقضای مواد غذایی با نانوبرچسب هوشمند

الگوی پلیمری سه‌بعدی در ابعاد ده‌ها نانومتر می‌تواند بر روی لایه‌ای از سیلیکون ایجاد شود تا یک سیستم رمزگذاری سه بعدی، همانند بارکد، در مقیاس نانو به وجود آورد. مزایای این روش در مقایسه با بارکدهای قدیمی، پیچیدگی در تشخیص وجود آن‌ها، نشانه‌گذاری مخفی و کپی کردن آن‌ها است. این روش می‌تواند در مورد اسکناس، اوراق امنیتی، آثار هنری، جواهرات و سنگ‌های قیمتی نیز به کار رود.

اخیراً تیمی از پژوهشگران با طراحی و ساخت سنسورهای جدید که در ساختار آن از نانوسازه‌های ویژه‌ای استفاده شده است، موفق به ارائه برچسب‌های هوشمند مواد غذایی و آرایشی شده‌اند. سنسورهای جدید به کار رفته در برچسب‌های هوشمند حاوی نانوساختارهایی هستند که هنگام اتصال به ترکیبات مواد غذایی و مواجه با موادی که باعث خراب شدن یا آلودگی محصول بسته‌بندی شده توسط باکتری‌ها می‌شوند، تغییر رنگ داده و شرایط مجاز بودن استفاده یا عدم استفاده از این مواد را اعلام می‌کنند.

پیشرفت در بسته‌بندی هوشمند برای افزایش عمر مفید محصولات غذایی، هدف بسیاری از شرکت‌هاست. این سیستم‌های بسته بندی قادر خواهند بود تا پارگی‌ها و سوراخ‌های کوچک را با توجه به شرایط محیطی (مانند تغییرات دما و رطوبت) ترمیم و مصرف‌کننده را از فساد ماده غذایی آگاه سازند. فناوری نانو می‌تواند در مواردی مانند افزایش مقاومت به نفوذ در پوشش‌ها، افزایش ویژگی‌های دیواره (مکانیکی، حرارتی، شیمیایی و میکروبی)، افزایش مقاومت در برابر گرما، گسترش ضدمیکروب‌های فعال و سطوح ضدقارچ کارساز باشد. چشم‌اندازهای مالی فناوری نانو، صنایع بسته‌بندی را پررونق نشان می‌دهد. صنعت بسته‌بندی هوشمند از آنچه پیش‌بینی شده بود، جلوتر رفته و نشانه‌های تکامل آن به خوبی پیداست. محققان اتحادیه اروپا در پروژه Good Food از نانوحسگرهای قابل حمل برای یافتن مواد شیمیایی مضر، پاتوژن‌ها و سم‌ها در مواد غذایی استفاده می‌کنند. با این کار، دیگر نیازی به فرستادن نمونه‌های مواد غذایی به آزمایشگاه برای تشخیص سلامت و کیفیت محصولات در کشتزارها و کشتارگاه‌ها نیست. 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، ماهی یا قارچ‌های میوه مؤثر باشد. این پروژه در نظر دارد با گسترش میکروحسگرهای رشته‌ای، بتواند آفت‌کش‌های 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.

۳-۵-۲- آئروژل‌ها، بهترین عایق حرارتی

آئروژل‌ها نانو موادی هستند که پتانسیل زیادی برای کاربردهای مختلف دارند و به خاطر پیشرفت فناورانه و رقابت‌پذیری بازار مقوله‌ای چالش برانگیز می باشند واژه آئروژل از دو کلمه هوا و ژل تشکیل شده است. آئروژل‌ها سبک‌ترین و کم دانسیته‌ترین جامدهایی هستند که تاکنون شناخته شده اند. به طور عمده ۹۹،۵-۵۰ درصد حجم آنها را هوا تشکیل داده است. آئروژل‌ها سطحی حدود ۳۰۰۰-۲۵۰ مترمربع در هرگرم دارند به طوری که یک اینچ مکعب آن سطحی حدود یک زمین فوتبال دارد. آئروژل‌ها بهترین مواد عایق حرارتی شناخته شده هستند، هدایت پایین آئروژل‌ها از بافت متخلخل آنها سرچشمه می‌گیرد.

آئروژل‌ها موادی با حفره‌های نانومتری، چگالی پایین، منافذ زیاد (تخلخل بالا) و مساحت داخلی بالا هستند. این ویژگی‌ها باعث ایجاد خصوصیات استثنایی و منحصر به فرد مانند هدایت گرمایی پایین، سرعت صوت پایین و عملکرد به عنوان عایق صوتی و همچنین گذردهی نوری بالا می‌شود. پس آئروژل‌ها نانو موادی هستند که پتانسیل زیادی برای کاربردهای مختلف دارند. ساختار آئروژل‌ها از مواد اولیه مختلف امکان‌پذیر است. آئروژل ها معدنی، آلی و هیبریدی سنتز شده‌اند و به علاوه آئروژل‌های کامپوزیتی و آئروژل‌های تقویت شده با الیاف نیز تهیه شده‌اند. آئروژل

به خاطر چگالی پایین خصوصیت ویژه ای از خود نشان می دهند که برای عایق حرارتی و عایق صوتی جالب به نظر می رسند. به خاطر هدایت الکتریکی بالا و پایداری بالای آئروژل‌ها، این مواد به عنوان الکترود در پیل سوختی و ابرخازن‌ها استفاده می‌شوند.

۴- نتیجه گیری

فناوری نانو به عنوان یک فناوری نوین در توسعه بسیاری از عرصه‌های علمی و صنعتی، توانسته است به خوبی جایگاه خود را در علوم کشاورزی و صنایع وابسته آن به اثبات برساند و امروزه بیشتر کاربردهای نانو در این عرصه تجاری‌سازی شده است. در مقاله حاضر، کاربرد نانو در صنعت غذا، در ۵ بخش کشاورزی، ماشین آلات و تجهیزات، فراوری، بسته‌بندی و انبارداری مورد بررسی قرار گرفت. استخراج DNA از گیاهان، افزایش کارایی تغذیه گیاهان با نانوکودهای شیمیایی، صرفه‌جویی در مصرف آب و اصلاح خاک با استفاده از نانو سوپرجاذب و افزایش ماندگاری محصولات کشاورزی با استفاده از نانوجاذب‌های زئولیتی از کاربردهای نانو در کشاورزی است، همچنین فناوری نانو می‌تواند در پردازش غذا، در تثبیت و پوشش‌دهی آنزیم‌ها، در امولسیون‌های مواد غذایی، نقش فناوری نانو در سنتز غذا، درحامل‌های لیپیدی در صنایع غذایی، در فیلتراسیون و رویکردهای دستکاری مواد نفش داشته باشد.

ورود فناوری نانو به صنعت کشاورزی و صنایع غذایی، متضمن افزایش میزان تولیدات کشاورزی و کیفیت آنها، در کنار حفظ محیط‌زیست و منابع کره زمین می‌باشد. فناوری نانو، از علومی است که می‌توان از آن در امر تولید مواد غذایی بهره برد و این فناوری پتانسیل لازم برای ایجاد انقلابی عظیم در بخش کشاورزی را دارد. با وجود اینکه در سال‌های گذشته، استفاده از علم نانو در زمینه کشاورزی، بیشتر جنبه نظری داشته است، اما در سال‌های اخیر کاربرد آن به صورت عملی نیز امکان‌پذیر شده است.

۵- مراجع

- کاربرد فناوری نانو در صنایع غذایی، ۱۳۹۴، توسعه ویژه فناوری نانو (نظارت،داود قرایلو)، توسعه فناوری مهر ویژن
- بررسی و مطالعه کاربردی نانو ذرات الماس،فلورین و نانو لوب‌ها در جلوگیری از خوردگی و بهبود روانکاری قطعات متحرک صنعتی و موتور خودرو،۱۳۸۹،ناصریان مجید،کیهان جهانی فتحی، اولین همایش ملی توسعه تکنولوژی در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی
- تصفیه آب بااستفاده ازغشاء پلیمری نانوفیلتراسیون،۱۳۹۴،گزارش‌های صنعتی فناوری نانو،
- کاربرد فناوری نانو درصنایع غذایی،۱۳۹۳ ،آرزو قادی، اعظم سینکاکریمی، معصومه گرانسایه، فرشته فتاح زاده،سومین همایش ملی فناوری نانواز تئوری تا کاربر
- فناوری نانو درصنعت غذا،۱۳۹۵،مهدی رهبر،تهران -سخنور
- مقدمه ای برای کاربردهای فناوری نانو درصنایع غذایی،۱۳۹۳،ستاد فناوری توسعه نانو،سیستم جامع آموزش فناوری نانوتکنولوژی
- نانو بیوتکنولوژی در صنایع غذایی،۱۳۹۲،مرجان حاجی ئی، بیست ویکمین کنگره ملی علوم وصنایع غذایی
- مروری بر کاربردهای صنعتی پلاسمای سرد در صنایع غذایی و بسته بندی،۱۳۹۵،ستاد توسعه فناوری نانو،مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری پلاسمای سرد(شماره ۳)
- کاربرد فناوری پلاسمای سرد در صنعت چاپ و بسته بندی،۱۳۹۵،ستاد توسعه فناوری نانو،مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری پلاسمای سرد(شماره ۷)
- علایی ف.۱۳۹۲. فناوری نانو در بسته بندی مواد غذایی .ارائه شده در بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، ۱ تا ۳ آبان ۱۳۹۲، دانشگاه شیراز وکیلی نظامی ا.. افشین پژوه ر.، امینی م.، و سعادتمند ا.۱۳۹۲ . استفاده از نانوکامپوزیت‌های پلیمری خاک رس در بسته بندی
ماکارونی جوانه گندم و تأثیر آن بر زمان ماندگاری .ارائه شده در بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، ۳۰ آبان ۱۳۹۲، دانشگاه شیراز.
پرتوی ف. ، راشدی ح. ، اهری ح. ، و انوار ا. . خلیل زاده کلاگر م.، و سهرابی ن .۱۳۹۲ . بررسی فعالیت ضد باکتریایی پوشش‌های بسته بندی نانو نقره در افزایش زمان ماندگاری .ارائه شده در بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، ۷ تا ۹ آبان ۱۳۹۲، دانشگاه شیراز.
پرتوی ف.، راشدی ح.، و خلیل زاده کلاگر م.۱۳۹۲ . ارزیابی پوشش‌های بسته بندی نانو در افزایش زمان ماندگاری ماهی قزل آلا رنگین کمان .ارائه شده در بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، ۷ تا ۹ آبان ۱۳۹۲، دانشگاه شیراز.

تهیه و ارزیابی خواص نانوفیبر سلولز تهیه شده با روش آسیاب، حسین یوسفیزیابی، محمدمهدی‌هادیلام، الیاس افرا، علی قاسمیان، ۱۳۹۲،نشریه پژوهش‌های علوم وفناوری چوب وجنگل

تولید، خواص وکاربرد نانو فیبرسلولزتهیه شده باروش سنتز باکتریایی محمد مظهری موسوی سید حسین یوسفی،هادی حسنجانزاده – روح الله یوسفی،۱۳۹۴،کودبیوزل

کاربرد توأم نانوفیبر سلولز و صمغ گوار به عنوان پایدار کننده در مایونز کم چرب،۱۳۹۵،لاله گلچوبی، مزدک علیمی، حسین یوسفی،نشریه نوآوری در علوم وفناوری غذایی

مروری بر برخی از کاربردهای فناوری نانو درصنایع غذایی و نوشیدنی،بارویکرد بازار،۱۳۸۹،جهان گلستانی، علی قاسمی،ماهنامه فناوری نانو

قدم خیر, الهام و میلاد بی یا، ۱۳۹۴، کاربرد نانوتکنولوژی در کشاورزی، اولین همایش بین المللی و سومین همایش ملی مهندسی و مدیریت کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی پایدار، همدان،

ولی پور, اکرم؛ مریم دلفانی؛ مهدی صفریزارچ و امیر معصومی، ۱۳۹۴، کاربرد نانو ذرات در کشاورزی، اولین همایش گیاهان دارویی و داروهای گیاهی، تهران، مرکز توسعه پایدار علم و صنعت فرزین

اعرابی, اعظم، ۱۳۹۰، نقش کشاورزی پایدار در امنیت غذایی جهان، اولین سمینار ملی امنیت غذایی، سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه.

Jokar, M., R. Abdol Rahman, L. C. Ibrahim Abdollah and C. P. Tan. 2010. Melt production and antimicrobial efficiency of Low density polyethylene (LDPE) silver nanocomposite film. Food Bioprocess Technol 5: 719-728.
Duncan, T. V. 2011. Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: Barrier materials, antimicrobials and sensors. Journal of Colloid and Interface Science 363: 1-24.

Mohammed Fayaz, A., K. Balaji, M. Girilal, P. T. Kalaichelvan and R. Venkatesan. Mycobased synthesis of silver nanoparticles and their incorporation into sodium alginate films for vegetable and fruit preservation. J Agric Food Chem: 2009 Jul 2022;2057(2014):6246-2052.
Sánchez-Valdes, S., H. Ortega-Ortiz, L. F. Ramos-de Valle, F. J. Medellín-Rodríguez and R. Guedea-Miranda. 2009. Mechanical and antimicrobial properties of multilayer films with a polyethylene/silver nanocomposite layer. Journal of Applied Polymer Science 111: 953-962.
Monteiro, D. R., L. F. Gorup, A. S. Takamiya, A. C. Ruvollo-Filho, E. R. de Camargo and D. B. Barbosa. The growing importance of materials that prevent microbial adhesion: antimicrobial effect of medical devices containing silver. Int J Antimicrob Agents 2009 Aug;34(2):103-10. doi: 10.1016/j.ijantimicag.2009.1001.1017.
Jokar, M., R. Abdol Rahman, L. C. Ibrahim Abdollah and C. P. Tan. 2010. Melt production and antimicrobial efficiency of Low density polyethylene (LDPE) silver nanocomposite film. Food Bioprocess Technol 5: 719-728.
Duncan, T. V. 2011. Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: Barrier materials, antimicrobials and sensors. Journal of Colloid and Interface Science 363: 1-24
An, J., M. Zhang, S. Wang and J. Tang. 2008. Physical, chemical and microbiological changes in stored green asparagus spears as affected by coating of silver nanoparticles-PVP. LWT - Food Science and Technology 41: 1100-1107.