بسته بندی نانو در گوشت

سعیده امینی هرندی
تحصیلات: دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی، علوم و صنایع غذایی
پست الکترونیکی: aftabamini@yahoo.com
تاریخ دریافت مقاله: بهمن ماه ۱۳۸۹
تاریخ پذیرش مقاله: اردیبهشت ماه ۱۳۹۰

چکیده:

فنّاوری نانو در بسته‌بندی غذا، یک پدیده در حال ظهور است که طی آن مواد بسته‌بندی برای بهبود ویژگی‌های حفاظتی، ممانعت‌کنندگی، مقاومت به حرارت و زیست تخریب‌پذیری در مقایسه با پلیمرهای معمول دستکاری می‌شوند. این مواد همچنین برای گسترش سطوح ضدقارچی و ضدمیکروبی و نشان دادن تغییرات ضدمیکروبی و بیوشیمیایی فعالیت می کنند. صنعت بسته بندی غذا این پتانسیل را دارد که بیش ترین سهم بازار فنّاوری نانو را جذب کند. یکی از وظایف آن بهبود کیفیت و عمر نگه داری محصولات گوشتی از طریق ویژگی های ممانعت کنندگی و نوع اجزای در اندازه نانو (نانو کامپوزیت)(۱) زیست فعال داخل یا روی فیلم می باشد. نانوکامپوزیت یک نوع ماده جامد چند فازی است که با ذرّات در مقیاس نانو، فیبرها یا صفحات کوچک هستند که با ویژگی های مکانیکی و شیمیایی بهتری نسبت به کامپوزیت‌های معمول تهیه می شوند. در این مقاله کاربردهای بسته بندی نانو در صنایع گوشت(شامل نانو کامپوزیت ها در بسته بندی، بسته بندی فعال و ضد میکروب، بسته بندی هوشمند و زبان الکترونیکی، بسته بندی نانو و انتقال گازها، پوشش های خوراکی، بسته بندی زیست تخریب پذیر، بررسی ریسک ها و مخاطرات مربوط به بسته بندی نانو و بازار محصولات نانو) مورد بحث قرار می گیرد.

واژه‌های کلیدی:

بسته بندی، نانو، گوشت و کامپوزیت.

۱- مقدمه:

کلمه نانو از کلمه لاتیندوراف(۲) آمده است. نظریه‌ی فنّاوری نانو برای اولین بار به وسیله ی نوبل لاریت(۳) در کالیفرنیای جنوبی در سال ۱۹۵۲ داده شد.[۱] اریک درکسلر(۴) واژه فنّاوری نانو را در سال ۱۹۸۰رواج داد. در حال حاضر استفاده از فنّاوری نانو شامل آزمون ها و دستکاری ها روی نانو ذرّات است. [۲] در سیست SI، نانو به معنی یک میلیاردم واحد آن مقیاس است. با توجّه به اینکه یک سلول بدن بیش از صدها نانومتر است می توان به کوچکی این مقیاس پی برد. هر قدر بتوانیم این مواد را در ابعاد ریزتر و کنترل شده‌ای تولید کنیم، خواهیم توانست مواد جدیدی را با قابلیت و عملکرد

بسیار عالی به دست آوریم. تاکنون تعاریف متعدّدی از مواد نانو ارائه شده است؛ اما در یک تعریف جامع می توان گفت موادی در این گروه قرار می گیرند که یکی از ابعاد اضلاع آن ها از ۱۰۰ نانومتر کوچک تر می باشد. یکی از این گروه ها، لایه ها هستند. لایه ها یک بعدی هستند که در دو بُعد دیگر توسعه می یابند مانند فیلم های نازک و پوشش‌ها. گروه دیگر شامل موادی است که دارای دو بعد هستند و در یک بعد دیگر گسترش می یابند و شامل لوله ها و سیم ها می شوند. گروه مواد سه بعدی در نانو، شامل نقطه های کوانتمی می شوند. دو ویژگی مهم، مواد نانو را از دیگر گروه ها متمایز می سازد که عبارتند از افزایش سطح مواد و تأثیرات کوانتمی. این عوامل می توانند باعث ایجاد تغییرات و یا به وجود آمدن خواص ویژه ای مانند تأثیر در واکنش ها، مقاومت مکانیکی و مشخصه های ویژه الکتریکی در مواد نانو شوند. همانگونه که اندازه این مواد کاهش می یابد، تعداد بیش تری از اتم‌ها در سطح قرار خواهند گرفت. برای مثال، اتم های موادی به اندازه ۳۰ نانومتر به میزان ۵ درصد، ۱۰ نانومتر به میزان ۲۰ درصد و ۳ نانومتر به میزان ۵۰ درصد در سطح قرار دارند، در نتیجه مواد نانو با ذرّات کوچک تر در مقایسه با مواد نانو با ذرّات بزرگ تر دارای سطح بیش تری در واحد جرم هستند. با توجّه به ازدیاد سطح در این مواد، تماس ماده با سایر عناصر بیش تر شده و موجب افزایش واکنش با آن ها می شود. این عمل منجر به تغییرات عمده در شرایط مکانیکی و الکترونیکی این مواد خواهد شد. برای مثال فلز نیکل در مقیاس نانو، مقاومتی بیش تر از فولاد سخت شده دارد. فنّاوری نانو این پتانسیل را دارد که در سیستم غذای جهانی ایجاد انقلاب کند. یکی از کاربردهای تجاری فنّاوری نانو در بخش غذا، بسته بندی نانو است. [۳] بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ محصول با بسته بندی نانو در حال استفاده تجاری تخمین زده شده است. در حالی که پیش بینی می شود. بسته بندی نانو در تولید ٪ ۲۵ از بسته بندی همه ی غذاها در دهه‌ی بعدی مورد استفاده قرار گیرد. [۴] مزایای کلی بسته بندی نانو در گوشت، شامل پایداری حرارتی و شیمیایی، مقاومت حرارتی، سدّی برای گاز اکسیژن و دیگر گازها، ثبات اندازه و پایداری، مقاومت مکانیکی بالا، دانسیته نوری خوب و ... است. [۳]

۲- کاربرد فنّاوری نانو در بسته بندی گوشت:

۲-۱- فنّاوری نانو کامپوزیت ها:

نانو کامپوزیت‌ها، پلیمرهایی هستند که با نانو ذرّات تشکیل باند را داده اند و موادی با فنّاوری برتر ایجاد می کنند. یک چنین ابتکاری را فنّاوری پلیمر نانوکامپوزیت گویند که کلید پیشرفت آینده را در بسته بندی انعطاف پذیر به وجود می آورد. نانو کامپوزیت ها ما را به هدف ایجاد سدّی قوی در حد شیشه و پلاستیک با ضوابط و مقرّات نزدیک می کند. [۵] پلیمر نانوکامپوزیت به وسیله ی پخش کردن یک ماده پر کننده به داخل نانو ذرّات(که ایجاد اجسام کوچک مسطح می کند و این صفحات کوچک داخل ماتریکس پلیمری توزیع شده) که ایجاد پلیمرهای موازی چند لایه می کند به وجود می آید این فرایند ایجاد مسیری پیچیده می کند که به عنوان سدّی مقابل عبور گازها، بخار آب و ... محسوب می شود. ضریب نفوذ پذیری(۵) فیلم پلیمر از دو عامل تشکیل شده است:

۱- ضریب انتشار(۶)

۲- قابلیت حل(۷) $P = DxS$

انواع مختلفی از پرکننده ها در نانو کامپوزیت استفاده می شود که رایج ترین آن ها مواد نانورسی هستند و مونتموریلونیت(۸) نامیده می شوند. رس در حالت طبیعی آبدوست است در حالی که پلیمر، آبگریز است. برای این که دو قطب سازگار در رس ایجاد شود، باید اصلاح شده و آلی‌تر شود. یک راه برای اصلاح رس، تبادل کاتیون آلی آمونیوم(یون مثبت) با کاتیون های غیر آلی از سطح مس می باشد. انواع مختلفی از پلاستیک های انعطاف پذیر و انعطاف ناپذیر برای ساختار نانوکامپوزیت ها استفاده شده است که شامل پلی‌پروپیلن، نایلون و پلی‌اتیلن‌ترفتالات(۹) می باشد. بایرجاینت چمیکال(۱۰) تولید یک پلاستیک شفاف به نام دیورتان(۱۱) می کند که شامل نانو ذرّات‌مس می باشد. نانو ذرّات در سر تا سر پلاستیک پخش می شوند و از ورود اکسیژن، دی اکسید کربن و رطوبت ممانعت

می کنند. نـانو ذرّات مـس، همچنـین پلاسـتیک را قـوی تـر، سبک‌تر و مقاومـت حرارتـی آن را بـیش تـر مـی کننـد. نـانو کامپوزیـــت نـــایلون بـــه عنـــوان ســـدّی بـــرای ظـــروف پلی اتیلن ترفتالات چند لایه ای استفاده شده است که دو الـی سه برابر بهتر از لایه هـای ممانعـت کننـده اتـیلن‌وینیـل‌الکـل معمولی عمل می کنند، زیرا دمای ذوب نایلون ċ ۵۰ بیش تـر است. مزایای فیلم هـای نـانوکـامپوزیتی بـی شـمار اسـت و امکانات آن بـرای صـنعت بـسته بنـدی پایـان ناپـذیر اسـت. نانوکامپوزیـت هـا ویژگـی هـای زیـر را بهبـود مـی دهنـد: ممانعـت کننـدگی در برابـر عبـور اکـسیژن و دیگـر گازهـا، مقاومت مکانیکی بـالا، مقاومـت شـمیایی، قابلیـت بازیافـت، ثبات اندازه، مقاومت حرارتی و بهبود وضوح نوری(به‌خـاطر ذرّاتی است که در اندازه نانو هستند). تخمـین زده شـده کـه صنعت بسته بندی انعطاف پذیر یا انعطـاف ناپـذیر از حـدود پـنج میلیـون پونـد مـواد نـانوکـامپوزیتی در صـنعت غـذا و نوشیدنی استفاده خواهد کرد و در سال ۲۰۱۱ مصرف آن بـه صد میلیون پوند خواهد رسید. [۶]

۲-۲- فنّـاوری زبـان الکترونیـک و بـسته بنـدی هوشمند:

بسته بندی هوشمند، نوعی بسته بندی است که می‌تواند به شرایط محیطی پاسخگو باشد و یا خودش را تعمیر کند یا در مورد آلودگی‌ها به مصرف کننده هشدار دهـد و یـا از حـضور گونـه هـای بیمـاری زا خبـر دهـد .دانـشمندان در کرافـــت(۱۲) و دانـــشگاه روتگـــر(۱۳) و دانـــشگاه کانکتیکات(۱۴) درحال کار کردن روی نانو ذرّات فیلم هـا و همچنین جاسازی حسگرها در بسته بنـدی(کـه فنّـاوری زبان الکترونیک می باشد) هستند. حسگرها می توانند اجـزا را در هر قسمت در تریلیون تعیین کرده و ممکن اسـت بـا تشخیص آلودگی، رنگ آزاد کنند.[۶]

شرکت سیراتکنولوژیز(۱۵) به همـراه بـرت‌لاچ(۱۶) و ویلیام‌الر(۱۷) بارکدهایی را ابداع کردند که به هنگام بـروز آلودگی به رنگ قرمز در می آیند. آن ها در جـوهر بارکـد، پلیمری را به کار بردند که به طور غیـر قابـل برگـشتی بـا تغییر درجه حرارت تغییر رنگ می دهد. این ها در حقیقت نشانگرهای ترموفیلیک(۱۸) هستند.[۱۴]

جدول ۱- پیشرفت بیوپلاستیک های نانو کامپوزیتی[۲۶]

کمپانی/ بنیان گذار	ترکیبات	هدف
Plastic technologies Australia	نـانو کامپوزیـت هـای بیـو پلیمـر، پر کننده نامشخص	تولید پلاستیک های زیست تخریب پذیر، تهیه ۸۰٪ از سینی های شکلات استرالیایی[۷]
Rohm and Haas, USA	نانو کامپوزیت هـای بیـو پلیمـر بـا استفاده از پارالوئید BPM-500	استفاده بـرای تقویـت PLA در حـالی کـه شـفافیت پلاستیک را حفظ می کند[۸]
Sustain pack	بیـو پلیمرهـای نـانو کـامپوزیتی بـا استفاده از نانو مس	برای تقویت بسته بندی زیست تخریب پذیر با اسـاس فیبر و برای ساختن بسته بندی ضد آب[۹]
Technical university of Denmark and others	بیـو پلیمرهـای نـانو کـامپوزیتی بـا استفاده از نانو مـس و مـواد معـدنی دیگر	استفاده از نانو مس و دیگر مواد معدنی برای تقویـت بیوپلاستیک ها [۱۰]
Australia's common wealth scientific and industrial research and organization	نـانو کامپوزیـت هـای بیـو پلیمـر، پر کننده نامشخص	کامپوزیت‌هایی که قابل اشتعال، قابل ترکیـب شـدن و قابل تجدید شدن هستند.[۷]

حسگرهای زیستی در بسته بندی هوشمند گوشت استفاده می شوند. این سیستم یک سیستم آنالیزی ترکیبی است که در آشکارسازی، ذخیره و تحلیل اطّلاعات حاصل از یک واکنش زیستی نقش دارد. [۱۱]

این دستگاه‌ها شامل گیرنده های زیستی ویژه برای کاربرد آنالیز و تبدیل سیستم‌های زیستی (بیولوژیکی) به پاسخ های الکتریکی کمّی است. این گیرنده‌های زیستی از جنس مواد آلی مثل آنزیم، آنتی ژن(۱۹)، میکروب، هورمون و اسیدهای نوکلوئیک(۲۰) می باشد.

مبدل‌ها نیز الکتروشیمیایی، نوری(اپتیکال)(۲۱) و گرماسنجی می باشند. سنسورهای زیستی از لحاظ اقتصادی هنوز به صرفه و قابل توجیه نیستند. [۱۳] زیست حسگرهایی ساخته شده است که می تواند سم نوع B باکتری استافیلوکوکوس(۲۲) و باکتری‌های اشرشیاکلی(۲۳)، گونه های سالمونلا(۲٤) و لیستریامونوسیتوژنز(۲۵) را تشخیص دهد. علاوه بر موارد ذکر شده نانوحسگرها می‌توانند پروتئین های حساسیت‌زا را تشخیص داده و به این ترتیب از تأثیرات نامطلوب آن ها بر مواد غذایی مانند بادام زمینی، آجیل و گلوتن(۲٦) جلوگیری کنند. در راهبرد مشابه، برای اطمینان از سلامت مواد غذایی، محققان اتحادیه اروپا در پروژه "غذای خوب"(۲۷) از نانوحسگرهای قابل حمل برای یافتن مواد شیمیایی مضر، پاتوژن ها(۲۸) و سم ها در مواد غذایی استفاده می کنند. با این کار، دیگر نیازی به فرستادن نمونه های مواد غذایی به آزمایشگاه برای تشخیص سلامت و کیفیت محصولات در کشتزارها و کشتارگاه ها نیست. همچنین این پروژه، در حال توسعه به کارگیری زیست تراشه‌های DNA (۲۹) برای کشف گونه های بیماری زا است. این روش می تواند در تشخیص باکتری‌های مضر و متفاوت موجود در گوشت یا ماهی و یا قارچ‌های میوه مؤثر باشد. این پروژه در نظر دارد با گسترش میکروحسگرهای رشته‌ای، بتواند آفت کش‌های میوه و سبزیجات را به همان خوبی که شرایط محیطی کشتزارها را کنترل می کند تشخیص دهد. این نوآوری "حسگرهای غذای خوب"نامیده می شود.

جدول ۲- پیشرفت بسته بندی های با حسگرهای نانو[۲۶]

کمپانی/ بنیان گذار	ترکیبات	هدف
Georgia technology in the United State	حسگرهای زیستی بر اساس نانو لوله های کربنی چند دیواره‌ای	تعیین میکرو ارگانیسم ها، پروتئن های سمی، یا فساد غذا و بعضی نوشیدنی ها [۱۵]
University of Southampton UK and Detaches Kunststoff-Institut,Germany	فیلم شیشه ای با ترکیب nm ۵۰نانو ذرّات سیاه کربن	رنگ در پاسخ به فساد غذایی تغییر می کند[۱۶]
University of strathclyde ,Scotland	مواد با اساس نانو تیتانیوم دی اکسید فعال در مقابل اشعه UV(۳۰) حساس به اکسیژن	ضد بازتابش[۱۷]
Australian company mini FAB	حسگرهای زیستی با اساس نانویی	تشخیص آلودگی های سیستم های زیستی(بیولوژیکی)[۷]

محققان در ناترلند(۳۱) یک مرحله پیش‌تر رفته‌اند، آن‌ها می‌خواهند بسته بندی‌های هوشمندی بسازند که اگر گوشت شروع به فساد نماید، نگهدارنده ترشح کند. این ترشحات به وسیله ی یک نانوسوییچ عمل می‌کند. [۱۸]

برچسب های نشانگر امواج رادیویی(۳۲) نوع دیگری از بسته بندی‌های هوشمند است. با استفاده از سیستم شناساگرهای امواج رادیویی که متشکل از برچسب ها، دستگاه خواننده و سیستم رایانه ای است، می توان به شکل بی سیم و از راه دور، وضعیت ظروف مواد غذایی را تحت نظارت قرار داد. این محصول کاربردهای متعدّدی در صنایع غذایی دارد، از تسهیل امکان ردیابی محصول گرفته تا افزایش بهره‌وری در زنجیره تأمین محصول؛ اما شاید مهم‌ترین کاربرد این سیستم، تسریع در جابه جایی موجودی کالاها و امکان ردیابی آن ها باشد. سیستم شناساگرهای امواج رادیویی در بسیاری از مراحل عملیاتی زنجیره تأمین محصولات غذایی مفید واقع می شود. استفاده از سیستم شناساگرهای امواج رادیویی، امکان ردیابی و مشخص نمودن منابع تأمین ماده غذایی را به

عرضه کنندگان می دهد. امری کـه ضـامن کیفیـت و سـلامت محصول است. از این رو فروشندگان محـصولات غـذایی در پی راه های ادغـام ایـن فنّـاوری در مـدیریت زنجیـره تـأمین کالاهای خود هستند. [۱۸]

۲-۳- بسته بندی فعال و ضد میکروب گوشت:

بـسته بنـدی فعـال مـی توانـد موجـب ممانعـت از رشـد میکروبـی و کنتـرل رطوبـت و اکـسیژن شـود. مـواد جـاذب اکسیژن، در صورت استفاده، اکسیژن موجود در فضای ظـرف را جذب کرده و به این ترتیب مانع رشد میکروب‌ها و حفـظ طعم و کیفیـت مـاده غـذایی مـی شـوند. مـواد منتـشر کننـده دی‌اکسیدکربن می توانند رشد میکروب ها را در محـصولاتی نظیر گوشت قرمز، گوشت مرغ و پنیر متوقف کنند. با استفاده از مواد جاذب رطوبت هم می توان مانع روان شـدن و جمـع شدن آب محصولات گوشـتی درون ظـرف شـد. بـه عـلاوه هنگام بسته بندی محـصول غـذایی تـازه، ایـن مـواد مـانع از تشکیل قطرات ناشی از میعان بر جداره ظـرف مـی شـوند و می توانند میزان اکسیداسیون چربی ها را محدود نمایند. مـواد کنترل کننده رطوبت نیز می توانند میزان رطوبـت موجـود در ظرف را در سطح مورد نظر حفظ کنند، به این ترتیب که اگر ماده غذایی خشک است، بخار آب ایجاد کننـد یـا اینکـه نـم اضافی در طول درزها و شکاف‌های ظرف را جـذب نماینـد. از جمله جذب کننده های دیگـری کـه در روش بـسته بنـدی فعال مورد استفاده قرار می گیرند مـواد جـاذب گـاز اتـیلن و ضد میکروب ها هستند. بسته های ترشح کننده مواد شـیمیایی برای ترشح مواد کشنده زیستی در پاسـخ بـه رشـد جمعیـت میکروبی، رطوبت و دیگر شرایط در حال تغییـر اسـت. ایـن محـصولات بـه طـور رایـج از نـانو ذرّات نقـره اسـتفاده می کنند، اگرچه بعضی دیگر نیـز نـانو ذرّات اکـسید روی یـا نانو دی اکسید کلراید را به کار می برند. [۱۹] همچنـین نـانو منیزیم اکساید، نـانو مـس اکـساید، نـانوتیتـانیوم‌دی‌اکـسید و نانولوله‌های کـربن بـرای اسـتفاده در آینـده بـه عنـوان مـواد ضـدمیکروبـی پـیش بینـی شـده اسـت.[۸] لاتـور(۳۳) و همکاران(۲۰۰۳) به این نتیجه رسـیدند کـه نـانو ذرّات سـنتز شده به طور غیر قابل برگشتی به باکتری هـای هـدف متـصل مـی شـوند و از چـسبیدن و عفـونی کـردن میزبانـشان جلـوگیری مـی کننـد. ایـن مکانیـسم در جهـت کـاهش گونه های بیماری زا در محصولات ماکیان به طـور مـؤثری عمل می کند و از دو نوع نانو ذرّه در آن استفاده مـی شـود که عبارتند از: یک نوع از پلیمرهای آلی مثل پلی استایرن و دیگری نانوذرّات غیرآلی با پلی‌ساکاریدهـا و پلـی‌پپتیـدها. درک واکـنش بـین سـطح آلـوده و میکروارگانیـسم طـرح مـوادی کـه بـه چـسبندگی بـاکتری مقاومنـد را ممکـن می سازد. محققان اکنون در حال طرح موادی هستند به نام خودپاک‌کننده که حاوی ترکیبـات ضـدمیکروبـی اسـت و می توانند تحت شرایط محیطی خاصی ترشح شـوند و بـار میکروبی آلوده را از بین ببرنـد.[۲۰] بـاکر وکـورکر(۳۴) از اختلاط با سرعت بالای چربی به عنوان فاز غیر پیوسـته بـا فاز مداوم آبکی بـرای گـسترش نـانو امولـسیون کـه یـک محلول مناسب برای ضد عفونی کردن تجهیـزات حـساس اسـت، اسـتفاده کردنـد.[۲۱] نانوامولـسیون شـامل قطـرات روغن با قطر ۸۰۰-۴۰۰ میکرومتر که قادر به ترکیب شـدن هستند و غشای انواعی از گونه هـای بیمـاری‌زای مختلـف مثل باکتری‌ها، اسپورها، ویروس های پیشرفته و اسپورهای قارچی را جدا می کنند. تحقیقات زیادی در حـال بررسـی قابلیت نفوذ ذرّات به عنوان ترکیبات ضـد میکـروب بـرای فراهم کردن ایمنی غذا در دست مـی باشـد. هـزاران سـال فلزات مختلف مثـل نقـره، طـلا و مـس بـرای ممانعـت از فعالیت میکروبی و قارچی و ویروسی شـناخته شـده بـود. نقره به عنوان یک مهاجم قوی به میکروب ها شناخته شـده است نانوذرّه نقره یک ذرّه با اندازه ۲۰-۵ نانومتر می باشـد که حجـم بزرگـی را در سـطح کـم مـی پوشـاند و باعـث می شود این نـانوذرّه بـا سـایر ذرّات واکـنش نـشان دهـد. باکتری ها در حد میکرومتر هستند. تفاوت بـین نـانو ذرّات و باکتری باعث می شود که شماری از نانو ذرّات نقره برای پیوند یا مبارزه با هر باکتری یـا قـارچ در دسـترس باشـند. مقدار کمی در حد ۱۰۰ ذرّه از نانو نقـره بـرای حملـه بـه بـاکتری کـافی اسـت. مطالعـات نـشان داده کـه میکروارگانیسم ها وقتـی کـه در معـرض کلوئیـد نقـره بـه

طورمستقیم قرار می گیرند نمی توانند جان سالم بدر ببرند. [۲۲]

جدول ۳-بسته بندی های نانویی ضد میکروبی و مواد درون آن ها (۲۰۰۷)[۲۶]

کاربرد	کمپانی / بنیان گذار
پوشش چسبنده غذایی که با نانو ذرّات فرایند شده است	Song Sing Nano Technology Co ,Ltd
جعبه های انباری پلاستیکی غذایی که با نانونقره فراوری شده	Sharper Image
ظروف انبارداری که با نانو نقره فراوری شده است.	Blue moon good, A-Do Global, quant Zhou Hu sheng Nano Technology Co, Ltd and sharper Image
یخچال‌هایی که با نانونقره فراوری شده است	Daewoo, Samsung, LG

۲-۴- پوشش های نانو خوراکی:

اغلب همه ما با پوشش واکسی که در سیب به کار می رود آشنا هستیم امروزه فنّاوری نانو در حال پیشرفت تولید پوشش های خوراکی در مقیاس نانو به نازکی ۵nm می باشد. پوشش های نانوی خوراکی می تواند در گوشت و پنیر و میوه و سبزی ها و قنّادی و نانوایی و غذاهای فست فود(۳۵) استفاده می شود. آن ها می توانند یک مانع برای تبادل گاز و رطوبت فراهم کنند و به عنوان یک وسیله برای فرستادن رنگ وطعم وآنتی اکسیدان و آنزیم و ترکیبات ضد قهوه ای شدن استفاده شوند. همچنین می توانند عمر نگهداری غذاها را بعد از باز شدن افزایش دهند [۲۳]. پوشش‌های خوراکی با ترکیبات فعال نانوکپسوله می‌توانند به طور فعال ترشحاتشان را کنترل کنند و از محصول در برابر رطوبت و گرما و دیگر اثرات حفاظت نمایند و به عنوان یک گزینه خوب برای حفظ کیفیت عمل کرده و عمر انبارداری را گسترش دهند.[۲۴]

۲-۵- بسته بندی زیست تخریب پذیر:

استفاده ازمواد نانویی برای تقویت پلاستیک‌های زیستی (پلاستیک هایی با اساس گیاهی) ممکن است ما را توانمند کند که به جای پلاستیک‌ها بر اساس سوخت های فسیلی از پلاستیک‌های زیستی استفاده کنیم. [۸] از میان نانو کامپوزیت ها یک دسته زیست تخریب پذیر هستند که حداقل یک مرحله از تجزیه را توسط ارگانیسم‌های طبیعی انجام می شود. تحت شرایط مناسبی از وجود رطوبت، دما و اکسیژن تجزیه زیستی موجب تخمیر یا تفکیک پلاستیک بدون سم و مواد باقی مانده مضر محیطی می شود. پلیمرهای زیست تخریب پذیر می توانند به سه دسته تقسیم شوند :

۱- پلیمرهایی که به طور مستقیم از توده زنده استخراج یا دفع می شود(مثل پلی‌ساکاریدها، پروتئین ها، پلی پپتیدها(۳۶)، پلی‌نوکلئوتیدها)(۳۷)

۲- پلیمرهایی که به وسیله سنتزهای شیمیایی طبقه بندی شده با استفاده از مونومرهای زیستی یا مخلوطی از توده زنده و پترولیوم(۳۸) ایجاد می شوند(مثل بیوپلیمر یا اسید پلی‌لاکتیک)(۳۹)

۳- پلیمرهایی که به وسیله میکروارگانیسم ها یا باکتری هایی که به صورت ژنتیکی اصلاح شده تولید می شود.

اصولاً مسائل مربوط به پلیمر زیست‌تخریب‌پذیر سه دسته اند: ساخت، فراورش، قیمت. اگرچه این عوامل همه به هم وابسته اند، مشکلات مربوط به ساخت و فراوری برای همه پلیمرهای زیست تخریب پذیر علیرغم منشأ متفاوت آن ها مشترک است، بخصوص شکنندگی، دمای تغییر شکل حرارتی پایین، نفوذ پذیری گازها و بخار آب، مقاومت ضعیف به عملیات فراوری طولانی و داشتن کاربردهای محدود. کاربرد فنّاوری نانوبرای این پلیمرها ممکن است هم باعث بهبود ویژگی‌ها و هم بهبود قیمت محصول شود زیرا این نانو کامپوزیت ها به طور محسوسی ویژگی های مکانیکی، حرارتی، ممانعتی و فیزیک و شمیایی را بهبود می بخشد مناسب ترین نانوکامپوزیت‌های زیست تخریب پذیر برای بسته بندی شامل نشاسته و مشتقات، پلی لاکتیک اسید، پلی بوتیلن سوکسینات(۴۰)، پلی هیدروکسی بوتیرات(۴۱) و پلیمرهای آلیفاتیک(۴۲) است.

جدول ۴- مشاهدات آزمایشگاهی از سمیّت نانو مواد با استفاده تجاری [۲۶]

مواد نانویی و کاربردهای جاری	اندازه و ویژگی های فیزیکی	مشاهدات آزمایشگاهی سمیت آن ها
میکرو ذرّات دی اکسید تیتانیوم به طور وسیع برای حفاظت در برابر اشعه فرابنفش و خواص ضد میکروبی در بسته بندی غذا و ظروف انباری و به عنوان افزودنی غذایی استفاده می شود.	۲۰ نانو متر	تخریبDNA
	۳۰ نانو متر حداقل فرم‌های روتایل و آناتاز از دی اکسیدتیتانیوم	تولید رادیکال های آزاد در سلول های ایمنی مغز
	ذرّات با اندازه نامشخص به شکل های روتایل و آناتاز	ماده ژنتیکی سلول های پوستی انسان وقتی که در معرض اشعه فرابنفش خورشید قرار می گیرد، آسیب می بیند.
	۲۰-۳ نانو متر ترکیب فرم های روتایل و آناتاز	در غلظت بالا از عمل سلول های پوستی ممانعت می کند.
	۲۵نانو متر،۸۰ نانو متر، ۱۵۵نانو متر	ذرّات ۵۰ و ۸/۵ نانو متری در موش های ماده به کبد آسیب می زنند
نقره به عنوان مواد ضد میکروبی در بسته بندی و انبارداری و همچنین به عنوان مکمل های غذایی استفاده می شود.	۱۵ نانو متر	سمیّت بالا برای جنین موش
	۱۵ نانو متر و ۱۰۰ نانو متر	سمیّت بالا برای سلول های کبد موش صحرایی
	۱۵ نانو متر شکل یونی	سمی برای سلول های مغز موش صحرایی
روی و اکسید روی به عنوان افزودنی غذایی و مواد ضد میکروبی استفاده می شود.	۲۰ نانو متر و ۱۲۰نانو متر پودر اکسید روی	ذرّات با اندازه ۱۲۰ نانو متر به عنوان مقدار مؤثر به سلول های کبد و قلب و طحال آسیب می زند.
	۱۹ نانو متر اکسید روی	برای موش سمّی بودند(اسهال و استفراغ کشنده)
با اندازه کمتر از ۱۰۰نانو متر به عنوان افزودنی های غذایی و برای استفاده در بسته بندی	۵۰ نانو متر،۷۰ میکرومتر ،۰/۲ میکرو متر، ۰/۵ میکرو متر، ۱میکرو متر، ۵ میکرومتر	ذرّات ۵۰ و۷۰ نانومتری داخل سلول های نوکلئوس جذب می شوند در آن جا باعث ایجاد پروتئین های غیر طبیعی می شوند و مانع از رشد سلولی می کنند.

۲-۶- بسته بندی نانو و انتقال گازها:

با فنّاوری نانو می توانیم انتقال گازها را افزایش یا کاهش دهیم. فنّاوری نانو طراحان را قادر می کند که ساختار مواد مولکولی را در مقیاس نانو اصلاح کنند. با نانوساختارهای مختلف، پلاستیک می تواند قابلیت نفوذ بخارآب و گازهای مختلف را برای رفع نیازهای ممانعتی گوشت و میوه و سبزی و نوشیدنی و دیگر غذاها را کنترل کند با نانوذرّات همچنین می توان بطری و بسته های سبک‌تر و با مقاومت بالاتر به حرارت با کارائی مکانیکی قوی‌تر و جذب گاز کمتر تولید کرد. چنین کاری می تواند عمر نگهداری گوشت را افزایش دهد و از تغییر طعم ورنگ ممانعت کند.

توزیع مواد پرکننده داخل ذرّات نانو لایه های چند گانه موازی را به وجود می آورد و مسیرهای پیچیده ای را برای گازهای مختلف ایجاد می کند. [۶] متخصصین دریافتند که پلی‌اتیلن‌اکساید هنگامی که به عنوان یک لایه نانو استفاده می شود، متبلور شده و به عنوان یک تک لایه، به اندازه ۱۰۰ بار از میزان نفوذپذیری گاز در این پلیمر می کاهد. این محققین همچنین اشاره کردند که با استفاده از فرایند کواکستروژن یک لایه جدید تکثیر می یابد که در پلیمر ذوب شده و با هم ترکیب می یابند. تکثیر لایه ها به چهار یا چندین لایه، ساختار جدیدی را به وجود می آورد که بسیار نازک‌تر است. [۱]

۳- خطرات احتمالی استفاده از فنّاوری نانو:

اگر چه خطرات فنّاوری نانو هنوز کاملاً شناخته نشده است؛ اما می تواند مثل هر فنّاوری دیگری با خطراتی همراه شود. زیست شناسان از این می ترسند که فنّاوری نانو ممکن است آلودگی‌هایی ایجاد کند که به خاطر اندازه نانو خیلی خطرناک باشد. با این وجود، استفاده خوب از فنّاوری نانو کاربرد چشمگیری در رشته های مختلف پیدا خواهد کرد. تحقیقات نشان داده که ذرّات با اندازه نانو حفره های بینی، شش و مغز موش ها را جمع می کنند. نانو مواد به مغز ماهی آسیب می زنند. ویان هاوارد یک سم شناس در دانشگاه لیورپول در ایالات انگلستان هشدار داده که نانو ذرّات با اندازه کوچک می توانند سم را منتقل کنند و از مواد پر خطر هستند که قبل از تولید باید مجوز بگیرند. بسیاری از بخش های علاقمند مثل کمپانی سوئیس ره(۴۳) نگرانی خود را در مورد آزادسازی ذرّات بسیار کوچک که به خاطر اندازه خیلی ریز ممکن است به نقاط دور طبیعت منتقل شوند، اعلام کرد.آن ها بیان کرده اند که هنوز ما نمی دانیم که این ذرّات چگونه در طبیعت عمل خواهند کرد یا چه واکنش های شیمیایی در برخورد با دیگر ذرّات خواهند داشت؛ اما اغلب نگرانی ها در مورد فقدان تحقیقات در مورد خطرات فنّاوری نانو بر سلامت انسان، جامعه و طبیعت می‌باشد. [۶] با بررسی مهاجرت از بسترهای نانوکامپوزیت، مهاجرت قابل تعیینی از اجزای نانو رسی از بطری پلی اتیلن ترفتالات نانوکامپوزیت شده با نانو رس مشاهده نشده است و سطح کمی از مهاجرت نقره در بطری‌های حاوی نانو نقره گزارش شده است. [۲۵]

۴- بازار محصولات نانو:

محققان تخمین می‌زنند که فنّاوری نانو ۲۵٪ از بازار بسته بندی را خواهد گرفت. در سه سال قبل کمتر از چهل محصول با بسته بندی نانو در بازار بود؛ اما امروز، بیش از ۴۰۰ محصول در دسترس است. بر طبق معادلات روند بازار شامل بهبود بسته بندی برای گسترش عمر نگهداری، ترکیبات عملگرضد باکتریایی و ساختن بسته بندی های دارای فعل و انفعالات می باشد. گسترش محصولات جدید، فروش را از ۱۵۰ میلیون دلار در سال ۲۰۰۲ به ۸۶۰ میلیون دلار در سال ۲۰۰۴ و ۹۸۰ میلیون دلار در سال ۲۰۰۶گسترش داده است. بر طبق گفته محققان بسته بندی به طور قابل افزایشی به یک سرویس در حال تلاش برای عملکرد چندگانه تبدیل خواهد شد. ایالات متحده آمریکا با بیش از ۴۰۰ مرکز تحقیقاتی و شرکت و بیش از ۳/۴ میلیون دلار سرمایه در تحقیقات فنّاوری نانو پیشتاز است. اروپا دارای بیش از ۱۷۵ شرکت و سازمان و ۱/۷بیلیون دلار و ژاپن دارای بیش از ۱۰۰ شرکت می باشد. [۲۶]

جدول ۵- اسامی شرکت های فعال در زمینه بسته بندی نانو در گوشت: [۶]

اسم شرکت	زمینه فعالیت
CONSTAR International:Diamod clear	نانو موادی که با پلی اتیلن‌ترفتالات مخلوط شد –به دام اندازنده اکسیژن
Air product polymer "Air FLEXEF 9100 EMULSION"	ممانعت از نفوذ مایع و گاز و دوستدار محیط زیست
KODAK	بسته بندی مواد غذایی ضد میکروبی
Amcol international Co-op-NANOCOR	پلیمری که با نانوبلورها مخلوط می شود
Honey well	پلیمر نانو مس –مانع گاز
KRAFT	کار روی فیلم نانو ذرّات که گونه های بیماریزای گوشت را تعیین خواهد کرد

۵- نتیجه گیری:

امروزه بسیاری از کشورهای جهان به توانایی فنّاوری نانو در صنایع‌غذایی پی برده اند و در حال سرمایه‌گذاری

قابل توجّهی در این راه هستند. چالش های زیـادی در زمینـه فنّاوری نانو در همه ی رشته ها وجود دارد. گرچـه دسترسـی به این فنّاوری جدید آسان اسـت؛ امـا بـه دلیـل گـران بـودن محصولات، ورود آن به بازار با سـرعت امکـان‌پـذیر نیـست. البته این مشکلات قابل حل هستند و به زودی شاهد هجـوم فرآورده‌های فنّاوری نانو از محصولاتی مـؤثر بـرای ایمنـی و سلامت گرفته تا غذاهای قابل برنامه‌ریزی و مطابق بـا سـلیقه افراد، به صنعت غذا خواهیم بود که نتایج شگفت‌آوری را در بـر خواهنـد داشـت. دانـشمندان از علـوم مختلـف مثـل میکروبیولوژی، علوم مواد، شیمی، مهندسی شـیمی، مهندسـی محیط زیست، زیست شیمی، صنایع غـذایی، علـوم گوشـت، سلامت عمومی باید دست به دست هم دهند تا گوشت سالم تولید کنند. فنّاوری نانو عمـر نگهـداری را بهبـود بخـشیده و وزن را سبک تـر و قابلیـت بازیافـت را افـزایش خواهـد داد. فنّاوری نانوساخت همه بـسته هـا را تغییـر خواهـد. پتانـسیل فنّاوری نانو در صنعت گوشت به دلیـل فقـدان دانـش کـافی هنوز کاملاً درک نشده است. اگرپیشرفت در فنّاوری نـانو در این عرصه ادامه یابد ما می توانیم برای ایجاد مقادیر نا محدود گوشت با سنتز در سطح اتمی امیدوار باشیم که این می توانـد گرسنگی را ریشه کن کند.

زمینه های فنّاوری نانو بـسیار گـسترده اسـت و پیـشنهاد می شود در این میان تحقیقات خود را در بخش بسته بندی و ایمنی مواد غذایی متمرکز کنیم. علاوه بـر مـوارد گفتـه شـده برای گسترش فنّاوری نانو باید به موارد زیر توجّه نمود:

۱- درک پایه‌ای از موادغـذایی و تغذیـه حیوانـات بـرای نوآوری هوشمند؛

۲- سیستم های زیست شناسی در تحقیقات غذایی؛

۳- بازنگری زیستی در بخش محصولات غذایی؛

٤- پیشرفت های فنّاوری؛

۵- علم مواد خوراکی؛

٦- نوآوری هـایی بـر اسـاس نیـاز مـشتری و ارتباطـات غذایی.

۶- پانوشت:

1. Nano composite
2. Dwarf
3. Nobelloryt
4. Ericdrexler
5. Permeability coefficient
6. Diffusion
7. Solubility
8. Montmorillonite
9. PET(Poly Ethylene Terephthalate)
10. Chemical Giant Bayer
11. Dyourtan
12. Kraft
13. Rotgr
14. Connecticut
15. Syratechnologes
16. Burtlach
17. William alr
18. Thermophilic
19. Antigen
20. Nucleic
21. Optical
22. Staphylococcus
23. Edcherichia coli
24. Salmoneua
25. Listeria monocytogenes
26. Gluten
27. Good food
28. Pathogens
29. Deoxyribonueleic acid
30. Ultra violet
31. Natrlnd
32. RFID(Radio Frequency Identification)
33. Latoor
34. Baker and Coorkr
35. Fast food
36. Poly peptide
37. Poly – nucleotides
38. Petroleum
39. Poly – Lactic
40. Succinate
41. Poly – hydroxyl butyrate
42. Aliphatic
43. SwissRe

۷- منابع:

1. S. S. Ray, M. Bousmina, "biodegradable polymers and their layered silicate nanocomposites: In greening the 21st century materials world", progress in materials science, 50, 962-1079, 2005.
2. Kokad N(2003)Nanotechnology :New challenge electronic or you 35:3-36

3. Chaudhary M.Pandey.M.CRahakrishna K and Bawa .A.S.(2006).Nano-Technology: Application in food industry-Beverage and Food world 32(11):60-63
4. Roach S (2006).Most companies will have to wait years for nanotechnology's benefit .Food production daily .com 21 August 2006..
5. Helmut Kaiser consultancy Group .2007.nano packaging is intelligent, smart and safe life .New world study By
6. Brody ,A.L.(2003).Nano. Nano food packaging technology. Food technol .57:52-54
7. RS Raj Kumar Suresh R, Susitna k,Prejit and S.wilfred Ruben. Nanotechnology for safe meat packaging
8. Invest Australla.2007.Nanotechnology: Australian Capability Report, third Edition .common wealth of Austell, Canberra. Available .
9. El Amin A.2007e.Nanotechnology in additive to keep PLA clear. Food Production Daily .com 19 July 2007 Available .
10. Nano werk 2007.Nano technology solution for the packaging waste problem .27April 2007 .
11. Technical university of Denmark.2007.Bioplastic develop into food packaging through Nanotechnology new 23 march 2003.
12. Yam et al., 2005 .Intelligent packaging: concepts and applications, Journal of Food Science 70 (2005), pp. 1–10
13. Bode hammer, W. T. (2002). Method and apparatus for selective biological material detection. systems for meat and muscle based
14. Siencedirect.com.Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging product, A review
15. SmartpackagingAlertto meat danger 2009.
16. Nachay K.2007.Analizing Nano technology. food Technical January 2007:34-36.
17. ElAmin 2007d .polymer opal films shed light on spoiled foods. pack wire .com 24 July Available.
18. ElAmin 2006.Nano ink indicator safety breach in food packaging .food Navigator .com 14 November. 2006.
19. Gogotsi,Y .(2006).Nano materials Handbook. Drexel University Philadelphia, Pennsylvania, USA.CRS Press.
20. Azo Nano 2007 Advanced Nanotechnology gets grant for food packaging Nanotechnology News Archire.
21. Shofer A.and shefer S (2003).Novel encapsulation system provide controlled Release of ingredient .food Technol. 57(12):40-42
22. Lerners, E.J.2000.Nanois now at Michigan. Medicine at Michigan, summer issue, pp.14-21-Available .
23. Septembr 2007.Functional Testing of silver Nanoparticles on food processing surface .
24. Roten A .2006.welcome to world of Nano food .guardian unlimited UK 13decembr 2006. Available at observer .guardian.co.
25. Sorrentino et al 2007 A.sorrentino ,G.Gorrasi and V.Vittoria ,potential perspective of bionanocomposit for food packaging application .Trends in food science and technology 18(2007).pp89-95
26. Chaudhry, Q.Chaudhry ,Nano technology for food application .current status and consumer, processing of 2009 AAAS annual meeting.
27. Georgia M and Senjen R 2008, Out of the laboratory and on to our plate's pp28-
28. Reynolds.G.2007.Furture Nano packaging worth billion, says study.

آدرس نویسنده:

گرگان- خیابان ولیعصر- مجتمع صدرا- طبقه ۲ واحد ۲۰۱ کدپستی ۴۹۱۷۸۳۸۴۹۷.