کاربرد فناوری نانو در بسته بندی مواد غذایی

سعیده فیاضی[۱]

۱– دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شیراز، Fayyazi_s@yahoo.com

چکیده

فناوری نانو کاربرد های وسیعی در همه مراحل تولید ، فرآوری ، نگهداری ، بسته بندی و انتقال تولیدات کشاورزی دارد . ورود فناوری نانو به صنعت کشاورزی و صنایع غذایی متضمن افزایش میزان تولیدات و کیفیت آن ها ، در کنار حفظ محیط زیست و منابع کره ی زمین می باشد. امروزه بسیاری از مواد غذایی و محصولات کشاورزی کشور، به دلیل شرایط نامناسب نگهداری و بسته بندی، بازار پسندی خود را از دست می دهند که این امر می تواند زیان های اقتصادی فراوانی به دنبال داشته باشد. فناوری نانومی تواند به عنوان یک ابزار قدرتمند در این زمینه، به بهبود اقتصاد کشور کمک شایانی کند. در این مقاله چندین کاربرد از نانومواد ها در بسته بندی مواد غذایی مرور شده است، از جمله نانوکامپوزیت های پلیمری رسی به عنوان مواد غیر قابل نفوذ، نانو ذرات نقره و مس به عنوان عوامل ضد میکروبی قوی و روشهای مبتنی برنانو سنسورها برای تشخیص کیفیت و شناسایی مواردی مانند گازها و عوامل بیماری زا در مواد غذایی بسته بندی شده. مرور تحقیقات انجام شده پیشین نشان می دهد که فناوری نانو یک ابزار مؤثر و کار آمد در صنعت بسته بندی مواد غذایی است و می تواند نقش بزرگی در حفظ کیفیت مواد غذایی داشته باشد.

واژه های کلیدی:بسته بندی، نانوذرات، نانو سنسورها،نانوکامپوزیت های پلیمری، نانو کامپوزیت های نقره

مقدمه

فناوری نانو، توصیف خصوصیات، ساخت و یا دستکاری ساختار موادی است که حداقل یکی از ابعاد آنها۱۰۰nm–۱می باشد. وقتی که اندازه ی ذرات تا این حدود کاهش می یابد، مواد حاصله، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی را از خود نشان می دهند که به صورت معنی داری، با خصوصیات همان مواد در مقیاس بزرگ متفاوت می باشند.

در طول دهه ی گذشته، تحقیقات انجام شده در زمینه فناوری نانو به صورت قابل توجهی افزایش یافت و در حال حاضر، شرکت های بزرگی وجود دارند که در زمینه ساخت انواع جدیدی از مواد در ابعاد نانو برای کاربردهای مختلف فعالیت می کنند.

یکی از صنایعی که تاکنون در استفاده از این فناوری کندتر عمل کرده است، صنایع غذایی می باشد و فناوری نانو، یک موضوع کمتر شناخته شده در این زمینه می باشد. این موضوع چندان تعجب آور نیست، زیرا که تمایل عموم مردم در استفاده از محصولات غذایی طبیعی، از به کار گیری فناوری های غذایی جلوگیری به عمل آورده است و فناوری نانو نیز از این قضیه مستثنی نیست. با این حال، دانشمندان و صاحبان صنایع، استفاده های بالقوه ای از فناوری نانو را تقریبا در همه ی بخش های صنایع غذایی شناسایی کرده اند.دو نمونه از مهمترین این بخش ها عبارتند از فرآوری مواد غذایی (بهبود بافت یا کیفیت غذا، تولید مواد ژله ای) و بسته بندی مواد غذایی (محافظت از غذاها و مواد غذایی در مقابل عوامل بیماری زا و گاز های مضر، نانو سنسورها در تشخیص آلودگی ها و ارزیابی مواد غذایی بسته بندی شده، محافظت مواد غذایی در مقابل اشعه ماورا بنفش) که در بین این دو مورد نیز 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 نمی شوند و ساختار طبیعی ماده ی غذایی حفظ می شود.

این مقاله به مرور کاربردهایی از فناوری نانو در زمینه بسته بندی مواد غذایی می پردازد.

۱- نانوکامپوزیت های پلیمری غیر قابل نفوذ

هنگامی که غذا بلافاصله بعد از تولید مصرف نشود، باید بسته بندی شود. این بسته بندی ها باید از مواد غذایی در مقابل نفوذ خاک و گرد و غبار، اکسیژن، نور، عوامل بیماری زا، رطوبت و دیگر انواع عوامل مخرب و مضر جلوگیری کنند تا غذا سالم بماند (بسته بندی ها باید غیر قابل نفوذ باشند). علاوه بر آن بسته بندی باید ارزان و سبک بوده و نسبت به صدمات فیزیکی حین حمل و نقل و فرآوری مواد غذایی (مثلا هنگام پر کردن آن)مقاوم باشد.

یک موضوع مهم در بسته بندی مواد غذایی مهاجرت یونی و نفوذ پذیری آنها می باشد(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 می شوند و یا حتی خود ماده ی بسته بندینفوذ ناپذیر نیست.

پلاستیک هایی که برای ظروف نوشیدنی های گازدار استفاده می شوند، باید نفوذ ناپذیری خیلی بالا نسبت به اکسیژن و دی اکسید کربن داشته باشند تا از اکسیده شدن و دی کربنه شدن نوشیدنی جلوگیری شود (Robertson, 2005).

مواد مرسوم برای بسته بندی مواد غذایی عبارتند از: فلز، سرامیک (شیشه) و کاغذ (مقوا). در حالیکه این مواد هنوز هم مورد استفاده قرار می گیرند، اما قیمت پایین، آسانی شکل پذیری و تنوع قابل توجه در خواص فیزیکی مواد پلیمری آلی، پلاستیک ها را

جایگزین مناسبی برای بسته بندی مواد غذایی معرفی می کند که این پلیمر ها 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 مولکول های کوچک می باشد (Duncan, 2011).

استفاده از پلیمرهای ترکیبی یک روش مفید برای جلوگیری از نفوذپذیری گازها در بسته بندی های مواد غذایی می باشد. یک روش برای رسیدن به این هدف، ساخت پلیمرهایی می باشد که از مواد زیستی ساخته شده اند و تحت عنوان نانو کامپوزیت های پلیمری (PNCs) شناخته می شوند. برای ساخت این پلیمرها، یک ماده ی پر کننده در مقیاس نانو در سرتاسر ماتریس پلیمر پراکنده می شود. این مواد پر کننده می توانند شامل نانو صفحات خاک رس، سیلیکات، نانو سیلیکا (SiO_2)، نانوکریستال های نشاسته، نانو فیبرهای سلولزی و ترکیبات غیر آلی دیگر باشند. PNCs ها نسبت به پلیمرهای دیگر مستحکم تر، در مقابل اشتعال مقاوم تر، دارای خصوصیات حرارتی بهتر، نقطه ذوب و دمای انتقال گاز پایین تر و در برابر شرایط رطوبتی مقاوم تر می باشند (علایی، ۱۳۹۲).

تاکنون نوید بخش ترین پرکننده ها در مقیاس نانو برای PNCs ها، نانوپلاکت هایی هستند که متشکل از خاک رس یا دیگر مواد سیلیکاتی هستند. محبوبیت نانو رس ها در کاربردهای مرتبط با صنایع غذایی، به قیمت پایین، پایداری بالا و همچنین تاثیرگذاری پایین آنها در هنگام تماس با مواد غذایی یعنی عدم واکنش با مواد غذایی برمی گردد (Duncan, 2011).

نانوکامپوزیت های پلیمر- خاک رس، گروهی از مواد ترکیبی ساخته شده از سیلیکات های لایه ای خاک رس، برای مثال مونتموریلونیت هستند که در ماتریس پلیمر با ضخامت لایه در ابعاد نانومتر پخش شده اند. ویژگی هایی مثل مقاومت مکانیکی بالا، مدول های بالا، وزن کم و نیز بهبود ویژگی های ممانعت کنندگی نسبت به مایع، گاز و بخار با این کامپوزیت جدید قابل دستیابی است. بهبود ویژگی هادر این پلیمرها به دلیل واکنش بین پلیمر و خاک رس در مقیاس نانو است (Dadfar *et al.*, 2011).

موادمعدنی خاک رس در بسته بندی غذا مورد توجه خاص هستند، زیرا می توانند برای دست یابی به نانوکامپوزیت های پلیمر – خاک رس به عنوان جایگزین برای تکنولوژی های متداول برای بهبود ویژگی های پلیمری استفاده شوند (Bruna *et al.*, 2012). تاکنون مطالعات زیادی در استفاده از نانوکامپوزیت های پلیمری خاک رس دربسته بندی مواد غذایی انجام شده است از جمله:

امیر وکیلی نظامی و همکاران، (۱۳۹۲)، از نانوکامپوزیت های پلیمری خاک رس (PCNC) برای بسته بندی ماکارونی جوانه گندم استفاده کردند و تأثیر آن را بر زمان ماندگاری ماکارونی در ماه های ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ بررسی کردند. خاصیت نفوذ ناپذیری بسته بندیPCNC، موجب کاهش ۸۵٪ نفوذپذیری اکسیژن شد. خواص شیمیایی محصول در ماههای ۶، ۱۲ و ۱۸ تفاوت چندانی با ماه ششم نداشت. اما با آنالیز آب پخت در ماه ۲۴، نانو ذرات خاک رس در حد ppb ۱/۴ مشاهده شد که می تواند عوارض سمی در بدن

داشته باشد. کاربرد نانوذرات در بسته بندی به روش PCNC سبب افزایش زمان ماندگاری تا حدود ۳ برابر نسبت به بسته بندی معمولی شد بدون اینکه در محصول تغییرات شیمیایی رخ دهد.

۲- نانوذرات و نانوکامپوزیت های نقره و مس و خواص ضد میکروبی آنها در بسته بندی مواد غذایی

استفاده از نقره به عنوان یک ماده ی ضد میکروبی در کاربردهای غذایی و آشامیدنی ها، تاریخچه ی درازی دارد. نقره مزایای زیادی نسبت به سایر عوامل ضدمیکروبی دارد. در مقایسه با ضد میکروب های مولکولی که عموما ارگانیسم های خاصی را مورد هدف قرار می دهند، نقره در مقابل گونه های متعددی از باکتری ها، قارچ ها،جلبک ها و احتمالا بعضی از ویروس ها، خاصیت سمی دارد. 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 می تواند به آسانی داخل موادی مانند منسوجات و پلاستیک آمیخته شود و آنها را برای مواردی که خاصیت ضدمیکروبی پایدار و با طیف وسیع نیاز است و همچنین در مواردی که روشهای ضد میکروبی قدیمی غیر عملی و غیر کاربردی هستند مناسب سازد. مس نیز از جمله فلزاتی است که دارای خواص ضد میکروبی می باشد (Duncan, 2011).

نانوذرات نقره می توانند به همراه نانوکامپوزیت های پلیمری استفاده شوند که به آنها، نانوکامپوزیت های نقره نیز گفته می شود.

Sánchez-Valdes *et al*., (2009)، یک فیلم پلاستیکی ۵ لایه را 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.

ذرات نانوکامپوزیتی نقره روی سیستم های واقعی غذایی تست شدند تا تأثیر ویژگیهای ضد میکروبی نانوذرات نقره را بر روی ماندگاری مواد غذایی تعیین کنند. برای مثال Mohammed Fayaz *et al*., (2009)و همکارانش، هویج و گلابی های استریل شده را داخل محلول های اسید آلژنیک که دارای نانوذرات نقره بودند و به عنوان فیلم های آنتی باکتریال خوراکی شناخته می شوند فرو بردند. آنها دریافتند که در یک مدت زمان ۱۰ روزه، این هویج ها و گلابی ها آب کمتری را از دست دادند و توسط مشتریان پذیرش بیشتری داشتند. در مطالعه ای دیگر، مارچوبه های تازه که با فیلم های نانوذرات نقره/ پلی وینیل پیرولیدن پوشیده شدند، هنگامی که در دمای ۲ درجه سانتی گراد نگهداری شدند، مدت زمان نگهداری آنها به ۲۵ روز افزایش یافت. علاوه بر آن، از دست دادن آب در آنها کمتر شد و رنگ آنها نیز سبزتر باقی ماند. همچنین رشد میکروارگانیسم ها در طول این مدت در آنها کمتر بود (An *et al*., 2008).

در مطالعه ای دیگر، ۲ نمونه پوشش بسته بندی حاوی نانو ذرات نقره پوشش دهی شده روی دی اکسید تیتانیوم برای بسته بندی ماهی قزل آلا رنگین کمان استفاده شد. ماهی قزل آلا رنگین کمان، پس از انجام مراحل آماده سازی، در پوششهای نانو

(SPN) بسته بندی و به مدت ۲۱ روز در درمای یخچال ۴ درجهی سانتی گراد نگهداری شدند و شمارش باکتریایی کل، باکتری های سرمادوست در مقایسه با نمونه شاهد انجام گرفت. نتایج حاکی از آن بود که پوشش های بسته بندی نانو با کاهش میزان رشد باکتریها در مقایسه با نمونه شاهد، زمان ماندگاری ماهی قزل آلای رنگین کمان را افزایش دادند (پرتوی و همکاران، ۱۳۹۲).

علاوه بر آن، از دو نمونه پوشش های بسته بندی حاوی ذرات نانونقره پوشش دهی شده روی دی اکسید تیتانیوم برای آزمون استفاده شد. بعد از انجام مراحل آماده سازی پوشش ها و تهیه سوسپانسیون باکتری های پرسینیا راکری و آشرشیا کلی، فعالیت ضد میکروبی پوشش ها در مقایسه با نمونه شاهد مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان داد که پوشش های نانو با کاهش میزان رشد باکتری ها، نقش بسزایی در افزایش زمان ماندگاری دارد (پرتوی و همکاران، ۱۳۹۲).

در مطالعه ای دیگر، توت فرنگی پس از برداشت با پوشش نانو کیتوزان حاوی مس پوشش داده شد و همراه با نمونه های شاهد در دمای ۱±۴ درجه ی سانتی گراد و رطوبت نسبی ۷۰٪ نگه داری شد. هر ۴ روز یکبار و با سه تکرار، شاخص های کیفی از قبیل اسیدیته، مواد جامد محلول، استحکام بافت، افت وزن، میزان اسید آسکوربیک و درصد خرابی با محدوده اطمینان ۹۵٪ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد طی ۸ روز انبارمانی، نفوذ پذیری بافت حدود ۲۰٪ و افت وزن حدود ۲٪ کاهش یافته بود و تغییرات اسیدیتیه و مواد جامد محلول ناچیز بوده است. طی ۸ روز انبارمانی، میزان اسید آسکوربیک در نمونه تیمار شده در مقایسه با نمونه شاهد دو برابر کاهش نشان داد که علت آنرا می توان نفوذ ذرات مس به داخل بافت و درگیر شدن آن با اسید آسکوربیک دانست. می توان نتیجه گرفت پوشش دهی میوه توت فرنگی با نانوکیتوزان حاوی مس، موجب حفظ برخی شاخص های کیفی توت فرنگی و افزایش ماندگاری آن از ۸ به ۲۰ روز (۲/۵ برابر) می شود (عشقی و همکاران، ۱۳۹۲).

Incoronato *et al*., (2011) تاثیر یک سیستمبسته بندی ضد میکروبی حاوی نانو ذرات مونتموریلونیت نقره را بر روی کیفیت نوعی پنیر بررسی کردند. نتایج نشان داد که این سیستم بسته بندی فعال، به صورت قابل توجهی ماندگاری این پنیر را افزایش می دهد که به دلیل توانایی کاتیون های نقره در کنترل تکثیر میکروبی است بدون اینکه بر روی میکروب های اصلی و کارکردی لبنی ویژگی های حسی محصول اثر بگذارد.

Jokar *et al.,* (2010)نانو کامپوزیت های با دانسیته پایین – نقره را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که فیلم فعال پیشنهاد شده، می تواند به صورت موفقیت آمیزی برای جلوگیری یا کاهش باکتری های گرم منفی اشرشیاکلی و گرم مثبت استافیکوکولوس اورئوس استفاده شود. همچنین کارآیی ضد میکروبی نانوکامپوزیت نقره به غلظت نانو ذرات نقره بستگی دارد، هر چند که غلظت بالای نانوذرات نقره ممکن است باعث تضعیف ویژگی های مکانیکی شود.

Costa *et al.*, (2012)اثر پوشش فعال حاوی نانو ذرات مونتموریلونیت نقره را و نیز ویژگی های ممانعت کنندگی فیلم را روی عمر انبارمانی برش های هویج تازه مورد بررسی قرار دادند. استفاده ترکیبی از پوشش فعال و بسته بندی مناسب باعث نگهداری خوب هویج ها شد و افزایش عمر انبارمانی تا حدود ۷۰ روز نسبت به نمونه های بدون پوشش (حدود ۴ روز) مشاهده شد.

Costa *et al.*, (2011) اثر ضد میکروبی نانوذرات نقره- مونت موریلونیت در افزایش ماندگاری نوعی سالاد میوه بررسی کردند. نانوذرات نقره – مونت موریلونیت با آزمایش تبادل یون تولید شدند. مخلوط میوه متشکل از کیوی و آناناس در بسته بندی پروپیلینی قرار گرفتند و قبل از افزودن شربت فروکتوز به داخل بسته بندی، به ترتیب ۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی گرم نانوذرات نقره- مونت موریلونیت در ته جعبه قرار داده شد. کیفیت حسی و میکروبی سالاد میوه در طول دوره نگهداری بررسی شد. با به کارگیری نانوذرات در بسته بندی، رشد میکروبی کاهش یافت و در بیشترین غلظت، ۵ روز افزایش در مدت ماندگاری مشاهده شد. از نظر کیفیت حسی نیز، نمونه های حاوی ۲۰ میلی گرم نقره مونت مورپلونیت، نسبت به نمونه های شاهد از پذیرش بهتری برخوردار بود.

۳- نانو سنسورها و بسته بندی های هوشمند

محصولات تازه یا گوشت هایی که خراب شده اند، از خود رنگ، بو یا دیگر مشخصه های حسی را نشان می دهندکه به آساتی توسط مصرف کنندگان تشخیص داده می شوند. هنگامی که مواد غذایی بسته بندیمی شوند، این مشخصه های حسی آنها توسط مصرف کنندگان کمتر قابل تشخیص است و مصرف کنندگان می بایست که به تاریخ انقضاء که توسط تولید کنندگان، بر مبنای یکسری فرضیات مربوط به روش نگهداری و حمل و نقل غذا تعیین می شود اعتماد کنند. در حالیکه تاریخ انقضاء برای یک کارتن شیر، به مصرف کننده نشان می دهد که محصول برای یک دوره ی دو هفته ای قابل استفاده است، اما اگر این شیر در دمایی بالاتر از دمای بهینه اش به مدت یک ساعت نگه داشته شود، در حین حمل و نقل یا داخل یک اتومبیل گرم، این تاریخ انقضاء، اعتبار نخواهد داشت (Duncan, 2011).

ویژگی های شیمیایی و الکترنوری ذرات در مقیاس نانو و استفاده از بسته بندی های هوشمند راه حلی را برای این مشکل ارائه می دهند که قادر به شناسایی (تشخیص) حضور گازها، رایحه ها، آلودگی های شیمیایی و عوامل بیماری زا هستند و نسبت به تغییرات در شرایط محیطی واکنش نشان می دهند. استفاده از این روش ها نقش مهمی در کاهش فراوانی بیماری های منتقله از راه غذا دارند (Duncan, 2011).

بسته بندی های هوشمند دارای سنسورهایی هستند که تازه بودن مواد را مشخص می کنند. بسته بندی هوشمند بر روی بررسی و آگاهی از وضعیت محصول متمرکز می شود و به این طریق از ایمنی و کیفیت محصول (تازگی و رسیده بودن و ثبات آن) اطلاع می دهد. 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 می گیرند، می توانند مواد شیمیایی، پاتوژن ها و سموم را در مواد غذایی آشکار کنند (مطهری، ۱۳۹۲).

وظیفه اصلی بسته بندی دارای سنسور، آگاهی دادن از محیط درون بسته بندی، وضعیت و کیفیت محصول، تبادل اطلاعات با پایگاه داده های بیرونی و در اختیار قرار دادن اطلاعات برای تصمیم گیری های بعدی است. یک نوع از سنسورهایی که به این منظور استفاده می شود، بیوسنسور می باشد. بیوسنسورها می توانند با روش هایی چون تغییر شیمیایی و حساس کردن برچسب های بسته بندی، تعبیه ی میکروقطعات (تراشه های هوشمند)، یا قرار دادن عناصر نانو در درون برچسب یا خود بسته بندی ساخته شوند (مطهری، ۱۳۹۲).

بیوسنسورها، یک گزینه انتخابی مهم در کشاورزی و صنایع غذایی برای کنترل محصولات و فرآیندها، اطمینان از کیفیت و ایمنی غذا به وسیله شیوه های مقرون به صرفه و سریع هستند. بیوسنسورها جایگزین نویدبخشی برای ابزارهای آنالیتیکی متداول هستند، چون مزایایی از نظر اندازه، هزینه، اختصاصی بودن، پاسخ سریع، دقت و حساسیت ایجاد می کنند (فتحی و اعلمی، ۱۳۹۲). اگر چه که پیشرفت اولیه در فناوری بیوسنسور در زمینه ی پزشکی انجام شد، قابلیت آشکار سازی، آنالیز و اندازه گیری مولکول های منابع بیولوژیکی مختلف و تنوع اصول اندازه گیری منجر به ایجاد طرحهای بیوسنسور برای پوشش طیف وسیعی از نیازهای تکنیکی شد. اصول عملیاتی مختلف منجر به ایجاد بیوسنسورها برای آنالیز مواد خارجی در محصولات غذایی مثل حشره کش ها، بقایای کود و دیوکسین ها، بقایای آب و خاک (به طور تصادفی به زنجیره غذایی وارد شده)، ارگانیسم های تغییر ژنتیکی شده، میکروارگانیسم های پاتوژن و سم آنها و ترکیبات غذایی مثل مواد ضدتغذیه ای، آلرژن ها، داروها، افزودنی ها و هیدروکربن ها شده است . (Serna and Perenguez, 2011).

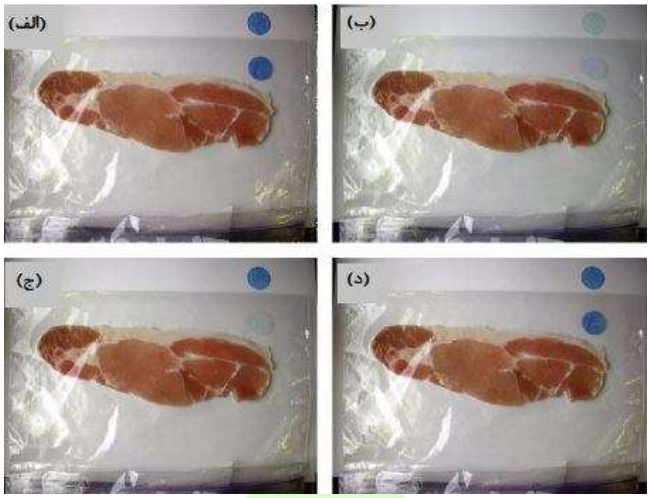
در ساخت بیوسنسورها از نانو مواد مختلفی استفاده می شود که یکی از آنها نانوذرات طلا می باشد. در میان انواع نانومواد، طلا نقش منحصر به فردی دارد. روشهای مختلفی وجود دارد که به کمک آنها می توان اندازه، شکل و شیمی سطحی نانوذرات طلا را کنترل کرد (Daniel and Astruc, 2004).

سنسورهای مبتنی بر فناوری نانو این پتانسیل را دارند که سرعت و دقت صنایع و یا سازمان های نظارتی را در شناسایی آلاینده های مولکولی در ماتریس های غذایی پیچیده، افزایش دهند. بسیاری از این تست ها بر مبنای مشاهده ی تغییرات رنگی که در حضور این اجزا در محلول نانوذرات فلز اتفاق می افتد می باشند (Duncan, 2011).

یکی دیگر از کاربردهای نانوسنسورها در تشخیص گازهای درون بسته بندی است. رطوبت و اکسیژن اضافی باعث فساد غذا می شوند و هنوز هم بسیاری از روشهای اندازه گیری محتوای بخار یا گاز داخل یک بسته بندی، به تخریب بسته نیاز دارند (Smolander*et al*., 1997). بنابراین به هنگام فرآوری مواد غذاییبسته بندی شده، از هر ۴۰۰-۳۰۰ بسته، یک مورد تست می شوند و محتوای رطوبت و گاز داخل بسته اندازه گیری می شود (Mills, 2005) که این کار زمان بر و هزینه بر می باشد، درحالیکه مطمئن نیستیم کهبسته بندی هایی که از آنها نمونه برداری نشده است دارای استاندارد و کیفیت لازم باشند. داشتن توانایی اینکه به صورت پیوسته و به آسانی بر محتوای گاز داخل بسته بندی نظارت کنیم و اینکه وسیله ای در اختیار داشته باشیم که بتواند ایمنی و امنیت مواد غذایی بسته بندی شده را در یک مدت زمان طولانی بعد از خروج مواد غذایی از کارخانه و مراکز تولید ارزیابی کند، نشان می دهد که روشهای غیر مخرب تشخیص محتوای رطوبت و گاز در داخل بسته بندی های مواد غذایی می توانند بسیار ارزشمند باشند (Duncan, 2011). برای مثال Mills *et al*. (2005) یک جوهر آشکارساز فعال شونده در نور را برای تشخیص اکسیژن موجود دربسته بندی بر اساس نانو ذرات اکسید تیتانیوم یا اکسید روی توسعه دادند. این آشکارساز در حضور مقادیر بسیار کم اکسیژن تغییر رنگ می دهد (شکل ۱).

توانایی تعیین اینکه آیا فراورده های غذایی توسط باکتری ها، قارچ ها و ویروس های مختلف آلوده شده اند، می تواند باعث شود که بیماریهای منتقله از راه مواد غذایی به عنوان یک هدف تحقیقاتی مهم شناخته شوند. در این مورد، روشهای تشخیصی که سریع و ارزان هستند و نیاز به تخصص و آموزش کم دارند مورد نظر هستند (Duncan, 2011).

یکی از مهم ترین مزایای تکنیک های بر مبنای فناوری نانو این است که زمان شناسایی و جداسازی کاهش می یابد. برای مثال یک گروه تحقیقاتی از مولکولهای شکر چسبیده به ذرات در مقیاس نانو از اکسید آهن مغناطیسی استفاده کردند و توانستند ۸۸٪ از باکتری های آشرشیا کلی را در یک نمونه تنها با زمان انکوباسیون ۴۵ دقیقه جداسازی کند (El-Boubbou*et al*., 2007).



شکل ۱.حسگر اکسیژن. نانوذرات اکسید تیتانیوم توسط اشعه ماوراء بنفش فعال شده اند واز آشکار ساز رنگی استفاده شده است. یک حسگر درون بسته و دیگری بیرون بسته قرار گرفته است. الف- بسته به تازگی بسته شده است و هر دو آشکارساز رنگی هستند. ب- فعالسازی آشکارسازها توسط اشعه ماوراء بنفش ج- پس از مدت زمان کوتاهی، آشکارساز خارج بسته به رنگ آبی برمی گردد، در حالیکه آشکارساز موجود در فضای بدون اکسیژن داخل بسته سفید می ماند. د-بسته باز می شود و هجوم اکسیژن به داخل بسته، باعث آبی شدن آشکارساز داخلی می شود که می تواند برای تشخیص نشت در بسته بندی ها مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه گیری کلی

استفاده از پلیمرهای ترکیبی یک روش مفید برای جلوگیری از نفوذپذیری گازها و عوامل بیماری زا در بسته بندی های مواد غذایی می باشد.

یکی از انواع نانو کامپوزیت های پلیمری، نانوکامپوزیت های پلیمری رسی می باشد که به علت ویژگی هایی مانند ارزان تر بودن و وزن کم، محبوبیت زیادی در بین استفاده کنندگان دارند. همچنین این نانوکامپوزیت های رسی، نفوذ ناپذیری زیادی نیز دارند و به ماندگاری طولانی تر مواد غذایی کمک می کنند.

نانوکامپوزیت های نقره و مس، خاصیت ضد میکروبی بالایی دارند و از مواد غذایی در مقابل میکروب هایی مانند ویروس ها، قارچ ها و باکتری ها محافظت می کنند و نقش بسیار مؤثری در افزایش مدت زمان ماندگاری مواد غذایی ایفا می کنند.

نانو سنسورها که در بسته بندی های هوشمند کاربرد دارند قادر به تشخیص حضور گازها، رایحه ها، آلودگی های شیمیایی و عوامل بیماری زای داخل بسته بندی مواد غذایی به روش غیر مخرب هستند و از اینرو بسیار ارزشمند و مفید هستند.

منابع

۱. پرتوی ف.، راشدی ح.، اهری ح.، و انوار ا.. خلیل زاده کلاگر م.، و سهرابی ن. ۱۳۹۲. بررسی فعالیت ضد باکتریایی پوشش های 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.

۲. پرتوی ف.، راشدی ح.، و خلیل زاده کلاگر م. ۱۳۹۲. ارزیابی پوشش های 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.

۳. عشقی ف.، هاشمی م.، محمدی ع.، بدیعی ف.، محمدحسینی ز.، و احمدی صومعه ک. ۱۳۹۲. بررسی فعالیت ضد باکتریایی پوشش های 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.

۴. علایی ف. ۱۳۹۲. فناوری نانو در بسته بندی مواد غذایی.ارائه شده در بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، ۷ تا ۹ آبان ۱۳۹۲، دانشگاه شیراز.

۵. فتحی ب.، و اعلمی م. ۱۳۹۲. کاربرد بیوسنسورها برای تشخیص اکراتوکسین در محصولات غلات.ارائه شده در بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، ۷ تا ۹ آبان ۱۳۹۲، دانشگاه شیراز.

۶. مطهری س. ز. ۱۳۹۲. بیوسنسور بر پایه ی نانو ذرات طلا در بسته بندی هوشمند.ارائه شده در بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، ۷ تا ۹ آبان ۱۳۹۲، دانشگاه شیراز.

۷. وکیلی نظامی ا.، افشین پژوه ر.، امینی م.، و سعادتمند ا. ۱۳۹۲. استفاده از نانوکامپوزیت های 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، ۷ تا ۹ آبان ۱۳۹۲، دانشگاه شیراز.

8. Ali Dadfar, S. M., I. Alemzadeh, S. M. Reza Dadfar and M. Vosoughi. 2011. Studies on the oxygen barrier and mechanical properties of low density polyethylene/organoclaynanocomposite films in the presence of ethylene vinyl acetate copolymer as a new type of compatibilizer. Materials & Design 32: 1806-1813.

9. 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.

10. Bruna, J. E., A. Peñaloza, A. Guarda, F. Rodríguez and M. J. Galotto. 2012. Development of MtCu2+/LDPE nanocomposites with antimicrobial activity for potential use in food packaging. Applied Clay Science 58: 79-87.

11. Costa, C., A. Conte, G. G. Buonocore and M. A. Del Nobile. 2011. Antimicrobial silver-montmorillonite nanoparticles to prolong the shelf life of fresh fruit salad. International Journal of Food Microbiology 148: 164-167.

12. Costa, C., A. Conte, G. G. Buonocore, M. Lavorgna and M. A. Del Nobile. 2012. Calcium-alginate coating loaded with silver-montmorillonite nanoparticles to prolong the shelf-life of fresh-cut carrots. Food Research International 48: 164-169.

13. Daniel, M. C. and D. Astruc. 2004. Gold nanoparticles: assembly, supramolecular chemistry, quantum-size-related properties, and applications toward biology, catalysis, and nanotechnology. Chem Rev 104: 293-346.

14. 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.

15. El-Boubbou, K. and C. Gruden and X. Huang. Magnetic glyco-nanoparticles: a unique tool for rapid pathogen detection, decontamination, and strain differentiation. J Am ChemSoc: 2007 Nov 2007;2129(2044):13392-13393.

16. Incoronato, A. L., A. Conte, G. G. Buonocore and M. A. Del Nobile. Agar hydrogel with silver nanoparticles to prolong the shelf life of Fior di Latte cheese. J Dairy Sci: 2011 Apr;2094(2014):1697-2704.

17. Jokar, M., R.AbdolRahman, 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.

18. Luechinger, N. A. and E. K. Athanassiou and W. J. Stark. Graphene-stabilized copper nanoparticles as an air-stable substitute for silver and gold in low-cost ink-jet printable electronics. Nanotechnology 2008 Nov 5;19(44):445201. doi: 10.1088/0957-4484/1019/1044/445201.

19. Mills, A. Oxygen indicators and intelligent inks for packaging food. ChemSoc Rev: 2005 Dec;2034(2012):1003-2011.

20. 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.

21. 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.

22. Robertson, G. L. 2005. Food Packaging: Principles and Practice, Second Edition. Taylor & Francis.

23. 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.

24. Serna-Cock L and J. Perenguez-Verdugo. 2011. Biosensors Applications in Agri-food Industry.

25. Smolander, M., E. Hurme and R. Ahvenainen. 1997. Leak indicators for modified-atmosphere packages. Trends in Food Science & Technology 8: 101-106.

The application of nanotechnology in food packaging

Saeideh Fayyazi[1]

1- PH.D Student, Department of Biosystems Engineering,Shiraz University
Fayyazi_s@yahoo.com

Nanotechnology has a broad application in all stages of production, processing, storage, packaging and transport of agricultural products. Arrival of nanotechnology to the agricultural and food industry, ensures the increasing of products and their quality and protects environment and earth resources. Nowadays, most of the agricultural and food products, due to the inappropriate storage and packaging conditions, their sale have decreased and it can hurt the economy. Nanotechnology as a powerful instrument, can help us to improve the economy. In this study, several applications of nanomaterials in food packaging are reviewed, including: polymer/clay nanocomposites as high barrier packaging materials, silver and copper nanoparticles as potent antimicrobial agents, and nanosensors for food quality identification and detection offood relevant analytes such as gasses, small organic molecules and food-borne pathogens. Reviewing previous researches indicates that nanotechnology is an effective instrument in food packaging and could play a big role in preserving thefood quality.

Keywords: packaging, nanoparticles, polymer nanocomposites, silver nanocomposites, Nanosensors