

# نسل جدید بسته بندی های نانو هوشمند در صنایع غذایی



## شناسنامه

### ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو

گروه رصد و تولید محتوای بخش ترویج صنعتی

۰۲۱-۶۳۱۰۰	تلفن:	توسعه فناوری مهرویژن	طراحی و اجرا:
۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰	نمابر:	داود قراییلو	نظارت:
www.nano.ir	پایگاه اینترنتی:	۱۴۵۶۵-۳۴۴	سندوق پستی:
www.INDnano.ir		IND@nano.ir	پست الکترونیک:
@INDnano.ir	اینستاگرام نانو و صنعت:	۱۴۰۳	سال انتشار:
		نشمیل کریمیان؛	نویسنده:
		شرکت توسعه مهندسی الماس واره دانش	

محتوای‌های صنعتی و فناوریانه خود را از طریق پست الکترونیک و پایگاه اینترنتی نانو و صنعت (INDnano.ir) ارسال نمایید.

## فهرست مطالب

- ۳ نقش بسته‌بندی در صنایع غذایی.....
- ۳ اهمیت بسته‌بندی‌های هوشمند در صنایع غذایی.....
- ۳ ویژگی‌ها و مزایای بسته‌بندی‌های هوشمند.....
- ۴ استفاده از فناوری نانو برای بسته‌بندی هوشمند مواد غذایی.....
- ۴ نانوحسگرها.....
- ۵ نانوکامپوزیت‌ها.....
- ۶ نانوذرات.....
- ۶ نانولوله‌ها.....
- ۷ توسعه بسته‌بندی‌های هوشمند در ایران و جهان.....
- ۷ نتیجه‌گیری.....
- ۸ پی‌نوشت‌ها.....
- ۸ منابع.....

## نقش بسته‌بندی در صنایع غذایی

بسته‌بندی آخرین مرحله در فرآوری مواد غذایی و یکی از مهم‌ترین آن‌هاست؛ زیرا تأثیر زیادی بر عمر نگهداری محصول غذایی دارد. هدف اصلی بسته‌بندی محافظت از مواد غذایی در برابر خطرات محیط خارجی است. بسته‌بندی اصولی، نه تنها کیفیت محصول غذایی را حفظ می‌کند، بلکه اطلاعاتی در مورد مواد تشکیل دهنده و کمک به توزیع و بازاریابی محصول به مصرف‌کننده نهایی ارائه می‌دهد [۱]. مهم‌ترین نقش بسته‌بندی حفظ کیفیت غذای بسته‌بندی شده است، زیرا حفظ کیفیت محصول غذایی مهم‌ترین مسئله در کل زنجیره تأمین است [۲]. در چند سال اخیر روش‌های جدیدی همچون بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP)، پوشش خوراکی، بسته‌بندی ضد میکروبی و بسته‌بندی آنتی‌اکسیدانی توسعه یافته است که معمولاً به دو دسته بسته‌بندی فعال و غیرفعال تقسیم بندی می‌شوند. این روش‌ها نقش به‌سزایی در افزایش عمر انبارداری و حفظ کیفیت انواع محصولات غذایی تازه و فرآوری شده برای رفع نیاز مصرف‌کنندگان دارند. بسته‌بندی‌های رایج امروزه می‌توانند با محافظت از مواد غذایی، عمر نگهداری محصول غذایی را افزایش دهند، اما توانایی اطلاع‌رسانی به کاربران را از نظر افت کیفیت، نوسانات دما، تغییر غلظت گاز و رشد میکروارگانیسم‌ها در داخل محیط بسته‌بندی ندارند.

## اهمیت بسته‌بندی‌های هوشمند در صنایع غذایی

از آنجایی که غذاها محصولات ظریفی هستند، هوشیاری مداوم در طول چرخه زندگی آن‌ها ضروری است. کیفیت غذا می‌تواند از نظر میکروبیولوژیکی یا هر پدیده فیزیکی در طول زنجیره تولید تا مصرف تغییر پیدا کند. از این رو، باید سیستمی وجود داشته باشد که بتواند از نزدیک محصولات غذایی را از مزرعه تا فرآوری و سپس تارسیدن به مصرف‌کنندگان نهایی کنترل کند. علاوه بر این، مصرف‌کنندگان باید بتوانند به اطلاعات دقیقی از مراحل بسته‌بندی و نگهداری مواد غذایی دسترسی پیدا کنند. این شرایط نیاز به یک رویکرد سیستماتیک دارد که بتواند توانایی بررسی محصولات غذایی را قبل از فرآوری، در طول فرآوری و پس از فرآوری داشته باشد. برای این منظور می‌توان از بسته‌بندی هوشمند برای بررسی کیفیت محصولات غذایی در طول زنجیره تأمین و ارائه اطلاعات لازم به مصرف‌کننده نهایی استفاده کرد.

همچنین بسته‌بندی نقش اصلی را در بازاریابی و برندسازی یک محصول غذایی ایفا می‌کند، زیرا بسته‌بندی اولین چیزی است که بر تصمیم مصرف‌کننده برای خرید محصول تأثیر می‌گذارد؛ بنابراین بخشی جدایی‌ناپذیر در کل فرآیند بازاریابی است که تصویر و نمونه کارها از محصول و حتی کل شرکت را توصیف می‌کند. از این رو بسته‌بندی هوشمند ابزاری عالی برای افزایش فروش محصولات غذایی است. ایجاد ویژگی‌ها و جدایت‌های چشم‌نواز بر روی بسته‌ها به همراه اطلاعاتی در مورد کیفیت و ایمنی محصول غذایی خاص به مصرف‌کنندگان کمک می‌کند تا تصمیمات هوشمندانه‌تری بگیرند.

## ویژگی‌ها و مزایای بسته‌بندی‌های هوشمند

بسته‌بندی هوشمند یک روش جدید در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی است که با استفاده از فناوری نانو از مواد غذایی محافظت می‌کند و همچنین مصرف‌کننده را در مورد شرایط محیطی غذای بسته‌بندی شده آگاه می‌کند [۳]. لازم به ذکر است که مفهوم بسته‌بندی هوشمند ارتباط تنگاتنگی با بسته‌بندی فعال دارد. بسته‌بندی فعال معمولاً به این معنی است که بسته دارای عملکردهای فراتر از محافظه غیرفعال است و موادی را به داخل

محفظه بسته بندی یا از غذای بسته بندی شده به محیط اطراف غذا، آزاد یا جذب می کند که نقش آن، محافظت از محصول غذایی است، در حالی که بسته بندی هوشمند با استفاده از فناوری نانو بر توانایی تشخیص یا اندازه گیری ویژگی های محصول غذایی بسته بندی شده، شرایط داخل بسته بندی یا محیط زیست تأکید دارد. اطلاعات دریافتی از بسته بندی هوشمند می تواند به کاربران منتقل شود یا می تواند عملکرد بسته بندی فعال را فعال کند؛ به عبارت دیگر بسته بندی هوشمند این قابلیت را دارد که ویژگی های مواد غذایی بسته بندی شده یا محیط آن ها را حس کرده و یادداشت کند و پیام هایی را در مورد خراب شدن یا کیفیت مواد غذایی بسته بندی شده به پردازنده یا کاربران خود منتقل کند [۴]. از نظر کیفیت و ایمنی مواد غذایی، بسته بندی هوشمند برای صنعت و مصرف کنندگان بسیار مفید است زیرا اطلاعاتی در مورد هرگونه تغییر در سیستم بسته بندی و وضعیت مواد غذایی به موقع بیان می کند بدون اینکه به تاریخ انقضا غیردقیق بستگی داشته باشد. سیستم های بسته بندی هوشمند این قابلیت را دارند که مصرف کنندگان خود را از کل تاریخچه محصول غذایی مانند ارائه اطلاعات در مورد فرآیند ساخت، تاریخ انقضا، مواد تشکیل دهنده و مشخصات نگهداری مطلع کنند. در مواردی بسته بندی هوشمند طوری طراحی شده است که مصرف کنندگان را مطلع می کند که چه چیزهایی ممکن است به مواد بسته بندی آسیب برساند یا بر عمر محافظت شده آن تأثیر بگذارد. تحقیقاتی در مورد ساخت برچسب ها یا مهرهایی بر اساس نانومواد انجام شده است که تا زمان باز شدن بسته شفاف باشند. هنگامی که بسته آسیب ببیند، برچسب یا مهر رنگ خود را تغییر می دهد و در برخی موارد به صورت «باز شده» یا «توقف» نوشته می شود [۵]. این عملکردها را می توان با قرار دادن نانوحسگرها یا ابزارهایی که قادر به اشتراک گذاری اطلاعات مربوط به سیستم بسته بندی هستند، به دست آورد؛ بنابراین بسته بندی هوشمند یک دستاورد بزرگ برای حفظ کیفیت و ایمنی مواد غذایی است و باعث می شود مواد غذایی برای مدت طولانی تری در دسترس مصرف کنندگان قرار گیرند و از ضایعات هنگفت مواد غذایی جلوگیری می کند.

### استفاده از فناوری نانو برای بسته بندی هوشمند مواد غذایی

در صنایع غذایی به خصوص صنعت بسته بندی، فناوری نانو کاربرد وسیعی دارد، زیرا نانومواد در بسته بندی مواد غذایی به کار می رود و مستقیماً به مواد غذایی اضافه نمی شود. فناوری نانو در بسته بندی های هوشمند سبب محافظت مواد غذایی در مقابل عوامل بیماری زا و گازهای خطرناک می شود. در این قسمت به پرکاربردترین نانوفناوری های مورد استفاده در صنایع بسته بندی اشاره می شود.

#### ■ نانوحسگرها

یکی از ابزارهایی که برای بسته بندی های هوشمند استفاده می شود، نانوحسگرها هستند. حسگر ابزاری است که برای تشخیص، تعیین محل یا کمیت یک مشکل و سپس ارسال سیگنال برای اندازه گیری ویژگی های فیزیکی یا شیمیایی آن استفاده می شود. یک حسگر توانایی تشخیص مکرر یک رویداد یا تغییرات در محیط اطراف را دارد. معمولاً حسگرها از یک گیرنده و مبدل تشکیل شده اند. وظیفه گیرنده تبدیل اطلاعات فیزیکی یا شیمیایی به شکلی از انرژی است و یک مبدل انرژی را به یک سیگنال آنالیزی تغییر می دهد. در بسیاری از کشورهای اروپایی از نانوحسگرهای کوچک و قابل حمل برای جستجوی مواد شیمیایی مضر و سموم در محصولات غذایی استفاده می کنند و با این روش دیگر نیازی به ارسال مواد غذایی به آزمایشگاه های

مرجع جهت بررسی کیفیت آن‌ها نیست. همچنین نانوحسگرها اطلاعات مفیدی به مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان در مورد تاریخ تولید و انقضا و نحوه نگهداری مواد غذایی ارائه می‌دهند. یکی دیگر از حسگرها که در صنایع بسته‌بندی هوشمند مورد استفاده قرار می‌گیرد، حسگرهای زیستی هستند که در ساخت آن‌ها از نانوذرات طلا استفاده می‌شود که باعث بهبود حساسیت و قابلیت تشخیص سریع ترکیبات شیمیایی، باکتری‌ها و ویروس‌ها در بسته‌بندی مواد غذایی می‌شوند. مثال‌هایی از حسگرهای زیستی در صنایع غذایی عبارت‌اند از:

- حسگر زیستی برپایه آنتی‌بادی با نام تجاری «سیستم سنتینل فود<sup>۲</sup>» تولید شده است که در آن غشا همراه با آنتی‌بادی‌های تثبیت شده به عنوان حسگر عمل می‌کند و به عنوان بخشی از بارکد قرار می‌گیرد. هنگامی که پاتوژن‌های مواد غذایی با آنتی‌بادی‌های حسگر واکنش می‌دهند، یک نوار تیره موضعی تشکیل می‌شود که در این وضعیت بارکد خوانا نیست [۶].
- در یک سیستم دیگر، بیوسنسورهایی تولید شده است که در آن آنتی‌بادی‌ها بر روی مواد بسته‌بندی پلاستیکی ساخته شده از پلی‌اتیلن چاپ می‌شوند. برهم‌کنش بین پاتوژن و آنتی‌بادی‌ها منجر به تولید یک سیگنال فلورسنت می‌شود که نشان‌دهنده حمله بیماری‌زا (پاتوژن‌ها) است [۶].

## ■ نانوکامپوزیت‌ها

نانوکامپوزیت‌ها هم از جمله نانوساختارهایی محسوب می‌شوند که در صنایع بسته‌بندی به عنوان اولین نانوموادها مورد استفاده قرار گرفتند. نانوکامپوزیت‌ها معمولاً پلیمرهایی هستند که از دو جزء پلیمر و یک پرکننده آلی یا معدنی تشکیل شده‌اند که ابعاد ماده پرکننده در حد نانومتر است. ورقه‌های پلاستیکی نانوکامپوزیت‌ها در بسته‌بندی مواد غذایی از نفوذ گازهای دی‌اکسیدکربن و اکسیژن و همچنین رطوبت به داخل ظرف جلوگیری می‌کند و باعث افزایش کیفیت و ماندگاری مواد غذایی می‌شوند. در بسته‌بندی‌های هوشمند امروزه از نانوکامپوزیت‌های زیستی استفاده می‌شود که دارای ترکیبات زیست‌تخریب‌پذیر بوده که علاوه بر افزایش کیفیت مواد غذایی به کاهش آلودگی محیط زیست کمک می‌کند.

شرکت ویدران<sup>۲</sup> از ترکیبات ایمپرنی<sup>۳</sup> در ساخت بطری‌های پلاستیکی نوشیدنی‌ها استفاده کرده است. ایمپرن نوعی پلاستیک است که با نانوذرات خاک رس آمیخته و پلاستیک‌هایی به سختی شیشه ولی محکم‌تر را به وجود آورده است که نسبت به شیشه شکنندگی کمتری دارند. لایه نانوذرات به‌گونه‌ای طراحی شده که از فرار مولکول‌های دی‌اکسیدکربن از نوشیدنی و نفوذ مولکول‌های اکسیژن به درون آن جلوگیری کرده، در نتیجه باعث حفظ تازگی و افزایش زمان ماندگاری محصول می‌شود.

یکی دیگر از شرکت‌های فعال در این زمینه نانوکرو<sup>۴</sup> است. این شرکت آمریکایی مهم‌ترین تولیدکننده نانوکامپوزیت‌های پلاستیکی است. این پلاستیک‌ها ویژگی‌های خاصی از جمله ایجاد مانع بهتر برای جریان اکسیژن و دی‌اکسیدکربن دارند که منجر به افزایش زمان نگهداری محصولات نانوکامپوزیت پلاستیک مقاوم می‌شود. همچنین این پلاستیک‌ها از پخش بو جلوگیری کرده، مانع جذب طعم یا ویتامین‌های موجود در غذا و به وسیله بسته‌بندی می‌شوند. به طور کلی طراحی مولکولی این پلاستیک‌ها به‌گونه‌ای است که مقاومت محصولات در برابر آتش و ثبات ساختار آن‌ها را در برابر حرارت بهبود می‌بخشد. به عنوان مثال این مواد در سبدهایی برای جوشاندن مواد غذایی و بسته‌بندی‌هایی برای استفاده در مایکروویو کاربرد دارند.

نانوکامپوزیت های پلاستیکی در بسته بندی های جدید مواد غذایی نیز قابل استفاده هستند.

### ■ نانوذرات

نانوذرات نقره به طور گسترده ای به عنوان عوامل ضد میکروبی در بسته بندی مواد غذایی برای افزایش ماندگاری مواد غذایی استفاده می شود. این نانوذرات دارای فعالیت ضد باکتریایی در برابر انواع مختلف باکتری های گرم مثبت و همچنین گرم منفی هستند. این فعالیت آنتی اکسیدانی و آنتی میکروبی توسعه برخی فرآیندهای آسان، مقرون به صرفه و سازگار با محیط زیست را برای سنتز نانوذرات نقره ضروری می کند [۷]. نانوذرات نقره به عنوان یک عامل ضد میکروبی در پلیمرهای زیست تخریب پذیر (پلی ساکاریدها مانند سلولز، نشاسته، کیتوزان) و غیر قابل تجزیه زیستی (پلی اتن، پلی وینیل کلراید، اتیلن-وینیل کلراید) برای ساخت بسته بندی هوشمند مواد غذایی استفاده می شوند [۸]. آن ها می توانند با آزاد شدن آهسته خود از مواد بسته بندی در محصولات غذایی علیه میکروب ها عمل کنند. استفاده از فیلم های بسته بندی فعال و پوشش های تعبیه شده با نانوذرات نقره به دلیل انتشار متوسط نانوذرات روی سطح غذا مفید است که به عنوان نقطه ای برای شروع فعالیت میکروب ها در نظر گرفته می شود، بنابراین رشد آن ها را محدود کرده و ماندگاری غذا را طولانی تر می کند.

ظروف جدید تولید شده در شرکت شارپر ایمیج<sup>۶</sup> در آمریکا، دارای نانوذرات نقره با خاصیت ضد باکتری است. به ادعای این شرکت ظروف تولیدی آن ها مواد غذایی را ۳ تا ۴ برابر تازه تر نسبت به حالت معمولی نگه می دارد. این ظروف قادر هستند میوه ها، سبزیجات، داروها، نان، پنیر، سوپ، سس و گوشت را در طولانی مدت بدون تغییر رنگ، مزه و خواص غذایی شان نگهداری کنند.

شرکت کرافت فود<sup>۵</sup> فیلم های بسته بندی آلاییده به نانوذرات تولید می کند که سنسورهای هوشمندی موسوم به زبان الکترونیکی در آن ها تعبیه شده که می توانند میزان بسیار کم پاتوژن ها را تشخیص داده و تغییر رنگی را در بسته بندی ایجاد نمایند تا مصرف کنندگان را از فساد مواد غذایی داخل بسته آگاه کنند.

### ■ نانولوله ها

نانولوله های کربنی آلوتروپ های کربنی هستند که به شکل استوانه ای با قطری در محدوده نانومتر پیچیده شده اند و ممکن است دو نوع باشند: نانولوله های تک جداره و نانولوله های چند جداره که از چندین استوانه متحدالمرکز تشکیل شده اند. از نانولوله های کربنی برای بهبود خواص مکانیکی و ضد میکروبی پلیمر مورد استفاده در بسته بندی مواد غذایی استفاده می شود [۹]. نانولوله های کربنی نیز در شکل گیری حسگرهای اکسیژن برای نظارت بر غلظت آن در بسته بندی های محیطی اصلاح شده استفاده می شوند [۱۰]. نانولوله های کربنی در یک ماتریس پلیمری مصنوعی که برای بسته بندی مواد غذایی استفاده می شوند، ادغام می شوند تا خواص ضد میکروبی و حسگرهای هوشمندی را ارائه دهند که می توانند فساد مواد غذایی را تشخیص دهند. شرکت آمریکایی هانیول<sup>۱</sup> از بطری های ۶ لایه نانوکلی<sup>۹</sup> (نانوصفحات خاک رس) برای بسته بندی عسل سود می برد و آن را با نام ایجیز<sup>۲</sup> به بازار عرضه می کند.

شرکت آمریکایی تریران سیستم<sup>۳</sup> در حیطه های نظامی با دولت های مختلف و ناسا همکاری دارد. این شرکت با تولید بسته بندی های چند لایه از نانوکلی برای افزایش ماندگاری محصول استفاده می کند.

## توسعه بسته‌بندی‌های هوشمند در ایران و جهان

بر اساس آخرین تحقیقات بازار ونتیج<sup>۱۱</sup>، پیش بینی می‌شود که ارزش سرمایه بازار بسته‌بندی‌های هوشمند به ۲۹٫۴۵ میلیارد دلار با شاخص رشد ۶٫۲ درصد از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۸ برسد. بر اساس تحقیقات انجام شده، شرکت‌های بسته‌بندی در بخش پلاستیک با انجام بسته‌بندی‌های تخصصی و هوشمند برای میوه‌ها، سبزیجات، گوشت و محصولات منجمد با شاخص رشد قابل توجهی در حال پیشرفت و گسترش هستند. شرکت کداک<sup>۱۳</sup> از بسته‌بندی‌های هوشمندی استفاده می‌کند که اکسیژن را در محفظه بسته‌بندی برای حفظ کیفیت و تازگی غذا جذب می‌کند. شرکت کرافت از بسته‌بندی‌هایی حاوی نانوحسگرهای تانگوالکترونیک<sup>۱۴</sup> استفاده می‌کند که حد تشخیص در حد یک در تریلیون (PPT) دارد و مصرف‌کننده را از تغییرات رنگ و شروع فاسد شدن بلافاصله آگاه می‌کند [۱۱].

گرانی و شرایط اقتصادی موجود و عدم تمایل صاحبان برند به پرداخت هزینه اضافی برای بسته‌بندی هوشمند تا حدودی مانع رشد این صنعت شده است. در ایران، چند شرکت در زمینه بسته‌بندی هوشمند مواد غذایی فعالیت می‌کنند و برخی درصدد اخذ مجوزهای مدنظر هستند. در زیر به برخی از این شرکت‌ها اشاره می‌کنیم: شرکت پارس کشت زراعت؛ این شرکت در زمینه بسته‌بندی هوشمند مواد غذایی فعالیت می‌کند. محصولات این شرکت شامل بسته‌بندی‌های هوشمند برای محافظت از محصولات در برابر خرابی، رطوبت، گردوغبار و... می‌شود.

شرکت فن‌آوری بسته‌بندی پرشین و شرکت بسته‌بندی نوین پلاست؛ این شرکت‌ها در زمینه تولید بسته‌بندی‌های هوشمند برای مواد غذایی فعالیت می‌کنند. محصولات این شرکت‌ها شامل بسته‌بندی‌های هوشمند با قابلیت‌های مختلفی مانند جذب اکسیژن، کنترل رطوبت، حفظ طعم و عطر محصول و... است. شرکت نوین بسته‌بندی ایرانیان؛ این شرکت نیز در زمینه بسته‌بندی هوشمند مواد غذایی فعالیت می‌کند و محصولاتی مانند بسته‌بندی‌های هوشمند با قابلیت‌های مختلف مانند جذب اکسیژن، کنترل رطوبت، جلوگیری از پوسیدگی و... تولید می‌کند.

## نتیجه‌گیری

بسته‌بندی مواد غذایی در چرخه عمر هر محصول غذایی نقش مهم و غیرقابل انکاری دارد. بسته‌بندی هوشمند با نانومواد یک فناوری جدید در بخش بسته‌بندی مواد غذایی است که هنوز به ظهور کامل خود در بازار دست نیافته، اما اهمیت آن برای حفظ کیفیت و ایمنی مواد غذایی ثابت شده است. بسته‌بندی هوشمند با استفاده از فناوری نانو می‌تواند کیفیت و ایمنی مواد غذایی را در صنایع غذایی تضمین کند، با این حال هنوز نگرانی‌هایی در مورد این فناوری جدید از جمله هزینه بالا و جنبه‌های قانونی وجود دارد و بنابراین باید کارهای آینده برای غلبه بر این مشکلات برای ترویج بیشتر کاربردهای آن در صنایع غذایی انجام شود.

پی‌نوشت‌ها

- |                                 |                     |
|---------------------------------|---------------------|
| ۱ Modified Atmosphere Packaging | ۸ Honeywell         |
| ۲ Food Sentinel System          | ۹ Nanoclay          |
| ۳ Voridran                      | ۱۰ Agies            |
| ۴ Impern                        | ۱۱ Triron system    |
| ۵ Nanocor                       | ۱۲ Vantage          |
| ۶ Sharper image                 | ۱۳ Kodak            |
| ۷ Kraft Foods                   | ۱۴ Electronic Tongu |

منابع

- ۱ Yam, K. L., Takhistov, P. T., & Miltz, J. (2005). Intelligent packaging: concepts and applications. *Journal of Food Science*, 70, 1-10.
- ۲ Han, J. H. (2014). Intelligent packaging for food products. *Innovations in food packaging*. 2nd Edition. (pp. 171-209). Amsterdam: Ed. Elsevier Academic Press.
- ۳ Hutton, T. (2003). Food packaging: An introduction. Key topics in food science and technology- Number 7. Chipping Campden, Gloucestershire, UK: Campden and Chorleywood Food Research Association Group (p. 108).
- ۴ Bagchi, A. (2012). intelligent sensing and packaging of foods for enhancement of shelf life: concepts and applications. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 3(10), 1-13.
- ۵ Vanderroost, M., Ragaert, P., Devlieghere, F., and Meulenaer, B. D. (2014). Intelligent food packaging: The next generation. *Trends in Food Science & Technology*, 39, 47-62.
- ۶ [WWW.ifood.ir](http://WWW.ifood.ir)
- ۷ A.K. Biswal, P.K. Misra. Biosynthesis and characterization of silver nanoparticles for prospective application in food packaging and biomedical fields. *Aug Mater. Chem. Phys.*, 250 (2020)
- ۸ M. Carbone, D.T. Donia, G. Sabbatella, R. Antiochia, Silver nanoparticles in polymeric matrices for fresh food packaging, *J. King Saud Univ. Sci.*, 28 (4) (2016), pp. 273-279
- ۹ I. Rezić, T. Haramina, T. Rezić "Metal nanoparticles and carbon nanotubes—perfect antimicrobial nano-fillers in polymer-based food packaging materialsa," in *Food Packaging*, Elsevier (2017), pp. 497-532
- ۱۰ R. Zhu, M. Desroches, B. Yoon, T.M. Swager, Wireless oxygen sensors enabled by Fe(II)-polymer wrapped carbon nanotubes, *Jul, ACS Sens.*, 2 (7) (2017), pp. 1044-1050
- ۱۱ Punuri Jayasekhar Babu, Akriti Tirkey, · Tingirikari Jagan Mohan Rao, *European Food Research and Technology* (2021) 247:2899–2914