یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک
بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

بررسی تاثیر فیلم های نانوکامپوزیت حاوی اکسید روی و نقره بر کیفیت زعفران

محمد حسین عباسپور فرد[1]، زهرا کریمی ولوجایی[2]، محمد حسین آق خانی[3]، سعید طریقی[4]

[1]استاد، دانشگاه فردوسی مشهد؛ abaspour@um.ac.ir
[2]کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد؛ zahra.karimivaloujaei@mail.um.ac.ir
[3]استاد، دانشگاه فردوسی مشهد؛ aghkhani@um.ac.ir
[4]دانشیار، دانشگاه فردوسی مشهد؛ Sterighi@um.ac.ir

چکیده

گیاه زعفران یکی از با ارزش‌ترین محصول کشاورزی است، به طوری که کلاله‌ی آن گرانبهاترین ادویه جهان محسوب می‌شود. این گیاه چند ساله، بومی ایران است و کشاورزان استان‌های خراسان تامین‌کنندگان عمده این محصول در جهان هستند. کاهش کیفیت زعفران از نظر مشخصه‌های میکروبی و ظاهری از مهم‌ترین چالش‌ها و از عوامل موثر در رکود صادرات این محصول می‌باشد. یکی از عوامل مهم در رقابت بازارهای جهانی، استفاده از پوشش‌های بسته‌بندی مرغوب به منظور حفظ کیفیت آن می‌باشد. هدف از این مطالعه تهیه فیلم‌های نانو کامپوزیتی بر پایه‌ی پلی وینیل الکل حاوی نانو ذرات فلزی نقره و اکسید روی و بررسی کیفیت زعفران بود. پس از ساخت فیلم‌ها، آزمون‌های میکروسکوپ الکترون عبوری و الکترون روبشی انجام شد. تصاویر حاصل از این آزمون‌ها نشان‌دهنده پخش یکنواخت نانو ذرات نقره و اکسیدروی بر سطح فیلم بود. بررسی‌های کیفی پس از بسته‌بندی زعفران در دمای ۲۵ درجه سلسیوس طی ۰، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ هفته انجام گرفت. نتایج نشان دادند که نانوکامپوزیت ترکیبی اکسید روی و نقره در حفظ شاخص کیفی (کروسین، پیکروکروسین و سافرانال)، نقش بسزایی را ایفا کردند.

کلمات کلیدی: زعفران، نانوذرات اکسید روی، نانوذرات نقره

Investigating the effect of nanocomposite films containing nano ZnO and Ag particles on quality of saffron (*Crocus sativus* L.)

Mohammad Hossein Abbaspour- Fard, Zahra Karimi Valoujaei, Mohammad Hossein Aghkhani, Saeid Tarighi

Professor, Ferdowsi University of Mashhad, abaspour@um.ac.ir
Graduated M.Sc, Ferdowsi University of Mashhad, zahra.karimivaloujaei@mail.um.ac.ir
Professor, Ferdowsi University of Mashhad, aghkhani@um.ac.ir
Associate Professor, Ferdowsi University of Mashhad, Sterighi@um.ac.ir

Abstract

Saffron is one of the most valuable agricultural product, as its stigma is one of the most expensive spice in the world. This perennial plant is local to Iran, and Khorasan province farmers are the main suppliers of this product in the world. Lack of quality from microbial and appearance points of view is the most challenge in exporting this product. Another aspect of saffron global marketing is packaging quality to maintain the product quality. In this study three Nano-composite films containing three percent by weight of different nanoparticles including, silver, zinc oxide and combined zinc oxide and silver were provided to effects on quality of saffron. To check and ensure the structure and pattern of Nano-particles distribution in polymer matrix, some photos were taken by scanning electron microscopy and transmission electron microscopy. These photos fairly confirmed the evenly distribution of nanoparticles in the films. Quality study was performed on packed saffron with temperatures of 25 °C during 0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12 weeks. The results showed that a combination of zinc and silver oxide nanocomposites played a significant role in maintaining the qualitative index (crocin, picocrocin and safranal).

Keywords: Saffron, Silver nanoparticles, Zinc oxide nanoparticles

۱- محمد حسین عباسپور فرد، مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، ۰۹۱۵۵۱۶۱۵۱۰

مقدمه

گیاه زعفران با ارزش‌ترین محصول کشاورزی و کلاله‌ی آن گرانبهاترین ادویه جهان است که اغلب در مناطقی که اقلیم خشک دارند، کشت می‌شوند (عین افشار و همکاران، ۱۳۹۳). این گیاه چند ساله، بومی ایران است و کشاورزان استان‌های خراسان تامین‌کنندگان عمده این ادویه در جهان هستند (Maggi et al., 2011).

کاهش کیفیت زعفران از نظر مشخصه‌های میکروبی و ظاهری از مهم‌ترین عوامل موثر در رکود صادرات این محصول می‌باشد. فعالیت‌های آبی، رشد میکروارگانیسم‌ها، فعالیت‌های آنزیمی و تغییر و تبدیل رنگ، عطر و طعم از مهم‌ترین عوامل موثر بر کیفیت زعفران است. عمده مشکلی که محصول زعفران در این زمینه با آن مواجه است، عمل جمع‌آوری گل که به صورت دستی انجام می‌گیرد و تاکنون برداشت کاملا مکانیکی زعفران معرفی نشده است. همچنین عدم اجرای صحیح اموری مانند جمع‌آوری گل‌های زعفران، جدا کردن و خشک کردن کلاله، دسته‌بندی کلاله‌ها برای انتقال به مراکز کنترل کیفیت و بسته‌بندی می‌تواند آسیب‌های جبران ناپذیری به کیفیت محصول نهایی وارد آورد (کافی و همکاران، ۱۳۸۱؛ Akhondzadeh et al., 2005).

بسته‌بندی نیز یکی از روش‌های مؤثری است که با استفاده از آن می‌توان زمان ماندگاری و کیفیت مواد غذایی را افزایش داد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲). پلاستیک‌ها به طور وسیع در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شوند. با این وجود استفاده از آن‌ها به دلیل عدم توانایی آن‌ها در جلوگیری از عبور اکسیژن، دی اکسید کربن، آب و ترکیبات معطر، محدودیت‌هایی دارد. استفاده از نانوذرات در پلاستیک‌ها می‌تواند سبب بهبود خاصیت نفوذپذیری بسته‌های غذایی گردد. نانو فناوری شامل مشخصه‌یابی، ساخت و به کارگیری ساختارها، قطعات یا موادی که حداقل دارای یک بعد که از اندازه بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر هستند، می‌شود. بنابراین این امکان وجود دارد تا با اضافه کردن مواد ضد میکروبی در بسته‌بندی مواد غذایی با غلظت‌های نسبتا پایین ضمن اطمینان از بی‌خطر بودن برای سلامتی انسان، باعث گسترش ماندگاری و حفظ کیفیت مواد غذایی یا به تاخیر انداختن و به حداقل رساندن رشد میکروارگانیسم‌ها شد (Brody et al., 2008).

با وجود تنوع عوامل تقویت کننده ها، جستجو برای عوامل موثر بر توسعه نانو ساختارهای فلزات خاص مانند نقره، طلا، اکسید روی و مس متمرکز شده‌است. در این بین فعالیت ضدمیکروبی نانو نقره به طور قابل توجهی بالاتر از دیگر نانو ذرات می باشد (Li et al., 2011). این ذرات دارای خلوص بالا، پراکندگی خوب، و شکل شبه کره هستند. همچنین نانو ذرات نقره اثرات ضد میکروبی بسیار خوبی در برابر طیف وسیعی از باکتری‌ها، قارچ‌ها، جلبک‌ها و ویروس‌ها دارند (Mandes et al., 2012).

از طرف دیگر به منظور کاهش هزینه‌های بسته‌بندی، اخیرا پروژه‌ها در استفاده از اکسیدروی متمرکز شده‌اند (Tankhival et al., 2012). در بین فلزات، نانو ذره اکسید روی به علت خواص فیزیکی و شیمیایی پایدار، قیمت کم، غیر سمی و ارزان، به طور گسترده از آن استفاده می‌شود. استفاده از نانو اکسید روی می‌تواند رشد میکروارگانیسم‌ها را محدود کند و با کاهش تنفس زمان ماندگاری را افزایش دهد (Li et al., 2011).

با توجه به غیر سمی بودن، در دسترس بودن و ضد میکروبی بودن نانو ذرات نقره و اکسید روی، در این تحقیق سعی شده است که اثر نانوکامپوزیت اکسید روی و نقره بر کیفیت زعفران مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

مواد

برای انجام این پژوهش، نانو ذرات نقره و اکسیدروی از شرکت نانو مواد تحت نظر ستاد نانو، پلی وینیل الکل از شرکت آلدریچ آلمان، گلیسرول از شرکت مرک آلمان و آب دی‌یونیزه برای ساخت نانو کامپوزیت مورد استفاده قرار گرفت، همچنین زعفران از مزارع قائنات تهیه گردید.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران

تعیین مشخصات نانو پودر(TEM)

برای مشخص کردن ابعاد نانوذرات و تعیین چگونگی توزیع اندازه ذره‌ها، از آزمون میکروسکوپ الکترونی عبوری مدل (Leo 912AB) ساخت کشور آلمان در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد استفاده شد. در این روش نمونه به صورت دایره ای به قطر ۳ میلی‌متر و ضخامت تقریبی ۵ میکرومتر درآورده می‌شود. باید برش‌های نمونه تهیه شده تا حدی نازک شود که به الکترون‌ها اجازه عبور بدهد (Nematollahi et al., 2016).

ساخت نانو کامپوزیت

پودر نانو نقره و اکسید روی به صورت مجزا و ترکیبی به صورت ۳ درصد وزنی به محلول پلیمری اضافه شد و به مدت یک شبانه روز و در دمای محیط توسط همزن مغناطیسی در محلول پلیمری پراکنده شد. برای حصول ضخامت مشخصی از فیلم، مقدار محلول مورد نیاز محاسبه و تعیین و در پتری دیش ریخته شد. پتری دیش در یک سطح کاملاً تراز قرار داده شد تا فیلمی با ضخامت یکنواخت حاصل شود. برای خشک شدن فیلم ایجاد شده، پتری دیش به مدت ۷۲ ساعت در دمای محیط قرار گرفت. در نهایت پس از خشک شدن، فیلم حاصله به سهولت از سطح پتری دیش جدا شد.

آزمون میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM[2])

برای تعیین ویژگی‌های سطحی نمونه ها از قبیل خصوصیات سطوح، شکل، اندازه و نحوه قرارگیری ذرات در سطح فیلم، از میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل (LEO 1450VP) ساخت کشور آلمان در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی استفاده شد. نمونه‌ها ابتدا به مدت کوتاهی در نیتروژن مایع فرو برده شدند. پس از چند ثانیه نمونه ها ترد شده به طوری که با اعمال نیرویی کوچک و کمترین تنش ممکنه از مقطع عرضی برش خوردند. سپس نمونه‌های برش خورده بر روی پایه‌های استوانه ای قرار گرفته و پوشش دهی طلا روی آن‌ها انجام گرفت و برای تصویربرداری با کاربری ۲۰ کیلو وات آماده شدند (Abedini et al., 2014).

آزمون‌های ارزیابی کیفیت زعفران (کروسین، پیکروکروسین و سافرانال)

مقدار کروسین، پیکروکروسین و سافرانال در نمونه‌های بسته‌بندی شده در فیلم‌های شاهد و فیلم حاوی نانوذرات اکسید روی، نقره و ترکیب اکسید روی و نقره با استفاده از روش استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۲۵۹ اندازه‌گیری شد. طبق این استاندارد از دستگاه اسپکتروفتومتری مدل ۸۴۵۳ کمپانی اجیلنت آمریکا در آزمایشگاه امین آزمای استفاده شد.

مقایسه آماری

جهت مقایسه آماری فاکتورهای بیان شده و بررسی معنی‌داری اختلافات در نوع نانوذرات از آزمون آنالیز واریانس در قالب طرح کاملا تصادفی و مقایسه میانگین‌ها (آزمون دانکن) و همچنین طرح فاکتوریل کامل با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ ساخت کشور آمریکا مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

آزمایشات ساختاری نانو فیلم پلیمری

میکروسکوپ الکترونی عبوری ابزاری ویژه برای مشخص نمودن ساختار و مورفولوژی مواد محسوب می‌شود که مطالعات ریز ساختاری مواد با قدرت تفکیک بالا و بزرگنمایی خیلی زیاد را امکان پذیر می‌سازد. علاوه بر این از این میکروسکوپ جهت مطالعات ساختارهای بلور، تقارن، جهت گیری و نقائص بلوری می‌توان استفاده نمود. شکل ۱ نشان دهنده تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) نانوذرات نقره و اکسید روی است. بررسی و تجزیه و تحلیل دقیق‌تر این تصاویر حاکی از ساختار میله‌ای نانوذرات اکسید روی و ساختار نسبتا کروی نانوذرات نقره است. این نتایج نشان می‌دهد که نانوذرات اکسید روی و نقره دارای ساختار منظم و کریستالی بوده که با نتایج دیگر محققان مطابقت دارد (Monoz-Fernandez et al., 2017). همچنین اندازه متوسط ذرات اکسید روی و نقره به ترتیب کمتر از ۴۰ و ۳۲ نانومتر است که حاکی از اندازه بسیار خوب این نانوذرات بوده و هر چه اندازه نانوذرات کوچک‌تر باشد، میزان پخش شدن آن‌ها در بستر پلیمر سریع‌تر و راحت‌تر خواهد بود (گودرزی، ۱۳۸۶).

[1]Transmission Electron Microscopy
[2]Scanning Electron Microscopy

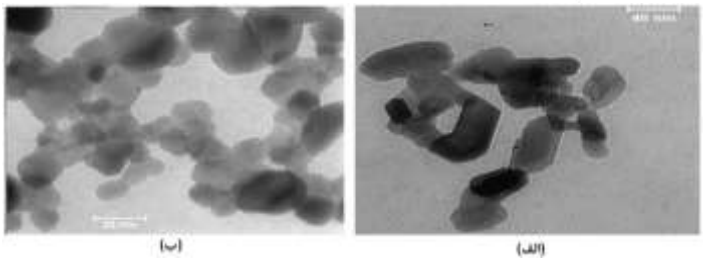

Figure 1 - Transmission electron microscope image a) ZnO nanoparticles b) Silver nanoparticles

شکل ۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری- الف) نانو ذرات اکسید روی- ب) نانو ذرات نقره

شکل ۲ تصاویر SEM فیلم پلی وینیل الکل خالص و نانوکامپوزیت‌های حاوی نقره، اکسید روی و ترکیب نقره و اکسید روی با غلظت ۳ درصد وزنی می‌باشد. تصاویر فیلم شاهد، نشان دهنده‌ی مورفولوژی الیاف پلی وینیل الکل قبل از مخلوط کردن با نانوذرات اکسید روی و نقره است و همچنین سطحی کاملا همگن و مسطح را نشان می‌دهد. همانطور که از تصاویر نانوکامپوزیت اکسید روی خالص مشخص است، نانوذرات اکسید روی با شکل میله‌ای به صورت یکنواخت در تمام سطح پلیمر پخش شده و سطحی کاملا یکنواخت را نشان می‌دهد. همچنین تصاویر نانوکامپوزیت نقره خالص نشان از پخش یکنواخت نانوذرات نقره نسبتا کروی در بستر پلیمر را می‌دهد که نمای سطحی نمونه‌ها صاف و همگن می‌باشد. تصاویر نانوکامپوزیت ترکیبی اکسید روی و نقره گرفته شده از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان می‌دهد، نانوذرات نقره بر روی شکل میله‌ای نانوذرات اکسید روی قرار گرفته و هر دو نانوذره بطور کامل در بستر پلیمر پخش شده و سطحی کاملا یکنواخت را نشان می‌دهد. نتایج بدست آمده با نتایج Hamza و همکاران (۲۰۱۷) و Halder و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد.

البته این می‌تواند به علت کم بودن مقدار نانو ذره‌ی مصرفی باشد، زیرا با افزایش درصد وزنی نانوذرات در ماتریس پلیمری ساختار به هم فشرده تشکیل می‌شود. در این راستا محققان به این نتیجه رسیدند که افزودن نانوذرات از یک مقادیر خاص به بعد موجب پخش نشدن مناسب آنها و حتی باعث کاهش خاصیت ضد میکروبی فیلم نیز خواهد شد که این می‌تواند ناشی از آگلومریزاسیون و در واقع کاهش سطح نسبت به حجم کلی نانوذرات باشد (Zapata et al., 2011).

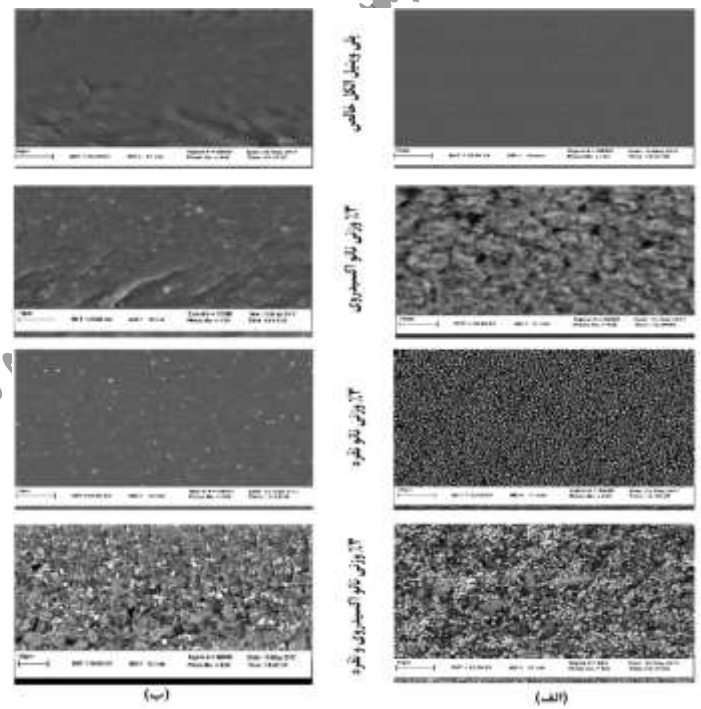

Figure 2: SEM scanning electron microscopy images: a) from top to bottom, images of the surface of the film of pure polyvinyl alcohol, zinc oxide, silver and zinc oxide and silver oxide b) from top to bottom, pictures of cut sections of polyvinyl film Pure alcohol, zinc oxide nanocomposite, silver and zinc oxide and silver compounds

شکل ۲- تصاویر میکروسکوپ الکترون روبشی SEM: الف) از بالا به پایین، تصاویر سطوح فیلم پلی وینیل الکل خالص، نانو اکسید روی، نقره و ترکیب اکسید روی و نقره- ب) از بالا به پایین، تصاویر مقاطع برش خورده فیلم پلی وینیل الکل خالص، نانوکامپوزیت اکسید روی، نقره و ترکیب اکسید روی و نقره

شاخص‌های کیفی زعفران (کروسین، پیکروکروسین و سافرانال)

همانطور که قبلا اشاره شد، زعفران دارای سه ترکیب اصلی کروسین (رنگیزه‌های کاروتنوئیدی محلول در آب)، پیکروکروسین (گلیکوزید تلخ مزه) و سافرانال (جزء اصلی مواد فرار معطر زعفران) می‌باشد. با توجه به شکل‌های ۳ الی ۵ مشاهده می‌شود کروسین، پیکروکروسین و سافرانال زعفران در طول دوره نگهداری کاهش یافته و میزان کاهش پیکروکروسین نسبت به سافرانال و کروسین بیشتر بود. کاهش میزان کروسین به دلیل هیدرولیز آن و تبدیل آن به کروستین آزاد می‌باشد. سافرنال از گروه ترپن‌ها می‌باشد که در زعفران تازه به صورت پیکروکروسین غیر فرار است ولی در اثر گذشت زمان تجزیه شده و آلدئید فرار سافرانال آزاد می‌کند. مشابه چنین نتایجی توسط دیگر محققین مثل Alonso و همکاران (۲۰۰۶) و قرآنی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش شده است.

در تمام هفته‌های آزمایش، میزان افت کروسین، پیکروکروسین و سافرانال در نانوکامپوزیت‌ها نسبت به فیلم پلی وینیل الکل خالص بسیار کمتر بوده است. علت آن همانطور که پیش‌تر اشاره شد، میزان نفوذپذیری کمتر به بخار آب نانوکامپوزیت‌ها نسبت به فیلم پلی وینیل الکل خالص است. همچنین در بین نانوکامپوزیت‌ها، کمترین افت میزان کروسین، پیکروکروسین و سافرانال در نانوکامپوزیت نقره مشاهده شد. علاوه بر این، همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود، میزان افت در این سه ترکیب در نانوکامپوزیت نقره و ترکیبی اکسید روی و نقره اختلاف معنی داری ندارد. همچنین با توجه به نتایج نشان داده شده، علت تفاوت در عملکرد نانوذرات نقره و اکسید روی در برابر کنترل کیفیت زعفران، ماهیت کریستالی و همچنین آبگریزی بیشتر نانوذرات نقره نسبت به نانوذرات اکسید روی است (Oun and Rhim, 2017). همچنین با توجه به قیمت بالای نانوذرات نقره، می‌توان از نانوذرات اکسید روی با در نظر گرفتن خاصیت ممانعت کنندگی بالا در مقابل بخار آب به صورت ترکیبی استفاده کرد. استفاده ترکیبی از نانوذرات علاوه بر بهره‌گیری از خواص گوناگون آن‌ها به صورت هم زمان می‌تواند موجب کاهش میزان مصرفی هر کدام از نانوذرات و در نتیجه تاثیرات متقابل احتمالی آن‌ها باشد.

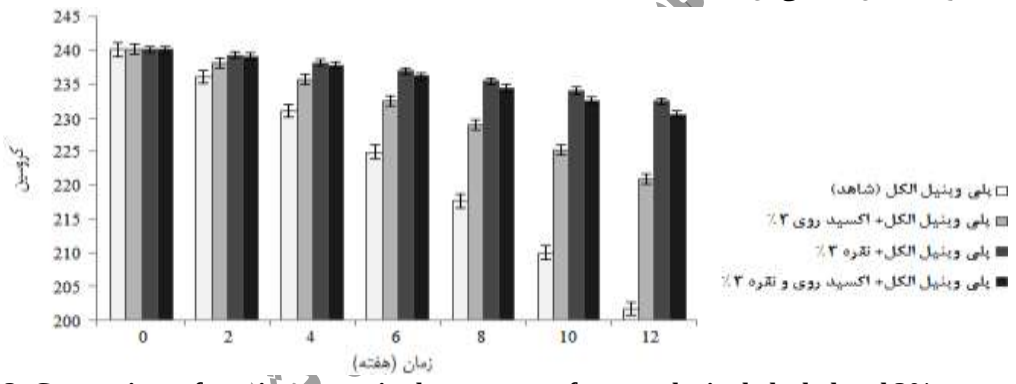

Figure 3: Comparison of crocin content in the presence of pure polyvinyl alcohol and 3% nanocomposites. Zinc oxide, silver and silver oxide zinc oxide for 12 weeks at 25 ° C in the environment

شکل ۳- نمودار مقایسه‌ای میزان کروسین در حضور پلی وینیل الکل خالص و نانوکامپوزیت‌های حاوی ۳٪ اکسید روی، نقره و ترکیب نقره واکسید روی طی ۱۲ هفته آزمایش در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در محیط

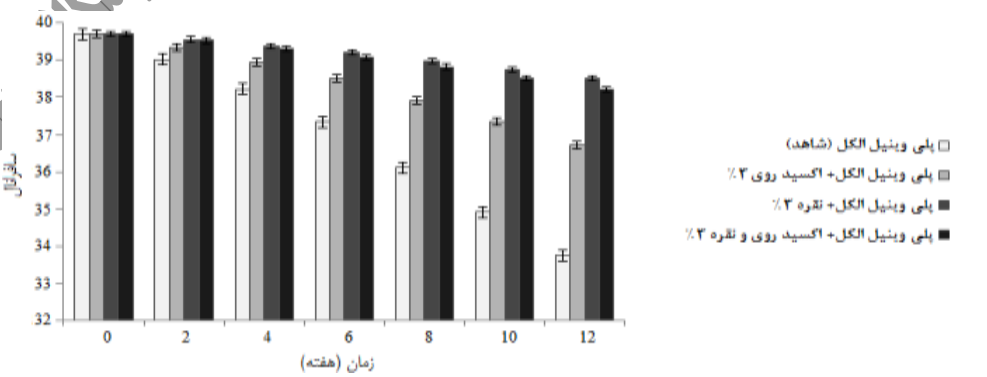

Figure 4: Comparison of safranal content in the presence of pure polyvinyl alcohol and 3% nanocomposites. Zinc oxide, silver and silver oxide zinc oxide for 12 weeks at 25 ° C in the environment

شکل ۴- نمودار مقایسه‌ای میزان سافرانال در حضور پلی وینیل الکل خالص و نانوکامپوزیت‌های حاوی ۳٪ اکسید روی، نقره و ترکیب نقره واکسید روی طی ۱۲ هفته آزمایش در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در محیط

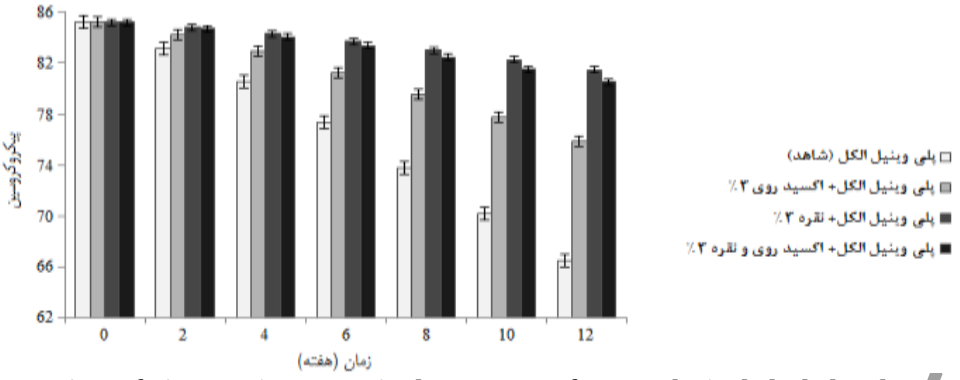

Figure 5: Comparison of picrocrocin content in the presence of pure polyvinyl alcohol and 3% nanocomposites. Zinc oxide, silver and silver oxide zinc oxide for 12 weeks at 25 ° C in the environment

شکل ۵- نمودار مقایسه‌ای میزان پیکروکروسین در حضور پلی وینیل الکل خالص و نانوکامپوزیت‌های حاوی ۳٪ اکسید روی، نقره و ترکیب نقره واکسید روی طی ۱۲ هفته آزمایش در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در محیط

نتیجه گیری

در این پژوهش ابتدا برای ساخت فیلم پلیمری از ترکیب پلی وینیل الکل، حلالو گلیسرول، استفاده گردید. سپس نانوذرات اکسید روی و نقره در سطح ۳ درصد وزنی، بصورت مجزا و ترکیبی به محلول پلیمری اضافه گردید. آزمون‌های ساختاری نانوکامپوزیت، از قبیل میکروسکوپ الکترونی عبوری و روبشی به عنوان تابعی از نوع نانوذرات مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی حاکی از آن است که نانوذرات اکسید روی و نقره، بطور کامل در بستر پلیمر پخش شده شده‌اند که نشان دهنده برهمکنش مناسب بین ذره و پلیمر می‌باشد. مقدار افت شدت کروسین، پیکروکروسین و سافرانال در نانوکامپوزیت‌ها نسبت به فیلم پلی وینیل الکل خالص بسیار کمتر بوده است. علت آن همانطور که پیش‌تر اشاره شد، میزان نفوذپذیری کمتر به بخار آب نانوکامپوزیت‌ها نسبت به فیلم پلی وینیل الکل خالص است. همچنین در بین نانوکامپوزیت‌ها، کمترین افت شدت کروسین، پیکروکروسین و سافرانال در نانوکامپوزیت نقره و ترکیبی اکسید روی و نقره مشاهده شد. با توجه به قیمت بالای نانوذرات نقره، می‌توان از نانوذرات اکسید روی با در نظر گرفتن خواص ضد میکروبی بالا، خواص مکانیکی خوب، خاصیت آبگریزی، غیر سمی، قیمت پایین و ظاهری سفید به صورت ترکیبی استفاده کرد. استفاده ترکیبی از نانوذرات اکسید روی و نقره، علاوه بر بهره‌گیری از خواص گوناگون آنها به صورت همزمان می‌تواند موجب کاهش میزان مصرفی هر کدام از نانوذرات و در نتیجه تاثیرات متقابل احتمالی آن‌ها باشد.

منابع

Abedini, R., Omidkhah, M., and Dorosti, F. (2014). Hydrogen separation and purification with poly (4-methyl-1-pentyne)/MIL 53 mixed matrix membrane based on reverse selectivity. *International Journal of Hydrogen Energy*, 39: 7897-7909.

Ahmadi, Z., Mirdekhan, S.H., Hakamabadi, H. And the sword, mir. (2013). Use of nano packaging and oral coating to improve storage life and quality of life of fresh pistachio seeds. *Journal of Horticultural Science (Science and Technology of Agriculture)*, 4: 367 to 374. (Persian)

Akhondzadeh, S., Tahmacebi-Pour, N., Noorbala, A.A., Amini, H., Fallah-Pour, H., Jamshidi, A.H., and Khani, M. (2005). Crocus sativus L. in the treatment of mild to moderate depression: a double-blind, randomized and placebo-controlled trial. *Phytotherapy Research*, 19(2): 148-151.

Alonso, G.L., Varon, R., Gomez, R., Navarro, F., and Salinas, M.R. (1990). Auto-oxidation in Saffron at 40 C and 75% Relative Humidity. *Journal of food science*, 55(2): 595-596.

Brody, A. L., Bugusu, B., Han, J. H., Sand C. K., and Mchugh, T. H. (2008). Innovative food packaging solutions. *Food Science*, 73(8): 107-116.

Goodarzi, e.(2007). Nano Technology. Ranther, M. And Ranter, and. *Sharif University of Technology*. (Persian)

Halder, S., Prasad, T., Khan, N.I., Goyat, M.S. and Chauhan, S.R. (2017). Superior mechanical properties of poly vinyl alcohol-assisted ZnO nanoparticle reinforced epoxy composites. *Materials Chemistry and Physics*, 192:198-209.

Hamza, A.M., Alhtheal, E.D. and Shakir, A.K. (2017). Enhancement the Efficiency of ZnOnanofiber mats antibacterial Using Novel PVA/Ag nanoparticles. *Energy Procedia*, 119:615-621.

Kafi, M., Rashed Mohsal, M.H., Little, AS. And Ma'alilibi, AS. (2002). Saffron: Production and processing technology. *Language and Literature Publisher*. (Persian)

Li, W.R., Xie, X.B., Shi, Q. S., Duan, S. S., Ouyang, Y. S. and Chen, Y. B. (2011).Antibacterial effect of silver nanoparticles on Staphylococcus Aureus, An International. *Journal on the Role of Metal Ions in Biology, Biochemistry and Medicine*, 24(1): 135-141.

Maggi, L., Carmona, M., Kelly, S. D., Marigheto, N., and Alonso, G. L. (2011). Geographical origin differentiation of saffron spice (Crocus sativus L. stigmas) – Preliminary investigation using chemical and multi-element (H, C, N) stable isotope analysis. *Food Chem*, 128: 543-548.

Mendes, E., Piletti, R., Barichello, T., Oliveira, C. M., Kniess, C. T., and Angioletto, E. (2012). The influence of particle size and AgNO3 concentration in the ionic exchange process on the fungicidal action of antimicrobial glass. *Materials Science and Engineering*, 32(6): 1518–1523.

Muñoz-Fernandez, L., Sierra-Fernandez, A., Flores-Carrasco, G., Milošević, O. and Rabanal, M.E. (2017). Solvothermal synthesis of Ag/ZnO micro/nanostructures with different precursors for advanced photocatalytic applications. *Advanced Powder Technology, 28(1):83-92.*

Nematollahi, M. H., Saeedi Dehaghani, A. H., Abedini, R. (2016). CO_2/CH_4 separation with poly (4-methyl-1-pentyne) (TPX) based mixed matrix membrane filled with Al_2O_3 nano-particles. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 33: 657–665.

Quranic, B., Kahdahi, R. And Al Hosseini, AS. (2017). The Effect of Biopolymer Type, Temperature and Relative Humidity on Physicochemical Properties and Sustainability of Microorganized Saffron Bioactive Compounds. *Science and food industry*.(Persian)

Oun, A.A. and Rhim, J.W. (2017). Carrageenan-based hydrogels and films: Effect of ZnO and CuO nanoparticles on the physical, mechanical, and antimicrobial properties. *Food Hydrocolloids*, 67: 45-53.

Tankhiwale, R., Bajpai, S.K. (2012). Preparation, characterization and antibacterial applications of ZnO-nanoparticles coated polyethylene films for food packaging. *Colloids and Surfaces Biointerfaces*, 90: 16–20.

Zapata, P.A., Tamayo, L., Páez, M., Cerda, E., Azócar, I. & Rabagliatil, F.B. (2011). Nanocomposites based on polyethylene and nanosilver particlesproduced by metallocenic ‘‘in situ’’ polymerization: synthesis,characterization, and antimicrobial behavior. *European Polymer Journal*, 47(8): 1541–1549.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران