



تاثیر نانو اکسید روی سنتز شده به روش سل-ژل بر خواص فیزیکی و مکانیکی نانو فیلم

پلیمری پلی وینیل الکل به منظور بسته بندی مواد غذایی

الهام قاروی آهنگر^۱، محمد حسین عباسپور فرد^۲، ناصر شاه طهماسبی^۳، مهدی خجسته پور^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

elhamgharoyi@gmail.com

۲- دانشیار مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد فیزیک دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده:

در این مطالعه، نانو ذرات اکسید روی به روش سل-ژل سنتز شد. آزمون پراش ایکس تشکیل فاز نانو اکسید روی را نشان داد. میکروسکوپ الکترونی عبوری نشان داد شکل ذرات به صورت کروی و اندازه ذرات در حدود ۳۰ نانو متر است. با استفاده از طیف سنجی مادون قرمز در حدود 435 cm^{-1} پیوند Zn-O برقرار است. نانو اکسید روی در سه سطح ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی به ماتریس پلیمری پلی وینیل الکل افزوده شد و نمای سطحی فیلمها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد که ذرات به طور یکنواخت توزیع شده‌اند. افزودن ۱ تا ۳ درصد وزنی نانو اکسید رونی باعث افزایش مقاومت کششی حدود ۳۸٪ و کاهش نفوذ بخار به مقدار ۳۲٪ شد. با افزایش نانو ذرات اکسید از ۱ درصد به ۵ درصد مقدار L و ΔE افزایش یافت.

کلمات کلیدی: سل - ژل، بسته بندی مواد غذایی، نانو اکسید روی و نانو فیلم

مقدمه

برای محافظت مواد غذایی در برابر اکسیدها و میکروبه‌ها توصیه می‌شود، این مواد به صورت مناسبی بسته‌بندی شوند. یک بسته‌بندی مناسب باید ضمن حفظ کیفیت اولیه مواد باعث افزایش ماندگاری مواد غذایی شود. امروزه بیشترین موادی که برای بسته بندی مواد غذایی استفاده می‌شود از سوخت‌های فسیلی تهیه می‌شوند که غیر قابل تجزیه هستند. که مشکل جدی برای



محیط زیست بوجود می‌آوردند (Tharanathen, 2003). نگرانی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف این مواد سبب شده که در سال‌های اخیر فیلم‌های زیست تخریب پذیر مورد توجه محققین قرار بگیرد. با این وجود استفاده از فیلم‌های خوراکی زیست تخریب پذیر به دلیل مشکلاتی (مانند شکننده بودن، ممانعت ضعیف در برابر تبادل گازی) که دارند استفاده از آنها محدود شده است (Vaidya and Bhattacharya, 1994).

مواد نانو موادی هستند که اندازه آنها حداقل در یک بعد کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد، در این صورت مواد بوجود آمده دارای خواص مکانیکی، شیمیایی، حرارتی و الکتریکی منحصر به فردی نسبت به مواد معمولی خواهند داشت (Khan, 2006). یکی از عواملی که باعث بهبود عملکرد مواد نانویی می‌شود افزایش نسبت سطح به حجم ذرات نانویی موجود در آنها است. این ویژگی سبب شده است که تحقیق و توسعه نانوکامپوزیت‌ها برای بسته بندی مواد غذایی در سال‌های اخیر مورد توجه محققین قرار گیرد. پلیمرهای نانوکامپوزیت ترکیبی از یک ماتریس پلیمری و تقویت کننده‌هایی است که حداقل یک بعد در مقیاس نانو دارند. این تقویت کننده به مقدار کم (۵ درصد وزنی) باعث بهبود خواص حرارتی، مکانیکی و کاهش نفوذ پذیری به رطوبت و گاز دارند.

(Sorrentino et al., 2007). در سال‌های اخیر اکسید روی به دلیل گاف انرژی^۱ مستقیم و بالا، سازگاری با محیط زیست، غیرسمی، فناوری آسان و پایداری شیمیایی خوب مطالعات زیادی روی این نانو ماده انجام شده است (Ozgun et al., 2005). همچنین به علت ویژگی‌های الکتریکی، نوری و مغناطیسی کاربرد زیادی در زمینه‌های الکترونیک، سلولهای خورشیدی، اکسیدهای رسانای شفاف و مبدل‌های پیزوالکتریکی پیدا کرده است (Nair et al., 2011). نانو اکسید روی و اکسیدهای فلزی دیگری همچون اکسید منیزیم، دی اکسید تیتانیوم و اکسید مس فعالیت ضد میکروبی قابل ملاحظه‌ای دارد (Zhang et al., 2007).

اکسید روی به دلیل دارا بودن خاصیت ضد میکروبی در PH خنثی و سازگاری زیستی بالا در حوزه‌هایی که در تماس مستقیم با انسان می‌باشد، مورد توجه قرار گرفته است. این ماده سبب شده است تا در مقایسه با نانو نقره که غیرسمی و ظاهری سفید دارد برای تقویت پلیمرهای مورد استفاده در بسته بندی مواد غذایی مورد توجه قرار گیرد (Vigneshwaran et al., 2000). این ماده با روشهای گوناگونی از جمله تبخیر لیزری^۲ (Somey et al., 1995)، رسوب شیمیایی بخار^۳ (Sing et al., 2008)، هیدروترمال^۴ (Suchanek, 2009) و سل-ژل^۵ با مورفولوژی مختلف سنتز می‌شود. با این وجود سل-ژل به دلیل اینکه فرآیندی ارزان، دارای خلوص بالا و تولید محصولی با ترکیبی یکنواخت در دمای معمولی صورت می‌گیرد، روش محبوب برای سنتز نانو مواد است.

¹ Band Gap

² Laser Vaporization

³ Chemical Vapor Deposition

⁴ Hydrothermal

⁵ Sol-Gel



(Livage et al., 1988). پلی وینیل الکل پلیمری با قابلیت انحلال بالا در آب به عنوان ماده‌ای زیست تخریب پذیر شناخته می‌شود (Roy et al., 2012). به طور کلی ترکیبی از اکسید روی در پلی وینیل الکل باعث بهبود خواص الکتریکی، نوری و مکانیکی آن می‌شود (Gupta et al., 2012). در بحث نانو مواد، نانو کامپوزیت‌ها از اهمیت خاصی برخوردار هستند. مواد نانو کامپوزیت به آن دسته از موادی اطلاق می‌شود که فاز تقویت کننده آن دارای ابعادی در مقیاس یک تا صد نانومتر باشد (Arora and Padua, 2010). در تحقیقی فیلمی شامل چیتوسان، پلی وینیل الکل، اکسید روی و منعطف کننده ویژگی ساختاری نانو فیلم بررسی شد و با افزودن نانو اکسید روی فیلم‌ها خواص ضد میکروبی از خود نشان داده اند (Vicentini et al., 2010). در گزارشی از ویژگی ویسکوالاستیک و حرارتی فیلم کامپوزیت اکسید روی، پلی وینیل الکل و پلی اتیلن اکسید آمده است که با افزودن نانو اکسید روی این ویژگی‌ها بهبود یافت (Lee et al., 2008). همچنین در گزارش دیگری که ویژگی دی الکتریک نانو فیلم اکسید روی و پلی وینیل الکل بررسی شده، به طوری که در غلظت کم نانو اکسید روی مقدار دی الکتریک در فرکانس بالاتر کم شده است (Roy et al., 2008). هدف از این تحقیق بررسی تاثیر غلظت نانو اکسید روی که با تکنیک سل-ژل سنتز شده اند، بر خواص فیزیکی و نانو کامپوزیت پلیمری است که به عنوان فیلم‌های زیست تخریب پذیر برای بسته بندی مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

مواد

برای سنتز نانو کامپوزیت‌های پلی وینیل الکل مواد اولیه مختلفی نیاز است که نیترات روی، اتانول از شرکت شارلو اسپانیا، اسید استیک و اتیلن گلیکول از شرکت مجللی ایران و پلی وینیل الکل و گلیسرول شرکت مرک آلمان تهیه شدند. لازم به ذکر است آزمایشات لازم در سنتز نانو و نانو کامپوزیت این مطالعه در مرکز پژوهشی علوم و فناوری نانو و آزمایشات فیزیکی و مکانیکی در کارگاه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد انجام شده است.

روش‌ها

سنتز نانو اکسید روی

برای سنتز نانو پودر اکسید روی از روش سل-ژل استفاده شد (Kompany et al., 2012). برای این منظور محلول همگن شامل نیترات روی ۶ آب، اتانول و آب دیونیزه (۱:۱) به عنوان حلال، اتیلن گلیکول و اسید استیک به ترتیب به عنوان پلیمرساز

⁶ Poly Vinyl Alcohol (PVA)



و کمپلکس‌ساز جهت جلوگیری از تشکیل خوشه بزرگتر استفاده شدند و به مدت ۴ ساعت در دمای ۱۱۰-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد رفلکس شدند. بعد از حرارت دهی غیر مستقیم به مدت یک شبانه روز در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد، با تبخیر حلال‌های اضافی، ژل خاکستری رنگ تشکیل شد. سپس به مدت یک ساعت در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد تکلیس شد و در نتیجه پودر سفید رنگ نانو اکسید روی تشکیل شد.



شکل ۱- پودر نانو اکسید روی تهیه شده به روش سل-ژل در این مطالعه

آزمایشات ساختاری نانو اکسید روی

برای مشخصه یابی نانو اکسید روی از طیف سنجی پراش ایکس (XRD⁷, D & Advance Bruker) استفاده شد. با استفاده از رابطه شرر^۸ اندازه نانو بلورک ها از رابطه زیر بدست می آید (مداحی و همکاران، ۱۳۸۹).

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (1)$$

که در این رابطه K فاکتور تصحیح شرر که مقدار آن 0.98 است، β پهنای کامل در نصف ارتفاع، θ زاویه پراکندگی در نصف ارتفاع که مقدار آن $11/18$ است و λ طول موج پرتو ایکس که مقدار آن $1.0/54$ نانومتر است. برای بررسی مورفولوژی سطحی نانو ذرات از میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM^۹ Leo 912 AB) استفاده شد. برای مطالعه ساختار شیمیایی و نوع پیوند از طیف سنجی مادون قرمز (FTIR^{۱۰} AVATAR) استفاده شد.

تولید نانو فیلم

⁷X-Ray Diffraction

⁸ Scherer

⁹ Transmission Electron Microscopy

¹⁰ Fourier transform infrared



برای تهیه محلول پلی وینیل الکل، گلیسرول به مقدار ۱/۳۳ درصد وزنی و آب دیونیزه در همزن مغناطیسی قرار داده شد. پلی وینیل الکل به مقدار ۳ درصد وزنی را به محلول اضافه شد. برای حل شدن کامل پلی وینیل الکل محلول به مدت ۳ ساعت در دمای بین ۷۰-۸۰ درجه سانتی‌گراد به طور غیر مستقیم حرارت دهی شد. پودر نانو اکسید روی در سه سطح ۱، ۳ و ۵ درصد وزنی به محلول پلی وینیل الکل اضافه شد. محلول به مدت یک شبانه روز تحت همزدن شدید قرار گرفت. برای یکنواخت شدن بیشتر محلول از آسیاب گلوله ای مدل (MM400) با فرکانس ۱۰ هرتز به مدت ۱۰ دقیقه استفاده شد. محلول مورد نیاز در دمای محیط به مدت ۲۲ ساعت خشک شد تا به صورت لایه‌ای تشکیل شود (Vicentini et al., 2010).

آنالیز ساختاری نانو فیلم:

برای بررسی مورفولوژی سطحی نمونه‌ها از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM LEO 1450VP) استفاده شد.

اندازه گیری ضخامت نانو فیلم:

برای اندازه گیری ضخامت نانو فیلم از یک میکرومتر با دقت ۰/۰۱ میلی متر ساخت کشور چین در ۵ نقطه مختلف اندازه گیری شد و میانگین ضخامت در اندازه گیری پارامترهای وابسته استفاده گردید.

خواص مکانیکی نانو فیلم‌ها:

برای آزمایشات تعیین مقاومت کششی از دستگاه Instron universal مدل (H5 KS) استفاده شد. نمونه‌های مورد نیاز از فیلم‌ها به ابعاد $2/5 \times 7 \text{ cm}^2$ تهیه شد. فاصله دو فک دستگاه ۵ سانتی متر و سرعت حرکت فک‌ها ۵۰ میلی متر بر دقیقه انتخاب شد. پارامترهایی شامل حداکثر نیرو در لحظه پاره شدن، و درصد کرنش در نقطه شکست با استفاده از منحنی‌های نیرو بر حسب تغییر شکل که برای هر تیمار ۵ بار تکرار شد بدست آمدند. مقاومت کششی نمونه از رابطه زیر بدست می‌آید (Abdollahi et al., 2013).

$$\sigma = \frac{f}{w \times T} \quad (2)$$

که در این رابطه σ مقاومت کششی بر حسب مگاپاسکال

W عرض نمونه بر حسب متر و T ضخامت نمونه بر حسب متر

انتقال بخار آب نانو فیلم‌ها :



برای تعیین مقدار نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌ها از روش (Abdollahi et al., 2013) استفاده شد. فیلم‌ها در دهانه ظرف قرار گرفتند. ظرف حاوی آب دیونیزه بود (رطوبت ۱۰۰ درصد و $2/337 \times 10^3$ فشار بخار برحسب پاسکال)، دهانه ظرف توسط پارافین درزبندی شد تا امکان ورود رطوبت به جز از سطح فیلم ممکن نباشد. ماده جاذب الرطوبه سیلیکاژل خارج از ظرف و در محیط بسته دسیکاتور قرار گرفت و دسیکاتور در داخل انکوباتور قرار گرفت (دمای 20° درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۱/۵ درصد و فشار بخار آب $28/044$ پاسکال)، آب تبخیر شده از فیلم عبور نموده و توسط سلیکاژل جذب می‌شود. بدین ترتیب وزن ظرف با گذشت زمان کاهش می‌یابد. وزن از دست رفتن سلول‌ها به مدت ۸ ساعت در فاصله زمانی یک ساعت توزین شد. نفوذپذیری به انتقال آب توسط فرمول زیر محاسبه می‌شود. برای هر نمونه آزمایش ۳ بار تکرار شد.

$$WVP = \frac{W \times X}{A \times T \times \Delta p} \quad (3)$$

که در این رابطه WVP انتقال بخار آب نانو فیلم برحسب X (ضخامت فیلم برحسب متر)، W (وزن از دست رفته سل برحسب گرم)، A (مساحت دهانه ظرف برحسب متر مربع)، T (زمان برحسب ثانیه) و Δp (تفاوت فشار بخار نسبی سلیکاژل و آب خالص که در این مطالعه $2337 \text{ Pa at } 25 \text{ C}$)

رنگ نانو فیلم‌ها:

برای ارزیابی رنگ فیلم‌ها با استفاده از دوربین (Nikon Coolpix) عکس گرفته شد و با فرمت JPEG ذخیره شد. توسط نرم افزار متلب قسمتهایی از تصویر به ابعاد ۵۰۰ در ۵۰۰ پیکسل از مرکز فیلم جداگردید. سپس تصویر از فضای رنگی RGB به L^* ، a^* و b^* تبدیل شد. آنگاه فاکتورهای L^* ، a^* ، b^* و ΔE که برای درک بهتر تغییر رنگ اختلاط پلی وینیل الکل و نانو اکسید روی که نشان دهنده تفاوت رنگ از مقیاس استاندارد است) تعیین شده اند. که مقادیر استاندارد $L^* = 94.63$ ، $a^* = -$ ، $b^* = 0.65$ و 0.88 است (Abdollahi et al., 2013).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (4)$$

تحلیل آماری:

جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن^{۱۱} در سطح ۵ درصد استفاده شد.

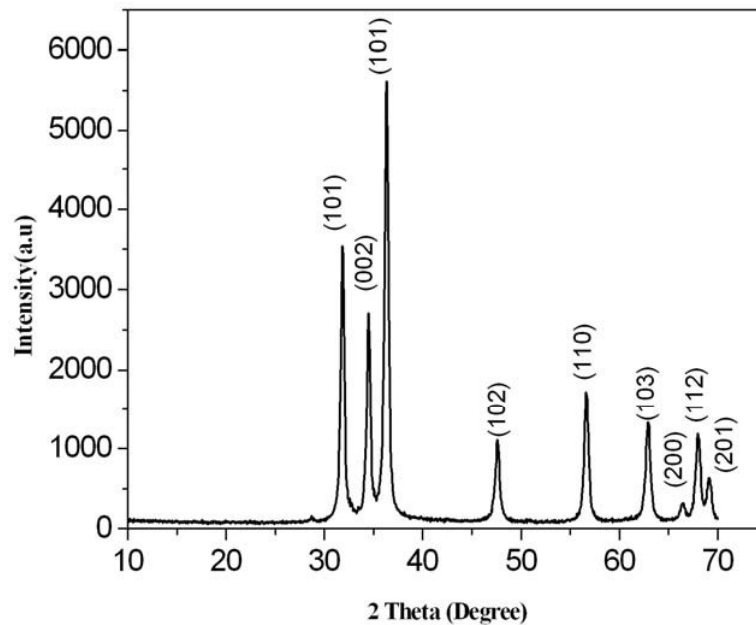
نتایج و بحث

¹¹Duncan



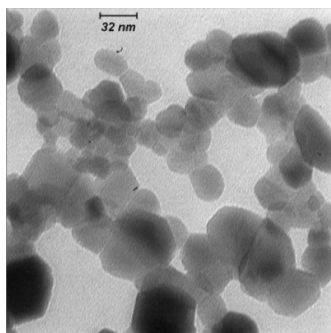
آزمایشات ساختاری نانو اکسید روی و نانو فیلم پلیمری

مجموعه ای از پیک های مشاهده شده در شکل ۲ مربوط به تشکیل ساختار شش گوشه وورتسیت اکسید روی است. که با استفاده از رابطه شرر(رابطه ۱) اندازه نانو بلورک در حدود ۳۶ نانومتر بدست آمد که با نتایج (Azam et al., 2010) هماهنگی دارد.



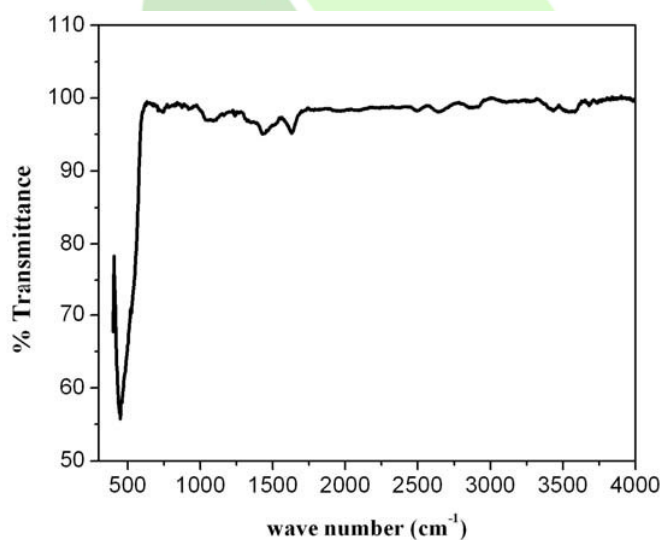
شکل ۲- الگوی پراش پرتو ایکس نانو اکسید روی تولید شده

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود نانو اکسید روی به شکل تقریباً کروی و اندازه ذرات در حدود ۳۲ نانومتر است. به دلیل سطح انرژی بالای نانو اکسید روی، ذرات به هم چسبیدند که نظیر چنین نتیجه ای توسط (Song et al., 2013) گزارش شده است



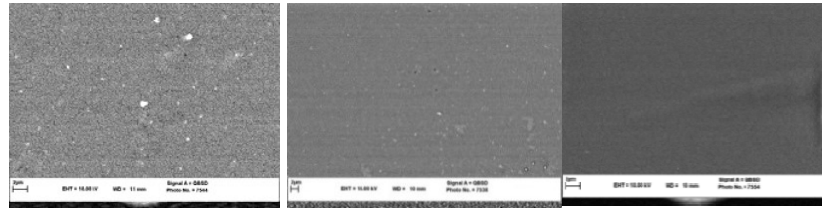
شکل ۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانو اکسید روی

نتیجه طیف سنجی مادون قرمز نانو اکسید روی در شکل ۴ نشان شده است. همانطور که مشاهده می شود جذب نسبتاً شدید در نواحی 1633 cm^{-1} را می توان به نوسانات کششی پیوند O-H مربوط به آب جذب شده بر روی سطح نمونه ها نسبت داد و جذب خیلی شدید در حدود 435 cm^{-1} مربوط به پیوند Zn-O است که مشابه نتایج (Gayen et al., 2008) است.



شکل ۴- الگوی طیف سنجی مادون قرمز نانو اکسید روی

در شکل ۵ تصویر تهیه شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی فیلم پلی وینیل الکل خالص و نانو کامپوزیت پلیمری با درصدهای ۳ و ۵ درصد نانو اکسید روی مشاهده می شود. همان گونه که از تصاویر مشخص می شود نانو اکسید روی به طور یکنواخت در بستر پلیمری قرار گرفته است ولی در غلظت ۵ درصد باعث اگلومره شدن نانو اکسید روی شد که به صورت لکه های سفید رنگ در تصویر قابل مشاهده است (Lee et al., 2006).



ج

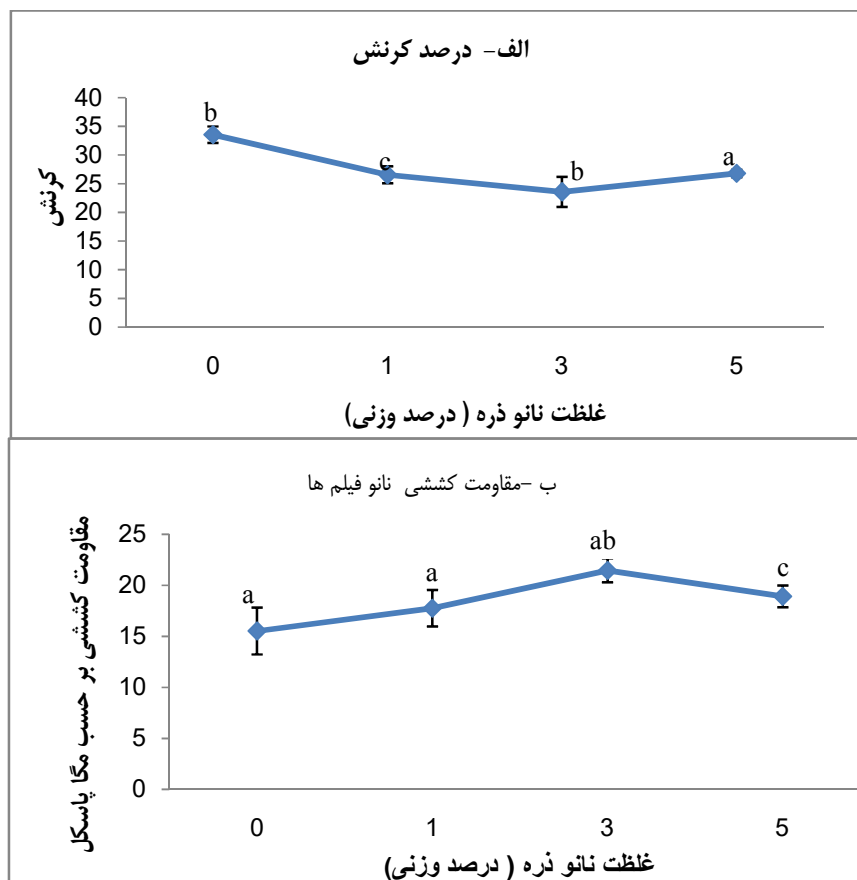
ب

الف

شکل ۵- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی پلی وینیل الکل خالص، (الف)، نانو کامپوزیت ۳ درصد اکسید روی، (ب) نانو کامپوزیت ۵ درصد اکسید روی، (ج) لکه های داخل تصویر ناشی از تجمع نانو ذرات است.

خواص مکانیکی نانو فیلم ها

خواص مکانیکی فیلم های شامل پلی وینیل الکل خالص و نانو کامپوزیت پلیمری با درصدهای مختلف نانو اکسید روی در شکل ۶ مشاهده می شود. در این نمودار پلی وینیل الکل خالص کمترین مقاومت کششی و بیشترین درصد کرنش را دارد. مقاومت کششی فیلم ها به شکل قابل ملاحظه ای با افزایش نانو اکسید روی از پلی وینیل الکل خالص تا ۳ درصد وزنی نانو اکسید رو به مقدار ۳۸ درصد افزایش یافت و پس از آن با افزایش غلظت نانو اکسید روی تا میزان ۵٪ با روند کاهشی تغییر نمود. افزایش مقاومت کششی تا غلظت ۳٪ می تواند ناشی از پراکنده شدن نانو ذرات به طور یکنواخت در بستر پلیمری باشد. کاهش میزان مقاومت کششی تا غلظت ۵٪ ممکن است ناشی از گلوله شدن نانو ذرات بوده است که نمای سطحی (شکل ۵) بیان شده از نانو کامپوزیت این نتایج را تایید می کند که این ساختار یکنواخت می تواند عامل بهبود خواص مکانیکی توسط نانو اکسید روی شود که (Li et al., 2009) به همین نتایج دست یافتند.



شکل ۶- درصد کرنش در لحظه گسیختگی پلی وینیل الکل و نانو کامپوزیت اکسید روی و پلی وینیل الکل (الف) و مقاومت کششی نانو فیلم‌ها (ب)

انتقال و نفوذ بخار آب

حساسیت به آب یکی از محدودیتهای است که کاربرد فیلم‌ها را محدود کرده است. نتیجه نفوذ انتقال بخار آب در جدول آمده است. با اضافه کردن نانو ذره در پلی وینیل الکل نفوذ انتقال بخار آب تا غلظت ۳ درصد کاهش یافت که نشان دهنده مقاومت نانو اکسید روی در انتقال بخار آب زیاد است به طوری که با اضافه کردن این نانو ذرات در ماتریس پلیمر یک مسیر پیچیده برای اکسیژن و گاز بوجود می‌آورند. در غلظت ۵ درصد به دلیل آگلومره شدن نانو ذرات که در تصاویر SEM شکل ۵ ج مشهود است به مقادیر نفوذ انتقال بخار افزوده شده

رنگ نانو فیلم‌ها:



ویژگی رنگ در بسته بندی مواد غذایی در پذیرش مشتری تاثیر دارد. مقدار L^* ، a^* ، b^* و ΔE در جدول ۱ مشاهده می شود. برای درک بهتر تغییر رنگ با توجه به ترکیب اکسید روی در پلی وینیل الکل از شاخص ΔE استفاده شد. مقدار L و ΔE با افزایش غلظت نانو اکسید روی، افزایش یافت ($P < 0/05$) با نتایج (Abdollahi et al., 2013) مطابقت دارد.

جدول ۱- ویژگی رنگ فیلم‌ها و نفوذ انتقال بخار فیلم‌ها

ΔE	b^*	a^*	L^*	انتقال بخار آب (g/ms) (Pa)	نوع فیلم
$46/37 \pm 2/37^d$	$24/74 \pm 2/37^a$	$-4/79 \pm 0/84^a$	$55/77 \pm 1/26^a$	$0/53 \pm 0/11^a$	پلی وینیل الکل
$36/60 \pm 1/66^c$	$21/24 \pm 0/09^b$	$-4/79 \pm 0/84^a$	$66/13 \pm 1/48^b$	$0/46 \pm 0/05^a$	پلی وینیل الکل/اکسید روی ۱٪
$27/56 \pm 0/46^b$	$20/75 \pm 0/91^b$	$-4/70 \pm 0/49^a$	$77/69 \pm 0/32^c$	$0/36 \pm 0/05^a$	پلی وینیل الکل/ اکسید روی ۳٪
$23/36 \pm 0/30^a$	$16/71 \pm 0/94^c$	$-6/14 \pm 0/14^a$	$79/74 \pm 1/47^c$	$0/50 \pm 0/11^a$	پلی وینیل الکل/ اکسید روی ۵٪

حروف متفاوت در هر ستون نشان از وجود تفاوت معنی دار در فیلم‌های متفاوت است

نتیجه گیری کل

در این تحقیق به منظور تهیه فیلم‌های نانو کامپوزیت حاوی پلی‌وینیل الکل و اکسید روی، اقدام به سنتز نانو ذرات اکسید روی با استفاده از روش سل-ژل شد. آزمون‌های پراش پرتو ایکس و میکروسکوپ الکترونی عبوری نشان دادند که نانو ذرات اکسید روی با ساختار مناسب تشکیل شدند. طیف سنجی مادون قرمز، وجود پیوند Zn-O را نشان داد. نمای سطحی نانو فیلم‌های تهیه شده نیز نشان داد که نانو اکسید روی در بستر پلیمری به طور یکنواخت قرار گرفت. علاوه بر این مشاهده شد که با افزودن نانو اکسید روی به بستر پلی وینیل الکل خواص مکانیکی کامپوزیت بهبود یافت و از میزان نفوذ انتقال بخار آب تا غلظت ۳ درصد کاهش یافت و با افزودن نانو ذرات مقدار L و ΔE افزایش یافت. استفاده از نانو فیلم‌های حاوی اکسید روی در بسته بندی مواد غذایی می تواند امید بخش باشد که در ادامه این پروژه در دست مطالعه است.

منابع

مداحی، پ.س.، شاه‌طهماسبی، ن.، کمپانی، ا.، مشرقی، م.، باقری محققى، م.م. و حسینی مشهد طوقی، آ.س.، ۱۳۸۹، مشخصه‌یابی نانو ذرات اکسید روی با ناخالصی منیزیم تهیه شده به روش سل-ژل: بررسی ویژگی ضد میکروبی. دهمین کنفرانس ماده چگال ایران.

Abodollahi, M., Alboofetileh, M., Behrooz, R., Rezaei. M. and Miraki. R. 2013. Reducing water sensitivity of alginate bio- nanocomposite film using cellulose nanoparticles. International Journal of Biological Macromolecules 54: 166-173.

Azamn, A., Ahmed, F., Arshi, N., Chaman, M. and Naqvi, A. H. 2010 Formation and characterization of ZnO nanopowder synthesized by sol-gel method. Journal of Alloys and Compounds 496: 399-402.

Arora, A. and Padua. G. W. 2010. Review: Nanocomposites in Food Packaging. Journal of Food Science 75: 43-49.

Gayen, R. N., Das. S. N., Dalui. s., Bhar. R. and Pal. A. K. 2008 Zinc magnesium oxide nanofibers on glass substrate by solution growth technique. Journal of Crystal Growth 310: 4073-40.

Khan, J. 2006 Nano big future - tiny technology promises big rewards. Some may already be in your close 209: 98-119.

Kompany, A., Madahi, P., Shahtahmasbi, N. and Mashreghi, M. 2012 Synthesis, characterization and antibacterial property of ZnO: Mg nanoparticles. AIP Conference proceeding American Institute of Physics, 555-558.

Li, J. H., Hong, R. Y., Li, M. Y., Li, H. Z., Zheng, Y. and Ding, J. 2009 Effects of ZnO nanoparticles on the mechanical and antibacterial properties of polyurethane coatings. Progress in Organic Coatings 64:504-509.

Livage, J., Henry, M. and Schez. C. 1988 Sol-Gel Chemistry of Transition Metal Oxides. Prog. Solid St. Ch

Lee, J., Easteal, A. J. and Metson, J. B. 2008 Properties of nano ZnO/ poly(vinyl alcohol)/ poly(ethylene oxide) composite thin films. *Current Applied Physics*8: 42-47.

em 18: 259-34.

Nair, M., Nirmala, M., Rekha, k. and Aukaliani, A. 2011 Structural, optical, photo catalytic and antibacterial activity of ZnO and co doped ZnO nanoparticles. Materials Letters 65: 1797-1800

Roy, A., Gupta, S., Sindhu, S., Parveen, A. and Ramamurthy, P. C. 2012 Dielectri properties of novel PVA/ ZnO hybrid nanocomposite films. *Journal of Composites*, Contents list available at Sci Verse Science Direct.

Samy EL- Shall, M., Graiver, D., Pernisz, U. and Baraton, M.I. 1995 Synthesis and characterization of nanoscale zinc oxide particles: laser vaporization/ condensation technique. *Nanostructured Materials* 6: 297-300.

Sing, P., Kumar, A. and Kaur, D., 2008, ZnO nano crystalline powder synthesized by ultrasonic mist-chemical vapour deposition. *Optical Materials*, 30:1316-1322.

Sorrentino, A., Gorrasi, G. and Vittoria, V 2007 Potential perspectives of bio nanocomposites for food packaging applications. Trends in food science & Technology 182:84-95.

Suchanek. Wojciechl L. 2009 Systematics study of hydrothermal crystallization of zinc oxide (ZnO) nano- sized powders with superior UV attenuation. Journal of Crystal Growth 312: 100-108.

Song, X., Li, R., Li, H., Hu, Z., Mustapha, Z. and Lin, M. 2013 Characterization and Quantification of zinc oxide and titanium dioxide nano-particles in foods. *Food Bioprocess Technol.* DOI 10.1007/s11947-013-1071-2.

Tharanathan, R. N. 2003 Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends Food Science & Technology* 14:71-78.

U. Ozgur, Ya .L. Alivov, C. Liu, A. Teke, M. A. Reshchiloy, S .Dogan, V. Avrutin, s. j. Cho and H. Morkoc A comprehensive review of ZnO materials and devices. Journal o f Applied Physics

Vaidya, U. R. and Bhattacharya, M. 1994 Properties of blends of starch and synthetic polymers containing anhydride groups. *Journal of Applied Polymer Science* 52: 617-628.

Vicentini. Denice S., Smania Jr. Arthur. and Laranjeira. C.M. 2010 Chitosan/ Poly (vinyl alcohol) films containing ZnO nanoparticles and plasticizers. Materials Science and Engineering 3: 503-508

Vigneshwaran, N., Kumar, S., Kathe, A.A., Varadarajan, P.V. and Prasad, V. 2006 Functional finishing of cotton fabrics using zinc oxide- soluble starch nano composites. Nanotechnology, 17: 5087-5095.

Zeng . L., Jiang. Y ., Ding. Y ., Povey. And York. D. 2007 Investigation into the antibacterial behavior of suspensions of ZnO nanoparticles (ZnO nano fluids). Journal of Nanoparticles Research 9: 479-489.

Effects of Synthesis ZnO nanoparticles by Sol-gel method to properties the physical and mechanical properties nano composite PVA for food packagin

In this study, ZnO nanoparicles were syntheized by Sol- gel method. The Structural analysis by XRD verified the formation of zinc oxide phase. TEM images showed that the nano particles are spherical shape and their average size is between 20 to 32nm. With using FTIR band Zn-O was establish. To prepare nanofilm ZnO nanoparticles were added at three concentration levels of 1,3 and 5%wt to the PVA matrix. SEM images of the film showed that the nanoparticles were well distributed in the polymer matrix PVA. The increase of ZnO concentration in PVA from one to three percents causes the increase of tensile strength by 38% and decrease of water vapor permeability by 32%. The values L and ΔE were increased with increase of nanoparticles consentration from 1 to 5%

Keywords: Sol-gel, Food packaging. Nano ZnO and Nano film