Archive of SID

مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۴۷، شماره۳ ،پاییز ۱۳۹۵ (ص ۴۰۳-۳۹۳)

خواص کیفی، حسی و میکروبی آب پرتقال تازه بسته‌بندی شده در فیلم‌های نانوکامپوزیتی پلی اتیلنی حاوی نانوذرات رس آلی و اصلاح شده و نانوذرات فلزی نقره، مس و اکسید روی

سید هادی پیغمبردوست[1*]، لیلا پورشریف[2]

۱. استاد ،گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه تبریز

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت : ۱۳۹۴/۲/۷ – تاریخ تصویب : ۱۳۹۴/۱۱/۲۶)

چکیده

هدف از این پژوهش، ارزیابی کارایی فیلم‌های پلی اتیلنی حاوی نانوذرات مختلف در ازدیاد عمر ماندگاری آب‌پرتقال تازه بود. آب پرتقال بسته بندی شده در این فیلم‌ها از نظر پایداری میکروبی، تغییرات اسید آسکوربیک، pH، شاخص‌های رنگ و ویژگی‌های حسی در روز تولید و پس از ۷، ۲۸ و ۵۶ روز نگهداری در دمای یخچال ارزیابی شدند. جمعیت کپک و مخمر، باکتری‌های اسیددوست و باکتری‌های مزوفیل هوازی در آب پرتقال بسته بندی شده در فیلم‌های نانوکامپوزیتی حاوی نانوذرات فلزی به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) کمتر از فیلم‌های حاوی نانورس و فیلم شاهد بود. فیلم‌های حاوی نانوذرات فلزی نسبت به سایر فیلم‌ها، قوی‌ترین اثر ضدمیکروبی را پس از ۲۸ روز نگهداری نشان دادند. بسته‌های حاوی نانو ذرات خاک رس اصلاح شده آلی کمترین مقدار کاهش اسیدآسکوربیک را نسبت به سایر فیلم‌ها داشتند. pH آبمیوه با گذشت زمان روند افزایشی داشت و در فیلم‌های حاوی نانو ذرات فلزی کمتر از فیلم‌های دیگر بود. شدت تغییرات کلی رنگ (ΔE) و اندیس قهوه‌ای شدن (BI) آب‌پرتقال در بسته‌های حاوی نانوذرات فلزی در مقایسه با بسته‌های حاوی نانو ذرات خاک رس اصلاح شده آلی و بسته شاهد افزایش معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) نشان داد. بالاترین و پایین ترین امتیاز حسی پذیرش کلی به ترتیب برای آب‌پرتقال موجود در بسته‌های حاوی نانوذرات فلزی و بسته‌های شاهد به دست آمد. مقدار مهاجرت یون‌های نقره، مس و روی از فیلم‌های حاوی نانوذرات فلزی کمتر از مقدار حد مجاز مسمومیت‌زایی طبق استانداردهای مربوطه به دست آمد.

واژه‌های کلیدی : آب پرتقال؛ فیلم نانوکامپوزیتی؛ ماندگاری؛ کیفیت؛ میکروبی؛ حسی

مقدمه

در سال‌های اخیر مصرف آب میوه و بالاخص آب‌پرتقال روند چشمگیری داشته است طوری‌که امروزه نیمی از کل آب‌میوه تولیدی دنیا به آب پرتقال اختصاص دارد (Bull *et al.*, 2004). افزایش مصرف آب‌پرتقال در جامعه تحقیقات وسیعی را برای یافتن راهی در تولید و بسته بندی بهینه و افزایش عمر ماندگاری آن ایجاب می‌کند. اگرچه روش‌های حرارتی معمول ضمن افزایش عمر ماندگاری آب پرتقال، اطمینان مصرف کننده را از سلامت آن برآورده می‌کند، اما در عین حال، سبب کاهش شاخص‌های کیفی و کمی آن نیز خواهند شد (Souza *et al.*, 2004). امروزه مصرف‌کنندگان خواهان غذاهای سالم، تازه و آماده هستند؛ لذا اکثر تولیدکنندگان به سمت غذاهایی با حداقل فرآوری متمایل شده‌اند. فناوری‌های غیرحرارتی جدید با کاهش بار میکروبی و حفظ ویژگی‌های حسی و تغذیه‌ای، روشی ایده‌آل در فرآوری آب پرتقال هستند. همواره استفاده از یک روش غیرحرارتی ارزان و در دسترس که بتواند ارزش غذایی آب‌میوه ها را حفظ کند، دغدغه دست‌اندرکاران صنعت آب‌میوه بوده است (Emamifar *et al.*, 2011a).

اکثر آب‌میوه‌های تازه در معرض واکنش‌های فسادزا مانند قهوه‌ای شدن و اکسید شدن قرار دارند. آب پرتقال در طی نگهداری دست‌خوش تغییرات نامطلوبی نظیر تغییرات رنگ، بو، طعم، کاهش مواد مغذی و افت کیفیت میکروبی می‌شود. لذا برای تضمین ماندگاری طولانی و کاهش اتلاف محصول، باید از بسته‌بندی مناسبی استفاده کرد تا بدون تغییر کیفیت ارگانولپتیک آبمیوه‌ها و با هزینه مناسب، ماده غذایی را از گزند عوامل مسبب فساد دور کند. ظهور فناوری نانو در بسته بندی مواد غذایی راه حل‌های کاربردی در ارتباط با افزایش طول عمر ماندگاری مواد غذایی پیش روی صنعت بسته بندی قرار داده است (Emamifar *et al.*, 2011b). این فناوری می‌تواند موجب بهبود بسته‌بندی مواد غذایی و قابلیت‌های آن شود و در نتیجه،

*نویسنده مسئول : peighambardout@tabrizu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

حصول اطمینان از ایمنی مواد غذایی را در پی داشته باشد (Wei *et al.*, 2011). به‌طور کلی، بسته‌بندی‌های فعال ویژگی‌هایی فراتر از خصوصیات ممانعت کنندگی دارند و با افزودن ترکیبات و اجزای سازنده فعال در سیستم بسته‌بندی حاصل می‌شوند. این نوع بسته بندی با تغییر ویژگی‌های بسته نسبت به تغییرهای درونی و بیرونی محیط بسته عکس‌العمل مناسب نشان داده و به این ترتیب، در حفظ کیفیت غذاهای تازه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Suppakul *et al.*, 2003). بسته‌بندی‌های فعال ضدمیکروبی تهیه شده از نانوکامپوزیت‌های فلزی، نسل جدیدی از بسته‌بندی‌ها با ساختار نانو هستند که از ترکیب مستقیم نانوذرات فلزی با پلیمر زمینه تولید می‌شوند (Chaudhry *et al.*, 2008).

از جمله نانو مواد مورد استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی می‌توان به نانوذرات آلی نظیر نانوذرات خاک رس و نانوذرات غیر آلی نظیر نانو ذرات فلزی و مواد غیرآلی بر پایه یون‌های فلزی اشاره کرد. نانوذرات رس می‌توانند نقش بازدارندگی میکروبی را به خوبی انجام دهند. علاوه بر بهبود ویژگی‌های حفاظتی در مقابل مایعات، گازها و بخارات، نانوکامپوزیت‌های پلیمری رس ویژگی‌هایی نظیر مقاومت فوق‌العاده مکانیکی و مدول‌های رئولوژیکی مطلوب را نیز دارا هستند (Hong & Rhim, 2012). مواد ضدباکتریایی غیرآلی مزایای زیادی نظیر پایداری شیمیایی، مقاومت حرارتی، سالم بودن برای مصرف‌کننده و دوره فعالیت طولانی را دارا هستند. مواد غیرآلی ضدباکتری، عموماً بر پایه یون‌های فلزی با ویژگی‌های ضدباکتریایی مثل Ag^{+} و Cu^{2+} استوار است که بر روی ماتریس سرامیک به وسیله تبادل یونی بارگذاری شده‌اند. خاک‌های رس، زئولیت‌ها و دیگر آلومینوسیلیکات‌ها به عنوان پایه با نتایج خوب مورد استفاده قرارگرفته‌اند (Magana *et al.*, 2008). نانوذرات فلزی همچون مس، نقره، روی، پالادیم یا تیتانیوم در غلظت‌های کمتر از حد مجاز اثر مضر بر روی سلول‌های یوکاریوت ندارند و می‌توانند انتخاب خوبی برای اقدامات ابداعی جدید در بسته‌بندی باشند (Loret *et al.*, 2012). این نانوذرات می‌توانند سبب بهبود ویژگی‌های مکانیکی، شیمیایی، حرارتی و میکروبی فیلم‌های بسته بندی شوند (Jozef & Morrison, 2006).

خاصیت ضدمیکروبی ترکیبات نقره، مس و اکسید روی شناخته شده و کاربردهای فراوانی در ضدعفونی کردن وسایل پزشکی و فرمولاسیون کرم‌ها، لوسیون‌ها و پمادهای آنتی باکتریال دارند (Gajjar *et al.*, 2009). مکانیسم ضدمیکروبی این نانوذرات هنوز دقیقا مشخص نیست. اما گزارش شده است که این مکانیسم ممکن است به صورت القای تنش اکسیداتیو به غشای سلول میکروبی به دلیل آزادسازی گونه‌های اکسیژن فعال یا آزادسازی یون از سطح ذره و اتصال به غشای سلول و انهدام آن باشد (Sawai & Yoshikawa, 2004; Feng *et al.*, 2000).

در مطالعه‌ای خواص ضدمیکروبی فیلم‌های پلیمری سنتتیک حاوی نقره و دی اکسید تیتانیوم در برابر طیف وسیعی از باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی نشان داده شد (Kubacka *et al.*, 2009). همچنین کاربرد فیلم‌های ضدمیکروبی حاوی نانوذرات فلزی نقره و اکسید روی در بسته‌بندی آب پرتقال بررسی شده و گزارش گردید که بسته‌های پلی اتیلن سبک حاوی نانوذرات نقره در مقایسه با اکسید روی و بسته‌های پلی اتیلنی خالص بر کاهش روند رشد کپک‌ها، مخمرها و باکتری‌ها به صورت معنی‌داری موثر بودند (Emamifar *et al.*, 2010,2011a, 2011b). این محققان همچنین ویژگی‌های مختلف آب پرتقال مانند مقدار اسیدآسکوربیک، شاخص قهوه‌ای شدن و تغییرات رنگ و ویژگی‌های حسی را در بسته‌های ضدمیکروبی حاوی نانوذرات نقره و اکسید روی بررسی کردند و نشان دادند که مقدار اتلاف اسیدآسکوربیک و تولید ترکیبات قهوه‌ای در بسته‌های نانوکامپوزیتی حاوی ۰/۲۵ درصد نانواکسیدروی نسبت به نانو نقره و پلی اتیلن خالص کاهش چشمیگری داشته است. هم‌چنین ویژگی‌های حسی مانند بو، طعم و پذیرش کلی آب پرتقال موجود در این بسته‌ها بعد از ۲۸ روز نگهداری بهتر از بقیه تیمارها بوده است. در مطالعه دیگری (Mohammadzadeh & Emamifar, 2013) اثر بسته بندی‌های نانوکامپوزیتی حاوی اکسید روی بر خصوصیات بیوشیمیایی توت فرنگی تازه در طول انبارداری بررسی شده و گزارش گردید که اسیدیته قابل تیتراسیون در توت فرنگی در مدت زمان ذخیره سازی کاهش یافت. همچنین مقدار اسید اسکوربیک توت فرنگی در طول ذخیره سازی با استفاده از نانو فیلم با درصدهای متفاوت نانو اکسید روی در مقایسه با فیلم پلی اتیلن خالص تغییر کم‌تری نشان داد. نتایج این محققان نشان دادکه بسته-بندی ضدمیکروبی بکار رفته عمر ماندگاری توت فرنگی تازه را بدون تأثیر منفی بر ویژگی‌های حسی آن در دمای یخچال تا ۱۶ روز افزایش داد. نانوذرات فلزی مورد استفاده فیلم‌های بسته بندی در مطالعات فوق (Emamifar *et al.*, 2010, 2011a, 2011b; Mohammadzadeh & Emamifar, 2013) نقره و اکسید روی بود و نتایج خوبی در زمینه افزایش عمر ماندگاری آب پرتقال با حفظ ویژگی‌های کیفی آن در بسته‌های فعال به دست آمد. وجه تفاوت پژوهش حاضر با گزارش‌های فوق استفاده از طیف مختلفی از نانوذرات فلزی (نقره، مس و اکسید روی) و نیز نانورس آلی اصلاح نشده (انواع کلویزیت[1]) و نانورس

1 .Cloisite

www.SID.ir

Archive of SID

اصلاح شده (با یون‌های مس و نقره) در ترکیب فیلم‌های بسته بندی فعال بر پایه پلی اتیلن با دانسیته پایین (LDPE) در بسته‌بندی آب پرتقال تازه است. در مطالعات منتشر شده پیشین نیز خواص فیزیکی، مکانیکی، ریزساختاری و ضدمیکروبی فیلم‌های نانوکامپوزیتی بر پایه پلی اتیلن تولید شده حاوی انواع نانوذرات فلزی و نانورس به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته و نیز کاربرد آن‌ها در برخی از مواد غذایی گزارش شده است (Samadpour Hendvari *et al*. 2014; Fasihnia *et al*. 2015; Peighambardoust *et al*. 2014, 2015, 2016; Beigmohammadi *et al*. 2015, 2016). هدف این تحقیق ارزیابی خواص فیلم‌های نانوکامپوزیتی حاوی نانوذرات فلزی (نقره، مس و اکسید روی) و نانورس آلی اصلاح نشده و اصلاح شده بر ویژگی‌های کیفی و عمر نگهداری آب پرتقال تازه بود.

مواد و روش‌ها

تهیه فیلم‌های بسته بندی

همان طور که قبلا نیز ذکر شد در مطالعات پیشین فیلم‌های نانوکامپوزیتی حاوی نانوذرات فلزی نقره، مس و اکسید روی (Peighambardoust *et al*. 2014, 2015)، نانوذرات خاک رس آلی (Fasihnia *et al*. 2015)، نانوذرات خاک رس آلی اصلاح شده با نقره (Samadpour Hendvari *et al*. 2014) و مس (Peighambardoust *et al*. 2016) تهیه و خواص فیزیکی (ریزساختار، نفوذپذیری به گازها و بخارآب)، مکانیکی و ضدمیکروبی این فیلم‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه مجموعه‌ای از مؤثرترین فرمولاسیون فیلم‌های نانوکامپوزیتی تحقیقات فوق الذکر که بهترین‌خواص مورد مطالعه را ارائه داده بودند، مطابق جدول ۱ انتخاب و برای بسته بندی آب پرتقال مورد استفاده قرار گرفتند. آب پرتقال در فیلم‌های فوق بسته بندی شده و در زمان‌های ۱، ۷، ۲۸ و ۵۶ روز (مطابق روش Emamifar *et al*., 2011a) مورد ارزیابی فیزیکی‌شیمیایی، حسی و میکروبی قرار گرفت. به‌جز آزمون‌های میکروبی و آزمون اندازه‌گیری مقدار ویتامین ث که در دو تکرار انجام شد، بقیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام شدند.

تهیه آب پرتقال

پرتقال واریته شهسواری تهیه و پس از پوست‌گیری، توسط دستگاه آب پرتقال‌گیر دستی آب‌گیری شد. آب پرتقال به دست آمده پس از صاف کردن با فیلترهایی با مش ۱ میلی‌متر بلافاصله به یک ظرف شیشه‌ای استریل منتقل شد. ابتدا هر یک از فیلم‌های نانوکامپوزیتی و فیلم شاهد به ابعاد ۱۵×۱۵ سانتی متر به صورت کیسه دولایه با دوخت حرارتی از قسمت تحتانی و لبه‌های کناری تهیه شدند. پس از ضدعفونی نمودن داخل کیسه‌های دولایه با الکل اتیلیک ۹۶ درصد و نیز اعمال فرآیند حرارتی ۹۵ درجه سلسیوس به‌مدت دو دقیقه و خنک‌کردن بعدی آنها، بسته‌ها با ۲۰۰ میلی‌لیتر آب پرتقال تازه پرشده و دوخت حرارتی دهانه آن‌ها انجام گرفته و سپس در یخچال قرار گرفتند. آزمون‌های میکروبی، اندازه گیری ویتامین ث و pH در روزهای ۱ (بلافاصله بعد از بسته بندی)، ۷، ۲۸ و ۵۶، آزمون‌های حسی و مهاجرت یون‌های فلزی پس از ۲۸روز نگهداری و فراسنجه‌های رنگی و شاخص قهوه‌ای شدن آب پرتقال پس از ۵۶ روز نگهداری انجام شدند.

اندازه‌گیری

H: pH آب پرتقال بسته بندی شده در روزهای مختلف نگهداری به وسیله دستگاه pH متر پس از کالیبره شدن با محلول بافر ۷ و۴، اندازه‌گیری شد (Emamifar *et al*., 2010).

اندازه‌گیری ویتامین ث

مقدار اسید آسکوربیک آب پرتقال بسته بندی شده در فیلم‌های مختلف در زمان‌های مختلف نگهداری به روش تیتراسیون ردوکس با استفاده از محلول یدات انجام شد (Emamifar *et al*., 2010).

اندازه‌گیری رنگ

بررسی کمی رنگ آب پرتقال بسته بندی شده در فیلم‌های مورد بررسی بعد از ۲۸ روز نگهداری، با روش تصویربرداری دیجیتال انجام شد. به این ترتیب که ابتدا عکس رنگی از نمونه آب پرتقال در شرایط نور مناسب توضیح داده شده توسط Yam & Papadakis (2004) با استفاده از دوربین عکاسی دیجیتال با رزولوشن بالا (Canon, Japan 5 MPxl) گرفته شده و به‌صورت فایل Tiff به رایانه منتقل گردید. سپس با استفاده از نرم افزار فتوشاپ (Adobe Photoshop ME, 2010) شاخص‌های اصلی رنگ: L (روشنی/تیرگی)، a (سرخی/سبزی) و b (زردی/آبی) از روی هر عکس دیجیتال تعیین و در نهایت شاخص تغییرات کل رنگ (ΔE) با رابطه زیر محاسبه شد (Emamifar *et al*., 2011a):

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]} \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

که در رابطه فوق، ΔE شاخص کل تفاوت رنگ نمونه ها بوده که از روی شاخص‌های ذیل محاسبه گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. فرمولاسیون ساخت فیلم‌های نانوکامپوزیتی حاوی ترکیبات مختلف نانورس و نانوذرات فلزی*

کد فیلم	LDPE	سازگار ردهنده مالئیک آنیدرید	نانوذرات نقره	نانوذرات اکسید مس	نانوذرات اکسید روی	Cloisite 15A	Cloisite 20A	Cloisite 30B	Cloisite 30B اصلاح شده با نقره	Cloisite 30B اصلاح شده با مس
A	٪ ۹۹	۰	٪ ۰/۳۳	٪ ۰/۳۳	٪ ۰/۳۴	۰	۰	۰	۰	۰
B	٪ ۹۹	۰	۰	٪ ۰/۶۷	٪ ۰/۳۳	۰	۰	۰	۰	۰
C	٪ ۸۸	٪ ۶	۰	۰	۰	٪ ۱	٪ ۴	٪ ۱	۰	۰
D	٪ ۸۸	٪ ۶	۰	۰	۰	٪ ۳	۰	٪ ۳	۰	۰
E	٪ ۹۲	٪ ۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	٪ ۲/۶۶۷	٪ ۱/۳۳۳
S	٪ ۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

* فرمولاسیون، روش تولید و خواص فیزیکی و مکانیکی و ضد باکتریایی فیلم‌های فوق در مطالعات قبلی منتشر شده است (Peighambardoust *et al*. 2015، Fasihnia *et al*. 2015، Samadpour Hendvari *et al*. 2014 و Peighambardoust *et al*. 2015).

$$\Delta L = L_{sample} - L_{control}$$
$$a = a_{sample} - a_{control}$$
$$\Delta b = b_{sample} - b_{control}$$

(رابطه ۲)

شاخص قهوه‌ای شدن (BI[1]) که معرف خلوص رنگ قهوه‌ای است (Palou *et al*., 1999) از رابطه زیر محاسبه گردید (Jiyang, 2013).

$$BI = \frac{100\ (X - 0.31)}{0.172}$$

(رابطه۳)

که در رابطه فوق شاخص X از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$X = \frac{a + 1.75\ L}{5.645\ L\ +\ a\ -\ 3.012\ b}$$

(رابطه۴)

آزمون‌های میکروبی

برای تهیه رقت‌های لازم، ۱ میلی‌لیتر آب پرتقال به داخل لوله آزمایش اول (لوله‌ها حاوی ۹ میلی‌لیتر آب پپتونه استریل بودند) ریخته شد، تا رقت 10^{-1} تهیه گردد. سپس ۱ میلی‌لیتر از آن به لوله حاوی ۹ میلی‌لیتر آب پپتونه استریل اضافه شد تا محلول 10^{-2} تهیه شود و بدین ترتیب رقت‌های بعدی به دست آمدند. در هر بار برای اختلاط کامل، لوله‌ها به طور کامل همزده و یکنواخت شدند. برای شمارش کپک‌ها و مخمرها از روش کشت سطحی و محیط کشت مخمرگلوکز کلرامفنیکل آگار استفاده شد. ابتدا محیط کشت میکروبی در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس به‌مدت ۱۵ دقیقه استریل شده و pH آن با استفاده از اسید تارتاریک ۱۰٪ (وزنی/حجمی) روی ۳/۵ تنظیم شد. حدود ۱۰ میلی‌لیتر محیط کشت فوق (پس از خنک شدن تا دمای ۴۵ تا ۶۰ درجه سلسیوس) به پتری دیش‌ها اضافه شد. پس از جامد شدن محیط کشت، ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول میکروبی به سطح محیط کشت زیر هود استریل و در کنار شعله منتقل و پخش شد. پس از خشک شدن سطح پتری‌ها، به صورت وارونه به مدت ۵-۳ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس انکوبه شدند. برای شمارش باکتری‌های اسیددوست از محیط کشت اورنج سرم آگار[2] و روش کشت آمیخته استفاده شد. به این ترتیب که ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول میکروبی به روش فوق به پلیت‌های استریل منتقل شد. به هر پلیت حدود ۲۰-۱۵ میلی‌لیتر محیط کشت استریل و خنک شده منتقل و به مدت ۵ تا ۱۰ ثانیه با حرکات دورانی به‌صورت عدد 8 انگلیسی به خوبی مخلوط شد. سپس پلیت‌ها را وارونه کرده و محیط کشت اورنج سرم آگار به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۰ درجه گرمخانه‌گذاری شد. برای شمارش تعداد کل میکروارگانیسم‌های مزوفیل هوازی از محیط کشت پلیت کانت آگار و نیز روش کشت آمیخته استفاده شد. محیط کشت پلیت کانت آگار به مدت ۴۸-۱۸ ساعت در دمای ۳۵ درجه گرمخانه‌گذاری شد. در انتها برای شمارش هر گروه از میکروارگانیسم‌ها (کپک و مخمر و باکتری‌ها) پلیت‌هایی که دارای ۳۰ تا ۳۰۰ کلنی بودند، انتخاب و پس از شمارش کلنی‌ها، نتایج به صورت متوسط لگاریتم تعداد کلنی در هر میلی‌لیتر log (cfu/ml) گزارش شد.

آزمون حسی

ارزیابی حسی توسط ۱۰ نفر ارزیاب آموزش‌دیده با روش هدونیک ۵ نقطه‌ای انجام شد (Costa *et al*., 2012). پس از باز کردن بسته‌ها پس از ۲۸ روز نگهداری، آب پرتقال درون لیوان‌های پلاستیکی شفاف به ارزیاب‌ها ارائه شد. ویژگی‌های حسی رنگ، بو، طعم و پذیرش کلی با استفاده از درجه بندی کیفی ۵ امتیازی (امتیاز ۵: خیلی خوب؛ امتیاز ۴:خوب؛ امتیاز ۳: متوسط، امتیاز ۲: بد و امتیاز ۱: خیلی بد) ارزیابی شد. جهت

1 .BI: Browning Index

2 .Orange Serum Agar

www.SID.ir

Archive of SID

تغییر ذائقه ارزیاب‌ها در بین نمونه‌ها از آب استفاده گردید.

اندازه‌گیری مهاجرت یون‌های فلزی از فیلم بسته بندی به مشابه ماده غذایی

برای اندازه‌گیری مقدار مهاجرت یون‌های نقره، مس و روی از مشابه ماده غذایی استفاده شد. با توجه به مشابه مواد غذایی (سیمولانت) مختلف (۸۵/۵۷۲/EEC) و پروتکل مصوب آزمون مهاجرت کمیسیون اقتصادی اروپا (۸۲/۷۱۱/EEC)، از اسیداستیک ۳٪ به عنوان مشابه مواد غذایی اسیدی و شرایط آزمون ۴۰°C به مدت ۱۰ روز استفاده شد. به این ترتیب که فیلم‌های نانوکامپوزیتی در اندازه‌های ۱۵×۱۵ سانتی‌متر بریده شدند. سپس هر یک از بسته‌ها با ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول مشابه ماده غذایی پر شده و درز بندی آن‌ها با استفاده از دستگاه دوخت حرارتی انجام گرفت. نمونه‌های آماده شده به مدت ۱۰ روز در دمای ۴۰°C گرمخانه‌گذاری شدند. پس از این مدت، مقدار مهاجرت نانوذرات از ماده بسته‌بندی به مشابه ماده غذایی توسط دستگاه اسپکترومتر جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی (مدل NOVAA 400) تعیین گردید.

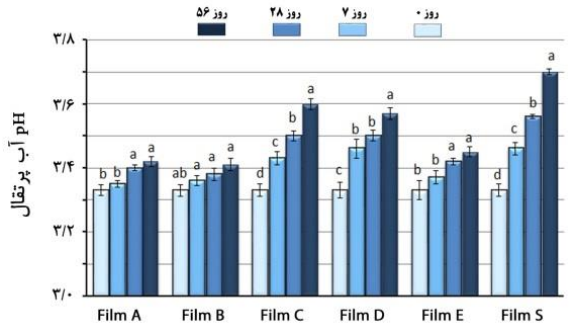
آنالیز آماری

از آنالیز واریانس یک طرفه جهت بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر حاصل از هر شاخص در زمان‌های ۱، ۷ ، ۲۸ و ۵۶ روز استفاده شد. جهت بررسی اثر متقابل تیمار و زمان، رویه GLM[1] با نرم افزار SPSS ۱۹ به کار رفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۵٪ انجام پذیرفت. به منظور تجزیه و تحلیل مقادیر کمی، شرط نرمال بودن قبل از آزمون آنالیز واریانس با آزمون کولموگروف- اسمیرنوف[2] بررسی شد. برای مقایسه داده‌های ارزیابی حسی از روش آماری کروسکال-والیس[3] استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر نوع بسته‌بندی و زمان نگهداری بر pH آب پرتقال

تغییرات pH آب پرتقال بسته بندی شده در فیلم‌های مورد آزمون در زمان‌های مختلف نگهداری در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌گونه که دراین شکل ملاحظه می‌شود، در تیمار شاهد (آب پرتقال بسته‌بندی شده در فیلم S، پلی اتیلن خالص) به ازاء زمان نگهدای، pH آب پرتقال با گذشت زمان به‌طور معنی داری ($p<0.05$) افزایش یافت. روند مشابه اما نه با این شدت، در فیلم‌های C و D (فیلم‌های حاوی نانورس کلویزیت) مشاهده شد. اما در آب پرتقال بسته‌بندی شده در فیلم‌های نانوکامپوزیتی حاوی نانوذرات فلزی (بخصوص در فیلم‌های A و B و تا حدودی در فیلم E) pH آب پرتقال در زمان نگهداری افزایش نیافت یا روند افزایش آن نسبت به فیلم شاهد آهسته‌تر بود. احتمالاً دلیل افزایش pH در فیلم‌های شاهد و انواع حاوی نانورس کلویزیت رشد میکروارگانیسم‌های مزوفیل هوازی و تخریب ویتامین ث در زمان نگهداری است. مغایرت این نتایج با نمونه‌های A و B و E احتمالا به دلیل حضور نانوذرات فلزی نقره و اکسید مس و خاصیت ضدمیکروبی این فیلم‌ها است که رشد میکروارگانیسم‌ها را محدود می‌کند. همچنین نانوذرات خاک رس نسبت به انواع فلزی به دلیل ایجاد مسیر پر پیچ و خم، ممانعت بیشتری برای نفوذ اکسیژن به داخل بسته ایجاد کرده و باعث کاهش اکسیداسیون و تخریب اسید آسکوربیک در طول زمان نگهداری می‌شوند. در فیلم شاهد نیز روند کاهشی اسید آسکوربیک نسبت به سایر فیلم‌ها کمتر بود ولی با این حال نسبت به روز تولید مقدار اسید آسکوربیک در طی زمان نگهداری به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت.



شکل ۱. تأثیر بسته‌بندی و زمان نگهداری بر pH آب پرتقال. بازه‌های خطا معرف انحراف معیار استاندارد و حروف لاتین یکسان برای هر تیمار نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) است.

اثر نوع بسته‌بندی بر میزان اسید آسکوربیک

اثر بسته‌بندی ضدمیکروبی و زمان انبارداری بر مقدار اسیدآسکوربیک آب پرتقال در جدول ۲ آمده است. طبق این جدول، نتایج حاصل از تغییرات میزان اسید آسکوربیک در آب پرتقال همه بسته‌ها بیانگر کاهش میزان اسید آسکوربیک با افزایش زمان نگهداری است. این موضوع ممکن است به دلیل جلوگیری نکردن بسته‌ها از عبور اکسیژن و همچنین طول زمان نگهداری باشد. فلرز با مطالعه اثر بسته‌های پلی اتیلنی بر ماندگاری آب پرتقال گزارش نمود که کاهش اسید آسکوربیک

1. General Linear Model
2.Kolmogorov- Smirnov
3 .Kruskal-Wallis

www.SID.ir

Archive of SID

آب پرتقال به دلیل واکنش‌های اکسیداسیون در طول مدت نگهداری بوده است (Fellers, 1998). بر اساس نتایج حاصل از جدول ۲، در مقادیر اسید آسکوربیک آب پرتقال موجود در بسته‌های حاوی نانوذرات فلزی (فیلم‌های A و B) و نیز فیلم‌های حاوی مخلوط خاک رس اصلاح شده با یون‌های فلزی مس و نقره (فیلم E) بیشترین میزان کاهش مشاهده شد.

دلیل این امر احتمالاً مربوط به اثر پروکسیدانی ذرات فلزی است که در این فیلم‌ها باعث کاهش بیشتر اسید آسکوربیک نسبت به بقیه فیلم‌ها گردیده است. در بسته‌های حاوی انواع نانوذرات خاک رس کلویزیت (فیلم‌های C و D)، سرعت کاهش اسید آسکوربیک نسبت به سایر بسته‌ها کمتر بوده و تقریبا همانند فیلم شاهد بود، که نشان‌دهنده قدرت اکسیدکنندگی کمتر نانوذرات خاک رس کلویزیت در مقایسه با نانوذرات فلزی است.

جدول ۲. اثر نوع بسته‌بندی و زمان نگهداری بر مقدار اسید آسکوربیک

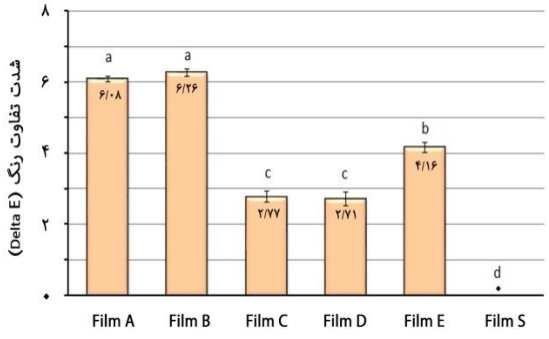
	روزهای نگهداری	نوع فیلم بسته‌بندی					
		A	B	C	D	E	S
اسید آسکوربیک (mg/100g)		فیلم‌های حاوی نانوذرات فلزی		فیلم‌های حاوی کلویزیت		فیلم حاوی رس اصلاح شده با یون‌های فلزی	فیلم شاهد (پلی اتیلن خالص)
	۱	۰/۵۸^{a} ± ۹۸/۰۰	۰/۵۸^{a} ± ۹۸/۰۰	۰/۵۸^{a} ± ۹۸/۰۰	۰/۵۸^{a} ± ۹۸/۰۰	۰/۵۸^{a} ± ۹۸/۰۰	۰/۵۸^{a} ± ۹۸/۰۰
	۷	۰/۱۵^{b} ± ۵۱/۵۱	۰/۳۸^{b} ± ۵۰/۸۱	۰/۳۵^{b} ± ۵۸/۱۲	۰/۵۵^{b} ± ۶۲/۰۸	۰/۹۸^{b} ± ۵۱/۵۱	۰/۵۶^{b} ± ۷۰/۸۰
	۲۸	۰/۴۲^{b} ± ۵۰/۸۱	۰/۴۶^{b} ± ۴۹/۲۲	۰/۴۶^{b} ± ۵۷/۸۵	۰/۲۶^{b} ± ۶۰/۲۳	۰/۶۶^{b} ± ۵۱/۳۸	۰/۸۹^{b} ± ۶۱/۹۷
	۵۶	۰/۳۸^{c} ± ۴۳/۵۹	۰/۲۹^{c} ± ۴۲/۶۲	۰/۸۹^{c} ± ۵۱/۴۸	۰/۵۸^{c} ± ۵۱/۷۵	۰/۵۸^{c} ± ۴۷/۸۴	۰/۵۵^{c} ± ۵۳/۹۱

اعداد جدول میانگین دو تکرار ± انحراف معیار هستند. حروف لاتین یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) است.

این نتایج مشابه یافته‌های (Emamifar *et al.*, 2010; 2011a) است که گزارش کردند روند کاهش اسیدآسکوربیک در آب پرتقال بسته بندی شده در فیلم‌های پلی اتیلنی حاوی درصد بالای نانوذرات نقره (۵٪) نسبت به درصدهای پایین نانوذرات و آن هم نسبت به نمونه شاهد (پلی اتیلن خالص) بیشتر بوده است. همچنین در این مطالعه اثر تخریب کنندگی نانوذرات نقره در مقایسه با اکسید روی بر مقدار اسیدآسکوربیک بیشتر گزارش شده است. در مطالعه ما نیز فیلم‌های حاوی نانوذرات فلزی (نقره، مس و اکسید روی) در مقایسه با نانورس آلی (انواع کلویزیت) بیشتر باعث تخریب اسید آسکوربیک شده‌اند.

اثر نوع بسته‌بندی بر شدت رنگ و شاخص قهوه‌ای شدن آب پرتقال

اثر نوع بسته بندی بر تغییرات شدت رنگ و شاخص قهوه‌ای شدن آب پرتقال به‌ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. معیار شدت تفاوت رنگ (ΔE)، که از روی شاخص‌های اصلی رنگ محاسبه می‌شود، مقایسه نسبی تغییرات رنگ هر نمونه نسبت به نمونه شاهد است که روابط محاسبه آن در بخش مواد و روش‌ها بیان گردید. همان‌گونه که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، آب پرتقال بسته بندی شده در فیلم‌های A و B تفاوت شدت رنگ بیشتری نسبت به نمونه شاهد داشتند، که این امر نشان دهنده افزایش تغییر رنگ آب پرتقال بسته بندی شده در این فیلم‌ها نسبت به سایر تیمارها است. دلیل این امر احتمالاً مربوط به حضور نانو ذرات فلزی نقره، مس و اکسید روی در این فیلم‌ها است که منجر به بروز واکنش‌های تغییر رنگ در آب پرتقال گردیده است. یکی از این واکنش‌ها، اکسیداسیون رنگدانه‌های کارتنوئیدی است که احتمالاً در حضور کاتالیزورهای فلزی آزاد شده از این فیلم‌ها تشدید می‌گردد. اما در مورد آب پرتقال بسته بندی شده در فیلم‌های C و D که در ترکیب آنها از نانورس آلی اصلاح نشده (کلویزیت) استفاده شده، تفاوت شدت رنگ کمتری نسبت به فیلم‌های A و B مشاهده شد.



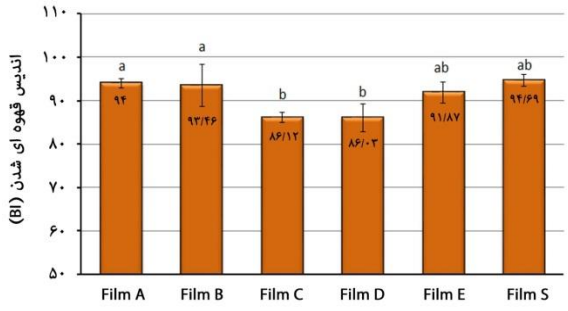
شکل ۲. تأثیر نوع فیلم بسته‌بندی برشدت تفاوت رنگ آب پرتقال بعد از ۲۸ روز نگهداری. بازه‌های خطا معرف انحراف معیار استاندارد و حروف لاتین یکسان برای هر تیمار نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) است.

www.SID.ir

Archive of SID

در مورد فیلم E که در ترکیب آن نانورس آلی اصلاح شده با یون‌های نقره و مس وجود دارد تفاوت شدت رنگ آب پرتقال نسبت به فیلم‌های A و B کمتر اما نسبت به فیلم C و D بیشتر بود. مقدار اسید آسکوربیک و شاخص قهوه‌ای شدن دو عامل کیفی مهم در سنجش کیفیت آب پرتقال هستند (Emamifar *et al*., 2010). هم‌راستا با تغییرات مقدار اسید آسکوربیک (جدول ۲)، شدت رنگ آب پرتقال نیز در بسته‌های حاوی نانوذرات فلزی در مقایسه با فیلم‌های حاوی نانو رس آلی افزایش نشان داد. Emamifar *et al*. (2011a) نیز کاهش همزمان اسید آسکوربیک و افزایش شاخص قهوه‌ای شدن آب پرتقال بسته بندی شده در فیلم‌های نانوکامپوزیتی حاوی ۵ ٪ نقره را گزارش کردند؛ اما درعین حال نشان دادند که فیلم‌های نانوکامپوزیتی حاوی نانوذرات اکسید روی در مقایسه با نانو ذرات نقره اثر کمتری در کاهش اسیدآسکوربیک و افزایش شاخص قهوه‌ای شدن آب پرتقال دارند.

همانطور که در شکل ۳ ملاحظه می‌شود، آب پرتقال بسته بندی شده در فیلم‌های فاقد نانوذرات فلزی (C و D) شاخص قهوه‌ای شدن کمتری نسبت به بقیه تیمارها دارند. اما در خصوص فیلم‌های حاوی نانوذرات فلزی (A، B و E) و نیز فیلم شاهد شاخص قهوه‌ای شدن بیشتری مشاهده گردید. احتمالاً حضور نانوذرات فلزی در فیلم‌های مزبور باعث بروز واکنش‌های قهوه‌ای شدن گردیده و در مورد فیلم شاهد نیز نفوذ پذیری این فیلم به اکسیژن می تواند دلیلی برای رخ دادن چنین واکنش-هایی گردد که این امر در فیلم‌های نانوکامپوزیتی دارای نانورس کلویزیت که نفوذپذیری کمتری نسبت به گازها دارند، دیده نمی‌شود. به‌طور کلی، در نتایج جدول ۲ و شکل‌های ۲ و ۳ هماهنگی مناسبی میان کاهش میزان اسید آسکوربیک با افزایش شدت تغییر رنگ و شاخص قهوه‌ای شدن آب پرتقال موجود در کلیه بسته‌ها مشاهده می‌شود. نتایج مشابهی در مطالعه امامی فر و همکاران (Emamifar *et al*., 2010, 2011a) گزارش گردید که تغییرات رنگ و شاخص قهوه‌ای شدن آب پرتقال بسته بندی شده در فیلم‌های حاوی نانو ذرات نقره بیشتر از اکسید روی و آن هم بیشتر از فیلم شاهد (پلی اتیلن خالص) گزارش گردید. طبق یافته‌های این محققان، یکی از دلایل تغییر رنگ در آب پرتقال بسته‌بندی شده در بسته‌های حاوی نانوذرات نسبت به بسته پلی‌اتیلنی خالص را می‌توان به حضور ترکیبات اکسید کننده کاروتنوئیدها از جمله پراکسید هیدروژن و سایرگونه‌های فعال اکسیژن در محیط نسبت داد که این نتیجه با گزارش Haugaard et al. (2002) مطابقت دارد.



شکل ۳. تأثیر نوع فیلم بسته‌بندی بر شاخص قهوه‌ای شدن آب پرتقال بعد از ۲۸ روز نگهداری. بازه‌های خطا معرف انحراف معیار استاندارد و حروف لاتین یکسان برای هر تیمار نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) است.

اثر نوع بسته‌بندی و زمان نگهداری بر تعداد میکروارگانیسم‌ها

کیفیت میکروبی آب پرتقال تازه با شمارش کلی کپک و مخمر و شمارش باکتری‌های اسیددوست و کل باکتری‌های مزوفیل هوازی (شمارش کلی باکتری‌ها) بررسی شد. متوسط لگاریتم تعداد کلنی در میلی‌لیتر (log cfu/ml) کپک و مخمر و باکتری‌های اسیددوست و باکتری‌های مزوفیل هوازی بلافاصله پس از بسته‌بندی به ترتیب ۴/۷۹، ۴/۶۹ و ۴/۸۵ شمارش شد. اثر بسته‌بندی‌های ضدمیکروبی بر رشد این سه گروه از میکروارگانیسم‌ها در مقایسه با بسته‌های پلی‌اتیلنی خالص در جدول ۳ آمده است. نتایج حاصل از شمارش کپک‌ها و مخمرها درآب پرتقال موجود در بسته پلی اتیلن خالص (فیلم S) پس از ۷ روز بیانگر افزایش تعداد کپک‌ها و مخمرها بود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که کپک‌ها و مخمرها در مقایسه با باکتری‌ها با محیط آب پرتقال و شرایط نگهداری سرد، سازگارتر بودند. این نتیجه با مطالعات Emamifar *et a*l. (2010, 2011a) و Sadler *et al*. (1992) منطبق بود. تعداد کل میکروارگانیسم‌ها در آب پرتقال تمامی بسته‌های نانوکامپوزیتی پس از ۷ روز کاهش یافته و این کاهش در فیلم‌های حاوی نانوذرات فلزی از نظر آماری معنی‌دارتر (p<۰/۰۵) بود. در آب پرتقال موجود در بسته‌های پلی‌اتیلنی خالص، پس از ۲۸ روز انبارداری، متوسط لگاریتم تعداد کلنی در میلی لیتر (log cfu/ml) برای کل کپک‌ها و مخمرها، باکتری‌های اسیددوست و باکتری‌های مزوفیل هوازی به ترتیب به ۶/۱۵، ۵/۱۳ و ۵/۳۱ رسید. در آب پرتقال‌های بسته‌بندی شده در تمامی تیمارها، متوسط تعداد کپک‌ها و مخمرها، باکتری‌های اسیددوست و باکتری‌های مزوفیل هوازی پس از ۲۸ روز به کمتر از متوسط لگاریتم تعداد کلنی درمیلی لیتر برابر ۶ (حد مجاز جمعیت میکروبی آب پرتقال تازه در شرایط یخچال طبق گزارش Raccach & Mellatdoust (2007)) رسید، اما پس از ۵۶ روز نگهداری در مورد کپک‌ها و مخمرها در کلیه بسته‌ها تعداد از حد مجاز اشاره شده افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

یافت؛ در حالی‌که در مورد باکتری‌های اسیددوست تیمار شاهد (پلی‌اتیلن خالص) و در مورد باکتری‌های مزوفیل هوازی تمیار شاهد و بسته‌های پلی‌اتیلنی حاوی نانوذرات خاک رس اصلاح شده غیرآلی (تیمار E)، پس از ۵۶ روز نگهداری جمعیت میکروبی بیشتر از حد مجاز اشاره شده بود. در سایر مطالعات، طول عمر نگهداری آب پرتقال تازه را در شرایط یخچال تا ۱۴ روز بیان کرده‌اند (Zanoni *et al*., 2005).

به‌طورکلی، در بسته بندی پلی اتیلن خالص به‌ازای کلیه روزهای نگهداری پس از تولید بر تعداد جمعیت کپک و مخمر، باکتری‌های اسیددوست و مزوفیل هوازی به‌طور معنی داری ($p<0.05$) اضافه شد. آب پرتقال موجود در بسته‌های پلی‌اتیلن حاوی نانوذرات فلزی، کمترین رشد میکروبی را پس از ۲۸ روز انبارداری نسبت به سایر بسته‌ها به خود اختصاص دادند. اما نگهداری به مدت ۵۶ روز دوباره بر جمعیت کل میکروارگانیسم‌های مورد مطالعه در این تحقیق حتی در بسته‌های ضدمیکروبی فوق افزود. این نتایج مطابق با یافته‌های Emamifar et al. (2010, 2011a) بود که کاهش جمعیت کپک و مخمر و باکتری های هوازی مزوفیل را در آب پرتقال بسته بندی شده در فیلم‌های پلی اتیلنی حاوی درصد بالای نانوذرات نقره (۵٪) نسبت به درصدهای پایین نانوذرات و نسبت به نمونه شاهد (پلی اتیلن خالص) را گزارش کردند. همچنین این محققان خاصیت ضدمیکروبی و به‌ویژه ضدقارچی نانوذرات نقره را بیشتر از اکسیدروی گزارش کردند. Sawai & Yoshikawa (2004) نیز با بررسی اثر ضد میکروبی اکسید روی، اکسید مس و اکسید منیزیم گزارش کردند که این سه اکسید فلزی قدرت ضدمیکروبی خوبی در برابر طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها دارند. Fernández *etal*. (2009) گزارش کردند که کیسه های جاذب حاوی نانوذرات نقره در بسته بندی گوشت مرغ توانست رشد میکروب‌ها را تا ۴۰ درصد کاهش دهد. Kim et al. (2007) دلیل اثر ضدمیکروبی نانوذرات فلزی را تولید رادیکال آزاد در محیط میکروب‌ها که باعث آسیب دیدن غشاء سلول شده و باعث انهدام آنها می‌گردد، گزارش کردند. Kubackaet al. (2009) نیز با به‌کارگیری فیلم‌هایی از جنس اتیلن وینیل الکل حاوی نانوکامپوزیت نقره- دی اکسید تیتانیم نشان دادند که این فیلم‌ها قدرت ضدمیکروبی بالایی در برابر طیف وسیعی ازکپک‌ها، مخمرها و باکتری‌ها دارند.

نتایج ارزیابی حسی

نتایج اثر نوع فیلم بسته بندی بر ویژگی‌های حسی رنگ، بو، طعم و پذیرش کلی آب پرتقال در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود آب پرتقال بسته‌بندی شده در فیلم‌های A و B (حاوی نانوذرات فلزی) نسبت به فیلم‌های C و D (حاوی نانورس غیرفلزی) و آن‌هم نسبت به فیلم E (حاوی نانورس اصلاح شده با یون‌های فلزی) و در مجموع نسبت به فیلم شاهد (پلی اتیلن خالص) امتیاز حسی بالاتری برای ویژگی بو کسب کردند. این یافته با تغییرات قدرت ضدمیکروبی این بسته‌ها در شدت رشد میکروبی هماهنگی دارد. به‌طوری‌که فیلم‌های حاوی نانوذرات فلزی تقریباً با کمترین بار میکروبی، بهترین فیلم از نظر حفظ بوی آب پرتقال، از طرف ارزیاب‌ها انتخاب شد. این نتایج منطبق بر گزارش Parish (1998) است که عنوان کرده ویژگی حسی بو در آب پرتقال به میزان زیادی تحت تأثیر رشد میکروبی و در نتیجه، تولید متابولیت‌های حاصل از تخمیر میکروبی قرار دارد.

در مورد ویژگی رنگ آب پرتقال، ارزیاب‌ها تفاوت چندانی بین بسته‌های مختلف قائل نشدند، هرچند آب پرتقال بسته بندی شده در فیلم پلی اتیلن خالص (شاهد) امتیاز نسبتاً کمتری برای ویژگی رنگ نسبت به بقیه تیمارها کسب کرد. در مورد طعم آب پرتقال بسته‌بندی شده در فیلم‌های حاوی نانوذرات فلزی (A، B و E) امتیاز بالاتری نسبت به بقیه تیمارها کسب کردند. همچنین در مورد ویژگی پذیرش کلی، آب پرتقال موجود در بسته‌های حاوی نانوذرات فلزی بالاترین امتیاز را به خود اختصاص دادند. پس از فیلم‌های حاوی نانوذرات فلزی، ارزیاب‌ها فیلم حاوی نانو رس اصلاح شده با یونهای مس و نقره (فیلم E) را دارای قابلیت پذیرش بیشتری تشخیص دادند. به غیر از ویژگی رنگ، تقریباً در تمام صفات مورد بررسی، آب پرتقال بسته بندی شده در فیلم شاهد (پلی اتیلن خالص) پایین‌ترین امتیازهای حسی را کسب کرد. در مطالعه Emamifar *et al*. (2010, 2011a) بالاترین امتیاز پذیرش کلی آزمون ارزیابی حسی به آب پرتقال بسته‌بندی شده در فیلم‌های ضد میکروبی حاوی درصد پایین نانوذرات اکسید روی اختصاص یافت و بعد از آن فیلم‌های حاوی نانوذرات نقره امتیاز بیشتری کسب کردند. در مطالعه این محققان، آب پرتقال بسته‌بندی شده در فیلم پلی اتیلن خالص کمترین امتیاز حسی پذیرش کلی را به خود اختصاص داد، که هم‌راستا با یافته‌های پژوهش حاضر است.

میزان مهاجرت یون‌های نقره، مس و روی

نتایج بررسی میزان مهاجرت یون‌های نقره، روی و مس از بسته‌های نانوکامپوزیتی به مشابه ماده غذایی در جدول ۴ آمده است. به دلیل آن‌که سایر فیلم‌های بسته بندی غیر از A، B و E فاقد نانو ذرات فلزی بودند در این مطالعه لحاظ نشده‌اند. حداکثر تا غلظت ۵۰ ppb در ماده غذایی بلامانع است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. اثر بسته‌بندی و زمان نگهداری بر شمارش کپک و مخمرها، باکتری‌های اسیددوست و باکتری‌های مزوفیل هوازی در آب پرتقال تازه

	روزهای نگهداری	نوع بسته‌بندی					
		A	B	C	D	E	S
		فیلم‌های حاوی نانوذرات فلزی		فیلم‌های حاوی کلویزیت		فیلم حاوی رس اصلاح شده با یون‌های فلزی	فیلم شاهد (پلی اتیلن خالص)
کپک و مخمر (log cfu/ml)	۱	۰/۰۵۵^{a} ± ۴/۷۹	۰/۰۵۵^{a} ± ۴/۷۹	۰/۰۵۵^{a} ± ۴/۷۹	۰/۰۵۵^{a} ± ۴/۷۹	۰/۰۵۵^{a} ± ۴/۷۹	۰/۰۵۵^{a} ± ۴/۷۹
	۷	۰/۰۲۹^{a} ± ۴/۵۰	۰/۰۵۶^{a} ± ۴/۴۴	۰/۱۲۱^{ab} ± ۴/۵۸	۰/۰۵۰^{b} ± ۴/۷۰	۰/۰۵۸^{a} ± ۴/۵۰	۰/۰۲۱^{c} ± ۴/۸۶
	۲۸	۰/۰۰۷^{a} ± ۵/۲۴	۰/۰۰۷^{a} ± ۵/۲۱	۰/۰۱۷^{b} ± ۵/۴۰	۰/۰۳۶^{c} ± ۶/۰۴	۰/۰۳۴^{a} ± ۵/۲۵	۰/۰۴۱^{d} ± ۶/۱۵
	۵۶	۰/۰۲۲^{ab} ± ۶/۰۶	۰/۰۲۳^{a} ± ۶/۰۳	۰/۰۴۰^{c} ± ۶/۲۲	۰/۰۴۴^{d} ± ۶/۳۳	۰/۰۲۵^{b} ± ۶/۱۳	۰/۰۵۲^{d} ± ۶/۳۶
باکتری‌های اسیددوست (log cfu/ml)	۱	۰/۰۱۲^{a} ± ۴/۶۹	۰/۰۱۲^{a} ± ۴/۶۹	۰/۰۱۲^{a} ± ۴/۶۹	۰/۰۱۲^{a} ± ۴/۶۹	۰/۰۱۲^{a} ± ۴/۶۹	۰/۰۱۲^{a} ± ۴/۶۹
	۷	۰/۰۷۳^{a} ± ۴/۴۷	۰/۰۲۹^{ab} ± ۴/۵۰	۰/۰۴۰^{ab} ± ۴/۵۸	۰/۰۶۳^{b} ± ۴/۵۹	۰/۰۰۰^{b} ± ۴/۶۰	۰/۰۳۸^{b} ± ۴/۶۱
	۲۸	۰/۰۱۰^{a} ± ۴/۸۱	۰/۰۳۸^{a} ± ۴/۸۱	۰/۰۶۹^{a} ± ۴/۸۳	۰/۰۴۶^{ab} ± ۴/۸۷	۰/۰۳۷^{b} ± ۴/۹۵	۰/۰۵۳^{c} ± ۵/۱۳
	۵۶	۰/۰۲۶^{a} ± ۴/۹۸	۰/۰۱۵^{a} ± ۵/۰۰	۰/۰۳۳^{ab} ± ۵/۰۴	۰/۰۳۲^{b} ± ۵/۱۰	۰/۰۴۲^{c} ± ۵/۲۹	۰/۰۲۲^{d} ± ۶/۳۲
باکتری‌های مزوفیل هوازی (log cfu/ml)	۱	۰/۰۲۱^{a} ± ۴/۸۵	۰/۰۲۱^{a} ± ۴/۸۵	۰/۰۲۱^{a} ± ۴/۸۵	۰/۰۲۱^{a} ± ۴/۸۵	۰/۰۲۱^{a} ± ۴/۸۵	۰/۰۲۱^{a} ± ۴/۸۵
	۷	۰/۱۰۹^{a} ± ۴/۲۲	۰/۰۷۶^{b} ± ۴/۵۶	۰/۰۳۹^{bc} ± ۴/۶۷	۰/۰۴۵^{bc} ± ۴/۶۷	۰/۰۱۴^{bc} ± ۴/۶۳	۰/۰۲۹^{c} ± ۴/۷۲
	۲۸	۰/۰۱۷^{a} ± ۴/۵۶	۰/۰۶۵^{b} ± ۴/۸۴	۰/۰۱۸^{c} ± ۵/۱۷	۰/۱۱۸^{c} ± ۵/۰۹	۰/۰۰۴^{b} ± ۴/۸۴	۰/۰۱۹^{c} ± ۵/۳۱
	۵۶	۰/۰۴۵^{a} ± ۵/۶۷	۰/۰۱۸^{a} ± ۵/۷۰	۰/۰۲۰^{bc} ± ۶/۲۵	۰/۱۰۴^{b} ± ۶/۰۶	۰/۰۱۲^{a} ± ۵/۷۱	۰/۰۱۹^{c} ± ۶/۴۱

* اعداد جدول میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار می‌باشد، حروف کوچک یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح (p<۰/۰۵) است.

جدول ۴. بررسی مهاجرت یون‌های نقره و روی و مس از بسته‌بندی به مشابه ماده غذایی

نوع فیلم	ترکیبات فیلم	غلظت		
		یون نقره (ppb)	یون مس (ppm)	یون روی (ppm)
A	حاوی نانو ذرات نقره، اکسید مس و اکسید روی	۴۵	۶/۱	۱/۵۶۵
B	حاوی نانو ذرات اکسید مس و اکسید روی	۰	۸/۷	۱/۴۳۲
E	حاوی نانو رس اصلاح شده با نقره و اکسید مس	۳۳	۴/۸	۰

مقایسه با سایر بسته‌ها بود. مقدار مهاجرت یون‌های فلزی از فیلم‌های حاوی نانوذرات فلزی به مشابه غذایی در مقادیر کمتر از حد مجاز مسمومیت‌زایی قرار داشت. همانطور که در جدول فوق ملاحظه می‌شود مقادیر یون نقره مهاجرت کرده به داخل مشابه غذایی در مورد فیلم A، ۴۵ و در مورد فیلم E، ۳۳ ppb است.

طبق استانداردهای ایالات متحده آمریکا حضور مستقیم یون نقره در مورد یون مس نیز مقادیر مهاجرت اندازه گیری شده برای فیلم‌های مورد مطالعه، زیر غلظت ۱۰ ppm (حد مجاز مسمومیت زایی) است.

طبق استانداردهای فوق حضور یون مس تا حد ۱۰ ppm در ماده غذایی مجاز و ایمن شناخته شده است. لذا نتایج جدول فوق مقدار مهاجرت یون‌های نقره و مس در فیلم‌های مورد مطالعه را در محدوده ایمن نشان می‌دهند. یون روی نیز جزو ترکیبات GRAS محسوب می‌شود و حضور آن تا حد ۲۵ ppm در ماده غذایی مجاز است که با توجه به ایمن بودن آن در کاربردهای غذایی، برای مصرف کننده مخاطره انگیز تلقی نمی‌شود.

نتیجه‌گیری نهایی

با بررسی کلی یافته‌ها می‌توان گفت که بسته‌بندی آب پرتقال در فیلم‌های ضدمیکروبی فعال پلی اتیلنی در افزایش عمر ماندگاری آب پرتقال تازه تأثیر به‌سزایی داشته است. این بسته‌ها نسبت به فیلم پلی اتیلنی خالص توانستند در طول زمان نگهداری آب پرتقال از رشد کپک و مخمر، باکتری‌های هوازی مزوفیل و باکتری‌های اسیددوست جلوگیری کنند. در این رابطه، فیلم‌های نانوکامپوزیتی حاوی نانوذرات فلزی از نظر خاصیت ضدقارچی و ضدمیکروبی بهتر از فیلم‌های نانوکامپوزیتی حاوی نانوذرات خاک‌رس‌اصلاح شده عمل کردند. کمترین کاهش مقدار اسید آسکوربیک و نیز کمترین تغییرات رنگ و قهوه‌ای شدن، در آب پرتقال بسته بندی شده در فیلم‌های حاوی نانورس کلویزیت مشاهده شد. میانگین امتیازات حسی نیز بیانگر دریافت بالاترین امتیاز حسی برای آب‌پرتقال موجود در بسته‌های حاوی نانوذرات فلزی در مقایسه با سایر بسته‌ها بود. مقدار مهاجرت یون‌های فلزی از فیلم‌های حاوی نانوذرات فلزی به مشابه غذایی در مقادیر کمتر از حد مجاز مسمومیت‌زایی قرار داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

REFRENCES

Beigmohammadi F., Peighambardoust S.H., Hesari J., Azadmard-Damirchi S., Peighambardoust S.J. (2015). Soy burger packaging in nanocomposite films based on LDPE incorporating nanometals. *Innovative Food Science and Technologies*, Article In Press. [In Persian].

Beigmohammadi F., Peighambardoust S.H., Hesari J., Azadmard-Damirchi S., Peighambardoust S.J., Karimian Khosrowshahi N. (2016). Antibacterial properties of LDPE nanocomposite films in packaging of UF cheese. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 106-111.

Bull M.K., Zerdin K., Goicoechea D., Paramanandhan P., Stockman R., Sellahewa J., Szabo E.A., Johnson R.L., Stewart CM. (2004). The effect of high pressure processing on the microbial, physical and chemical properties of Valencia and Navel orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 135–149.

Chaudhry Q., Scotte M., Blackburn J., Ross B., Boxall A., Castle L., Aitken R., Watkins R. (2008). Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. *Food Additives and Contaminants: Part-A*, 25(3), 241–258.

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

Emamifar A., Kadivar M., Shahedi M., Soleimanian-Zad S. (2010). Evaluation of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on shelf life of fresh orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11(4), 742–748.

Emamifar A., Kadivar M., Shahedi M., Soleimanianzadeh S., (2011a). Effects of nanocomposite packaging containing silver and zinc oxide on the shelf-life of fresh orange juice. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technologies* 6(1), 57-67. [In Persian].

Emamifar A., Kadivar M., Shahedi M., Soleimanian-Zad S., (2011b). Effect of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on inactivation of Lactobacillus plantarum in orange juice. *Food Control*, 22(3), 408-413.

Fasihnia S.H., Peighambardoust S.H., Peighambardoust S.J. (2015). Investigating different properties of anti-microbial nanocomposite packaging films containing organically modified nanoclays. *Iran Biosystem Engeering*, 46(1), 77-84. [In Persian].

Fellers P.J. (1998). Shelf life and quality of freshly squeezed, unpasteurized, polyethylene-bottled citrus juice. *Journal of Food Science*, 53, 1699-1702.

Feng Q.L., Wu J., Chen G.Q., Cui F.Z., Kim T.N., Kim J.O. (2000). A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Journal of Biomedical Materials Research*, 52, 662-668.

Fernández A., Soriano E., López-Carballo G., Picouet P., Loret E., Gavara R. (2009). Preservation of aseptic conditions in absorbent pads by using silver nanotechnology. *Food Research International*, 42, 1105-1112.

Gajjar P., Pettee B., Britt D.W., Huang W., Johnson W., Anderson A.J. (2009). Antimicrobial activities of commercial nanoparticles against an environmental soil microbe, *Pseudomonas putida* KT2440. *Journal of Biological Engineering*, 3(9), 1183-1188.

Haugaard V.K., Weber C.J., Danielsen B., Bertelsen G., (2002). Quality changes in orange juice packed in materials based on polylactate. *European Food Research Technology*, 214, 423–428.

Hong S., Rhim J.W. (2012). Preparation and properties of melt-intercalated linear low density polyethylene/clay nanocomposite films prepared by blow extrusion. *LWT - Food Science and Technology*, 48, 43-51.

Jiyang, T. (2013). Effct of alginate coating on physicochmeicaland sensory qualities of button mushroom (*Agaricus bisporus*) under a high oxygen modified atmosphere. *Postharvest Biology and Technology*, 76, 91-97.

Jozef T., Morrison M. (2006). Nanotechnology in agriculture and food. A nanoforum report. Available from: www.nanoforum.org, *Institute of Nanotechnology*, p 1-13.

Kim J.S., Kuk E., Yu K., Kim J.H., Park S.J., Lee S.J. (2007). Antimicrobial effects of silver nanoparticles. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 3, 95–101.

Kubacka A., Cerrada M.L., Serrano C., Fernández-García M., Ferre M., Fernández-García M, (2009). Plasmonic nanoparticle/polymer nanocomposites with enhanced photocatalytic antimicrobial properties. *The Journal of Physical Chemistry*, 113, 9182–9190.

Loret E., Picouet P., Fernández A. (2012). Matrix effects on the antimicrobial capacity of silver based nanocomposite absorbing materials. *LWT-Food Science and Technology*, 49, 333-338.

Magana S.M., Quintana P., Aguilar D.H., Toledo J.A., Angeles-Chavez Cortes M.A., Leon L., Freile-Pelegrin, Lopez T., Torres Sanchez R.M. (2008). Antibacterial activity of montmorillonites modified with silver. *Journal of Molecular Catalysis*, 281, 192-199.

Mohammadzadeh M. and Emamifar A. (2013). Evaluating the effect of ZnO nanocomposite packaging on biochemical properties of fresh strawberry during storage. 1st Symposium on Nanotechnology: Advantages and Applications. Hamedan, Hegmataneh Environment Evaluators Society, http://www.civilica.com/Paper-NANOO01-NANOO01_180.html.

www.SID.ir

Archive of SID

Parish M.E. (1998). Orange juice quality after treatment by thermal pasteurization or isostatic high pressure. *LWT-Food Science and Technology*, 31, 439–442.

Palou E., Lopez-Malo A., Barbosa-Canovas G.V., Welti-Chanes J., Swanson G.B. (1999). Polyphenoloxidase activity and colour of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. *Journal of Food Science*, 64, 42–45.

Peighambardoust S.J., Peighambardoust S.H., Dehghani S., Samadpour Hendvari S., Fasihnia S.H., (2014). Production of antimicrobial nanocomposite films for food packaging. *Iranian Patent*, 83198-29, June 2014.

Peighambardoust S.H., Dehghani S., Peighambardoust S.J. (2015). Production and investigating the physical, mechanical and anti-microbial characteristics of LDPE nano-composite packaging films incorporating Ag, ZnO and Cuo nanoparticles. *Iran Biosystem Engeering*, Article In Press. [In Persian].

Peighambardoust S.H., Samadpour Hendvari S., Peighambardoust S.J. (2016). Active low density polyethylene (LDPE) packaging films incorporating nanoclays modified with copper nanoparticles: production and investigating their different properties. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technologies*. Article In Press. [In Persian].

Raccach M.M., Mellatdoust M. (2007). The effect of temperature on microbial growth in orange juice. *Journal of Food Processing*, 31, 129-42.

Sadler G.D., Parish M.E., Wicker L. (1992). Microbial, enzymatic and chemical challenges during storage of fresh and processed orange juice. *Journal of Food Science*, 57, 1187-1192.

Samadpour Hendvari S., Peighambardoust S.H., Peighambardoust S.J. (2014). Investigating physical, mechanical and anti-bacterial properties of active LDPE films incorporating nano-clays modified with nano-silver particles. *Innovative Food Science and Technologies*, 5, 27-37. [In Persian].

Sawai J, Yoshikawa T. (2004). Quantitative evaluation of antifungal activity of metallic oxide powders (MgO, CaO and ZnO) by an indirect conductimetric assay. *Journal of Applied Microbiology*, 96, 803–809.

Souza M.C.C., Benassi M.T., Meneghel R.F.A., Silva R.S.S.F. (2004). Stability of unpasteurized and refrigerated orange juice. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47, 391-397.

Suppakul P, Miltz J, Sonneveld K, Bigger SW. (2003). Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications. *Journal of Food Science*, 68(2), 408-420.

Wei H., YanJun Y., NingTao L., LiBing W. (2011). Application and safety assessment for nano-composite materials in food packaging. *Chinese Science Bulletin*, 56(12), 1216-1225.

Yam K.L., Papadakis S.E. (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing
color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*, 61, 137-142.

Zanoni A., Pagliarini E., Galli A., Laureati M. (2005). Shelf life prediction of fresh blood orange juice. *Journal of Food Engineering*, 70, 512-517.

www.SID.ir