مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال ششم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۰، صفحات ۶۷-۵۷

ارزیابی اثر بسته‌بندی‌های نانوکامپوزیتی حاوی نقره و اکسید روی بر عمر نگهداری آب پرتقال تازه

آریو امامی فر[۱]، مهدی کدیور[۲]، محمد شاهدی[۳]، صبیحه سلیمانیان زاد[۲]

۱- نویسنده مسئول: دانش‌آموخته دکتری صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان پست الکترونیکی: emamip@ag.iut.ac.ir
۲- دانشیار گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳- استاد گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۳ تاریخ پذیرش: ۸۹/۸/۱

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به افزایش گرایش مصرف عمومی به آب‌میوه‌های تازه و با کیفیت از نظر ویژگی‌های تغذیه ای، فیزیکی‌شیمیایی و حسی که کمترین فرایند بر آن‌ها اعمال شده باشد و از طرفی کوتاه بودن عمر انبارداری این محصولات در یخچال به دلیل رشد سریع میکروارگانیسم‌ها، هدف این تحقیق، به کارگیری بسته‌های پلیمری حاوی نانو ذرات نقره و اکسید روی در نگهداری آب پرتقال طبیعی تازه به عنوان روشی جدید، برای حفظ حداکثر مواد مغذی، تازگی و کاهش بار میکروبی آن بود.

مواد و روش‌ها: فیلم‌های نانوکامپوزیتی‌های حاوی نقره و اکسید روی به روش مخلوط سازی مذاب در دستگاه اکسترودر تهیه شدند. بسته‌های مخصوص آب پرتقال با استفاده از این فیلم‌ها با آب پرتقال تازه پر و در دمای ۴°C نگهداری شدند. پایداری میکروبی، میزان اسید آسکوربیک، شاخص قهوه‌ای شدن، کیفیت رنگ و ویژگی‌های حسی آب پرتقال بسته‌بندی شده در لحظه صفر و پس از ۷، ۲۸ و ۵۶ روز از انبارداری ارزیابی شد.

یافته‌ها: سرعت رشد میکروبی در آب پرتقال تازه، با استفاده از بسته‌های نانوکامپوزیتی حاوی نقره و اکسید روی تا ۲۸ روز پس از انبارمانی به صورت معنی‌داری ($p< ۰/۰۵$) کاهش یافت. میزان نابودی آسکوربیک اسید و تولید ترکیبات قهوه‌ای در بسته‌های نانوکامپوزیتی حاوی ۰/۲۵ درصد نانو اکسید روی نیز کاهش معنی‌داری نشان داد ($p< ۰/۰۵$). علاوه بر این، برخی ویژگی‌های حسی شامل بو، مزه و پذیرش کلی برای آب پرتقال موجود در آن بسته‌ها پس از ۲۸ روز بیشترین امتیاز را دریافت کردند. بسته‌های نانوکامپوزیتیِ حاوی نقره نیز با وجودکاهش برخی ویژگی‌های حسی آب پرتقال، طول عمر آب پرتقال تا ۲۸ روز افزایش دادند.

نتیجه‌گیری: به کارگیری بسته‌های حاوی۰/۲۵ درصد نانو اکسید روی، می‌تواند طول عمر آب پرتقال تازه را بدون تأثیر منفی بر ویژگی‌های حسی در دمای ۴ °C تا ۲۸ روز افزایش دهد.

واژگان کلیدی: آب پرتقال، نانوکامپوزیت، نانوسیلور، نانو اکسید روی

• مقدمه

آب پرتقال با تولید سالانه ۶۳ میلیون تن تقریباً نیمی از کل تولید آب‌میوه جهان است (۱). افزایش مصرف آب پرتقال در جامعه تحقیقات وسیعی را برای یافتن راهی در تولید بهینه و افزایش طول عمر ماندگاری این محصول پر مصرف ایجاب می‌کند. جمعیت میکروبی اولیه آب پرتقال، بسته به شرایط تولید و ویژگی‌های آب‌میوه از $۱۰^{۳}$ تا $۱۰^{۶}$ کلنی در هر میلی‌لیتر متغیر است که عامل مهمی در طول عمر ماندگاری آن به حساب می‌آید. به طوری که آب پرتقال تازه و طبیعی حتی در شرایط نگهداری در یخچال نیز به دلیل رشد سریع جمعیت میکروبی اولیه طول عمر کوتاهی دارد. امروزه، درخواست مصرف‌کنندگان برای مصرف آب پرتقال با کیفیت بالا، طعم طبیعی، بافت مطلوب و دارای حداقل مواد افزودنی وکمترین فرایند حرارتی رو به افزایش است.

اگرچه روش‌های حرارتی معمول ضمن افزایش عمر ماندگاری آب پرتقال، اطمینان مصرف کننده را از سلامت آن برآورده می‌نمایند، اما در عین حال، سبب کاهش

Archive of SID
www.SID.ir

شاخص‌های کیفی و کمی آن نیز خواهند شد (۲، ۱). فناوری‌های غیر حرارتی جدید نیز با کاهش بار میکروبی و حفظ ویژگی‌های حسی و تغذیه ای، روشی ایده‌ال در فرایند آب پرتقال هستند، که البته به تجهیزات و دستگاه‌های پیچیده و گران نیاز دارد. مصرف زیاد انرژی فسیلی و بحران امروزه انرژی در جهان از محدودیت‌های این روش‌هاست. همواره استفاده از یک روش غیر حرارتی ارزان و در دسترس که بتواند ارزش غذایی آب میوه‌ها را حفظ کند، دغدغه دست اندرکاران صنعت آب‌میوه است (۳). ظهور فناوری نانو در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی، راه حل‌هایی کاربردی در ارتباط با افزایش طول عمر ماندگاری مواد غذایی پیش روی بشر قرار داده است. در حقیقت، آنچه سبب ظهور این فناوری شده است، نسبت بالای سطح به حجم در ذرات با ابعاد نانومتر است. این نسبت با شعاع نانو ذرات کروی رابطه مستقیمی دارد. با کاهش ابعاد ذرات در حد نانومتر، قدرت فعالیت سطحی مواد افزایش چشمگیری می‌یابد و نسبت واکنش دادن مواد با محیط اطراف به دلیل ازدیاد سایت‌های فعال سطحی بیشتر می‌شود. (۶-۴). به طور کلی، بسته‌بندی‌های فعال ویژگی‌های فراتر از خصوصیات ممانعت‌کنندگی دارند و با افزودن ترکیبات و اجزای سازنده فعال در سیستم بسته‌بندی حاصل می‌شوند. این نوع بسته‌بندی با تغییر خصوصیات بسته نسبت به تغییرات درونی و بیرونی محیط بسته عکس العمل مناسب نشان می‌دهد و به این ترتیب، در حفظ تازگی غذاهای تازه اهمیت ویژه‌ای دارد (۷). بسته‌بندی‌های فعالِ ضد میکروبِ ساخته شده از نانو کامپوزیت‌های فلزی، نسل جدیدی از بسته‌بندی‌ها با ساختار نانو هستند که از ترکیب مستقیم نانو ذرات فلزی با پلیمر زمینه تولید می‌شوند (۵).

خاصیت ضد میکروبی ترکیبات نقره و اکسید روی از گذشته بسیار دور شناخته شده و کاربردهای فراوانی در ضدعفونی کردن وسایل پزشکی، تصفیه آب و بهبود زخم ها، کرم‌ها، لوسیون‌ها و پمادهای ضدباکتری دارند (۸). مکانیسم ضد میکروبی نانوذرات فلزی حاصل از این فلزات هنوز دقیقاً مشخص نیست. بر اساس مطالعات محققان، این مکانیسم ممکن است به صورت القای تنش اکسیداتیو به غشای سلول میکروبی به دلیل آزاد سازی گونه‌های اکسیژن فعال(ROS) یا آزاد سازی یون از سطح ذره و اتصال به غشای سلول و انهدام آن باشد (۱۰، ۹). هدف این تحقیق، به کارگیری بسته‌های پلیمریِ حاوی نانو ذرات نقره و اکسید روی برای نگهداری آب پرتقال تازه به عنوان روشی جدید، جهت حفظ حداکثر مواد مغذی، تازگی و کاهش بار میکروبی آن بود.

• مواد و روش‌ها

تهیه فیلم پلی‌اتیلنی حاوی نانو ذرات نقره و اکسید روی: گرانول‌های پلی‌اتیلن سبک (LF0200) با شاخص جریان ذوبی ۲ گرم در هر ۱۰ دقیقه و دانسیته ۹۲/ ۰ گرم بر میلی‌لیتر و ترکیبات ضد میکروب که عبارتند از: پودر P105(۹۵٪ اکسید تیتانیم فلزی و ۵٪ نانوسیلور) و پودر نانوذرات اکسید روی با قطر متوسط ۷۰ نانومتراز شرکت *نانو نصب* در تهران تهیه شد. تهیه گرانول‌های نمونه مادر (masterbatch) از جنس پلی‌اتیلن سبک و حاوی ۱۰٪ ترکیبات ضد میکروب اشاره شده به روش اختلاط مستقیم (direct melt mixing) و با استفاده از اکسترودر دو مارپیچه (Cincinnati Milacron, Batavia, OH) با قطر اکسترودر ۵۵ میلی‌متر و نسبت طول پیچ به قطر ۳۰ و با برنامه حرارتی در ۶ منطقه دمایی ۱۶۰، ۱۶۰، ۱۷۵، ۱۵۰، ۱۵۰، و ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد اجرا شد. فیلم‌های نانو کامپوزیتی با درصدهای متفاوتی از ترکیبات ضد میکروب (۱/۵ و ۵٪ برای نانوکامپوزیت نقره (P105) و ۰/۲۵ و ۱٪ برای نانو اکسید روی) و ضخامت ۵۰ میکرومتر مطابق جدول ۱ به صورت جداگانه از اختلاط مستقیم نمونه‌های مادر حاوی ۱۰٪ نانوکامپوزیت نقره و نانو اکسید روی باگرانول‌های پلی‌اتیلن سبک با استفاده از دستگاه اکستروژن بادی (Venus Plastic Machinery Taiwan) با قطر اکسترودر ۴۵ میلی‌متر و نسبت طول پیچ به قطر ۲۸ با برنامه حرارتی در ۲ منطقه دمایی ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد تولید شدند.

میکروسکپ الکترونی عبوری: کیفیت توزیع نانو ذرات ضد میکروب درون بستر پلیمر توسط میکروسکپ الکترونی عبوری (PHILIPS CM 200 kV ، هلند) مورد بررسی قرار گرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- نسبت اختلاط هر یک از ترکیبات ضد میکروب درتولید فیلم های نانوکامپوزیتی

فیلم نانوکامپوزیتی	پلی‌اتیلن سبک حاوی ۱/۵ ٪ نانوکامپوزیت نقره	پلی‌اتیلن سبک حاوی ۵ ٪ نانوکامپوزیت نقره	پلی‌اتیلن سبک حاوی ۰/۲۵ ٪ نانواکسید روی	پلی‌اتیلن سبک حاوی ۱ ٪ نانواکسید روی
گرانول پلی‌اتیلن خالص(کیلوگرم)	۸/۵	۵	۹/۷۵	۹
نمونه مادر حاوی ۱۰ درصد نانوکامپوزیت نقره(کیلوگرم)	۱/۵	۵	----------	----------
نمونه مادر حاوی ۱۰ درصد نانواکسید روی(کیلوگرم)	----------	----------	۰/۲۵	۱

تولید بسته‌های حاوی آب پرتقال تازه: پرتقال (۳۰ کیلوگرم) واریته محلی خف (*Citrus sinensis cv. Khaf*) از بازار تهیه و توسط دستگاه آب پرتقال‌گیر نیمه صنعتی (M2000A-1, CMEC food machinery, China) آب‌گیری شد. آب پرتقال به دست آمده پس از عبور از فیلتر هایی با مش ۱ میلی‌متر بلافاصله به یک ظرف شیشه ای استریل منتقل شد. ابتدا هر یک از بسته‌های نانوکامپوزیتی و پلی‌اتیلنی (نمونه شاهد) آب پرتقال با طول ۱۵ و عرض ۱۰ سانتی‌متر (معادل ابعاد بسته‌های چند لایه آب‌میوه موجود در بازار) به روش دستی تهیه شد پس از ضدعفونی بسته‌ها (در حرارت ۹۵°C طی ۲ دقیقه) و سرد کردن آن‌ها، تحت شرایط استریل (زیر هود استریل) با ۱۷۵ میلی‌لیتر آب پرتقال تازه پر و دربندی و در شرایط انبار تاریک و خنک (۴°C) قرار داده شدند. سپس در زمان‌های بلافاصله پس از بسته‌بندی (لحظه صفر) و ۷، ۲۸، و ۵۶ روز پس از انبارداری از آب پرتقال هر بسته نمونه برداری و آزمون‌های فیزیکی‌شیمیایی و میکروبی روی آن اجرا شد. آزمون‌های حسی و اندازه‌گیری مهاجرت یون‌های نقره و روی ۲۸ روز پس ازانبارداری انجام شد. کلیه آزمایش‌ها در دو تکرار اجرا شد.

اندازه‌گیری میزان اسید آسکوربیک: اندازه‌گیری اسید آسکوربیک به روش تیتراسیون با ۲و۶ دی نیتروفنل مطابق روش استاندارد (AOAC 967.21.2002) انجام شد (۱۱).

اندازه‌گیری شاخص قهوه‌ای شدن: در این روش، ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر از آب پرتقال در دمای ۴°C و به مدت ۱۰ دقیقه با دور g ۷۸۰۰ سانتریفوژ شد. سپس ۵ میلی‌لیتر از محلول رویی با ۵ میلی‌لیتر الکل اتیلیک ۹۵٪ مخلوط و دوباره در شرایط مشابه سانتریفوژ شد. در انتها مقدار جذب محلول رویی به عنوان شاخص قهوه‌ای شدن، در طول موج ۴۲۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر مطابق روش Meydav محاسبه شد (۱۲).

اندازه‌گیری رنگ: بررسی کمی رنگ آب پرتقال با روش تصویربرداری دیجیتال انجام شد. به این ترتیب که پس از تصویربرداری با استفاده از دوربین عکاسی دیجیتال (مدل Panasonic ، ژاپن) از نمونه‌های آب پرتقال و انتقال تصاویر به رایانه، با استفاده از نرم افزار فتوشاپ شاخص‌های اصلی رنگ (L, a, b) محاسبه و در نهایت، شاخص کل تفاوت رنگ نمونه‌ها به روش Yam & Papadakis با استفاده از فرمول $\Delta E= [(\Delta L)^2+(\Delta a)^2+(\Delta b)^2)]^{1/2}$ به دست آمد (۱۳).

آزمون‌های میکروبی: ابتدا محلول رقیق 10^{-1} پس از ضدعفونی کردن سطح هر یک از بسته ها، با انتقال ۱۰ میلی‌لیتر آب پرتقال از هر بسته به یک ارلن مایر با حجم ۲۰۰ میلی لیتر حاوی ۹۰ میلی لیتر آب پپتونه (۰/۱٪ وزنی- حجمی) تهیه گردید. سپس، یک میلی‌لیتر از آن به لوله‌های حاوی ۹ میلی‌لیتر آب پپتونه استریل اضافه و مخلوط شد تا محلول رقیق 10^{-2} تهیه شود. برای شمارش کپک ها و مخمرها از روش کشت سطحی و محیط کشت PDA (Scharlau Chemie, SA., Spain) استفاده شد. به این ترتیب که پس از تنظیم اسیدیته محیط کشت استریل شده (۱۲۱°C طی ۱۵ دقیقه) در pH=۳/۵ با استفاده از اسید تارتاریک ۱۰٪ (وزنی- حجمی)، محیط کشت خنک شده (۶۰°C- ۴۵) به هر پتری استریل شده افزوده شد. پس از جامد شدن محیط کشت، مقدار ۰/۳ میلی‌لیتر از محلول‌های 10^{-1} تا 10^{-3} به سطح محیط کشت در زیر هود استریل و کنار شعله منتقل و پخش شد. پس از خشک شدن سطح پتری‌ها، به صورت وارونه در گرمخانه ۲۵°C به مدت ۳ الی ۵ روز قرار داده شدند. برای شمارش تعداد کل میکروارگانیسم‌های مزوفیل هوازی از روش کشت آمیخته و محیط کشت PCA (Scharlau Chemie, SA., Spain)

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده شد. به این ترتیب که ابتدا ۱ میلی‌لیتر از محلول‌های 10^{-1} تا 10^{-3} تهیه شده را به صورت جداگانه برداشته و به روش فوق به پتری‌های استریل منتقل شد. به هر پتری ۲۰ میلی‌لیتر از محیط کشت استریل و خنک شده منتقل و به مدت ۵ تا ۱۰ ثانیه به خوبی مخلوط شد. سپس پتری‌ها به صورت وارونه در گرمخانه ۳۵°C به مدت ۳ روز قرار داده شدند. در انتها برای شمارش هر گروه از میکروارگانیسم‌ها (کپک و مخمر و باکتری) دو پتری از هر رقت که دارای ۳۰ تا ۳۰۰ کلنی بود، انتخاب و پس از شمارش کلنی‌ها با استفاده از کلنی‌شمار، نتایج به صورت متوسط لگاریتم تعداد کلنی در هر میلی‌لیتر (log (cfu/ml گزارش شد. کلیه شمارش‌ها در دو تکرار انجام شد.

آزمون حسی: این ارزیابی با کمک ۱۰ نفر ارزیاب آموزش‌دیده (دانشجویان و استادان گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه) و با استفاده از روش آماری مقایسه چندگانه (multiple comparison test)برای همه بسته‌های آب پرتقال پس از ۲۸ روز انبارداری انجام شد. ابتدا بسته‌ها با اعداد تصادفی سه رقمی نشانه‌گذاری شد. پس از باز کردن آن‌ها آب پرتقال درون لیوان‌های پلاستیکی شفاف به ارزیاب‌ها ارائه شد. از ارزیاب‌ها خواسته شد تا آب پرتقال‌ها را از نظر ۴ ویژگی حسی رنگ، بو، مزه و پذیرش کلی با استفاده از درجه‌بندی کیفی ۵ امتیازی مطابق جدول ۲ امتیاز دهند. نتایج بر اساس آنالیز واریانس داده‌ها و با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن جهت مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵٪ تجزیه و تحلیل شد.

جدول۲- درجه‌بندی کیفی آب پرتقال بر مبنای ۱تا ۵ امتیاز

ردیف	ویژگی کیفی	امتیاز
۱	خیلی می‌پسندم	۵
۲	تا حدودی می‌پسندم	۴
۳	احساس خاص در باره آن ندارم	۳
۴	کمی نمی پسندم	۲
۵	اصلاً نمی پسندم	۱

اندازه‌گیری میزان مهاجرت یون‌های نقره و روی از بسته‌ها به آب پرتقال: میزان مهاجرت یون‌های نقره و روی از پلیمر بسته به آب پرتقال با استفاده از دستگاه اسپکترومتر جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی (AA800, Perkin-Elmer, Shelton, CT) به ترتیب در طول موج‌های ۳۲۸/۱ و ۲۱۳/۹ نانومتر بر اساس روش استاندارد (AOAC 974.27, 2002) برای آب پرتقال همه بسته‌ها پس از ۲۸ روز انبارداری اندازه‌گیری شد (۱۴).

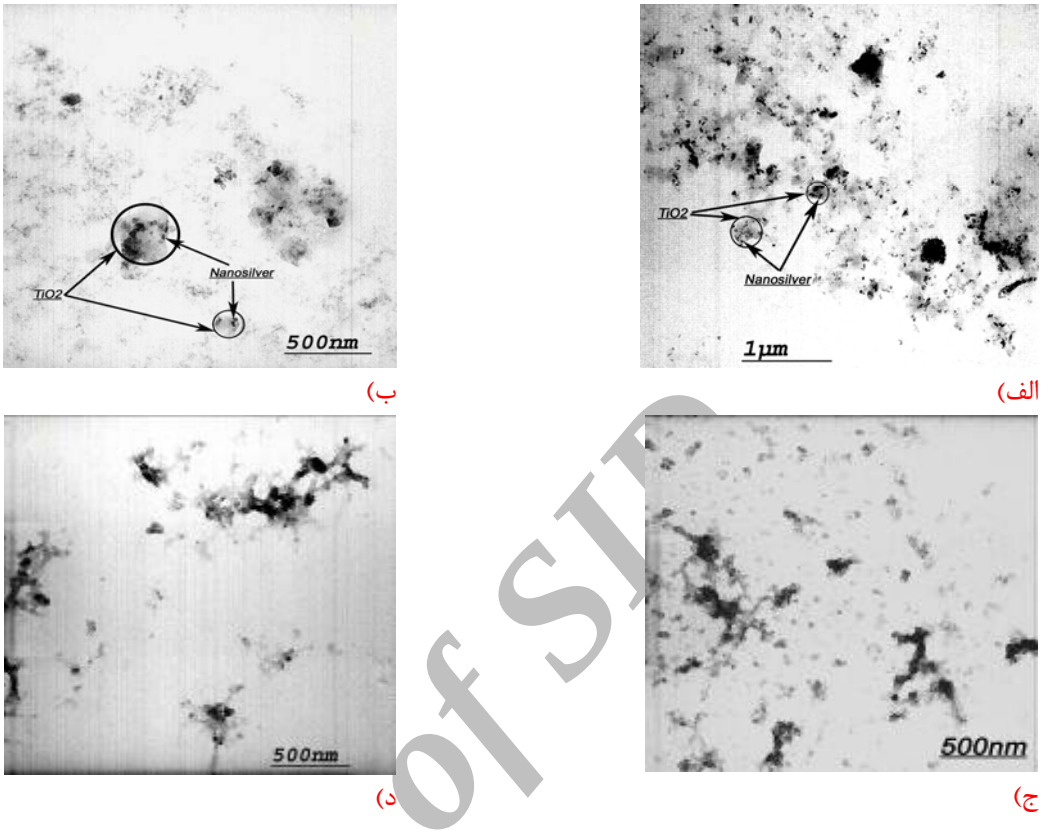
روش آماری: این تحقیق در قالب آزمایشات فاکتوریل بر پایه طرح آماری کاملاً تصادفی در دو تکرار اجرا شد. فاکتور اول، نوع بسته‌بندی در پنج سطح مختلف (بسته‌های حاوی ۱/۵ و ۵٪ نانوکامپوزیت نقره و ۰/۲۵ و ۱٪ نانواکسید روی و بسته‌های پلی‌اتیلنی، بدون افزودن نانوذرات، به عنوان نمونه شاهد) و فاکتور دوم، زمان انبارداری در ۴ سطح (لحظه صفر انبارداری و پس از ۷، ۲۸ و ۵۶ روز انبارداری) بود. وجود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها به کمک روش آماری مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ و با استفاده از نرم افزار SAS بررسی شد.

• یافته‌ها

بررسی‌های میکروسکپی با استفاده از میکروسکپ الکترونی عبوری(TEM): تصاویر میکروسکپ الکترونی عبوری فیلم‌های پلی‌اتیلنی حاوی نانو ذرات نقره واکسید روی در شکل ۱ (الف، ب، ج و د) نشان داده شده‌اند. این تصاویر، توزیع نسبتاً یکنواخت نانو ذرات در فیلم‌های نانوکامپوزیتی را نشان می‌دهند (بجز شکل ۱.د). توزیع یکنواخت و آگلومره نشدن نانو ذرات در بستر پلیمر با افزایش قدرت ضد میکروبی پلیمر حاصل به دلیل افزایش سطح تماس با میکروارگانیسم‌ها رابطه مستقیمی دارد. با توجه به شکل ۱ (الف و ب) نانو ذرات نقره (با قطر تقریباً ۱۰ نانومتر) روی ذرات دی اکسید تیتانیم به خوبی تثبیت و نانو کامپوزیت‌های نقره- دی اکسید تیتانیم (P105) به خوبی در بستر پلیمر توزیع شده اند. با افزایش غلظت نانو کامپوزیت نقره از ۱/۵ به ۵٪ آگلومره شدن تاحدی افزایش یافته است. شکل ۱ (ج و د) نشان دهنده توزیع نانو ذرات اکسید روی با قطر متوسط ۷۰ نانومتر (در محدوده ۱۰ الی ۲۰۰ نانومتر) در بستر پلیمر زمینه است. با افزایش غلظت نانو ذرات اکسید روی تا ۱٪، مقدار آگلومره شدن افزایش می‌یابد (شکل ۱. د).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۱- تصویر میکروسکپ الکترونی عبوری فیلم‌های نانوکامپوزیتی پلی‌اتیلن سبک حاوی
الف) ۱/۵٪ نانوکامپوزیت نقره، ب) ۵٪ نانوکامپوزیت نقره ، ج) ۰/۲۵٪ نانواکسید روی ، د) ۱ ٪ نانواکسید روی

اثر متقابل نوع بسته‌بندی و زمان انبارداری برتعداد میکروارگانیسم‌ها: کیفیت میکروبی آب پرتقال تازه با شمارش کلی کپک و مخمر و کل باکتری‌های مزوفیل هوازی (شمارش کلی باکتری‌ها) بررسی شد. متوسط لگاریتم تعداد کلنی در میلی‌لیتر (log cfu/ml) کپک و مخمر و باکتری‌ها بلافاصله پس از بسته‌بندی ۴/۹۳ و ۴/۸۳ شمارش شد. اثر بسته‌بندی‌های ضد میکروبی بر رشد این دو گروه از میکروارگانیسم ها در مقایسه با بسته‌های پلی‌اتیلنی خالص در جدول ۳ آمده است.

با توجه به جدول ۳ اثر بسته‌های پلی‌اتیلن سبک حاوی ۵٪ نانوکامپوزیت نقره در مقایسه با سایر بسته‌ها بر کاهش روند رشد کپک ها، مخمرها و باکتری‌ها به صورت معنی‌داری بیشتر است. کاهش غلظت نانوکامپوزیت نقره به ۱/۵٪ نیز کاهش فعالیت ضدمیکروبی را به همراه دارد. با به کارگیری بسته‌های پلی‌اتیلن سبک حاوی ۰/۲۵٪ نانو اکسید روی در مقایسه با بسته‌های پلی‌اتیلن سبک حاوی ۱/۵٪ نانوکامپوزیت نقره، قدرت ضد قارچی کمتر وقدرت ضد باکتری بیشتری مشاهده می‌شود.

اثر نوع بسته‌بندی بر میزان اسید آسکوربیک، شاخص قهوه‌ای شدن و شدت رنگ: با توجه به جدول ۳ بیشترین و کمترین کاهش میزان اسید آسکوربیک و افزایش شاخص قهوه‌ای شدن به ترتیب در آب پرتقال بسته‌های پلی‌اتیلن سبک حاوی ۱درصد نانو اکسید روی و بسته‌های پلی‌اتیلن سبک حاوی ۰/۲۵ ٪ نانو اکسید روی اندازه‌گیری شده است. در حالی که کمترین کاهش اسید آسکوربیک و افزایش شاخص قهوه‌ای شدن نسبت به نمونه‌های شاهد به ترتیب مربوط به دو بسته پلی‌اتیلن سبک حاوی ۰/۲۵ ٪ نانواکسید روی و پلی‌اتیلن سبک حاوی ۱/۵٪ نانوکامپوزیت نقره است. همچنین، در آب پرتقال بسته‌های پلی‌اتیلن سبک حاوی ۰/۲۵٪ نانو اکسید روی و پلی‌اتیلن سبک حاوی ۵٪ نانوکامپوزیت نقره به ترتیب کمترین و بیشترین میزان تغییر رنگ نسبت به پلی‌اتیلن سبک، مشاهده می‌شود (جدول۳).

آزمون حسی: بررسی نتایج حاصل از آزمون دانکن، در سطح ۵٪ در بیشتر موارد بیانگر تفاوت معنی‌دار بین داده‌های آزمون‌های مذکور با یکدیگر یا با نمونه شاهد بجز از داده‌های حاصل از بررسی ویژگی رنگ در نمونه‌های آب پرتقال است.

Archive of SID

www.SID.ir

این نتایج گویای دریافت بالاترین امتیاز ویژگی‌های حسی رنگ، بو، مزه و پذیرش کلی برای آب پرتقال موجود دربسته‌های حاوی ۰/۲۵٪ نانو اکسید روی در مقایسه با سایر بسته‌ها در مقطع زمانی ۲۸ روز پس از انبارداری است (شکل ۲). گروه ارزیاب حسی در مورد ویژگی رنگ آب پرتقال بسته‌بندی شده در بسته‌های مختلف تفاوت چندانی قائل نشدند.

میزان مهاجرت یون‌ها از بسته به آب پرتقال: میزان مهاجرت یون‌های نقره و روی از بسته به آب پرتقال در کلیه بسته‌ها پس از ۲۸ روز انبارداری در دمای ۴°C کمتر از مقدار حد مجاز مسمومیت‌زایی (۱۰ppm) اندازه‌گیری شد. (جدول ۴).

جدول۳- اثر بسته‌بندی و زمان انبارداری بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی (اسید آسکوربیک، شاخص قهوه‌ای شدن و شدت تفاوت رنگ) و میکروبی(کپک، مخمر و باکتری های هوازی مزوفیل) آب پرتقال تازه

نوع بسته‌بندی	طول انبارداری (روز)	کپک و مخمر (log cfu/ml)	باکتری‌های هوازی مزوفیل (log cfu/ml)	اسید آسکوربیک (mg/100g)	شاخص قهوه‌ای شدن (OD)	شدت تفاوت رنگ
پلی‌اتیلن سبک	۰	۴/۹۴^{ij*} ± ۰/۰۵	۴/۸۴^{fg} ± ۰/۰۷	۸۵/۷۶^{a} ± ۰/۵۸	۰/۱۵^{h} ± ۰/۰۰۰۶	۰/۰۰^{j} ± ۰/۰۰
	۷	۵/۰۸^{h} ± ۰/۰۸	۴/۶۵^{hi} ± ۰/۰۵	۸۳/۰۷^{b} ± ۰/۲۱	۰/۲۲^{g} ± ۰/۰۰۳	۴/۷۰^{j} ± ۰/۰۸
	۲۸	۶/۲۶^{cd} ± ۰/۰۲	۵/۲۷^{d} ± ۰/۰۶	۸۱/۲۳^{c} ± ۰/۳۲	۰/۲۴^{e} ± ۰/۰۰۳	۵/۵۶^{h} ± ۰/۱۰
	۵۶	۶/۴۷^{b} ± ۰/۱۴	۶/۳۵^{a} ± ۰/۰۶	۷۸/۴۰^{ef} ± ۰/۵۵	۰/۲۴^{de} ± ۰/۰۰۳	۷/۴۱^{c} ± ۰/۰۹
پلی‌اتیلن سبک حاوی ۱/۵٪ نانوکامپوزیت نقره	۰	۴/۹۴^{ij} ± ۰/۰۳	۴/۸۳^{fg} ± ۰/۰۲	۸۵/۸۳^{a} ± ۰/۲۹	۰/۱۵^{h} ± ۰/۰۰۱	۰/۰۰^{j} ± ۰/۰۰
	۷	۴/۵۱^{k} ± ۰/۰۷	۴/۶۵^{hi} ± ۰/۰۵	۸۲/۸۷^{b} ± ۰/۱۵	۰/۲۳^{ef} ± ۰/۰۰۲	۵/۵۹^{g} ± ۰/۲۵
	۲۸	۵/۷۴^{f} ± ۰/۰۴	۴/۸۵^{fg} ± ۰/۰۵	۷۹/۸۷^{d} ± ۰/۴۲	۰/۲۴^{de} ± ۰/۰۰۲	۶/۶۶^{d} ± ۰/۳۲
	۵۶	۶/۱۶^{d} ± ۰/۰۵	۵/۷۶^{c} ± ۰/۱۶	۷۷/۷۳^{f} ± ۰/۳۸	۰/۲۵^{c} ± ۰/۰۰۶	۷/۶۱^{b} ± ۰/۰۱
پلی‌اتیلن سبک حاوی ۵٪ نانوکامپوزیت نقره	۰	۴/۹۴^{ij} ± ۰/۰۵	۴/۸۴^{fg} ± ۰/۰۶	۸۵/۷۶^{a} ± ۰/۵۸	۰/۱۵^{h} ± ۰/۰۰۲	۰/۰۰^{j} ± ۰/۰۰
	۷	۴/۳۶^{l} ± ۰/۰۵	۴/۱۶^{k} ± ۰/۰۵	۸۰/۰۱^{d} ± ۰/۹۸	۰/۲۵^{c} ± ۰/۰۰۴	۶/۴۳^{e} ± ۰/۰۶
	۲۸	۵/۴۳^{g} ± ۰/۰۸	۴/۵۴^{j} ± ۰/۰۵	۷۴/۳۷^{h} ± ۰/۴۰	۰/۲۷^{b} ± ۰/۰۰۳	۶/۵۳^{de} ± ۰/۰۹
	۵۶	۶/۰۲^{e} ± ۰/۰۲	۵/۶۶^{c} ± ۰/۰۶	۶۳/۹۰^{i} ± ۰/۶۶	۰/۲۸^{a} ± ۰/۰۰۹	۷/۹۹^{a} ± ۰/۰۱
پلی‌اتیلن سبک حاوی ۰/۲۵٪ نانو اکسید روی	۰	۴/۹۵^{i} ± ۰/۰۳	۴/۸۳^{fg} ± ۰/۰۵	۸۶/۳۳^{a} ± ۰/۵۸	۰/۱۵^{h} ± ۰/۰۰۱	۰/۰۰^{j} ± ۰/۰۰
	۷	۴/۸۵^{j} ± ۰/۰۳	۴/۶۲^{ij} ± ۰/۰۵	۸۳/۱۷^{b} ± ۰/۳۸	۰/۲۳^{fg} ± ۰/۰۰۶	۳/۶۹^{i} ± ۰/۰۴
	۲۸	۵/۹۷^{e} ± ۰/۰۳	۴/۹۰^{f} ± ۰/۱۰	۸۰/۵۰^{cd} ± ۰/۴۶	۰/۲۳^{ef} ± ۰/۰۰۳	۶/۰۰^{f} ± ۰/۰۲
	۵۶	۶/۳۰^{c} ± ۰/۰۴	۵/۷۲^{c} ± ۰/۰۸	۷۸/۳۳^{ef} ± ۰/۲۹	۰/۲۴^{d} ± ۰/۰۰۴	۷/۴۸^{bc} ± ۰/۱۲
پلی‌اتیلن سبک حاوی ۱٪ نانو اکسید روی	۰	۴/۹۴^{ij} ± ۰/۰۳	۴/۸۳^{fg} ± ۰/۰۱	۸۶/۰۰^{a} ± ۰/۰۶	۰/۱۵^{h} ± ۰/۰۰۰۱	۰/۰۰^{j} ± ۰/۰۰
	۷	۴/۹۳^{ij} ± ۰/۰۳	۴/۷۵^{gh} ± ۰/۰۵	۸۳/۶۳^{b} ± ۰/۵۵	۰/۲۳^{fg} ± ۰/۰۰۲	۵/۷۲^{g} ± ۰/۰۴
	۲۸	۶/۲۶^{c} ± ۰/۰۳	۵/۱۰^{e} ± ۰/۰۱	۷۸/۸۰^{e} ± ۰/۲۶	۰/۲۵^{c} ± ۰/۰۰۳	۵/۹۰^{f} ± ۰/۰۶
	۵۶	۶/۵۹^{a} ± ۰/۱۲	۶/۱۵^{b} ± ۰/۰۱	۷۶/۶۷^{g} ± ۰/۵۸	۰/۲۵^{c} ± ۰/۰۰۸	۸/۰۶^{a} ± ۰/۰۹

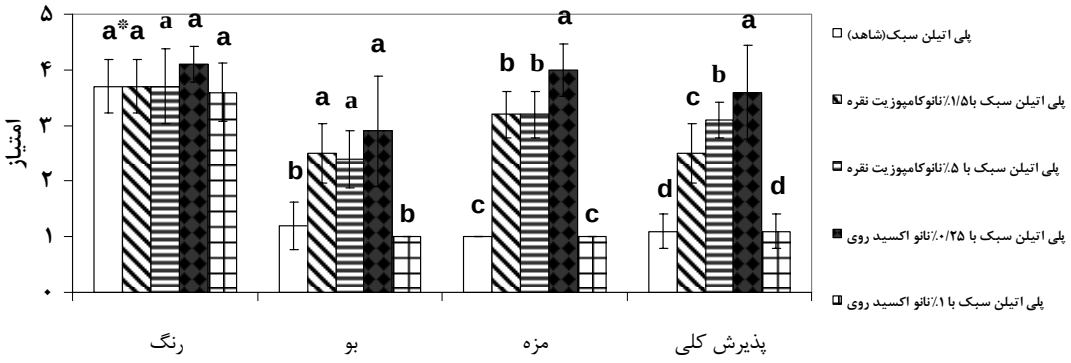
* حروف مختلف نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۹۵ درصد می باشند. (p< ۰/۰۵)

جدول۴- بررسی میزان مهاجرت یون‌های نقره و روی از بسته‌بندی به آب پرتقال تازه

غلظت (میکروگرم در لیتر)	نوع بسته‌بندی			
	پلی‌اتیلن سبک حاوی ۱/۵٪ نانوکامپوزیت نقره	پلی‌اتیلن سبک حاوی ۵٪ نانوکامپوزیت نقره	پلی تیلن سبک حاوی ۰/۲۵٪ نانو اکسید روی	پلی‌اتیلن سبک حاوی ۱٪ نانو اکسید روی
یون نقره	صفر	۰/۱±۰/۰۰۳	----------	----------
یون روی	----------	----------	۰/۱۶±۰/۰۰۷	۰/۱۱±۰/۰۰۳

Archive of SID

www.SID.ir



ویژگی های حسی

شکل۲- اثر بسته‌بندی و زمان انبارداری بر ویژگی‌های حسی(رنگ، بو، مزه و پذیرش کلی) آب‌پرتقال تازه

* حروف مختلف نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۹۵ درصد می باشند. (p<۰۵/.)

• بحث

نتایج حاصل از شمارش میکروارگانیسم‌ها درآب پرتقال موجود در بسته‌های پلی‌اتیلن خالص پس از ۷ روز بیانگر افزایش تعداد کپک‌ها و مخمرها و کاهش تعداد باکتری‌ها است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که کپک‌ها و مخمرها در مقایسه با باکتری‌ها با محیط آب پرتقال و شرایط انبار سرد، سازگارتر هستند. این نتیجه با گزارشات *Sadler* و همکاران هماهنگی دارد (۱۵). درآب پرتقال موجود در تمامی بسته‌های نانوکامپوزیتی بجز پلی‌اتیلن سبک حاوی ۱٪ نانواکسید روی پس از ۷ روز تعداد کلیه میکروارگانیسم کاهش یافته است و این کاهش در بسته‌های پلی‌اتیلن سبک با ۵٪ نانوکامپوزیت نقره از نظر آماری معنی‌دارتر است.

طبق جدول ۳ افزایش جمعیت میکروبی با افزایش غلظت نانو ذرات اکسید روی در نمونه‌های آب پرتقال رابطه معکوس دارد به طوری که با افزایش غلظت نانو ذرات اکسید روی تا ۱٪ قدرت ضدمیکروبی فیلم حاصل نسبت به بسته‌های پلی‌اتیلن سبک حاوی ۲۵/ ۰٪ نانواکسید روی کاهش می‌یابد. این موضوع را می‌توان به افزایش اندازه نانو ذرات به دلیل آگلومره شدن و کاهش مقدار پراکسید هیدروژن تولید شده از سطح ذرات بزرگتر نسبت داد(شکل ۲.د). این نتیجه با یافته‌های *Jones* و همکاران نیز هماهنگی دارد(۱۶). *Adams* و همکاران تولید گونه‌های حاوی اکسیژن فعال را یکی از مهم‌ترین دلایل فعالیت ضد میکروبی نانو ذرات اکسید روی ذکر کرده‌اند (۱۷). در آب پرتقال موجود در بسته‌های پلی‌اتیلنی خالص، پس از ۲۸ روز انبارداری، متوسط لگاریتم تعداد کلنی در میلی‌لیتر(log cfu/ml) برای کل کپک ها، مخمرها و باکتری‌ها به ترتیب به ۶/۲۶ و ۵/۲۷ می‌رسد. در آب پرتقال‌های بسته‌بندی شده در بسته‌های ضد میکروب بجز در بسته‌های پلی‌اتیلن سبک با ۱٪ نانو اکسید روی، متوسط تعداد کپک‌ها، مخمرها و باکتری‌ها پس از ۲۸ روز به کمتر از متوسط لگاریتم تعداد کلنی در میلی‌لیتر(logcfu/ml) برابر۶ (حد مجاز جمعیت میکروبی آب پرتقال تازه در شرایط یخچال) رسیده (۱۸)، اما پس از ۵۶ روز انبارمانی در کلیه بسته‌ها تعداد کلیه میکروارگانیسم‌ها از حد مجاز اشاره شده بالاتر رفته است. سایر مطالعات، طول عمر انبارمانی آب پرتقال تازه را در شرایط یخچال تا ۱۴ روز بیان کرده‌اند (۱۹).

به طور کلی، آب پرتقال موجود در بسته‌های پلی‌اتیلن سبک با ۵٪ نانوکامپوزیت نقره کمترین رشد میکروبی را پس از ۲۸ روز انبار داری نسبت به سایر بسته‌ها به خود اختصاص داده اند. در مورد آب پرتقال بسته‌بندی شده در پلی‌اتیلن سبک حاوی ۰/۲۵٪ نانواکسید روی، پس از ۲۸ روز تعداد کپک‌ها و مخمرها بالاتر ولی تعداد باکتری‌ها تفاوت آماری معنی‌داری با آب پرتقال بسته‌های پلی‌اتیلن سبک حاوی ۱/۵٪ نانوکامپوزیت نقره نشان نمی دهد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که قدرت ضد میکروبی فیلم‌های نانوکامپوزیتی حاوی نقره در غلظت یکسان به طور معنی‌داری بالاتر از فیلم‌های نانوکامپوزیتی حاوی اکسید روی بوده و این افزایش در خاصیت ضد قارچی بسیار مشهودتر است

Archive of SID

www.SID.ir

(شکل‌های ۱. ب و ۱. ج). *Sawai* و همکاران نیز با بررسی اثر ضد میکروبی پودرهای اکسید روی، اکسید مس و اکسید منیزیم گزارش کرده‌اند که این سه اکسید فلزی قدرت ضدمیکروبی خوبی در برابر طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها دارند، اما قدرت ضد میکروبی اکسید روی نسبت به مخمر *ساکارومایسز سرویزیه Saccharomyces cerevisiae* در مقایسه با باکتری‌ها بسیار کمتر است (۹). *Fernández* و همکاران گزارش کردند که کیسه‌های جاذب حاوی نانو ذرات نقره در بسته‌های گوشت مرغ می‌تواند رشد میکروب‌ها را ۴۰٪ کاهش دهد (۲۰). *Zhang & Chen* بیان داشتند که شرایط محیط و نور مرئی برای فعالیت ضد میکروبی اکسید روی کافی است، در حالی که این فعالیت در شرایط تاریک با قدرت کمتری انجام می‌شود (۲۱) . *Kim* و همکاران دلیل اثر ضد میکروبی نانوذرات نقره را تولید رادیکال آزاد در محیط میکروب‌ها و سبب صدمه به غشاء و انهدام آن‌ها بیان کردند (۲۲). *Kubacka* و همکاران با به کارگیری فیلم‌هایی از جنس اتیلن وینیل الکل حاوی نانوکامپوزیت نقره- دی اکسید تیتانیم نشان دادند که این فیلم‌ها قدرت ضد میکروبی بالایی در برابر طیف وسیعی از کپک‌ها، مخمرها و باکتری‌ها دارند (۲۳).

میزان اسید آسکوربیک و شاخص قهوه‌ای شدن دو عامل کیفی مهم در سنجش کیفیت آب پرتقال هستند. طبق جدول ۳ نتایج حاصل از تغییرات میزان اسید آسکوربیک و شاخص قهوه‌ای شدن در آب پرتقال همه بسته‌ها بیانگر کاهش میزان اسید آسکوربیک و افزایش شاخص قهوه‌ای شدن با افزایش زمان انبارمانی است. این موضوع ممکن است به دلیل جلوگیری نکردن بسته‌ها از عبور اکسیژن و همچنین طول زمان انبارمانی باشد. *Fellers* و همکاران دلایل کاهش میزان اسید آسکوربیک را در بسته‌بندی‌های آب پرتقال اکسیژن و طول مدت انبارداری بیان کردند (۲۴). بر اساس نتایج حاصل از جدول ۳ به مدت ۷ روز پس از انبار مانی در کاهش اسید آسکوربیک آب پرتقال تمامی بسته‌ها بجز پلی‌اتیلن سبک حاوی ۵٪ نانوکامپوزیت نقره تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود، اما پس از ۲۸ روز در آب پرتقال بسته‌های پلی‌اتیلن سبک حاوی ۵٪ نانوکامپوزیت نقره، میزان اسید آسکوربیک تقریباً ۱۳٪ (۷۴/۳۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) کاهش می‌یابد. در حالی که در سایر بسته‌ها شامل پلی‌اتیلن سبک حاوی ۱/۵٪ نانوکامپوزیت نقره (۷۹/۸۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)، پلی‌اتیلن سبک حاوی ۲۵/٪ نانواکسید روی (۸۰/۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) و بسته‌های پلی‌اتیلن سبک حاوی ۱ درصد نانواکسید روی (۷۸/۸۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) کاهش بسیار کمتری به چشم می‌خورد. به طور کلی، بیشترین میزان کاهش اسید آسکوربیک و افزایش مقدار شاخص قهوه‌ای شدن در آب پرتقال بسته‌های پلی‌اتیلن سبک حاوی ۵٪ نانوکامپوزیت نقره مشاهده شد. در بسته‌های پلی‌اتیلن سبک حاوی ۰/۲۵٪ نانو اکسید روی، سرعت کاهش اسید آسکوربیک و افزایش میزان شاخص قهوه‌ای شدن نسبت به سایر بسته‌ها بسیار کمتر بود که نشان‌دهنده قدرت اکسیدکنندگی کمتر نانو ذرات اکسید روی در مقایسه با نانو ذرات نقره است.

در جدول ۳ آنالیز واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری کمی رنگ آب پرتقال در همه بسته‌ها پس از ۷ روز نشان می‌دهد که اثر نوع بسته‌بندی بر رنگ آب پرتقال تازه در سطح ۵٪ معنی‌دار است. با افزایش زمان انبارداری تا ۲۸ روز، شدت تفاوت رنگ در آب پرتقال تازه در همه بسته‌های ضد میکروب در مقایسه با بسته‌های پلی‌اتیلن خالص چشمگیرتر است. نتایج جدول ۳ موید این مطلب است که شدت تغییر رنگ آب پرتقال در بسته‌های حاوی نانو ذرات اکسید روی در مقایسه با بسته‌های حاوی نانو ذرات نقره کاهش معنی‌داری (در سطح ۵٪) دارد. به طور کلی، در جدول ۳ هماهنگی مناسبی میان کاهش میزان اسید آسکوربیک و افزایش تولید ترکیبات قهوه‌ای با افزایش شدت تغییر رنگ طی انبارداری در آب پرتقال موجود در کلیه بسته‌ها مشاهده می‌شود. به هر حال، یکی از دلایل تغییر رنگ در آب پرتقال بسته‌بندی شده در بسته‌های حاوی نانو ذرات نسبت به بسته‌های پلی‌اتیلنی 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* و همکاران مطابقت دارد (۲۵).

مطابق با یافته‌های آزمون حسی، تفاوت آماری معنی‌داری در امتیاز ویژگی رنگ آب پرتقال در کلیه بسته‌ها مشاهده نمی‌شود. بنابراین، تغییر رنگ نمونه‌ها پس از ۲۸ روز انبارداری از نظر چشمی قابل تشخیص نیست. بنا بر مطالعات *Parish* (۲۶) ویژگی حسی بو در آب پرتقال به میزان زیادی تحت اثر رشد میکروبی و در نتیجه، تولید متابولیت‌های حاصل از تخمیر میکروبی است. شکل ۲ نیز بیانگر بالاتر بودن امتیاز ویژگی حسی بوی آب پرتقال موجود در بسته‌های نانوکامپوزیتی بجز بسته‌های پلی‌اتیلن سبک

Archive of SID

www.SID.ir

حاوی ۱٪ نانواکسید روی نسبت به بسته پلی‌اتیلن خالص پس از ۲۸ روز انبارداری است. این یافته با تغییرات قدرت ضد میکروبی این بسته‌ها در شدت رشد میکروبی هماهنگی دارد(جدول۳). نتایج آماری مقایسه مزه آب پرتقال بسته‌بندی شده پس از ۲۸ روز انبارداری حاکی از دریافت بالاترین امتیاز ویژگی حسی مزه برای آب پرتقال بسته‌های پلی‌اتیلن سبک با ۰/۲۵٪ نانو اکسید روی است. علاوه بر اینکه تفاوت آماری معنی‌داری بین مزه آب پرتقال بسته‌های پلی‌اتیلن سبک با ۱/۵٪ نانوکامپوزیت نقره و پلی‌اتیلن سبک با ۵٪ نانوکامپوزیت نقره مشاهده نمی‌شود، امتیاز ویژگی حسی مزه آن‌ها از بسته‌های خالص و حاوی ۱٪ نانو ذرات اکسید روی هم بالاتراست.

در مورد صفت پذیرش کلی، ارزیابها آب پرتقال بسته‌های پلی‌اتیلن سبک حاوی ۰/۲۵٪ نانواکسید روی را بهترین و سپس پلی‌اتیلن سبک با ۵٪ نانوکامپوزیت نقره و پلی‌اتیلن سبک حاوی ۱/۵٪ نانوکامپوزیت نقره را قابل قبول تشخیص دادند. اما آب پرتقال بسته‌های خالص و حاوی ۱٪ نانوذرات اکسید روی را رد کردند. *Souza* و همکاران (۲) گزارش کردند که حرارت محیط نگهداری آب پرتقال بر میزان مقبولیت عمومی آن بسیار مؤثر است، به طوری که امتیاز پذیرش کلی در آب پرتقال‌های تازه نگهداری شده در دمای پایین‌تر بیشتر از آب پرتقال‌هایی است که در حرارت بالاتر نگهداری شده‌اند.

مقدار مهاجرت یون‌های نقره و روی به آب پرتقال طی ۲۸ روز انبارداری در کلیه بسته‌های نانوکامپوزیتی کمتر از مقدار حد مجاز مسمومیت زایی (۱۰ppm) اندازه‌گیری شده است. البته، یون‌های نقره در غلظت کمتر از 10^{-9} مول بر لیتر نیز خاصیت ضد میکروبی دارند(۵) . میزان مهاجرت یون‌های روی به آب پرتقال بیشتر از نقره گزارش شده است که با توجه به ایمن بودن روی در کاربردهای غذایی، برای مصرف کننده مخاطره بر انگیز تلقی نمی‌شود(۲۷).

سپاسگزاری

از قطب نانوفناوری دانشگاه صنعتی اصفهان به خاطر حمایت‌های مالی تشکر و قدر دانی می‌شود.

References

1. Bull MK, Zerdin K, Goicoechea D, Paramanandhan P, Stockman R, Sellahewa J, et al. The effect of high pressure processing on the microbial, physical and chemical properties of Valencia and Navel orange juice. Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 2004; 5:135–149.
2. Souza MCC, Benassi MT, Meneghel RFA, Silva RSSF. Stability of unpasteurized and refrigerated orange juice. Braz Arch Biol Technol. 2004; 47:391-7.
3. Han JH. Packaging for nonthermal processing of food, 1st ed. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell; 2007.
4. Joseph T, Morrison M. Nanotechnology in agriculture and food. A nanoforum report. Available from: www.nanoforum.org . Accessed 2006 May 5.
5. Chaudhry Q, Scotte M, Blackburn J, Ross B, Boxall A, Castle L. Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. Food Addit Contam 2008; 25:241–58.
6. Damm C, Neumann M, Munstedt H. Properties of nanosilver coatings on polymethyl methacrylate. Soft Mater 2006; 3:71–88.
7. Suppakul P, Miltz J, Sonneveld K, Bigger SW. Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications. J Food Sci. 2003; 68(2): 408-420.
8. Gajjar P, Pettee B, Britt DW, Huang W, Johnson W, Anderson AJ. Antimicrobial activities of commercial nanoparticles against an environmental soil microbe, Pseudomonas putida KT2440. J Biol Engin. 2009; 3(9): 1183-8.
9. Sawai J, Yoshikawa T. Quantitative evaluation of antifungal activity of metallic oxide powders (MgO, CaO and ZnO) by an indirect conductimetric assay. J Appl Microbiol. 2004; 96:803–9.
10. Feng QL, Wu J, Chen G Q, Cui FZ, Kim TN, Kim JO. A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on Escherichia coli and Staphylococcus aureus. J. Biomed. Mater Res 2000;52:662-8.
11. AOAC. Vitamin C (ascorbic acid) in vitamin preparations and juices: 2, 6 dichloroindophenol titrimetric method final action. 17 th ed, Gaithersburg; Association of Official Analytical Chemists, 2002; Official Method 967.21.

Archive of SID

www.SID.ir

12. Meydav S, Saguy I, & Kopelman IJ. Browning determination in citrus products. J Agri Food Chem 1977; 25:602-4.

13. Yam KL, Papadakis SE. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. J Food Eng 2004; 61:137–42.

14. AOAC. Cadmium, Chromium, Copper, Iron, Lead, Magnesium, Manganese, Silver and Zinc in water. 17 th ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists, 2002; Official Method 974.27

15. Sadler GD, Parish ME, & Wicker L. Microbial, enzymatic and chemical chalenges during storage of fresh and processed orange juice. J Food Sci 1992; 57:1187-92.

16. Jones N, Ray B, Ranjit KT, Manna AC. 2008. Antibacterial activity of ZnO nanoparticle suspensions on a broad spectrum of microorganisms. *FEMS Microbiol. Lett.* 2008; 279: 71-6.

17. Adams LK, Lyon DY, Alvarez PJJ. Comparative eco-toxicity of nanoscale TiO_2, SiO_2, and ZnO water suspensions. Watter Res.2006; 40:3527-3532.

18. Raccach MM, Mellatdoust, M. The effect of temprature on microbial growth in orange juice. J. Food Process. Preserv 2007; 31:129-42.

19. Zanoni A, Pagliarini E, Galli A, Laureati M. Shelf-life prediction of fresh blood orange juice. J Food Eng 2005; 70: 512-517.

20. Fernández A, Soriano E, López-Carballo G, Picouet P, Lloret E, Gavara R. et al. Preservation of aseptic conditions in absorbent pads by using silver nanotechnology. Food Res Int 2009; 42:1105-12.

21. Zhang H, Chen G. Potent antimicrobial activity of Ag/TiO_2 nanocomposite powder synthesized by a one-pot sol-gel method. Environ. Sci Technol 2009; 43:2905–10.

22. Kim JS, Kuk E, Yu K, Kim JH, Park SJ, Lee SJ, et al. Antimicrobial effects of silver nanoparticles. Nanomed: Nanotechnol Biol Med 2007; 3:95–101.

23. Kubacka A, Cerrada ML, Serrano C, Fernández-García M, Ferre M, Fernández-García M. Plasmonic nanoparticle/polymer nanocomposites with enhanced photocatalytic antimicrobial properties. J Phys Chem; 2009; 113: 9182–90.

24. Fellers PJ. Shelf life and quality of freshlysqueezed, unpasteurized, polyethylene-bottled citrus juice. J Food Sci. 1998; 53:1699-02.

25. Haugaard VK, Weber CJ, Danielsen B, & Bertelsen G. Quality changes in orange juice packed in materials based on polylactate. Europ Food Res Technol 2002; 214: 423–8.

26. Parish ME. Orange juice quality after treatment by thermal pasteurization or isostatic high pressure. LWT. 1998; 31:439–42.

27. Jin T, Sun D, Su JY, Zhang H, Sue HJ. Antimicrobial efficacy of zinc oxide quantum dots against Listeria monocytogenes, Salmonella enteritidis and Escherichia coli O157:H7. J Food Sci 2009; 74 :46-52.

Archive of SID

www.SID.ir

Effects of nanocomposite packaging containing silver and zinc oxide on the shelf-life of fresh orange juice

Emamifar A[*1], *Kadivar M*[2], *Shahedi M*[3], *Soleimanianzadeh S*[4]

1- Corresponding author: Ph.D. in Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
E-mail: emamip@ag.iut.ac.ir

2- Associate Prof, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

3- Assistant Prof, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Received 24 May, 2010 **Accepted 23 Oct, 2010**

Background and Objective: The demand for natural orange juice with a high quality in terms of nutritional value, physicochemical properties and sensory characteristics, and processed with a minimum of heat treatment, is presently increasing. The shelf-life of orange juices now marketed is short due to rapid microbial growth in them, even when refrigerated. The objective of this study was to determine the potential of ZnO- and Ag-filled LDPE (low-density polyethylene) nanoparticle packaging, as a new packaging method, for preserving the maximum nutritional value, freshness and shelf-life of orange juice.

Materials and Methods: Nanocomposite LDPE films containing Ag and ZnO nanoparticles were prepared by melt-mixing in a twin-screw extruder. Packages prepared from these films were then filled with fresh orange juice and stored at 4°C. Microbial stability, ascorbic acid (AA) content, browning index, color value, and sensory characteristics of the juices were determined immediately after packaging and after 7, 28, and 56 days of storage.

Results: Microbial growth rate significantly decreased as a result of using the nanocomposite packaging up to 28 days of storage ($p<0.05$). Reduced degradation of AA and development of brown pigments were also observed ($p<0.05$) in the orange juice packaged in nanocomposite packages containing 0.25% of nano-ZnO. Moreover, odor, taste and overall sensory attributes ranked highest for the orange juice packed after 28 days of storage ($p<0.05$). Packages containing nanosilver increased the shelf-life of fresh orange juice to 28 days, although parts of its sensory attributes weres lost.

Conclusion: Nanocomposite packaging containing 0.25% nano-ZnO can extend the shelf-life of natural orange juice for up to 28 days at 4°C, without any undesirable effects on its sensory characteristics.

Keywords: Orange juice, Nanocomposite, Nano-ZnO, Nanosilver

Archive of SID

www.SID.ir