مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال پانزدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، صفحات ۹۲-۸۳

بررسی تغییرات فیزیکوشیمیایی و میکروبی خیار تازه برش خورده در بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده از جنس پلی‌پروپیلن حاوی نانوذرات رس

بهروز عزیزیان دهکردی[۱]، نفیسه زمین‌دار[۲]، زهرا قربانی[۱]، لیلا مصفی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

۲- نویسنده مسئول: استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
پست الکترونیکی: n.zamindar@khuisf.ac.ir

۳- استادیار گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده فنی- مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۲/۶ تاریخ پذیرش: ۹۸/۶/۱۴

چکیده

سابقه و هدف: بسته‌بندی مواد غذایی از عمده‌ترین کاربردهای فناوری نانو در مبحث غذا است. از جمله نانوذرات مورد استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی می‌توان به نانوذرات رس اشاره کرد. این تحقیق با هدف بررسی اثر فیلم حاوی نانو ذرات رس و بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده به منظور کاهش فساد و افزایش عمر ماندگاری برش‌های تازه خیار انجام شد.

مواد و روش‌ها: تأثیر بسته‌بندی با فیلم حاوی نانوذرات رس بر برش‌های خیار بررسی شد. آزمون به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه سطح در فاکتور میزان رس (۰، ۱ و ۳٪) و شش سطح در فاکتور زمان (۰، ۳، ۵، ۷، ۹ و۱۱ روز) با سه تکرار انجام شد. برش‌های خیار در بسته‌بندی‌های از جنس پلی‌پروپیلن حاوی ۱ و ۳٪ نانوذرات رس و پلی‌پروپیلن بدون ذرات نانو (نمونه کنترل) تحت اتمسفر اصلاح شده بسته‌بندی شد. سپس بسته‌ها در دمای ۱±۴ درجه سانتی‌گراد در رطوبت نسبی ۲ ±۹۰٪ ذخیره سازی شد. ارزیابی بار میکروبی در فواصل ۵-۳ روز و ویژگی‌های شیمیایی، میزان کلروفیل، بافت، رنگ در فواصل ۲ روز انجام شد.

یافته‌ها: نمونه کنترل طی ۱۱ روز نگهداری وزن بیشتری از دست داد ($p<۰/۰۵$) همچنین در انتهای دوره نگهداری دارای بیشترین مقدار L*،a* و b* بود ($p<۰/۰۱$). کلروفیل و استحکام در فیلم حاوی ۳٪ نانوذرات کاهش کمتری نشان داد ($p<۰/۰۱$). همچنین استفاده از اتمسفر اصلاح شده راهکاری مناسب برای نگهداری میوه و سبزیجات است به طوری که بسته‌بندی حاوی نانوذرات رس تحت اتمسفر اصلاح شده به طور قابل توجهی باعث کاهش جمعیت میکروبی طی نگهداری شد ($p<۰/۰۵$).

نتیجه گیری: استفاده از بسته‌های حاوی نانوذرات رس تحت اتمسفر اصلاح شده گزینه مناسب‌تری نسبت به نمونه کنترل در حفظ محصول است.

واژگان کلیدی: برش‌های خیار، نانوذرات رس، بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده

• مقدمه

میوه‌ها و سبزی‌ها نقش مهمی در تامین نیاز غذایی و سلامت انسان دارند. خیار یک منبع غنی از مواد مغذی است. خیار گاز اتیلن کمی تولید می‌کند و نرخ تنفس آن (میزان کربن دی اکسید تولیدی برابر ۸ میلی‌لیتر بر کیلوگرم ساعت) با گذشت زمان کاهش می‌یابد. به دلیل میزان بالای رطوبت آن (۹۵٪)، پس از برداشت بسیار مستعد از دست دادن رطوبت و چروکیدگی است. همچنین خیار در برابر سرما بسیار حساس است (۱).

از میان روش‌های مختلف فراوری میوه‌ها و سبزی‌ها، تولید برش‌های تازه آنها به دلیل راحتی استفاده، تازگی محصول و عطر و طعم ویژه مورد توجه مصرف کنندگان قرار گرفته است (۲)، اما به دلیل آسیب به بافت محصول باعث تسریع در کاهش ارزش غذایی و خصوصیات حسی محصول و کاهش مدت ماندگاری آن می‌شود (۴، ۳). بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده یکی از روش‌های مؤثر بسته‌بندی است که امروزه در انواع محصولات کشاورزی به کار گرفته می‌شود که از طریق تغییر

در ترکیب اتمسفر داخل بسته، عمر ماندگاری محصول را ارتقا می‌دهد. گازهای معمول مورد استفاده در این روش، دی‌اکسید کربن، نیتروژن و اکسیژن می‌باشند که در برخی موارد از مونواکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد و گازهای بی اثر نیز استفاده می‌شود (۶، ۵). Wang و Qi (۱۹۹۷) افزایش ماندگاری نمونه‌های خیار نگهداری شده تحت اتمسفر اصلاح شده غیر فعال تا ۱۲روز و نمونه‌های کنترل تا ۶ روز را مشاهده کردند (۷). Manjunatha و Anurag (۲۰۱۲) نیز ماندگاری خیار را در بسته‌های اتمسفر اصلاح شده در ۴ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد بررسی نمودند. نتایج حاصل نشان داد خیارهای نگهداری شده تحت اتمسفر اصلاح شده کمترین میزان افت وزن (۱/۶۲ درصد) را نشان دادند (۸).

از آنجایی که پلیمرهای خالص همه خصوصیات مناسب مکانیکی و ممانعت‌کنندگی در برابر گازها را ندارند، امروزه مخلوط‌های پلیمری از جمله مخلوط نانو کامپوزیت-پلیمر به کار گرفته می‌شوند (۹). از آنجایی که لایه‌های رس سدی در برابر نفوذ گازها و بخار آب ایجاد می‌کند، بنابراین افزودن آنها به پلیمرها موجب افزایش خواص بازدارندگی آنها شده و خصوصیات پلیمرها را جهت استفاده در بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده بهبود می‌دهد. Han و همکاران (۲۰۱۰) و Bruna و همکاران (۲۰۱۲) با تهیه فیلم نانوکامپوزیت پلی‌اتیلن حاوی خاک رس اصلاح شده با یون‌های مس، مشاهده کردند که این نوع فیلم پایداری حرارتی و اثر ضدباکتری بیشتری نسبت به پلی‌اتیلن خالص دارد (۱۱، ۱۰).

Shahi و همکاران (۱۳۸۹) تاثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسید تیتانیوم (۳۰۰۰، ۹۰۰۰، ۳۰۰۰۰، ۱۰۰۰۰۰ و ۳۰۰۰۰۰ppm) را بر ماندگاری محصول خیار بررسی کرده و مشاهده نمودند بسته‌بندی با پوشش‌دهی غلظت ۳۰۰۰۰۰ppm، کمترین تغییر pH را در مدت ۲۰ روز در محصول در پی داشته است (۱۲).

در مطالعه‌ای با افزودن سه سطح ۱، ۳ و ۵٪ نانو ذرات رس به ماتریس پلیمری کیتوزان ویژگی‌های فیزیکی فیلم‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد افزودن نانو ذرات تا سطح ۳ درصد، موجب کاهش ۴۵ درصدی نفوذپذیری به بخار آب و افزایش ۲ درصدی مقاومت کششی فیلم‌ها گردید (۱۳).

با توجه به مطالب گفته شده هدف از این تحقیق بررسی اثر فیلم حاوی نانو ذرات رس و بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده به منظور کاهش فساد و افزایش عمر ماندگاری برش‌های تازه خیار می‌باشد که تاکنون در هیچ مطالعه‌ای مورد استفاده قرار نگرفته است.

• مواد و روش‌ها

مواد مصرفی: یک روز قبل از انجام آزمایشات خیار تازه (Cucumis Sativus L.) واریته نگین از گلخانه دانشگاه آزاد اصفهان تهیه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در سردخانه نگهداری شد.

آماده‌سازی و بسته‌بندی برش‌های خیار: خیار مورد استفاده با آب دیونیزه شسته و به قطعه‌هایی به طول ۵ سانتی‌متر بریده و جهت ضدعفونی کردن محصول با محلول هیپوکلریت سدیم به مدت ۲ دقیقه شسته شده و پس از آن، ۶ بار با آب شسته شدند. آب نمونه به وسیله سانتریفوژ ۱۱۰ دور بر دقیقه از محصول جدا و پس از آن برش‌ها به قطعات حدود ۲ سانتی‌متر برش داده شدند (۱۴).

بسته‌های پلی پروپیلنی ۱۰ گرمی (ضخامت ۰/۵ میلی‌متر) با درجه غذایی مناسب برای مواد خوراکی حاوی ۱ و ۳٪ نانوذرات رس به عنوان تیمارها و بدون نانوذرات به عنوان نمونه کنترل از شرکت فیروز بسپار یاران تهیه گردیدند. برش‌های خیار با وزن‌های ۱۵۰ گرم در بسته‌های تهیه شده ریخته و در دستگاه بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده تحت تزریق ۵٪ گاز اکسیژن، ۵٪ دی‌اکسیدکربن و ۹۰٪ نیتروژن قرار گرفتند. پس از دوخت حرارتی، بسته‌ها به مدت ۱۱ روز در سردخانه در دمای ۱±۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. آزمایش‌ها در روزهای ۰، ۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱ با سه تکرار انجام شدند.

اسیدیته، pH و مواد جامد محلول: ۶۰ گرم خیار در خردکن آزمایشگاهی برای ۲ دقیقه همگن گردید. نمونه بدست آمده با استفاده از سانتریفوژ به مدت ۳۰ دقیقه و ۸۰۰ دور بر دقیقه سانتریفوژ شد و pH عصاره بدست آمده بعد از عبور از کاغذ صافی با استفاده از دستگاه pH متر اندازه‌گیری گردید (۱۵).

۶ میلی‌لیتر عصاره با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH برابر ۸/۱ تیتر گردید و اسیدیته بر اساس گرم اسید مالیک بر ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره میوه طبق رابطه (1) گزارش شد (۳). درصد مواد جامد محلول با استفاده از رفراکتومتر دستی اندازه‌گیری گردید (۱۵).

رابطه (1) $$A = \frac{\mathrm{SNFE}}{C} \times 100$$

A: مقدار اسید در عصاره میوه؛
S: مقدار سود مصرف شده (ml)؛
N: نرمالیته سود؛
F: فاکتور سود مصرفی (۱)؛
E: اکی والان اسید غالب میوه (خیار: ۶۷)؛
C: مقدار عصاره میوه (ml).

محتوی کلروفیل: ۵ گرم خیار در خردکن آزمایشگاهی برای ۲ دقیقه خرد و با ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ در یک هموژنایزر همگن گردید. نمونه بدست آمده به مدت ۳۰ ثانیه در ۲۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفوژ شد. پس از عبور مخلوط از طریق ۴ لایه کاغذ صافی به مدت ۱۵ دقیقه در ۲۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفوژ شد. جذب همگن فیلتر شده در دستگاه اسپکتروفتومتر در دو طول موج ۶۴۷ و ۶۶۴/۵ نانومتر اندازه‌گیری شد و محتوای کلروفیل بر اساس رابطه (۲) بر حسب میلی‌گرم بر گرم نمونه بدست آمد (۱۴).

رابطه (۲) کلروفیل= (۱۷/۹۵$A_{۶۴۷}$) +(۷/۹$A_{۶۶۴/۵}$)

$A_{۶۴۷}$: جذب همگن فیلتر شده در طول موج ۶۴۷ نانومتر
$A_{۶۶۴/۵}$: جذب همگن فیلتر شده در طول موج ۶۶۴/۵ نانومتر

ارزیابی بافت: برای اندازه‌گیری استحکام از دستگاه ارزیابی بافت (اینسترانِ)، با نصب پروب استوانه‌ای به قطر ۵ میلی‌متر و سرعت ۵ میلیمتر بر ثانیه تا عمق ۱۰ میلی‌متر استفاده شد. حداکثر نیرو بر حسب نیوتن به عنوان استحکام گزارش گردید (۱۶).

ارزیابی رنگ: شاخص‌های L^*، a^* و b^* گوشت نمونه‌های برش‌های خیار طی دوره نگهداری با استفاده از دستگاه رنگ سنج RGB ارزیابی شدند. شاخص L^* بیانگر رنگ سفید تا سیاه، a^* سبز تا قرمز و b^* آبی تا زرد است (۱۷).

افت وزن: درصد کاهش وزن در هر تیمار (۱٪ نانوذرات، ۳٪ نانوذرات و کنترل) اندازه‌گیری و افت وزن بر اساس رابطه (۳) گزارش شد (۱۴).

افت وزن (٪) = (وزن برش‌ها بعد از ذخیره سازی − وزن برش‌ها قبل از ذخیره سازی / وزن برش‌ها قبل از ذخیره سازی) ×۱۰۰

ارزیابی بصری خصوصیات کیفی: آزمایشات با استفاده از ده نفر پنلیست و تست پنج نقطه‌ای انجام شد. از گروه ارزیاب خواسته شد که پس از مطالعه دستورالعمل به خصوصیات نمونه‌های خیار (پوسیدگی، رنگ، سرمازدگی و فساد) نمره ۱ (بهترین نمونه) و نمره ۵ (بدترین نمونه) بدهند. سپس مجموع نمرات هر نفر به عنوان نمره کلی به نمونه خیار در نظر گرفته شد (۱۶).

ارزیابی بار میکروبی: باکتری‌های سرماگرا، کپک و مخمر به منظور تعیین فلور میکروبی برش‌های خیار شمارش شدند. ۲۵ گرم از هر نمونه داخل سرم فیزیولوژیک قرار گرفت و ۳۰ دقیقه به آرامی همزده شد و رقت‌های مورد نظر از آن تهیه گردید. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از هر رقت به پلیت‌های استریل حاوی ۱۵ سی‌سی محیط کشت‌های استریل منتقل و در انکوباتور نگهداری شدند. محیط کشت پلیت کانت آگار (PCA) و نگهداری در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ روز برای شمارش باکتری‌های سرماگرا و محیط کشت دیکلوران رُز بنگال کلرامفنیکول آگار (DRBC) و نگهداری در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و شمارش بعد از ۳ روز برای مخمر و شمارش بعد از ۵ روز برای کپک‌ها استفاده شد. با شمارش کلنی‌ها نتایج به صورت Log Cfu/g گزارش شد (۱۴).

طرح آماری مورد استفاده و روش آنالیز نتایج: این بررسی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه سطح در فاکتور میزان نانورس (۰، ۱ و ۳٪) و شش سطح در فاکتور زمان (۰، ۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱ روز) با ۳ تکرار انجام شد. طرح آزمایش با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ و نرم افزار SAS 9.1 جهت تجزیه آماری داده‌های بدست آمده انجام شد.

• یافته‌ها

نتایج بررسی‌های فیزیکوشیمیایی برش‌های خیار در جدول ۱ آورده شده است.

اسیدیته و pH : در جدول ۱ مشاهده می‌شود که که pH برش‌های خیار در هر سه حالت در محدوده خنثی قرار دارد و تنها زمان نگهداری اثر معنی داری بر تغییرات pH نشان داد ($p<۰/۰۱$)، ابتدا pH کاهش و در ادامه به سمت قلیایی میل می‌کند.

همچنین در هر سه نمونه آزمایش با گذشت زمان مقدار اسیدیته کاهش می‌یابد و برش‌های خیار نگهداری شده در بسته‌های حاوی ۱٪ نانو ذرات رس محتوای اسید بالاتری نسبت به دو تیمار دیگر دارند (جدول ۱). بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار درصد نانو ذرات، زمان و اثر متقابل آن دو اثر معنی‌داری بر تغییرات اسیدیته ندارد. در تیمار ۳٪ نانوذرات در روز آخر آزمایش اندکی افزایش در اسیدیته مشاهده شده بود.

جدول ۱. تغییرات میزان pH، اسیدیته، مواد جامد محلول، کلروفیل، استحکام و افت وزن طی دوره نگهداری

نوع بسته	زمان (روز)	پارامتر					
		pH	اسیدیته (گرم اسید مالیک بر صد میلی‌لیتر عصاره خیار)	مواد جامد محلول (٪)	کلروفیل (میلی‌گرم بر گرم)	استحکام (نیوتن)	افت وزن (٪)
کنترل	۰	۶/۰±۷۴/۳۱^{a}	۰/۰±۶۶/۰۶^{a}	۳/۰±۵/۲^{a}	۱۴/۰±۸/۴^{a}	۱۲/۱±۸/۲^{a}	۲/۰±۳/۲^{b}
	۳	۶/۰±۶۸/۲۸^{a}	۰/۰±۶۶/۰۶^{a}	۳/۰±۴/۱^{ab}	۹/۰±۹/۵^{b}	۱۲/۰±۱/۹^{a}	۲/۰±۸/۳^{ab}
	۴	۶/۰±۵۹/۴۱^{a}	۰/۰±۶۴/۰۲^{a}	۳/۰±۲/۵^{bc}	۹/۰±۴/۳^{b}	۹/۱±۷/۸^{b}	۳/۰±۷/۱^{a}
	۷	۶/۰±۵۹/۳۹^{a}	۰/۰±۶۲/۰۵^{a}	۳/۰±۱/۲^{bc}	۸/۰±۹/۲^{bc}	۸/۱±۸/۶^{bc}	۳/۰±۹/۳^{a}
	۹	۶/۰±۵۸/۲۷^{a}	۰/۰±۶۳/۰۵^{a}	۳/۰±۱/۴^{bc}	۷/۰±۷/۴^{cd}	۷/۱±۷/۷^{c}	۴/۰±۳/۲^{a}
	۱۱	۶/۰±۵۹/۳۶^{a}	۰/۰±۶۳/۰۴^{a}	۳/۰±۱/۳^{c}	۷/۰±۱/۱^{d}	۵/۱±۳/۴^{d}	۴/۰±۵/۴^{a}
٪۱	۰	۶/۰±۸۱/۳۲^{a}	۰/۰±۷۲/۰۵^{a}	۳/۰±۵/۳^{a}	۱۴/۰±۴/۳^{a}	۱۳/۱±۸/۱^{a}	۱/۰±۶/۲^{d}
	۳	۶/۰±۶۶/۲۴^{a}	۰/۰±۶۹/۰۴^{a}	۳/۰±۵/۴^{a}	۱۰/۰±۸/۱^{b}	۱۲/۱±۳/۲^{ab}	۲/۰±۵/۱^{dc}
	۴	۶/۰±۵۹/۵۵^{a}	۰/۰±۶۸/۰۲^{a}	۳/۰±۴/۲^{ab}	۱۰/۰±۴/۵^{b}	۱۰/۱±۵/۶^{bc}	۲/۰±۹/۳^{bc}
	۷	۶/۰±۵۶/۱۲^{a}	۰/۰±۶۷/۰۸^{a}	۳/۰±۳/۵^{ab}	۹/۰±۸/۴^{b}	۹/۲±۳/۱^{c}	۳/۰±۴/۱^{abc}
	۹	۶/۰±۵۹/۶۳^{a}	۰/۰±۶۷/۰۵^{a}	۳/۰±۲/۴^{ab}	۹/۰±۸/۶^{b}	۸/۱±۹/۳^{dc}	۳/۰±۴/۱^{abc}
	۱۱	۶/۰±۶۳/۲۶^{a}	۰/۰±۶۵/۰۶^{a}	۳/۰±۱/۲^{b}	۷/۰±۷/۲^{c}	۷/۱±۱/۶^{d}	۴/۰±۳/۲^{a}
٪۳	۰	۶/۰±۸۲/۳۴^{a}	۰/۰±۶۹/۰۳^{a}	۳/۰±۵/۳^{a}	۱۵/۰±۵/۶^{a}	۱۳/۲±۱/۳^{a}	۱/۰±۹/۱^{d}
	۳	۶/۰±۶۴/۴۶^{b}	۰/۰±۶۸/۰۴^{a}	۳/۰±۴/۲^{ab}	۱۱/۰±۲/۴^{b}	۱۳/۱±۱/۵^{a}	۲/۰±۶/۴^{dc}
	۴	۶/۰±۵۷/۱۹^{b}	۰/۰±۶۷/۰۲^{a}	۳/۰±۳/۴^{ab}	۱۰/۰±۵/۲^{bc}	۱۱/۱±۷/۲^{ab}	۲/۰±۸/۱^{bc}
	۷	۶/۰±۵۵/۲۲^{b}	۰/۰±۶۵/۰۴^{a}	۳/۰±۲/۳^{b}	۱۰/۰±۲/۳^{bc}	۱۰/۱±۹/۶^{b}	۳/۰±۲/۲^{abc}
	۹	۶/۰±۵۴/۳۵^{b}	۰/۰±۶۵/۰۶^{a}	۳/۰±۲/۱^{b}	۹/۰±۷/۱^{c}	۹/۱±۱/۳^{c}	۳/۰±۶/۳^{ab}
	۱۱	۶/۰±۵۸/۴۷^{b}	۰/۰±۶۶/۰۲^{a}	۳/۰±۲/۱^{b}	۷/۰±۹/۳^{d}	۷/۱±۸/۷^{c}	۳/۰±۹/۲^{a}

- اعداد، میانگین ± انحراف معیار (سه تکرار) می‌باشند.

- حروف کوچک مشابه نشان دهنده عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ بین روزهای هر تیمار می‌باشد.

مواد جامد محلول: تنها زمان نگهداری اثر معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) بر تغییرات مواد جامد محلول داشته است (جدول ۱)، به طوری در همه تیمارها با گذشت زمان مواد جامد محلول کاهش یافته است. در نمونه کنترل این کاهش با شدت بیشتری نسبت به تیمارهای نانوذرات انجام گرفته است. تیمار حاوی ۳٪ نانوذرات اندکی بهتر مواد جامد محلول را حفظ نموده است.

کلروفیل: میزان کلروفیل در نمونه کنترل طی ۱۱ روز نگهداری کاهش بیشتری نشان داده است (جدول ۱). اثر نانوذرات و زمان بر میزان کلروفیل معنی‌دار است ($p<۰/۰۱$)، به گونه ای که در فیلم‌های حاوی ۳٪ نانوذرات میزان کلروفیل کاهش بیشتری مشاهده شد.

رنگ: در این تحقیق میزان فاکتورهای L*، a* و b* افزایش یافته است (جدول ۲) که نشان‌دهنده کاهش سبزی و افزایش زردی خیار می‌باشد. همچنین افزایش شاخص ΔE نشان دهنده افزایش تغییرات رنگی نسبت به روز اول می‌باشد. در جدول (۲) مشاهده می‌شود نمونه کنترل در انتهای دوره نگهداری دارای بیشترین مقدار L*، a*، b* و ΔE می‌باشد. اثر زمان بر فاکتورهای L*، a*، b* و ΔE معنی‌دار بوده است ($p<۰/۰۱$). اثر متقابل فیلم بسته‌بندی و زمان بر هیچ یک از فاکتورهای رنگ سنجی اثر معنی‌داری نداشت. افزودن نانوذرات رس به فیلم بسته‌بندی بر شاخص L* و شاخص a* اثر معنی‌دار داشته است ($p<۰/۰۱$) اما اثر این فاکتور بر b* و ΔE معنی‌دار نیست.

استحکام: در جدول (۱) مشاهده می‌شود با گذشت زمان مقادیر استحکام کاهش معنی‌داری یافت ($p<۰/۰۱$). افزودن نانوذرات به فیلم بسته‌بندی باعث بهبود بافت نمونه‌ها و ایجاد اختلاف معنی‌دار بین استحکام این نمونه‌ها با نمونه کنترل شده است. همچنین بین ۱ و ۳٪ نانوذرات اختلاف معنی‌دار وجود داشته به گونه‌ای که پوشش حاوی ۳٪ نانوذرات به بهبود بافت کمک می‌نماید.

افت وزن: با توجه به نتایج آنالیز واریانس مشخص می‌شود که بین ۱ و ۳٪ نانوذرات رس اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). فاکتور زمان اثر معنی‌داری بر کاهش وزن نشان داده است ($p<۰/۰۱$). با مقایسه میزان افت وزن در تیمارهای مختلف، نمونه‌های کنترل به طور معنی‌داری وزن بیشتری از دست داده‌اند ($p<۰/۰۵$).

جدول ۲. تغییرات میزان رنگ و خصوصیات کیفی بصری برش‌های خیار طی دوره نگهداری.

نوع بسته	زمان (روز)	پارامترها				خصوصیات کیفی بصری
		a*	b*	L*	ΔE	
کنترل	۰	-۱۳/۱±۹/۲^{b}	۲۸/۱±۳۱/۴^{b}	۲۸/۲±۳۳/۴^{c}	۲/۰±۱/۷^{c}	۴/۰±۰/۹^{f}
	۳	-۱۲/۲±۴/۴^{b}	۲۹/۳±۶۲/۱^{ab}	۳۰/۴±۲^{bc}	۱۰/۱±۱/۱^{b}	۴/۸±۰/۷^{e}
	۴	-۸/۱±۰/۶^{a}	۳۰/۰±۴۴/۶^{ab}	۳۵/۱±۱۳/۶^{ab}	۱۰/۱±۵۵/۶^{b}	۵/۴±۱/۱^{d}
	۷	-۷/۱±۱/۱^{a}	۳۲/۲±۲۲/۲^{ab}	۳۸/۲±۰۳/۵^{a}	۱۴/۱±۹/۲^{ab}	۶/۵±۰/۷^{c}
	۹	-۷/۰±۱/۷^{a}	۳۳/۱±۰۹/۷^{ab}	۴۰/۲±۷۶/۳^{a}	۱۶/۱±۹/۳^{ab}	۸/۹±۱/۱^{b}
	۱۱	-۶/۱±۳/۴^{a}	۳۴/۲±۲۷/۱^{a}	۴۰/۳±۷۰/۸^{a}	۲۱/۱±۹/۱^{a}	۱۱/۶±۰/۷^{a}
٪۱	۰	-۱۴/۲±۳/۱^{c}	۲۶/۳±۲۷/۴^{c}	۲۶/۳±۲۳/۲^{c}	۲/۰±۳/۴^{e}	۴/۰±۰/۹^{f}
	۳	-۱۳/۱±۱/۶^{bc}	۲۸/۲±۲۲/۹^{bc}	۲۷/۲±۹۶^{bc}	۶/۲±۸/۱^{d}	۴/۶±۰/۷^{e}
	۴	-۱۰/۲±۵/۲^{ab}	۲۹/۱±۱۸^{abc}	۳۰/۲±۴۷/۷^{abc}	۱۰/۱±۲/۱^{c}	۵/۰±۰/۷^{d}
	۷	-۸/۲±۸/۱^{a}	۳۰/۱±۲۱/۵^{abc}	۳۲/۴±۶/۲^{abc}	۱۳/۱±۵/۲^{b}	۶/۳±۱/۰^{c}
	۹	-۸/۱±۳/۷^{a}	۳۲/۴±۲۱/۶^{ab}	۳۳/۴±۳۶^{ab}	۱۴/۱±۶/۶^{b}	۸/۷±۱/۱^{b}
	۱۱	-۸/۱±۶/۳^{a}	۳۳/۱±۴۸/۱^{a}	۳۶/۳±۷/۶^{a}	۱۹/۱±۱/۹^{a}	۱۰/۹±۱/۱^{a}
٪۳	۰	-۱۵/۲±۹/۴^{a}	۲۶/۲±۱۱/۹^{b}	۲۳/۲±۴۳/۵^{c}	۲/۰±۴/۹^{c}	۴/۰±۰/۵^{e}
	۳	-۱۳/۲±۵/۵^{a}	۲۹/۱±۱۸/۸^{ab}	۲۶/۲±۸۶/۶^{bc}	۷/۱±۴/۸^{b}	۴/۳±۰/۵^{e}
	۴	-۱۲/۲±۸/۵^{a}	۳۰/۱±۲۴/۹^{ab}	۲۸/۱±۷۳/۸^{abc}	۱۰/۱±۱/۲^{b}	۵/۱±۰/۸^{d}
	۷	-۱۰/۲±۱/۷^{a}	۳۱/۲±۱۳/۵^{ab}	۳۱/۲±۰۳/۴^{ab}	۱۷/۱±۶/۵^{a}	۶/۰±۱/۳^{c}
	۹	-۹/۱±۵/۳^{a}	۳۲/۱±۶۴/۳^{a}	۳۴/۲±۰۳/۳^{a}	۱۶/۲±۸/۳^{a}	۸/۰±۱/۳^{b}
	۱۱	-۹/۲±۹/۴^{a}	۳۲/۲±۶۶/۴^{a}	۳۴/۴±۲۷/۴^{a}	۱۷/۱±۵/۴^{a}	۱۰/۳±۱/۲^{a}

- اعداد، میانگین ± انحراف معیار (سه تکرار) می‌باشند.
- حروف کوچک مشابه نشان دهنده عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ بین روزهای هر تیمار می‌باشد.

خصوصیات کیفی بصری: در این تحقیق نمونه‌هایی که دارای امتیاز پایین‌تری هستند از کیفیت مطلوب‌تری برخوردارند. پذیرش خصوصیات حسی در همه تیمارها با گذشت زمان کاهش یافت و نمونه کنترل در انتهای دوره نگهداری بیشترین نمره را به خود اختصاص داده است که نشان دهنده کاهش کیفیت آن می‌باشد (جدول ۲). همچنین مشاهده می‌شود بین روز اول و سوم تیمار حاوی ۳٪ نانوذرات اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و این نمونه تا روز سوم کیفیت خود را بهتر حفظ نمود. با گذشت زمان، ظاهر و رنگ سطح برش‌های خیار نامطلوب می‌گردد. فاکتورهای زمان، درصد نانوذرات و اثر متقابل زمان-درصد نانوذرات بر روی خصوصیات کیفی اثر معنی‌داری نشان داده‌اند ($p<0/01$). با افزایش درصد نانوذرات کیفیت برش‌های خیار بهتر حفظ شده و نمونه‌ها امتیاز کمتری گرفت.

اثر نوع فیلم بسته‌بندی بر جمعیت میکروبی: در جدول (۳) نتایج حاصل از شمارش باکتری‌های سرماگرا و کپک و مخمر نمونه‌ها نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان شمارش در هر روز افزایش می‌یابد ($p<0/05$). از نتایج آنالیز واریانس می‌توان استنباط کرد که تیمار درصد نانوذرات و زمان بر میزان شمارش اثر معنی‌داری نشان داده‌اند اما اثر متقابل آنها اثر معنی داری نداشته است. بین تیمار ۱٪ و ۳٪ نانوذرات تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

• بحث

اسیدیته و pH: میزان pH، معرف اسیدی و یا قلیایی بودن میوه‌ها و سبزیجات می‌باشد. مشاهده می‌شود که pH برش‌های خیار در هر سه حالت در محدوده خنثی قرار دارد و تنها زمان نگهداری اثر معنی داری بر تغییرات pH نشان داد (جدول ۱). ابتدا pH کاهش و در ادامه به سمت قلیایی میل می‌کند. گزارش شده که تنفس باعث افزایش pH و حل شدن دی‌اکسیدکربن باعث کاهش آن می‌گردد. با بیشتر شدن غلظت دی‌اکسید کربن سرعت تنفس کاهش یافته و دی‌اکسید کربن در عصاره برش‌های خیار حل می‌شود که این امر باعث کاهش pH آن می‌گردد (۱۸).

جدول ۳. تغییرات میزان شمارش باکتری‌های سرماگرا، کپک و مخمر برش‌های خیار طی دوره نگهداری

نوع بسته	زمان (روز)	پارامترها	
		شمارش باکتری‌های سرماگرا (log cfu/g)	شمارش کپک و مخمر (log cfu/g)
کنترل	۰	۳/۰±۷/۶^{d}	۳/۰±۲/۳^{e}
	۳	۴/۱±۸/۰^{cd}	۳/۰±۸/۶^{de}
	۵	۵/۱±۵/۱^{cd}	۴/۰±۵/۴^{dc}
	۷	۶/۰±۳/۶^{bc}	۵/۰±۴/۳^{bc}
	۹	۷/۰±۴/۶^{b}	۶/۰±۵/۷^{b}
	۱۱	۸/۱±۲/۰^{a}	۷/۰±۳/۹^{a}
٪۱	۰	۳/۰±۲/۶^{c}	۲/۰±۶/۴^{e}
	۳	۴/۰±۳/۶^{c}	۳/۰±۳/۵^{de}
	۵	۴/۱±۹/۰^{c}	۳/۰±۷/۴^{cd}
	۷	۵/۰±۳/۶^{bc}	۴/۰±۴/۶^{c}
	۹	۶/۰±۶/۶^{b}	۵/۰±۶/۴^{b}
	۱۱	۷/۱±۵/۱^{a}	۶/۰±۴/۵^{a}
٪۳	۰	۳/۰±۳/۶^{c}	۲/۰±۵/۵^{d}
	۳	۴/۰±۵/۶^{c}	۳/۰±۱/۳^{d}
	۵	۴/۰±۷/۶^{bc}	۳/۰±۶/۷^{dc}
	۷	۵/۱±۶/۰^{bc}	۴/۰±۱/۵^{c}
	۹	۶/۱±۳/۳^{b}	۵/۰±۲/۹^{b}
	۱۱	۷/۰±۷/۵^{a}	۶/۱±۷/۱^{a}

-اعداد، میانگین ± انحراف معیار (سه تکرار) می‌باشند.

-حروف کوچک مشابه نشان دهنده عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ بین روزهای هر تیمار می‌باشد.

اسیدیته یکی از فاکتورهای مهم در تعیین طعم است. در هر سه نمونه آزمایش با گذشت زمان مقدار اسیدیته کاهش می‌یابد (جدول ۱) که با نتایج به دست آمده از روند pH همخوانی داشت چرا که میزان pH، معرف اسیدی و یا قلیایی بودن میوه‌ها و سبزیجات می‌باشد. Fonseca و همکاران (۲۰۰۲) علت آن را کاهش میزان قند در دسترس تنفس با گذشت زمان و تنفس محصول و مصرف اسیدهای آلی و کاهش مقدار آن دانستند (۱۹). میزان اسیدیته برش‌های خیار در بسته‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۱). در تیمار ۳٪ نانوذرات در روز آخر آزمایش اندکی افزایش در اسیدیته مشاهده شده بود. Palma و همکاران (۲۰۰۶) این افزایش را به تجمع بیشتر دی‌اکسیدکربن در داخل بسته و حل شدن آن در مایع درون سلولی مرتبط می‌دانند (۲۰).

مواد جامد محلول: تنها زمان نگهداری اثر معنی‌داری بر تغییرات مواد جامد محلول داشته است (جدول ۱)، به طوری که در اثر تنفس محصول طی زمان نگهداری و تبدیل قند محلول به دی‌اکسیدکربن و آب، در همه تیمارها با گذشت زمان مواد جامد محلول کاهش یافته است که مطابق با نتایج به دست آمده از افت وزن نیز می‌باشد. در نمونه کنترل این کاهش با شدت بیشتری نسبت به تیمارهای نانوذرات انجام گرفته است. تیمار حاوی ۳٪ نانوذرات به دلیل افزایش میزان تجمع دی‌اکسیدکربن و کاهش اکسیژن و به تبع آن کاهش سرعت تنفس در انتهای دوره نگهداری اندکی بهتر مواد جامد محلول را حفظ نموده است. Tabatabai و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی تأثیر دما و اتمسفر اصلاح شده بر خصوصیات گوجه فرنگی، حفظ بهتر مواد جامد محلول به دلیل کاهش شدت تنفس در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با کاهش دما از ۲۰ به ۴ درجه سانتی‌گراد را مشاهده کردند (۲۱).

کلروفیل: از آنجایی که پیگمان‌های سبز رنگ کلروفیل نقش اساسی در حفظ کیفیت بصری برش‌های خیار دارند، زمانی که کلروفیل تجزیه گردد باعث زردتر شدن خیار می‌شود. میزان کلروفیل در نمونه کنترل طی ۱۱ روز نگهداری کاهش بیشتری نشان داده است (جدول ۱). اثر نانوذرات و زمان بر میزان کلروفیل معنی‌دار است، به گونه ای که فیلم‌های حاوی ۳٪ نانوذرات میزان کاهش pH بیشتری داشت که این عامل باعث کاهش میزان کلروفیل می‌شود. از طرفی با ممانعت بیشتر از ورود اکسیژن در این بسته و کاهش اکسیداسیون کلروفیل بیشتر حفظ شده است که این نتایج نشان می‌دهد سیستم‌های اکسیداسیون اثر بیشتری بر کاهش کلروفیل دارد که با نتایج Kaynas و Ozelkok (۱۹۹۹) مطابقت دارد (۲۲).

رنگ: حفظ رنگ محصولات تازه در پذیرش محصول از نظر مصرف کننده حائز اهمیت می‌باشد. در این تحقیق میزان فاکتورهای L*،a* و b* افزایش یافته است (جدول ۲) که نشان‌دهنده کاهش سبزی و افزایش زردی خیار می‌باشد که در اثر تجزیه کلروفیل رخ داده است. افزایش فاکتور L* به دلیل تنفس محصول و کاهش رنگ سبز آن می‌باشد. همچنین افزایش شاخص ΔE نشان دهنده افزایش تغییرات رنگی نسبت به روز اول می‌باشد. در جدول (۲) مشاهده می‌شود نمونه کنترل در انتهای دوره نگهداری دارای بیشترین مقدار L*، a*، b* و ΔE می‌باشد که با نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌ها مطابقت دارد چرا که رنگ در پذیرش محصول از نظر مصرف کننده حائز اهمیت می‌باشد. نتایج حاصل با نتایج Manjunatha و Anurag (۲۰۱۲) مطابقت دارد (۱۶).

استحکام: استحکام بافت یک خصوصیت مهم در بررسی کیفیت میوها و سبزی‌ها می‌باشد. مشاهده می‌شود با گذشت زمان مقادیر استحکام کاهش معنی‌داری یافت که با نتایج Manjunatha و Anurag (۲۰۱۲) مطابقت دارد (۱۶). افزودن نانوذرات به فیلم بسته‌بندی باعث بهبود بافت نمونه‌ها و ایجاد اختلاف معنی‌دار بین استحکام این نمونه‌ها با نمونه کنترل شده است. همچنین بین ۱ و ۳٪ نانوذرات اختلاف معنی‌دار وجود داشته به گونه‌ای که پوشش حاوی ۳٪ نانوذرات، دی‌اکسیدکربن را بهتر در داخل بسته حفظ نموده و از ورود اکسیژن به درون بسته ممانعت می‌نماید. نانوذرات رس با ایجاد سدی در برابر خروج رطوبت به حفظ رطوبت محصول و بهبود بافت کمک می‌نماید. کاهش تنفس و کاهش از دست رفتن رطوبت برش‌های خیار در حفظ سفتی بافت در طول دوره انبارمانی نقش دارند.

افت وزن: افت وزن و ایجاد ظاهری چروکیده از جمله مشکلاتی هستند که در اثر از دست دادن رطوبت در خیار رخ می‌دهند. در این بررسی میزان از دست رفتن وزن تمام تیمارها در طول زمان به دلیل افزایش تنفس و تعریق محصول و در نتیجه از دست دادن رطوبت بیشتر (۲۳) به طور مداوم طی دوره نگهداری افزایش می‌یابد. تا روز ۳ نگهداری افت وزن بسته‌های ۳٪ بیش‌تر از ۱٪ بود و از روز ۳ تا روز ۱۱ نگهداری افت وزن بسته‌های ۱٪ بیشتر از ۳٪ مشاهده گردید. در هر صورت افت وزن در نمونه‌های کنترل در تمامی روزها به طور معنی‌داری بالاتر از نمونه‌های نانو بود. علت افت وزن بیشتر نمونه‌های کنترل در مقایسه با تیمارهای مختلف، ایجاد مسیری پر پیچ و خم توسط صفحات نانورس و جلوگیری از عبور مولکول‌های گازی از جمله بخار آب از پلیمر می‌باشد. Manjunathaو Anurag (۲۰۱۲) نیز بعد از ۱۲ روز نگهداری خیار به نتایج مشابهی دست یافتند (۱۶).

خصوصیات کیفی بصری: خصوصیات حسی در همه تیمارها با گذشت زمان کاهش یافت و نمونه کنترل در انتهای دوره نگهداری کیفیت پایین‌تری دارا بود (جدول ۲). همچنین مشاهده شد بین روز اول و سوم تیمار حاوی ۳٪ نانوذرات اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و این نمونه تا روز سوم کیفیت خود را بهتر حفظ نمود. چروکیده شدن سطح برش‌های خیار با از دست دادن آب طی گذشت زمان و ایجاد ظاهر و رنگ نامطلوب، فساد و پوسیدگی ناشی از رشد کپک‌ها و باکتری‌ها و همچنین احتمال ایجاد سرمازدگی در دمای پایین باعث کاهش ارزیابی کیفی بصری می‌گردند. با افزایش درصد نانوذرات به فیلم بسته‌بندی قابلیت نفوذ آن به بخار آب کاهش یافته که این امر موجب کاهش از دست دادن رطوبت و چروکیدگی شده و کیفیت برش‌های خیار بهتر حفظ می‌گردد. همچنین نانوذرات موجب کاهش رشد کپک‌ها و باکتری‌ها و کاهش عارضه سرمازدگی از طریق حفظ بهتر گاز دی‌اکسید-کربن حاصل از تنفس می‌شوند (۲۴). این نتایج با نتایج Wang و Qi (۱۹۹۷) مطابقت دارد (۷).

اثر نوع فیلم بسته‌بندی بر جمعیت میکروبی: در تولید برش‌های تازه میوه و سبزیجات به جهت عدم استفاده از حرارت برای از بین بردن میکروب‌ها باید راهکارهای مناسب جهت دستیابی به سلامت میکروبی استفاده نمود. دی‌اکسید-کربن خاصیت ضد قارچی و ضد باکتریایی داشته که این خاصیت بستگی زیادی به غلظت آن دارد. همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود میزان شمارش در هر روز افزایش می‌یابد. کاهش معنی‌دار رشد کپک و مخمر و همچنین باکتری‌های سرماگرا در بسته حاوی نانوذرات رس نسبت به تیمار کنترل می‌تواند به دلیل تجمع دی‌اکسیدکربن داخل بسته باشد (۱۷). بین تیمار ۱٪ و ۳٪ نانوذرات تفاوت معنی-داری وجود ندارد که می‌تواند به دلیل عدم اختلاف معنی‌دار بین تجمع دی‌اکسیدکربن بین این دو تیمار باشد که مطابق با نتایج Wang و Qi (۱۹۹۷) گزارش شد (۷).

به طور کلی، استفاده از بسته‌بندی نانو در این پژوهش موجب افزایش زمان ماندگاری خیار تازه برش خورده به ۱۱روز نسبت به بسته‌بندی بدون نانو (۶ روز) شد که یافته-های پژوهش حاضر با نتایج بررسی‌های سایر محققان مبنی بر اینکه افزودن نانوذرات رس به فیلم بسته‌بندی با کاهش تنفس و از دست رفتن رطوبت به حفظ بهتر خصوصیات کیفی بصری و کاهش افت وزن و رشد کپک‌ها و

باکتری‌ها کمک کرده، همخوانی داشت و راهکاری مناسب بر افزایش عمر نگهداری میوه‌جات و سبزیجات است.

با توجه به نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌شود که از بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده از جنس پلی‌پروپیلن حاوی نانوذرات رس به منظور بهبود ویژگی‌های کیفی خیار تازه برش خورده در کارخانجات تهیه این محصولات استفاده شود. توصیه می‌گردد که درباره استفاده از این بسته‌ها بر روی سایر میوه‌ها و سبزیجات و همچنین مهاجرت ذرات نانو به محصول تحقیقات بیشتری انجام شود.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از گروه مواد غذایی سایدا (شرکت تعاونی متین سبز زاینده رود) به دلیل همکاری در عملیات اجرایی این پژوهش قدردانی می‌کنند.

• References

1. Ayhan Z, Eştürk O. Overall Quality and Shelf Life of Minimally Processed and Modified Atmosphere Packaged "Ready-to-Eat" Pomegranate Arils. Food Sci 2009; 74: 399-405.
2. Caner C, Aday MS, Demir M. Extending the quality of fresh strawberries by equilibrium modified atmosphere packaging. Food Research Technology 2008; 227: 1575-1583.
3. Bahramian F, Javanmard M. Shelf-life stability of fresh-cuts melon coated with whey protein stored at low temperatures. Iran J Nutr Sci Food Technol 2010; 5 (2) :53-62 [in Persian].
4. Aviram M, Dornfeld L. Pomegranate juice consumption inhibits serum angiotensin converting enzyme activity and reduces systolic blood pressure. Atherosclerosis 2001; 158: 195-198.
5. Caleb OJ, Mahajan PV, Al-Said FAJ, Opara UL. Modified Atmosphere Packaging Technology of Fresh and Fresh-cut Produce and the Microbial Consequences-A Review. Food Bioprocess Technol 2013; 6: 303-329.
6. Caleb OJ, Mahajan PV, Opara UL, Witthuhn CR. Modelling the respiration rates of pomegranate fruit and arils. Postharvest Biol Technol 2012a; 64: 49-54.
7. Wang CY, Qi L. Modified Atmosphere Packaging alleviates chilling injury in cucumbers. Postharvest Biol Technol 1997; 10: 195–200.
8. Manjunatha M, Anurag RK. Effect of modified atmosphere packaging and storage conditions on quality characteristics of cucumber. Journal Food Science Technology 2012; 51: 470–475.
9. Almenar E, Del Valle D, Catala R, Gavara R. Active package for wild strawberry fruit (Fragaria vesca L.). J Agrical Food Chem 2007; 55: 240-245.
10. Han YS, Lee SH, Choi KH, Park I. Preparation and characterization of chitosan-clay nanocomposites with antimicrobial activity. J Phys Chem Solids 2010; 71: 464-467.
11. Bruna JE, Penaloza A, Guarda A, Rodriguez F, Galotto MJ. Development of MtCu 2+-LDPE nanocomposites with antimicrobial activity for potential use in food packaging. Appl Clay Sci 2012; 58: 79-87.
12. Shahi M, Khojastehpoor M, Afshari H, Abaspoorfard H. The effect of packing with titanium oxide coating on the pH of the cucumber product. 6th National Congress on Agricultural Machinery Mechanization/; 2010 Sep 15-16; Tehran, Iran. [in Persian]
13. Abdollahi, Rezaei M, Farzi GA. Preparation and Characterization of Chitosan/clay Biodegradable Nanocomposite for Food Packaging Application. Iranian J Nutr Sci Food Tech 2010; 1: 71-79 [in Persian].
14. Xiangyong M, Zhang Z, Zhan Z, Adhikari B. Changes in Quality Characteristics of Fresh-cut Cucumbers as Affected by Pressurized Argon Treatment. Food Bioprocess Technol 2013; 7: 693–701.
15. Mohamadpour I, Tajeddin B. The Effect of Carbon Deoxide Concentration on the Quality and Shelf Life of Modified Atmosphere Packaged Barhi Dates Fruit. Iran J Nutr Sci Food Technol 2017; 12 (1): 89-97 [in Persian].
16. Manjunatha M, Anurag RK. Effect of modified atmosphere packaging and storage conditions on quality characteristics of cucumber. J Food Sci Technol 2012; 51(11): 3470–3475.
17. Ebrahimi AM. Modeling of mass transfer and heating of pomegranate seeds packed under modified atmosphere [dissertation]. Isfahan: Isfahan University of Technology, M.C. Faculty of Food Science and Technology; 2013 [in Persian].
18. Darani S, Fazel M, Keramat J. Effect of modified atmosphere packaging on some physicochemical properties of spinach (spinacia oleracea L.) during storage time. Innov Food Technol 2014; 3: 69-79 [in Persian].
19. Fonseca SC, Oliveira FA, Brecht JK. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages- a review. J Food Eng 2002; 52: 99-119.
20. Palma A, Schirra M, D'Aquino S, La Malfa S, Continella G. Chemical properties changes in pomegranate seeds packaged in polypropylene trays. 1st International Symposium on Pomegranate and

Minor Mediterranean Fruits, Acta Hort 2006; 323-330.

21. Tabatabai R, Ebrahimian A, Hashemi SJ. Investigation on the effect of temperature, packaging material and modified atmosphere on the quality of tomato. FSCT 2016; 13 (51) :1-13 [in Persian]

22. Kaynas, K., & Ozelkok, I. S. (1999). Effect of Semperfresh on postharvest behavior of cucumber (Cucumis sativus L.) and summer squash (Cucurbito pepo L.) fruits. Acta Horticulturae, 492, 213-220.

23. Shahdadi Sardu A, Sedaghat N, Taghizadeh M, Milani M. Effect of packaging and storage conditions on physicochemical and sensory properties of greenhouse cucumber. National Conference on Science and Technology in Food Industry; 2015 Jan 1, Torbat-e Heydarieh, Iran. [in Persian]

24. Duncan TV. Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: Barrier materials, antimicrobials and sensors. J Colloid Interface Sci 2011; 1: 1-24.

Changes in the Physicochemical and Microbial Properties of Fresh-cut Cucumber during Storage as Affected by Modified Atmosphere Packaging and Films of polypropylene Containing Clay Nanoparticles

Aziziyan Dehkordi B[1], Zamindar N[2], Ghorbani Z[1], Mosaffa L[3]*

1- Graduated MSc Student, Dept. of Food Science and Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

*2-*Corresponding author: Assistant Professor, Dept. of Food Science and Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. Email: n.zamindar@khuisf.ac.ir*

3- *Assistant Prof., Dept. of Food Science and Technology, Shahreza Branch, Islamic Azad University, Shahreza, Iran*

Received 26 Apr, 2019 **Accepted 5 Sept, 2019**

Background and Objectives: Food packaging is one of the main applications of nanotechnology in the food section. Clay nanoparticles are among the nanoparticles used in food packaging. In this study, the effect of packaging film containing nano-clay particles on the characteristics of cucumber slices was investigated.

Materials & Methods: The effect of nano-clay particles (0, 1 and 3%) and time (0, 3, 5, 7, 9 and 11 days) were studied in three replications in a completely randomized design. Cucumber slices were packaged in polypropylene (control samples) and polypropylene containing 1 and 3% nano-clay hydrophilic bentonite under modified atmosphere packaging. All samples were stored at 4 ± 1 °C at a relative humidity (RH) of 90 ± 2 %. Microbial population was determined at 3-5 day intervals, and chemical properties, chlorophyll, texture, color were studied at 2-day intervals.

Results: Control samples showed more loss of weight ($p<0.05$) and higher L*, a* and b* during the storage ($p<0.01$). Chlorophyll and firmness of the cucumber slices in the film containing 3% of nano-clay showed less decrease ($p<0.01$). In addition, the application of modified atmosphere showed positive effect to preserve fruits and vegetables and packages containing clay nanoparticles significantly reduced the microbial population ($p<0.05$).

Conclusion: The packages containing clay nanoparticles under the modified atmosphere were more appropriate option than the control packaging in preserving the product.

Keywords: Cucumber slices, Nano-clay, Modified atmosphere packaging