

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 میحث 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 و ۱۱ 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 4 ± 1 درجه سانتی‌گراد در رطوبت نسبی 90 ± 2 ٪ ذخیره سازی شد. ارزیابی بار میکروبی در فواصل ۳-۵ 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 ($p < 0.05$) همچنین در انتهای دوره نگهداری دارای بیشترین مقدار a^* ، L^* و b^* بود ($p < 0.01$). کلروفیل و استحکام در فیلم حاوی ۳٪ نانوذرات کاهش کمتری نشان داد ($p < 0.01$). 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 ($p < 0.05$).

نتیجه‌گیری: 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

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

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 دی‌اکسید 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).

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 4 ± 1 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 (۱) گزارش شد (۳). درصد مواد جامد محلول با استفاده از رفراکتومتر دستی اندازه‌گیری گردید (۱۵).

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 (۵، ۶). Qi و Wang (۱۹۹۷) افزایش ماندگاری نمونه‌های خیار نگهداری شده تحت اتمسفر اصلاح شده غیر فعال تا ۱۲ روز 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 نانو کامپوزیت پلی اتیلن حاوی خاک رس اصلاح شده با یون‌های مس، مشاهده کردند که این نوع فیلم پایداری حرارتی و اثر ضدباکتری بیشتری نسبت به پلی اتیلن خالص دارد (۱۰، ۱۱).

Shahi و همکاران (۱۳۸۹) تاثیر غلظت‌های مختلف نانوذرات اکسید تیتانیوم (۳۰۰۰، ۹۰۰۰، ۳۰۰۰۰، ۱۰۰۰۰۰ و ۳۰۰۰۰۰ ppm) را بر ماندگاری محصول خیار بررسی کرده و مشاهده نمودند بسته‌بندی با پوشش‌دهی غلظت ۳۰۰۰۰۰ ppm، 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

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 رز 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 ۰/۵٪ 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 (۰/۱ < p، 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 معنی داری بر تغییرات اسیدیته ندارد. در تیمار ۳٪ نانو ذرات در روز آخر آزمایش اندکی افزایش در اسیدیته مشاهده شده بود.

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

A: مقدار اسید در عصاره میوه؛

S: مقدار سود مصرف شده (ml)؛

N: نرمالیت 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).

$$\text{رابطه (۲)} \quad A_{647} + (A_{664/5} \times 0.7) = \text{کلروفیل}$$

A_{647} : جذب همگن فیلتر شده در طول موج ۶۴۷ نانومتر

$A_{664/5}$: جذب همگن فیلتر شده در طول موج ۶۶۴/۵ نانومتر

ارزیابی بافت: برای اندازه‌گیری استحکام از دستگاه ارزیابی بافت (اینستران)، 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٪ نانو ذرات، ۳٪ نانو ذرات و کنترل) اندازه‌گیری و افت وزن بر اساس رابطه (۳) گزارش شد (۱۴).

= افت وزن (%)

$\times 100$ وزن برش‌ها بعد از ذخیره سازی - وزن برش‌ها قبل از ذخیره سازی

وزن برش‌ها قبل از ذخیره سازی

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

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

نوع بسته	زمان (روز)	pH	پارامتر					
			اسیدیته (گرم اسید مالیک بر صد میلی لیتر عصاره خیار)	مواد جامد محلول (%)	کلروفیل (میلی گرم بر گرم)	استحکام (نیوتن)		
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±۳/۳ ^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±۳/۳ ^a	
	۱۱	۶/۰±۵۹/۳۶ ^a	۰/۰±۶۳/۰۴ ^a	۳/۰±۱/۳ ^c	۷/۰±۱/۱ ^d	۵/۱±۲/۴ ^d	۴/۰±۵/۴ ^a	
	۱/۱	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±۶/۳ ^d
		۳	۶/۰±۶۶/۲۴ ^a	۰/۰±۶۹/۰۴ ^a	۳/۰±۵/۴ ^a	۱۰/۰±۸/۱ ^b	۱۲/۱±۳/۳ ^{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±۵۶/۱۳ ^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}
۱/۳	۰	۶/۰±۸۲/۳۴ ^a	۰/۰±۶۹/۰۲ ^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±۷/۳ ^{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}	
۱/۱۱	۰	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±۹/۳ ^a	

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

- حروف کوچک مشابه نشان دهنده عدم معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۵ بین روزهای هر تیمار می باشد.

مواد جامد محلول: تنها زمان نگهداری اثر معنی داری

($p < 0/01$) 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 معنی دار است ($p < 0/01$)، به گونه ای که در فیلم های 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 نشان دهنده کاهش سبزی و افزایش زردی خیار می باشد. همچنین افزایش شاخص ΔE نشان دهنده افزایش تغییرات رنگی نسبت به روز اول می باشد. در جدول (۲) مشاهده می شود نمونه کنترل در انتهای دوره نگهداری دارای بیشترین مقدار L^* ، a^* ، b^* و ΔE می باشد. اثر زمان بر فاکتورهای L^* ، a^* ، b^* و ΔE معنی دار بوده است

($p < 0/01$). اثر متقابل فیلم بسته بندی و زمان بر هیچ یک از فاکتورهای رنگ سنجی اثر معنی داری نداشت. افزودن نانوذرات رس به فیلم بسته بندی بر شاخص L^* و شاخص a^* اثر معنی دار داشته است ($p < 0/01$) اما اثر این فاکتور بر b^* و ΔE معنی دار نیست.

استحکام: در جدول (۱) مشاهده می شود با گذشت زمان مقادیر استحکام کاهش معنی داری یافت ($p < 0/01$). افزودن نانوذرات به فیلم بسته بندی باعث بهبود بافت نمونه ها و ایجاد اختلاف معنی دار بین استحکام این نمونه ها با نمونه کنترل شده است. همچنین بین ۱ و ۳٪ نانوذرات اختلاف معنی دار وجود داشته به گونه ای که پوشش حاوی ۳٪ نانوذرات به بهبود بافت کمک می نماید.

افت وزن: با توجه به نتایج آنالیز واریانس مشخص می شود که بین ۱ و ۳٪ نانوذرات رس اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۱). فاکتور زمان اثر معنی داری بر کاهش وزن نشان داده است ($p < 0/01$). با مقایسه میزان افت وزن در تیمارهای مختلف، نمونه های کنترل به طور معنی داری وزن بیشتری از دست داده اند ($p < 0/05$).

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

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

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

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

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 معنی‌داری 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 که pH برش‌های خیار در هر سه حالت در محدوده خنثی قرار دارد و تنها زمان نگهداری اثر معنی‌داری 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 دی‌اکسید کربن 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).

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

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

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

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

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

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 گونه‌ای 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).

اسیدیتة یکی از فاکتورهای مهم در تعیین طعم است. در هر سه نمونه آزمایش با گذشت زمان مقدار اسیدیتة 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 اسیدیتة برش‌های خیار در بسته‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۱). در تیمار ۳٪ نانوذرات در روز آخر آزمایش اندکی افزایش در اسیدیتة 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

Manjunatha و 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 پایین تری دارا بود (جدول ۲). همچنین مشاهده شد بین روز اول و سوم تیمار حاوی ۳٪ نانوذرات اختلاف معنی داری وجود ندارد و این نمونه تا روز سوم کیفیت خود را بهتر حفظ نمود. چروکیده شدن سطح برش های خیار با از دست دادن آب طی گذشت زمان و ایجاد ظاهر و رنگ نامطلوب، فساد و پوسیدگی ناشی از رشد کپک ها و باکتری ها و همچنین احتمال ایجاد سرمازدگی در دمای پایین باعث کاهش ارزیابی کیفی بصری می گردند. با افزایش درصد نانوذرات به فیلم بسته بندی قابلیت نفوذ آن به بخار آب کاهش یافته که این امر موجب کاهش از دست دادن رطوبت و چروکیدگی شده و کیفیت برش های خیار بهتر حفظ می گردد. همچنین نانوذرات موجب کاهش رشد کپک ها و باکتری ها و کاهش عارضه سرمازدگی از طریق حفظ بهتر گاز دی اکسید کربن حاصل از تنفس می شوند (۲۴). این نتایج با نتایج Wang و Qi (۱۹۹۷) مطابقت دارد (۷).

اثر نوع فیلم بسته بندی بر جمعیت میکروبی: در تولید برش های 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. دی اکسید کربن خاصیت ضد قارچی و ضد باکتریایی داشته که این خاصیت بستگی زیادی به غلظت آن دارد. همان طور که در جدول (۳) مشاهده می شود میزان شمارش در هر روز افزایش می یابد. کاهش معنی دار رشد کپک و مخمر و همچنین باکتری های سرماگرا در بسته حاوی نانوذرات رس نسبت به تیمار کنترل می تواند به دلیل تجمع دی اکسید کربن داخل بسته باشد (۱۷). بین تیمار ۱٪ و ۳٪ نانوذرات تفاوت معنی داری وجود ندارد که می تواند به دلیل عدم اختلاف معنی دار بین تجمع دی اکسید کربن بین این دو تیمار باشد که مطابق با نتایج Wang و Qi (۱۹۹۷) گزارش شد (۷).

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

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

استحکام: استحکام بافت یک خصوصیت مهم در بررسی کیفیت میوه ها و سبزی ها می باشد. مشاهده می شود با گذشت زمان مقادیر استحکام کاهش معنی داری یافت که با نتایج Manjunatha و Anurag (۲۰۱۲) مطابقت دارد (۱۶). افزودن نانوذرات به فیلم بسته بندی باعث بهبود بافت نمونه ها و ایجاد اختلاف معنی دار بین استحکام این نمونه ها با نمونه کنترل شده است. همچنین بین ۱ و ۳٪ نانوذرات اختلاف معنی دار وجود داشته به گونه ای که پوشش حاوی ۳٪ نانوذرات، دی اکسید کربن را بهتر در داخل بسته حفظ نموده و از ورود اکسیژن به درون بسته ممانعت می نماید. نانوذرات رس با ایجاد سدی در برابر خروج رطوبت به حفظ رطوبت محصول و بهبود بافت کمک می نماید. کاهش تنفس و کاهش از دست رفتن رطوبت برش های 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 می دهند. 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 می یابد. تا روز ۳ نگهداری افت وزن بسته های ۳٪ بیش تر از ۱٪ بود و از روز ۳ تا روز ۱۱ نگهداری افت وزن بسته های ۱٪ بیشتر از ۳٪ مشاهده گردید. در هر صورت افت وزن در نمونه های کنترل در تمامی روزها به طور معنی داری بالاتر از نمونه های نانو بود. علت افت وزن بیشتر نمونه های کنترل در مقایسه با تیمارهای مختلف، ایجاد مسیری پر پیچ و خم توسط صفحات نانورس و جلوگیری از عبور مولکول های گازی از جمله بخار آب از پلیمر می باشد.

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.

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

• 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, Abaspoorfar 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 Dioxide 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 (*Cucurbita pepo* L.) fruits. *Acta Horticulturae*, 492, 213-220.
23. Shadadi 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

Aziziyani Dehkordi B¹, Zamindar N^{*2}, Ghorbani Z¹, Mosaffa L³

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