نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۱، شماره ۵، آذر- دی ۱۳۹۴، ص. ۵۵۹-۵۴۶

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 11, No. 5, Dec - Jan 2015, p. 546-559

تأثیر شرایط اتمسفر بسته‌بندی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی پسته‌ی خشک رقم اوحدی

ناصر صداقت[1*]، قدسیه مرادی[2]، سارا خشنودی‌نیا[3]، آرش کوچکی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۶/۲۶

چکیده

هدف از مطالعه‌ی حاضر بررسی تأثیر بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده (O_2=٪۲، Co_2=٪۱۰ و N_2=٪۸۸) در مقایسه با دو بسته‌بندی تحت خلا و هوای معمولی در شرایط ذخیره‌سازی تسریع شده است. پسته‌ها در کیسه‌های ۵ لایه (۲ لایه پلی‌اتیلن، ۲ لایه پلی‌آمید، ۱ لایه چسب:۸۰ میکرون) بسته‌بندی و در دو دمای ۳۰±۲ °C و ۵۰±۲ به مدت ۳ ماه نگهداری شدند. جهت ارزیابی تغییرات کیفی نمونه‌ها، اندازه‌گیری اسیدچرب‌آزاد (٪)، رطوبت (٪)، اندیس پراکسید ($meqKg^{-1}$)، آزمون میکروبی (log CFU/g)، آزمون بافت و ارزیابی حسی به عنوان تابعی از نوع بسته‌بندی، دما و زمان نگهداری با سطح اطمینان ۹۵ درصد و در بازه‌ی ۳۰روزه انجام شد. نتایج آزمون نشان داد شرایط بسته‌بندی برخلاف زمان و دمای نگهداری تأثیر معنی‌داری بر روی رطوبت ندارد. همچنین آزمون‌ها مؤید این نکته بود که اندیس پراکسید، میزان اسید چرب آزاد و آلودگی قارچی در بسته‌بندی تحت شرایط MAP و خلا به طور معنی‌داری کم‌تر از شرایط بسته‌بندی در هوای معمولی است. نتایج آزمون بافت نیز نیروی شکست را برای پسته‌های بسته‌بندی شده در شرایط MAP کم‌تر و در نتیجه بافت بهتری را برای این پسته‌ها نشان داد. رنگ، سفتی و پذیرش کلی پسته‌ی بسته‌بندی شده در شرایط MAP نیز بهتر از سایر شرایط بود. بدین ترتیب می‌توان گفت بسته‌بندی MAP با کاهش اکسیداسیون لیپیدی و آلودگی قارچی در کنار بهبود خصوصیات حسی پسته خام خشک می‌تواند نسبت به دو بسته‌بندی دیگر شرایط بهتری را برای محصول فراهم آورد. بدین ترتیب استفاده از بسته‌بندی MAP می‌تواند به بهبود کیفیت و افزایش زمان ماندگاری پسته خام خشک کمک کند.

واژه‌های کلیدی: پسته‌ی خام خشک اوحدی، شرایط اتمسفر اصلاح شده (MAP)، اندیس پراکسید، آلودگی قارچی، آزمون بافت، ارزیابی حسی، زمان ماندگاری.

مقدمه

پسته (*Pistacia vera*. L.) گیاه بومی مناطق گرم و خشک خاورمیانه است که به طور گسترده در کشورهای مدیترانه و آمریکا کشت می‌شود (Garcia *et al*., 1992). طعم و ارزش غذایی بی‌نظیر این دانه‌ی آجیلی باعث شده تا مصرف آن چه به صورت خام و چه به شکل برشته شده در اقصی نقاط جهان گسترش یابد و پسته را برای تولیدکنندگانش به محصولی استراتژیک مبدل سازد. تا سال ۲۰۱۰ ایران با سطح زیر کشت ۳۰۰,۰۰۰ هکتار و تولید ۱۸۴,۰۰۰ تن پسته، در جایگاه نخست تولید و صادرات پسته جهان قرار داشت. اما از سال ۲۰۱۰ آمریکا با تولید ۲۳۶,۰۰۰ تن پسته جایگاه نخست تولید را از آن خود کرد. آمریکا مقام اول صادرات پسته را نیز در سال ۲۰۱۱ (با صادرات ۱۶۰ هزار تن در مقابل ۱۱۵ هزار تن صادرات ایران) از آن خود کرد، (بینام/عصر ایران، ۱۳۹۱؛ USDA, 2013). افزایش سطح زیر کشت پسته در جهان و تنوع پسته عرضه شده به بازارهای جهانی و همگام با آن افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان در مورد کیفیت بهداشتی این محصول رقابت شدیدی را بین کشورهای صادر کننده‌ی پسته در کسب سهم بیشتر از این بازار جهانی موجب شده است، لذا در زمینه صادرات این محصول باید بیش از پیش هوشمندانه‌تر عمل کرد. جدا از مسائل سیاسی، افزایش کیفیت بهداشتی (به حداقل رساندن آفلاتوکسین) و کیفیت ظاهری پسته (خندان بودن و رنگ)، بهبود زمان ماندگاری در کنار بسته بندی مناسب، نقش مهمی در افزایش میزان صادرات پسته کشور ایفا خواهد نمود (دشتی و

۱ و ۴- دانشیاران گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۲ و ۳- دانش‌آموختگان کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
(*- نویسنده مسئول: (Email: sedaghat@um.ac.ir

همکاران، ۱۳۸۹).

فساد مواد غذایی حاوی چربی به واسطه‌ی اکسیداسیون، بزرگ‌ترین نگرانی در طی نگه‌داری غذاهای دهیدراته است. تندی اکسیداتیو مهم‌ترین نوع فساد چربی است. زیرا تمام چربی‌های خوراکی دارای تری‌گلیسریدهای غیراشباع می‌باشند. فساد اکسیداتیو چربی‌ها باعث توسعه عطر و طعم نامطلوب فراورده شده و از طریق تولید ترکیبات سمی و فعال فیزیولوژیکی، منجر به تخریب ویتامین‌ها، اسیدهای چرب ضروری، کلروفیل‌ها، کاروتن‌ها، آمینواسیدها، پروتئین‌ها، یا آنزیم‌ها می‌گردد (Christopoulos and Tsantili, 2011). بیش از ۵۰ درصد وزن دانه‌ی پسته را روغن و به ویژه اسیدهای چرب غیراشباع تشکیل می‌دهد. به این ترتیب مهم‌ترین دلیل کاهش کیفیت پسته در طی نگهداری را می‌توان به اکسیداسیون چربی‌ها و هیدرولیز آنها نسبت داد (محمدی و همکاران،۱۳۸۶). با بسته‌بندی مناسب، می‌توان ماده‌ی غذایی را از عوامل فساد به ویژه عوامل فساد بیرونی (اکسیژن، رطوبت و نور، قارچ‌ها و حشرات موذی و غیره) حفظ کرده و زمان ماندگاری محصول را به طور معنی‌داری افزایش داد. از سوی دیگر افزایش کیفیت بهداشتی و بسته‌بندی پسته می‌تواند نقش مؤثری در افزایش صادرات این محصول استراتژیک نیز ایفا کند(صداقت، ۱۳۸۳).

پژوهش‌های زیادی به مطالعه تأثیر شرایط نگه‌داری و بسته‌بندی‌های مختلف بر روی کیفیت و زمان ماندگاری دانه‌های آجیلی صورت گرفته است، راعی و همکاران (۱۳۸۶) به بررسی اثر بسته‌بندی و شرایط نگهداری بر خواص حسی (طعم، بافت و پذیرش کلی) پسته برشته‌ی واریته اوحدی پرداختند، نتایج نشان داد که ماندگاری پسته در دمای پایین (۲۰ درجه سانتیگراد) نسبت به دمای بالا (۴۰ درجه سانتیگراد) بیشتر می‌باشد و همچنین پسته‌های نگهداری شده در گازهای ازت، دی‌اکسیدکربن و خلأ نسبت به هوای معمولی از لحاظ ارزیابی حسی (پذیرش کلی) از کیفیت بالاتری برخوردار بوده‌اند (راعی و همکاران، ۱۳۸۶). ماسیتی و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای تلاش کردند تا با استفاده از بسته‌بندی در اتمسفر اصلاح شده به بهبود کیفیت فندق‌های تازه و نرسیده بپردازند. آن‌ها با کمک اتمسفر اصلاح شده (در فشار ۱ ± ۱۰۰ کیلوپاسکال نیتروژن) و در دمای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد توانستند کیفیت فندق تازه را تا ۱۲ روز به خوبی حفظ کنند (Moscetti *et al.*, 2012). کریستوپالاس و سنتلی (۲۰۱۱) تأثیر دما، زمان و شرایط اتمسفری بسته‌بندی را بر روی محتوی آنتی‌اکسیدانی و رنگ مغز گردو طی دوره‌ی ذخیره‌سازی بررسی کردند. گردوها پس از برداشت در دمای ۳۶ درجه‌ی سانتی‌گراد برای مدت ۲۴ ساعت خشک و در بسته‌های پلی‌اتیلن/پلی‌آمید بسته‌بندی و با گاز نیتروژن یا دی‌اکسیدکربن پر شدند و در دو دمای ۱ و ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد برای مدت ۱۲ ماه ذخیره شدند. دمای پایین و بسته‌بندی با گاز نیتروژن و دی‌اکسیدکربن رنگ و محتوی آنتی‌اکسیدانی گردو را به خوبی حفظ کرد (Christopoulos and Tsantili, 2011). با وجود پژوهش‌های مختلف تاکنون مطالعه‌ای بر روی تأثیر اتمسفر اصلاح شده بر روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی پسته خام خشک صورت نگرفته است. در این تحقیق رقم اوحدی به عنوان پسته‌ی مورد آزمون انتخاب شد، زیرا این پسته در عین حال که طعم و ارزش تغذیه‌ای بالایی دارد به دلیل وجود مقادیر بالای اسیدهای چرب غیراشباع نسبت به سایر ارقام ایرانی حساسیت بیش‌تری به اکسیداسیون داد و هم‌چنین این رقم به به عنوان رقم غالب منطقه شناخته شده است. مقدار اسید پالمتیک، اسید اولئیک و لینولئیک در پسته‌ی رقم اوحدی به ترتیب ۷/۲، ۵۹/۸ و ۳۲/۹ برآورد شده است که نسبت به سایر رقم‌های تجاری مورد بررسی این رقم بیش‌ترین نسبت اسید چرب غیر اشباع به اشباع را داشته، ضمن این‌که محتوی اسید لینولئیک آن نیز نسبت به سایر ارقام بیش‌تر است (محمدی و همکاران، ۱۳۸۶). لذا هدف از این پژوهش؛ بررسی تغییرات شاخص‌های فیزیکوشیمیایی و کیفی پسته خام خشک رقم اوحدی در طول دوره‌ی انبارمانی در شرایط مختلف اتمسفری وتعیین شرایط بهینه انبارمانی پسته خام خشک از نظر درجه حرارت است.

مواد و روش‌ها

مواد

پسته‌ی خام رقم اوحدی از منطقه‌ی فیض‌آباد واقع در کیلومتر ۲۰۷ مشهد تهیه شد. و در کیسه‌های پلاستیک ۵ لایه (۲ لایه پلی‌اتیلن، ۲ لایه پلی آمید و یک لایه چسب، با ضخامت ۸۰ میکرون) مناسب حفظ شرایط اتمسفر اصلاح شده و دوخت با دستگاه تهیه شده از شرکت تحول کالای نوین تحت سه اتمسفر مختلف به وزن ۲۰۰ گرم در هر بسته با توجه به صفات مورد بررسی بسته‌بندی گردید. در ضمن کلیه‌ی مواد شیمیایی مورد نیاز برای آزمون‌ها از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

روش‌ها

بسته‌بندی: سه نوع اتمسفر مختلف به منظور بسته‌بندی مورد استفاده قرار گرفت که شامل؛ MAP (O_2=٪۲، Co_2=٪۱۰ و N_2=٪۸۸)، هوای معمولی و خلأ بود. بسته‌بندی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه بسته‌بندی با تزریق گاز هنکلمن مدل A200 (Henkelman, Netherlands) انجام شد. تمام نمونه‌ها در سه تکرار تهیه و در شرایط ذخیره‌سازی تسریع شده نگه‌داری شدند.

شرایط نگه‌داری تسریع شده

نمونه‌های بسته‌بندی شده در دماهای کنترل شده‌ی ۲±۳۰ °C

و۲°C±۵۰ برای مدت زمان ۱۲ هفته نگه‌داری شدند. آزمون‌ها در بازه‌های زمانی ۰، ۴، ۸ و ۱۲ هفته بر روی نمونه‌ها صورت گرفت. دماهای ذخیره‌سازی بر اساس مطالعات انجام شده بر روی زمان‌ماندگاری غذاهای دهیدراته انتخاب شد.(Labuza and Schmidl, 1985; leufven *et al*, 2010; Mehyar *et al*.,2012).

اندازه‌گیری رطوبت: ۵ گرم از نمونه‌ی آسیاب شده‌ی پسته را در آون با جریان هوا در دمای ۲ ± ۱۰۳ تا زمان ثابت شدن وزن نمونه خشک شد و کاهش وزن نمونه قبل و بعد از خشک کردن به عنوان میزان رطوبت پسته گزارش شد (AOAC, 1998).

استخراج روغن: به منظور انجام آزمون‌های شیمیایی (اسید چرب آزاد و پراکسید) باید روغن پسته گرفته شود، برای این منظور ۴۰ گرم از مغز پسته آسیاب شد و میزان دو برابر حجم پسته‌ی پودر شده از حلال n- هگزان روی پسته ریخته شد. ۱۲ ساعت پسته در دمای محیط و فضای تاریک توسط هم‌زن مغناطیسی هم‌زده شد. سپس روغن‌گیری تحت خلا انجام گرفت. حلال در دمای پایین و زیر هود تحت خلأ تبخیر شد. روغن حاصله جمع‌آوری و تا زمان انجام آزمون‌ها در دمای ۱۸- درجه‌ی سانتی‌گراد نگه‌داری شد (Kang *et al*., 2013).

اسیدهای چرب آزاد (FFA): مقدار اسید چرب آزاد موجود در روغن پسته توسط روش تیتراسیون AOAC اندازه‌گیری و بر اساس درصد اسید اولئیک بیان شد (AOAC, 1995).

اندیس پراکسید: اندیس پراکسید به روش فدراسیون بین‌المللی لبنیات (IDF) و با استفاده از اسپکتروفتومتر سری UV ۲۱۰۰ (Cole Parmer Instruments Company, USA) و در طول موج جذبی ۵۰۰ نانومتر بر اساس میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم روغن اندازه‌گیری شد. این روش قادر است عدد پراکسید را با دقت ۰/۱ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم روغن اندازه‌گیری کند (IDF, 1991).

شمارش کپک: برای شمارش کپک از روش کشت سطحی استفاده گردید. برای انجام آزمون از استاندارد ملی ایران با عنوان میکروبیولوژی مواد غذایی و خوراک دام- راهنمای الزامات کلی برای آزمون استفاده شد (استاندارد ملی ایران ۹۸۹۹، ۱۳۸۶).

آزمون بافت: ویژگی های بافتی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه تکسچر آنالایزر (مدلQTS-25، CNS Farnell، Essex, UK) انجام پذیرفت. برای انجام آزمایش در عمل ۱۰ نمونه فاقد هر نوع نقص از هر تیمار با در نظر گرفتن دستور العمل دستگاه مورد آزمون قرار گرفتند. آزمون بافت بر اساس تست فشاری (تراکمی) تک سیکله با پروب استوانه‌ای[1] به قطر ۲۰ میلی متر و با سرعت پروب ۵۰ میلی‌متر در دقیقه صورت گرفت. مقدار نفوذ پروب به اندازه نصف قطر پسته (حدوداً ۲ تا ۳ میلی متر) در نظر گرفته شد. سختی[2] (حداکثر نیروی لازم در طی آزمون فشاری برای تغییر شکل نصف قطر پسته در نمونه بر حسب گرم)، نیروی شکست[3] (نیروی لازم برای ایجاد اولین گسیختگی و شکست قابل ملاحظه در بافت بر حسب نیوتن و انرژی جذب شده[4]: (مقدار کار لازم برای ایجاد تغییر شکل در نمونه که نشان دهنده مقاومت درونی پیوندهای محصول است) توسط این آزمون تعیین شدند (Palazoghlu and Balaban, 1998).

ارزیابی حسی: پسته‌ها توسط ۲۰ ارزیاب حسی (۱۰ زن و ۱۰ مرد) آموزش دیده در سه مرحله (پایان هفته‌ی ۴، ۸ و ۱۲) از لحاظ رنگ، سفتی، تندی و پذیرش کلی به‌وسیله‌ی تست ارگانولپتیک مورد ارزیابی قرار گرفتند. امتیازدهی برای هر پارامتر بر اساس مقیاس هدونیک توصیفی ۵ نقطه ای (۱= خیلی بد، ۲= بد، ۳= نه خوب نه بد، ۴= خوب، ۵= بسیار خوب) انجام شد. آزمون حسی در سه تکرار انجام شد، که هر تکرار در روزهای متفاوتی برگزار گردید. امتیاز ۳ از ۵ نقطه‌ی انقطاع پذیرش محصول انتخاب شد (Amerine *et al*., 1965).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: کلیه‌ی آزمون‌ها در قالب طرح پایه‌ی کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل و در سه تکرار انجام شدند. تجزیه و تحلیل داده با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه توسط نرم‌افزار Minitab 16 و مقایسه میانگین‌ها با روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($p\leq$۰/۰۵) انجام گرفت. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2010 رسم شدند.

نتایج و بحث

رطوبت پسته

تجزیه واریانس ناشی از اثر فاکتورهای مورد آزمایش در میزان رطوبت نهایی پسته نشان داد که دما و زمان‌های مختلف نگه‌داری نمونه‌های آزمایشی و همچنین اثر متقابل این دو فاکتور اثر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر رطوبت نهایی پسته داشتند، در حالی که شرایط اتمسفری بسته‌های پسته تاثیر معنی‌داری بر روی رطوبت نداشتند. اثر متقابل شرایط اتمسفری و دمای نگه‌داری نمونه‌ها نیز تفاوت‌های معنی‌داری($p\leq$۰/۰۵) را نشان دادند. نتایج پژوهش حاکی از آن بود که با گذشت زمان از رطوبت پسته نگه‌داری شده در دمای ۳۰°C و ۵۰°C کاسته می‌شود. شدت کاهش رطوبت در بازه‌ی ۳۰ روزه‌ی پس از بسته‌بندی، در هر دو دمای ۳۰°C و ۵۰°C با شدت بیشتری کاهش یافت به گونه‌ای که بین زمان‌های ۰ تا ۳۰ روز پس از

1 Cylinder probe

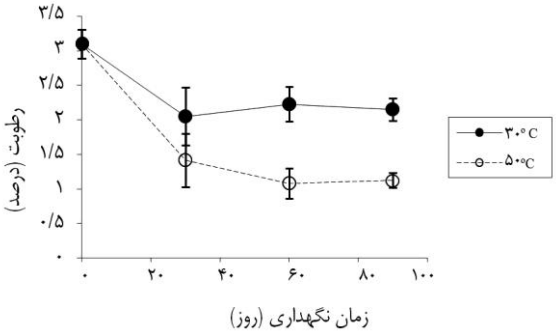
2 Hardness
3 Fracture force
4 Absorbed energy

بسته‌بندی تفاوت معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) از لحاظ رطوبت، در هر دو دمای نگه‌داری نمونه ها مشاهده شد. با نگه‌داری نمونه ها تا ۹۰ روز، رطوبت پسته در هر دو دمای یاد شده کاهش چندانی نشان نداد. صداقت و همکاران (۱۳۸۶) نیز در پژوهش خود نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند، آن‌ها بیان داشتند که با افزایش زمان نگه‌داری تا ۱۲ ماه پس از بسته‌بندی میزان رطوبت پسته کاهش پیدا می‌کند (صداقت و همکاران، ۱۳۸۶). بررسی رطوبت در دو دمای مختلف نگهداری نشان داد، در بازه‌ی ۳۰ روزه‌ی اول پس از بسته‌بندی روند کاهش رطوبت در هر دو دما شدید و تقریبا مشابه بود، اما پس از این زمان روند کاهش رطوبت در دمای ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد تقریبا متوقف شده است و محصول در این دما به رطوبت تعادلی با محیط رسیده است حال آن‌که در دمای ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد از آن‌جایی که هوای گرم‌تر ظرفیت جذب رطوبت بیش‌تری را دارد لذا هم‌چنان روند نزولی کاهش رطوبت تا ۶۰ روز پس از نگهداری ادامه داشته است. همین امر منتج به بروز اختلاف معنی‌دار در رطوبت نهایی پسته‌ی خام خشک طی زمان‌های پس از بسته‌بندی در دماهای مختلف نگه‌داری شد (شکل ۱–الف). توکلی‌پور و همکاران (۱۳۸۷) نیز پایداری پسته کرمان را در دماهای ۵، ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد در رطوبت‌های نسبی ۱۱ تا ۸۷ درصد مورد بررسی قرار دادند. نتایج این محققین نیز نشان داد که با افزایش دمای نگه‌داری پسته، میزان رطوبت نمونه‌ها کاهش پیدا کرد (توکلی‌پور و همکاران، ۱۳۸۷). فاروک گاملی و هایوقلو (۲۰۰۷) نیز کاهش محتوای رطوبت پسته با افزایش دما از ۵ به ۲۰ درجه سانتی گراد را گزارش کردند (Gamli and Hayoğlu, 2007).

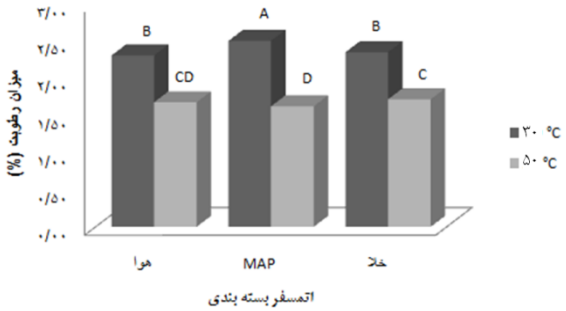
بسته‌های پسته‌ی تحت شرایط اتمسفری (هوا، خلاء و MAP) و دمایی مختلف محتوای رطوبتی متفاوتی را نشان دادند. به این ترتیب که بسته‌های نگه‌داری شده در دمای ۵۰°C در مقایسه با دمای ۳۰°C از محتوای رطوبتی کمتری برخوردار بودند (شکل ۱–ب). برخلاف دما، شرایط مختلف بسته‌بندی بر میزان تغییرات رطوبت پسته تأثیر معنی‌داری داشت. با توجه به مطالب ذکر شده و همچنین نتایج مربوط به اثر متقابل دما و مدت زمان نگه‌داری می‌توان این گونه استنباط کرد که در میان فاکتورهای آزمایش، دما و زمان نگهداری بیش‌ترین تاثیر را روی رطوبت نمونه‌های پسته تحت آزمایش داشت.

اسیدهای چرب آزاد پسته

تغییرات اسید چرب آزاد (FFA) پسته خام خشک در طول زمان ذخیره‌سازی در شکل ۲ برای هر سه نوع اتمسفر بسته‌بندی نمایش داده شده است. اسیدهای چرب پسته به طور معنی داری ($p\leq$۰/۰۵) تحت تاثیر دما، زمان و شرایط بسته‌بندی قرار گرفتند. به طوری که با افزایش دما و زمان بر میزان اسیدهای چرب آزاد محصول افزوده شد. هم‌چنین نتایج نشان داد پسته‌های نگهداری شده در شرایط بسته‌بندی هوای معمولی بیش‌ترین درصد اسیدهای چرب آزاد را دارا هستند. و کم‌ترین درصد اسیدهای چرب آزاد نیز به ترتیب در شرایط MAP و خلأ حاصل شد با این حال هیچ تفاوت معنی‌داری بین این دو اتمسفر بسته‌بندی دیده نشد. صداقت (۱۳۸۳) نیز نشان داده بود که غلظت اکسیژن، دما و زمان نگه‌داری اثر معنی‌داری را بر میزان اسیدهای چرب آزاد دارند (صداقت، ۱۳۸۳). اثر متقابل زمان و دمای نگه‌داری نیز تفاوت معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) را در اسیدهای چرب پسته به همراه داشت. با گذشت زمان، درصد اسیدهای چرب آزاد نمونه‌های مورد آزمایش به صورت معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) افزایش یافت. لین و همکاران (۲۰۱۲) محتوای اسیدچرب آزاد و میزان اکسیداسیون را در شرایط دمایی و زمانی و رطوبتی مختلف بر روی فندق کالیفرنیا اندازه‌گیری کردند. آن‌ها مشاهده کردند با افزایش دما، زمان و رطوبت بر میزان FFA افزوده می‌شود. آن‌ها چنین استدلال کردند که افزایش دما به واکنش‌های شیمیایی که منجر به تولید و تشکیل FFA می‌شود کمک می‌کند.



(الف)



(ب)

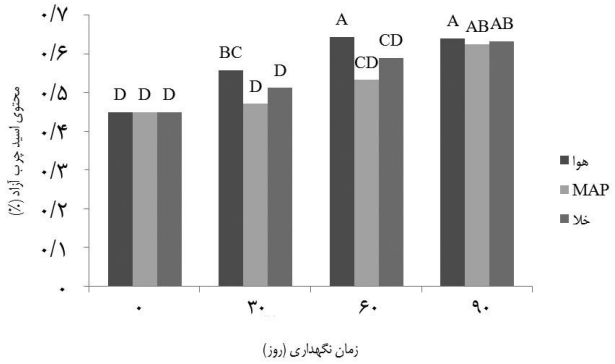
شکل ۱- الف) تأثیر زمان نگهداری و دما، ب) اثر متقابل دما و اتمسفر بسته‌بندی بر روی رطوبت (٪)

در آزمایش آن‌ها با افزایش دما از ۴/۴ به ۲۱/۱ فعالیت لیپازها دو برابر و با افزایش دما به ۳۷/۸ این افزایش فعالیت ۲۰ برابر شد، هم‌چنین آن‌ها نشان دادند میزان اسیدهای چرب آزاد با افزایش زمان ماندگاری افزایش می‌یابد به طوری که در طی ۱۰۰ روز نگهداری این مقدار به حدود ۲/۵ برابر افزایش نشان داد (Lin *et al*., 2012). در تحقیق حاضر روند افزایش میزان اسیدهای چرب آزاد طی دوره نگهداری در شرایط مختلف بسته‌بندی متفاوت بود. تغییرات میزان اسید چرب آزاد طی زمان نگهداری رو به افزایش است اما روند افزایش در بسته‌بندی تحت هوای معمولی به طور معنی‌داری با سرعت بیش‌تری پیش می‌رود. به نظر می‌رسد که در شرایط بسته‌بندی هوا تشکیل اسیدهای چرب آزاد در حضور غلظت بالا اکسیژن با سهولت بیشتری صورت گرفته و طی زمان کم‌تری به بیشترین مقدار خود رسیده است (شکل ۲)، اما در شرایط بسته‌بندیMAP و خلاء غلظت پائین‌تر اکسیژن منجر به کاهش سرعت تشکیل اسیدهای چرب آزاد شده است. فاروک گاملی و هایوقلو (۲۰۰۷) نیز گزارش کردند که حضور اکسیژن منجر افزایش فرایند اتواکسیداسیون و مقدار اسیدهای چرب آزاد در پسته می‌شود (Gamli and Hayoğlu, 2007). یامان (۲۰۰۴) گزارش کرد که مغز پسته‌ی خام خشک به صورت وکیوم در دمای ۵، ۱۰ و ۱۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به ترتیب ۳، ۲/۵ و ۱/۵ سال ماندگاری دارد (Yaman, 2004). صداقت (۱۳۸۳) بهترین دمای نگه‌داری پسته را دمای ۲۰ درجه و بهترین میزان گاز اکسیژن را کمتر از ۲ درصد گزارش کرد (صداقت، ۱۳۸۳). در بسیاری منابع حداکثر مجاز اسیدهای چرب آزاد در روغن‌ها ۵ درصد اعلام شده است (Maskan and Karatas, 1997; Essein and Amadi, 2009; Bello *et al*., 2011). نتایج این آزمایش در ارتباط با درصد اسیدهای چرب نشان داد که در تمامی تیمارهای آزمایشی مقدار اسیدهای چرب حتی به ۱ درصد هم نرسیده است، بنابراین از منظر میزان اسیدهای چرب آزاد کلیه تیمارهای آزمایشی دارای مقداری قابل قبول بودند. علت اصلی این امر به مقدار بالای اسید اولئیک و پایداری اکسیداتیو اسید اولئیک در پسته نسبت داده شده است(Maskan and Karatas, 1997) صداقت (۱۳۸۳) میزان حداکثر اسیدهای چرب آزاد در بین تیمارهای مختلف آزمایشی ۰/۷۵۵ درصد گزارش کرد. ماکسان و کاراتاس (۱۹۹۷) گزارش کردند که پس از ۱۲ ماه نگه‌داری پسته در تیمارهای مختلف میزان اسیدهای چرب آزاد قابل قبول (زیر ۵درصد) و پسته‌ها از پایداری خوبی برخوردار بودند (Maskan and Karatas, 1997).

همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که اثر دما بر اسیدهای چرب آزاد پسته معنی‌دار نبود. این نتایج با نتایج بدست آمده توسط کادر و همکاران (۱۹۸۲) همخوانی داشت. آنها طی مطالعه خود روی اثر شرایط بسته‌بندی بر کیفیت پسته خشک شده نشان دادند که تفاوت معنی‌داری در خصوصیات شیمیایی پسته‌های نگه‌داری شده در دماهای ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درجه وجود ندارد (Kader, Heintz *et al*. 1982). البته در تحقیقات محققینی مانند صداقت (۱۳۸۳)، ترون (۱۹۹۹)، فاروک گاملی و هایوقلو (۲۰۰۷) و توکلی پور و همکاران (۱۳۸۷) نتایج متفاوت بود، آن‌ها اظهار کردند دما به دلیل تسریع در سرعت فرایند لیپولیز دارای اثر معنی داری بر میزان اسیدهای چرب آزاد پسته است. اثر دما بر اکسیداسیون چربی‌ها اغلب طی تجزیه آلکیل پروکسید نمود پیدا می‌کند که اسیدهای چرب به عنوان کاتالیزور، اکسیداسیون چربی‌ها را سرعت بخشند (Ozcelik and Evranuz, 1998).

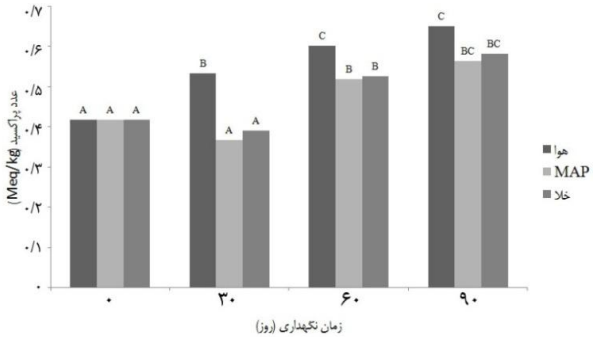
شاخص پراکسید

اکسیداسیون پسته‌ی خام خشک توسط اندازه‌گیری اندیس پراکسید (PV) به نمایندگی محصولات اولیه اکسیداسیون مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که شرایط بسته‌بندی و زمان اثر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) بر روی شاخص پراکسید دارند.



شکل ۲- اثر زمان نگه‌داری بر درصد اسیدهای چرب آزاد پسته بسته‌بندی شده در شرایط مختلف

نیک‌زاده و صداقت (۱۳۸۸) نیز در آزمایش خود بیان داشتند که با افزایش زمان نگه‌داری میزان پراکسید نمونه‌های پسته‌ی برشته شده به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (نیک‌زاده و صداقت، ۱۳۸۸). بررسی اثر متقابل فاکتورهای آزمایشی نیز نشان داد تنها اثر متقابل زمان نگه‌داری و شرایط بسته بندی دارای تاثیر معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بر اندیس پراکسید بود (شکل ۳). همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، بعد از سه ماه ذخیره‌سازی پسته‌ها، کم‌ترین میزان عدد پراکسید در بسته‌بندی MAP و بیش‌ترین آن در بسته‌بندی با هوای معمولی دیده شد. این تاخیر در آغاز زمان تشکیل پراکسید در شرایط بسته‌بندی خلاء و MAP نشان‌دهنده زمان القاء طولانی‌تر در نتیجه شرایط مناسب‌تر بسته‌بندی است. محققان دیگری نیز اثر شرایط بسته‌بندی را روی اندیس پراکسید اندازه‌گیری کرده‌اند. فاروک گاملی و هایوقلو (۲۰۰۷) نیز بیان کردند که وجود اکسیژن در بسته‌ها منجر به افزایش اندیس پراکسید در نمونه‌های پسته می‌شود (Gamli and Hayoğlu 2007). مکزیس و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر اتمسفر فعال و اصلاح شده را در مقایسه با هوای معمولی بر روی پایداری اکسیداتیو بادام درختی بررسی کردند و نتایج مشابهی را گزارش کردند(Mexis *et al*. 2009). پژوهش صداقت و توکلی (۱۳۹۰) نیز با نتایج حاصله در این تحقیق همخوانی دارد، این محققین نشان دادند که با افزایش دما از ۳۵ درجه به ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد اختلاف معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) در عدد پراکسید مشاهده می‌شود. همچنین بنه‌های بسته‌بندی شده در هوای معمولی نسبت به بسته‌بندی تحت خلأ شاخص پراکسید بیش‌تری نشان دادند (صداقت و توکلی، ۱۳۹۰). شروع اکسیداسیون چربی در ابتدا اغلب با سرعتی نسبتاً یکسان و کند صورت می‌گیرد، که این زمان به عنوان زمان القاء شناخته می‌شود. پس از طی این زمان و در هنگامی که مقدار پراکسید به اندازه مناسب می‌رسد سرعت اکسیداسیون به شدت افزایش پیدا می‌کند که در این هنگام و پس از آن طعم، رنگ، بو و سایر خصوصیات حسی محصول شروع به تغییر می‌کند(Kamal-Eldin *et al*., 2003).



شکل ۳- اثر متقابل زمان نگه‌داری و شرایط بسته بندی بر اندیس پراکسید ($p\leq$۰/۰۵)

آلودگی قارچی پسته

نتایج آزمون نشان داد زمان‌های مختلف نگهداری نمونه‌های آزمایشی و همچنین شرایط بسته‌بندی نمونه‌ها اثر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر آلودگی قارچی پسته داشتند. به طوری که با افزایش زمان نگهداری در بسته‌بندی با هوای معمولی بر بارمیکروبی پسته‌ها به طور معنی‌داری افزوده شد در حالی که در بسته‌بندی تحت خلأ و MAP این روند متفاوت بود و با افزایش زمان نگهداری از میزان بار میکروبی به طور معنی‌داری کاسته شد، در این میان روند کاهش بار میکروبی در بسته‌بندی MAP با سرعت بیش‌تری دنبال شد. مغزهای خوراکی ممکن است در حین برداشت، حمل و نقل و فرآوری دچار آلودگی‌های قارچی شوند، که در صورت وجود شرایط مناسب از نظر دما و رطوبت نسبی فعالیت آبی مغز افزایش یافته که خود منجر به رشد و گسترش قارچ و تولید متابولیت‌های ثانویه از جمله مایکوتوکسین‌ها خواهد شد. از جمله مهم‌ترین مایکوتوکسین‌ها می‌توان به آفلاتوکسین‌ها اشاره کرد، ترکیبات سمی که توسط قارچ‌هایی همچون آسپرژیلوس[1] از جمله آسپرژیلوس نایجر[2] و آسپرژیلوس پارازیتیکوس[3] تولید می‌شوند، که علاوه بر خسارت ظاهری به میوه‌ی پسته، از ارزش غذایی و صادراتی این محصول می‌کاهد و باعث بیماری‌های خطرناکی از جمله سرطان کبد می‌شود. بنابراین هر عاملی که بتواند قارچ را کنترل کند، کیفیت و سلامت محصول را تضمین کرده است (Sarhang Pour *et al*,. 2010). الیث و همکاران (۱۹۹۴) بیان کردند که بسته‌بندی در شرایط اتمسفری اصلاح شده با عنوان بسته‌بندی مواد غذایی در بسته‌های محتوی مقدار زیاد گاز است که این محیط گازی برای کاهش سرعت تنفس، کاهش رشد میکروبی و ضایعات آنزیمی به منظور افزایش دوره انبارداری حائز اهمیت است. این محقیقن اثر دمای نگهداری را بر میزان آلودگی قارچی نمونه‌ها بی‌معنی عنوان کردند (Ellis, and *et al*., 1994). فابری و همکاران (۱۹۸۰) گزارش کردند که تولید افلاتوکسین B_1 و B_2 در دانه‌های گندم نگه‌داری شده تحت شرایط اتمسفری با مقدار بالای نیتروژن کاهش یافت (Fabbri *et al*., 1980). بررسی میزان آلودگی قارچی پسته‌های خام خشک بسته‌بندی شده در شرایط MAP و خلاء طی زمان‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که تا ۶۰ روز پس از بسته‌بندی تفاوت معنی‌داری بین میزان آلودگی قارچی مشاهده نمی‌شود، اما پس از این زمان و تا ۹۰ روز پس از بسته‌بندی میزان آلودگی قارچی در شرایط بسته‌بندیMAP در مقایسه با شرایط بسته‌بندی خلاء با شیب بیشتری کاهش می‌یابد و این باعث ایجاد تفاوت معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) در میزان آلودگی قارچی

1 Aspergilus
2 A. niger
3 A. parasiticus

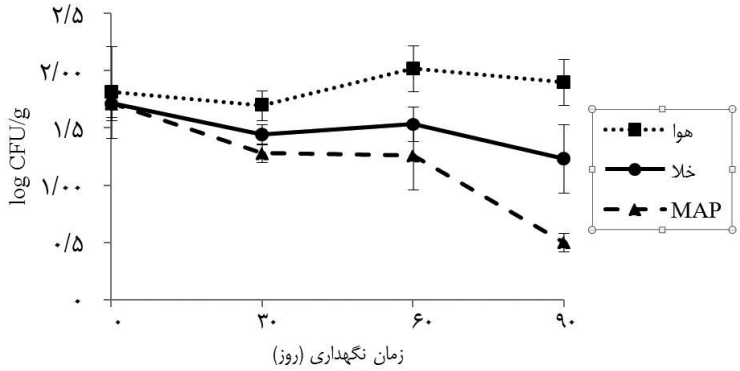
در نمونه‌های بسته‌بندی شده در شرایط MAP و خلاء شد. بیشترین میزان آلودگی قارچی نیز در شرایط بسته‌بندی هوا بود، به طوری که در طی مدت زمان ۹۰ روزه بعد از بسته‌بندی با اختلاف معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) نسبت به شرایط بسته‌بندی خلاء وMAP داشت (شکل ۴).

نتایج حاصله را چنین می‌توان تفسیر کرد که در روش بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده با کاهش غلظت اکسیژن و افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در کنار گاز نیتروژن تلاش می‌شود تا دوره نگه‌داری محصول افزایش یابد. صرف نظر از اثر بازدارنده غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن روی رشد کپک، برخی مطالعات نشان داده است که کپک در صورت حضور اکسیژن حتی در غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن نیز قادر به رشد است. تامکینز (۱۹۳۲) دریافت که اثر بازدارنده دی‌اکسیدکربن به غلظت اکسیژن محیط بستگی دارد. سطوح اکسیژن کمتر از ۱ درصد می‌تواند به طور کامل مانع جوانه زنی اسپورها و همچنین رشد بسیاری از کپک‌ها شود (Ellis *et al*., 1994). با این حال گارسیال و همکاران (۲۰۰۳) در آزمایش خود بر روی بادام نتایج دیگری به دست آوردند. در پژوهش آن‌ها اتمسفر حاوی مقادیر بالای نیتروژن و هوای معمولی بر روی رشد قارچ‌ها و متعاقباً تولید آسپرژیلوس اثر معنی‌داری نداشت (Garcıa-Pascual, *et al*. 2003). لازم به ذکر است بسیاری از محققین معتقدند که استفاده از روش بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده به تنهایی اثر قابل توجهی بر رشد کپک‌ها و تولید افلاتوکسین ندارد، بلکه استفاده از این روش در کنار سایر روش‌ها می‌تواند تاثیرات بیشتر و موثرتری را به همراه داشته باشد. در آزمایشات ال هالوت و دوبر (۱۹۹۷) کاهش در دما و سطح واتر اکتیویته منجر به افزایش اثر اتمسفر تعدیل شده بسته‌بندی در شاه بلوط شد (El Halouat and Debevere, 1997). نورسلت و بولرمن (۱۹۸۲) گزارش کردند که استفاده از ترکیب MAP و واتراکتیویته پایین و یا دمای پایین می‌تواند به طور موثری رشد قارچ‌ها را محدود کند (Northolt and Bullerman, 1982). هوگرورف و همکاران (۲۰۰۲) نیز گزارش کردند که کاربرد روش بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده به طور رضایت بخشی از رشد قارچ ها جلوگیری نمی‌کند هرچند که اضافه کردن قارچ‌کش‌ها می‌تواند به طور مؤثری مانع از رشد قارچها شود (Hoogerwerf *et al*. 2002).

آزمون دستگاهی بافت

پس از اندازه‌گیری میزان سختی نمونه‌های پسته مورد آزمایش با استفاده از دستگاه تکسچر، نتایج حاصله نشان داد که تفاوت معنی داری بین نمونه‌های تحت آزمایش وجود ندارد. کاهش اندک محتوای رطوبت نمونه‌ها در تیمارهای مختلف و طی انجام مراحل مختلف این آزمایش می‌تواند دلیل اصلی این امر باشد. بر خلاف نتایج حاصله در این آزمون در پژوهش عدالتیان و همکاران (۱۳۸۶) اثرات فاکتورهای درجه حرارت، زمان نگهداری و اثر متقابل بسته‌بندی و درجه حرارت، بر صفت سختی را معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) اعلام کردند (عدالتیان و همکاران، ۱۳۸۶). که احتمالا دلیل این امر نفوذپذیری بیش‌تر جنس بسته‌بندی انتخاب شده (PA/PE) نسبت به رطوبت بوده است. با وجود این‌که اثر شرایط اتمسفر بسته‌بندی در آزمون معنی‌دار نبود اما در بسته‌بندی تحت خلأ و MAP میزان سختی نسبت به بسته‌بندی با هوای معمولی کم‌تر بود. عدالتیان و همکاران (۱۳۸۶) نیز نتایج مشابهی در مورد بسته‌بندی با جاذب اکسیژن نسبت به هوای معمولی به دست آوردند. (عدالیتان و همکاران، ۱۳۸۶)

اما در مورد نیروی شکست باید گفت شرایط بسته‌بندی متفاوت طی زمان و دماهای نگه‌داری متفاوت، تاثیرات معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) بر روی نیروی شکست داشت. ارزیابی اثر متقابل بین زمان نگه‌داری و شرایط بسته‌بندی نشان داد که نیروی شکست طی مدت زمان پس از بسته‌بندی و تحت شرایط مختلف بسته‌بندی از روند خاصی پیروی نمی‌کند. علاوه بر این تفاوت معنی‌داری بین میانگین مقدار نیروی شکست تحت شرایط بسته‌بندی و زمانی مختلف مشاهده نشد. با این حال بیش‌ترین مقدار نیروی شکست طی مدت زمان پس از بسته‌بندی در نمونه‌های تحت شرایط بسته‌بندی هوا مشاهده شد (شکل ۵- ج).



شکل٤- اثر زمان نگه‌داری بر رشد کپک پسته بسته‌بندی شده در شرایط مختلف

مقدار نیروی شکست در دماهای ۳۰°C و ۵۰°C تفاوت معنی‌داری را نشان داد. به طوری که نیروی شکست در دمای ۳۰°C بیش‌تر از نیروی شکست برآورد شده در دمای ۵۰°C بود. نتایج نشان داد با گذشت زمان بر میزان نیروی شکست افزوده شده است (نمایش داده نشده است). نیک‌زاده و صداقت (۱۳۹۰) نیز نتایج مشابهی را به دست آوردند پژوهش آن‌ها نیز نشان داد که نیروی شکست پسته‌های برشته شده در طی زمان نگهداری افزایش می‌یابد آن‌ها دلیل این امر را جذب رطوبت و هم‌چنین واکنش‌های صورت گرفته بین محصولات حاصل از اکسیداسیون با اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها عنوان کردند (نیک‌زاده و صداقت، ۱۳۹۰). در این پژوهش بر خلاف پژوهش نیک‌زاده و صداقت (۱۳۹۰) تغییرات رطوبت با گذشت زمان سیر نزولی داشته است، به همین دلیل شاید دلیل افزایش نیروی شکست در طی زمان را بتوان به کهنه‌گی بافت و سفت شدن متعاقب آن نسبت داد. شرایط بسته‌بندی هوا در مقایسه با خلاء و MAP بیش‌ترین میزان نیروی شکست را در هر دو دمای نگه‌داری داشت و نیروی شکست در دمای ۳۰°C نسبت به دمای ۵۰°C از مقدار بیشتری برخوردار بود (شکل ۵–ب). این نتایج کاملاً با نتایج عدالتیان و همکاران (۱۳۸۶) هماهنگی داشت، آن‌ها وجود اکسیژن و هوای معمولی را باعث سختی بیشتر پسته عنوان کردند.به طوری که با کاهش یا حذف اکسیژن در بسته‌بندی، سختی پسته کاهش یافته است (عدالتیان و همکاران، ۱۳۸۶) و متعاقباً نیروی لازم برای شکست بافت کاهش یافته است. روند تغییرات مقدار نیروی شکست در دماهای مختلف متفاوت بود به طوری که در دمای ۳۰°C بیشترین مقدار نیروی شکست در شرایط بسته‌بندی خلاء به دست آمد اما در دمای ۵۰°C بیشترین مقدار این پارامتر در شرایط بسته‌بندی هوا مشاهده شد (شکل ۵–ج).

در این آزمایش به جز زمان نگه‌داری ($p\leq۰/۰۵$)، سایر فاکتورهای موردمطالعه و اثر متقابل آنها اثر معنی داری بر انرژی جذب شده نداشت. در واقع با افزایش زمان ماندگاری پسته کهنه‌تر و سخت‌تر شده و به دنبال آن مقدار انرژی جذب شده افزایش یافت.

ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی پسته در چهار بخش رنگ، سفتی، تندی و پذیرش کلی به شرح ذیل است:

رنگ

زمان نگه‌داری و شرایط بسته‌بندی فاکتورهای تاثیرگذار روی رنگ پسته بودند که با سطح احتمال $p\leq۰/۰۵$ تفاوت‌های معنی‌داری را در رنگ پسته به وجود آوردند. اثر متقابل زمان نگه‌داری و شرایط بسته‌بندی ($p\leq۰/۰۵$) نیز تأثیر معنی‌داری بر روی رنگ پسته به همراه داشت. سایر فاکتورهای مورد آزمایش و اثرات متقابل بین آنها تفاوت معنی‌داری بر روی این فاکتور ایجاد نکردند. نتایج نشان داد مقدار رنگ در نمونه‌های پسته‌ی خام خشک بسته‌بندی شده در شرایط مختلف با گذشت زمان کاهش یافت، اما روند کاهش رنگ در بسته‌بندی‌های مختلف متفاوت بود. در مجموع کم‌ترین میزان کاهش رنگ در بازه‌ی زمانی ۹۰ روز در نمونه‌های بسته‌بندی شده با MAP و بیش‌ترین کاهش رنگ در نمونه‌های بسته‌بندی شده با هوا مشاهده شد (شکل ۶– الف) این نتایج مشابه نتایج پژوهش شایان‌فر و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی رنگ پسته‌ی تازه رقم اکبری در شرایط MAP در مقایسه با سایر شرایط اتمسفری بود. پژوهش این محققین نشان داد وجود اکسیژن رنگ محصول را با سرعت بیش‌تری تخریب می‌کند (Shayanfar *et al*. 2008).

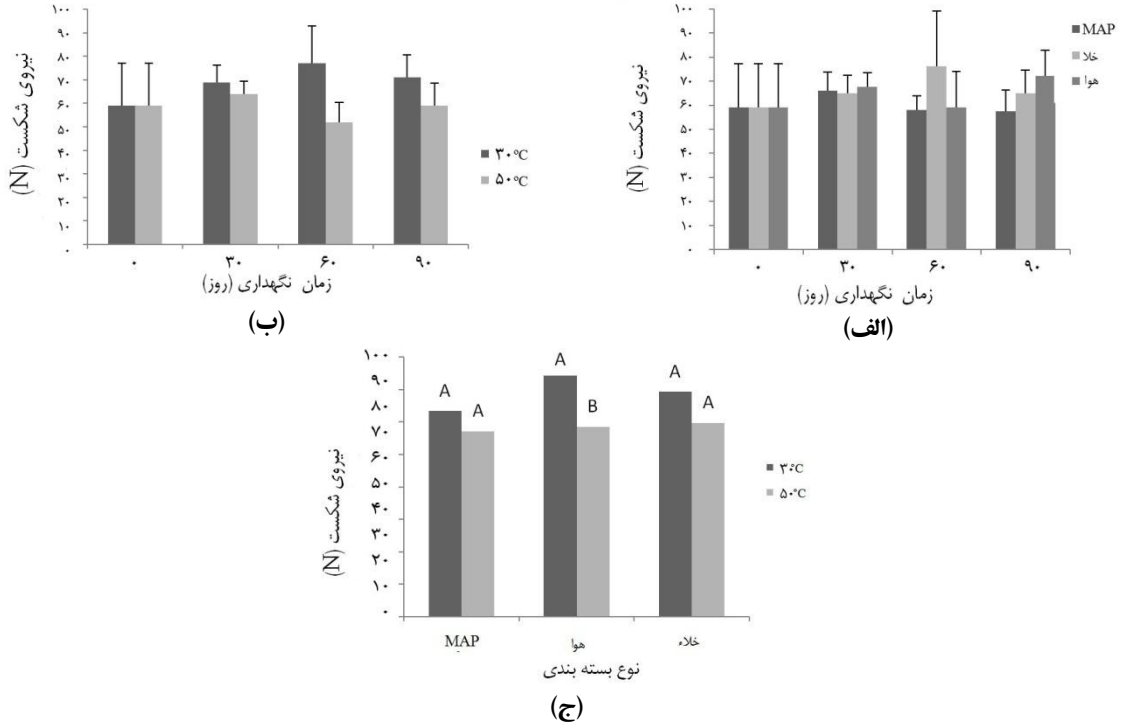
سفتی

تجزیه واریانس حاصل از اعمال فاکتورهای آزمایشی نشان داد که تنها زمان نگه‌داری و شرایط بسته‌بندی منجر به ایجاد تفاوت معنی‌دار با سطح احتمال $p\leq۰/۰۵$ در سفتی نمونه‌های پسته آزمایش شدند و در سایر موارد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. مقایسه میانگین سفتی پسته در زمان‌های مختلف نگه‌داری نشان داد که با گذشت زمان تا ۳۰ روز پس از بسته‌بندی به طور معنی‌داری بر سفتی پسته افزوده شد، ولی از این زمان به بعد و تا ۹۰ افزایش سفتی پسته افزایش معنی‌داری نبود. این نتایج با گزارش راعی و همکاران (۱۳۸۶) مغایرت داشت به طوری که در مطالعه آنها با گذشت زمان از سفتی دانه‌های پسته کاسته شد، البته در مطالعه آنها مدت زمان نگه‌داری پسته ۱۲ ماه بود که توجه به روند تغییرات سفتی پسته طی این بازه زمانی نشان می‌دهد که در مطالعه آنها تا ۶ ماه پس از بسته‌بندی بر میزان سفتی پسته افزوده شد و بعد از این زمان تا ۱۲ ماه پس از بسته‌بندی میزان سفتی کاهش پیدا کرد (راعی و همکاران، ۱۳۸۶).

سفتی پسته تحت تأثیر شرایط بسته‌بندی قرار گرفت، به این ترتیب که کم‌ترین میزان سفتی شرایط بسته‌بندی MAP به دست آمد. سفتی در دو شرایط بسته‌بندی تحت خلأ و هوا اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت با این حال مقدار عددی آن در بسته‌بندی تحت خلاء کم‌تر بود (شکل ۶–ب و ج). صداقت (۱۳۸۳) بیان کرد که با افزایش غلظت اکسیژن میزان سفتی پسته افزوده می‌شود.

نتایج صداقت و همکاران (۱۳۸۴) نیز حاکی از آن بود که دما، زمان نگهداری و نوع بسته‌بندی بر روی بافت و سفتی پسته معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) است. در تحقیق این محققین بهترین شرایط بافتی در غلظت کم‌تر از ۲ درصد اکسیژن بدست آمد(صداقت و همکاران،

۱۳۸۴). نتایج حاصل از سفتی حسی و سختی دستگاهی در این پژوهش همخوانی داشت. عدالتیان و همکاران (۱۳۸۶) نیز همبستگی خوبی را بین سفتی حسی و سختی دستگاهی به دست آوردند(عدالتیان و همکاران، ۱۳۸۶).



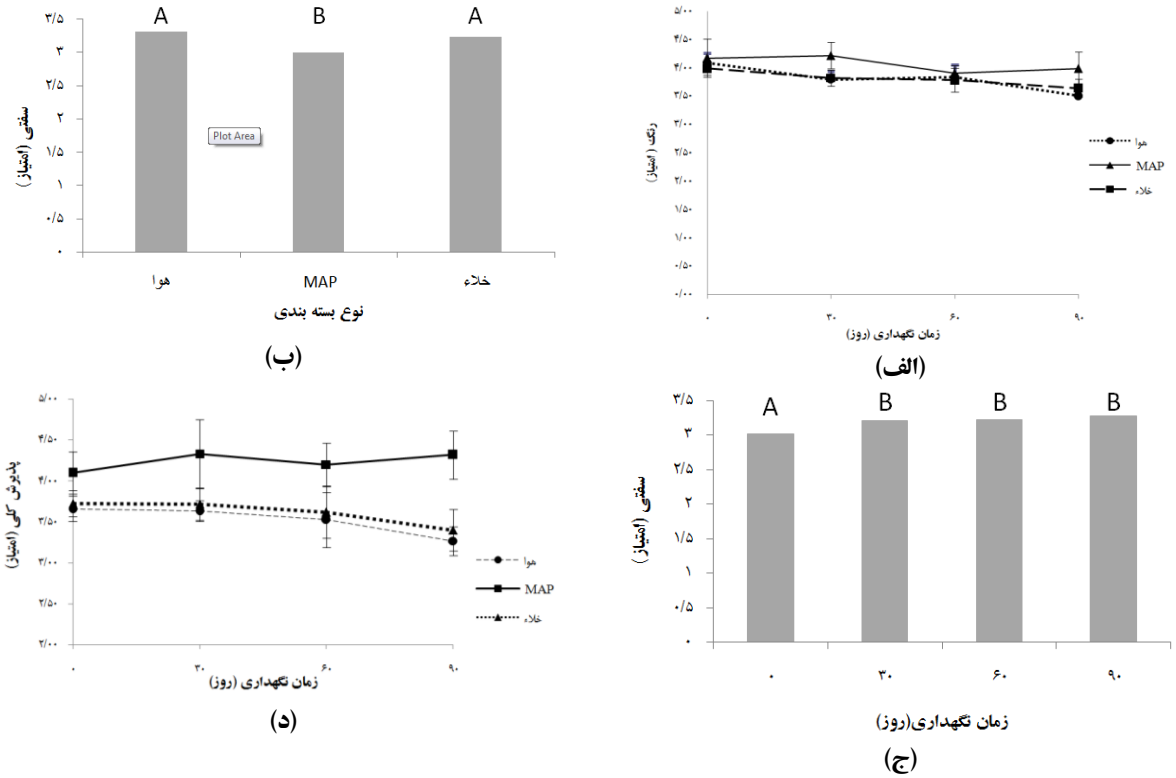
شکل ۵- اثر الف) زمان نگهداری و شرایط بسته‌بندی ب- زمان و دمای نگهداری و ج- دما و شرایط بسته‌بندی بر نیروی شکست پسته خام خشک

تندی

رنسیدیتی در مغزها منجر به ایجاد طعم نامطلوب و عدم پذیرش محصول توسط مصرف کننده می‌شود. به عبارتی اکسیداسیون لیپیدها علت اصلی فساد مغزها در طی انبارداری است. در این پژوهش تنها اثر فاکتور زمان نگه‌داری بر روی تندی محصول معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵). با این‌که اثر شرایط بسته‌بندی بر امتیاز رنسیدیتی معنی‌دار نبود با این حال کم‌ترین امتیاز رنسیدیتی به ترتیب در بسته‌بندی MAP و بعد از آن بسته‌بندی تحت خلأ دیده شد، هم‌چنین پسته‌های نگهداری شده در دمای ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد طعم رنسیدیتی بیش‌تری نسبت به پسته‌های نگهداری شده در دمای ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد نشان دادند، با این حال تفاوت بین دو دما معنی‌دار نبود. مکزیس و همکاران (۲۰۱۰) نیز با بررسی اثر شرایط بسته‌بندی و دما و زمان و نگهداری بر روی خصوصیات بادام درختی به این نتیجه رسیدند که زمان نگهداری بر روی طعم و خصوصیات حسی بادام مؤثر است به طوری که با افزایش زمان نگهداری از میزان امتیاز طعم محصول کاسته می‌شود آن‌ها علت این امر را اکسیداسیون محصول اعلام کردند (Mexis and Kontominas 2010).

پذیرش کلی

روند تغییرات مربوط به پذیرش کلی پسته در نتیجه گذشت زمان در شرایط بسته‌بندی مختلف متفاوت بود. در شرایط بسته‌بندی هوا و خلاء با گذشت زمان از پذیرش کلی پسته کاسته شد که دلیل آن هم می‌تواند طعم حاصل از رنسیدیتی پسته باشد. این در حالی بود که این روند در مورد پسته‌های بسته بندی شده در شرایط MAP نزولی نبود. این امر بخصوص از زمان ۶۰ تا ۹۰ روز پس از بسته بندی کاملا مشهود بود، به این ترتیب که در این بازه زمانی پذیرش کلی نمونه های بسته‌بندی شده در شرایط هوا و خلاء دچار کاهش و نمونه‌های بسته‌بندی شده در شرایط MAP با افزایش امتیاز پذیرش کلی همراه بودند (شکل ۶-د). در آزمایش صداقت (۱۳۸۳) زمان نگهداری بر روی پذیرش کلی معنی‌دار عنوان شد، اما دما و درصد اکسیژن تاثیر معنی‌داری بر پذیرش کلی پسته نداشتند (صداقت، ۱۳۸۳). در آزمایش نیک‌زاده و صداقت (۱۳۸۸) نیز دمای نگهداری، دارای اثر معنی‌دار بر پذیرش کلی پسته ها بود (نیک‌زاده و صداقت، ۱۳۸۸). نتایج تحقیق باکلباسی و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان داد که با افزایش زمان نگهداری از میزان پذیرش کلی و امتیاز طعم گردو کاسته می‌شود. آن‌ها نیز دلیل این امر را افزایش میزان اکسیداسیون محصول عنوان کردند (Bakkalbası *et al*., 2012).



شکل ٦- اثر الف) زمان نگهداری و شرایط بسته‌بندی بر امتیاز رنگ، ب) نوع بسته‌بندی بر امتیاز سفتی، ج) زمان نگهداری بر امتیاز سفتی، د) زمان نگهداری و بسته‌بندی بر روی پذیرش کلی پسته‌ی خام خشک.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که شرایط بسته بندی و زمان نگهداری پسته خشک تیمار شده، نسبت به دمای نگهداری تاثیر بیش‌تری بر پارامترهای اندازه‌گیری شده و در نتیجه ماندگاری و کیفیت محصول نهایی داشتند. با بررسی اثر شرایط اتمسفری مختلف بر ماندگاری پسته خام خشک، مشاهده شد که با این‌که اتمسفر بسته تأثیر معنی‌داری بر رطوبت نداشت با این حال بسته‌بندی MAP رطوبت کم‌تری را نشان داد. نتایج آزمون پراکسید و میزان اسیدچرب آزاد نشان داد بسته‌بندی MAP و بعد از آن بسته‌بندی تحت خلأ بسته‌بندی‌های مناسب‌تری نسبت به بسته‌بندی با هوای معمولی هستند. در این بسته‌ها به دلیل مهار بهتر اکسیداسیون و رنسیدیتی رنگ، بافت و خصوصیات حسی پسته‌ی خام خشک ماندگاری بیش‌تری دارد. همچنین غلظت پایین اکسیژن در کنار غلظت بالای دی‌اکسیدکربن و نیتروژن در بسته‌بندی MAP توانست آلودگی قارچی را به طرز مؤثرتری نسبت به دو بسته‌بندی دیگر مهار کند. در مجموع به نظر می‌رسد استفاده از روش بسته‌بندی MAP در مقایسه با روش هوای معمولی و خلاء روش مناسب‌تری برای بسته‌بندی پسته‌ی خشک خام باشد.

منابع

Amerine, A., Panqporn, R.N. and Rossler, E.B., 1965, Principles of sensory evaluation of food, Food Science and Technology Monographs, *Academic Press*, New York, 338-339.

A.O.A.C.: Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International, 1995, 16th ed. Free Fatty Acids (FFA): 940.28, CUNNIFF, P. ed. Arlington: AOAC International, 940.28, V.1.

A.O.C.S.: Official methods and recommended practices of the American Oil Chemist's Society, 1998, 5th ed. Champaign: AOCS, TB 2-64.

Bakkalbası, E., Yılmaz, O.M., Javidipour, I. and Artık, n., 2012, Effects of packaging materials, storage conditions and variety on oxidative stability of shelled walnuts, *LWT – Food Science and Technology*, 46, 1, 203-209.

Bello, M.O., Akindelea, T.L., Adeoyea, D.O., and Oladimejib, A.B, 2011, Physicochemical Properties and Fatty Acids Profile of Seed Oil of telfairia occidentalis Hook, F., *International journal of basic & applied sciences ijbas-ijens*, 11 (6), 9-14.

Christopoulos, M. V. and Tsantili, E., 2011, Effects of temperature and packaging atmosphere on total antioxidants and

colour of walnut (Juglans regia L.) kernels during storage, *Scientia Horticulturae*, 131, 49-57.

Dashti,GH. and Khodaverdi, M., 2011, Comparative advantage analysis and structure pistachio nuts export market, *Agricultural Science and Technology*, 24(1), 106-119.

Edalatyan, M. R., sedaghat, N. and Sharif, A., 2008, Effect of temperature , packaging and storage time on hardness texture of pistachio nuts(*Ohadi variety*) and it's comparison with sensorial properties, , *J. of Iranian Food Science and Technology Research(IFSTRJ)*, 3(1), 1-7.

El Halouat, A. and Debevere, J. M. 1997, Effect of water activity, modified atmosphere packaging and storage temperature on spore germination of moulds isolated from prunes, *International Journal of Food Microbiology*, 35, 41-48.

Ellis, W .O., Smith J. P., Simpson, B.K., Ramaswamy, H. and Doyon, G., 1994, Growth of and aflatoxin production by Aspergillus flavus in peanuts stored under modified atmosphere packaging (MAP) conditions, *International Journal of Food Microbiology*, 22, 173-187.

Essein, E.B and Amadi, C.E., 2009, physicochemical characterisation of butternut (jugulans cinerea) oil, *Global Journal of Pure and Applied Sciences* , 15 (3), 339-341

Fabbri, A., Fanelli, C., Serafini, M, Di Maggio, D., Pirazzi, R., 1980, aflatoxin production on wheat seed stored in air and nitrogen." *Transactions of the British Mycological Society*, 74, 197-199.

Gamli, F. and Hayoglu, I., 2007, The effect of the different packaging and storage conditions on the quality of pistachio nut paste, Journal *of Food Engineering*, 78, 2, 443-448.

Garcia, J. M., Agar, I. T. anf Streif, J., 1992, Fat content and fatty acid composition in individual seeds of pistachio varieties grown in Turkey, *Garten bauwissenchaft* , 57, 130-137.

International IDF standards 1991). "international dairy federation." IDF-Square Vergote 41, Brussels, Belgium, sec 74A.

Iranian national standard,2008, Food microbiology and animal feed, General requirements for test guide, *Institute of Standards and Industrial Research of Iran*, 9899, 66-72.

Garcııa-Pascual, P., Mateos, M., Carbonell, V. and Salazar, D.M., 2003, Influence of Storage Conditions on the Quality of Shelled and Roasted Almonds, *Biosystems Engineering*, 84, 2, 201–209.

Hoogerwerf, S. W., Kets, E. P. W. and Dijksterhuis, J., 2002, High-oxygen and high-carbon dioxide containing atmospheres inhibit growth of food associated moulds, *Letters in Applied Microbiology*, 35, 419-422.

Kader, A. A., Heintz, C. M., Labavitch, J.M. and Rae, H.L., 1982, Studies related to description and evaluation of pistachio nut quality, *Journal of American Society Horticultural Science*, 1, 7, 812-816.

Kang, H. J., Kim, S. J.,You, Y. S., Lacroix, M. and Han, J. 2013, Inhibitory effect of soy protein coating formulations on walnut (Juglans regia L.) kernels against lipid oxidation. *LWT - Food Science and Technology*. 51, 1, 393-396.

Labuza, T. P. and Schmidl, M. K. 1985, Accelerated shelf life testing of food, Food Technology, 39, 9, 57-62.

Leufven, A., Sedaghat, N. and Habibi, M.B. 2010, Influence of different packaging systems on stability of raw dried pistachio nuts at various conditions. *Agriculture Environ Science*, 8, 5, 576–81.

Lin, X., Wu, J., Rongbi Zhu, R., Chen, P., Huang, G., Li, Y., Ye, N., Huang, B., Lai, B., Zhang, H., Lin, W., Lin, J., Wang, Z., Zhang, H. and Ruan, R., 2012, California Almond Shelf Life: Lipid Deterioration During Storage, *Journal of Food Science*, 77, 6, 583-593.

Maskan, M. and Karatas, S., 1997, Sorption characteristics of whole pistachio nuts, drying technology, 15, 1119-1139.

Mehyar, G.F., Al-Ismail, KH., Han, J.H., and Chee, G.W. 2012, Characterization of Edible Coatings Consisting of Pea Starch, Whey Protein Isolate, and Carnauba Wax and their Effects on Oil Rancidity and Sensory Properties of Walnuts and Pine Nuts. *Food Science*, E1-E8.

Mexis, S.F. and M.G. Kontominas, 2010, Effect of oxygen absorber, nitrogen flushing, packaging material oxygen transmission rate and storage conditions on quality retention of raw whole unpeeled almond kernels (Prunus dulcis), *LWT – Food Science and Technology*, 43,1, 1-11.

Mexis, S .F., Badeka, A.V., Riganakos, K.A., Karakostas, K.X. and Kontominas, M.G., 2009, Quality evaluation of raw ground almond kernels (Prunus dulcis): Effect of active and modified atmosphere packaging, container oxygen barrier and storage conditions, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10,580-589.

Moscetti, R., Frangipane, M.T., Monarca, D., Cecchini, M. and Massantini, R., 2012, Maintaining the quality of unripe, fresh hazelnuts through storage under modified atmospheres, Postharvest Biology and Technology, 65, 33-38.

Mohamadi, N., Safar, M., Fatemi, H. and Hamedi, M., 2008, Evaluation spatial distribution of three fatty acids in the oil of seven major pistachio nuts varieties based on the theory of 1 and 3 random, 2-random, *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 14(1), 1-10.

Nikzadeh, V. and Sedaghat, N., 2008, Evaluation effect of roasting on qualitative properties and chemical composition of pistachio nuts. Book of First National Conference on processing and packaging of pistachio nuts, *Ferdowsi University of Mashhad*, 379-388.

Nikzadeh, V. and Sedaghat, N., 2010, Evaluation effect of roasting temperature , formulation and shelf life on qualitative properties of oil pistachio and organoleptic properties, *FSCT*,6(3).46-55.

Nikzadeh, V., Sedaghat, N. and Shahidi, F., 2012, Evaluation of changes in moisture, texture, and sensory properties of pistachio nuts under affect of roasting temperature and storage time, *FSCT*, 8(1), 1-9

Northolt, M. D. and Bullerman, L.B., 1982, Prevention of mold growth and toxin production through control of environmental conditions, *Journal of Food Protection*, 46, 519-526.

Ozcelik, B. and Evranuz, O., 1998, Lipid oxidation in oil seed: Effective factors and measurement methods, *Food Technology*, 23, 221-227.

Palazoghlu, T.K, and Balaban, M.O., 1998, Supercritical CO2 extraction of lipids from roasted pistachio nuts, *American Society of Agricultureal Engineers*, 41, 3, 679-684.

Raei, M., Sedaghat, N., Porazerang, H. and Hashemi, N., 2008, Evaluation effect of material packaging and modified atmosphere packaging on the physicochemical properties of pistachio nuts, First National Conference on processing and packaging of pistachio nuts, Ferdowsi University of Mashhad, 1-9.

Sarhang Pour, R., Rasti, M., Zighamian, H. and Daraei Garmkhani, A., 2010, Occurrence of aflatoxins in pistachio nuts in Esfahan province, *Journal of Food Safety*, 30, 2, 330-340.

Sedaghat, N. 2005, Modeling storage conditions and packaging of raw dry pistachio nuts, PhD. Thesis of food science and technologh, Faculty of agriculture, *Ferdowsi University of Mashhad*, IRAN, 80-120.

Sedaghat, N., Mortazavi, S.A., Nasiri mahalati, M. and Davarinejad, GH., 2008, Estimation shelf life of pistachio nuts under various coundition, J. of Agricultural Science and Technology, 12(6), 127-135.

Sedaghat, N., Hashemi, N. and Raei, M., 2008, Evaluation effect of packaging and storage condition on sensory evaluation rosted pistachio nuts(*Ohadi Variety*), Book of First National Conference on processing and packaging of pistachio nuts, Ferdowsi University of Mashhad, 755-768.

Sedaghat, N. and Tavakoli J., 2012, Evaluation qualitative properties of Baneh (*Motika variety*) under storage condition and type of packaging, J. of Iranian Food Science and Technology Research(IFSTRJ), 7(1), 17-26.

Shayanfar, S., M. Kashaninejad, Khomeiri, M., Mostofi, Y. and Emam Djomeh, Z., 2008, The Effect of MAP and Different Atmospheric Conditions on the Color of In Hull Fresh Pistachio Nut." Mashhad, *18th national congress on food technology*, 1-6.

Tavakolipour, H., Basiri, A.R. and Kalbasi ashtari, A., 2009, The effects of temperature and relative humidity during storage pistachio nuts on qualitative indicators, *FSCT*, 4(5), 57-66.

Unknown, 2013, America compete with Iran in pistachio nuts production, Asr-e Iran, 209255, online, http://www.asriran.com/fa/news/209255.

USDA.: United States Department of Agriculture, 2013, Tree Nuts: Pistachios World Markets and Trade, Foreign Agricultural Service. *Circular Series February* 2013, 2-10.

Yaman, A., 2004, Determination of shelf life of pistachio nut kernel at different packing material and warehouse condition, *Pistachio Research Institute*, Gaziantep, Turky.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 11, No. 5, Dec - Jan 2015, p. 546-559

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۱، شماره ۵، آذر- دی ۱۳۹۴، ص. ۵۵۹-۵۴۶

Effect ofatmosphere condition of packaging on physicochemical, microbialandsensory properties of dried pistachio nuts(Ohadi Variety)

N.Sedaghat [1*], G. Moradi [2], S.Khoshnoudi-nia[3], A.Koocheki[4]

Received: 2013.05.18
Accepted: 2013.09.17

Introduction: Pistachio (*Pistaciavera* L.) is a tasty nuts and a good source of nutrients. During the last decade, the worldwide trades of pistachio have increasing trend, likely reflecting on the increase in consumers demand for this nuts. The high oil and essential fatty acid contents of the pistachio kernel is important from a nutritional point of view. However, high unsaturated fatty acids content makes pistachio nuts susceptible to oxidation and consequently off-flavors and off-aromas during storage.Mold growth and the production of aflatoxins is another food-safety concern about pistachio nuts. Lipid oxidation and fungal growth can be controlledby using an appropriateatmosphere in packaging.Therefore, the main objectives of this study were to determine the effect of Modified Atmosphere(MA) compared with Vacuum and Air condition packaging on physicochemical, microbialandsensory properties of raw dried Pistachio nuts (ohadi variety) in an accelerated storage conditions at 30±2°C and 50°C for 12 weeks.

Material and methods: The pistachio nuts were treated with 3 different system packaging, these treatment includes modified atmosphere packaging (MAP at 88% N2; 10% CO2 and 2% O2), vacuum packaging and air condition packaging. The pistachio nuts were packed in five-layerpouches (2 PE+ 2 PA+1 glue :80 microns)and stored in triplicate at 30°C and 50°C for12 weeksand they were sampled every four weeks. Oil from pistachio kernels for peroxide, and fatty acid assay were extracted by cold extraction and n-hexane was used as extraction solvent. Peroxide value ($Meq.kg^{-1}$) of the extracted oil was determined by spectroscopic absorbance reading at 500 nm. Free fatty acids (%), as oleic acid percentages in oil samples, were determined using the titration method. Moisture content (%) was determined by drying 5 g of ground kernels at 103±2 °C until constant weight. The mouldcontent (log CFU/g) of pistachios were performed according to the Iran standard method. The textural analysis of the pistachio nuts were performed using cylinderprobe (diameter: 20 mm) at test speed 50 mm/min and deformation of 4 mm for samples. Fracture force (N) and hardness (N) parameters were measured to evaluate textural properties ofpistachio nuts samples.Sensory evaluation was carried out by a 20 member trained panel (10 females and 10 males). Sensory attributes evaluated included color, firmness, rancidity and overall acceptability on 5 point hedonic scale, whit 5 for excellent and 1 for very dislike. Analysis of variance (ANOVA) was carried out using the least significance difference(LSD) test ($p<0.05$). The data wereanalyzed using the Minitab 16 software.

Results& Discussion: Observations indicated that the packaging conditions hadno effecton themoisture content ofraw dried pistachio nuts.But, the study of moisture content in different storage temperature showed that the moisture content of samples in both temperature were extremely decreased after 4weeks storage, but after this time the trend of reducing moisture was stopped at 30 °Cand the moisture ofpistachios were reachedto equilibrium with ambient moisture, while the reducing trend of pistachio nuts moisture were continued at the higher temperature (50 °C) until 60 days after treatment.This was attributed to higher capacity of warm air to absorb moisture. Therefore, the significant differences in final moisture content of dried raw pistachio nuts were observed in different temperature during 12 weeks. The peroxide values andfree fatty acid of MA and vacuum packaging samples were significantly lower than these paramours in air condition packaging ($p<0.05$). The lower oxygen content of these atmospherecan reduce the rate of lipid oxidation in the pistachio nuts. Also, decreasing the oxygen content of package atmosphere (MA and vacuum packaging) was resulted in decreasing in mould content of pistachio. In addition, higher CO2 content of MAP have an antifungal effect in pistachio nuts and subsequently the lowest fungal contamination was observed in MAP. Texture profile analysis (TPA) revealed that modifiedatmospherepackaging decreases fracture force and these pistachio had better texture than two other samples. However, there was no significant difference between samples.Also thesensory evaluation demonstrated that MA and vacuumpackagingimprovedcolor, firmnessandoverallacceptance ofpistachio nuts.

1, 4- Associate Professor.Department of Food Science and Technology, Agriculture Faculty,Ferdowsi University of Mashhad
2,3-MSc.Graduate.Department of Food Science and Technology, Agriculture Faculty,Ferdowsi University of Mashhad
(*Corresponding Author Email: sedaghat@um.ac.ir)

Conclusion: It is concluded that modifiedatmospherepackagingcan increase shelf life of raw dried pistachio nuts by reducing lipid ox idation and fungal contamination as well as improving sensory quality of pistachio nuts. Then it is recommended to use MAP alone or in combination with other protective strategies to improve quality and increase shelf-life of pistachio nuts.

Keywords : Raw dried pistachio nuts(Ohadi variety), modified Atmosphere Packaging (MAP), Peroxide value, Mold contamination, Ttexture analysis, Sensory evolution, Shelf life.