

تأثیر نوع ماده‌ی بسته‌بندی بر ویژگی‌های فیریکوشیمیایی پسته‌ی برشته (واریت‌های اوحدی)

سارا خشنودی‌نیا^۱ و ناصر صداقت^{۲*}

تاریخ دریافت: ۹۳/۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۹

^۱ دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

^۲ دانشیار علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

* مسئول مکاتبه: Email: sedaghat@um.ac.ir

چکیده

پسته و به‌ویژه پسته‌ی برشته یکی از دانه‌های آجیلی حساس به اکسایش است. یکی از مهم‌ترین روش‌های حفظ این دانه آجیلی از اکسیژن و افزایش زمان ماندگاری و کیفیت آن استفاده از بسته‌بندی مناسب می‌باشد. لذا هدف از این پژوهش بررسی اثر دو ماده بسته‌بندی مختلف بر روی پایداری اکسایشی و ویژگی‌های فیزیکی پسته‌ی برشته است. پسته‌های برشته شده در ۲ ماده بسته‌بندی مختلف شامل BOPP/Al/CPP (پلی‌پروپیلن خطی شده در جهت دو محور/آلومینوم/پلی‌پروپیلن ساده) و PET/metPE (پلی‌اتیلن ترفتالات/پلی‌اتیلن متالیزه) و در سه تکرار بسته‌بندی و در دو دمای ۳۵ °C و ۵۰ °C نگهداری شدند. آزمون‌ها شامل اندازه‌گیری اسیدچرب آزاد (%، شاخص‌های پراکسید (meq.O₂.kg⁻¹، میزان رطوبت (%، میزان گازهای اکسیژن و دی‌اکسیدکربن بسته و سختی پسته طی سه ماه نگهداری انجام شد. یافته‌های آنالیز شیمیایی نشان داد بیش‌ترین شاخص پراکسید در دمای ۵۰ °C نمونه‌های بسته‌بندی شده در BOPP/Al/CPP دیده شد ($P < 0.05$). محتوی گاز اکسیژن بسته‌بندی PET/metPE نیز کمتر بود. بیش‌ترین میزان رطوبت در پسته‌های PET/metPE گزارش شد. تأثیر ماده‌ی بسته‌بندی و زمان نگهداری بر سختی دستگاهی معنی‌دار بود. سختی در بسته‌های BOPP/Al/CPP علی‌رغم رطوبت کمتر، بالاتر بود. میزان اسیدهای چرب آزاد در دو بسته‌بندی تفاوت معنی‌داری نداشت. محتوی دی‌اکسید کربن نیز در بسته‌بندی PET/metPE بیش‌تر از بسته‌بندی دیگر بود. در مجموع کیفیت پسته‌ی برشته شده به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع ماده بسته‌بندی بود و نمونه‌های بسته‌بندی شده در PET/metPE طی زمان نگهداری از کیفیت بهتری برخوردار بودند. با این‌که پسته‌های بسته‌بندی BOPP/Al/CPP محتوی رطوبت کمتری بود، اما اکسیداسیون و سختی در آن بیش‌تر گزارش شد.

واژگان کلیدی: اکسایش، پسته برشته‌شده، رطوبت، سختی، ماده بسته‌بندی

مقدمه

درخت پسته اهلی گیاهی نیمه گرمسیری متعلق به تیره‌ی سماق^۱ و جنس پستاسیا^۲ است. در ایران ۹۰ رقم پسته شناخته شده است، که تعدادی از آن‌ها به صورت گسترده و تجاری و برخی به صورت پراکنده و محدود کشت می‌شوند (پناهی و همکاران ۱۳۸۲). مصرف پسته در جهان نه تنها به خاطر طعم خوب آن بلکه به دلیل ویژگی‌های تغذیه‌ای ارزشمند آن رو به رشد می‌باشد. مغز پسته نیز مانند سایر دانه‌های آجیلی منبع خوبی از چربی (۵۰-۶۰٪) به ویژه اسیدهای چرب غیراشباع و ضروری (اسید اولئیک، لینولئیک و لینولنیک) است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های کیفی و کمی اسیدهای چرب در روغن پسته‌ی ایرانی سه اسید چرب عمده در ساختمان تری‌اسیل‌گلیسرول‌های پسته را اسیدپالمیتیک، اسید اولئیک و اسید لینولئیک معرفی می‌کند. مقدار اسید پالمیتیک، اسید اولئیک و لینولئیک در پسته‌ی رقم اوحدی به ترتیب ۷/۲، ۵۹/۸ و ۳۲/۹ برآورد شده که نسبت به سایر رقم‌های تجاری مورد بررسی این رقم بیش‌ترین نسبت اسید چرب غیر اشباع به اشباع را دارد (محمدی و همکاران ۱۳۸۶). محتوی اسید اولئیک و اسید لینولئیک بالا در پسته این محصول را از نظر تغذیه‌ای ارزشمند می‌سازد، اما از سویی همین محتوای بالای اسیدهای چرب غیراشباع ماندگاری محصول را به دلیل حساسیت اسیدهای چرب غیراشباع به اکسایش محدود می‌سازد. اکسایش لیپیدی مهم‌ترین پارامتر کیفی است که ارزش اقتصادی این محصول را در طول نگهداری کاهش می‌دهد و موجب توسعه طعم و رنگ نامطلوب، تند و کاهش خواص تغذیه‌ای محصول می‌شود (کمال‌الدین و همکاران ۲۰۰۳). غلظت اکسیژن یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی موثر بر اکسایش است

و یکی از بهترین راه‌های مهار اکسیژن استفاده از بسته‌بندی مناسب است (صداقت و توکلی ۱۳۹۰). از آن‌جا که انتخاب صحیح ماده‌ی بسته‌بندی به حفظ بهتر کیفیت محصول و افزایش زمان ماندگاری آن منجر می‌شود در سال‌های گذشته تحقیقات متعددی در زمینه‌ی بسته‌بندی و شرایط نگهداری مواد خشک و دانه‌های آجیلی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است. برای مثال صداقت و توکلی (۱۳۹۰) به بررسی خواص بنه تحت شرایط نگهداری مختلف پرداختند. این محققین بین دو ماده‌ی بسته‌بندی PA/PE/PA/PE و PET/AL/LLDPE بسته‌بندی PET/AL/LLDPE را برای بنه بسته‌بندی مناسب‌تری معرفی کردند (صداقت و توکلی ۱۳۹۰). لوفون و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه‌ی بسته‌های مختلف، ماده‌ی بسته‌بندی PS/EVOH/PE حاوی جاذب اکسیژن را بسته‌بندی مناسبی برای پسته معرفی کردند (لوفون و همکاران ۲۰۱۰). مکزیس و همکاران (۲۰۰۹) بسته‌بندی‌های PET/PE؛ LDPE و PET/metPE^۳ را بر روی گردوی تازه مورد آزمون قرار دادند (مکزیس و همکاران ۲۰۰۹). آدبیا و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی اثر دو ماده‌ی مختلف بسته‌بندی بر روی عدد پراکسید، عدد تیوباریتوریک و آزمون حسی بادام‌زمینی خام و برشته نشان دادند که پلی‌پروپیلن با ضخامت ۴۵ میکرومتر نسبت به پلی‌اتیلن با ضخامت ۱۸ میکرومتر عملکرد بهتری دارد (آدبیا و همکاران ۲۰۰۲). راندولویک و همکاران (۲۰۱۲) با مقایسه بسته‌بندی PET/PE؛ PAP/PE^۴ و PET/PE؛ PAP/Al/PE^۵ بهترین بسته‌بندی را PAP-Al-PE اعلام کردند (راندولویک و همکاران ۲۰۱۲). هنریکوز و همکاران (۲۰۱۳) با مقایسه‌ی دو بسته‌بندی پلی‌اتیلن با دانسیته‌ی بالا و فیلم

^۱ polyethylene terephthalate/ metalized Polyethylene

^۲ polyester-polyethylene

^۳ paper-polyethylene

^۴ paper-aluminium-polyethylene

^۵ polyester-aluminium-polyethylene

^۱ Pistacia Vera L.

^۲ Anacardiaceae Pistacia

^۳ Pistacia

^۴ Polystyrene / Ethylene-Vinyl Alcohol / Polyethylene

^۵ Low density Polyethylene

^۶ polyethylene terephthalate/ Polyethylene

بسته‌بندی و شرایط نگهداری: پسته‌ها در دو نوع ماده‌ی بسته‌بندی مختلف (فیلم سه لایه‌ی BOPP/AL/CPP و فیلم PET/metPE) با وزن ۱۰۰ گرم در سه تکرار بسته‌بندی شدند. نمونه‌ها بعد از کدزنی در شرایط نگهداری تسریع شده در دو دمای 35°C و 50°C به مدت ۳ ماه نگهداری شدند. دماهای ذخیره‌سازی بر اساس مطالعات انجام شده بر روی زمان ماندگاری غذاهای دهیدراته انتخاب شد (کراپ‌لایف ۲۰۰۹، لیوزا و اشمیدل ۱۹۸۵).

استخراج روغن: ۴۰ گرم از مغز پسته آسیاب و به روش استخراج سرد توسط حلال n-هگزان با خلوص ۹۹٪ (مرک آلمان) روغن‌گیری شد. حلال در دمای $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ و زیر هود تحت خلأ تبخیر شد. روغن حاصله جمع‌آوری و تا زمان انجام آزمون‌ها در دمای 18°C -نگهداری شد.

اسیدهای چرب آزاد (FFA): این شاخص بر اساس اسید اولئیک موجود در روغن پسته به روش تیتراسیون AOAC و با استفاده از محلول ۰/۱ نرمال سود اندازه‌گیری شد (استاندارد ای. ا. ای. سی ۱۹۹۵).

اندیس پراکسید (PV): به روش فدراسیون بین‌المللی لبنیات (IDF) و با استفاده از اسپکتروفتومتر سری UV ۲۱۰۰ (شرکت کول پارمر، آمریکا) در طول موج جذبی ۵۰۰ نانومتر بر اساس میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم نمونه اندازه‌گیری شد. این روش عدد پراکسید را با دقت ۰/۱ میلی‌اکی‌والان/کیلوگرم اندازه‌گیری می‌کند (شانتا و دکر ۱۹۹۴، سم ۲۰۱۲).

بررسی محتوی گاز بسته‌ها: محتوی گاز بسته‌ها از نظر اکسیژن و دی‌اکسیدکربن توسط دستگاه گاز آنالایزر (Gases analysers model oxybaby, WITT company Germany) اندازه‌گیری شد.

آزمون سنجش رطوبت: سنجش رطوبت پسته به روش استاندارد ملی ایران صورت گرفت. برای این منظور میزان

متالیزه شده بر روی پودر پوست سیب به این نتیجه رسیدند بسته‌بندی متالیزه عملکرد بهتری در نگهداری پودر سیب داشته است (هنریکوز و همکاران ۲۰۱۳). فیلی‌پاویک و همکاران (۲۰۱۲) در مقایسه‌ی اثر بسته‌بندی‌های OPP، OPP/OPP، metOPP^۱، OPP/metOPP و PET/AL/PE^۲، در نوعی بیسکوئیت به این نتیجه رسیدند که بسته‌بندی‌های متالیزه و حاوی فویل آلومینوم برای نگهداری بلند مدت خصوصیات ممانعت‌کنندگی بهتری دارند (فیلی‌پاویک و همکاران ۲۰۱۲). تاکنون تأثیر حضور لایه‌ی آلومینوم در ترکیب با پلی‌پروپیلن خطی شده و ساده و مقایسه‌ی آن با بسته متالیزه‌ی پلی اتیلن ترفتالات/پلی‌اتیلن بر حفظ شاخص‌های کیفی پسته‌ی برشته مورد بررسی قرار نگرفته است. لذا با توجه به اهمیت موضوع بسته‌بندی در حفظ کیفیت بهتر محصولات پر چرب از جمله پسته هدف از این مطالعه بررسی تأثیر نوع ماده‌ی بسته‌بندی بر خواص فیزیکوشیمیایی پسته‌ی برشته‌شده و بررسی ویژگی‌های ممانعت‌کنندگی ماده‌ی بسته‌بندی در برابر رطوبت و گاز در طول دوره‌ی سه ماهه در شرایط دمایی تسریع شده بود.

مواد و روش‌ها

پسته برشته‌شده (دمای 143°C به مدت ۶ دقیقه) از کارخانه‌ی پستیژ یزد تهیه شد. مواد شیمیایی مورد استفاده نیز از شرکت مرک آلمان خریداری شد. مواد بسته‌بندی مورد استفاده نیز شامل فیلم سه لایه‌ی BOPP/Al/CPP^۳ (پلی‌پروپیلن خطی شده در جهت دو محور/آلومینوم/پلی‌پروپیلن ساده) به ضخامت ۸۰ میکرون، فیلم لی اتیلن ترفتالات/پلی اتیلن متالیزه شده (PET/metPE) به ضخامت ۷۵ میکرون تهیه شده که از شرکت پستیژ خاورمیانه تهیه شد.

Polypropylene (BOPP/Al/CPP)

^۵ PET/metPE (polyethylene terephthalate/ metalized polyethylene)

^۶ Cole Parmer Instruments Company

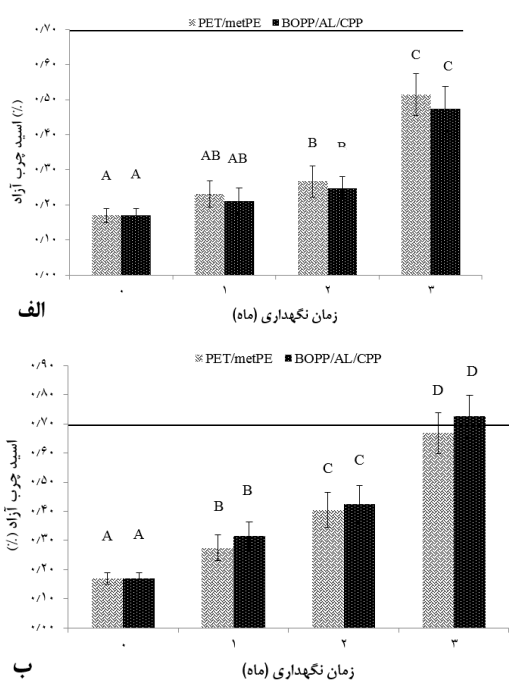
^۱ Oriented polypropylene

^۲ Oriented polypropylene metalized

^۳ polyethyleneterephthalate/aluminum/polyethylene

^۴ Biaxial Oriented Polypropylene/Aluminum/ Cast

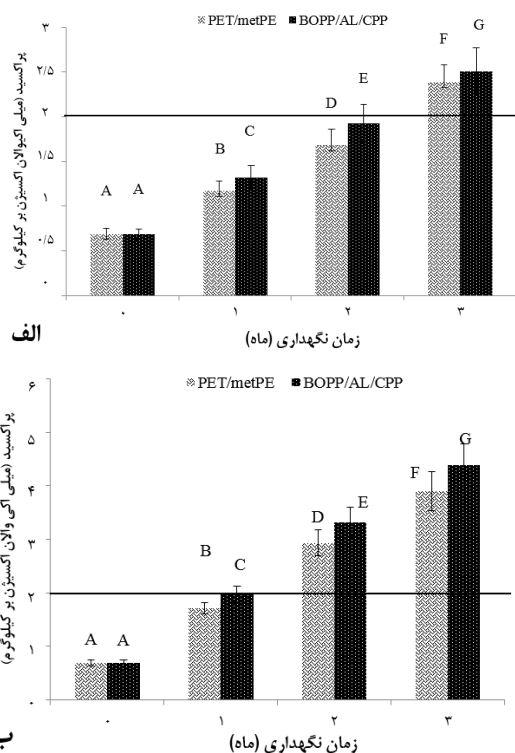
بسته‌بندی PET/metPE (۰/۳۳۷۵) نسبت به نمونه‌ی بسته‌بندی BOPP/Al/CPP (۰/۳۴۲۷) کم‌تر بود. در دمای ۳۵ °C این بسته‌ها مقدار اسیدچرب آزاد کم‌تری داشتند، با این‌که این تفاوت در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود، اما نتیجه در نوع خود جالب بود. رطوبت و حرارت از کاتالیزورهای واکنش هیدرولیز چربی‌ها و تولید اسیدچرب آزاد هستند. از آنجایی که محتوی رطوبت بسته در این دما در بسته‌ی BOPP/Al/CPP کم‌تر بود بسته‌های این بسته‌بندی از نظر کنترل تولید اسیدچرب آزاد عملکرد بهتری داشتند (شکل ۲).



شکل ۲- تأثیر نوع ماده‌ی بسته‌بندی بر روی مقدار اسید چرب آزاد بسته در دو دمای الف) ۳۵°C ب) ۵۰°C (نوار خطا ترسیم شده بر حسب SD است).

اما در دمای ۵۰ °C از آنجا که فویل آلومینوم رسانای خوب گرماسست و جذب حرارت در بسته‌های BOPP/Al/CPP بیش‌تر بوده است این کاهش رطوبت نتوانسته چندان کارآمد باشد. از طرفی میزانی و همکاران (۲۰۰۹) فیلم‌های BOPP/CPP را نسبت به

می‌کنند که مسئول طعم و بوی نامطلوب در محصولات روغنی هستند (براین و یادا ۲۰۰۹).



شکل ۳- اثر نوع بسته‌بندی بر شاخص پراکسید در دمای الف) ۳۵°C و ب) ۵۰°C. خط رسم شده بر روی عدد ۲ نمایانگر آستانه‌ی پذیرش شاخص پراکسید است (نوار خطا ترسیم شده بر حسب SD است).

آنزیم‌های لیپولتیک زیر پوسته‌ی نازک بسته واقع شده‌اند و تا زمانی که سلول‌های بسته آسیب ندیده باشند نمی‌توانند به چربی حمله کنند، اما از آنجایی که حرارت در طی برشته کردن سبب ایجاد تغییرات فیزیکی در سلول می‌شود و همچنین مقاومت بالای آنزیم استراز افزایش معنی‌داری در اسیدچرب آزاد در بسته‌های برشته دیده می‌شود (ازدمیر ۲۰۰۱). نتایج نشان داد نوع ماده‌ی بسته‌بندی تأثیری در اسیدچرب آزاد نداشته است با این حال محتوی اسیدچرب آزاد در

¹ Error bar: standard deviation (sd)

ممانعت‌کنندگی فیلم‌های BOPP/ CPP نسبت به PET/PET/LDPE به مقدار بیش‌تری تحت تأثیر دما و تشعشع قرار می‌گیرد. احتمالاً به همین دلایل بسته‌ها نفوذپذیرتر شده و رطوبت بیش‌تری را از بسته خارج کردند. ماسدو و همکاران ۲۰۱۳ فیلم‌های BOPP را در مقایسه با فیلم‌هایی چون نیچر فلکس ۳۰، نیچرفلکس ۲۳ و نیچر فلکس ۵۵^۳ بهترین فیلم در برابر نفوذ رطوبت معرفی کردند. از طرفی وجود لایه‌ی میانی آلومینوم نیز به محافظت بیش‌تر بسته‌ها در برابر رطوبت کمک کرده است. تاکر و همکاران (۲۰۱۲) نیز بسته‌ی لمینت آلومینومی را در مقایسه با بسته‌های پلی‌اتیلنی موانع بهتری در برابر رطوبت دانستند. کاساکو و همکاران نیز (۲۰۰۹) پلی‌اتیلن را در ممانعت در برابر رطوبت فیلم‌های نسبتاً ضعیفی اعلام کردند. پاو و همکاران (۲۰۰۸) نیز نشان دادند که زمان نگهداری، دما و نوع بسته‌بندی بر میزان رطوبت پودر جاک‌فروت^۴ تأثیر دارد و به مرور زمان پودرهای بسته‌بندی شده در فیلم متالیزه‌ی BOPP و پلی‌اتیلن متالیزه افزایش رطوبت را نشان دادند (پودر جاک‌فروت به شدت هیگرو سکوب است) که میزان این افزایش در فیلم BOPP کمتر بود. فرناندز لویز و همکاران (۲۰۰۹) گذشت زمان را باعث کاهش میزان رطوبت در پودر فیبر پرتقال اعلام کردند. به این ترتیب افزایش و کاهش میزان رطوبت در مواد خشک وابسته به ساختار فیزیکی، شیمیایی و تکنولوژیکی محصول دارد.

اثر متقابل زمان و بسته‌بندی در شکل ۳ ترسیم شده است. با گذشت زمان در هر دو بسته از میزان رطوبت کاسته شده است با این حال این میزان کاهش در بسته‌بندی BOPP/Al/ CPP به طور معنی‌داری بیش‌تر بوده است.

آنالیز گاز بسته‌ها: بین تیمارهای مورد آزمون تنها نوع بسته‌بندی اثر معنی‌داری ($P < 0.05$) بر محتوی گاز

فیلم‌های PET/PET/LDPE به مقدار بیش‌تری تحت تأثیر دما و تشعشع می‌دانند (میزانی و همکاران ۲۰۰۹). **رطوبت:** نتایج نشان داد بسته‌های موجود در بسته‌بندی BOPP/Al/ CPP به طور معنی‌داری رطوبت کم‌تری نسبت به پوشش PET/merPE دارد (به ترتیب ۲/۴۱۴ و ۲/۴۸۱). بررسی اثر متقابل بسته‌بندی و دما نشان داد، در دمای ۳۵°C بین میزان رطوبت در بسته‌های بسته‌بندی شده در هر دو ماده‌ی بسته‌بندی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، اما در دمای ۵۰°C این تفاوت معنی‌دار بود و بسته‌بندی BOPP/Al/ CPP میزان رطوبت کم‌تری (۲/۲۴۴) نسبت به بسته‌بندی PET/Al/PE (۲/۳۴۵) داشت که احتمالاً دلیل این امر نفوذپذیرتر شدن پوشش BOPP/Al/ CPP با افزایش حرارت بوده است. در دمای ۳۵°C در طول زمان ثابت بیش‌تری را از نظر میزان رطوبت در این بسته شاهد بودیم. از طرف دیگر در دمای ۳۵°C تمام بسته‌های BOPP/Al/ CPP بمباج داشتند با این حال محتوی گاز اکسیژن و دی‌اکسیدکربن تغییر معنی‌داری نداشت و از آنجایی که بسته‌ها به طور مشهودی خشک و شکننده بودند، می‌توان وجود بمباج در بسته را به بخار آب نسبت داد و همین امر می‌تواند دلیلی بر نفوذپذیری بسیار پایین این بسته‌ها به رطوبت باشد. این نتایج مطابق با نتایج بررسی مؤسسه‌ی اورگرین بود، آن‌ها بیان داشتند نفوذپذیری در فیلم BOPP سه برابر کم‌تر از فیلم PET است (اورگرین ۲۰۱۳). اما در دمای ۵۰°C به سرعت از میزان رطوبت بسته‌ها کاسته شد و سرعت کاهش رطوبت در بسته‌بندی BOPP/Al/ CPP بیش‌تر بود. تاکر و همکاران (۲۰۱۲) علت اختلاف بین مواد بسته‌بندی را خصوصیات هدایت حرارتی مواد مختلف دانستند که باعث واکنش‌های تجزیه‌ای در محصول در طول دوران ذخیره‌سازی می‌شود. از طرفی میزانی و همکاران (۲۰۰۹) بیان داشتند خصوصیات

³ NatureFlex 55 N913 (N913)

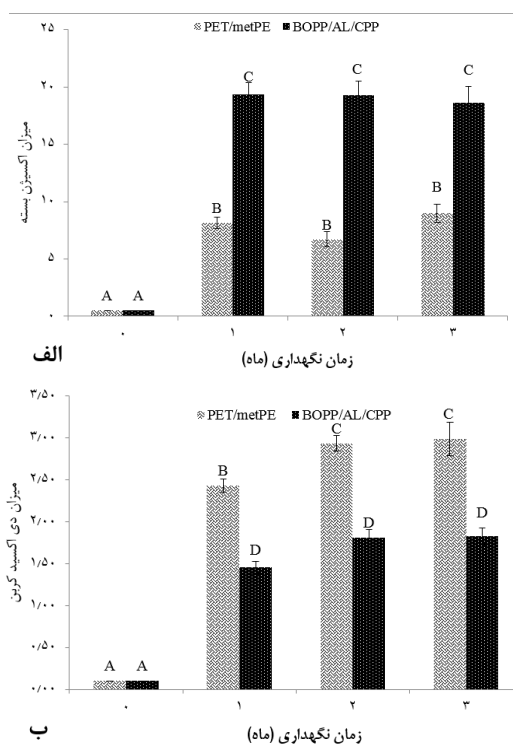
⁴ jackfruit

¹ NatureFlex 30 NK(NK)

² NatureFlex 23 NM (NM)

البدته انتظار می‌رفت وجود لایه‌ی آلومینیومی بتواند ممانعت‌پذیری ماده‌ی بسته‌بندی را بهبود بخشد، اما حضور لایه‌ی آلومینوم با کاهش انعطاف فیلم آن را شکننده و در نتیجه نفوذپذیر ساخت. اثر نوع بسته‌بندی در طی زمان بر میزان گاز اکسیژن و دی‌اکسیدکربن در شکل ۴ ترسیم شده است. مقایسه محتوی گاز دی‌اکسیدکربن دو بسته‌بندی نشان داد، بسته‌ی BOPP/Al/CPP محتوی گاز CO₂ کم‌تری (۱/۱۹۴) نسبت به بسته‌بندی PET/metPE (۲/۷۳۸) بود که این تفاوت در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. بررسی فاکتور زمان نشان داد به تدریج بر میزان گاز دی‌اکسید کربن بسته‌ها افزوده شده به طوری که کم‌ترین این میزان در پایان ماه اول نگهداری (۱/۷۸۵) و بیش‌ترین میزان آن در پایان ماه سوم نگهداری ثبت شد (۲/۵۰۳). بررسی اثر دما نیز نشان داد با افزایش دما به طور معنی‌داری بر میزان گاز دی‌اکسید کربن افزوده شده است. (به ترتیب ۱/۹۸۳ و ۲/۴۴۹). بررسی اثر متقابل نوع بسته‌بندی دما نشان داد در بسته‌بندی PET/metPE تفاوت معنی‌داری بین دو دمای بین دو دمای ۳۵°C و ۵۰°C وجود داشته است، به طوری که میزان گاز دی‌اکسیدکربن در این بسته‌ها با افزایش دما به طور معنی‌داری افزایش یافته (به ترتیب ۲/۳۴۹ و ۳/۱۲۷ در دمای ۳۵°C و ۵۰). در حالی که در بسته‌بندی BOPP/Al/CPP تفاوت معنی‌داری بین میزان گاز دی‌اکسیدکربن در دو دمای مختلف دیده نشد (شکل ۴). با گذشت زمان و افزایش دما به طور معنی‌داری بر میزان گاز دی‌اکسیدکربن افزوده شده است. به نظر می‌رسد افزایش CO₂ در بسته‌ها ناشی از واکنش‌های شیمیایی مختلف باشد. یکی از خروجی‌های واکنش مواد حاصل از اکسیداسیون چربی‌ها با مواد ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه و کربوهیدرات‌ها نیز می‌تواند دی‌اکسیدکربن باشد. محتوی گاز دی‌اکسیدکربن در بسته‌ی BOPP/Al/CPP محتوی گاز CO₂ کم‌تری بود. شاید یکی از دلایل این

اکسیژن داشت. همان‌طور که گفته شد بسته‌بندی BOPP/Al/CPP به اکسیژن نفوذپذیر بود. در صورتی که هر سه تیمار بسته‌بندی، زمان و دما تأثیر معنی‌داری بر میزان دی‌اکسیدکربن بسته داشتند. بررسی محتوی گاز دو بسته‌بندی نشان داد، میزان گاز اکسیژن به طور معنی‌داری در بسته‌بندی BOPP/Al/CPP (۱۹/۴۸۱) بیش‌تر از بسته‌بندی PET/metPE (۱/۷۱۶) بود. اورگرین (۲۰۱۳) جدولی از میزان نفوذپذیری فیلم‌های مختلف ارائه کرد که بخشی از این جدول که در ارتباط با فیلم‌های سنتزی استفاده شده در این پژوهش بود در جدول ۱ گردآوری شده است. این جدول نشان می‌دهد پوشش PET نفوذپذیری بسیار کم‌تری نسبت به BOPP و CPP نسبت به اکسیژن دارد. به طوری که نفوذپذیری به اکسیژن در فیلم BOPP تقریباً ۱۰ برابر فیلم PET برآورد شد (اورگرین ۲۰۱۳).



شکل ۳- میزان گاز دو بسته‌بندی مختلف (الف) گاز اکسیژن و (ب)

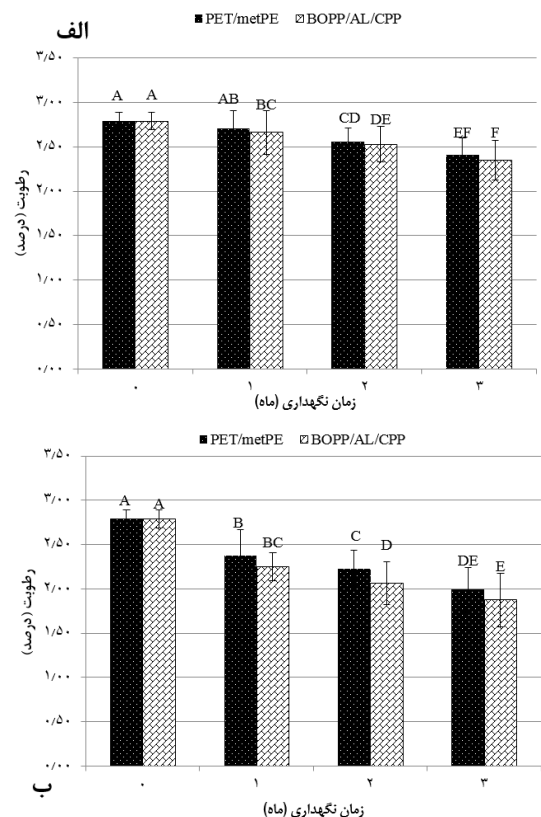
دی‌اکسیدکربن (نوار خطا ترسیم شده بر حسب SD است).

بسته‌بندی PET/metPE بود که این تفاوت در ماه دوم در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود اما در ماه سوم به طور معنی‌داری سختی در بسته‌های BOPP/Al/CPP افزایش یافت. در دمای ۵۰°C روند کاهش سختی تنها در بسته‌بندی PET/metPE بود. در بسته‌بندی BOPP/Al/CPP از ماه دوم نگهداری به بعد سختی افزایش معنی‌دار یافت.

سختی در بسته‌بندی‌های BOPP/Al/CPP در هر دو دمای نگهداری پایان ماه سوم نگهداری به دلیل حضور اکسیژن بیش‌تر در این بسته‌ها شاهد افزایش سختی بسته‌ها بودیم. در حالی که رطوبت در این بسته در پایان ماه سوم به طور معنی‌داری نسبت به مدت مشابه قبل کاهش یافته بود، سختی یک روند افزایشی را طی کرد. دلیل این امر همان‌طور که قبلاً اشاره شد می‌تواند اثر اکسیژن بر بافت و سفتی و کهنگی بسته‌های نگهداری شده در این بسته‌ها باشد.

محققان دیگری نیز رابطه بین حضور اکسیژن در بسته و سفتی دانه‌های آجیلی را گزارش کرده‌اند. از جمله عدالتیان و همکاران (۱۳۸۶) بسته‌های بسته‌بندی شده در اتمسفر با هوای معمولی را سفت‌تر از بسته‌های نگهداری شده در خلأ و بسته‌بندی دارای جاذب اکسیژن یافتند. نیکزاده و صداقت (۲۰۰۸) نیز در پژوهش خود عنوان کردند بسته طی نگهداری سفت‌تر می‌شود آن‌ها دلیل این امر را از یک سو افزایش رطوبت و از سوی دیگر واکنش ناشی از اکسیداسیون چربی اعلام کردند

امر نفوذپذیری بیش‌تر فیلم BOPP/Al/CPP نسبت به دی‌اکسیدکربن باشد. به عبارتی به دلیل نفوذپذیری پایین بسته‌های PET/metPE این بسته‌ها میزان بیش‌تری گاز را در خود محبوس کرده‌اند.



شکل ۴- اثر نوع بسته‌بندی بر میزان رطوبت بسته در دمای (الف) ۳۵°C و (ب) ۵۰°C (نوار خطا بر حسب SD است).

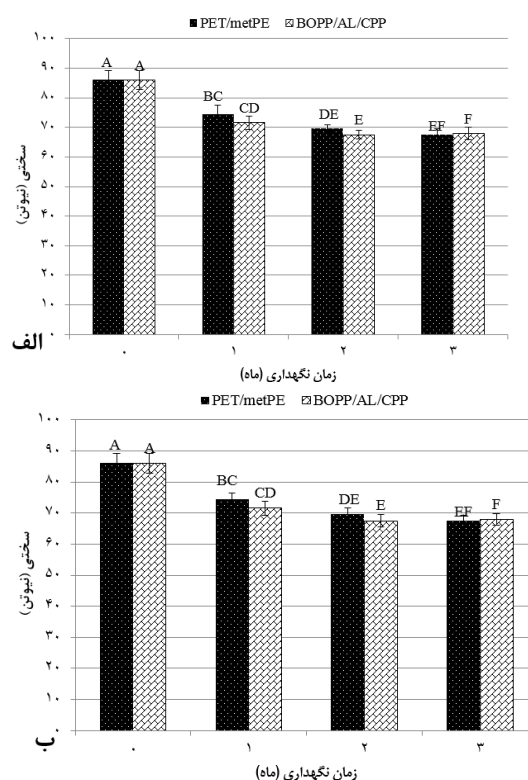
بافت: همان‌طور که در شکل ۵ مشخص است، در دمای ۳۵°C و ۵۰°C در بسته‌بندی PET/metPE از سختی بسته تقریباً متناسب با کاهش رطوبت کاسته شده است. در بسته‌بندی BOPP/Al/CPP در دمای ۳۵°C نیز سفتی به مرور زمان کاهش یافت اما روند کاهش سفتی همبستگی کمتری با کاهش رطوبت داشت، به عبارتی در حالی که در این بسته رطوبت به طور معنی‌داری کم‌تر از بسته‌بندی PET/metPE اما سختی در بسته‌های BOPP/Al/CPP در ماه دوم و سوم نگهداری بیش‌تر از

جدول ۱- نفوذپذیری به رطوبت و گازها در پلیمرهای به کار رفته در مواد بسته‌بندی پژوهش

پلیمر	سرعت انتقال گازها ($\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)			سرعت انتقال رطوبت ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-3}$)
	O ₂	CO ₂	N ₂	
Low density polyethylene (LDPE)	۴۰۰	۱۴۰۰	۱۸۵۰۰	۱۸
Cast Polypropylene (CPP)	۸۶۰	۲۰۰	۳۰۰۰	۱۹
Biaxial Oriented Polypropylene (BOPP)	۵۵۰	۱۰۰	۱۶۸۰۰	۹
polyethylene terephthalate (PET)	۶۰	۲۵	۴۲۰	۲۷

*منبع: اورگرین، ۲۰۱۳

همان‌طور که قبلاً اشاره شد می‌تواند اثر اکسیژن بر بافت و سفتی و کهنگی پسته‌های نگهداری شده در این بسته‌ها باشد. محققان دیگری نیز رابطه بین حضور اکسیژن در بسته و سفتی دانه‌های آجیلی را گزارش کرده‌اند. از جمله عدالتیان و همکاران (۱۳۸۶) پسته‌های بسته‌بندی شده در اتمسفر با هوای معمولی را سفت‌تر از پسته‌های نگهداری شده در خلأ و بسته‌بندی دارای جاذب اکسیژن یافتند. نیکزاده و صداقت (۲۰۰۸) نیز در پژوهش خود عنوان کردند پسته طی نگهداری سفت‌تر می‌شود آن‌ها دلیل این امر را از یک سو افزایش رطوبت و از سوی دیگر واکنش ناشی از اکسیداسیون چربی اعلام کردند آن‌ها بیان داشتند اکسیداسیون چربی‌ها علاوه بر افزایش پراکسیدها و رادیکال‌های آزاد چربی، فرآورده‌های تخریبی حاصل از آن‌ها نظیر آلدئیدها نیز افزایش می‌یابد که تمامی این محصولات قادر به واکنش با ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها می‌باشند در نتیجه علاوه بر ایجاد کهنگی سفت شدن بافت را نیز سبب می‌شوند. تاکر و همکاران (۲۰۱۱) نیز اعلام کردند بسته به هدایت حرارتی ماده‌ی بسته‌بندی در ماده‌ی غذایی احتمال واکنش‌های تجزیه‌ای مختلفی وجود دارد که بر این مبنای احتمال تغییر در بافت و ویژگی‌های ماده‌ی غذایی وجود دارد.



شکل ۵- اثر نوع بسته‌بندی بر سختی دستگاهی پسته‌ی برشته در دو دمای الف) ۳۵°C و ب) ۵۰°C (نوار خطا ترسیم شده بر حسب SD است).

سختی در بسته‌بندی‌های BOPP/Al/CPP در هر دو دمای نگهداری پایان ماه سوم نگهداری به دلیل حضور اکسیژن بیشتر در این بسته‌ها شاهد افزایش سختی پسته‌ها بودیم. در حالی که رطوبت در این بسته در پایان ماه سوم به طور معنی‌داری نسبت به مدت مشابه قبل کاهش یافته بود، سختی یک روند افزایشی را طی کرد. دلیل این امر

نتیجه گیری

۳۵ تفاوت معنی داری با نمونه های ذخیره شده در PET/metPE نداشت و حتی در دمای ۵۰ °C، پسته‌های ذخیره شده در بسته‌بندی BOPP/Al/CPP علی‌رغم رطوبت کمتر، سختی بیشتری را نشان دادند. در مجموع به نظر می‌آید فیلم PET/metPE محافظت بهتری از محصول به عمل آورده است و توانسته کیفیت پسته‌ها را برای مدت بهتری در شرایط استاندارد نگه دارد.

نتایج نشان داد محتوی گاز اکسیژن فیلم بسته‌بندی BOPP/Al/CPP نسبت به بسته بندی PET/metPE بیش‌تر بوده است و متعاقباً شاخص‌های شیمیایی فساد اکسایشی نیز در این بسته‌بندی بیش‌تر بود. میزان رطوبت در پسته های بسته بندی شده در فیلم BOPP/Al/CPP کم تر بود، با این حال سختی در این بسته ها در دمای ۵۰ °C

منابع مورد استفاده

- بی‌نام، ۱۳۷۵. استاندارد ملی ایران ۶۷۲، روش اندازه‌گیری رطوبت خشکبار. چاپ پنجم. استاندارد ملی ایران شماره ۶۷۲. مؤسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. تهران.
- پناهی ب، اسماعیل‌پور ع، فرمود ف، موزن‌پور کرمانی م و فریور مهین ح، ۱۳۸۱. راهنمای پسته. انتشارات دفتر خدمات آموزشی وزارت جهاد کشاورزی، تهران.
- صداقت ن و توکلی ج، ۱۳۹۰. بررسی خواص کیفی بنه واریته موتیکا تحت شرایط نگهداری و بسته بندی مختلف. نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، سال هفتم، شماره ۱. صفحه‌های ۲۶-۱۷.
- عدالتیان م ر، صداقت ن و شریف ع، ۱۳۸۶. تأثیر درجه حرارت، نوع بسته بندی و زمان نگهداری بر سفتی بافت پسته رقم اوحدی و مقایسه آن با فاکتورهای حسی. مجله پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، سال سوم، شماره ۱. صفحه‌های ۷-۱.
- محمدی ن، صفری م، فاطمی ح و حامدی م، ۱۳۸۶. بررسی توزیع مکانی سه اسیدچرب عمده موجود در روغن هفت واریته مهم پسته بر مبنای تئوری ۱ و ۳- تصادفی، ۲- تصادفی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال اول، شماره ۱۴. صفحه‌های ۱ تا ۱۰.
- Adebiyi AP, Adeyemi IA and Olorunda AO, 2002. Effects of processing conditions and packaging material on the quality attributes of dry-roasted peanuts. *Journal of the science of food and agriculture* 82(13): 1465-1471.
- Brain CB, and Yada RY, 2009. Food biochemistry. In: *Food science and technology*. Campbell-Platt G, editor. Wiley-BlackWell. UK: West Sussex
- Croplife International (former GIFAP), 2009. Guidelines for Specifying the Shelf Life of Plant Protection Products, Technical Monograph No.17, 2nd ed: 3-9.
- Evergreen. Homepage of ever green, 2013. The barrier performance of common plastic film. Available from: www.evergreen-packaging.com. Accessed 2013 March 8.
- Fernández-López J, Sendra-Nadal E, Navarro C, Sayas E, Viuda-Martos M, Pérez Alvarez JA, 2009. Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products. *International Journal of food science and technology* 44 (4):748-756.
- Filipović N, Lazić V, Filipovic J, Gvozdenovic J, and Novaković D, 2012. Packaging material characteristics contributing to shelf-life of rusk. *Romanian Biotechnology Letters* 17(2): 7125-7135
- Henriquez C, Cordova A, Mariane L, and Saavedra J, 2013. Storage stability test of apple peel powder using two packaging materials: High-density polyethylene and metalized films of high barrier. *Industrial Crops and Products* 45: 121-127.
- Kamal-Eldin A, Makinen M, and Lampi AM, 2003. Lipid Oxidation Pathways. Pp 1-36. In: AOCS Press Champaign, Illinois (pp. 1-36). New York.
- Kosoko SB, Sanni LO, Adebawale AA, Daramola AO, and Oyelakin MO, 2009. Effect of period of steaming and drying temperature on chemical properties of cashew nut. *African journal of Food Science* 3: 156-164.
- Labuza TP, and Schmidl MK, 1985. Accelerated shelf life testing of food. *Food Technol* 39 (9): 57-62.
- Leufven A, Sedaghat N, Habibi MB, 2010. Influence of different packaging systems on stability of raw dried

- pistachio nuts at various conditions. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences* 8 (5): 576–81.
- Macedo ISM, Sousa-Gallagher MJ, Oliveira JC, Byrne EP, 2013. Quality by design for packaging of granola breakfast product, *Food Control* 29: 438-443
- Mexis SF, Badeka AV, Riganakos KA, Karakostas KX and Kontominas MG, 2008. Effect of packaging and storage conditions on quality of shelled walnuts. *Food Control* 20(8): 743-751.
- Mizani M, Sheikh N and Yousefi M, 2012 Studies on the Volatile Compounds Generated on Irradiation of Flexible Films for Spice Packagin. *Journal of Agricultural Science and Technology* 14: 1311-1319.
- Nikzadeh V and Sedaghat N, 2008. Physical and Sensory Changes in Pistachio Nuts as Affected by Roasting Temperature and Storage, *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental science* 4 (4): 478-483.
- Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International (AOAC), 1995. Free Fatty Acids (FFA). 940.28, V.1. 16th ed, Cunniff P, editor. Arlington: AOAC International.
- Ozdemir M, 2001. Mathematical analysis of color change and chemical parameters of roasted hazelnuts. Ph.D Thesis. Istanbul Technical University.
- Pua CK, Sheikh-Abd H, Tan CP, mirhosseini H, Abd-Rahman R, Rusul G, 2008. Storage stability of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) powder packaged in aluminium laminated polyethylene and metallized co-extruded biaxially oriented polypropylene during storage. *Journal of Food Engineering* 8 (4): 419–428.
- Randelovic D, Lazic V, Tepic A and Gvozdenovic J, 2012. The influence of protective properties of packaging materials and application of modified atmosphere on packed dried apricot. *African Journal of Biotechnology* 11 (72):13710-13717.
- Semb NT, 2012. Analytical Methods for Determination of the Oxidative Status in Oils. 15th ed. Norway: NTNU-Trondheim, Norwegian University of Science and Technology. P. 1-61.
- Shantha NC and Decker EA, 1994. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. *Journal AOAC International* 77(2): 421-424.
- Thakur NS, Sharma S, Joshi VK, Thakur KS and Jindal N, 2012. Studies on drying, packaging and storage of solar tunnel dried chilgoza nuts. *Archives of Applied Science Research* 4 (3):1311-1319.
- Vincent J FV, 2004. Application of fracture mechanics to the texture of food. *Engineering Failure Analysis* 11: 95-704.
- Wolf M, Breil J and Lund R, 2007. Development of new BOPP Barrier Films by Coextrusion and Simultaneous Biaxial Orientation. 2 Brueckner Maschinenbau GmbH Press. Siegsdorf, Germany. P. 1-15.

Effect of packaging material on physicochemical properties of roasted pistachio nuts (*Ohadi* variety)

S Khoshnoudinia¹ and N Sedaghat^{2*}

Received: April 14, 2014

Accepted: May 30, 2015

¹MSc Graduated, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

²Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

*Corresponding author: Email: sedaghat@um.ac.ir

Abstract

Pistachio nuts, especially roasted pistachio is very sensitive to oxidation. Oxygen concentration is one of the most important environmental factors affecting lipid oxidation. Lipid oxidation can be inhibited by using a good packaging material. Therefore, the present study was investigated the effects of storage temperature and oxygen permeability of packaging material on quality retention of roasted pistachio nuts. Pistachio nuts were packaged in two different pouches including polyethylene terephthalate/ polyethylene metalized (PET/*met*PE), and Biaxial Oriented Polypropylene/Aluminum/ Cast Polypropylene (BOPP/Al/ CPP and stored for a period of 3 months at 35°C and 50°C. Quality parameters monitored were: peroxide value (PV), free fatty acid, moisture and gases (O₂ and CO₂) content and hardness. The statistical analysis of result showed that the highest PVs were found in pistachio nuts stored at 50 °C in BOPP/Al/ CPP packaging material. The oxygen content of this package was more than another packaging. The highest value of moisture content was recorded for roasted pistachio nuts packaged in the PET/*met*PE. Packaging material and time storage on instrumental hardness were significant and hardness was more in BOPP/Al/ CPP. There wasn't significant different between Free fatty acid content of pistachio nut. CO₂ content of PET/*met*PE packaging was more. The research results indicate that sustainability of roasted packaged pistachio nuts is affected by the selection of packaging material and the shelf-life was higher in the samples packed in PET/*met*PE pouches and the samples packed in BOPP/Al/ CPP had lowest moisture content and highest hardness and lipid oxidation.

Keywords: Oxidation, Roasted pistachio, Moisture, Hardness, Packaging material,