تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی/جلد ۲۳/ شماره ۸٤/زمستان ۱٤۰۱/ص ۳۸-۱۷
سایت مجله: https://www.amsr.areeo.ac.ir

مقاله علمی– پژوهشی

مقایسه و ارزیابی روش‌های خندان کردن پسته از نظر خواص فیزیکوشیمیایی محصول طی مدت انبارمانی

هوشنگ افضلی گروه[1*]، فرزاد آزادشهرکی[2]، محمدعلی رستمی[3] و داود درویشی زیدآبادی[4]

۱ و ۴- به ترتیب: پژوهشگر بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی؛ و استادیار بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران
۲- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳- استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، فارس، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱/۲۶

چکیده

در این تحقیق، دو روش خندان کردن پسته (یخ خندان، مکانیک خندان) و خندان طبیعی در دو دمای نگهداری (۱۰ و ۲۵ درجهٔ سلسیوس) پس از شش ماه انبارمانی از نظر اندیس پراکسید، عدد اسیدی و خواص حسی پستهٔ رقم اوحدی ارزیابی و با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج به دست آمده نشان داد که تغییرات اندیس پراکسید به مدت شش ماه نگهداری، بین ۲ تا ۳ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم و تغییرات اسیدیته بین ۰/۵۱ تا ۰/۸۵ میلی‌گرم بر گرم و درصد رطوبت نمونه‌ها بین ٤/۳٦ درصد تا ٦/۲۳ درصد بر پایهٔ خشک است، بیشترین مقدار اسیدیته (۰/۸۵ میلی‌گرم بر گرم) و اندیس پراکسید (۳/۱ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم) در پستهٔ خندان شده به روش یخ خندان و نگهداری در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس مشاهده شد. کمترین مقدار اسیدیته (۰/۵۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و اندیس پراکسید (۲ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم) نیز مربوط به پستهٔ خندان شده به روش مکانیک خندان و نگهداری در دمای ۱۰ درجهٔ سلسیوس بود. با افزایش مدت نگهداری، اندیس پراکسید و اسیدیته افزایش نشان دادند، اما مقدار پراکسید در پایان انبارداری در همه تیمارها پایین‌تر از حد مجاز ایمن پیشنهاد شده (۵ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم) بود. با توجه به آزمایش‌ها، بیشترین میزان خندانی (۹۲ درصد) و درجه خندانی (٦/٤ میلی‌متر) از نمونه‌های خندان شده با روش مکانیک خندان حاصل شد. درصد مغز شدن پسته‌هایی که با روش مکانیکی خندان شدند نسبت به دو روش دیگر به ترتیب ۲ و ۳ درصد بیشتر بود. از نظر داوران ارزیاب، روش مکانیک خندان با کسب میانگین ۸٦/۵ درصد امتیاز از دو تیمار دیگر مطلوبیت بیشتری داشت. با توجه به تأثیر چشمگیر ویژگی‌های ظاهری و خواص شیمیایی بر مشتری پسندی محصولات و بر اساس نتایج این تحقیق، استنباط می‌شود روش مکانیک خندان روشی مناسب‌تر برای خندان کردن مصنوعی پسته باشد.

واژه‌های کلیدی

پسته ناخندان، عدد اسیدی، عدد پراکسید، مکانیک خندان، یخ خندان

مقدمه

ایران بزرگ‌ترین تولیدکنندهٔ پسته در جهان است. پسته در سال‌های گذشته بخش عمده‌ای از صادرات غیرنفتی را به خود اختصاص داده است. ارزش اقتصادی حاصل از صادرات پسته به ۶۶ کشور جهان، در حدود یک میلیارد دلار در سال است و

*نگارنده مسئول: Email: hooshangafzali@yahoo.com
http://10.22092/AMSR.2023.359711.1426

دومین منبع درآمد ارزی بعد از نفت محسوب می‌شود (Anon, 2016).

خندانی پسته یکی از صفات مهم و مورد توجه در استاندارد و تجارت آن است. این صفت، از یک رقم به رقم دیگر و از یک سال به سال دیگر متغیر است. دو عامل اصلی شامل مقدار محصول و مدیریت آبیاری از فاکتورهای اثرگذار بر درصد خندانی پسته هستند. بین مقدار محصول و درصد پستهٔ خندان رابطهٔ معکوس وجود دارد. با افزایش محصول، درصد پستهٔ ناخندان افزایش و درصد پستهٔ خندان کاهش می‌یابد، ضمن آنکه درصد پستهٔ پوک نیز کاهش می‌یابد. این رابطهٔ معکوس نشان می‌دهد که در سال‌های آور بازارپسندی محصول به دلیل افزایش درصد پستهٔ ناخندان، عملاً کاهش می‌یابد و در سال‌های نیاور این کاهش بازارپسندی به دلیل افزایش درصد پستهٔ پوک رخ می‌دهد. درصد ناخندانی و پوکی در پسته با سال آور و نیاور ارتباط دارد. توانایی درخت برای نگهداری و بلوغ محصول هم از فاکتورهای قوی برای درصد خندانی در هر فصل است (Maghsoudi *et al*., 2008; 2012).

خندان شدن پوست استخوانی (آندوکارپ) در میانه‌های مردادماه تقریباً یک ماه پیش از آغاز رسیدن فیزیولوژیکی میوه آغاز می‌شود و تا زمان برداشت ادامه می‌یابد. خندانی به رشد مغز و گسترش آن در پوست استخوانی ارتباط دارد. مغز پس از کامل شدن رشد و پر شدن پوست استخوانی، با اعمال فشار فیزیکی به پوست استخوانی آن را خندان می‌کند. خندانی در پسته ممکن است در یک یا دو طرف محور طولی بروز کند. این خندانی همراه با شکاف در نوک میوه‌ها یا حتی بدون آن دیده می‌شود. احتمال دارد خندانی تنها در قسمت نوک دانه‌ها اتفاق بیفتد. نکته حائز اهمیت آن است که رشد مغز بعد از رشد پوست استخوانی و رسیدن به اندازه طبیعی آن شروع می‌شود (Crane & Iwaki, 1982; Maghsoudi *et al*., 2010; 2012). تحقیقات نشان می‌دهد که پروسهٔ خندانی احتمالاً با یک‌سری هورمون‌ها و شبه هورمون‌هایی ارتباط دارد که از مغز میوه ممکن است تراوش شوند. نسبت مغز به پوست استخوانی و خندانی پسته باهم ارتباط دارند. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که نسبت مغز به پوست استخوانی در دانه‌های کاملاً خندان بزرگ‌تر است تا در دانه‌هایی ناخندان یا دانه‌هایی که فقط در ناحیهٔ نوک خندان هستند (Ferguson *et al*., 2005a). تحقیقات در خصوص درصد خندانی پسته در آمریکا نشان داده است که این درصد اولین فاکتور انتخاب در ارقامی مانند کرمان و دیگر ارقام جدید بوده است و انتخاب گرده از ارقام نر پیترز[1] و *آسک*[2] درصد خندانی را نسبت به رقم آتلانتیکا افزایش داده است. آزمایش‌ها نشان می‌دهند که اختلاف معنی‌داری در درصد خندانی بین پایه‌های *آتلانتیکا*[3] و *اینتگریما*[4] و تلاقی این دو پایه وجود ندارد.

از عوامل قبل از برداشت که در مقدار خندانی پسته مؤثر هستند می‌توان به زمان برداشت، مدیریت آبیاری، تغذیه با بور و هرس زمستانه اشاره کرد. در صورت تأخیر در زمان برداشت با هدف افزایش درصد خندانی، شکاف‌خوردگی در پوست سبز و جدا شدن آن از پوست استخوانی افزایش می‌یابد. افزون بر آن، تأخیر در برداشت موجب افزایش در لکه‌دار شدن پوست استخوانی می‌شود. افزایش عمر نگهداری پسته علاوه بر وضعیت انبارمانی و نوع بسته‌بندی آن، به شرایط قبل از برداشت نیز بستگی دارد (Esmaeilpour & Shakerardekani, 2018).

1- Peters
2- Ask
3- *Pistachio atlantic*
4- *Pistachio integer*

مغز پستهٔ واریتهٔ اوحدی حاوی ۳/۱ درصد رطوبت، ۵۸/۴ درصد چربی، ۱۷/۸ درصد پروتئین، ۱۶/۴ درصد کربوهیدرات و بقیه اسیدهای چرب است که از این مقدار پالمتیک اسید ۱۱/۲ درصد، استئاریک اسید ۰/۸ درصد، اولئیک اسید ۵۹/۱ درصد، لینولئیک اسید ۲۶/۷ درصد لینولنیک اسید ۰/۳ درصد برآورد شده است (Sedaghat *et al.*, 2005). نگهداری پسته در انبار برای اجرای مراحل قبل از صادرات لازم است. عمر نگهداری این محصول در انبارها بستگی به مقدار رطوبت آن و دمای انبار دارد. تا قبل از بسته‌بندی در بسته‌های غیرقابل نفوذ به رطوبت و در شرایطی که پسته در انبارهای معمولی قرار دارد، رطوبت آن تحت تأثیر رطوبت هوای انبار قراردارد و با آن به تعادل می‌رسد. یعنی اگر رطوبت انبار زیاد باشد پسته به راحتی رطوبت را جذب می‌کند و پس از رشد قارچ‌ها، مقدار آفلاتوکسن آن افزایش پیدا خواهد کرد (Shaker Ardakani, 2007; Raei & Jafari, 2013).

نتایج تحقیقات در زمینهٔ اثر دمای محیط انبار در دورهٔ انبارمانی بر ویژگی‌های پسته در دماهای صفر، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درجهٔ سلسیوس به مدت ۶ تا ۱۲ ماه در فاصله‌های زمانی منظم همراه با آزمون‌های شیمیایی و حسی، نشان می‌دهد نمونه‌های پسته که به مدت شش ماه در دماهای صفر، ۵، ۱۰ و ۲۰ درجهٔ سلسیوس نگهداری شده‌اند، از نظر ترکیبات شیمیایی و آزمون‌های حسی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته‌اند ولی نسبت به نمونه‌هایی که در دمای ۳۰ درجهٔ سلسیوس نگهداری شده بودند از نظر طعم و بافت تفاوت معنی‌داری داشته‌اند. نمونه‌هایی که در دمای ۳۰ درجهٔ سلسیوس به مدت ۱۲ ماه نگهداری شده بودند مقدار رطوبت کمتر و درصد قند بیشتری داشتند تا آنها که در دماهای پایین‌تر نگهداری شده بودند. در صورت مناسب بودن شرایط محیطی انبار، بیشترین پایداری محصول در دامنهٔ رطوبت ۴ تا ۶ درصد رخ می‌دهد (Tavakolipour, 2000).

گزارش دانشمند و همکاران (Daneshmandi *et al*, 2013) نشان می‌دهد که پسته رقم دانشمندی از نظر شاخص‌های مهمی مانند وزن مغز سبز، درصد خندانی و نسبت مغز سبز به میوه، این رقم نسبت به ارقام کله قوچی، اکبری و بادامی سفید دارای بیشترین درصد روغن (۵۱/۸۲) و بالاترین نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع (۲/۸۲) را دارد. کمترین میزان پراکسید ۲/۷۰۲ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم که باعث کاهش ارزش غذایی پسته می‌شود در رقم دانشمندی به دست آمده است. میزان اسیدیته در رقم دانشمندی ۰/۴۹ میلی‌گرم پتاس بر گرم روغن است که نسبت به پسته کله قوچی ۰/۶۲۷ میلی‌گرم پتاس بر گرم روغن، ۲۷ درصد کاهش نشان می‌دهد.

عبدالهی عزت‌آبادی (Abdullahi Ezzatabadi, 2011) گزارش کرد که با بررسی تابع هدونیک می‌توان کیفیت‌های مختلف پسته را به دو گروه تقسیم کرد. گروه اول کیفیت‌های قابل اندازه‌گیری مانند درصد خندانی، تعداد دانه در هر اونس و عیار مغز؛ گروه دوم شامل کیفیت‌هایی مانند رؤیت و درصد توچین که قابل اندازه‌گیری نیستند و با چشم برآورد می‌شوند. در این مطالعه مشخص گردید که سه معیار رؤیت شکل ظاهری، تعداد دانه در هر اونس و درصد توچین، که بیانگر میزان دهان بستی است، از مهم‌ترین اولویت‌های کشاورزان و تجار در تعیین کیفیت پسته هستند. این محققان دیدگاه‌های

کشاورزان را در خصوص مشکلات موجود در بازار پسته بررسی کردند و نشان دادند که تعریف نشدن مناسب از کیفیت‌های مختلف پسته یکی از راه‌های اغوای تولیدکنندگان توسط تجار است. هرچه بتوان رابطه بین قیمت و کیفیت را بهتر تعریف کنیم، امکان چنین سوء استفاده‌هایی کمتر می‌شود.

خیساندن پستهٔ اکبری هنگام استفاده از حرارت برای خندان کردن آن نشان داد که این تیمار اثر معنی‌داری بر خندان کردن این محصول دارد ضمن آنکه ترتیب استفاده از این تیمار نیز بر خندان کردن پسته‌ها مؤثر است. بهترین درصد خندانی پسته در این پژوهش با خیساندن پسته‌ها در آب جوش به مدت یک دقیقه، خیساندن آنها در آب سرد در دمای خنک (۱۰ درجهٔ سلسیوس) به مدت ۱۲ ساعت و قرار دادن در دمای ۲۰۰ درجهٔ سلسیوس به مدت یک دقیقه به دست آمده است (Shayanfar & Kashaninejad, 2012).

بررسی اثر انجماد قبل از خشک‌کردن پسته برای ارقام اکبری و کله‌قوچی نشان داد که این تیمار بر درصد خندان شدن پسته اثر مثبت دارد و بهترین درصد خندان شدن (۱۶/۵ درصد) در دمای ۱۸- درجهٔ سلسیوس و سپس خشک کردن در دمای ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس به دست می‌آید (Zare nazari, 2013).

همه ساله بخشی از پستهٔ برداشت شده به دلایل مختلف ناخندان است و خندانی پسته اهمیت زیادی در بازارپسندی و قیمت آن در بازار داخلی و خارجی دارد و از سوی دیگر برای خندان کردن مصنوعی پسته روش‌هایی به کار گرفته می‌شود که ممکن است پس از مدتی نگهداری در انبار طعم، مزه و بازارپسندی آن تحت تأثیر قرار گیرد، از این‌رو پژوهش حاضر با هدف مقایسه روش‌های خندان کردن پسته و تأثیر آن بر برخی صفات فیزیکی و شیمیایی آن طی شش ماه انبارمانی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق دو روش خندان کردن پستهٔ رقم اوحدی (یخ خندان، مکانیک خندان) و خندان شدن طبیعی در دو دمای نگهداری ۱۰ و ۲۵ درجهٔ سلسیوس (دمای کنترل شده در سردخانه و دمای معمولی انبار) پس از شش ماه انبارمانی (شروع و پایان) در سه تکرار با هم مقایسه شدند؛ پستهٔ رقم اوحدی رقم غالب در استان کرمان است. هدف از نگهداری در دو دما به مدت شش ماه، بررسی تغییرات ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پسته است. نمونه‌ها قبل از انبارداری با خشک‌کن با هوای ۹۰ درجهٔ سلسیوس در تماس قرار گرفتند تا زمانی که رطوبت مغز پسته به ۱۲ تا ۱۳ درصد برسد. سپس نمونه‌ها به سیلوی مجهز به فن دمنده با دمای کمتر از ۴۰ درجهٔ سلسیوس وارد شدند تا رطوبت آنها به ۵ درصد بر پایهٔ خشک به منظور انبارداری برسد. صفات فیزیکی و آزمون عملکرد، آزمون‌های شیمیایی و صفات حسی اندازه‌گیری شدند. برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SPSS و برای تحلیل آماری داده‌ها از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی و برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

روش‌های مصنوعی خندان‌کردن پسته

روش یخ خندان: یکی از روش‌هایی که به دلیل آسان و ارزان بودن رسم شده است، روش یخ ترکان یا یخ خندان است. در این روش ابتدا پسته‌های دهان بسته به مدت ۴ ساعت در آب و یخ غوطه‌ور شدند. پس از آن لایه‌های پسته به ضخامت ۱۰

سانتی‌متری مستقیماً داخل خشک‌کن با دمای ۷۰ درجهٔ سلسیوس به مدت ۴ ساعت (Gazor *et al.*, 2003) نگهداری شدند. شوک حرارتی ناشی از فرآیند انبساط و انقباض، پسته‌ها را خندان می‌کند. بعد از آن پسته‌ها وارد سیلوی مجهز به فن دمنده شدند (Zare Nazari, 2013) در این مرحله، هوای محیط از تودهٔ پسته عبور داده شد تا رطوبت آنها به حدود ۵ درصد برای انبارداری برسد. تیمارها پس از خشک شدن و رسیدن رطوبت به ۵ درصد به مدت شش ماه در دو دمای ۱۰ و ۲۵ درجهٔ سلسیوس انبار شدند.

روش مکانیک خندان: در این روش پسته‌های دهان بسته توسط کارگر با انبر یا ضربهٔ چکش به درز شده (چکش خورده) تبدیل شدند. پسته‌ها داخل مخزنی استوانه‌ای شکل با آب مخلوط و پس از خارج شدن از مخزن با عبور از زیر دوش آب، آبکشی شدند. به منظور نرم‌تر شدن پوست استخوانی، پسته‌ها به سیلوهای استیل وارد و در آب خیسانده شدند. پس از این مرحله، پوست پسته‌ها نرم‌تر شده برای خندان شدن به آنها شوک حرارتی وارد شد. به این منظور لایه‌های پسته به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر داخل خشک‌کن با دمای ۷۰ درجهٔ سلسیوس به مدت ۴ ساعت (Gazor *et al.*, 2003) نگهداری شدند. بعد از آن پسته‌ها وارد سیلوی مجهز به فن دمنده شدند. حجم فن هوادهی ۱۵-۱۰ مترمکعب در دقیقه تنظیم شد که از قسمت زیر توده پسته به داخل محفظه خشک‌کن برخورد می‌کند. در این مرحله هوای محیط از تودهٔ پسته عبور داده شد تا رطوبت آنها به حدود ۵ درصد برای انبارداری برسد.

صفات اندازه‌گیری

سه دسته صفات حسی، شیمیایی و فیزیکی قبل و بعد از انبارداری برای نمونه‌ها تعیین شدند.

صفات حسی

صفات حسی قابل اندازه‌گیری شامل رنگ پوستهٔ سخت، رنگ مغز، طعم و مزه، بافت و مقبولیت کلی پسته بودند. برای این منظور از هر نمونه ۳ تکرار تهیه شد که بعد از شماره‌گذاری در دو دمای ۱۰و ۲۵ درجهٔ سلسیوس به مدت شش ماه نگهداری شدند. چند ساعت پیش از شروع آزمون، نمونه‌ها در دمای محیط قرار گرفتند تا دمای آنها با دمای محیط متعادل شود. از هر تیمار، مقداری پسته به صورت تصادفی به هر ظرف ریخته شد و یک کد سه رقمی به صورت تصادفی برای هر ظرف اختصاص یافت. برای ارزیابی صفات حسی، از آزمون پنل استفاده شد (شکل ۴). در عمل، ۱۰ نفر ارزیاب با محدوهٔ سنی ۳۰ تا ۵۰ سال انتخاب شدند. به هر پانلیست مقداری پسته از هر تیمار داده شد و از این طریق ارزیاب‌ها به صفات مورد ارزیابی نمره ۱۰ تا ۱۰۰ دادند.

وضعیت ظاهری رنگ پسته و مغز آن: مطلوبیت رنگ پوست استخوانی پسته و مغز آن از بسیار بد (با نمرهٔ ۱۰) تا بسیار خوب (با نمرهٔ ۱۰۰) ارزیابی شد (Piggot, 1996).

طعم و مزه یا تندی: طعم و مزه نامطلوب مشابه روغن اکسید شده یا کهنه با چشیدن مغز پسته آن مشخص می‌شود. طعم و مزه از بسیار بد (با نمرهٔ ۱۰) تا بسیار خوب (با نمرهٔ ۱۰۰) در نظر گرفته می‌شود (Piggot, 1996).

مطلوبیت کلی: مطلوبیت کلی نمونه‌ها با در نظر

گرفتن تمامی صفات فوق و نحوهٔ ارزیابی این بخش از آزمون از بسیار بد (با نمرهٔ ۱۰) تا بسیار خوب (با نمرهٔ ۱۰۰) تعیین می‌شود (Piggot, 1996).

اندازه‌گیری درصد رطوبت: برای اندازه‌گیری رطوبت نمونه‌ها، پلیت‌های خالی در آون با دمای ۱۳۵ درجهٔ سلسیوس به مدت نیم ساعت قرار داده شد. پلیت‌ها داخل دسیکاتور سرد شدند. پس از توزین پلیت‌های خالی، ۱۰ گرم از نمونه (پس از وزن شدن) در دمای ۱۰۰-۹۵ درجهٔ سلسیوس، به مدت ۵ ساعت داخل آون قرار داده شد. نمونه‌ها بعد از خشک شدن وزن و از رابطهٔ ۱ درصد وزنی رطوبت محاسبه شد (Anon, 2007).

$$\text{درصد وزنی رطوبت} = \frac{M1 - \mathrm{M2}}{M1 - M} \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن،

M= وزن ظرف همراه با نمونه قبل از خشک‌کردن (گرم)؛ $M2$= وزن ظرف با نمونه بعد از خشک‌کردن (گرم)؛ و M= وزن ظرف خالی (گرم).

آزمون‌های شیمیایی

صفات شیمیایی شامل عدد پراکسید، عدد اسیدی و درصد رطوبت بود.

عدد اسیدی یا شاخص اسیدیته: عدد اسیدی عبارت است از میلی‌گرم پتاس مورد نیاز برای خنثی کردن اسیدهای چرب آزاد موجود در یک گرم نمونهٔ روغن. این شاخص نشان‌دهندهٔ فاسد بودن یا سالم بودن نمونهٔ مورد آزمایش است. عدد اسیدی روغن‌هایی که در آنها واکنش هیدرولیز صورت گرفته بالاست. عدد اسیدی روغن بیانگر مقدار خاصیت اسیدی روغن است. عدد اسیدی روغن معمولاً به تدریج و با شیب کم افزایش می‌یابد. روغن‌ها در اثر عوامل مختلفی از جمله گرما و آلودگی به مرور زمان دستخوش تغییرات کیفی می‌شوند که عدد اسیدی بیانگر یکی از شاخص‌های این تغییرات است.

برای اندازه‌گیری عدد اسیدی ۵ گرم از نمونه داخل ارلن مایر ریخته و به آن ۲۰ تا ۳۰ میلی‌لیتر الکل خنثی افزوده شد. با افزودن چند قطره معرف فنل فتالئین، با سود ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی که حداقل ۳۰ ثانیه پایدار باشد، تیتر شده و بر اساس فرمول عدد اسیدی رابطهٔ ۲ محاسبه گردید.

$$\text{عدد اسیدی} = \frac{\mathbf{56.1} \times \boldsymbol{V} \times \boldsymbol{C}}{\boldsymbol{m}} \qquad (۲)$$

که در آن،

V= حجم استاندارد حجمی محلول سدیم یا پتاسیم هیدروکسید (لیتر)؛ C= غلظت استاندارد حجمی محلول پتاسیم هیدروکسید (مول در لیتر)؛ m= وزن نمونه (گرم)؛ و 56/1 = جرم مولکولی پتاسیم هیدروکسید.

اندیس پراکسید: برای اندازه‌گیری اندیس پراکسید از روش لی استفاده شد. بدین ترتیب که ابتدا حدود ۵ گرم از نمونه‌های روغن استخراج شده درون یک ارلن ۲۵۰ سی‌سی ریخته و به آن ۳۰ سانتی‌متر مکعب سه به یک اسید استیک - کلروفرم اضافه شد. بعد از تکان دادن ارلن به منظور حل شدن روغن در حلال، حدود ۰/۵ سانتی‌متر مکعب از محلول اشباع یدور پتاسیم به آن اضافه و خوب به هم زده شد. بعد از دو دقیقه ۳۰ سانتی‌متر مکعب آب مقطر اضافه و در حضور معرف نشاسته با محلول هیپوسولفیت سدیم ۰/۱ نرمال تیتر شد. اندیس پراکسید از رابطهٔ ۳ به دست آمد.

$$\text{عدد پراکسید} = \frac{(a-b) \times \boldsymbol{N} \times 1000}{M} \qquad (۳)$$

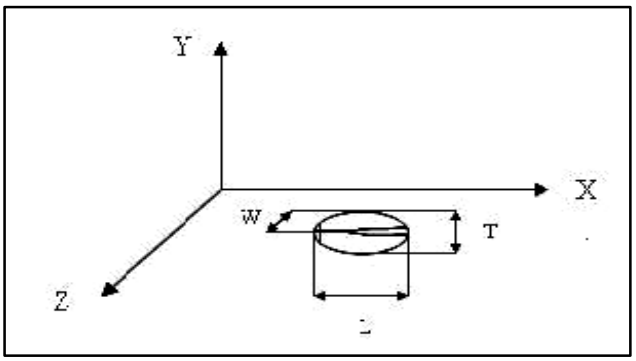
که در آن،

a= میلی‌لیتر تیوسولفات سدیم مصرفی برای نمونه؛ b= میلی‌لیتر تیوسولفات سدیم مصرفی برای شاهد؛ N= نرمالیته تیوسولفات به کار رفته؛ و M= وزن روغن پسته (گرم).

صفات فیزیکی

شامل ویژگی‌های هندسی (طول، عرض و قطر پسته)، قطر مغز، وزن مغز، وزن دانهٔ پسته، درصد خندانی، درجه خندانی، درصد مغز شدن، درصد شکستگی دانه و راندمان خندانی است که این صفات قبل از انبارداری پسته اندازه‌گیری شد.

برای بررسی صفات ریخت‌شناسی ظاهری (مورفولوژی)، ۱۰۰ دانه پسته به طور تصادفی انتخاب و سه بعد اصلی آن با استفاده از کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده طول، عرض و قطر به ترتیب، اندازه ابعاد در راستای محورهای X, Y, Z هستند.



شکل ۱- محور مختصات و سه بعد اصلی پسته

Fig. 1- Coordinate axis and three main dimensions of pistachio

برای اندازه‌گیری ابعاد مغز، پوست سخت پسته با دست جدا و مغز پسته بیرون کشیده و ابعاد آن اندازه‌گیری شد. قطر متوسط هندسی و حسابی، مساحت سطح رویه و کرویت با استفاده از روابط ۴ تا ۷ محاسبه شدند (Mohsenin, 1986).

$$Dg = (L.W.H)^{1/3} \quad (۴)$$

$$\phi = \frac{(L.W.H)^{1/3}}{L} \quad (۵)$$

$$S = (\pi.Dg)^2 \quad (۶)$$

$$Da = \frac{(L+W+H)}{L} \quad (۷)$$

که در آنها،

Da و Dg= میانگین قطر حسابی و هندسی (میلی‌متر)؛ ϕ=کرویت (درصد)؛ S= مساحت سطح رویه (میلی‌متر مربع)؛ L= طول (میلی‌متر)؛ W= عرض (میلی‌متر) و H= ضخامت (میلی‌متر).

درجهٔ خندانی: با تعیین فاصله دو پوست استخوانی از یکدیگر در رأس هر میوه با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر، درجهٔ خندانی اندازه‌گیری شد.

تحلیل آماری داده‌ها

اثر روش‌های مختلف خندان کردن پسته رقم اوحدی و دمای انبار بر خواص فیزیکوشیمیایی آن با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل

تصادفی در سه تکرار بررسی شد. برای سنجش اختلاف معنی‌دار بودن بین نمونه‌ها از روش تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) و برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. برای این تجزیه و تحلیل‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد و نمودارها نیز در نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

بر پایهٔ داده‌های جدول ۱ تجزیهٔ واریانس صفات، اثر دورهٔ نگهداری پسته بر صفات اندیکس پراکسید، طعم و مزه، سفتی بافت، مقبولیت کلی و درصد خندانی در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری است. اثر دمای نگهداری پسته بر صفات اندیکس پراکسید، رطوبت و اسیدیته قابل تیتر کردن در سطح یک درصد و بر طعم و مزهٔ پسته در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است. اثر روش خندان‌کردن پسته بر تمامی صفات مورد مطالعه به جز وزن پسته، ابعاد هندسی (طول، عرض و ضخامت) و درصد رطوبت آن معنی‌دار است. معنی‌دار شدن اثر این تیمار فقط بر صفت طعم و مزه در سطح احتمال ۵ درصد و بر سایر صفات در سطح احتمال ۱ درصد است. اثرهای متقابل زمان نگهداری و دمای نگهداری پسته بر صفات اندیکس پراکسید، رطوبت و اسیدیته قابل تیتر کردن، اثر متقابل زمان نگهداری و روش خندان کردن پسته فقط بر اسیدیته قابل تیتر کردن و اثر متقابل دمای نگهداری و روش‌های خندان‌کردن پسته بر صفات اسیدیته قابل تیتر کردن و مغز شدن پسته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. سایر تیمارها و اثرهای متقابل آنها بر صفات مورد مطالعه معنی‌دار نیست.

جدول ۱- نتایج تجزیهٔ واریانس اثر دمای نگهداری و روش‌های خندان کردن پسته بر خصوصیات حسی آن در دورهٔ نگهداری

Table 1- The results of analysis of variance of the effect of storage temperature and pistachio shell opening methods on sensory properties during storage time

منابع تغییرات Sources of changes		درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Average of Squares					
			خصوصیات شیمیایی و حسی Chemical and sensory feature					
			اندیس پراکسید (میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم) Peroxide index (Meg/kg)	رطوبت (درصد) moisture (%)	اسیدیته قابل تیترکردن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Acidity (mg/kg)	طعم و مزه The taste (%)	سفتی بافت texture density (kg/f)	پذیرش کلی (درصد) Total Accept (%)
تکرار	(repet)	2	0.034 ns	ns 0.201	ns 0.002	78/694ns	244.22ns	140.398ns
زمان نگهداری	(Time)	1	3.829**	ns 0.267	0.057 **	521.361**	784.000**	230.028*
دما	(temperature)	1	1.377**	8.507**	0.009*	156.250*	169.000ns	6.250ns
خندان کردن	(Open shell)	2	1.257**	0.451ns	0.084**	164.631*	1201.722**	807.389**
زمان × دما	(Temperature.Time)	1	0.393**	5.522**	0.018**	0.250ns	1.00ns	20.250ns
زمان × خندانی	(Time. Open shell)	2	0.526**	0.442ns	0.002ns	65.28ns	238.167ns	ns 137.056
دما × خندانی	(Temperature. Open shell)	2	0.44ns	0.054ns	0.004**	1.750ns	6.500ns	25.167ns
زمان × دما × خندانی	(Time. Temperature Open shell)	2	0.30ns	0.003ns	0.001ns	0.084ns	6.500ns	6.167 ns
خطا	(Error)	22	253.26	0.672	0.001	46.573	1910.444	1142.944
کل	(Total)	36						
ضریب تغییرات Coefficient of variation (C.V)			18.44	17.61	14.28	11.91	14.43	10.5

ns، * و ** به ترتیب بدون اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ادامه جدول ۱- نتایج تجزیهٔ واریانس اثر دمای نگهداری و روش‌های خندان کردن پسته بر خصوصیات فیزیکی آن در دورهٔ نگهداری

Table 1- The results of analysis of variance of of the effect of storage temperature and pistachio shell opening methods on physical properties during storage time

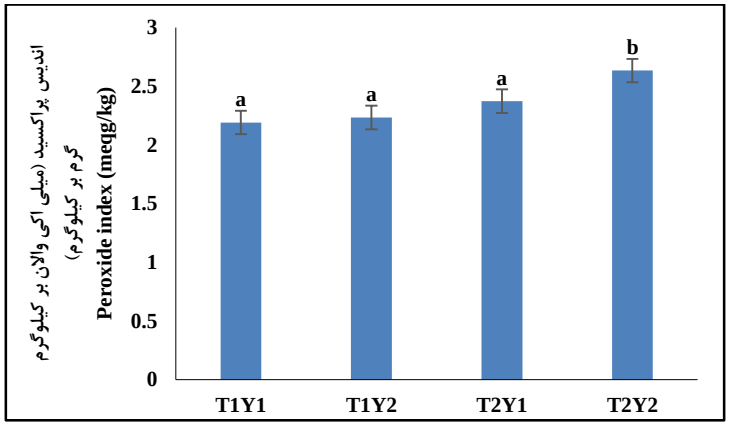
منابع تغییرات Sources of changes		درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Average of Squares							
			خصوصیات فیزیکی physical Property							
			درصد خندانی Shell (%)	درجهٔ خندانی Degree percentag (%)	مغز kernel (%)	طول دانه Grain length (mm)	عرض دانه Grain width (mm)	قطر دانه Grain diameter (mm)	وزن دانه Grrain weight (mm)	وزن مغز kernel weight (mm)
تکرار	(repet)		0.001ns	1.967ns	0.005ns	11.422 **	0.965ns	0.216ns	0.0ns	0.005ns
زمان نگهداری	(Time)	۱	0.23*	0.903ns	0.004**	0.09**	0.174ns	0.1*	0.0ns	0.02ns
دما	(temperature)	۱	0.005ns	0.340ns	0.001ns	0.360ns	0.123ns	0.028ns	0.0ns	0.002ns
خندان کردن	(Open shell)	۲	0.789**	62.947**	0.129**	4.869ns	4.167**	4.727*	0.0ns	0.053**
زمان × دما	(Temperature.Time)	۱	.0006ns	0.08ns	0.001ns	0.09ns	0.0ns	0.16ns	0.005ns	0.001ns
زمان × خندانی	(Time. Open shell)	۲	0.012ns	0.202ns	0.0ns	0.0ns	0.009ns	1.122ns	0.002ns	0.002ns
دما × خندانی	(Temperature. Open shell)	۲	0.007ns	0.127ns	0.008**	0.877ns	0.527ns	0.294ns	0.003ns	0.0ns
زمان × دما × خندانی	(Time. Temperature Open shell)	۲	0.003ns	0.016ns	0.001ns	0.0ns	0.096ns	0.152ns	0.003ns	0.0ns
خطا	(Error)	۲۲	0.082	11.133	0.013	14.544	10.228	6.624	0.039	0.053
کل	(Total)	۳۶								
ضریب تغییرات Coefficient of variation (C.V)			20.32	10.38	29.61	6.45	7.54	6.55	4.34	9.8

ns ، * و ** به ترتیب بدون اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

تغییرات عدد پراکسید

پراکسیدها اولین ترکیباتی هستند که بعد از اکسایش چربی‌ها به وجود می‌آیند. با افزایش میزان این ماده، مواد فرّاری سنتز می‌شود که طعم و بوی نامطلوب را در مواد و محصولات غذایی یا دانه‌های روغنی ایجاد می‌کند. اکسایش اسیدهای چرب غیراشباع به تولید پراکسیدها منجر می‌شود. نتایج تجزیهٔ واریانس اثر متقابل دمای نگهداری و زمان انبارمانی بر تغییرات اندیکس پراکسید در دماهای ۱۰ و ۲۵ درجهٔ سلسیوس به مدت شش ماه نشان داد که تیمارها در دو گروه آماری قرار می‌گیرند. شکل ۲ بیشترین عدد پراکسید مربوط به پسته‌های نگهداری شده در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس به مدت شش ماه را نشان می‌دهد. سه تیمار دیگر تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند و در یک گروه آماری قرار دارند. نمونه‌های نگهداری شده به مدت شش ماه در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس نسبت به نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۱۰ درجهٔ سلسیوس به طور متوسط ۱۵ درصد شاخص پراکسید بالاتری را نشان داده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با افزایش دما میزان اندیس پراکسید روغن افزایش می‌یابد که با یافته‌های پژوهش دانشمندی و همکاران (Daneshmandi *et al.*, 2013) مطابقت دارد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با افزایش دما میزان اندیس پراکسید روغن افزایش می‌یابد.

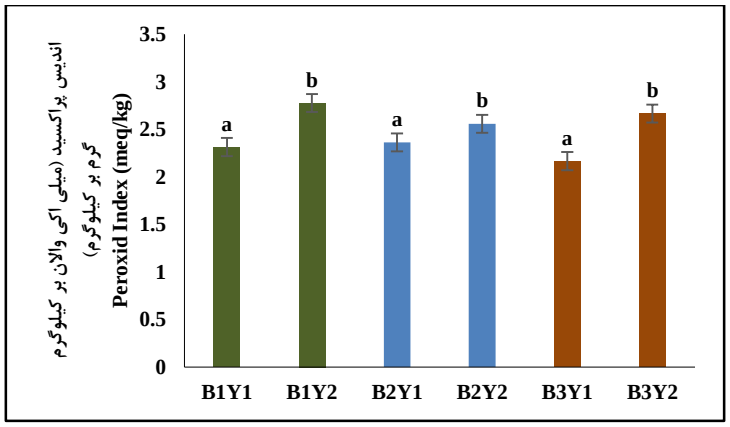
توکلی‌پور و همکاران (Tavakolipour *et al.*, 2008) گزارش کرد که مقدار عدد پراکسید در دورهٔ انبارداری در دمای ۳۵ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی مختلف بالاتر از زمانی است که پسته در دمای ۵ درجهٔ سلسیوس انبار می‌شود. صداقت (Sedaghat, 2010) زمان ماندگاری پستهٔ نگهداری شده در اتمسفر دارای ۱۱ درصد اکسیژن و دمای ۴۵ درجهٔ سلسیوس را ۱۲۷ روز گزارش کرد. میانگین عدد پراکسید حاصل از اثر متقابل دما و زمان نگهداری به دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس، انبارمانی به مدت شش ماه با میانگین ۲/۶۳ میلی‌اکی والان بر کیلوگرم حاصل شد. محققان زیادی گزارش کرده‌اند که افزایش دمای انبار باعث افزایش مقدار پراکسید می‌شود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.



شکل ۲- اثر متقابل زمان و دمای نگهداری بر اندیکس پراکسید

Fig. 2- The interaction effect of storage time and temperature on the peroxide index

نتایج تحقیق اثرهای متقابل زمان نگهداری و روش خندان کردن بر تغییرات اندیکس پراکسید، افزایش مقدار پراکسید را پس از شش ماه انبارمانی نشان می‌دهد (شکل ۳). افزایش مقدار اندیکس پراکسید در سه تیمار خندان شدن طبیعی، یخ خندان و مکانیک خندان به ترتیب با ۱۶، ۷/۵ و ۱۸ درصد افزایش نسبت به شاهد نشان می‌دهد که از نظر آماری در یک گروه (گروه b) قرار دارند. مقدار پراکسید در سه تیمار خندان طبیعی، یخ خندان و مکانیک خندان پس از شش ماه انبارمانی به ترتیب با ۲/۷۷۸ -۲/۵۵ -۲/۶۶۷ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم بوده است، اگرچه در همه تیمارهای خندان کردن مقدار پراکسید افزایش نشان می‌دهد اما مقدار اندیکس پراکسید در پایان انبارداری در همهٔ تیمارها پایین‌تر از حد مجاز ایمن پیشنهاد شده (کمتر از ۵ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم) است. نتایج این تحقیق با گزارش توکلی‌پور (Tavakolipour, 2000) مطابقت دارد. عدد پراکسید در مدت انبارمانی به صورت مداوم ولی با شیب کم افزایش نشان داد و مقدار آن در پایان شش ماه مدت انبارداری در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس در همهٔ نمونه‌ها کمتر از ۵ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم بود. یعنی عدد پراکسید در این بسته‌ها در پایان انبارداری پایین‌تر از حد مجاز است. بیشترین مقدار پراکسید از اثرهای متقابل روش خندان کردن طبیعی و مکانیک خندان بعد از شش ماه انبارداری به ترتیب با میانگین ۲/۷۸ و ۲/۶۶ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم و کمترین مقدار پراکسید از اثر متقابل خندان کردن مکانیکی در شروع آزمایش با میانگین ۲/۱۶ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم حاصل شده است.

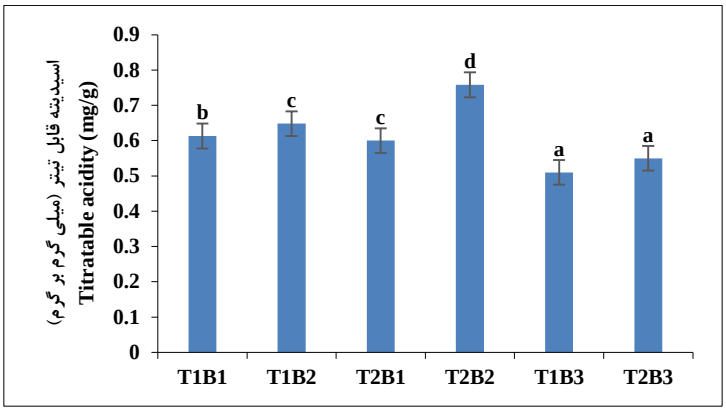


شکل ۳- اثر متقابل زمان نگهداری و روش خندان کردن پسته بر عدد پراکسید

Fig. 3- The interaction effect of storage time and open pistachio shell opening method on peroxide number

تغییرات عدد اسیدی

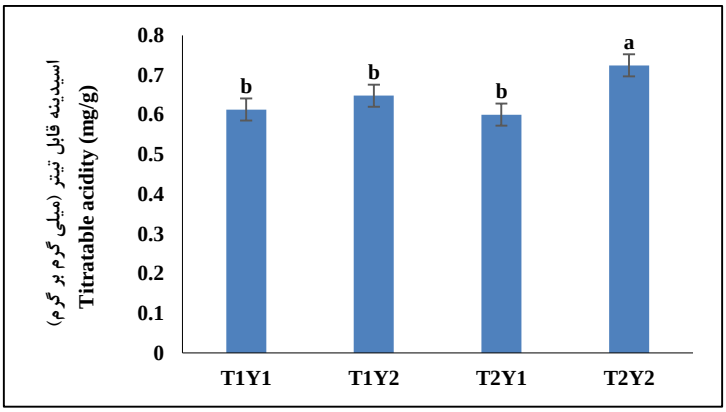
اثر متقابل روش خندان کردن و دمای محیط بر اسیدیتهٔ قابل تیتر کردن معنی‌دار است، به طوری‌که تیمارها در سه گروه آماری قرار گرفته‌اند. گرچه مقدار اسیدیتهٔ نمونه‌ها از حد مجاز بالاتر نرفت، اما نسبت به شاهد تغییرات اندکی نشان داد. بیشترین مقدار عدد اسیدی از روش یخ خندان در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس با میانگین ۰/۷۵۸ میلی‌گرم بر گرم به دست آمد (شکل ۴).



شکل ٤- اثر متقابل دمای نگهداری و روش خندان کردن بر اسیدیتهٔ قابل تیترکردن

Fig. 4- The interaction effect of storage temperature and pistachio shell openening method on titratable acidity

کمترین مقدار عدد اسیدی از روش مکانیک خندان در دمای ۲۵ و ۱۰ درجهٔ سلسیوس با میانگین ۰/۵۵ میلی‌گرم بر گرم به دست آمد که نشان از برتری این تیمار دارد. دمای بالای انبار و افزایش زمان نگهداری موجب افزایش عدد اسیدی پسته‌های نگهداری شده می‌شود. افزایش عدد اسیدی بیانگر پدیدهٔ هیدرولیز در روغن پسته است. آنزیم لیپاز اسیدهای چرب را از چربی جدا و اسیدهای چرب آزاد تولید می‌کند. این اسیدهای چرب آزاد شده می‌توانند سوبسترای واکنش‌های اکسیداسیون چربی واقع شوند. اثر متقابل زمان و دمای نگهداری نیز بر عدد اسیدی معنی‌دار شد به طوری‌که بیشترین مقدار اسیدیته با میانگین ۰/۷۲۴ میلی‌گرم بر گرم از نمونه های نگهداری شده در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس و شش ماه انبارمانی به دست آمد. دیگر تیمارها اثر معنی‌دار نداشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۵). نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که شش ماه زمان نگهداری موجب افزایش عدد اسیدی می‌شود اگرچه اثر متقابل روش خندان‌کردن، دما و مدت نگهداری اثر معنی‌داری بر اسیدیته نشان نداد، ولی از تیمار یخ خندان در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس پس از شش ماه انبارمانی با میانگین ۰/۸۴۷ میلی‌گرم بر گرم از دیگر تیمارها بیشتر و تیمار مکانیک خندان در دمای ۱۰ درجهٔ سلسیوس با میانگین ۰/۵۱۳ میلی‌گرم بر گرم کمترین مقدار اسیدیته به دست آمد (شکل ۵).



شکل ٥- اثر متقابل دمای نگهداری و زمان نگهداری بر اسیدیته قابل تیترکردن

Fig. 5- The interaction between temperature and storage time on titratable acidity

با افزایش زمان نگهداری، فساد چربی مغز پسته افزایش می‌یابد. افزایش عدد اسیدی در اتمسفر معمولی مربوط به حضور اکسیژن در نمونه‌هاست. عدد اسیدی نمونه‌های پسته در هر دو دما و مدت انبارداری افزایش نشان داد. بالا رفتن عدد اسیدی افزایش هیدرولیز تری‌گلیسریدهای موجود در پسته در اثر فعالیت آنزیم لیپاز است. بیشتر آنزیم‌ها در فعالیت آبی کمتر از ۰/۸۵ غیرفعال هستند اما آنزیم لیپاز در فعالیت آبی ۰/۳ و حتی ۰/۱ نیز قادر به فعالیت است (Raei & Jafari, 2013). رطوبت نسبی محیط اطراف مادهٔ غذایی یکی از عوامل مؤثر در هیدرولیز چربی و بالا رفتن اسیدیته است. دما نیز عامل دیگری است که بر میزان عدد اسیدی مؤثر است. بنابراین، با توجه به اینکه نمونه‌های پسته مورد آزمایش در رطوبت نسبی هوا و در کیسه‌های معمولی قرار داشتند به نظر می‌رسد افزایش عدد اسیدی به همین علت اتفاق افتاده است. اختلاف عدد اسیدی در نمونه‌های قرار گرفته در دو دمای ۲۵ و ۱۰ درجهٔ سلسیوس معنی‌دار بود. توکلی‌پور و همکاران (Tavakolipour *et al.*, 2008) درصد اسیدهای چرب آزاد بالاتری را برای پستهٔ نگهداری شده در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی محیطی ۸۲ درصد، نسبت به پستهٔ نگهداری شده در دمای ۵ درجهٔ سلسیوس و همین میزان رطوبت نسبی محیط، گزارش کرد. صداقت (Sedaghat, 2010) نیز گزارش کرد که عدد اسیدی پسته با افزایش دما و زمان انبارداری و نیز با افزایش غلظت اکسیژن افزایش می‌یابد.

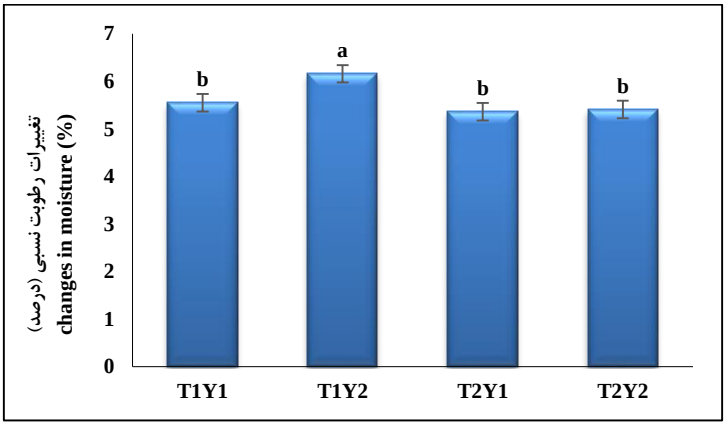
تغییرات درصد رطوبت مغز پسته

اثرهای دمای محیط انبار در دورهٔ انبارمانی بر تغییرات رطوبتی مغز پسته در دماهای ۱۰ و ۲۵ درجهٔ سلسیوس پس از گذشت شش ماه آنالیز شد. نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که نمونه‌های پسته‌ای که در دماهای ۱۰ درجهٔ سلسیوس نگهداری شده بودند، نسبت به نمونه‌های پستهٔ نگهداری شده در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس، تفاوت معنی‌داری داشتند، میانگین بیشترین و کمترین میزان رطوبت پسته از نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۱۰ درجهٔ سلسیوس ۵/۸۸ و ۴/۸۸ درصد محاسبه شد.

پسته نفوذپذیری زیادی نسبت به رطوبت دارد و به سرعت رطوبت محیط نگهداری را جذب می‌کند و با رطوبت محیط به حالت تعادل می‌رسد و از آنجا که برای هرگونه فعالیت بیولوژیک رطوبت ضروری است، مقدار رطوبت محیط بر مدت نگهداری پسته نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. افزایش رطوبت محیط نگهداری باعث بالا رفتن رطوبت پسته و در نتیجه افزایش فعالیت‌های بیوشیمیایی می‌شود. در صورت مناسب بودن شرایط محیطی انبار، بیشترین پایداری محصول در دامنهٔ رطوبت ۴ تا ۶ درصد رخ می‌دهد (Tavakolipoor *et al.*, 2008).

شکل ۶ اثر متقابل زمان و دمای نگهداری را نشان می‌دهد. تیمارها در دو گروه آماری قرار دارند. بیشترین درصد رطوبت از تیمار دمای ۱۰ درجهٔ سلسیوس پس از گذشت شش ماه با میانگین ۶/۱۶ درصد ثبت شده است. بیشترین میزان رطوبت نمونه‌ها بعد از شش ماه و در دمای ۱۰ درجهٔ سلسیوس ۶/۶ درصد به دست آمد. این تیمار نسبت به دیگر تیمارها درصد رطوبت بالاتری دارد. دیگر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشتند. خشک کردن پسته یکی از مهم‌ترین مراحل عملیات فرآوری این محصول است و باید طی این عملیات رطوبت موجود

در دانه به حدود ۶-۴ درصد بر پایهٔ خشک برسد تا محصول قابلیت انبارمانی مناسب را پیدا کند و دچار فساد و کپک‌زدگی نشود (Gazor & Minaei, 2005). دمای نگهداری بر ثبات و عمر انباری محصولات غذایی تأثیر بسزایی دارد، به طوری‌که معمولا با افزایش این فاکتور، شاخص‌های کیفی محصول دچار تغییرات نامطلوب می‌شود (Ferguson *et al.*, 2005b).

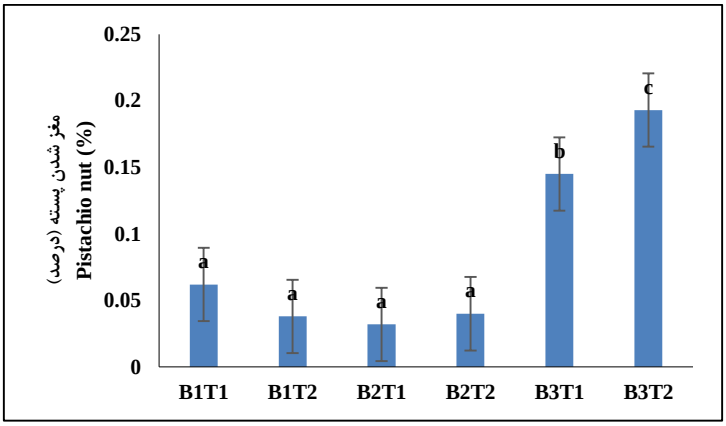


شکل ٦ - اثر متقابل دما و زمان نگهداری بر تغییرات رطوبتی مغز پسته

Fig. 6- The interaction effect of temperature and storage time on moisture changes of pistachio nuts

درصد مغز شدن

شکل ۷ اثر متقابل دمای نگهداری و روش خندان کردن پسته بر درصد مغز شدن آن را نشان می‌دهد. روش مکانیک خندان در هر دو دمای نگهداری، نسبت به تیمارهای دیگر، بیشترین درصد پسته‌های مغز شده را نشان می‌دهد. پوست ۱۹ درصد پسته‌هایی که به روش مکانیکی خندان و در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس نگهداری شدند جدا شده بود و پسته‌های مغز شده در همین روش در دمای ۱۰ درجهٔ سلسیوس ۱۴ درصد محاسبه گردید. افزایش مقدار مغز شدن پسته پس از شش ماه، احتمالا به دلیل افزایش درجهٔ خندانی (پسته‌های بیش‌خندانی) در مدت نگهداری و کاهش رطوبت پسته و دیگر عوامل فیزیکی است.



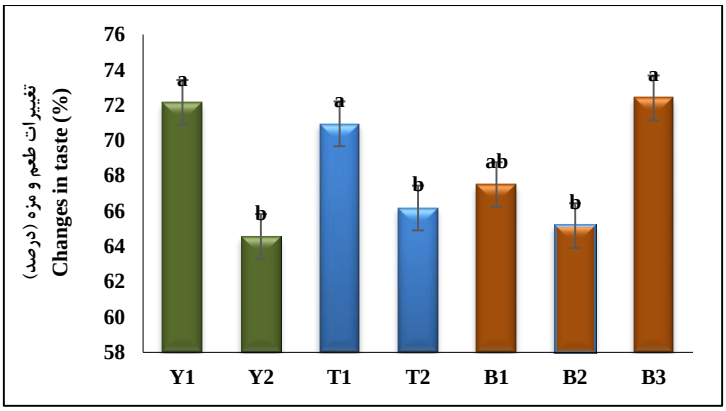
شکل ۷- اثر متقابل دمای نگهداری و روش‌های خندان کردن بر درصد مغز شدن

Fig. 7- The interaction effect of storage temperature and shell openening method on the percentage of nut

تغییرات طعم و مزهٔ پسته

نتایج به دست آمده از جدول ۱ (تجزیهٔ واریانس) نشان می‌دهد که اثر متقابل صفات بر هم معنی‌دار نیست اما اثر سادهٔ زمان نگهداری در سطح احتمال یک درصد و دمای نگهداری و روش خندان کردن پسته در سطح احتمال ۵ درصد بر طعم و مزه پسته معنی‌دار است. شکل ۸ مقایسهٔ میانگین اثر ساده زمان، دمای نگهداری و روش خندان کردن پسته را بر طعم و مزه مغز پسته نشان می‌دهد. سه روش خندان‌کردن پسته در دو گروه آماری قرار گرفتند. طعم و مزه پسته در روش مکانیک خندان مطلوبیت کمتری نسبت به دو روش دیگر نشان داد. به نظر می‌رسد پروسهٔ خندان کردن آن در این روش، باعث کاهش طعم و مزه پسته شده است.

نمونه‌هایی که در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس به مدت شش ماه نگهداری شده بودند از نظر طعم و مزه، نسبت به نمونهٔ شاهد، ۶ درصد امتیاز کمتر کسب کردند. نمونه‌های پستهٔ نگهداری شده در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس تردتر بودند. نمونه‌هایی که در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس به مدت شش ماه نگه‌داری شده بود مقدار رطوبت کمتر و درصد قند بیشتری داشتند تا نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۱۰ درجهٔ سلسیوس (جدول ۱). نتایج به دست آمده بیان‌گر این نکته است که زمان نگهداری باعث کاهش طعم و مزه می شود. دمای نگهداری بر ثبات و عمر انباری محصولات غذایی تأثیر بسزایی دارد، به طوری‌که با افزایش این فاکتور، شاخص‌های کیفی محصول معمولا دچار تغییرات نامطلوب می‌شوند (Ferguson *et al*., 2005b).

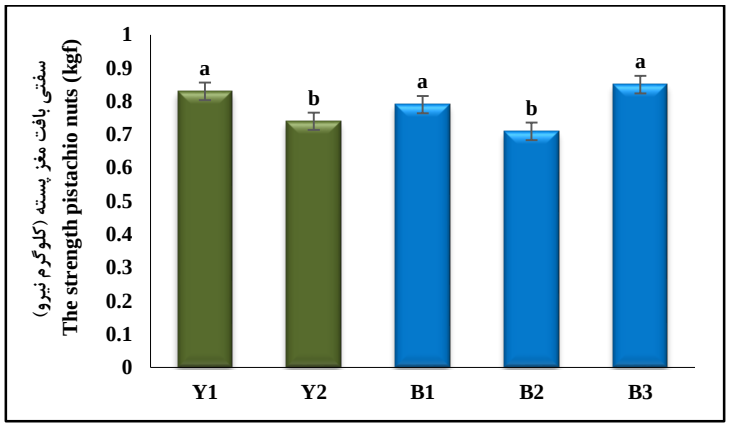


شکل ۸- اثر ساده زمان، دمای نگهداری و روش خندان کردن بر طعم و مغز پسته

Fig. 8- The simple effect of time, storage temperature and shell openening method on the flavor and kernel

تغییرات سفتی بافت

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۱ نشان می‌دهد که اثر ساده زمان نگهداری و روش خندان کردن پسته بر سفتی بافت تأثیرگذار است. سفتی بافت پستهٔ نگهداری شده به مدت شش ماه (۰/۷۴کیلوگرم نیرو)، نسبت به نمونهٔ شاهد (۰/۸۳ کیلوگرم نیرو)، کمتر است. دمای نگهداری اثر معنی‌داری بر سفتی بافت نشان نداده است اما پستهٔ نگهداری شده در دمای ۱۰ درجهٔ سلسیوس سفتی بیشتری (۰/۸۱ کیلوگرم نیرو) به دست داده است. پستهٔ خندان شده به روش مکانیک خندان با (۰/۸۵ کیلوگرم نیرو) از نظر سفتی بافت نسبت به دو روش دیگر برتری نشان داده است (شکل ۹).



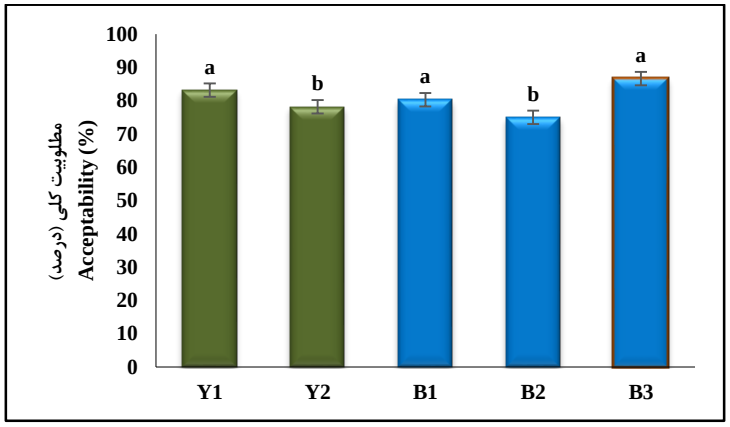
شکل ۹- اثر ساده زمان و روش خندان کردن پسته بر سفتی بافت

Fig. 9- The simple effect of time and shell openening method on firmness

کاهش کیفیت بافت پسته در روش آب‌خندان نسبت به دو روش دیگر به دلیل رطوبت ناشی از پروسه خندان کردن آن است. اثر متقابل زمان نگهداری و روش خندان کردن پسته بر سفتی بافت پسته معنی‌دار نیست اما تیمار شاهد با بیشترین امتیاز از دید داوران به عنوان برترین تیمار معرفی شده است.

مطلوبیت کلی

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۱ نشان می‌دهد که اثر زمان نگهداری در سطح ۵ درصد و اثر روش خندان کردن پسته در سطح احتمال ۱ درصد بر قابلیت قبول کلی معنی‌دار است. از نظر داوران، پستهٔ نگهداری شده به مدت شش ماه، ۱۲ درصد مطلوبیت کمتری نسبت به نمونه شاهد به دست آورده است و روش خندان شدن طبیعی و مکانیک خندان از نظر آماری در یک گروه و روش یخ خندان با امتیاز ۷۵ درصد کمترین مقبولیت را داشته است. روش مکانیک خندان با کسب ۸۶/۶۶ درصد امتیاز از دو تیمار دیگر مطلوبیت بیشتری به دست آورده است (شکل ۱۰).

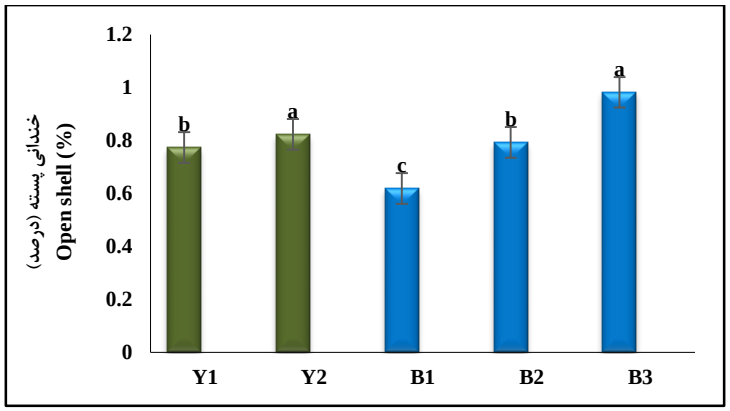


شکل ۱۰- اثر ساده زمان و روش خندان کردن بر قابلیت قبول کلی

Fig. 10- The simple effect of storage time and shell openening method on overall acceptability

درصد خندانی

درصد خندانی، درجهٔ خندانی و درصد مغز شدن سه پارامتر تأثیرگذار در انتخاب روش خندان کردن پسته است. نتایج تجزیهٔ واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد زمان نگهداری و روش خندان کردن بر صفات فیزیکی آزمایش اثر معنی‌داری دارد. اثر متقابل دمای نگهداری و روش خندانی در سطح احتمال یک درصد بر مقدار مغز شدن پسته اثر معنی‌داری نشان داده است. شکل ۱۱ نشان می‌دهد نگهداری پسته به مدت شش ماه، درصد خندانی پسته را افزایش می‌دهد به طوری‌که میانگین درصد خندانی پسته در شروع آزمایش ۷۷ درصد و پس از گذشت شش ماه ۸۲ درصد برآورد شده است. افزایش ۵ درصد در مقدار خندانی پسته پس از شش ماه احتمالا به دلیل باز شدن پسته‌های درز شده و کم خندان در مدت نگهداری به علت کاهش رطوبت پسته است. شکل ۱۱ اثر ساده روش خندان کردن پسته را بر درصد خندانی آن نشان می‌دهد. تیمار مکانیک‌خندان با میانگین ۹۸ درصد بیشترین درصد خندانی پسته را داشته است. تیمار یخ خندان و شاهد به ترتیب با میانگین ۷۹ و ۶۲ درصد خندانی در گروه بعدی قرار دارند. در روش یخ خندان فقط شوک سرما و گرما باعث خندانی پسته شده است. اما در تیمار مکانیک‌خندان پسته‌ها ابتدا با ابزار مکانیکی درز دار شدند، پس از آن در آب و یخ خیس خوردند (شوک سرما) و در مرحلهٔ بعد شوک حرارتی دریافت کردند. افزایش ۱۸ درصد خندانی پسته در تیمار مکانیک‌خندانی مربوط به پروسهٔ خندانی پسته در این روش مرتبط است.

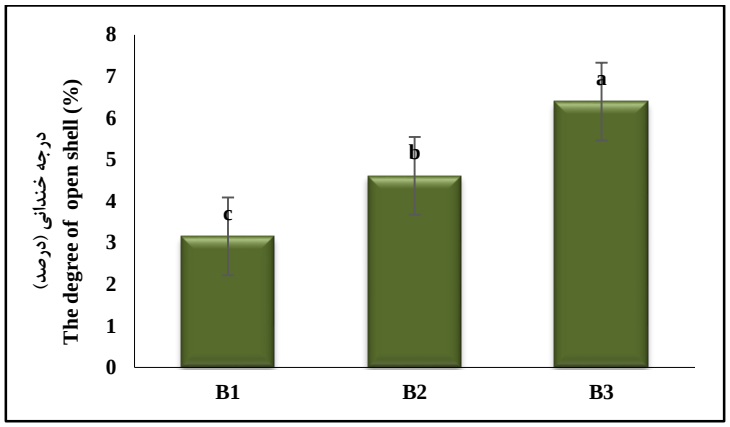


شکل ۱۱- اثر ساده زمان و روش خندان کردن بر درصد خندانی پسته

Fig. 11- The simple effect of storage time and shell openening method on percentage of open shell pistachio

درجهٔ خندانی

درجهٔ خندانی مقدار باز بودن یا خندانی پسته را نشان می‌دهد. نتایج آزمایش نشان داد اثر ساده روش خندان کردن پسته بر درجهٔ خندانی آن معنی‌داری است به طوری‌که روش مکانیک‌خندان با میانگین ۶/۴ میلی‌متر بیشترین درجهٔ خندانی را داشته است و روش یخ خندان و خندان طبیعی به ترتیب با میانگین ۴/۶ و ۳/۱ میلی‌متر در گروه بعدی قرار دارند (شکل ۱۲). توجه به مقایسهٔ میانگین‌ها ارتباط وزن دانه با درجهٔ خندانی را نشان می‌دهد، هرچه وزن دانه بیشتر باشد یا به عبارتی رسیدگی فیزیولوژیکی پسته بشتر باشد درجهٔ خندانی آن بیشتر است.



شکل ۱۲- اثر ساده زمان نگه‌داری بر درجه خندانی پسته

Fig. 12- The simple effect of time storage on rate of open shell pistachio

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

- با توجه به نتایج تحقیق و بررسی میانگین اسیدیته از نظر دما و دورهٔ نگهداری، بیشترین مقدار اسیدیته از دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس و مدت انبارمانی ۱۸۰ روزه ثبت شد که بر اساس تعریف اسیدیته و ارتباط مستقیم تشکیل اولیهٔ پراکسید و سپس اسیدیته، منطقی است.

- پسته‌های خندان شده به روش مکانیک‌خندان، درصد خندانی (۹۲ درصد) و درجهٔ خندانی (۶/۴ میلی‌متر) بیشتری نسبت به روش دیگر داشته‌اند. با توجه به نتایج به دست آمده، مناسب‌ترین روش نسبت به شاهد (خندان طبیعی)، خندان کردن پسته به روش مکانیک خندان است.

- نمونه‌های پسته‌ای که به روش یخ خندان در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس خندان و نگهداری شدند، تردتر و درجهٔ تندی بیشتری داشتند. نمونه‌های نگهداری-شده در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس به مدت شش ماه، مقدار رطوبت کمتر و درصد قند بیشتری نسبت به شاهد داشتند.

- اندیس پراکسید کمتر از حد مجاز (۵ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم) و عدد اسیدی به دست آمده نیز بیشتر از استاندارد خود (۲/۵ برحسب درصد وزنی اسید اولئیک) نبود، از این رو پسته‌های خندان شده قابل مصرف هستند.

- توصیه می‌شود با سرد کردن پسته بعد از مرحلهٔ پوست‌گیری و قبل از خشک کردن (زمانی که پسته تازه است) درصد پسته‌های خندان در خط فرآوری این محصول افزایش داده شود تا از میزان پسته‌های ناخندان کاسته شود.

مراجع

Abdullahi Ezzatabadi, M. (2011). Economic study of the relationship between price and quality in the domestic market of Iranian pistachios: A case study of Kerman province. *Agricultural Economics Research, 3*(3), 172-157. DOR: 20.1001.1.20086407.1390.3.11.9.8. (in Persian)

Anon. (2007). Pistachio kernel characteristics and test methods. No. 218. Fourth Reprint. Iranian Institute of Standards and Industrial Research of Iran, National Standard of Iran. (in Persian)

Anon. (2016). Faostat. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010.

Crane, J. C., & Iwakiri, B. T. (1982). Shell dehiscence in pistachio. *HortScience, 17*(5), 797-98.

Daneshmandi., M. Sh., Azizi, M., & Farhosh, R. (2013). Investigation of physical, chemical and biochemical properties of pistachio (*Pistachio vera* L. cv. Danesshmandi) in comparison with some commercial cultivars in Khorasan province. *Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Industries), 28*(1), 10-17. DOI: 10.22067/JHORTS4.V0I0.34996. (in Persian)

Esmaeilpour, A., & Shakerardekani, A. (2018). Effects of early harvest times on nut quality and physiological characteristics of pistachio (*Pistacia vera*) trees. *Fruits, 73*(2), 110-117.

Ferguson, L., Polito, V., & Kallsen C. (2005a*). The pistachio tree; botany and physiology and factors that affect yield.* Pistachio Production Manual. 4th Ed Davis, CA, USA, University of California Fruit & Nut Research Information Center.

Ferguson L, Kader A., & Thompson T. (2005b). Harvesting, transporting, processing and grading. *The Manual*. UCCE Pistachio Production Short Course.

Gazor, H., & Minaei, S. (2005). Influence of temperature and air velocity on drying time and quality parameters of Pistachio (*Pistacia vera* L.). *Drying Technology, 23*(12), 2463-2475. DOI: 10.1080/07373930500341708.

Gazor, H., Minaei, S., & Rostami, M, A. (2003). Investigating the effects of temperature and product thickness on pistachio drying process in box dryers. *Agricultural Sciences and Natural Resources, 11*(4), 81- 94. (in Persian)

Maghsoudi, H., Khoshtaghaza, M. H., & Minaei, S. (2010). Selected geometric characteristics, density, and mechanical properties of unsplit pistachio nut. *International Journal of Food Properties, 13*, 394-403. DOI: 10.1080/10942910802571745.

Maghsoudi, H., Khoshtaghaza, H., Minaei, S., & Zaki Dizaji. H. (2012). Fracture resistance *of Unsplit Pistachio* (*Pistacia vera* L.) *nuts against splitting force, under compressive loading. Journal of Agricultural Science and Technology (JAST), 14*, 299-310. DOR: 20.1001.1.16807073.2012.14.2.1.3.

Mohsenin N. N. 1986. *Physical properties of plant and animal materials.* New York: Gordon & Breach Science Publishers.

Piggot, J. R. (1996). *Statisical procedures in food research.* Elsevier Applied Science, New York.

Raei, M., & Jafari, S. M. (2013). Influence of modified atmospheric conditions and different packaging materials on pistachio (*Pistacia vera* L.) oil quality. *Latin American Applied Research, 43*(1), 43-46.

Sedaghat, N. (2010). Application of arrhenius kinetics to evaluate stability of pistachio nuts at various conditions. *Middle East Journal of Scientific Research, 6*(3):224-229.

Sedaghat, N., Mortazavi, A., Nasiri Mahallati, M., & Davari Nejad, Gh. (2005). Estimation of shelf life of pistachios in different storage conditions. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 12*(2), 127-134. (in Persian)

Shaker Ardakani, A. (2007). *Harvesting, processing, storage and packaging of pistachios.* National Pistachio Research Institute. First Ed. (in Persian)

Shayanfar, S., & Kashaninejad, M. (2012). The effect of different non-mechanical treatments on splitting pistachio nuts. *Journal of Nuts, 3*(3), 1-4.

Sherafati, A. M., Hokmabadi, H., & Sabeti, A. (2008). *The most important varieties of pistachios in Khorasan and their role in production and export. Proceedings of the First National Conference on Pistachio Processing and Packaging*, Dec. 4-5, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (in Persian)

Tavakolipour, H. (2000). Optimization and design of drying processes and pistachio storage conditions (*Ph. D. Thesis*), Food Science and Technology Engineering, Islamic Azad University-Science and Research Branch, Faculty of Engineering. Tehran, Iran. (in Persian)

Tavakolipour, H., Basiri, A., & A. Kalbasi Ashtari, A. (2008). Effects of temperature and relative humidity of storage environment on pistachio quality indices during storage period. *Quarterly Journal of Food Science and Technology, 5*(4), 57-66. (in Persian)

Zare Nazari, A. (2013). Investigation of pistachio dryers and energy consumption in them. Iran Pistachio Association Website. (in Persian)

Agricultural Mechanization and Systems Research/Vol.23/No.84/Winter 2022/P:17-38
Journal Home Page: https://amsr.areeo.ac.ir

Research Paper

Evaluation and Comparison Methods of Splitting Pistachio Nut and its Effect on the Quality Properties of The Product during Storage

H. Afzali Gorouh*, F. Azadshahraki, M. A. Rostami and D. Darvishi

*Corresponding Author: Researcher, Agricultural Engineering Research Department, Kerman Agricultural and Resource Research and Education Center, AREEO, Kerman, Iran. Email: hooshangafzali@yahoo.com
Received: 23 August 2022, Accepted: 15 April 2023
http://doi: 10.22092/AMSR.2023.359711.1426

Abstract

In this study, two methods of opening the pistachio shell (ice and mechanical methods) and natural opening at two storage temperatures (10°C and 25°C) and six months storage for Ouhadi pistachio cultivar, were compared in terms of peroxide index, acid number and sensory proprties. The results showed that the rate of changes in peroxide index during six months of storage varied from 2 to 3 mEq / kg, the changes in acid rate ranged from 0.51 to 0.85 mg / g and the moisture content of the samples varied from 4.36 % to 6.23 %. The highest amount of acidity (0.85 mg / g) and peroxide index (3.1 mEq /kg) in open shell samples was observed in the ice openenig method and storage tempreture of 25° C. The lowest acidity (0.51 mg / g) and peroxide index (2 mEq / kg) was observed in mechanical method opening and storage tempreture of 10 ° C. However, with the increasing of the storage time, peroxide index and acidity were incresed but the peroxide index at the end of storage in all treatments was found lower than the recommended safe limit (5 mEq /kg). The highest percentage (92%) and rate of shell opening (6.4 mm) were obtained by mechanical method. The percentage of pistachios that were crushed by the mechanical method was 2% and 3% higher than that in other two methods, respectively. According to the panel judges, the mechanical method was more desirable than the other two treatments with 86.5% of total acceptability. According to the significant effect of the appearance and chemical properties on the acceptability of the pistachio, it was concluded that the mechanical shell opening method was more acceptable method for artificially shell opening than the other methods.

Keywords: Acid Number, Close Shell Pistachio, Ice Open Shell Pistachio, Mechanical Methods, Peroxide Index

© 2022 Agricultural Mehanization and Systems Research, Karaj, Iran. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license)