JRIFST

www.rifst.ac.ir/jrifst.aspx
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۳۹۲، جلد ۲، شماره ۴، صفحات ۳۱۰-۲۹۵

اثر پوشش خوراکی ژلاتین حاوی آنتی‌اکسیدان بر ویژگی‌های سختی و مؤلفه‌های رنگی پسته‌ی برشته شده

سارا خشنودی‌نیا[1*]، ناصر صداقت[2]، غلامحسین رادمرد قدیری[3]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
*نویسنده مسئول (sarakhoshnoudi@yahoo.com)
۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- مربی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی پوشش‌خوراکی ژلاتین حاوی آنتی‌اکسیدان اسیدآسکوربیک (۱درصد وزنی/ حجمی) و پروپیل‌گالات (۱۰۰پی‌پی‌ام) بر میزان رطوبت، سختی و رنگ پسته‌ی برشته بود. بعد از پوشش‌دهی پسته‌ها بسته‌بندی و در شرایط دمایی تسریع‌شده (۳۵ و ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد) به مدت سه ماه نگهداری شدند. آزمون‌های سنجش بافت (سختی)، رنگ (پردازش تصویر) و ارزیابی حسی (سفتی و رنگ) به صورت ماهانه انجام و همبستگی بین ویژگی‌های حسی و دستگاهی توسط رگرسیون خطی محاسبه گردید. نتایج آزمون حسی و دستگاهی بافت نشان داد نمونه‌های حاوی پوشش ژلاتین به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) رطوبت بیش‌تر و در نتیجه سختی بیش‌تری نسبت به نمونه‌ی شاهد و نمونه‌ی حاوی آنتی‌اکسیدان (بدون پوشش ژلاتین) داشتند. آنتی‌اکسیدان اسیدآسکوربیک به تنهایی یا در ماتریکس ژلاتین باعث کاهش معنی‌دار امتیاز حسی رنگ شد. بررسی مؤلفه‌های رنگی نیز نشان داد پوشش اسیدآسکوربیک– ژلاتین به‌طور معنی‌داری باعث افزایش فاکتور سبزی (*a-) مغز سبز پسته‌ها و فاکتور *L و *b پسته بنفش مغز شد. حضور پوشش‌خوراکی فاکتور *ΔE مغز سبز پسته را کاهش و *ΔE پسته‌ی بنفش را به‌طور معنی‌داری افزایش داد، به عبارتی استفاده از پوشش ژلاتین- آنتی‌اکسیدان سبزی مغز پسته را حفظ کرد اما از میزان رنگ پوسته‌ی مغز کاست. همبستگی قوی بین داده‌های حسی و دستگاهی از نظر سختی مشاهده شد.

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۵/۰۲
تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۱۲

واژه‌های کلیدی
آنتی‌اکسیدان
پردازش تصویر
پسته
پوشش ژلاتین
سختی

مقدمه

پسته یکی از دانه‌های آجیلی محبوب و خوش طعم است که به صورت نمک‌زده و برشته و یا در ترکیب با دسرهای مختلف (حلوا، باقلوا، کیک، بستنی و غیره) به کار می‌رود. بزرگ‌ترین تولیدکننده‌های آن تا فوریه ۲۰۱۳ به ترتیب آمریکا (۲۵۰ هزار تن)، ایران (۲۰۰ هزار تن) و ترکیه (۱۲۵ هزار تن) بودند (USDA, 2013). پسته‌ی برشته شده ایرانی و آمریکایی از آن‌جا که اندازه و سایز مناسبی دارند به لحاظ آجیلی بسیار محبوب هستند و با وجود طعم مطلوب و منحصر به فرد گزینه‌ی خوبی برای استفاده در دسرها نیز هستند (Bayram, 2011). در سال‌های اخیر استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به منظور حفاظت بیش‌تر و افزایش ماندگاری مواد غذایی

Archive of SID
www.SID.ir

و تلاش برای کاهش لایه‌های بسته‌بندی و جایگزینی مواد زیست‌تخریب‌پذیر در بسته‌بندی نگهداری مواد غذایی مورد توجه بوده‌اند. پوشش‌های خوراکی از طریق ممانعت از عبور رطوبت و گازها شرایط نگهداری ماده‌ی غذایی را بهبود می‌بخشند و راه‌کاری جدید برای افزایش کیفیت و زمان ماندگاری محصولات غذایی پر چرب از جمله دانه‌های آجیلی هستند. از سویی این مواد حامل‌های بسیار خوبی برای مواد زیست فعال از جمله مواد ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدان‌ها، مواد معدنی و ویتامین‌ها هستند (Bonilla & Atares, 2012).

ژلاتین، پروتئینی ارزان و با ویژگی‌های عملکردی مطلوب است که از هیدرولیز کلاژن حاصل می‌شود. ویژگی تشکیل فیلم و پوشش خوراکی توسط ژلاتین به طور مستقیم با وزن ملکولی آن در ارتباط است، به عبارتی هر چه میانگین وزنی ملکول‌ها بالاتر باشد، کیفیت ژلاتین برای تشکیل پوشش بهتر است. توزیع وزنی ژلاتین وابسته به میزان پیوند عرضی کلاژن و نحوه استخراج ژلاتین دارد. علاوه بر وزن ملکولی ترکیب ایمینواسیدها نیز در این امر مهم است. ژلاتین حاصل از پستانداردان از این حیث ژلاتین‌های خوبی محسوب می‌شوند. پوشش ژلاتین نیز مانند سایر پوشش‌های خوراکی پروتئینی پتانسیل خوبی در مهار اکسیژن دارد و از این لحاظ می‌تواند پوشش خوبی برای بهبود کیفیت دانه‌های آجیلی باشد و هم‌چنین می‌تواند حامل خوبی برای مواد زیست فعال از جمله آنتی‌اکسیدان‌ها باشد (Gomez-Guillen *et al.*, 2011). اما باید توجه داشت بسیاری از ترکیبات فعال سازنده پوشش خوراکی شامل پلیمرهای خوراکی، پلاستی‌سایزر و سایر عوامل فعال از جمله آنتی‌اکسیدان‌ها می‌توانند بر روی ویژگی‌های حسی محصول تأثیر گذار باشند، اما از آن‌جایی که بیش‌تر مواد فعال خصوصیات طعمی و رنگی خود را دارند واکنش بین این ترکیبات ممکن است باعث تغییرات نامطلوبی در طعم، بافت و رنگ محصول شوند (Zhao & McDaniel, 2005)، در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای بر روی تأثیر پوشش‌های خوراکی مختلف بر خصوصیات کیفی دانه‌های آجیلی از جمله ویژگی‌های حسی این محصولات صورت گرفته است به عنوان مثال Abdul Haq و همکاران (۲۰۱۳) اثر پوشش خوراکی CMC و صمغ کُردیا را بر روی ویژگی‌های حسی (طعم و عطر، طعم حاصل از رنسیدیتی و پذیرش کلی) دانه صنوبر (چلغوزه) بررسی کردند. مقصودلو و همکاران (۱۳۹۱) اثر پوشش خوراکی کیتوزان را بر روی جذب رطوبت و ویژگی‌های حسی پسته‌ی خام (رنگ، طعم، بافت و پذیرش کلی) بررسی نمودند، آن‌ها اعلام کردند حضور پوشش خوراکی تأثیر معنی‌دار بر رنگ و بافت پسته نمی‌گذارد. Mehyar و همکاران (۲۰۱۲) اثر پروتئین آب‌پنیر و نشاسته‌ی نخود فرنگی را بر روی خصوصیات حسی (تردی، نرمی، رنگ، عطر و بو، پذیرش کلی) گردو و دانه‌ی صنوبر ارزیابی کردند. آن‌ها حضور پوشش را عامل سفتی بیش‌تر و کاهش مطلوبیت رنگ دانه‌ی صنوبر دانستند. Min و Krochta (۲۰۰۷) نیز پوشش پروتئین آب‌پنیر- اسیدآسکوربیک را بر مؤلفه‌های رنگی بادام‌زمینی برشته بررسی کردند و اثر پوشش خوراکی را بر رنگ محصول معنی‌دار اعلام کردند. لذا توجه به خصوصیات حسی محصول از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. اما در اکثر این پژوهش‌ها تأکید اصلی تنها بر ارزیابی حسی بوده در صورتی که با استفاده از آزمون‌های دستگاهی برخی جنبه‌های خصوصیات حسی محصول از جمله رنگ و بافت محصول بسیار سریع‌تر، ارزان‌تر و با دقت بیش‌تر قابل بررسی است. علاوه بر این تاکنون پژوهشی در زمینه‌ی تأثیر پوشش خوراکی ژلاتین حاوی آنتی‌اکسیدان بر روی خصوصیات حسی پسته برشته صورت نگرفته است. به ویژه این‌که خصوصیات بافت در پسته و به ویژه پسته‌ی برشته شده جزو خصوصیات بحرانی این محصول بوده و رنگ پسته نیز یکی از خصوصیات مهم و حیاتی در پذیرش پسته و هم‌چنین ارزش‌گذاری آن در بسیاری از کشورهای دنیا محسوب می‌شود. لذا هدف از این پژوهش بررسی تأثیر پوشش خوراکی ژلاتین حاوی آنتی‌اکسیدان بر خصوصیات بافتی و رنگ پسته‌ی برشته شده با استفاده از آزمون‌های دستگاهی و بیان همبستگی داده‌های آن با خصوصیات حسی است.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

مواد

مواد استفاده شده در این پژوهش عبارت بودند از: پسته‌ی برشته شده واریته‌ی اوحدی تهیه شده از شرکت پستیژ خاورمیانه (پسته‌ها در دمای ۱۴۳ درجه‌ی سانتی‌گراد و به مدت ۶ دقیقه برشته شدند). ژلاتین گاوی با بلوم ۲۰۰/۲۲۰ تهیه شده از شرکت ژلاتین آریای مشهد، اسید آسکوربیک (مرک آلمان، پروپیل گالات (سیگماآلدریچ)، ماده‌ی بسته‌بندی سه لایه‌ی پلی‌اتیلن/آلومینوم/پت[1] (تهیه شده از شرکت پستیژ خاورمیانه)، گلیسرول (مرک آلمان).

تهیه محلول پوشش خوراکی ژلاتین

برای تهیه محلول پوشش خوراکی مورد استفاده در این پژوهش میزان ۴۰ گرم پودر ژلاتین گاوی در ۱ لیتر آب دیونیزه (نسبت ۴ درصد وزنی/حجمی) ترکیب شد. محلول به حرارت ۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد رسانده و مدت ۳۰ دقیقه هم زده شد. سپس محلول تا دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد (دمای محیط) سرد و و به نسبت ۴۰ درصد وزن پودر ژلاتین، گلیسرول به عنوان پلاستی‌سایزر به این ترکیب افزوده شد (Nur Hanani *et al.*, 2012). سپس با افزودن آنتی‌اکسیدان‌های اسید آسکوربیک (۱ درصد وزنی/حجمی) و پروپیل گالات (۱۰۰ پی‌پی‌ام) پوشش حاوی ژلاتین تهیه شد.

پوشش‌دهی پسته‌های برشته شده

تیمارهای مختلفی در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند که در جدول ۱ به آن‌ها اشاره شده است. پسته‌ها با محلول‌های مورد نظر به روش اسپری پوشانده شدند و سپس در آون با دمای ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۱۰ ساعت خشک شدند. نمونه‌ها در بسته‌های ۱۰۰ گرمی در سه تکرار تهیه و در شرایط نگهداری تسریع شده در دو دمای ۳۵ و ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۳ ماه نگهداری شدند. دماهای ذخیره‌سازی بر اساس مطالعات انجام شده توسط محققان مختلف بر روی زمان ماندگاری غذاهای دهیدراته انتخاب شد (Labuza & Schmidl, 1985; Crop life international, 2009). نمونه‌ها در پایان در انتهای هر ماه از آون خارج و آزمون‌های مربوطه بر روی آن‌ها انجام گرفت.

1-PE/Al/PET (polyethylene/ aluminum/ polyethylene terephthalate)

آزمون‌ها

آزمون سنجش رطوبت

سنجش رطوبت پسته به روش استاندارد ملی ایران صورت گرفت. برای این منظور میزان ۱۰ گرم از نمونه را آسیاب و در آون با جریان هوا در دمای ۲±۱۰۰ تا زمان ثابت شدن وزن نمونه خشک شد. کاهش وزن نمونه قبل و بعد از خشک کردن به عنوان میزان رطوبت پسته گزارش شد (استاندارد ملی ایران، ۱۳۷۵).

آزمون بافت

سختی[2] بافت حداکثر نیروی لازم در طی آزمون فشاری است. سختی دستگاهی پسته‌ها توسط دستگاه آنالیز بافت[3] (Universal, Hounsfield –H5K model, UK) اندازه‌گیری شد. برای انجام آزمایش ۱۵ نمونه فاقد هر نوع نقص از هر تیمار با در نظر گرفتن دستورالعمل دستگاه مورد آزمون قرار گرفتند. آزمون بافت بر اساس تست فشاری تک سیکله با پروب استوانه‌ای[4] به قطر ۲۰ میلی‌متر و با سرعت پروب ۵۰ میلی‌متر در دقیقه صورت گرفت. مقدار فشردگی نمونه به اندازه نصف قطر پسته در نظر گرفته شد (مقدار حرکت پروب پس از تشخیص نمونه ۴-۳ میلی‌متر بود). نقطه ماکزیمم اولیه در نمودار نیرو-زمان مؤید میزان سختی (نیوتن) است (Meullenet & Gross, 1999; Vincent, 2004).

آزمون رنگ

در این پژوهش از روش پردازش تصویر کامپیوتری[5] برای بررسی رنگ استفاده شد. اندازه‌گیری رنگ نمونه با استفاده از مدل CIE $L^*a^*b^*$ (CIE LAB) صورت گرفت. این مدل، کامل‌ترین مدل

2- Hardness
3- Texture analyzer
4- Cylinder probe
5- Computer Vision System (CVS)

Archive of SID

www.SID.ir

رنگی است که رسماً برای توصیف همه رنگ‌های قابل مشاهده توسط چشم انسان به کار برده می‌شود. و با سه فاکتور L^* (روشنی/تیرگی)، a^* (قرمز/سبز) و b^* (زرد/آبی) سنجش می‌شود. L^* لومینانس (شفافیت یا روشنایی) یک رنگ را بیان می‌کند، L^* صفر رنگ سیاه و ۱۰۰ رنگ سفید را نشان می‌دهد. a^* مقادیر و رنگ‌های بین قرمز و سبز هستند. مقادیر منفی توصیف کننده رنگ سبز و مقادیر مثبت توصیف کننده رنگ قرمز هستند و در نهایت b^* مقادیر بین زرد و آبی است. مقادیر منفی نشان دهنده رنگ آبی و مقادیر مثبت نشان دهنده رنگ زرد هستند. دامنه‌ی عددی a^* و b^* بین ۱۲۰ الی ۱۲۰- است (afshri-joibari & farahnaki, 2011). برای اندازه‌گیری رنگ نمونه‌ها ابتدا باید از نمونه‌ها زیر نور مناسب عکس‌برداری شود. برای این کار از دوربین دیجیتال (Canon, model Powershot A520) استفاده شد. برای تصویرگیری نیز از اتاقکی که دیواره‌های آن با پارچه‌ی مشکی پوشیده شده بود (این کار از بازتاب نور جلوگیری می‌کند) استفاده شد. بری ایجاد نور نیز از چهار لامپ فلوئورسنت استفاده شد. دوربین در فاصله ۲۵ سانتی‌متری نمونه‌ها و موازی با آن‌ها روی پایه ثابت شد. دوربین با پورت USB به رایانه متصل شد و تصویرگیری با نرم‌افزار ZoomBrowser EX 5.0 انجام شد. تصویرهای گرفته شده با فرمت JPEG ذخیره و توسط نرم‌افزار Photoshop CS6 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از آن‌جایی که مانیتورها به ویژه مانتورهای LCD در حالت معمول تصویری شبیه تصویر واقعی به نمایش نمی‌گذارند، لذا برای آگاهی از مناسب بودن عکس نیاز است تصویر مانیتور در حیطه‌ی sRGB[1] (RGB استاندارد) به وسیله‌ی انتخاب رنگینگی[2] سفید در میزان 6500 K (نوع نور[3] D65)، گاما به میزان ۲/۲ و لومیننس سفید در میزان ۱۴۰ cd/m^2 کالیبره شود و برای تولید پروفایل مانیتور ICC از نرم‌افزار Eye-OneMatch 3.6.2 استفاده شد. سپس تصاویر با کمک نرم‌افزار فتوشاپ و با توجه به رنگ صفحه‌ی استاندارد $BaSO_4$ (L^*=۹۷، a^*=۰ و b^*=۷) کالیبره شدند. سپس مناطقی که رنگ آن مد نظر بود انتخاب و فیلتر Blur/average روی آن اعمال شد. و سپس مقدار L^*، a^* و b^* تصویر از پنجره info قرائت شد (Girolami *et al.*, 2013; Afshari-Jouybari & Farahnaky, 2011; Yam *et al.*, 2004). میزان تغییر رنگ بر اساس اختلاف مؤلفه‌های رنگی پسته بلافاصله بعد از برشته شدن با پسته تیمار شده با استفاده از فرمول زیر انجام شد (Plataniotis & Venetsanopoulos, 2000):

رابطه (۱)

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5}$$

لازم به ذکر است، برای به دست آوردن رنگ پسته ابتدا پسته‌ها از وسط به دو نیم تقسیم و رنگ پوسته بنفش و مغز سبز آن جداگانه بررسی شد.

ارزیابی حسی

پسته‌ها توسط ۲۰ ارزیاب حسی (۱۰ زن و ۱۰ مرد) آموزش دیده و با استفاده از مقیاس هدونیک توصیفی ۵ نقطه‌ای (۱= خیلی کم، ۲= کم، ۳= نه کم نه زیاد، ۴= زیاد، ۵= بسیار زیاد) ارزیابی شدند. نمونه‌های مورد ارزیابی در ظروف جداگانه پلی‌استری قرار گرفتند و بر روی آن‌ها کد مربوطه زده شد. سفتی: نیروی اولیه لازم برای نفوذ در دانه (نیروی لازم برای گاز زدن اولیه‌ی دانه) و میزان مطلوبیت رنگ محصول فاکتورهایی بود که مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمون حسی در سه تکرار و در سه روز متفاوت انجام شد (Amerine *et al.*, 1965).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمون در قالب طرح پایه‌ی کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل و در سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده با استفاده از آنالیز واریانس توسط نرم‌افزار Minitab 16 و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون توکی و در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($p\leq$۰/۰۵) انجام گرفت. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2010 رسم شد. هم‌بستگی بین داده‌های حسی و دستگاهی نیز توسط رگرسیون عمومی[4] و توسط نرم‌افزار Minitab 16 اندازه‌گیری شد.

1- sRGB gamut
2- Chromaticity
3-Illuminant

4- General Regression

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش

کد پوشش	پوشش	آنتی‌اکسیدان	غلظت*
شاهد	-**	-	-
۱	-	پروپیل گالات + اسید آسکوربیک	۱۰۰ پی‌پی‌ام + ۱ درصد وزنی/حجمی
۲	ژلاتین	پروپیل گالات	۱۰۰ پی‌پی‌ام
۳	ژلاتین	اسید آسکوربیک	۱ درصد وزنی/حجمی
۴	ژلاتین	پروپیل گالات + اسید آسکوربیک	۱۰۰ پی‌پی‌ام + ۱ درصد وزنی/حجمی

* غلظت بر پایه محلول پوشش در نظر گرفته شده است.

** خط تیره (-) به معنی عدم استفاده از پوشش یا آنتی‌اکسیدان است.

نتایج و بحث

اثر پوشش خوراکی بر رطوبت

رطوبت یکی از فاکتورهای مهم در زمینه‌ی کیفیت خشکبار است. سرعت انتقال رطوبت بین غذا و اتمسفر اطراف آن با پوشاندن ماده‌ی غذایی با فیلم‌ها و پوشش‌های سنتزی و خوراکی کاهش می‌یابد (مقصودلو و همکاران، ۱۳۹۱). همان‌طور که از جدول ۲ مشخص است، رطوبت در نمونه‌های پوشیده شده با ژلاتین حاوی آنتی‌اکسیدان (۲، ۳ و ۴) به طور معنی‌داری بیش‌تر از نمونه‌ی شاهد و ۱ بود، با این حال هیچ تفاوت معنی‌داری از نظر رطوبت بین نمونه‌های پوشش‌داده شده با ژلاتین وجود ندارد ($p>۰/۰۵$). حضور پوشش خوراکی ژلاتین باعث شده است حفظ رطوبت در محصول به طور معنی‌داری افزایش یابد در حالی که در پوشش ۱ این تمایل به طور معنی‌داری کم‌تر بوده و در این نمونه، پسته با سرعت بیش‌تری رطوبت خود را از دست داده است. بررسی اثر پوشش ژلاتین در دمای ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد نشان داد این پوشش تأثیر معنی‌داری بر حفظ رطوبت محصول نداشته است. محققین دما را یک فاکتور بحرانی در نفوذپذیری پوشش‌های خوراکی دانسته‌اند. با افزایش دما حرکت پلیمرها افزایش و متعاقباً منافذ پوشش بازتر شده و از خواص ممانعت‌کنندگی پوشش به طور معنی‌داری کاسته می‌شود (Baldwin, 2007). در دمای ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های حاوی پوشش ژلاتین و نمونه‌ی پوشش ۱ وجود داشت ($p\leq۰/۰۵$). این نتایج با نتایج سایر محققین نیز هم‌خوانی داشت، Lee و همکاران (۲۰۰۲)، Mehyar و همکاران (۲۰۱۲)، Abdul Haq و همکاران (۲۰۱۳) نیز دلیل سفتی دانه‌های آجیلی پوشش داده شده با پوشش‌های خوراکی محتوی رطوبت بیش‌تر در این دانه‌ها اعلام کردند. مقصودلو و همکاران (۱۳۹۱) نیز بیان داشتند حضور پوشش خوراکی کیتوزان بر روی پسته‌ی خام روند کاهش رطوبت در پسته را به طور معنی‌داری کند کرده است. Nur Hanani و همکاران (۲۰۱۲) نیز فیلم‌ها و پوشش‌های ژلاتینی با غلظت ۴ درصد را پوشش‌های خوبی در برابر رطوبت اعلام کردند.

در بررسی اثر دما و زمان نیز باید گفت به مرور زمان در شرایط رطوبتی تسریع شده از میزان رطوبت کاسته می‌شود که در تمام نمونه‌های تیمار شده چنین تأثیری مشاهده شد. اما بر خلاف این روند در نمونه‌ی شاهد در پایان ماه اول نگهداری با افزایش رطوبت پسته مواجه بودیم (جدول ۲). نیک‌زاده و صداقت (۱۳۹۰) نیز نتایج مشابهی را به دست آوردند. آن‌ها بیان داشتند پسته بلافاصله بعد از برشته شدن کم‌ترین میزان رطوبت و متعاقباً بیش‌ترین تردی را دارد اما طی زمان نگهداری پسته به منظور ایجاد تعادل با محیط رطوبت جذب می‌کند (نیک‌زاده و صداقت، ۱۳۹۰). در این پژوهش از ماه دوم نگهداری میزان رطوبت کاهش یافت اما با شیب بسیار کم که دلیل آن را می‌توان نزدیک شدن نمونه‌ی شاهد به رطوبت تعادلی عنوان کرد. با این حال عدالتیان و همکاران (۱۳۸۶) روند رطوبت را در طول نگهداری، تماماً نزولی اعلام کردند. به نظر می‌رسد استفاده از پسته‌ی خام در پژوهش این محققین و تفاوت‌های موجود بین پسته‌ی برشته و خام دلیل اختلاف در نتایج به دست آمده باشد. همچنین تفاوت معنی‌داری بین دو دمای نگهداری ۳۵ و ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد مشاهده شد (جدول ۲). با افزایش دما، محتوای رطوبت کاهش می‌یابد زیرا توانایی نگهداری آب

Archive of SID

www.SID.ir

کاهش می‌یابد. در حقیقت با افزایش دما محیط ظرفیت بیش‌تری برای جذب رطوبت دارد. به عبارتی با کاهش رطوبت نسبی محیط و آمادگی جذب رطوبت از ماده‌ی غذایی افزایش یافته و رطوبت ماده‌ی غذایی بیش‌تر از دمای ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد کاهش یافته است.

جدول ۲- اثر متقابل دما و فرمولاسیون در زمان‌های مختلف بر روی رطوبت پسته‌ی برشته شده

فرمولاسیون	دمای نگهداری (سانتی‌گراد)	زمان نگهداری			
		زمان صفر	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم
شاهد	۳۵	۱/۷۶ Aa	۲/۲۱۳ Ba	۲/۰۸۷ Ba	۲/۰۶ Ba
	۵۰		۲/۰۸ Ba	۱/۹۴ Ba	۱/۵۳ Cb
۱	۳۵	۲/۹۶Ab	۲/۷۳۱ Bb	۲/۵۷ BCb	۲/۲۳ Da
	۵۰		۲/۴۷ CDd	۲/۳ Dd	۱/۹۳Ea
۲	۳۵	۳/۰۱۳Ab	۲/۹۲ ABc	۲/۷۸ Bc	۲/۳۰۷ CcI
	۵۰		۲/۴ Cd	۲/۳۳ Cd	۲/۲ Cc
۳	۳۵	۳/۰۲۷Ab	۲/۸۷ ABc	۲/۷۷ Bc	۲/۳۵۳ Cc
	۵۰		۲/۳۶ CDd	۲/۲۹ CDd	۲/۱۸ Dcd
۴	۳۵	۳/۰۰۳Ab	۲/۸۵ ABc	۲/۷۲ Bc	۲/۲۹۷ CcI
	۵۰		۲/۴۳ Cd	۲/۳۲ CDd	۲/۱۴ Dd

a-d: اختلاف معنی‌دار در هر ستون (P <۰/۰۵)

A-E: اختلاف معنی‌دار در هر ردیف (P <۰/۰۵)

اثر پوشش خوراکی بر بافت

شکل ۱ اثر پوشش‌های مختلف را بر روی سختی دستگاهی بافت پسته‌ی برشته شده در دو دمای ۳۵ و ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد نشان می‌دهد (شکل ۱، الف و ب). نتایج آزمون بافت نشان داد پسته‌های دارای پوشش ژلاتینی به طور معنی‌داری سختی بیش‌تری نسبت به نمونه‌های بدون پوشش داشتند. سختی در پسته‌های پوشش داده شده با ژلاتین که در دمای ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد ذخیره شده بودند به طور معنی‌داری (p<۰/۰۵) بیش‌تر از نمونه‌ی شاهد و فرمولاسیون ۱ بود. در حالی که در طی دو ماه نگهداری پسته‌های پوشش داده شده با ژلاتین (فرمولاسیون ۲، ۳ و ۴) تنها حدود ۶ نیوتن از سفتی محصول کاسته شده بود (سفتی پسته‌ی فرمولاسیون ۱ از ۸۷/۵ به ۷۱/۰۲ رسید). از آن‌جایی‌که پوشش‌های خوراکی به همراه پلاستی‌سایزرها ممانعت‌کننده‌های نسبتاً خوبی برای رطوبت هستند و نقل و انتقال رطوبت به داخل دانه و خارج از آن را محدود می‌سازند. لذا دانه رطوبت کم‌تری از دست داده و احتمالاً همین امر باعث شده است تا نمونه‌های پوشش داده شده با ژلاتین سفتی بیش‌تری داشته باشند (Wittaya, 2012). در بین فرمولاسیون ۲، ۳ و ۴ نمونه‌های پوشش داده شده با فرمولاسیون ۳ و ۴ که حاوی آنتی‌اکسیدان اسید آسکوربیک بودند سختی کم‌تری در پایان ماه دوم داشتند. شاید دلیل این امر را بتوان به افزایش محتوی ترکیبات قطبی (اسیدآسکوربیک) در فرمولاسیون پوشش دانست. وجود ترکیبات قطبی بیش‌تر ممانعت پوشش نسبت به رطوبت را کاهش می‌دهد. محققین اعلام کرده‌اند که افزایش غلظت ترکیبات آب‌دوست در پوشش خوراکی ممانعت در برابر انتقال رطوبت پوشش را کاهش می‌دهد و افزودن ترکیبات غیرقطبی (پلاستی‌سایزرها) باعث افزایش مقاومت پوشش در برابر رطوبت می‌شود (Skurtys *et al.*, 2010).

نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج محققین دیگر نیز هم‌خوانی داشت. از جمله Lee و همکاران (۲۰۰۲) سفتی بیش‌تری را در بادام‌زمینی‌های برشته و پوشش‌داده شده با پروتئین آب‌پنیر مشاهده کردند. آن‌ها دلیل این امر را محتوی رطوبت بیش‌تر این بادام‌ها عنوان کردند. Mehyar و همکاران (۲۰۱۲) عنوان کردند که استفاده از پوشش پروتئین‌آب‌پنیر و نشاسته نخودفرنگی به همراه پلاستی‌سایزر موم کارنوبا بر روی گردو باعث سفتی آن‌ها شد. Nur Hanani و همکاران (۲۰۱۲) نیز فیلم‌ها و پوشش‌های ژلاتینی با غلظت ۴ درصد را پوشش‌های خوبی در برابر رطوبت اعلام کردند. اما

Archive of SID

www.SID.ir

مقصودلو و همکاران (۱۳۹۱) نتایج متفاوتی با نتایج این پژوهش به دست آوردند آن‌ها هیچ تأثیر معنی‌داری را بین بافت نمونه‌های پسته‌ی پوشش داده شده با کیتوزان و نمونه‌های شاهد مشاهده نکردند، آن‌ها عنوان کردند از آن‌جایی که رطوبت همه تیمارها در محدوده‌ی رطوبت نمونه‌ی شاهد رسانده شد، در بافت آن‌ها تغییر معنی‌داری دیده نشده است.

نتایج نشان داد در ماه سوم نگهداری به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) میزان سختی در نمونه‌های پوشش‌داده شده در دمای ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد کاهش نشان داده است. همان‌طور که از جدول ۲ مشخص است در پایان ماه سوم نگهداری به طور معنی‌داری از میزان رطوبت پسته در نمونه‌های دارای پوشش کاسته شده است و متعاقباً از سختی پسته‌ها نیز کاسته شده است که احتمالاً دلیل این امر مهاجرت پلاستی‌سایزر و افزایش نفوذپذیری پوشش نسبت به رطوبت بوده است (Baldwin, 2007). وجود پوشش خوراکی در دمای ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد نتوانسته است مانع خروج رطوبت شود و روند کاهش رطوبت در پوشش‌های ۲، ۳ و ۴ تقریباً مشابه فرمولاسیون ۱ بود. نتایج حاصله در این پژوهش با نتایج Mehyar و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت. آن‌ها نیز تأثیر پوشش خوراکی پروتئینی خود را در دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد بیش‌تر از دمای ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد اعلام کردند. عملاً تنها تا ۹ روز نگهداری در دمای ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد پوشش آب‌پنیر توانست مؤثر واقع شود. Mate و Krochta (۱۹۹۷) پوشش فیلم خوراکی پروتئین آب‌پنیر را تا دمای ۳۷ درجه‌ی سانتی‌گراد در جلوگیری از اکسیداسیون مؤثر دانستند. آن‌ها دلیل این امر را افزایش نفوذپذیری پوشش‌ها با افزایش دما عنوان کردند. در واقع بسیاری از محققین دما را یک فاکتور بحرانی در اثربخشی پوشش‌های خوراکی در برابر نفوذپذیری پوشش نسبت به رطوبت و به ویژه گازها دانسته‌اند. آن‌ها بیان داشته‌اند که افزایش دما (به ویژه دماهای بالاتر از دمای گذار شیشه‌ای[1]) باعث افزایش حرکت پلیمرها و باعث افزایش ویژگی نفوذپذیری پوشش می‌شود (Baldwin, 2007). دامنه دمای گذار شیشه‌ای را Dai و Liu (۲۰۰۶) برای فیلم‌ها و پوشش‌های ژلاتینی را بین ۹۰-۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد بسته به رطوبت محیط اعلام کردند. همچنین عدالتیان و همکاران (۱۳۸۶) تأثیر دما بر سختی دستگاهی را بسیار معنی‌دار ($p< ۰/۰۱$) عنوان کردند. شکل ۱ نشان می‌دهد که در هر دو دمای ۳۵ و ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد با افزایش زمان نگهداری از سختی بافت کاسته شده که این نتایج با نتایج پژوهش‌های پیشین مطابقت داشته است (نیک‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). دلیل این امر می‌تواند تبخیر و کاهش رطوبت پسته در دو دمای نگهداری تسریع شده باشد (جدول ۲). نتایج نشان داد که پسته‌ی نمونه‌ی شاهد در زمان صفر کم‌ترین سختی را داشته است. نیک‌زاده و صداقت (۱۳۸۸) در این باره بیان داشتند که پسته بعد از برشته شدن کم‌ترین سفتی را داشته و با گذشت زمان از آن‌جایی که در معرض اکسیژن و رطوبت قرار می‌گیرند، بر سختی آن‌ها افزوده می‌شود.

اثر پوشش خوراکی بر مؤلفه‌های رنگی

نتایج پردازش تصویر حاکی از آن بود که استفاده پوشش خوراکی ژلاتین تأثیر معنی‌داری بر فاکتور* L مغز سبز پسته‌ها نداشته است. اما فاکتور سبزی (*a-) در پسته‌های پوشیده‌شده با ژلاتین به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بیش‌تر از نمونه‌ی شاهد بود و فاکتور *b نیز نزدیکی بیش‌تری به رقم اولیه‌ی رنگ پسته داشت (شکل ۲). استفاده از پوشش خوراکی ژلاتین در کنار آنتی‌اکسیدان و به ویژه آنتی‌اکسیدان اسیدآسکوربیک باعث حفظ رنگ سبز و مطلوب مغز پسته شد. احتمالاً می‌توان دلیل این امر را تأثیر پوشش‌های خوراکی در کاهش روند اکسیداسیون دانه‌های آجیلی دانست. Shayanfar و همکاران (۲۰۰۸) نیز بیان داشتند کاهش اکسیژن اتمسفر بسته‌بندی باعث حفظ فاکتور *a و جلوگیری از کاهش مؤلفه‌ی *L در پسته شده است. با گذشت زمان از فاکتور سبزی کاسته شده است (این مقدار به طور متوسط از ۲۱/۶۷- در زمان صفر به ۱۱/۹۲- در پایان ماه نگهداری رسید). فاکتور سبزی با افزایش دما نیز کاهش یافت (به ترتیب

1- Glass transition temperature

Archive of SID

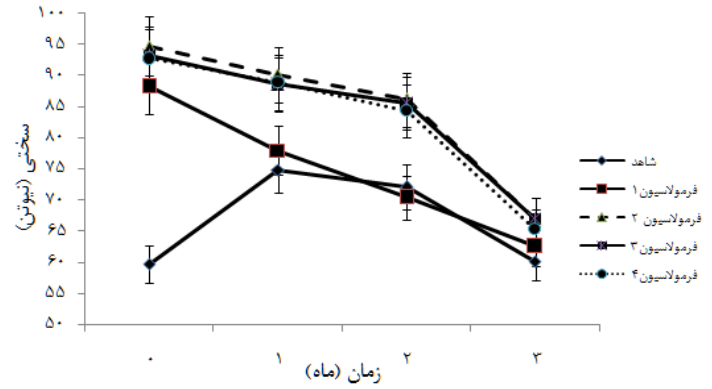
www.SID.ir

۱۶/۳۵- و ۱۲/۵۷- در دمای ۳۵ و ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد). شاید بتوان دلیل این امر را میزان اکسیداسیون کم‌تر پسته در نمونه‌های حاوی پوشش و نمونه‌های نگهداری شده در دمای کم‌تر و واکنش‌های شیمیایی ناشی از حرارت دانست. دما نیز به‌طور معنی‌داری بر فاکتور L^* تأثیر گذار بود به طوری که پسته‌ها در دمای ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به طور متوسط رنگ‌پریده‌تر از دمای ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد بودند (متوسط این مقدار به ترتیب ۸۹/۳۹ و ۸۸/۳۵ بود). بیش‌ترین میزان فاکتور b^* در زمان صفر بوده (۳۱/۳۳) و به تدریج از میزان آن کاسته شد. با افزایش دما نیز این فاکتور کاهش معنی‌داری را نشان داد (به ترتیب ۲۷/۵۴ و ۲۶/۱۲ در دمای ۳۵ و ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد).

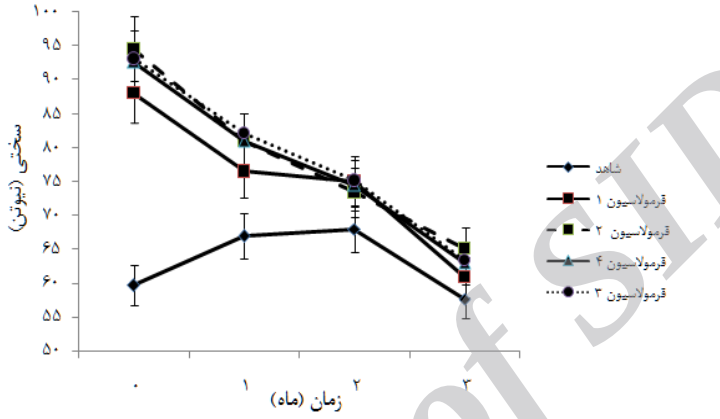
تفاوت رنگ کل (ΔE^*) در سیستم CIE $L^*a^*b^*$ فضای بین موقعیت‌های رنگ در فضای CIE است. هر چه مقدار عددی این فاکتور بیش‌تر باشد نشان‌دهنده تغییر بیش‌تر رنگ نسبت به نمونه‌ی اولیه است. بررسی اثر پوشش خوراکی بر فاکتور ΔE^* مغز سبز پسته نشان داد پوشش خوراکی ژلاتین- آنتی‌اکسیدان به طور معنی‌داری توانسته تغییر رنگ را در پسته کنترل کند به طوری که کم‌ترین میزان تغییر رنگ به ترتیب در نمونه‌ی ۳ و ۴ دیده می‌شود (به ترتیب ۸/۵۲ و ۹/۰۶) و بیش‌ترین آن در نمونه‌ی شاهد (۱۰/۹۰) مشاهده شد. احتمالاً می‌توان دلیل این امر را ممانعت پوشش‌های خوراکی در برابر اثرات مخرب اکسیژن دانست. Christopoulos و Tsantili (۲۰۱۱) دلیل حفظ رنگ گردوهای نگهداری شده در اتمسفر حاوی مقادیر بالای نیتروژن و دی‌اکسیدکربن در کنار مقدار حداقلی اکسیژن را کاهش روند اکسیداسیون در این بسته‌ها عنوان کردند. Shayanfar و همکاران، (۲۰۰۸) نیز اعلام کردند ممانعت از تماس اکسیژن با پسته باعث کاهش تغییر رنگ آن می‌شود آن‌ها در پژوهش خود برای کاهش اثر اکسیژن بر رنگ، بسته‌بندی در اتمسفر اصلاح شده را پیشنهاد کردند. دما بر این فاکتور مؤثر بود و مقدار این فاکتور در دمای ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به طور متوسط برابر ۱۱/۵۸ و در دمای ۳۵ برابر ۷/۶۰ بود. گذشت زمان نیز به طور معنی‌داری باعث افزایش فاکتور ΔE^* شده است و بیش‌ترین مقدار مربوط به زمان پایان ماه سوم (۱۳/۹۹). تغییرات این فاکتور در پوشش‌های مختلف در دو دمای ۳۵ و ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد در جدول ۳ نشان داده شده است (جدول ۲).

Archive of SID

www.SID.ir

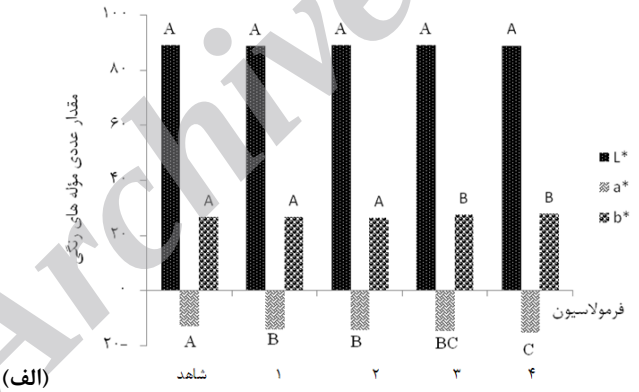


(الف)

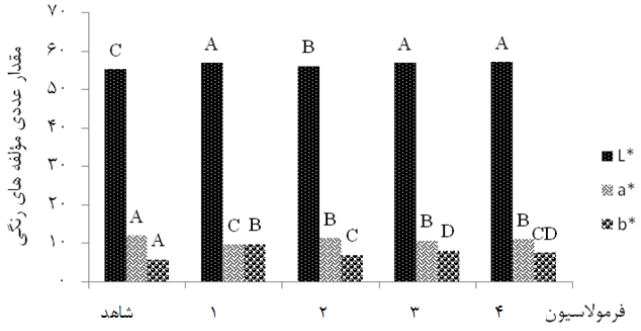


(ب)

شکل ۱- تأثیر پوشش‌های مختلف بر روی سفتی دستگاهی در دو دمای الف) ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و ب) ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد



(الف)



(ب)

شکل ۲- تأثیر فرمولاسیون‌های مختلف بر مؤلفه‌های رنگ الف) مغز سبز پسته و ب) پوسته بنفش رنگ پسته
(حروف مشترک نشانه عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین اعداد همان مؤلفه است).

Archive of SID
www.SID.ir

فاکتور L^* در پوسته بنفش مغز پسته تغییر معنی‌داری در نمونه‌ی شاهد و نمونه‌های حاوی پوشش داشته است به طوری که فرمولاسیون‌های حاوی اسیدآسکوربیک (۱، ۳ و ۴) به طور معنی‌داری فاکتور L^* بیش‌تری را نشان دادند ($p<۰/۰۵$) و رنگ پوسته‌ی پسته روشن‌تر بود. و این کاهش رنگ در پوشش ۲ که ژلاتین حاوی آنتی‌اکسیدان پروپیل‌گالات بود به طور معنی‌داری کم‌تر دیده شد. از نظر فاکتور a^* کم‌ترین مقدار به طور معنی‌داری مربوط به پوشش ۱ بود و بعد از آن نیز پوشش‌های ژلاتینی حاوی اسیدآسکوربیک کم‌ترین میزان a^* (مقادیر مثبت معرف قرمزی است) را نشان دادند. فاکتور b^* (زردی) در پوشش ۱ به طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود. استفاده از آنتی‌اکسیدان‌ها در قالب پوشش‌های خوراکی به طور معنی‌داری اثر منفی تغییر رنگی که فرمولاسیون ۱ موجب شده را کنترل کرده است. با این حال تمام مؤلفه‌های رنگی در نمونه‌ی شاهد و نمونه‌ی پوشش‌داده شده با ژلاتین حاوی آنتی‌اکسیدان متفاوت بود (شکل ۲، ب). Min و Krochta (۲۰۰۷) در مورد اثر پوشش پروتئین آب‌پنیر حاوی اسیدآسکوربیک بر روی رنگ بادام‌زمینی به این نتیجه رسیدند که حضور آنتی‌اکسیدان اسید آسکوربیک بر روی رنگ بادام‌زمینی‌های برشته شده تأثیرگذار است و نمونه را تیره‌تر می‌سازد و قرمزی این نمونه‌ها نیز بیش‌تر از نمونه‌های بدون پوشش بوده است. آن‌ها این قرمزی را به خاطر تولید پیگمان قرمز حاصل از واکنش قهوه‌ای شدن مایلارد بین دهیدروآسکوربیک اسید و پروتئین آب‌پنیر عنوان کردند. در مورد بادام زمینی فاکتور b^* تغییر معنی‌داری بین نمونه‌های حاوی پوشش و بدون پوشش نداشته است. با وجودی که استفاده از پوشش خوارکی ژلاتین نیز در کنار آنتی‌اکسیدان‌ها نیز مانند پوشش خوراکی پروتئین آب‌پنیر و آنتی‌اکسیدان باعث تغییر در فاکتورهای رنگی شد اما روند این تغییرات در پسته و بادام‌زمینی متفاوت بود، به عبارتی در پسته بر خلاف بادام‌زمینی فاکتور a^* در حضور آنتی‌اکسیدان و ژلاتین کاهش داشت. نتایج ارزیابی حسی صورت گرفته توسط Mehyar و همکاران (۲۰۱۲) روی نمونه‌های پوشش داده شده در مقایسه با نمونه‌های بدون پوشش آب‌پنیر و نشاسته‌ی نخود فرنگی بر روی رنگ دانه صنوبر و گردو نشان داد که رنگ محصول در نمونه‌های پوشش داده شده با نمونه‌های بدون پوشش متفاوت است. آن‌ها این تغییر رنگ را به رنگ زرد پوشش نسبت دادند.

بررسی اثر پوشش خوراکی بر فاکتور ΔE^* پوسته‌ی بنفش پسته نشان داد بین نمونه‌های شاهد و سایر نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد. بیش‌ترین فاکتور ΔE^* مربوط به نمونه‌ی ۱ (۱۱/۵۷۹۶) بود و به عبارتی بیش‌ترین تغییر رنگ نسبت به نمونه‌ی اولیه در این تیمار مشاهده شد. بعد از نمونه‌ی شاهد کم‌ترین تغییر به ترتیب مربوط به نمونه‌ی ۲، ۴ و ۳ بود (۸/۴۹۳۲، ۹/۷۸۹ و ۱۰/۰۹۴) و بین دو پوشش ۳ و ۴ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. اما بین این دو پوشش و پوشش ۲ تفاوت در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. افزایش فاکتور زردی در کنار کاهش فاکتور قرمزی در نمونه‌ی ۱ رنگ پسته را در ماه سوم به ویژه در دمای نگهداری ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد تغییر داد و بنفشی رنگ پوسته پسته رو به خاکستری رفت. به نظر می‌رسد اکسیداسیون اسیدآسکوربیک و واکنش مایلارد در این زمینه نقش مؤثری داشته و حضور آنتی‌اکسیدان در ماتریکس پوشش روند اکسیداسیون اسیدآسکوربیک و تغییر رنگ را کاهش داده است. به عبارتی افزودن آنتی‌اکسیدان‌ها به پوشش‌ها به جای افزودن مستقیم این مواد به پسته باعث رهاسازی کنترل‌شده‌ی این مواد شده و این ترکیبات را در برابر رطوبت، دما و دیگر آسیب‌های خارجی مصون نگاه داشته و به این ترتیب پایداری و عملکرد آن‌ها بهبود بخشید، به علاوه تا حدودی اثرات منفی برخی مواد بیواکتیو بر خصوصیات حسی را نیز کنترل می‌کند (Zhao, 2011). نتایج این پژوهش با نتایج محققین دیگر در مورد اثر پوشش خوراکی بر رنگ دانه‌های آجیلی هم‌خوانی داشت. Abdul Haq و همکاران (۲۰۱۳) اعلام کردند چلغوزه‌های پوشش‌داده شده با صمغ کردیا از نظر ارزیاب‌های حسی تیره‌تر از نمونه‌های بدون پوشش صمغ بودند. آن‌ها دلیل این تفاوت را لایه‌ی ضخیم پوشش صمغ و رنگ‌دانه‌های موجود در صمغ عنوان کردند. پوشش ژلاتین نیز تا حدودی ته رنگ زرد داشت و یکی از دلایل تفاوت

Archive of SID

www.SID.ir

رنگی نمونه‌های حاوی پوشش ژلاتین و نمونه‌ی شاهد رنگ خود ژلاتین نیز می‌تواند باشد. زمان نیز تأثیر معنی‌داری بر فاکتور ΔE^* محصول داشت به طوری که در پایان ماه سوم به طور معنی‌داری نسبت فاکتور ΔE^* نسبت به زمان صفر افزایش یافت. اثر دما و نوع پوشش خوراکی بر روی فاکتور ΔE^* در جدول ۳ آمده است، همان‌طور که مشخص است میزان تغییر رنگ در دمای ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به طور معنی‌داری بیش‌تر از دمای ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد بود

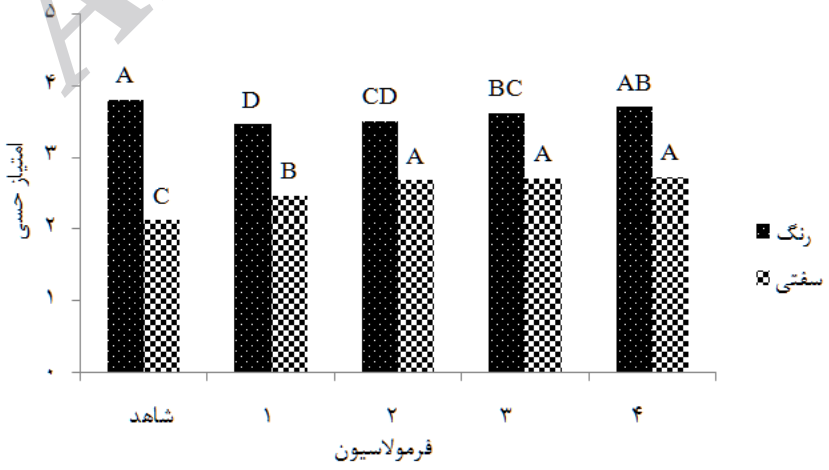
جدول ۳- اثر متقابل دما و فرمولاسیون بر روی مؤلفه‌های رنگی

فرمولاسیون	دما (سانتی‌گراد)	مغز سبز پسته				پوسته‌ی رویی (بنفش) مغز پسته			
		L*	a*	b*	ΔE*	L*	a*	b*	ΔE*
شاهد	۳۵	۸۸/۳۳ bc	-۱۴/۵۴ b	۲۵/۸۷ cd	۹/۹۰ b	۵۴/۵ a	۱۲/۶۲ a	۵/۱۳ a	۵/۶۹ a
	۵۰	۸۹/۶۳ a	-۱۱/۹۲ a	۲۶/۹۶ bc	۱۱/۸۹ a	۵۶/۳۳ bc	۱۱/۶۷ abc	۶/۵۴ bc	۸/۲۳ b
۱	۳۵	۸۸/۴۶ bc	-۱۵/۶۷ c	۲۷/۱۷ bc	۸/۲۹ c	۵۶/۲۱ bc	۱۱/۲۹ bc	۹/۴۲ de	۱۰/۲۰ cd
	۵۰	۸۹/۰۸ ab	-۱۲/۸۳ a	۲۵/۸۸ cd	۱۱/۳۰ a	۵۷/۹۶ d	۸/۲۹ e	۱۰/۳۳ d	۱۲/۹۶ e
۲	۳۵	۸۸/۴۶ bc	-۱۶/۵۴ cd	۲۷/۲۱ bc	۷/۵۹ cd	۵۵/۲۹ ac	۱۲/۰۸ ab	۶/۲۱ ac	۷/۰۹ f
	۵۰	۸۹/۵۸ a	-۱۲/۸۸ a	۲۵/۲۵ d	۱۱/۷۴ a	۵۷/۰۴ bde	۱۰/۷۹ cd	۷/۸۸ fg	۹/۸۵ d
۳	۳۵	۸۸/۵۴ bc	-۱۷/۰۸ de	۲۸/۴۶ ab	۶/۶۵ de	۵۶/۱۷ bc	۱۱/۶۳ abc	۷/۵۰ bg	۸/۷۶ b
	۵۰	۸۹/۱۳ ab	-۱۲/۵۴ a	۲۶/۳۸ cd	۱۱/۴۶ a	۵۸/۰۰ d	۹/۸۸ d	۸/۸۸ ef	۱۱/۴۳ g
۴	۳۵	۸۷/۹۶ c	-۱۷/۹۲ e	۲۹/۰۰ a	۵/۵۵ e	۵۶/۷۵ be	۱۲/۱۳ ab	۶/۷۱ bf	۸/۵۶ b
	۵۰	۸۹/۵۴ a	-۱۲/۷۱ a	۲۶/۱۲ cd	۱۱/۴۹ a	۵۷/۷۹ de	۱۰/۰۴ d	۸/۵۴ efg	۱۱/۰۲ cg

* حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

اثر پوشش خوراکی بر ویژگی‌های حسی ارزیابی شده

بررسی‌های انجام شده بر روی سفتی بافت حسی نشان داد تفاوت معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بین نمونه‌ی شاهد و نمونه‌های پوشش داده شده با ژلاتین وجود دارد اما نوع آنتی‌اکسیدان به کار رفته در پوشش ژلاتین تأثیر معنی‌داری بر امتیاز حسی داده شده نداشت. فرمولاسیون ۱ که از پوشش ژلاتین در آن استفاده نشده است نیز تفاوت معنی‌داری با نمونه‌ی شاهد و سایر فرمولاسیون‌ها داشته و از سفتی کم‌تری برخوردار بود. هم‌چنین دمای نگهداری نیز تأثیر معنی‌داری بر سفتی درک شده داشت به طوری که میانگین سفتی در دمای ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بیش‌تر از دمای ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد بود و مقدار عددی آن به ترتیب ۲/۶۰۷ و ۲/۴۸۸ بود. همچنین زمان‌های مختلف نگهداری نیز به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) در فاکتور سفتی تأثیرگذار بود (شکل ۳).



شکل ۳- تأثیر فرمولاسیون‌های مختلف بر ویژگی‌های حسی

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۳ نشان می‌دهد زمانی که از آنتی‌اکسیدان‌ها در کنار پوشش ژلاتین بهره گرفته شد به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) امتیاز حسی بیش‌تر از زمانی بود که از آنتی‌اکسیدان‌ها به تنهایی استفاده شد. افزودن آنتی‌اکسیدان‌ها به پوشش‌ها به جای افزودن مستقیم این مواد به محصول باعث رهاسازی کنترل‌شده‌ی این مواد شده و این ترکیبات را در برابر رطوبت، دما و دیگر آسیب‌های خارجی مصون نگاه داشته و به این ترتیب پایداری و عملکرد آن‌ها بهبود می‌بخشد، به علاوه تا حدودی اثرات منفی برخی مواد بیواکتیو بر خصوصیات حسی را نیز کنترل می‌کند (Zhao, 2011). در این پژوهش نیز زمانی که از ترکیب آنتی‌اکسیدان- ژلاتین به عنوان پوشش خوراکی پسته استفاده شد امتیاز حسی به طور معنی‌داری بیش‌تر از زمانی بود که از این ترکیبات به طور مستقیم بر روی محصول استفاده شد، به طوری که تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ی شاهد و نمونه‌های پوشش داده شده با محلول فرمولاسیون ۴ دیده نشد. نیک‌زاده و همکاران (۱۳۸۶) نیز امتیاز حسی در پسته‌های پوشش داده شده با آنتی‌اکسیدان اسید آسکوربیک را کم‌تر از نمونه‌ی شاهد برآورد کردند.

دما و زمان نیز بر روی فاکتورهای حسی اثر معنی‌داری داشتند به طوری که میانگین امتیاز حسی رنگ برای نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد ۳/۷۰۶ و برای نمونه‌های ۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد ۳/۵۳۷ بود. هم‌چنین از امتیاز حسی پسته‌ها به مرور زمان کاسته شد، بین زمان‌های صفر، ۱ و ۲ این تفاوت معنی‌دار بود اما رنگ در پسته‌ها در بازه‌ی زمانی ماه دوم و سوم نگهداری تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

همبستگی ببین داده‌های حسی و دستگاهی

برآورد همبستگی بین داده‌های حسی و دستگاهی نشان داد سفتی حسی و سختی دستگاهی همبستگی بسیار مناسبی داشتند. اما بین مؤلفه‌های رنگی (L^*، a^* و b^*) به طور جداگانه و امتیاز حسی رنگ همبستگی چشم‌گیری دیده نشد. اما ترکیب این سه در کنار هم، همبستگی بالای ۷۰ درصد را با داده‌های حسی نشان دادند. شاید این امر به این دلیل باشد که برایند رنگی که از ترکیب این سه مؤلفه ایجاد می‌شود در ارزیابی نهایی رنگ توسط چشم تأثیرگذار است. در بین مؤلفه‌های رنگی، مؤلفه‌های مربوط به پوسته‌ی بنفش همبستگی بالاتری با داده‌های حسی داشتند، بنابراین می‌توان گفت معیار ارزیاب‌های حسی در امتیازدهی رنگ بیش‌تر میزان رنگ پوسته‌ی بنفش مغز پسته بوده است تا میزان سبزی داخلی مغز پسته. در جدول ۴ معادلات رگرسیونی که ضریب همبستگی بالاتر از ۰/۶ داشتند نمایش داده شده است.

جدول ۴- همبستگی بین داده‌های حسی و دستگاهی

مؤلفه‌های حسی و دستگاهی	R^2 ضریب هم‌بستگی	معادله	p value
سفتی حسی و سختی دستگاهی	/۹۲۸	y = - ۰/۴۶۵۶۷ + ۰/۰۳۹۴۰ x	<۰/۰۰۰۱
سفتی حسی و میزان رطوبت	۰/۷۹۵	y = - ۰/۰۷۸۸۶ + ۱/۰۶۴۶۲ x	<۰/۰۰۰۱
رنگ حسی و کلیه‌ی مؤلفه‌های رنگی مغز سبز پسته	۰/۶۴۵	y = ۸/۲۷۶ – ۰/۰۶۲ L*- ۰/۰۱۸ a* +۰/۰۲۲۲ b*	<۰/۰۰۰۱
رنگ حسی و مؤلفه ΔE^* مغز سبز پسته	۰/۶۴۲	y =۴/۰۸۰ –۰/۰۴۸۸۴ x	<۰/۰۰۰۱
رنگ و مؤلفهL^* پوسته‌ی بنفش مغز پسته	۰/۶۵۲	y = ۸/۰۳۴ – ۰/۰۷۷۸۷ x	<۰/۰۰۰۱
رنگ حسی و کلیه‌ی مؤلفه‌های رنگ پوسته‌ی بنفش	۰/۷۰۶	y = ۶/۳۵۴ – ۰/۰۴۵ L* + ۰/۰۱۱۵ a* -۰/۰۴۰۳ b*	<۰/۰۰۰۱
رنگ حسی و مؤلفه ΔE^* پوسته‌ی بنفش مغز پسته	۰/۷۹۱	y = ۴/۱۸۲ –۰/۰۵۹۷۷ x	<۰/۰۰۰۱

* y امتیاز حسی و x بیانگر مقدار عددی مؤلفه‌ی دستگاهی اندازه‌گیری شده، می‌باشد

- معادلات ارائه شده حاصل برازش ۱۲۰ داده حسی و دستگاهی بود

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد استفاده از پوشش خوراکی ژلاتین حاوی آنتی‌اکسیدان سفتی بافت پسته را افزایش می‌دهد. استفاده از این پوشش به ویژه همراهی آن با آنتی‌اکسیدان اسیدآسکوربیک رنگ سبز پسته را برای مدت طولانی‌تری حفظ می‌کند اما باعث می‌شود تا از رنگ پوسته‌ی رویی مغز پسته کاسته شود و همین امر نیز باعث کاهش امتیاز حسی رنگ پسته شد. زمانی که از آنتی‌اکسیدان‌ها در ماتریکس پوشش خوراکی استفاده شد، پوشش ژلاتین با رهایش کنترل‌شده‌ی آن‌ها ضمن آن‌که اثر عملکردی آن‌ها را برای مدت بیش‌تری حفظ کرد، از اثرات سوء آن بر روی رنگ نیز به طور معنی‌داری جلوگیری کرد. بین داده‌های سختی دستگاهی و حسی ارتباط خوبی برقرار بود، هم‌چنین همبستگی نسبتاً مناسبی بین مؤلفه‌ی ΔE^* پوسته بنفش مغز پسته و امتیاز حسی رنگ برقرار بود، بااین حال بین هر یک از مؤلفه‌های رنگی به صورت جداگانه و امتیاز حسی رنگ همبستگی قوی مشاهده نشد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد و مدیر عامل محترم شرکت آجین خاورمیانه (پستیژ) که حمایت مالی انجام این پژوهش را برعهده داشتند سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

۱- 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، ۳، ۱: ۷-۱.

۲- مقصودلو، ع.، مقصودلو، ی.، خمیری، م.، و قربانی، م. ۱۳۹۱. بررسی فعالیت ضد قارچی پوشش خوراکی کیتوزان و تاثیر آن بر جذب رطوبت و ویژگی‌های ارگانولپتیکی مغز پسته. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی. جلد ۱، شماره ۲: ۹۸-۸۷.

۳- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۷۵. روش اندازه گیری رطوبت خشکبار. استاندارد ملی ایران، شماره ۶۷۲، چاپ پنجم.

۴- نیک‌زاده، و.، صداقت، ن.، و شهیدی، ف. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات رطوبت، بافت و خصوصیات حسی پسته تحت تأثیر دمای برشته کردن و زمان نگهداری.فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره ۸، شماره ۱: ۹-۱.

۵- نیک‌زاده، و. صداقت، ن.، و شهیدی، ف. ۱۳۸۶. بررسی اثرات دمای برشته کردن، فرمولاسیون و زمان نگهداری بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ارگانولپتیکی پسته. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

6- Abdul Haq, M., Junaid Alam, M., & Hasnain, A. 2013. Gum Cordia: A novel edible coating to increase the shelf life of Chilgoza (*Pinus gerardiana*). LWT - Food Science and Technology, 50: 306-311.

7- Afshari-Jouybari, H., & Farahnaky, A. 2011. Evaluation of Photoshop software potential for food colorimetry. Journal of Food Engineering, 106: 170–175.

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

9- Baldwin, E.A. 2007. Surface treatments and edible coatings in food preservation.P. 475-508. In M.S. Rahman (ed.), Handbook of Food Preservation. Florida- USA. Boca Raton. CRC Press.

Archive of SID

www.SID.ir

10- Baldwin, E.A., & Wood, B. 2006. Use of edible coating to preserve pecans at room temperature. HortScience, 41(1): 188–192.

11- Bayram, M. 2011. Comparison of unsplit inshell and shelled kernel of the pistachio nuts. Journal of Food Engineering, 107: 374–378.

12- Bonilla, J., Atares, L., Vargas, M., & Chiralt, A. 2012. Edible films and coatings to prevent the detrimental effect of oxygen on food quality: Possibilities and limitations. Food Engineering, 110: 208–213.

13- Christopoulos, M.V., & 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.

14- Crop Life International. 2009. Guidelines for specifying the shelf life of plant protection products technical monograph. No 17, 2nd ed: 3-9.

15- Dai, C.A., & Liu, M.W. 2006. The effect of crystallinity and aging enthalpy on the mechanical properties of gelatin films. Materials Science and Engineering, 423: 121–127.

16- Girolami, A., Napolitano, F., Faraone, D., & Braghieri, A. 2013. Measurement of meat color using a computer vision system. Meat Science, 93: 111–118.

17- Gómez-Guillén, M.C., Giménez, B., López-Caballero, M.E., & Montero, M.P. 2011. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review, Food Hydrocolloids, 25: 1813-1827.

18- Labuza, T. P., & Schmidl, M. K. 1985. Accelerated shelf life testing of food. Food Technology, 39 (9): 57-62.

19- Lee, S.Y., Trezza, T.A., Guinard, J.X., & Krochta, J.M. 2002. Whey-protein-coated peanuts assessed by sensory evaluation and static headspace gas chromatography. Food Science, 67: 1212–1218.

20- Maté, J.I. & Krochta, J.M. 1997. Whey protein and acetylated monoglyceride edible coatings: effect on the rancidity process of walnuts. Agricultural and Food Chemistry, 45(7): 2509–2513.

21- Mehyar, G.F., Al-Ismail, KH., Han, J.H., & 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. Journal of Food Science, 77(2): 52-59.

22- Meullenet, J.F.C., & Gross, J. 1999. Instrumental single and double compression tests to predict sensory texture characteristics of foods. Journal of Texture Studies, 30 (2): 167-180.

23- Min, S., & Krochta, J.M. 2007. Ascorbic acid-containing whey protein film coatings for control of oxidation. Agricultural and Food Chemistry, 55 (8): 2964-9.

24- Nur Hanani, Z.A., Roos, Y.H., & Kerry, J. P. 2012. Use of beef, pork and fish gelatin sources in the manufacture of films and assessment of their composition and mechanical properties. Food Hydrocolloids, 29: 144-151.

25- Plataniotis, K.N., & Venetsanopoulos, A.N. 2000. Color image processing and applications: Color spaces. Springer, New York: 1-45.

26- Shayanfar, Sh., Kashaninejad, M., Khomeiri, M., Mostofi, Y., & Emam Jomeh, Z. 2008. The effect of MAP and different atmospheric condition on the color of in hull fresh pistachio nut. P. 1-6. 18th National Congress on Food Technology, 15-16 Oct. 2008. Mashhad, Iran.

27- USDA. 2013. Tree nuts: pistachios world markets and trade. Foreign Agricultural Service /USDA. Circular Series February 2013: 2-10.

Archive of SID

www.SID.ir

28- Vincent, J. F. V. 2004. Application of fracture mechanics to the texture of food. Engineering Failure Analysis. 11: 95-704.

29- Wittaya, T. 2012. Protein-based edible films: characteristics and improvement of properties. in a.a. eissa (ed), structure and function of food engineering. Available at http://www.intechopen.com/books/structure-and-function-of-food-engineering/protein-based-edible-films-characteristics-and-improvement-of-properties (visited 11 May 2013).

30- Yam, K. L. and S. E. Papadakis. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. Journal of Food Engineering, 61, 137-142.

31- Zhao, Y., & McDaniel, M. 2005. Sensory quality of foods associated with edible film and coating systems and shelf-life extension. P. 434-453. In J.H. Han (Ed). Innovations in Food Packaging, Academic Press. London. Technology & Engineering.

32- Zhao, Y. 2011. Application of commercial coatings.P. 320-330. In E.A. Baldwin et al. (ed), Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Part 9. 2nd ed. Florida- USA. CRC Press.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of gelatin edible coating containing antioxidant agents on hardness, and color of roasted pistachio nuts

Sara Khoshnoudinia[1*], Naser Sedaghat[2], Gholam-Hossein Radmard Ghadiri[3]

1-MSc. Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
* Corresponding author (sarakhoshnoudi@yahoo.com)
2-Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3-Lecturer, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Abstract

The present study investigated the effect of gelatin coating, containing ascorbic-acid (AA:1% w/v) and Propyl-gallate (PG:100ppm), on the instrumental and sensory properties of roasted pistachio (hardness and color). Pistachio nuts packed and stored at 35°C and 50°C. The changes occurred in the textural properties, moisture content, color parameter ('*L*', '*a*' and '*b*' values) and sensory attributes of pistachio nuts were determined during 3 months of storage. The instrumental properties were correlated with sensory attributes. Gelatin-antioxidants coating significantly ($P<0.05$) increased instrumental and sensory hardness of pistachio. The moisture content decrease with time in gelatin-antioxidants and antioxidant-coated samples. However, this value in gelatin-coated samples was significantly lower than another sample. In sensory evaluation of color, the effect of treatments was significant. The image-processing result revealed that color parameter a^* in green kernel beside L^* and b^* parameter in purple skin of kernel, was significantly increased in AA-gelatin coated pistachio. Using the gelatin-antioxidants coating, brought better maintenance to the green color of the kernel (the ΔE^* factor lower than control sample) while it decreased the red-purple color of kernel skin (more ΔE^* factor). The results indicated that there are strong relationships between the instrumental and sensory hardness values, but sensory and instrumental color values had a weak correlation with each other.

Keywords: Antioxidant, Gelatin coating, Hardness, Image processing, Pistachio

Archive of SID

www.SID.ir