Archive of SID

مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 13:00 IRDT on Sunday June 20th 2021

مدل‌سازی ماندگاری پسته تازه رقم بادامی پوشش‌دهی شده با کیتوزان در شرایط بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده

فرناز رضائیان عطار[۱]، ناصر صداقت[۱*]، سمیرا یگانه زاد[۲]، آتنا پاسبان[۱]، محمدعلی حصاری نژاد[۲]

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- گروه فراوری موادغذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۹ /۱۰/۲۱

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۱۷

کلمات کلیدی:

ارزیابی حسی،

بسته بندی اتمسفر اصلاح شده،

پسته تازه؛ بافت،

ماندگاری.

DOI: 10.29252/fsct.18.05.16

* مسئول مکاتبات:

sedaghat@um.ac.ir

چکیده

ماندگاری مدت زمانی است که تحت شرایط خاص با کاهش قابل قبول کیفیت ماده غذایی مطابقت دارد. این ویژگی به عوامل مختلف ذاتی و محیطی نظیر ماهیت ماده غذایی، فرآیندهای نگهداری، پوشش‌دهی و نوع بسته‌بندی بستگی دارد و بر پایداری محصول تأثیر می‌گذارد. توانایی پیش‌بینی زمان ماندگاری از ارزش تجاری قابل توجهی برخوردار است، اما هیچ روش قابل اتکایی برای این منظور در مورد پسته تازه وجود ندارد. پژوهش حاضر با هدف ایجاد مدل‌های ریاضی به منظور پیش‌بینی زمان ماندگاری مواد غذایی، با استفاده از نمونه‌های پسته تازه رقم بادامی پوشش‌دهی شده با پوشش خوراکی کیتوزان در غلظت‌های متفاوت (صفر، ۱ و ۱/۵ درصد) و تحت سه اتمسفر شامل هوای معمولی، مپ غیرفعال و مپ فعال انجام گردید. مطالعه زمان ماندگاری در دمای ۵ درجه سانتیگراد انجام گرفت و یک پیش‌بینی چند متغیره از ویژگی‌های بافتی دستگاهی و حسی از طریق مدل‌های سینتیک انجام گرفت. در این پژوهش، پسته تازه پوشش‌دهی شده با ۱/۵درصد کیتوزان تحت شرایط بسته بندی مپ فعال، دارای بالاترین زمان ماندگاری پیش‌بینی شده (۸٦ روز) بود. همچنین، مدل‌های مختلف بدست آمده توانستند زمان نرم شدن تا پایان مدت زمان ماندگاری را در شرایط مختلف پوشش‌دهی و بسته‌بندی پسته تازه به خوبی پیش‌بینی کنند.

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 13:00 IRDT on Sunday June 20th 2021

۱- مقدمه

پسته (*Pistacia Vera* L.) متعلق به خانواده *Anacardiaceae*، گیاهی مقاوم به کم آبی و خشکی بوده که در مناطق گرم و خشک خاورمیانه، کشورهای حوزه دریای مدیترانه و آمریکا کشت شده [۱و۲] و طبق استانداردهای UNECE DDP-09 و DDP-10 به اروپا صادر می‌گردد، که انطباق با استانداردهای مربوطه یک مورد مهم برای تجارت این محصول به شمار می‌رود. با این وجود، می‌توان از کیفیت ارگانولپتیک و ویژگی‌های بافتی آن به منظور ارزیابی فرایندهای افت کیفیت در حین نگهداری و بازاریابی استفاده کرد.

پسته غالبا به صورت خشک، نگهداری شده و به فروش می‌رسد و عرضه این محصول به صورت تازه‌خوری تنها منحصر به بازارهای محلی و نزدیک می‌باشد. زمان ماندگاری پسته خشک بستگی به رطوبت و دمای نگهداری دارد. به این صورت که اگر این محصول در شرایط با رطوبت بالا و در بسته‌های قابل نفوذ به رطوبت قرارگیرد، رطوبت را به خود جذب کرده تا به تعادل برسد که به این ترتیب رشد قارچ‌ها در آن تسریع یافته و آفلاتوکسین در آن افزایش خواهد یافت [۳]. پوشش‌دهی و استفاده از بسته‌بندی‌های کنترل شده از جمله مهمترین روش‌های توسعه یافته‌ای است که اگر به صورت اصولی و مناسب انجام گیرد، می‌تواند مدت زمان ماندگاری محصولات غذایی را افزایش دهد.

مدت زمان ماندگاری، مدت زمانی است که در شرایط خاص با کاهش قابل قبول کیفیت مواد غذایی مطابقت دارد. به عبارت دیگر مدت زمانی است که طی آن کیفیت محصول در شرایط مختلف نگهداری و پس از تولید و بسته‌بندی، مطلوب باقی می‌ماند. این مدت زمان به چندین عامل ذاتی و محیطی بستگی دارد. ماهیت ماده غذایی، فعالیت آبی آن، نوع فرآیند نگهداری، شرایط ذخیره‌سازی، نوع بسته‌بندی و جنس مواد آن از عمده‌ترین عوامل موثر در مدت زمان ماندگاری هستند [٤]. یکی از مناسب‌ترین روش‌ها جهت افزایش مدت زمان ماندگاری میوه‌ها که سبب ممانعت از گسترش آسیب بافت در میوه می‌شود، استفاده از پلیمرهای طبیعی به عنوان پوشش‌های خوراکی می‌باشد. از رایج‌ترین این پوشش‌ها که امروزه به فراوانی مورد استفاده قرار می‌گیرد، کیتوزان است [۵]. استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده نیز یک روش فراگیر و کارامد دیگر جهت کنترل تغییرات ناخواسته در ماده غذایی و افزایش مدت زمان ماندگاری است [٦]. افزایش زمان ماندگاری با استفاده از این روش که ناشی از کاهش شدت تنفسی میوه به دلیل کاهش اکسیژن و افزایش دی اکسید کربن در بسته می‌باشد، باعث تأخیر در فرایندهای رسیدن، پیری و آسیب‌های بافتی شده و از کاهش رنگ، تخریب سلولی و رشد میکروبی نیز ممانعت به عمل می‌آورد. در اثر فرایند تنفس، مواد ذخیره‌ای درون بافت میوه‌های تازه‌ی انبارشده مورد سوخت و ساز قرار می‌گیرند تا بتوانند انرژی مورد نیاز را تأمین کنند. بعلاوه، به سبب فعالیت برخی آنزیم‌های تجزیه کننده، سفتی بافت کاهش می‌یابد و نرم شدن بافت میوه را در پی دارد [۷و۸].

ارزیابی مدت زمان ماندگاری محصولات غذایی مستلزم بررسی تغییرات برخی ویژگی‌های کیفی شاخص آن‌ها طی دوره انباری می‌باشد. معمولا کیفیت محصولات غذایی طی انبارداری کاهش می‌یابد که سرعت این کاهش کیفیت به نوع محصول غذایی بستگی دارد [۷]. از روش‌های گوناگونی مانند آزمون ماندگاری تسریع یافته[1]، ارزیابی حسی، روش‌های دستگاهی، روش‌های شیمیایی، خواص فیزیکی و آزمون‌های میکروبی جهت تعیین مدت زمان ماندگاری محصولات غذایی استفاده می‌شود [۲]. پژوهشگران زیادی به بررسی و مدل‌سازی مدت زمان ماندگاری محصولات مختلف غذایی از جمله آب پرتقال، و خیار پرداخته اند [۵و۹و۱۰]. ارزیابی حسی با استفاده از تکنیک مقیاس هدونیک، که روشی استاندارد به منظور بررسی خصوصیات کیفی مواد غذایی می‌باشد، با تعیین یک نقطه انقطاع و از طریق پردازش داده‌های پذیرش محصول تصمیم‌گیری می‌کند. هنگامی که ارزیابان قضاوت کنند که محصول غذایی از نظر کیفیت از نقطه انقطاع عبور کرده است، در این حالت محصول غذایی به پایان زمان ماندگاری خود رسیده است. بنابراین می‌توان پایان ماندگاری را زمانی اعلام کرد که یک صفت حسی، غیرقابل قبول باشد [۱۱]. به عنوان مثال، پایان زمان ماندگاری می‌تواند زمانی باشد که میانگین امتیاز پذیرش کلی در مقیاس هدونیک ۹ نقطه‌ای به ۵ برسد (نه دوست دارد و نه دوست ندارد) [۱۲]، یا امتیاز ٦/۵ (بین دوست داشتن کم و معمولی) در مقیاس هدونیک ۹ نقطه ای [۱۳]، یا هر مقدار دیگری که محققان تعیین کرده‌اند، در نظر گرفته شود. محدودیت زمان ماندگاری تعیین شده از این طریق، همیشه منعکس کننده رفتار مصرف کننده در

1. Accelerated Shelf life Testing

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 13:00 IRDT on Sunday June 20th 2021

تصمیم‌گیری در مورد پذیرش یا رد کالای مصرفی نیست و ممکن است اطلاعات کمی در مورد آنچه که مصرف کنندگان معمولاً در مواجهه با محصول انجام می‌دهند، بدهد [۱٤]. به عنوان مثال، گیمنیز و همکاران دریافتند که هنگام ارزیابی نان‌ها، مصرف کنندگان اسپانیایی قبل از رد نمونه‌ها نسبت به مصرف کنندگان اروگوئه‌ای نمره کمتری می‌دهند و معیار شکست ٦ در مقیاس هدونیک ۹ نقطه‌ای باعث خاتمه زمان ماندگاری می‌شود که برای محصولی مانند نان بسیار محافظه‌کارانه خواهد بود [۱۵]. بنابراین امتیاز هدونیک انتخاب شده به عنوان نقطه خاتمه ماندگاری، احتمالا وابسته به نوع محصول خواهد بود، زیرا برخی از انواع محصولات هرگز حتی در صورت تازه بودن نمره بالایی نخواهند داشت. به عنوان مثال در پژوهشی این نتیجه حاصل شد که اگرچه پذیرش نمونه‌های ماست طی زمان انبارداری کاهش یافت، اما مقبولیت محصول همواره پایین باقی ماند [۱٦]. باید بخاطر داشت که ماندگاری تابعی از تعامل بین غذا و مصرف کننده است و این است که تعیین می‌کند یک ماده غذایی قابل قبول باشد یا نه [۱۷]. از سوی دیگر، بررسی تغییرات سینتیکی سفتی بافت که به صورت یک روش دستگاهی نیز مطرح است، می‌تواند نشانگر مناسبی از وقوع واکنش‌های شیمیایی، میکروبی و آنزیمی درون میوه و معیاری از مدت زمان ماندگاری محصول باشد.

از آنجا که تاکنون پژوهشی در زمینه تخمین زمان ماندگاری پسته تازه انجام نشده است، بنابراین هدف از انجام این پژوهش، بررسی و تخمین زمان ماندگاری پسته تازه تحت تأثیر پوشش‌دهی با کیتوزان خوراکی و بسته‌بندی در شرایط اتمسفر اصلاح شده، با استفاده از روش ارزیابی حسی و سینتیک کاهش سفتی بافت می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها

میوه‌های پسته (*Pistacia vera* L.) رقم بادامی در شهریور ۱۳۹۷ از یک باغ پسته در شهرستان فیض‌آباد در استان خراسان رضوی برداشت شدند. میوه‌ها طی ۳ ساعت تحت دمای ۵°C به آزمایشگاه بسته‌بندی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد منتقل شدند. پسته‌های تازه‌ی دارای یکنواختی در اندازه، شکل و رنگ انتخاب شده و میوه‌های با هرگونه علائم آسیب مکانیکی، آفتاب سوختگی، ترک، آلودگی قارچی و همچنین میوه‌های بدون مغز کنار گذاشته شدند.

۲-۲- تهیه پوشش خوراکی برمبنای کیتوزان

اسید استیک، کیتوزان با وزن مولکولی بالا و توین۸۰ از شرکت سیگما خریداری شدند. روش تهیه محلول‌های پوشش‌دهی به روش Ali و همکاران (۲۰۱۱) انجام گردید [۱۸]. به طور خلاصه، محلول‌های کیتوزان در غلظت‌های ۱ و ۱/۵ درصد وزنی با انحلال ۱ یا ۱/۵ گرم کیتوزان در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حاوی ۰/۵ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال تهیه شدند. محلول‌ها به مدت ۲٤ ساعت دائماً تحت حرارت دهی هم‌زده شدند. pH محلول‌ها با استفاده از سود ۱ نرمال روی ۵/٦ تنظیم گردید و همچنین ۰/۱ میلی لیتر توین۸۰ به عنوان امولسیفایر و جهت بهبود توانایی حفظ رطوبت اضافه شد. همچنین، یک محلول اسیدی (pH 5.6) حاوی توین۸۰ بدون کیتوزان، به عنوان شاهد مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۳- تیمار میوه‌های پسته تازه

ابتدا میوه‌ها به دو گروه پوشش داده شده (۱ و ۱/۵ درصد کیتوزان) و بدون پوشش تقسیم شدند. سپس میوه‌ها به مدت ۱ دقیقه در محلولهای با غلظت‌های متفاوت کیتوزان (صفر، ۱ و ۱/۵ درصد) غوطه‌ور گردیدند. محلول اضافی جداسازی شده و سپس میوه‌ها در مجاورت هوا خشک شدند. در ادامه، پسته‌های تازه‌ی پوشش‌دهی شده و بدون پوشش به سه گروه تقسیم گردیدند (شرایط اتمسفری (AAC[1])، مپ غیرفعال[2] (P-MAP)، و مپ فعال[3] (A-AMP)). مپ غیرفعال: شامل ترکیب هوای محیط (O_2: ٪۲۱، CO_2٪<0.1 و N_2: ٪۷۸) و مپ فعال: (O_2: ٪۱۰ و N_2: ٪۹۰). نمونه‌های هر تیمار هر یک به وزن ۲۰۰ گرم، در کیسه‌هایی از جنس پلی‌اتیلن کم‌چگالی خطی (LLDPE) بسته‌بندی شده (ضخامت: ۱۲۰ میکرومتر، مساحت: ۰/۰۹۸ مترمربع، PO_2: 3314 ml µm m^{-2} h^{-1} atm^{-1} و (PCO_2: 9024 ml µm m^{-2} h^{-1} atm^{-1}) دوخت حرارتی شدند. برای انجام بسته‌بندی MAP از دستگاه MAP Henkelman (شرکت گوستاو مولر، هومبورگ، آلمان) استفاده گردید و ترکیبات اولیه گازی برای هر نمونه جهت تولید مپ‌های فعال و غیرفعال اعمال شد. همچنین، نمونه‌های تحت شرایط اتمسفری، در یخچال و بدون

1. Ambient Atmospheric Condition
2. Passive MAP
3. Active MAP

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 13:00 IRDT on Sunday June 20th 2021

بسته‌بندی نگهداری شدند. تمامی نمونه‌ها در دمای ۵°C و رطوبت نسبی (۹۰-۸۵ درصد) انبارداری شده و در فواصل ۱۵ روزه در مدت ٤٥ روز، تحت انجام آزمون‌ها قرار گرفتند. در هر زمان معین، سه نمونه از هر تیمار از انبار خارج شده و برای اندازه‌گیری استفاده گردید.

۲-٤- اندازه‌گیری سفتی بافت

سفتی مغز پسته تازه با استفاده از دستگاه آنالیز بافت (Texture Analyzer، TA-XT2، UK) واقع در موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی اندازه‌گیری گردید. سرعت نفوذ در مغز پسته ۵ میلی متر در دقیقه بود که توسط یک پروب با قطر ۲ میلی متر اعمال شد. حداکثر نیروی مورد نیاز (F_{max}) برای نفوذ به قسمت مرکزی مغز پسته (۵ میلی متر) به عنوان شاخص سفتی بافت استفاده گردید. میانگین سفتی ۹ مغز در هر تیمار به صورت کیلوگرم نیرو (kgf) بیان شد.

۲-۵-ارزیابی حسی

طی دو جلسه آموزشی ۳ ساعته، تعداد ۱۰ نفر شامل ۵ خانم و ۵ آقا در رده سنی ۳٦-۲۵ سال، خصوصیات حسی سفتی بافت و پذیرش کلی را با مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای (بد:۱، ضعیف:۲، متوسط:۳، خوب:٤، و بسیارخوب:۵) برای نمونه‌های پسته تازه مورد بررسی قرار دادند. سپس نمونه‌ها با شماره‌های سه رقمی به صورت تصادفی کدگذاری شده و در اختیار داوران قرار گرفتند. ارزیابی صفت سفتی و پذیرش کلی در دمای اتاق انجام گردید و از ارزیاب‌ها خواسته شد که جهت حذف اثر هر نمونه بر نمونه دیگر، بین ارزیابی هر دو نمونه دهان خود را با آب ولرم شستشو دهند. فرض بر این بود که رد صفت حسی زمانی رخ می‌دهد که امتیاز کمتر از ۳/۵ باشد.

۲-٦-تعیین زمان ماندگاری

جهت تعیین زمان ماندگاری به روش ارزیابی حسی، اطلاعات در مورد نقطه انقطاع کیفیت محصول مورد نیاز است [۱۹]. در این مطالعه، امتیاز سفتی بافت و پذیرش کلی برابر با ۳/۵، به عنوان نقطه انقطاع کیفیت انتخاب شد و پیشگویی زمان ماندگاری پسته تازه به روش Mizrahi (۲۰۱۱) انجام گردید [۲۰]. پس از تعیین زمان ماندگاری به این روش، جهت برآورد بهترین مدل برای پیشگویی زمان ماندگاری، داده‌های بدست آمده با رگرسیون خطی درجه اول، درجه دوم، و نمایی برازش داده شدند و مقادیر ضریب تبیین برای گزینش بهترین مدل جهت پیشگویی تعیین گردیدند. همچنین، با توجه به این که سفتی بافت پسته در طی انبارداری، یکی از مهمترین پارامترهای کیفی این محصول می‌باشد؛ بنابراین تعیین زمان ماندگاری بر مبنای سینتیک کاهش سفتی به روش Polydera و همکاران (۲۰۰۵) انجام شد [۱۰]. از سوی دیگر، میزان همبستگی نتایج پیشگویی زمان ماندگاری تعیین شده از روش سفتی و پذیرش کلی حسی نیز مورد بررسی قرارگرفت.

۲-۷-تحلیل آماری

بررسی تفاوت‌های آماری میان مقادیر میانگین، توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ($P<0.05$) با نرم‌افزار SPSS (IBM SPSS Statistics 19) انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱-تأثیر پوشش‌دهی کیتوزان و بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده بر سفتی بافت

بافت یک ویژگی مهم در کیفیت میوه‌ها می‌باشد و تغییرات متابولیکی و نوسانات موجود در آب را منعکس می‌کند و مستقیماً با افزایش زمان ماندگاری و ایجاد مقاومت بیشتر در برابر پوسیدگی و آسیب مکانیکی در ارتباط است. در این پژوهش، سفتی مغزهای پسته تازه حدود ۳/۹۰ kgf بود که این مقدار طی زمان انبارداری کاهش یافته و به طور قابل توجهی تحت تأثیر شرایط بسته‌بندی و پوشش کیتوزان قرار گرفت ($p<۰/۰۵$) (شکل ۱). مطابق شکل ۱، پوشش کیتوزان تأثیر معنی‌داری بر سفتی مغز داشت، به طوری که تمام نمونه‌های پوشش داده شده با کیتوزان، سفتی مغز بیشتری را نسبت به نمونه‌های بدون پوشش در پایان زمان انبارداری داشتند. در حقیقت، نمونه‌های پوشش داده شده با کیتوزان، سفتی مغز را به طور بهتری نسبت به نمونه‌های بدون پوشش که به تدریج سفتی خود را در طی دوره انبارداری از دست دادند، حفظ کردند. همچنین، اختلاف معنی‌داری میان نمونه‌های پوشش داده شده با کیتوزان ۱ درصد و ۱/۵ درصد وجود داشت، به طوری که مقادیر بالاتری از سفتی مغز در نمونه‌های پوشش داده شده با کیتوزان ۱/۵درصد حین انبارداری مشاهده گردید (شکل ۱). در واقع، کاهش تعرق و افزایش احتباس آب، باعث ایجاد سفتی در سلول‌های میوه پس از استفاده از پوشش کیتوزان می‌شود. همچنین، کاهش میزان تنفس میوه‌های پوشش داده شده با کیتوزان می‌تواند عامل دیگری برای تأخیر در فرآیند نرم شدن باشد [۲۱]. به طور مشابهی، اثر مفید

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 13:00 IRDT on Sunday June 20th 2021

پوشش‌دهی با کیتوزان بر سفتی، برای گوجه فرنگی [۲۲]، هلو ، گلابی ژاپنی ، کیوی [۲۳]، مرکبات [۲٤-۲٦]، توت فرنگی [۲۷]، سیب [۲۸]، آووکادو [۲۹و۳۰]، قارچ [۳۱]، پاپایا [۱۸]، خیار [٥]، طالبی برش خورده [۳۲]، فلفل دلمه‌ای قرمز [۳۳]، و انگور [۳٤] گزارش شده است. با توجه به نتایج این مطالعه، MAP نیز تأثیر قابل توجهی بر سفتی میوه پسته داشت (شکل ۱). به طوری که نمونه‌های پسته بسته‌بندی شده تحت MAP، سفتی اولیه خود را بهتر از نمونه‌هایی که در شرایط اتمسفری انبار شده بودند، حفظ کردند. با این حال، نمونه‌های بدون پوشش بسته‌بندی شده تحت شرایط مپ فعال، کمترین میزان سفتی بافت را در پایان زمان انبارداری نشان دادند، که این امر ممکن است به دلیل تخمیر گسترده‌ای باشد که منجر به پوسیدگی و نرم شدن بافت می‌گردد. بسیاری از مطالعات، اثر بازدارندگی MAP را بر فعالیت آنزیم‌های مرتبط با تخریب دیواره سلولی گزارش کرده‌اند [۳٥و۳٦].

لازم به ذکر است که افت سفتی کمتر در تیمارهای تحت مپ فعال، نسبت به تیمارهای تحت مپ غیرفعال می‌تواند به دلیل میزان تنفس پایین‌تر باشد. به طور مشابهی، تأثیر شرایط MAP برای کاهش افت سفتی در بسیاری از میوه‌ها مانند پسته تازه [۳۷]، گردوی تازه [۳۸]، فندق تازه [۳۹]، توت فرنگی [٤۰]، انگور [٤۱]، خیار [٤۲]، و پاپایا [٤۳] گزارش شده است.

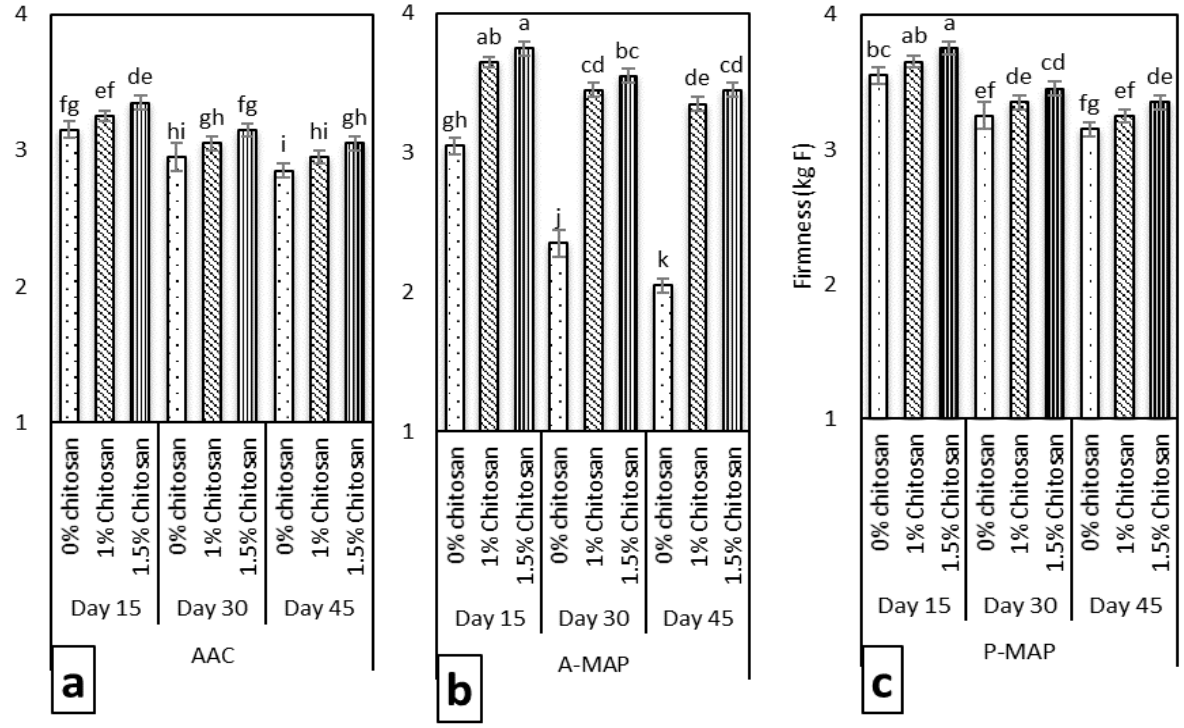

Fig 1 Effect of chitosan coating and packaging type on the firmness of *Badami*'s fresh pistachio samples during storage (a: Ambient atmospheric condition; b: Active-MAP (A-MAP); c: Passive MAP (P-MAP)) ($p<0.05$)

در مطالعه حاضر، حداقل افت در سفتی بافت تا روز ٤٥ انبارداری، در تیمار پوشش‌دهی شده با ۱/٥ درصد کیتوزان تحت شرایط بسته‌بندی مپ فعال مشاهده گردید، که این موضوع احتمالاً به دلیل اثر هم‌افزایی MAP و پوشش‌دهی کیتوزان بوده است. برای مقایسه، تیمار بدون پوشش تحت شرایط اتمسفری، به نیرویی برابر با kgf ۲/۸٥ برای نفوذ نیاز داشت، درحالی‌که تیمار با پوشش ۱/٥ درصد کیتوزان در شرایط مپ فعال به kgf ۳/٤٥ نیرو در روز ٤٥ انبارداری نیاز داشت. از این رو، پوشش‌دهی با کیتوزان همراه با MAP به حفظ سفتی بافت پسته تازه کمک به سزایی کرد. همچنین، تلفیق تکنیک‌های پوشش‌دهی و MAP، به منظور حفظ سفتی بافت قارچ دکمه‌ای [٤٤]، بادمجان [٤٥]، هویج [٤٦]، و گلابی [٤۷] گزارش شده است.

۳-۲- تأثیر پوشش‌دهی کیتوزان و بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده بر ارزیابی حسی بافت و پذیرش کلی

بافت یکی از مهم‌ترین ویژگی‌ها در محصولات غذایی است که بر پذیرش مصرف کننده اثر دارد. آزمون حسی به طور معمول جهت بررسی اثر تیمارهای مختلف بر پذیرش مصرف کننده

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 13:00 IRDT on Sunday June 20th 2021

مورد استفاده قرار می‌گیرد [٤٨]. تأثیر پوشش‌دهی کیتوزان و نوع بسته‌بندی بر امتیازدهی پارامتر سفتی نمونه‌های پسته تازه توسط داوران آموزش دیده، در شکل ۲ نشان داده شده است.

مطابق نتایج، امتیاز سفتی محصول طی زمان به طور معنی‌داری کاهش یافته است. گذشت زمان طی ٤٥ روز انبارداری، سبب کاهش امتیاز بافت از نظر مصرف کنندگان گردید، به نحوی که در اواخر دوره انبارداری محصول، این امتیاز به کمترین میزان رسید. همچنین، نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش غلظت پلی‌ساکارید کیتوزان در پوشش‌دهی نمونه‌های پسته، تأثیر معنی‌داری بر امتیاز بافت داشت، به طوری که کمترین امتیاز مربوط به نمونه‌های فاقد پوشش بود. استفاده از بسته‌بندی MAP نیز تاثیر معنی‌داری بر امتیاز سفتی داشت و همانطور که مشاهده می‌شود، نمونه‌های پوشش داده شده‌ای که در شرایط MAP بسته‌بندی شده‌اند، بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۲).

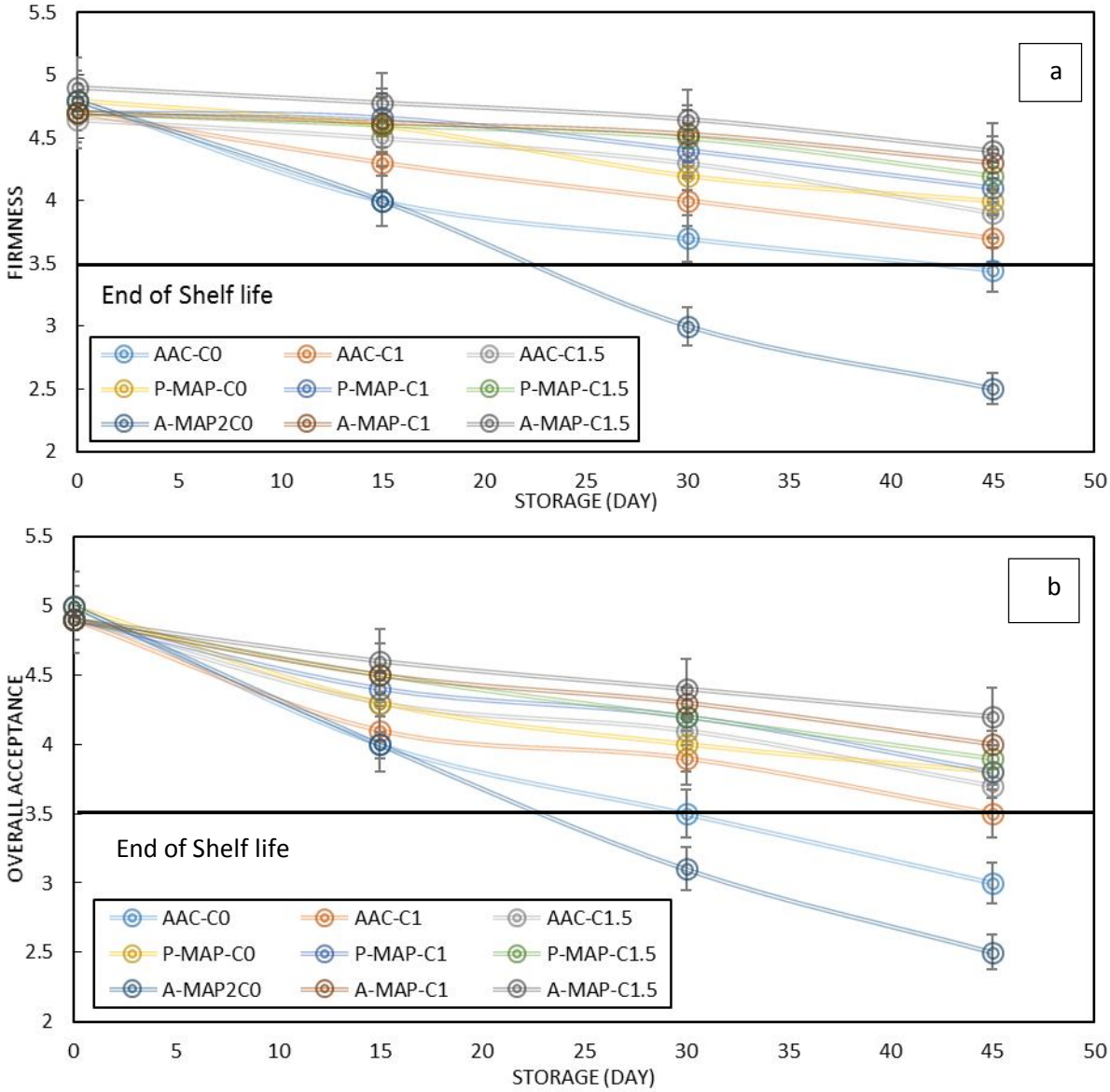

Fig 2 Effect of chitosan coating and packaging type on sensorial properties (a: firmness; and b: overall acceptance) of *Badami*'s fresh pistachio samples during storage; AAC: Ambient atmospheric condition; A-MAP: Active-MAP; P-MAP: Passive MAP; C0, C1, and C1.5: 0%, 1%, and 1.5% chitosan, respectively.

بالاتر بودن امتیاز حسی سفتی بافت در نمونه‌های پوشش‌دهی شده با کیتوزان طی مدت زمان انبارداری نسبت به نمونه‌های پوشش داده نشده می‌تواند به دلیل کاهش تنفس سلولی میوه در اثر ایجاد حالت اتمسفر اصلاح شده در محصول پوشش-دهی شده باشد [٤٨]. فعالیت‌های متابولیکی در بافت زنده میوه شامل واکنش‌های آنزیمی مرتبط با سوخت و ساز و پیری بوده

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 13:00 IRDT on Sunday June 20th 2021

که هرچه تسریع یابند، سرعت پیری و فساد میوه افزایش می‌یابد [٤۹]. موفقیت یک بسته‌بندی تحت شرایط اتمسفر اصلاح شده، در انتخاب ترکیب صحیح گازی و استفاده از مواد پوشش‌دهنده مناسب بوده، به طوری که سبب افزایش عمر ماندگاری محصول پس از برداشت گردد [۵۰]. غلظت اکسیژن پایین یا کربن دی اکسید بالا ممکن است سبب ایجاد تنفس بی‌هوازی گردد که زمان ماندگاری محصول را کاهش می‌دهد [۵۱]. با توجه به بالاتر بودن سرعت تنفس در تیمار فاقد پوشش نسبت به تیمارهای دارای پوشش در شرایط بسته‌بندی مپ فعال (که حاوی سطح اکسیژن پایین‌تری بود)، تیمار مورد نظر طی روزهای انبارداری بیشتر از ۲۰ روز، وارد تنفس بیهوازی شده و این موضوع سبب شد که امتیاز حسی پایین‌تری چه از نظر بافت و چه از نظر پذیرش کلی از داوران کسب نماید (شکل ۲).

همچنین، نتایج آزمون ارزیابی حسی در مورد پذیرش کلی نمونه‌های پسته تحت شرایط مختلف پوشش‌دهی کیتوزان و بسته‌بندی طی مدت زمان انبارداری در شکل ۲ مشاهده می‌شود. با توجه به اهمیت سفتی بافت بر انتخاب و پذیرش مصرف کننده، قابل پیش‌بینی بود که نمونه‌های با امتیاز حسی بافت بالاتر، از پذیرش کلی بالاتری نیز برخوردار باشند. همانطور که در شکل ۲ ملاحظه می‌گردد، تیمارهای پوشش‌دهی شده با پلی‌ساکارید کیتوزان نسبت به تیمارهای بدون پوشش و همچنین نمونه‌های با غلظت بالاتر کیتوزان نسبت به نمونه‌های با غلظت کیتوزان پایین‌تر، دارای پذیرش کلی بالاتری بودند. همچنین نمونه‌های پسته تازه بسته‌بندی شده در شرایط اتمسفر اصلاح شده غالبا از نظر پذیرش کلی مطلوب‌تر بودند.

۳-۳-تعیین ثابت سرعت افت سفتی

نرم شدن و کاهش سفتی پسته تازه را می‌توان به عنوان به عنوان پارامتری اساسی برای بیان کیفیت و زمان ماندگاری این محصول در نظر گرفت. طی مدت زمان نگهداری پسته تازه، میزان سفتی محصول با سرعتی که بستگی به عوامل مختلفی مانند شرایط بسته‌بندی دارد، به تدریج کاهش می‌یابد [۱۰].

با توجه به این که تغییرات کاهشی سفتی بافت پسته تازه در دمای ۵ °C از سینتیک درجه اول (معادله ۱) پیروی می‌کند، با رسم نمودار لگاریتم طبیعی سفتی پسته تازه در مقابل زمان نگهداری، ثابت سرعت کاهش سفتی بدست آمد:

$$\ln C = \ln C_0 - kt \quad (۱)$$

در این معادله، C میزان سفتی بافت پسته تازه در زمان t، C_0 میزان سفتی بافت پسته تازه در زمان صفر، k سرعت کاهش سفتی بافت، و t زمان نگهداری پسته تازه است.

Table 1 The reduction rate of instrumental and sensorial firmness, k (day^{-1}) of *Badami*'s fresh pistachios coated with chitosan under different packaging type during storage (AAC: Ambient atmospheric condition; A-MAP: Active-MAP; P-MAP: Passive MAP)

Packaging type	Chitosan concentration (%)	Firmness (kg_f)				Firmness (sensory evaluation)			
		k	R^2	Adj-R^2	RMSE	K	R^2	Adj-R^2	RMSE
AAC	0	0.0044	0.96	0.94	0.064	0.0071	0.94	0.91	0.174
	1	0.0040	0.97	0.95	0.052	0.0053	0.99	0.99	0.022
	1.5	0.0035	0.98	0.97	0.035	0.0038	0.93	0.90	0.100
P-MAP	0	0.0024	0.93	0.90	0.071	0.0043	0.98	0.96	0.064
	1	0.0019	0.93	0.90	0.173	0.0031	0.91	0.89	0.170
	1.5	0.0013	0.97	0.92	0.105	0.0024	0.90	0.80	0.116
A-MAP	0	0.0120	0.97	0.96	0.041	0.0148	0.99	0.98	0.118
	1	0.0011	0.90	0.89	0.140	0.0029	0.92	0.90	0.119
	1.5	0.0009	0.93	0.90	0.182	0.0023	0.95	0.90	0.135

همانطور که پیش‌تر اشاره شد، نیروی لازم جهت نفوذ پروب به بافت پسته تازه طی زمان نگهداری کاهش یافت. بر طبق جدول ۱، نتایج برازش داده‌ها با مدل خطی حاصل از معادله ۱ نشان داد که پوشش‌دهی موجب کاهش مقدار k می‌گردد. همچنین یافته‌ها نشان دادند که شیب کاهش سفتی بافت در نمونه‌های بسته‌بندی شده تحت شرایط اتمسفر اصلاح شده نسبت به شرایط اتمسفر معمولی کمتر است. همچنین با پوشش‌دهی کیتوزان و همچنین افزایش غلظت آن، ضریب k کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده کم شدن سرعت کاهش سفتی بافت می‌باشد. ضرایب تبیین بالا (R^2>0.80) در تمام تیمارها

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 13:00 IRDT on Sunday June 20th 2021

بیانگر تطابق خوب داده‌های آزمایشگاهی با مدل خطی می‌باشد. نمونه بدون پوشش تحت شرایط بسته‌بندی مپ فعال نیز دارای بالاترین مقدار k بود، که باتوجه به مطالبی که پیش‌تر ذکر شد، به دلیل ورود این تیمار به شرایط تنفس بی‌هوازی، نرم شدن بافت و از دست رفتن مطلوبیت از نظر مصرف کنندگان می‌باشد.

۳-٤- همبستگی بین نتایج سفتی بافت و پذیرش کلی

همبستگی بین نتایج سفتی بافت حسی با دو صفت سفتی بافت دستگاهی و پذیرش کلی در شکل ۳ نشان داده شده است. آنالیز پیرسون نشان داد که همبستگی معنی‌داری میان نتایج به دست آمده وجود دارد. نتایج آزمون همبستگی پیرسون همبستگی مثبت با ضریب تبیین بالایی را میان سفتی بافت اندازه‌گیری شده با دستگاه بافت سنج و امتیاز حسی کسب شده مربوط به سفتی بافت نشان داد.

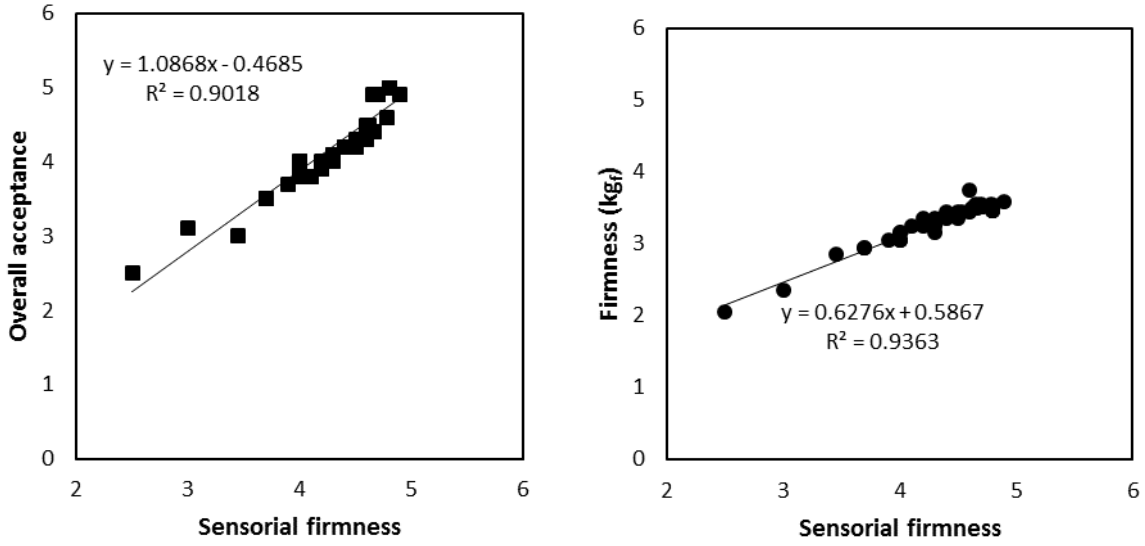

Fig 3 Correlation between the results of instrumental stiffness, sensorial stiffness, and overall acceptance of *Badami*'s fresh pistachios

۳-۵- تخمین مدت زمان ماندگاری به روش ارزیابی حسی

برون‌یابی از مدل‌های پیش‌بینی در شرایطی که این مدل آزمایش نشده است، یک روش موثر برای صرفه‌جویی در وقت و هزینه در صنعت مواد غذایی می‌باشد [۵۲]. نتایج مربوط به رگرسیون‌های خطی درجه اول، درجه دوم، و نمایی و تخمین زمان ماندگاری پسته تازه در غلظت‌های متفاوت پوشش‌دهی با کیتوزان (صفر، ۱ و ۱/۵ درصد) و شرایط مختلف بسته‌بندی (اتمسفری، مپ غیرفعال و مپ فعال) در جدول ۲ آمده است. نتایج جدول ۲ بیان می‌کند که مدل خطی درجه دوم با بیشترین مقادیر ضریب تبیین، بهترین مدل جهت پیشگویی زمان ماندگاری پسته تازه بود. نتایج شکل ٤ نشان می‌دهد که بهره‌گیری از پوشش‌دهی با کیتوزان برای پسته تازه و همچنین استفاده از شرایط اتمسفر اصلاح شده در بسته‌بندی، سبب افزایش زمان ماندگاری پسته تازه می‌گردد. بالاترین زمان ماندگاری مربوط به تیمار پسته تازه دارای پوشش ۱/۵ درصد کیتوزان بسته بندی شده تحت شرایط مپ فعال بود که بر مبنای داده های بافت و پذیرش کلی به ترتیب ۸٦ و ۸۲ روز بود. نتایج پژوهش پورشریف و همکاران روی پرتقال تامسون ناول پوشش داده شده با کیتوزان-آلوئه ورا در شرایط بسته‌بندی MAP نشان داد که بیشترین زمان ماندگاری مربوط به نمونه‌های پوشش‌دهی شده می‌باشد [۵۳]. گلی و همکاران نیز گزارش کردند که پوشش‌دهی با صمغ می‌تواند ماندگاری و حفظ کیفیت انگور را طی انبارداری سرد به طور معنی‌داری افزایش دهد [٥٤]. صداقت (۲۰۰٤) نیز ماندگاری پسته خام خشک را با استفاده از پذیرش کلی ارزیابان حسی در دمای ٥°C و غلظت گاز اکسیژن کمتر از ۲ درصد، ۲۸٤ روز گزارش کرد [۹].

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 13:00 IRDT on Sunday June 20th 2021

Table 2 First- and second-order reaction kinetic parameters and correlation coefficient for sensory attributes in *Badami*'s fresh pistachio samples stored at different conditions (AAC: Ambient atmospheric condition; A-MAP: Active-MAP; P-MAP: Passive MAP)

	Packaging type	Chitosan conc. (%)	Overall acceptance Model	R^2	Firmness Model	R^2
$Y=y_0+aX$	AAC	0	$y = -0.0433x + 4.85$	0.96	$y = -0.0290x + 4.64$	0.92
		1	$y = -0.0293x + 4.76$	0.93	$y = -0.0220x + 4.67$	0.99
		1.5	$y = -0.0253x + 4.82$	0.96	$y = -0.0193x + 4.70$	0.94
	P-MAP	0	$y = -0.0260x + 4.86$	0.92	$y = -0.0206x + 4.82$	0.98
		1	$y = -0.0233x + 4.85$	0.97	$y = -0.0173x + 4.77$	0.92
		1.5	$y = -0.0220x + 4.87$	0.99	$y = -0.0178x + 4.74$	0.91
	A-MAP	0	$y = -0.0560x + 4.91$	0.98	$y = -0.0527x + 4.76$	0.98
		1	$y = -0.0193x + 4.86$	0.98	$y = -0.0151x + 4.73$	0.93
		1.5	$y = -0.0167x + 4.87$	0.99	$y = -0.0165x + 4.92$	0.96
$Y=v_0+b^2X+aX$	AAC	0	$y = 0.0006x^2 - 0.0683x + 4.97$	0.99	$y = 0.0006x^2 - 0.0565x + 4.77$	0.99
		1	$y = 0.0004x^2 - 0.0493x + 4.86$	0.97	$y = 0.0001x^2 - 0.027x + 4.69$	0.99
		1.5	$y = 0.0002x^2 - 0.0353x + 4.87$	0.98	$y = -0.0003x^2 - 0.0038x + 4.64$	0.99
	P-MAP	0	$y = 0.0006x^2 - 0.051x + 4.98$	0.99	$y = -1E-17x^2 - 0.0187x + 4.82$	0.98
		1	$y = 0.0001x^2 - 0.0283x + 4.87$	0.98	$y = -0.0003x^2 - 0.0007x + 4.70$	0.99
		1.5	$y = 0.0001x^2 - 0.027x + 4.89$	0.99	$y = -0.0002x^2 - 0.0007x + 4.69$	0.98
	A-MAP	0	$y = 0.0004x^2 - 0.076x + 5.01$	0.99	$y = 0.0003x^2 - 0.0677x + 4.83$	0.99
		1	$y = 0.0001x^2 - 0.0243x + 4.88$	0.99	$y = -0.0002x^2 - 0.0011x + 4.69$	0.99
		1.5	$y = 0.0001x^2 - 0.0203x + 4.89$	0.99	$y = -0.0001x^2 - 0.0044x + 4.89$	0.99
$Y=a.e^{-bX}$	AAC	0	$y = 4.8875e^{-0.011x}$	0.98	$y = 4.6446e^{-0.007x}$	0.94
		1	$y = 4.7703e^{-0.007x}$	0.95	$y = 4.6819e^{-0.005x}$	0.99
		1.5	$y = 4.8324e^{-0.006x}$	0.97	$y = 4.7167e^{-0.004x}$	0.93
	P-MAP	0	$y = 4.8631e^{-0.006x}$	0.94	$y = 4.8293e^{-0.004x}$	0.98
		1	$y = 4.8628e^{-0.005x}$	0.98	$y = 4.782e^{-0.003x}$	0.91
		1.5	$y = 4.8813e^{-0.005x}$	0.99	$y = 4.7451e^{-0.002x}$	0.90
	A-MAP	0	$y = 5.0078e^{-0.016x}$	0.99	$y = 4.8508e^{-0.015x}$	0.99
		1	$y = 4.8681e^{-0.004x}$	0.99	$y = 4.7341e^{-0.002x}$	0.92
		1.5	$y = 4.8746e^{-0.003x}$	0.99	$y = 4.9313e^{-0.002x}$	0.96

نتایج شکل ٤ همچنین نشان می‌دهد که کمترین زمان ماندگاری مربوط به نمونه بدون پوشش بسته‌بندی شده در شرایط مپ فعال بود که به ترتیب ۲۳ و ۲۵ روز بر مبنای استفاده از داده‌های ارزیابی حسی بافت و پذیرش کلی محاسبه گردید. همانطور که پیش‌تر اشاره شد، با توجه به سرعت تنفس بالای پسته تازه، این تیمار در این شرایط بسته‌بندی وارد تنفس بیهوازی گردیده و بافت محصول به دلیل واکنش‌های مربوطه نرم شد.

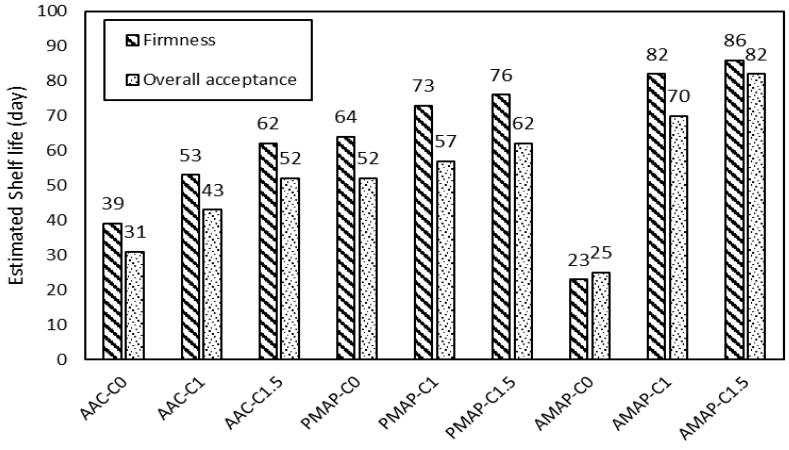

Fig 4 Estimated shelf life of *Badami*'s fresh pistachio samples for sensory attributes at different storage conditions (AAC: Ambient atmospheric condition; A-MAP: Active-MAP; P-MAP: Passive MAP; C0, C1, and C1.5: 0%, 1%, and 1.5% chitosan, respectively).

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 13:00 IRDT on Sunday June 20th 2021

ارتباط میان نتایج زمان ماندگاری محاسبه شده از طریق دو پارامتر ارزیابی حسی شامل سفتی بافت و پذیرش کلی در شکل ۵ نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، نتایج حاصل از آنالیز پیرسون دلالت بر همبستگی قوی و معنی‌دار ($r=0.9398$, $P<0.05$) داده‌های زمان ماندگاری از دو روش محاسبه شده دارد. پژوهش‌های زیادی برای تخمین زمان ماندگاری محصولات غذایی از روش ارزیابی حسی استفاده کرده‌اند [۵و۱٤و۵۳و۵۵و۵٦]. بنابراین از نتایج حاصل از این مطالعه این گونه برمی‌آید که روش‌های ارزیابی بافت دستگاهی و حسی و همچنین پذیرش کلی ارزیابان حسی می‌توانند به خوبی برای پیش‌بینی زمان ماندگاری پسته تازه بکار برده شوند.

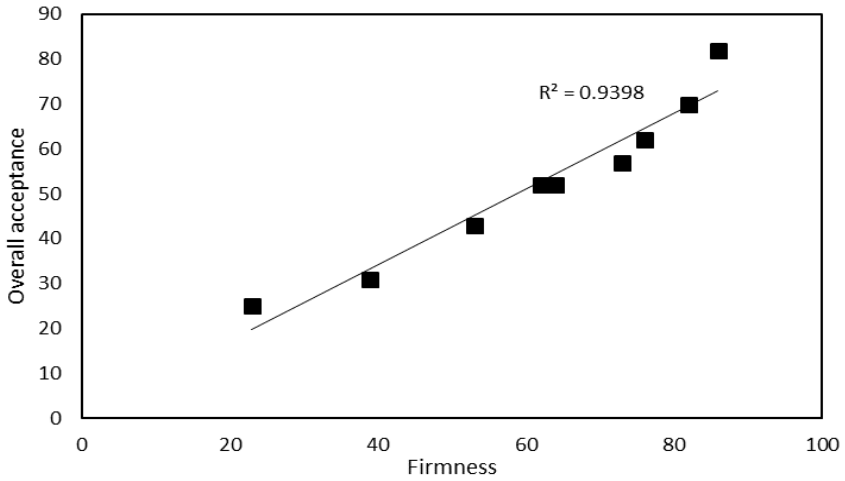

Fig 5 Correlation between estimated shelf life based on sensory overall acceptability and sensory firmness

٤- نتیجه‌گیری

در این مطالعه به بررسی تاثیر پوشش‌دهی با غلظت‌های متفاوت کیتوزان و همچنین نوع بسته‌بندی در سردخانه با تاکید بر کیفیت بافتی و حسی محصول پسته تازه رقم بادامی پرداخته شد. نتایج نشان داد که پوشش‌دهی با کیتوزان به طور قابل توجهی بر پارامترهای کیفی بافتی و حسی پسته تازه تاثیرگذار است، به گونه‌ای که بیشترین امتیاز بافت مربوط به تیمار با بالاترین غلظت پوشش‌دهی با کیتوزان بود وکمترین امتیاز نیز مربوط به تیمارهای فاقد پوشش بود. استفاده از بسته‌بندی مپ نیز تاثیر معنی‌داری بر امتیاز سفتی داشت، به طوری که نمونه‌های پوشش داده شده‌ای که تحت شرایط مپ بسته‌بندی شدند، بالاترین امتیاز را به خود اختصاص دادند. همچنین، افت سفتی بافت مدل‌سازی گردید و سینتیک درجه اول با سه پارامتر آماری (R^2، Adj-R^2 و RMSE) مدل برازش خوبی را اثبات کرد. نتایج آنالیز پیرسون نیز نشان داد که همبستگی مثبت با ضریب تبیین بالایی میان سفتی بافت حاصل از ارزیابی حسی با دو صفت سفتی بافت دستگاهی و پذیرش کلی وجود دارد. بالاترین زمان ماندگاری پیش‌بینی شده مربوط به تیمار پسته تازه دارای پوشش ۱/۵درصد کیتوزان بسته‌بندی شده تحت شرایط مپ فعال بود، که برمبنای داده‌های ارزیابی حسی بافت و پذیرش کلی به ترتیب ۸٦ و ۸۲ روز بود. در واقع مشخص شد که پوشش کیتوزان در بسته‌بندی مپ فعال به خوبی می‌تواند سفتی بافت پسته تازه را در انبارداری سرد حفظ کند.

۵- تقدیر و تشکر

مقاله حاضر مستخرج از رساله دکتری تخصصی می‌باشد، لذا نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد و موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی به دلیل حمایت‌های مادی و معنوی صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

٦- منابع

[1] Garcia, J. M., Agar, I. T., & Streif, J. (1992). Fat content and fatty acid composition in individual seeds of pistachio varieties grown in Turkey. *Gartenbauwissenschaft (Germany)*.

[2] Sedaghat, N., Mortazavi, A., Nasiri-Mahalati, M., Davarinejad, G.H. (2006). Prediction shelf life of pistachio nuts at various conditions. *Journal of Agricultural*

www.SID.ir

Archive of SID

Sciences and Natural Resources, 12(6), 127-135.

[3] Shaker Ardekani, A. (2007). Harvesting, processing, storage and packaging of pistachio. Iran Pistachio Research Institute. Printing. 158 pages.

[4] Correa, A. R., Quicazan, M., & Lodono, C. H. (2015). Modelling the shelf-life of apple products according to their water activity. *Chemical Engineering Transactions*, *43*, 199-204.

[5] Maleki, G., Sedaghat, N., Farhoodi, M., & Mohebbi, M. (2019). Effects of Chitosan Coating and Modified Atmosphere Packaging on Quality Attributes of the Cucumber (Royal Cultivar) and Modeling the Vegetable Shelf-Life. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, *14*(3), 51-62.

[6] Oliveira, A., Coelho, M., Alexandre, E. M., Gomes, M. H., Almeida, D. P., & Pintado, M. (2015). Effect of modified atmosphere on phytochemical profile of pasteurized peach purées. *LWT-Food Science and Technology*, *64*(2), 520-527.

[7] Edalatian, M.R., Sedaghat, N., Sharif, A. (2007).Effect of temperature, packaging and time Storage on instrumental hardness and sensory evaluation of Ohadi pistachio variety. *Iranian Journal of Food Science and Technology Research,* 3(1), 7-14.

[8] Khatib, H., Mirdehghan, S.H., Doraki, N. (2008). The Effect of UV-C Irradiation on the Quality and Shelf Life of Fresh Pistachio Nut Cultivars (Ohadi and Akbari). *Journal of Horticultural Science,* 25 (4), 443-452.

[9] Sedaghat, N. (2004). Modeling of storage and packaging conditions of raw dry pistachio nuts. Ph.D dissertation. Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Agriculture.

[10] Polydera, A. C., Stoforos, N. G., & Taoukis, P. S. (2005). Quality degradation kinetics of pasteurised and high pressure processed fresh Navel orange juice: Nutritional parameters and shelf life. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 6(1), 1-9.

[11] Palazón, M. A., Pérez-Conesa, D., Abellán, P., Ros, G., Romero, F., & Vidal, M. L. (2009). Determination of shelf-life of homogenized apple-based beikost storage at different temperatures using Weibull hazard model. LWT-Food Science and Technology, 42(1), 319-326.

[12] Montes Villanueva, N. D., & Trindade, M. A. (2010). Estimating sensory shelf life of chocolate and carrot cupcakes using acceptance tests. Journal of Sensory Studies, 25(2), 260-279.

[13] Muñoz, A.M., Civille, G.V. and Carr, B.T. (1992). Sensory Evaluation in Quality Control, Chap. 3, pp. 81–82, Van Nostrand Reinhold, New York, NY.

[14] Corrigan, V., Hedderley, D., & Harvey, W. (2012). Modeling the shelf life of fruit□filled snack bars using survival analysis and sensory profiling techniques. Journal of sensory studies, 27(6), 403-416.

[15] Giménez, A., Varela, P., Salvador, A., Ares, G., Fiszman, S., & Garitta, L. (2007). Shelf life estimation of brown pan bread: A consumer approach. Food Quality and Preference, 18(2), 196-204.

[16] Curia, A., Aguerrido, M., Langohr, K., & Hough, G. (2005). Survival analysis applied to sensory shelf life of yogurts–I: Argentine formulations. Journal of food science, 70(7), s442-s445.

[17] Hough, G., Langohr, K., Gómez, G., & Curia, A. (2003). Survival analysis applied to sensory shelf life of foods. Journal of Food Science, 68(1), 359-362.

[18] Ali, A., Muhammad, M. T. M., Sijam, K., & Siddiqui, Y. (2011). Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (Carica papaya L.) fruit during cold storage. Food chemistry, 124(2), 620-626.

[19] Corradini, M. G., & Peleg, M. (2007). Shelf-life estimation from accelerated storage data. Trends in Food Science & Technology, 1*8*(1), 37-47.

[20] Mizrahi, S. (2011). Accelerated shelf life testing of foods. In *Food and beverage stability and shelf life* (pp. 482-506). Woodhead Publishing.

[21] Mohammadi, A., Hashemi, M., & Hosseini, S. M. (2016). Integration between chitosan and Zataria multiflora or Cinnamomum zeylanicum essential oil for controlling Phytophthora drechsleri, the causal agent of cucumber fruit rot. *LWT-Food Science and Technology*, *65*, 349-356.

[22] El Ghaouth, A., Ponnampalam, R., Castaigne, F., & Arul, J. (1992b). Chitosan

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 13:00 IRDT on Sunday June 20th 2021

www.SID.ir

Archive of SID

coating under cold storage. *Food Chemistry*, *131*(3), 780-786.

[32] Martiñon, M. E., Moreira, R. G., Castell-Perez, M. E., & Gomes, C. (2014). Development of a multilayered antimicrobial edible coating for shelf-life extension of fresh-cut cantaloupe (Cucumis melo L.) stored at 4 C. *LWT-Food Science and Technology*, *56*(2), 341-350.

[33] Poverenov, E., Zaitsev, Y., Arnon, H., Granit, R., Alkalai-Tuvia, S., Perzelan, Y., ... & Fallik, E. (2014). Effects of a composite chitosan–gelatin edible coating on postharvest quality and storability of red bell peppers. *Postharvest biology and technology*, *96*, 106-109.

[34] Sánchez-González, L., Pastor, C., Vargas, M., Chiralt, A., González-Martínez, C., & Cháfer, M. (2011). Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. *Postharvest Biology and Technology*, *60*(1), 57-63.

[35] Nakhasi, S., Schlimme, D., & Solomos, T. (1991). Storage potential of tomatoes harvested at the breaker stage using modified atmosphere packaging. *Journal of Food Science*, *56*(1), 55-59.

[36] Santana, L. R. R. D., Benedetti, B. C., Sigrist, J. M. M., & Sato, H. H. (2011). Effects of modified atmosphere packaging on ripening of'Douradão'peach related to pectolytic enzymes activities and chilling injury symptoms. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *33*(4), 1084-1094.

[37] Sheikhi, A., Mirdehghan, S. H., & Ferguson, L. (2019). Extending storage potential of de□hulled fresh pistachios in passive□modified atmosphere. Journal of the Science of Food and Agriculture, 99(7), 3426-3433.

[38] Wang, J., Li, P., Gong, B., Li, S., & Ma, H. (2017). Phenol metabolism and preservation of fresh in hull walnut stored in modified atmosphere packaging. Journal of the Science of Food and Agriculture, 97(15), 5335-5342.

[39] Moscetti, R., Frangipane, M. T., Monarca, D., Cecchini, M., & Massantini, R. (2012). Maintaining the quality of unripe, fresh hazelnuts through storage under modified atmospheres. Postharvest biology and technology, 65, 33-38.

coating to extend the storage life of tomatoes. *Hortscience*, 27, 1016–1018.

[23] Du, J., Gemma, H., & Iwahori, S. (1997). Effects of chitosan coating on the storage of peach, Japanese pear, and kiwifruit. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, *66*(1), 15-22.

[24] Arnon, H., Zaitsev, Y., Porat, R., & Poverenov, E. (2014). Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *87*, 21-26.

[25] Cháfer, M., Sánchez□González, L., González-Martínez, C., & Chiralt, A. (2012). Fungal decay and shelf life of oranges coated with chitosan and bergamot, thyme, and tea tree essential oils. Journal of food science, 77(8), E182-E187.

[26] Chien, P. J., Sheu, F., & Lin, H. R. (2007). Coating citrus (Murcott tangor) fruit with low molecular weight chitosan increases postharvest quality and shelf life. Food Chemistry, 100, 1160–1164.

[27] Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D., & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (Fragaria× ananassa) quality during refrigerated storage. Food Chemistry, 110(2), 428-435.

[28] Qi, H., Hu, W., Jiang, A., Tian, M., & Li, Y. (2011). Extending shelf-life of fresh-cut 'Fuji'apples with chitosan-coatings. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 12(1), 62-66.

[29] Bill, M., Sivakumar, D., Korsten, L., & Thompson, A. K. (2014). The efficacy of combined application of edible coatings and thyme oil in inducing resistance components in avocado (Persea americana Mill.) against anthracnose during post-harvest storage. Crop Protection, 64, 159-167.

[30] Tesfay, S. Z., & Magwaza, L. S. (2017). Evaluating the efficacy of moringa leaf extract, chitosan and carboxymethyl cellulose as edible coatings for enhancing quality and extending postharvest life of avocado (Persea americana Mill.) fruit. *Food Packaging and Shelf Life*, *11*, 40-48.

[31] Jiang, T., Feng, L., & Li, J. (2012). Changes in microbial and postharvest quality of shiitake mushroom (Lentinus edodes) treated with chitosan–glucose complex

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 13:00 IRDT on Sunday June 20th 2021

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 13:00 IRDT on Sunday June 20th 2021

[40] García, J. M., Medina, R. J., & Olías, J. M. (1998). Quality of strawberries automatically packed in different plastic films. Journal of Food Science, 63(6), 1037-1041.

[41] Martínez Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D., & Serrano, M. (2003). Modified atmosphere packaging maintains quality of table grapes. Journal of Food Science, 68(5), 1838-1843.

[42] Manjunatha, M., & Anurag, R. K. (2014). Effect of modified atmosphere packaging and storage conditions on quality characteristics of cucumber. *Journal of food science and technology*, *51*(11), 3470-3475.

[43] Gonzalez-Aguilar, G. A., Buta, J. G., & Wang, C. Y. (2003). Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya 'Sunrise'. *Postharvest Biology and Technology*, *28*(3), 361-370.

[44] Jiang, T. (2013). Effect of alginate coating on physicochemical and sensory qualities of button mushrooms (Agaricus bisporus) under a high oxygen modified atmosphere. *Postharvest Biology and Technology*, *76*, 91-97.

[45] Ghidelli, C., Mateos, M., Rojas-Argudo, C., & Pérez-Gago, M. B. (2014). Extending the shelf life of fresh-cut eggplant with a soy protein–cysteine based edible coating and modified atmosphere packaging. *Postharvest biology and technology*, *95*, 81-87.

[46] Vargas, M., Chiralt, A., Albors, A., & González-Martínez, C. (2009). Effect of chitosan-based edible coatings applied by vacuum impregnation on quality preservation of fresh-cut carrot. *Postharvest Biology and Technology*, *51*(2), 263-271.

[47] Xiao, C., Zhu, L., Luo, W., Song, X., & Deng, Y. (2010). Combined action of pure oxygen pretreatment and chitosan coating incorporated with rosemary extracts on the quality of fresh-cut pears. *Food Chemistry*, *121*(4), 1003-1009.

[48] Hashemi-Sigari, M., Sedaghat, N., Shahidi, F., Hosseini, F. (2019). Investigation of the effect of modified atmospheric packaging and apricot gum on maintaining quality and increasing the shelf life of strawberries. *Packaging science and technology,* 10 (37), 36-47.

[49] Senesi, E., Prinzivalli, C., Sala, M., & Gennari, M. (2000). Physicochemical and microbiological changes in fresh-cut green bell peppers as affected by packaging and storage. *Italian journal of food science*, *12*(1), 55-64.

[50] Shahdadi sardo, A., Sedaghat, N., Taghizadeh, M., Milani, E. (2017). Effect of packaging type and chitosan edible coating on the physico-chemical and sensory characteristics of Royal Greenhouse cucumber during storage conditions. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 13(2), 363-378.

[51] Manolopoulou, H., Xanthopoulos, G., Douros, N., & Lambrinos, G. (2010). Modified atmosphere packaging storage of green bell peppers: Quality criteria. *Biosystems engineering*, *106*(4), 535-543.

[52] Wang, C., Zhou, S., Du, Q., Qin, W., Wu, D., Raheem, D., ... & Zhang, Q. (2019). Shelf life prediction and food safety risk assessment of an innovative whole soybean curd based on predictive models. *Journal of food science and technology*, *56*(9), 4233-4241.

[53] Poursharif, Z., Sedaghat, N., Shahidi, F. (2018). Shelf life Estimation of orange (Thompson's Novel) with edible coating (Chitosan -Aloe vera) and modified atmosphere packaging. *Journal of Food Science and Technology,* 15(82), 151-165.

[54] Golly, M. K., Ma, H., Sarpong, F., Dotse, B. P., Oteng-Darko, P., & Dong, Y. (2019). Shelf-life extension of grape (Pinot noir) by xanthan gum enriched with ascorbic and citric acid during cold temperature storage. *Journal of Food Science and Technology*, *56*(11), 4867-4878.

[55] Leizerson, S., & Shimoni, E. (2005). Stability and sensory shelf life of orange juice pasteurized by continuous ohmic heating. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *53*(10), 4012-4018.

[56] Zhi, N. N., Zong, K., Thakur, K., Qu, J., Shi, J. J., Yang, J. L., ... & Wei, Z. J. (2018). Development of a dynamic prediction model for shelf-life evaluation of yogurt by using physicochemical, microbiological and sensory parameters. *CyTA-Journal of Food*, *16*(1), 42-49.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 13:00 IRDT on Sunday June 20th 2021

Shelf life modeling of *Badami*'s fresh pistachios coated with chitosan under modified atmosphere packaging conditions

Rezaiyan Attar, F. [1], Sedaghat, N.[1*], Yeganehzad, S. [2], Pasban, A. [1], Hesarinejad, M. A.[2]

1. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Food Processing Department, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad, Iran

ARTICIE INFO

Article History:

Received 2021/ 01/ 10
Accepted 2021/ 03/ 06

Keywords:

Sensory evaluation,
Modified atmosphere packaging,
Fresh pistachios,
Texture,
Shelf life.

DOI: 10.29252/fsct.18.05.16

*Corresponding Author E-Mail: Sedaghat@um.ac.ir

ABSTRACT

Shelf life is the amount of time that corresponds to an acceptable reduction in food quality under certain conditions. This feature depends on various intrinsic and environmental factors such as the nature of the food, storage processes, coating and the type of packaging, and it affects the stability of the product. The ability to estimate shelf life is of considerable commercial value, but there is no reliable method for this purpose for fresh pistachios. The aim of this study was to create mathematical models to predict the shelf life of food, using *Badami'*s fresh pistachio samples coated with chitosan edible coating in different concentrations (0, 1, and 1.5%) under three atmospheres including ambient atmospheric condition, passive MAP, and active MAP. The shelf life study was performed at 5°C and a multivariate prediction of instrumental and sensorial firmness was performed through kinetic models. In this study, fresh pistachios coated with 1.5% chitosan under active MAP had the highest estimated shelf life (86 days). Also, obtained models were able to estimate the softening time to the end-point of shelf life in different conditions of coating and packaging of fresh pistachios.

www.SID.ir