نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۷ شماره ۳/ سال ۱۳۹۶/ صفحات ۹۱ تا ۱۰۲

افزایش پایداری اکسایشی مغز گردو با استفاده از پوشش خوراکی ایزوله پروتئین آب پنیر

مرسده حسینی سلوط[۱] و جعفر محمدزاده میلانی[۲*]

تاریخ دریافت: ۹۵/۵/۲٤ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/٤

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

[۲] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

[*] مسئول مکاتبه: Email: jmilany@yahoo.com

چکیده

قهوه‌ای شدن مغز گردو و اکسیداسیون چربی آن دو مشکل عمده در نگهداری گردو می باشد. هدف از این پژوهش کاربرد از پوشش‌های مناسب برای به تاخیر انداختن این واکنش‌ها است. برای این منظور از پوشش ایزوله پروتئین آب پنیر/گلیسرول در سه نسبت ۵۰:۵۰، ٤۰:٦۰ و ۳۰:۷۰ در دو حالت دناتوره شده و نشده (حرارت دیده و ندیده) برای پوشش دهی مغز گردو استفاده شد. تاثیر پوشش خوراکی ایزوله پروتئین آب پنیر/گلیسرول بر روند اکسایش روغن، اسیدیته و ارزیابی حسی روی مغز گردو طی چهار ماه نگهداری مورد مطالعه قرار گرفت. موثرترین بازدارندگی از افزایش اکسایش چربی از طریق پوشش‌های با غلظت بیشتر ایزوله پروتئین آب پنیر و دناتوره شده حاصل شد. از نظر اسیدیته، بافت، رنگ و درخشندگی بین مغزهای پوشش داده شده مختلف، تفاوت معنی داری مشاهده نشد. اما از نظر عطر و طعم نمونه‌های پوشش داده شده با ایزوله پروتئین آب پنیر/گلیسرول در نسبت ۳۰:۷۰ حالت دناتوره به طور معنی داری مقبولیت بیشتری نسبت به پوشش‌های ۵۰:۵۰ و ٤۰:٦۰ دناتوره نشده نشان داد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که پوشش ایزوله پروتئین آب پنیر/گلیسرول در نسبت ۳۰:۷۰ دناتوره عمر ماندگاری مغز گردو را بیشتر از سایر پوشش‌ها افزایش داد.

واژگان کلیدی: ایزوله پروتئین آب پنیر، پایداری اکسایشی، پوشش خوراکی، مغز گردو

مقدمه

آجیل یک اصطلاح عمومی برای گردو، بادام زمینی، بادام درختی و ... می باشد که سرشار از مواد مغذی مانند ویتامین‌ها هستند. یکی از ویژگی‌های برجسته آن‌ها مقدار زیاد چربی آن‌هاست (کنگ و همکاران ۲۰۱۳). گردو به طور متوسط ٥۹/٤٪ چربی دارد (سو و همکاران ۲۰۰۱) که حاوی مقدار زیادی اسید چرب غیر اشباع به خصوص لینولئیک اسید و لینولنیک اسید که اسیدهای چرب ضروری امگا-۳ هستند، می باشد (رز و ماتاکس ۲۰۰٦). بنابراین، آجیل به عنوان غذایی سالم بسیار محبوب است و برای تقویت قوای جسمانی، ضد پیری و بهبود بیماری استفاده می شود (فراری ۲۰۰٤). اگرچه آجیل برای سلامتی مفید است، اکسیداسیون چربی به دلیل اسیدهای چرب غیر اشباع فراوان آن‌ها در طول نگهداری به سرعت

اتفاق می‌افتد. به همین دلیل، بسته‌بندی آجیل با استفاده از گاز بی‌اثری مانند نیتروژن یا بسته‌بندی تحت خلا که در آن، گاز اکسیژن حذف می شود به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. با این حال، این روش‌ها قادر به جلوگیری از خرابی یا اکسیداسیون چربی پس از باز شدن بسته‌بندی نمی‌باشند (مکسیس و همکاران ۲۰۰۹). برای کم کردن سرعت فرایند اکسیداسیون چربی در آجیل، پوشش‌های خوراکی می توانند به جلوگیری از اکسیداسیون چربی با جلوگیری از نفوذ اکسیژن کمک کنند (دبیفورت و همکاران ۱۹۹۸).

به طور کلی پوشش خوراکی، لایه‌ای نازک است که به طور مستقیم با استفاده از روش‌هایی مانند برس زدن، غوطه‌وری و پاشیدن[1]بر روی سطح غذا قرار می گیرد. این پوشش‌ها از مواد خوراکی تشکیل شده‌اند. یکی از وظایف اصلی پوشش، حفظ کیفیت مواد غذایی با جلوگیری از مهاجرت یا اکسیداسیون ذرات (اجزای) غذا می باشد (هان و همکاران ۲۰۰۹). عواملی مانند نور، فعالیت آبی (aw)، ترکیب و محتوای چربی، دما، رطوبت نسبی (RH) و غلظت اکسیژن محیط یا بسته‌بندی نقش مهمی را در اکسیداسیون چربی بازی می کنند و در این میان، غلظت اکسیژن یکی از مهمترین عامل‌هاست.

ایزوله پروتئین آب پنیر (WPI)، محصول پروتئینی با خلوص بالا (۹۰ تا ۹۵٪ پروتئین، بر پایه خشک) می‌باشد که می‌توان با استفاده از آن فیلم و پوشش خوراکی در هر دو حالت دناتوره شده و نشده تولید کرد. فیلم‌های خوراکی بر پایه ایزوله پروتئین آب پنیر (WPI)، سد بسیار خوبی در برابر اکسیژن در رطوبت نسبی کم تا متوسط می‌باشند. علاوه بر این، پوشش‌های خوراکی بر پایه ایزوله پروتئین آب پنیر (WPI)، تند شدن اکسایشی بادام زمینی را در مقیاس آزمایشگاهی به طور قابل توجهی کاهش دادند که با استفاده از آزمایش‌هایی مانند جذب اکسیژن، اندیس پراکسید و کروماتوگرافی گازی[2] به این نتیجه رسیدند (لی و همکاران ۲۰۰۲). فیلم‌های تولید شده از ایزوله پروتئین آب پنیر در دو حالت دناتوره شده و نشده دارای حلالیت، استحکام کششی و خاصیت بازدارندگی در مقابل اکسیژن متفاوتی هستند (لی و کروچا ۲۰۰۲). به همین دلیل از هر دو حالت این پوشش‌ها در این پژوهش استفاده شد.

ماندگاری گردو به میزان اکسیداسیون لیپیدهای موجود در آن بستگی دارد. در واقع، ملاک ارزیابی کیفیت گردو تند نشدن چربی آن است. بنابراین هدف از این پژوهش، کاهش اکسیداسیون لیپیدهای موجود در گردو می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

برای انجام این پژوهش، گردوهای محلی جنس ژوگلانس[3]و گونه ژوگلانس رجیا ال[4]در شهریور ماه سال ۱۳۹٤ از منطقه هزار جریب شهرستان بهشهر خریداری شدند. پوسته سبز گردوها به روش دستی حذف گردید. گردوها به کمک جریان هوای طبیعی، خشک شدند. پوسته سخت گردوها جداسازی شده و هر مغز کامل گردو به دو قسمت مساوی تقسیم شد و سپس مغز گردوها تا شروع آزمایش در نایلون‌های پلی‌اتیلنی و مشکی در یخچال نگهداری شدند. ایزوله پروتئین آب پنیر ٪۹۳ از شرکت حیاتی کارن ایران تهیه شدند. اسید استیک گلاسیال، کلروفرم، ۱-بوتانول از شرکت شارلو اسپانیا و پتاسیم یدید، نشاسته، تیوسولفات سدیم، سود، ۲-تیوباربیتوریک اسید، فنل‌فتالئین و گلیسرول از شرکت مرک آلمان و ان-هگزان از شرکت پارس شیمی خریداری شدند. نایلون‌های پلی‌اتیلنی زیپ‌دار از شرکت فلامینگو برای بسته‌بندی گردوها تهیه شدند.

آماده‌سازی محلول‌های پوشش دهی

محلول‌های ایزوله پروتئین آب پنیر/گلیسرول در سه غلظت ۵۰:۵۰، ٦۰:٤۰ و ۷۰:۳۰ در دو حالت دناتوره شده

[1] Spraying
[2] Headspace gas chromatography
[3] Juglans
[4] Juglans regia L.

و نشده، طبق فرمولاسیون ارائه شده در جدول ۱ تهیه شدند.

جدول ۱- فرمولاسیون محلول‌های پوشش‌دهی مغز گردوها

محلول‌های پوشش‌دهی	ایزوله پروتئین آب پنیر (گرم)	گلیسرول (گرم)	آب دیونیزه (میلی لیتر)	حرارت دهی
ایزوله پروتئین آب پنیر/گلیسرول ۵۰:۵۰ ساده(W5-G5N)	۲۵	۲۵	۵۰۰	ندارد
ایزوله پروتئین آب پنیر/گلیسرول ٦۰:٤۰ ساده (W6-G4N)	۳۰	۲۰	۵۰۰	ندارد
ایزوله پروتئین آب پنیر/گلیسرول ۷۰:۳۰ ساده (W7-G3N)	۳۵	۱۵	۵۰۰	ندارد
ایزوله پروتئین آب پنیر/گلیسرول ۵۰:۵۰ دناتوره (W5-G5D)	۲۵	۲۵	۵۰۰	۳۰ دقیقه در دمای ۹۰ °C
ایزوله پروتئین آب پنیر/گلیسرول ٦۰:٤۰ دناتوره (W6-G4D)	۳۰	۲۰	۵۰۰	۳۰ دقیقه در دمای ۹۰ °C
ایزوله پروتئین آب پنیر/گلیسرول ۷۰:۳۰ دناتوره (W7-G3D)	۳۵	۱۵	۵۰۰	۳۰ دقیقه در دمای ۹۰ °C

محلول‌های آبی ایزوله پروتئین آب پنیر/گلیسرول طبق فرمولاسیون‌های گفته شده (جدول ۱) تهیه شدند. به منظور تهیه محلول‌های پوشش دهی دناتوره شده، محلول‌ها در حمام آب ۹۰ °C درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفتند و سپس در حمام یخ به دمای محیط (۲۵ °C) رسیدند (لی و کروچا ۲۰۰۲).

پوشش دهی گردو

مغز گردوهای تازه درون ظروف مشبک قرار داده شدند و سپس به مدت یک دقیقه در محلول پوششی قرار گرفتند. پس از پوشش دهی به مدت حدود پنج ساعت، جهت حذف رطوبت اضافی و آماده شدن برای بسته‌بندی در آون با دمای ۳۵ °C قرار گرفتند. سپس گردوها درون کیسه‌های پلی‌اتیلنی در بسته‌بندی‌های حدود ۷۰ گرمی تقسیم شدند. گردوها به مدت چهار ماه در شرایط محیط، نگهداری شدند و آزمون‌های سنجش کیفیت و ماندگاری در سه بازه زمانی قبل از پوشش دهی، دو و چهار ماه بعد از پوشش دهی، با سه تکرار بر روی همه تیمارها صورت گرفت (صباغی و همکاران ۲۰۱۵).

استخراج روغن گردو

استخراج روغن گردو بر طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۳۷ با اندکی تغییرات انجام شد. برای هر تکرار حدود ۳۰ گرم مغز گردو خرد شده به ارلنی حاوی ۱۰۰ میلی لیتر حلال ان-هگزان منتقل گردید. ارلن برای مدت کوتاهی تکان داده شد و سپس به مدت ۱۲ ساعت در محیط تاریک و دمای اتاق نگهداری شد. بعد از این مدت مخلوط حلال و روغن توسط دستگاه روتاری در دمای ٦۰ °C تغلیظ گردید. روغن استخراج شده فورا برای انجام آزمایشات شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت (استاندارد ملی ایران شماره ۳۷).

اندازه‌گیری عدد پراکسید

اندازه‌گیری عدد پراکسید طبق روش AOCS به شماره Cd8-53 انجام شد. عدد پراکسید به روش یدومتری

تعیین شد. در نهایت عدد پراکسید طبق فرمول زیر محاسبه گردید.

$$PV=\frac{(S-B)\times N\times 1000}{W}$$

PV: عدد پراکسید بر حسب میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم نمونه روغن، S: میزان تیترازول مصرفی در نمونه، B: میزان تیترازول مصرفی در شاهد، N: نرمالیته تیترازول مصرفی بر حسب اکی والان بر لیتر، W: وزن نمونه روغن بر حسب گرم.

اندازه‌گیری اسید چرب آزاد

درصد اسیدهای چرب آزاد بر حسب اولئیک اسید با تیتر کردن روغن گردو توسط محلول ۰/۱ نرمال هیدروکسید سدیم بر طبق روش AOCS به شماره Ca 5a-40 انجام شد.

اندازه‌گیری عدد تیوباربیتوریک اسید

این آزمون بر طبق روش AOCS به شماره Cd 19-90اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری عدد TBA به روش مستقیم انجام شد و جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۳۰ نانومتر خوانده شد و نتایج از طریق فرمول زیر محاسبه شد.

$$TBA=\frac{50\times(A-B)}{m}$$

A: میزان جذب محلول آزمایش، B: میزان جذب شاهد واکنشگر، m: وزن نمونه بر حسب میلی گرم.

در صورتی که حجم بالن ۲۵ میلی لیتر و پهنای سل ۱۰ میلی متر باشد، عدد ۵۰ یک ضریب معتبر می‌باشد.

ارزیابی حسی

ویژگی‌های حسی نمونه‌های گردو شامل رنگ، درخشندگی، بافت، عطر و طعم و پذیرش کلی توسط ۱۰ ارزیاب در قالب تست هدونیک توصیفی ۵ نقطه‌ای (۱-خیلی کم، ۲-کم، ۳-متوسط، ٤-زیاد، ٥-بسیار زیاد) بررسی شد. آموزش‌های لازم در مورد طعم‌ها و ویژگی‌های مورد نظر در یک جلسه ۳۰ دقیقه‌ای صورت گرفت. (میلگارد و همکاران ۲۰۰٦).

ارزیابی نتایج آماری

آزمایشات در قالب فاکتوریل به صورت طرح کاملا تصادفی انجام شد و داده‌های حاصله مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. پس از تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها بر صفت‌های مورد نظر، بررسی و با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح α=۰/۰۵ توسط نرم افزار SAS نسخه ۹,۰ صورت پذیرفت. برای هر صفت، میانگین‌ها در دو حالت با هم مقایسه شدند، در حالت اول روند تغییرات صفت مورد بررسی در هر یک از تیمارها به طور جداگانه از ابتدا تا انتهای دوره نگهداری بررسی گردید و مقدار کمی صفات در نمونه برداری‌های مختلف با هم مقایسه شدند. در حالت دوم در هر بار نمونه برداری، مقدار کمی صفت مورد نظر مربوط به تیمارهای مختلف، با هم مقایسه شدند. در رسم نمودارها از نرم افزار اکسل ۲۰۱۳ استفاده گردید. در ضمن برای کاهش خطا، آزمایشات در سه تکرار انجام شد.

نتایج و بحث

عدد پراکسید

عدد پراکسید متداولترین نشانگر تندی اکسایشی در آجیل‌ها می‌باشد (صباغی و همکاران ۱۳۹۳). اثر پوشش خوراکی ایزوله پروتئین آب پنیر بر روند تغییرات عدد پراکسید مغز گردوها در طول چهار ماه نگهداری، بر اساس میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم روغن گردو در جدول ۲ نشان داده شده است. جدول ۲ نشان می‌دهد که روند تغییرات عدد پراکسید تمامی تیمارها در طی مدت زمان نگهداری، افزایشی ($p<$۰/۰۵) بوده است. عدد پراکسید اولیه گردوهای تازه ۰/۲۵ میلی اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم بود. ساوج (۲۰۰۱) عدد پراکسید اولیه در روغن مغز گردو را ۰/۱۵ تا ۰/۲۹ میلی اکی والان اکسیژن بر کیلو گرم گزارش کرد. همانطور که مشاهده می‌شود، اندیس پراکسید مغز گردوهای پوشش داده شده در کل زمان نگهداری، مقادیر کمتری ($p<$۰/۰۵) را نسبت

به نمونه شاهد فاقد پوشش نشان داد. این نتیجه بیانگر اثر ممانعت کنندگی پوشش پروتئینی ایزوله پروتئین آب پنیر از نفوذ اکسیژن به بافت مغز گردو می‌باشد. مطالعه صورت گرفته در زمینه پوشش دهی مغز گردو و دانه صنوبر با استفاده از پوشش‌های ایزوله پروتئین آب پنیر، نشاسته نخود و واکس کارنوبا[1] به مدت ۱۲ روز، نشان داد که پوشش دهی باعث به تاخیر افتادن افزایش عدد پراکسید شد (مهیار و همکاران ۲۰۱۲) که بر طبق یافته-های پژوهش حاضر می‌باشد. نتیجه دیگر حاصل از این پژوهش، رابطه بین غلظت پوشش ایزوله پروتئین آب پنیر و خاصیت ضد اکسایشی آن می‌باشد. در ماه دوم نگهداری، بین تیمارهای W5-G5N و W7-G3N اختلاف معنی دار ($p<۰/۰۵$) مشاهده شد. همچنین در ماه چهارم نگهداری نمونه‌های W7-G3N و W7-G3D به ترتیب با سایر تیمارهای ساده و دناتوره اختلاف معنی دار ($p<۰/۰۵$) نشان دادند. با افزایش غلظت پروتئین، ضخامت پوشش افزایش می‌یابد و این امر منجر به حفاظت مکانیکی بهتر پوشش در مقابل نفوذ اکسیژن می‌شود و نفوذپذیری به اکسیژن کاهش می‌یابد که باعث کاهش اکسیداسیون و در نتیجه کاهش عدد پراکسید در غلظت‌های بالاتر پوشش دهی می‌شود (صباغی و همکاران ۲۰۱۵). مت و همکاران (۱۹۹۶)، بادام زمینی برشته خشک شده را با محلول‌های ایزوله پروتئین آب پنیر و گلیسرول با ضخامت‌های متفاوت پوشش دادند و دریافتند که ضخامت بیشتر پوشش سد بهتری را در مقابل نفوذ اکسیژن به داخل بافت بادام زمینی ایجاد می‌کند و در نتیجه منجر به پوشش دهی موثرتر می‌شود. در ماه دوم نگهداری نمونه‌های W5-G5N و W6-G4N عدد پراکسید ($p<۰/۰۵$) بیشتری را نسبت به W7-G3D نشان دادند. در ماه چهارم نگهداری عدد پراکسید نمونه‌های پوشش داده شده با ایزوله پروتئین آب پنیر حرارت دیده (دناتوره شده)، نسبت به حرارت ندیده، در غلظت‌های یکسان، مقادیر به طور معنی دار ($p<۰/۰۵$) کمتری را نشان می‌دهند. فیلم‌های دناتوره شده و دناتوره نشده[2] از نظر ساختار فیزیکی متفاوت هستند. پروتئین‌های آب پنیر دناتوره نشده، کروی با گروه‌های آبگریز و سولفیدریل هستند که در قسمت درونی مولکول قرار دارند. دناتوره شدن حرارتی پروتئین‌های آب پنیر منجر به در دسترس قرار گرفتن گروه‌های سولفیدریل داخلی و توسعه شکل‌گیری باندهای دی سولفید بین مولکولی می‌شود. بنابراین، فیلم‌های پروتئین آب پنیر دناتوره شده از رشته‌های پروتئینی دارای اتصالات عرضی تشکیل می‌شود در حالیکه فیلم‌های پروتئین آب پنیر دناتوره نشده دارای ساختار تصادفی می‌باشد که پیوستگی و انسجام آن عمدتا به دلیل پیوندهای هیدروژنی است. این ساختارهای متفاوت می‌تواند فیلم‌هایی با خواص نفوذپذیری متفاوت تولید کند (پرز و همکاران ۱۹۹۹). دناتوره شدن حرارتی پروتئین آب پنیر، فیلم‌هایی با خواص سدکنندگی و کششی بهتری را تولید می‌کند (جوینده ۲۰۱۱). پرز و کروچا (۲۰۰۱) با تولید فیلم‌های ایزوله پروتئین آب پنیر دناتوره شده و نشده دریافتند که نفوذپذیری به اکسیژن فیلم‌های دناتوره شده کمتر از دناتوره نشده می‌باشد و دلیل آن را به ساختار خطی‌تر (باز شده[3]) پروتئین‌های آب پنیر دناتوره شده که منجر به چگالی انرژی چسبندگی بالاتر و حجم آزاد کمتر بین زنجیره‌های پلیمری می‌شود، نسبت دادند. زمان صرف شده برای رسیدن عدد پراکسید گردوهای نگهداری شده در شرایط گوناگون به مقدار ۲ میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم به عنوان حداکثر زمان مقاومت گردو به فساد اکسایشی در نظر گرفته شده است (حامد حسینی و همکاران ۱۳۹۲) و با توجه به جدول ۱ مقادیر پراکسید هیچ یک از نمونه‌ها از این میزان بیشتر نشده است.

[1] Carnauba wax
[2] Native
[3] Unfolded

جدول ۲- مقایسه میانگین عدد پراکسید مغز گردوهای پوشش داده شده با فرمولاسیون‌های مختلف طی دوره نگهداری (میلی اکی والان پراکسید بر کیلوگرم روغن)

فرمولاسیون پوشش	زمان (ماه)		
	۰	۲	۴
شاهد	۰/۲۵ ± ۰/۰۵۰^{Aa}	۱/۰۸ ± ۰/۰۶۵^{Ba}	۱/۹۹ ± ۰/۰۷۱^{Ca}
W5-G5N	۰/۲۵ ± ۰/۰۵۰^{Aa}	۰/۹۲ ± ۰/۰۶۱^{Bb}	۱/۶۵ ± ۰/۰۷٤^{Cb}
W5-G5D	۰/۲۵ ± ۰/۰۵۰^{Aa}	۰/۸۱ ± ۰/۰۶۰^{Bbcd}	۱/٤۹ ± ۰/۰۷۱^{Cc}
W6-G4N	۰/۲۵ ± ۰/۰۵۰^{Aa}	۰/۹۰ ± ۰/۰۶۷^{Bbc}	۱/۶۳ ± ۰/۱۰۷^{Cb}
W6-G4D	۰/۲۵ ± ۰/۰۵۰^{Aa}	۰/۸۰ ± ۰/۰۶۰^{Bbcd}	۱/٤۸ ± ۰/۰۸۰^{Cc}
W7-G3N	۰/۲۵ ± ۰/۰۵۰^{Aa}	۰/۷۹ ± ۰/۰۵۵^{Bcd}	۱/٤۵ ± ۰/۰۸۱^{Cc}
W7-G3D	۰/۲۵ ± ۰/۰۵۰^{Aa}	۰/۶۹ ± ۰/۰۷۲^{Bd}	۱/۳۲ ± ۰/۰۷۰^{Cd}

*حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف نشان دهنده اختلاف آماری معنی دار بین هر نمونه طی ماه‌های مختلف نگهداری در سطح ۵٪است.

**حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف آماری معنی دار بین نمونه‌ها طی هر ماه در سطح ۵٪است.

عدد تیوباربیتوریک اسید

آزمون تیوباربیتوریک اسید (TBA)، یکی از گسترده ترین روش‌های مورد استفاده برای شناسایی روند اکسیداسیون مواد غذایی حاوی چربی می‌باشد (شهیدی و ژانگ ۲۰۰۵). عدد تیوباربیتوریک اسید، به عنوان شاخص تشکیل مالون آلدئید، برای روغن استخراج شده از نمونه‌های پوشش دهی شده و شاهد در جدول ۳ نشان داده شده است. عدد تیوباربیتوریک اسید در طی دوره نگهداری، همواره روند افزایشی($p<۰/۰۵$) نشان داد. این مشاهدات به نتایج حاصل از پژوهش‌های فن و همکاران (۲۰۰۸) و لو و همکاران (۲۰۰۹) شبیه بود. همان طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، بیشترین میزان عدد تیوباربیتوریک اسید مربوط به نمونه شاهد می‌باشد در حالیکه کمترین مقدار TBA مربوط به تیمار W7-G3D است. مطالعات انجام شده در زمینه تاثیر پوشش‌های خوراکی (سدیم آلژینات و گلیسیرین)، (سدیم آلژینات، گلیسیرین و ویتامین C)، (سدیم آلژینات، گلیسیرین و پلی فنل‌های چای) بر روی ماهی طی ۲۱ روز نگهداری در یخچال (سانگ و همکاران ۲۰۱۱)، نشان داد که پوشش دهی باعث به تاخیر افتادن افزایش عدد TBA شد. در تمام طول دوره نگهداری، عدد TBA نمونه‌های پوشش داده شده، به طور معنی داری ($p<۰/۰۵$) کمتر از نمونه شاهد می‌باشد. کنگ و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند پوشش‌های خوراکی، اکسیداسیون چربی گردو را با حفاظت آن‌ها از قرار گرفتن در معرض اکسیژن در طول دوره نگهداری به تعویق انداخت. در ماه دوم و چهارم نگهداری، نمونه W7-G3D عدد تیوباربیتوریک اسید به طور معنی دار ($p<۰/۰۵$) کمتری را نسبت به نمونه‌های W5-G5N و W6-G4N نشان داد. زیرا افزایش غلظت پروتئین منجر به افزایش ضخامت پوشش و ضخامت بیشتر منجر به کاهش نفوذ اکسیژن به داخل بافت گردو و پوشش دهی موثرتر می‌شود (صباغی و همکاران ۱۳۹۳ و مت و همکاران ۱۹۹۶). همچنین دناتوراسیون حرارتی پروتئین آب پنیر، نفوذ پذیری به اکسیژن فیلم‌ها و پوشش‌ها را به دلیل ساختار خطی‌تر پروتئین‌های آب پنیر دناتوره شده کاهش می‌دهد. زیرا دناتوراسیون حرارتی پروتئین آب پنیر منجر به چگالی انرژی چسبندگی بالاتر و حجم آزاد کمتر بین زنجیره‌های پلیمری می شود (پرز و کروچا ۲۰۰۱).

جدول ۳- مقایسه میانگین اعداد تیوباربیتوریک اسید مغز گردوهای پوشش داده شده با فرمولاسیون‌های مختلف طی دوره نگهداری

فرمولاسیون پوشش	زمان (ماه)		
	۰	۲	۴
شاهد	۰/۰۳٦ ± ۰/۰۰۲۲^{Aa}	۰/۰٦۲ ± ۰/۰۰۲۰^{Ba}	۰/۰۷٤ ± ۰/۰۰۱۸^{Ca}
W5-G5N	۰/۰۳٦ ± ۰/۰۰۲۲^{Aa}	۰/۰۵۸ ± ۰/۰۰۱٤^{Bb}	۰/۰٦۹ ± ۰/۰۰۱٤^{Cb}
W5-G5D	۰/۰۳٦ ± ۰/۰۰۲۲^{Aa}	۰/۰۵۷ ± ۰/۰۰۲٤^{Bbc}	۰/۰٦٦ ± ۰/۰۰۰۸^{Cbc}
W6-G4N	۰/۰۳٦ ± ۰/۰۰۲۲^{Aa}	۰/۰۵۸ ± ۰/۰۰۱٦^{Bb}	۰/۰٦۸ ± ۰/۰۰۱٦^{Cb}
W6-G4D	۰/۰۳٦ ± ۰/۰۰۲۲^{Aa}	۰/۰۵٦ ± ۰/۰۰۱٦^{Bbc}	۰/۰٦٦ ± ۰/۰۰۱٤^{Cbc}
W7-G3N	۰/۰۳٦ ± ۰/۰۰۲۲^{Aa}	۰/۰۵٦ ± ۰/۰۰۲۸^{Bbc}	۰/۰٦۵ ± ۰/۰۰۱۰^{Cbc}
W7-G3D	۰/۰۳٦ ± ۰/۰۰۲۲^{Aa}	۰/۰۵۳ ± ۰/۰۰۳٤^{Bc}	۰/۰٦۲ ± ۰/۰۰۲٤^{Cc}

*حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف نشان دهنده اختلاف آماری معنی دار بین هر نمونه طی ماه‌های مختلف در سطح ۵٪ است.

**حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف آماری معنی دار بین نمونه‌ها طی هر ماه در سطح ۵٪ است.

اسید چرب آزاد

درصد اسیدهای چرب آزاد (اسیدیته) بر حسب درصد اسید اولئیک برای نمونه‌های پوشش داده شده و نشده در جدول ٤ ارائه شده است. بررسی اثر پوشش خوراکی بر روی شاخص اسیدچرب آزاد نشان داد، در دومین ماه نگهداری بین نمونه شاهد و نمونه‌های W7-G3N و W7-G3D تفاوت معنی دار ($p<۰/۰۵$) وجود دارد. در ماه چهارم نگهداری، اسیدیته نمونه شاهد به طور معنی داری ($p<۰/۰۵$) بیشتر از نمونه‌های پوشش داده شده بود. بیشترین و کمترین میزان اسید چرب آزاد به ترتیب مربوط به نمونه شاهد و W7-G3D بود. یافته‌های مهیار و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که پوشش‌های پروتئین آب پنیر و نشاسته نخود، روند تولید اسیدهای چرب آزاد را در گردو و دانه صنوبر به طور معنی داری کاهش داد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با گذشت زمان در همه تیمارها میزان اسیدچرب آزاد مغز گردو به طور معنی داری ($p<۰/۰۵$) افزایش یافته است. همانطور که در جدول ٤ مشاهده می‌شود، در بازه‌های زمانی دو و چهار ماه دناتوراسیون حرارتی ایزوله پروتئین آب پنیر اثر معنی داری بر مقادیر اسیدیته تیمارهای مختلف نداشت. پرز و همکاران (۱۹۹۹) با تولید فیلم‌های ایزوله پروتئین آب پنیر در دو حالت دناتوره شده و نشده دریافتند که اتصالات عرضی کووالانت به دلیل دناتوراسیون حرارتی پروتئین آب پنیر تاثیری بر نفوذ پذیری به بخار آب (WVP) فیلم‌ها نداشت. همچنین مت و کروچا (۱۹۹٦) گزارش کردند هیچ تفاوتی در WVP فیلم های ایزوله پروتئین آب پنیر و بتالاکتوگلوبولین وجود ندارد اگرچه تعداد متفاوتی از گروه‌های سولفیدریل در دسترس برای تشکیل پیوندهای دی سولفیدی بین مولکولی وجود داشت. مقادیر اسیدیته تیمارهای مختلف در کل زمان نگهداری اختلاف آماری معنی داری نشان نداد با این حال کمترین میزان اسیدیته در نمونه‌های W7-G3N و W7-G3D مشاهده شد. اسیدهای چرب آزاد نتیجه هیدرولیز آنزیمی تری گلیسیریدهاست که گرما و رطوبت کاتالیزورهای این واکنش هستند. این ترکیبات در اتواکسیداسیون شرکت کرده و ترکیباتی را تولید می‌کنند که مسئول طعم و بوی نامطلوب در محصولات روغنی هستند (خشنودی نیا و صداقت ۱۳۹۳). افزایش میزان گلیسرول منجر به افزایش تراوایی به بخار آب می‌شود زیرا ساختار گلیسرول قطبی و آبدوست است و با افزودن گلیسرول، گروه‌های هیدروکسیل آبدوست در سطح فعال فیلم افزایش می‌یابند که در نتیجه آن نقاط فعال برای جذب رطوبت نیز افزایش می‌یابد (اجنوردی و همکاران ۱۳۹۱). بنابراین با کاهش

غلظت گلیسرول، میزان اسیدهای چرب آزاد کاهش می‌یابد.

جدول ۴- مقایسه میانگین مقادیر اسیدیته (بر حسب درصد اسید اولئیک) مغز گردوهای پوشش داده شده با فرمولاسیون‌های مختلف طی دوره نگهداری

فرمولاسیون پوشش	زمان (ماه)		
	۰	۲	۴
شاهد	۰/۰۵۸ ± ۰/۰۱۱۲^{Aa}	۰/۱۶۹ ± ۰/۰۰۹۰^{Ba}	۰/۲۲۶ ± ۰/۰۰۸۵^{Ca}
W5-G5N	۰/۰۵۸ ± ۰/۰۱۱۲^{Aa}	۰/۱۵۵ ± ۰/۰۱۲۰^{Bab}	۰/۲۰۹ ± ۰/۰۰۷۶^{Cb}
W5-G5D	۰/۰۵۸ ± ۰/۰۱۱۲^{Aa}	۰/۱۵۳ ± ۰/۰۰۹۱^{Bab}	۰/۲۰۸ ± ۰/۰۰۳۸^{Cb}
W6-G4N	۰/۰۵۸ ± ۰/۰۱۱۲^{Aa}	۰/۱۵٤ ± ۰/۰۱۳۲^{Bab}	۰/۲۰٦ ± ۰/۰۰٦۹^{Cb}
W6-G4D	۰/۰۵۸ ± ۰/۰۱۱۲^{Aa}	۰/۱۵٤ ± ۰/۰۰٤۷^{Bab}	۰/۲۰٦ ± ۰/۰۱۲۵^{Cb}
W7-G3N	۰/۰۵۸ ± ۰/۰۱۱۲^{Aa}	۰/۱٤٦ ± ۰/۰۰٤۲^{Bb}	۰/۱۹٦ ± ۰/۰۰۳۵^{Cb}
W7-G3D	۰/۰۵۸ ± ۰/۰۱۱۲^{Aa}	۰/۱٤۷ ± ۰/۰۰۵٦^{Bb}	۰/۱۹۵ ± ۰/۰۰٦٦^{Cb}

*حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف نشان دهنده اختلاف آماری معنی دار بین هر نمونه طی ماه‌های مختلف در سطح ۵٪ است.

**حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف آماری معنی دار بین نمونه‌ها طی هر ماه در سطح ۵٪ است.

آنالیز حسی

شکل ۱ نتایج حاصل از آزمون حسی مغز گردوهای پوشش داده شده و نشده را طی دوره نگهداری نشان می‌دهند. همانطور که در شکل ۱ مشخص است، نمونه شاهد و نمونه‌های پوشش داده شده از لحاظ رنگ با یکدیگر اختلاف معنی دار ندارند. این نتیجه بیانگر آن است که پوشش ایزوله پروتئین آب پنیر، پوششی بی رنگ بوده و اثرات منفی بر رنگ مغز گردو ندارد. بلقیسی و همکاران (۱۳۸۷) با پوشش دهی گوشت تازه گوسفند به وسیله فیلم خوراکی پروتئین آب پنیر- منو گلیسیرید دریافتند که از نظر شاخص حسی رنگ، نمونه‌های گوشت پوشش دار در طی دوره نگهداری میانگین رتبه بالاتری را نسبت به نمونه‌های بدون پوشش به خود اختصاص دادند. این نتیجه بی رنگ بودن پوشش ایزوله پروتئین آب پنیر را تایید می‌کند.

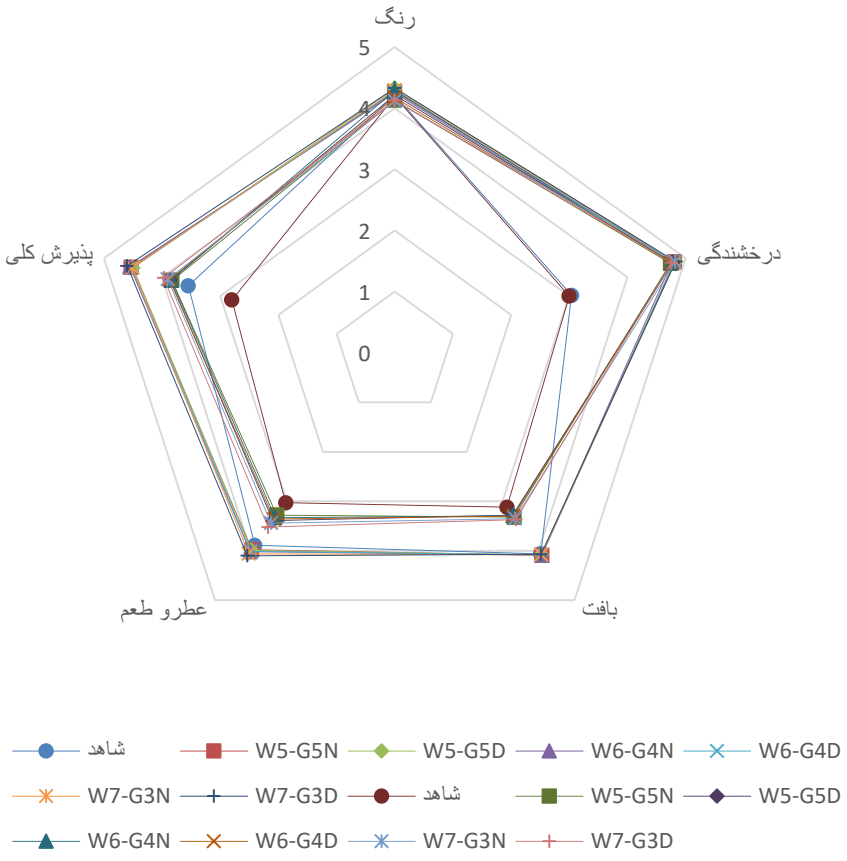
نتایج آزمون درخشندگی نشان داد که تمامی مغز گردو های پوشش داده شده دارای امتیازات بالاتری ($p<۰/۰۵$) نسبت به نمونه شاهد می‌باشند. دناتوراسیون حرارتی و غلظت گلیسرول اثری بر میزان درخشندگی نمونه‌ها نداشت. مهیار و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که پوشش ایزوله پروتئین آب پنیر، درخشندگی مغزها را افزایش می‌دهد. مت و کروچا (۱۹۹۷) دریافتند که پوشش ایزوله پروتئین آب پنیر سطحی براق و صاف و ظاهری آب نبات مانند برای گردو فراهم می کند که با یافته‌های حاصل از این پژوهش مطابقت داشت.

در این پژوهش منظور از بافت، تردی و شکنندگی مغز گردو هنگام جویدن بود. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود در ماه دوم نگهداری مقبولیت بافت نمونه‌های پوشش دار اختلاف معنی داری با نمونه شاهد ندارد در حالیکه با توجه به شکل ۱ در ماه چهارم نگهداری، نمونه های پوشش داده شده به طور معنی داری ($p<۰/۰۵$) مقبولیت بافت بیشتری نسبت به نمونه شاهد دارند. این امر نشان دهنده آن است که پوشش ایزوله پروتئین آب پنیر به خوبی توانست سفتی بافت مغز گردو را با کاهش میزان از دست دادن رطوبت مغزها و کاهش میزان جذب رطوبت از محیط حفظ کند. خشنودی‌نیا و صداقت (۱۳۹۳) با پوشش دهی پسته با ژلاتین به این نتیجه رسیدند که سفتی بافت در نمونه‌های حاوی پوشش

ژلاتین بیشتر از نمونه‌های شاهد بود و دلیل آن را محتوای رطوبت بیشتر نمونه‌های پوشش دار اعلام کردند. همچنین لی و همکاران (۲۰۰۲) دریافتند که بادام زمینی‌های برشته پوشش داده شده با پروتئین آب پنیر به دلیل محتوای رطوبت بیشتر، سفت تر از نمونه‌های شاهد بودند. در ماه دوم و چهارم نگهداری، دناتوراسیون حرارتی به دلیل عدم تاثیر گذاری بر میزان نفوذ پذیری به بخار آب پوشش‌ها (پرز و همکاران ۱۹۹۹) تاثیری بر میزان امتیازات بافت مغز گردو نداشت.

نتایج حاصل از آزمون حسی عطر و طعم نشان داد که در دومین ماه نگهداری، امتیازات نمونه شاهد به طور معنی داری ($p<۰/۰۵$) کمتر از نمونه W7-G3D می باشد اما بین تیمارها اختلاف معنی داری مشاهده نشد.

با توجه به شکل ۱ در چهارمین ماه نگهداری نمونه شاهد امتیاز عطر و طعم به طور معنی دار ($p<۰/۰۵$) کمتری را نسبت به نمونه‌های پوشش داده شده به دست آورد. پوشش دهی باعث کاهش نفوذپذیری به اکسیژن و بخار آب می‌شود در نتیجه تولید محصولاتی که باعث ایجاد بد طعمی از طریق اکسایش و هیدرولیز اسیدهای چرب آزاد می‌شود کاهش می‌یابد. همچنین در چهارمین ماه نگهداری، مقبولیت عطر و طعم نمونه‌های W5-G5N و W6-G4N به طور معنی داری ($p<۰/۰۵$) کمتر از نمونه W7-G3D می‌باشد. این نتایج بیانگر این است که افزایش غلظت پروتئین و دناتوراسیون حرارتی منجر به کاهش تولید محصولات عامل ایجاد بد طعمی از طریق اکسایش و هیدرولیز می‌شود.



شکل ۱- نتایج آزمون حسی مغز گردوهای پوشش دهی شده در ماه دوم و چهارم نگهداری(ماه دوم: خط ممتد، ماه چهارم: نقطه‌چین)

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، پذیرش کلی نمونه‌های پوشش داده شده به طور معنی داری ($p<۰/۰۵$) بیشتر از نمونه شاهد است. دلیل آن احتمالا درخشندگی، بافت و عطر و طعم بهتر نمونه‌های پوشش دار نسبت به نمونه شاهد می‌باشد. اختلاف بین تیمارهای مختلف معنی دار نشد با این حال در بین تیمارها بیشترین امتیاز (۳/۹۷) مربوط به نمونه W7-G3D می‌باشد. اجنوردی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که با افزایش غلظت پروتئین آب پنیر، پذیرش کلی میوه هلو افزایش می‌یابد. به طور کلی، همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، نتایج حاصل از آنالیز حسی نمونه‌ها نشان داد که تمامی پوشش‌ها امتیازات خصوصیات حسی مغزها را به طور معنی داری نسبت به نمونه شاهد افزایش می‌دهند زیرا نمونه شاهد کمترین امتیازات را از ارزیاب‌ها دریافت کردند.

نتیجه گیری

ایزوله پروتئین آب پنیر به عنوان پوشش خوراکی با دارا بودن خاصیت بازدارندگی در مقابل اکسیژن می‌تواند روی مغز گردو به کار رود. تاثیر پوشش خوراکی ایزوله پروتئین آب پنیر بر اکسایش روغن (عدد پراکسید، تیوباربیتوریک اسید و اسیدیته) و ویژگی‌های حسی (درخشندگی، بافت، عطرو طعم و پذیرش کلی) روی مغز گردو در طی چهار ماه نگهداری نشان داد که پوشش ایزوله پروتئین آب پنیر تاثیر معنی داری بر کاهش اکسایش روغن و بهبود ویژگی‌های حسی داشت. با این حال تاثیری بر رنگ مغز گردو نداشت. با افزایش غظت ایزوله پروتئین آب پنیر و حرارت دادن محلول آن و در نتیجه دناتوره شدن پروتئین‌ها به دلیل فراهم کردن سد اکسیژن بهتر و یکنواخت تر، اثر پوشش بر کاهش اکسایش و حفظ ویژگی‌های حسی بیشتر شد. به طور کلی پوشش ایزوله پروتئین آب پنیر/گلیسرول ۷۰:۳۰ دناتوره به عنوان فرمولاسیون بهینه پوشش دهی برای مغز گردو پیشنهاد می‌شود.

منابع مورد استفاده

اجنوردی س، جوانمرد م و اسداللهی س، ۱۳۹۱. بررسی اثر پوشش خوراکی بر پایه پروتئین اب پنیر حاوی عصاره آویشن شیرازی بر ماندگاری میوه هلو رقم انجیری. نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۸، شماره ۳، صفحه های ۳۳۷ تا ۳٤۸.

استاندارد ملی ایران، بیسکویت-ویژگی ها و روش ای آزمون. شماره ۳۷. تجدید نظر ششم، ۱۳۸۸.

بلقیسی س، عزیزی م، ظهوریان گ و هادیان ز، ۱۳۸۷. ارزیابی خواص فیزیکی فیلم خوراکی پروتئین آب پنیر-منوگلیسیرید و اثر پوشش دهی آن بر افت رطوبت و ویژگی های حسی گوشت تازه گوسفند. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، سال سوم، شماره ۳، صفحه های ۸۳ تا ۹۳.

حسینی ح، قربانی م، صادقی ماهونک ع و مقصودلو ی، ۱۳۹۲. تاثیر سطح تماس با اتمسفر و دو دمای معمول نگهداری بر پایداری اکسایشی مغز گردو. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۹، شماره ٤، صفحه‌های ۳۵۸-۳٤۸.

خشنودی نیا س و صداقت ن، ۱۳۹۳. تاثیر پوشش خوراکی ژلاتینی حامل آنتی اکسیدان بر پایداری اکسیداسیونی و ویژگی های حسی پسته ی برشته ی اوحدی. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، سال نهم، شماره ۱، صفحه های ۱۱ تا ۲۰.

صباغی م، مقصودلو ی، خمیری م و ضیائی فر ا، ۱۳۹۳. تاثیر مخلوط پوشش کیتوزان و عصاره چای سبز بر فعالیت اکسایشی و قارچی مغز گردو. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، جلد ۳، شماره ٤، صفحه های ۳٦۱ تا ۳۷٤.

AOCS, 1998, 1998 & 2009. Official methods and recommended practices of the American oil chemistry society. Sampling and analysis of commercial fats and oils, Cd 8-53. Peroxide value, Ca 5a-40. Free fatty acids & Cd 19-90. 2-Thiobarbituric acid value.

Debeaufort F, Quezada-gallo JA and Voilley A, 1998. Edible films and coatings: tomorrow's pakagings: a review. Critical reviews in food science and nutrition 38: 299-313.

Fan WJ, Chi YL and Zhang S, 2008. The use of tea polyphenols dip to extend the shelf life of silver carp (Hypophthalmicthys molitrix) during storage in ice. Food chemistry 108: 148-153.

Ferrari CKB, 2004. Functional foods, herbs and nutraceuticals: towards biochemical mechanisms of healthy aging. Boigerontology 5: 275-289.

Han J, Bourgeois S and Lacroix M, 2009. Protein-based coatings on peanut to minimize oil migration. Food chemistry 115: 462-468.

Jooyandeh H, 2011. Whey protein films and coatings: A review. Pakistan journal of nutrition 10: 296-301.

Kang HJ, Kim SJ, You YS, Lacroix M and Han J, 2013. Inhibitory effect of soy protein coating formulations on walnut (Juglans regia L.) kernels against lipid oxidation. LWT-Food science and technology 51: 393-396.

Lee SY and Krochta JM, 2002. Accelerated shelf life testing of whey-protein-coated peanuts analyzed by static headspace gas chromatography. Food chemistry 50: 2022-2028.

Lee SY, Trezza TA, Guinard JX and Krochta JM, 2002. Whey-protein-coated peanuts assessed by sensory evaluation and static headspace gas chromatography. Journal of food science 67: 1212-1218.

Lu F, Liu DH and Ye XQ, 2009. Alginate-calcium coating incorporating nisin and EDTA maintains the quality for fresh northern snakehead (Channa argus) fillets stored at 4°C. Journal science food agriculture 89: 848-854.

Mate Juan I and Krochta John M, 1996. Comparison of oxygen and water vapor permeabilities of whey protein isolate and β-lactoglobulin edible films. Food chemistry 44: 3001-3004.

Mate JI, Frankel EN and Krochta JM, 1996. Whey protein isolate edible coatings: effect on the rancidity process of dry roasted peanuts. Food chemistry 44: 1736-1740.

Mate JI and Krochta JM, 1997. Whey protein and acetylated monoglyceride edible coatings: effect on the rancidity process of walnuts. Food chemistry 45: 2509-2513.

Mehyar GF, Al-ismail K, Han JH and Chee GW, 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: 52-59.

Meilgaard M, Civille GV and Carr BT, 2006. Sensory evaluation techniques. CRC press taylor and francis group.

Mexis SF, Badeka AV, Riganakos KA, Karakostas KX and Kontominas MG, 2009. Effect of packaging and storage conditions on quality of shelled walnuts. Food control 20: 743-751.

Perez-Gago MB, Nadaud P and Krotcha JM, 1999. Water vapor permeability, solubility, and tensile properties of heat-denaturated versus native whey protein films. Journal of food science 64: 1034-1037.

Perez-Gago MB and Krochta JM, 2001. Denaturation time and temperature effects on solubility, tensile properties, and oxygen permeability of whey protein edible films. Journal of food science 66: 705-710.

Ros E and Mataix J, 2006. Fatty acid composition of nuts-implications for cardiovascular health.British journal of nutrition 96: 29-35.

Sabaghi M, Maghsoudlou Y, Khomeiri M and Ziaiifar M, 2015. Active edible coating from chitosan incorporating green tea extract as an antioxidant and antifungal on fresh walnut kernel. Postharvest biology and technology 110: 224-228.

Savage GP, 2001. Chemical composition of walnuts (Juglans regia L.) grown in New Zealand. Plant foods for human nutrition 56: 75-82.

Seo YH, Kim UH, Kim KM, Hwang TY and Son HS, 2001. Physico-chemical composition and anti-allergic effects of walnut oil. Journal of the East Asian society of dietary lafe 11: 204-208.

Shahidi F, Zhong Y, 2005. Lipid oxidation: measurement methods. 357-385. Bailey's industrial oil & fat products, Wiley & Sons, inc.

Song Y, Liu L, Shen H, You J and Luo Y, 2011. Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (Megalobrama amblycephala). Food control 22: 608-615.

Increasing oxidative stability of walnut kernel by whey protein isolate coating

M Hosseini Solut[1] and J Mohammadzadeh Milani[2*]

Received: August 14, 2016 Accepted: December 24, 2016
[1]MSc Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
[2]Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
[*]Corresponding author: E mail: jmilany@yahoo.com

Abstract
Walnut kernel browning and oil oxidation are two major problems during walnut's storage. The aim of this study was application of suitable coatings for delaying these reactions. For this purpose whey protein isolate/glycerol coatings at three ratio 50:50, 60:40 and 70:30 in two forms denatured and non-denatured (heated or not) were used for coating walnut kernels. The effects of whey protein isolate/glycerol coatings on lipid oxidation, acidity, and sensory evaluation of walnut kernels during four months storage were studied. The most effective inhibition of lipid oxidation was obtained through coatings with higher concentration of whey protein isolate and denatured. In acidity, texture, color, and glossiness property no significant difference observed between the coated kernels. But in flavor, the samples coated with whey protein/glycerol at 70:30 ratio in denatured form showed significantly more acceptable than 50:50 and 60:40 non denatured coatings. The results showed that WPI: Gly at 70:30 ratio coating could increase the shelf life of walnut kernel more than other coatings.

Keywords: edible coating, oxidative stability, walnut kernel, whey protein isolate