

اثر پوشش‌های خوراکی کربوکسی متیل سلولز حاوی آنتی‌اکسیدان بر پایداری اکسیداتیو دانه کاج خوراکی طی دوره نگهداری

*یحیی مقصودلو^۱ و راضیه رضوی^۲

^۱استاد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
^۲دانش‌مoxنه گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
تاریخ دریافت: ۹۳/۰۵/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۲/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: امروزه با توجه به مشکلات ناشی از بسته‌بندی‌های سنتزی بر محیط زیست، توجه به بسته‌بندی‌های خوراکی زیست تخریب پذیر افزایش یافته است. پوشش‌های خوراکی لایه نازکی از مواد هستند که با قرارگیری در سطح ماده غذایی و ممانعت در برابر انتقال رطوبت و اکسیژن، عمر ماندگاری مواد غذایی را افزایش می‌دهند. پوشش‌های خوراکی می‌توانند حامل مواد مختلف از جمله مواد آنتی‌اکسیدان باشند. دانه کاج خوراکی به دلیل دارا بودن مقادیر بالای اسیدهای چرب غیر اشباع در معرض اکسایش قرار دارد. با توجه به اثرات مضر آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی توجه به عصاره‌های گیاهی افزایش یافته است. هدف از این پژوهش بررسی تاثیر پوشش‌های خوراکی بر پایه کربوکسی متیل سلولز حاوی دو آنتی‌اکسیدان طبیعی و سنتزی، بر پایداری اکسایشی دانه خوراکی کاج ایرانی بود.

مواد و روش‌ها: پوشش کربوکسی متیل سلولز (۱ درصد وزنی/حجمی) حاوی آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی عصاره سنبل‌الطیب (۰/۱ درصد وزنی/حجمی) و سنتزی آلفا توکفرول (۰/۵ درصد وزنی/حجمی) تهیه شد. پوشش‌دهی دانه‌ها به روش غوطه‌وری انجام شد. دانه‌ها بعد از پوشش‌دهی به مدت ۹۱ روز در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۳۵ درصد نگهداری شد. آزمون‌های اندازه‌گیری رطوبت، عدد پراکسید و عدد تیوباربیتریک اسید، هر هفت روز یکبار روی نمونه‌ها انجام پذیرفت.

*نویسنده مسئول: y.magsoudlou@gau.ac.ir

یافته‌ها: طی دوره نگهداری محتوی رطوبت در تمام نمونه‌های مورد بررسی افزایش یافت. میانگین محتوی رطوبت در نمونه‌های شاهد، نمونه‌های پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولز، نمونه‌های پوشش دهی شده حاوی آلفاتوکفرول و نمونه‌های پوشش دهی شده حاوی سنبل الطیب طی دوره نگهداری به ترتیب برابر ۳/۵۸، ۳/۲۵، ۳/۱۷ و ۳/۱۷ درصد بود. در پایان دوره نگهداری مقدار رطوبت در نمونه حاوی عصاره سنبل الطیب (۳/۴۷ درصد) بسیار کمتر از نمونه شاهد (۴/۳۷ درصد) بود. عدد پراکسید در تمام نمونه‌ها روند افزایشی داشت و بیشترین و کمترین میانگین عدد پراکسید طی دوره نگهداری به ترتیب مربوط به نمونه شاهد (۲۶/۳۴ میلی‌اکی والان گرم پراکسید بر کیلوگرم روغن) و نمونه‌های پوشش دهی شده که حاوی عصاره سنبل الطیب (۱۵/۰۷ میلی‌اکی والان گرم پراکسید بر کیلوگرم روغن) بودند مشاهده شد. عدد اسید تیوباریتوریک در نمونه‌های مورد بررسی طی دوره نگهداری افزایش یافت و نمونه‌های پوشش دهی شده که حاوی عصاره سنبل الطیب بودند کمترین میانگین اندیس اسید تیوباریتوریک (۱/۰ میلی‌گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم روغن) را طی دوره نگهداری داشتند.

نتیجه‌گیری: استفاده از پوشش خوراکی کربوکسی متیل سلولز حاوی عصاره سنبل الطیب به دلیل کاهش سرعت اکسیداسیون و افزایش عمر ماندگاری دانه خوراکی کاج، می‌تواند به‌عنوان نگهدارنده طبیعی با تاثیر ضداکسایشی در پوشش دهی مغزها استفاده شود. بهترین زمان نگهداری دانه کاج بر اساس مقدار استاندارد عدد پراکسید و تیوباریتوریک اسید به ترتیب ۴۲، ۶۳، ۷۷ و ۹۱ روز برای نمونه‌های شاهد، پوشش دهی شده بدون آنتی‌اکسیدان، نمونه حاوی آلفاتوکفرول و نمونه حاوی عصاره سنبل الطیب به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: اکسیداسیون چربی، پوشش خوراکی، دانه کاج، عصاره سنبل الطیب، کربوکسی متیل سلولز.

مقدمه

دانه کاج ایرانی با نام علمی *Pinus pinea* دانه‌ای خوراکی از جنس *Persian pine nut* و خانواده *Pinaceae* می‌باشد. به‌طور کلی گستردگی گونه‌های *Pinaceae* در زمین بسیار زیاد بوده و موطن اصلی درختان کاج کشورهای نواحی مدیترانه از قبیل اسپانیا، پرتغال، یونان، ایتالیا و ترکیه می‌باشند (۱۷). گونه‌های *Pinus pinea*، *Pinus longifolia* و *Pinus geradiana*، گونه‌های پایا کاج در شمال کشور هستند، که از این میان دو گونه *Pinus pinea* و *Pinus geradiana*، از ارزش تجاری بالایی برخوردار هستند (۱۲). دانه‌های کاج از گذشته تا به امروز به‌صورت خام و برشته، در غذاهای مختلف از قبیل انواع سس، دسر، نان، گوشت و سبزی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (۳۰). در سال ۲۰۱۰، سازمان غذا و کشاورزی (FAO^۱) حدود سی گونه از درختان کاج که برای مصارف انسانی مورد استفاده قرار می‌گیرند را معرفی کردند (۱۹). اهمیت درختان کاج در کشور ما به‌دلیل استفاده از چوب آن‌ها در صنایع چوب و تولید کاغذ می‌باشد و تا کنون توجه لازم به دانه این درختان به عنوان یک منبع غنی تغذیه‌ای نشده است. دانه کاج یکی از منابع مهم تغذیه‌ای است که حاوی تقریباً ۵۰ درصد چربی، ۳۰ درصد پروتئین، ۱۰ درصد کربوهیدرات و ۴ درصد خاکستر است (۳۸). دانه‌های کاج هم‌چنین حاوی ویتامین ب، پتاسیم، فسفر و مواد معدنی هستند (۱۲). مصرف دانه کاج خطر بیماری‌های قلبی را کاهش می‌دهد، زیرا بخش اعظم چربی آن از اسیدهای چرب غیراشباع به ویژه لینولئیک اسید و اولئیک اسید است (۱۲). دانه کاج با دارا بودن پوسته بسیار سخت تا حد زیادی از واکنش‌های اکسیداسیون و فساد دانه جلوگیری می‌نماید. قایل ذکر است که با شکسته شدن پوسته، واکنش‌های مربوط به فساد در دانه آغاز و در شرایط نامساعد نگهداری، دانه‌ها طی چند هفته به سرعت فاسد می‌شوند. مغزها به‌طور معمول حاوی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند که سرعت اکسید شدن چربی را کاهش می‌دهد. براساس مطالعه انجام شده دانه‌های کاج نسبت به سایر مغزهای کمترین میزان آنتی‌اکسیدان را دارند، لذا طی فرایند اکسیداسیون لیپیدی، بوهای نامطبوع ناشی از اکسایش به سرعت گسترش می‌یابد (۲۲). اکسیداسیون رادیکال‌های آزاد ترکیبات چربی ناشی از واکنش‌های زنجیره‌ای پراکسیداسیون چربی در مواد غذایی، بر سلامت مصرف کننده تأثیر نامطلوب می‌گذارند (۲۹). امروزه تحقیقات گسترده‌ای پیرامون اثرات ضد اکسایشی عصاره‌های گیاهی انجام شده است و جایگزین کردن ترکیبات طبیعی با نگهدارنده‌های شیمیایی با استقبال مصرف کنندگان و بالطبع صنایع

1. Food and Agriculture Organization

فرآوری روبرو شده است. با به کارگیری منابع گیاهی به عنوان نگهدارنده‌های طبیعی می‌توان ضمن معرفی محصولات جدید و ایمن به صنعت غذا می‌توان آسیب‌های ناشی از اکسیداسیون در مواد غذایی چرب را به حداقل ممکن رساند (۲۸).

در سال‌های اخیر توجه به فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به منظور کاهش مواد سنتزی بسته‌بندی و مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف پلاستیک‌ها افزایش یافته است (۳۵). پوشش‌های خوراکی از لیپیدها، پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها یا مخلوطی از آن‌ها تشکیل می‌شوند. آن‌ها توانایی کنترل مهاجرت گازها، رطوبت، لیپیدها و رشد میکروارگانیسم‌ها را دارا هستند و می‌توانند حامل مواد مختلفی از جمله ترکیبات ضد میکروبی، رنگ‌ها، طعم‌دهنده‌ها و مواد ضد اکسیداسیون باشند (۱۳). پوشش‌های خوراکی حاوی پلی‌ساکارید یکی از انواع پوشش‌های خوراکی هستند که می‌توانند جهت افزایش عمر ماندگاری مغزها استفاده شود. با استفاده از پوشش‌های خوراکی می‌توان از اتلاف آب، اکسیداسیون و تیره شدن سطح مغزها به مقدار قابل توجهی جلوگیری کرد (۱۴). کربوکسی متیل سلولز به عنوان یکی از مشتقات سلولز و پلی‌ساکارید طبیعی زیست تخریب پذیر می‌تواند برای پوشش‌دهی میوه‌ها و مغزها و جهت حفاظت کیفیت آن‌ها در طول دوره نگهداری استفاده شود. زیرا نفوذپذیری پائینی به اکسیژن دارد و هم‌چنین به صورت یک سد در برابر انتقال رطوبت به میوه‌ها عمل می‌کند. در این زمینه، پوشش‌های کربوکسی متیل سلولز با موفقیت به منظور افزایش عمر ماندگاری میوه‌ها و سبزی‌هایی مانند موز (۲۰)، نارنگی ماندارین (۴۲) و گواوا (۲۷) استفاده شده‌اند. هم‌چنین استفاده از این پوشش جهت افزایش عمر ماندگاری مغز پسته (۲۴ و ۳۹)، بادام زمینی (۲۳ و ۲۶)، فندق (۳۴) و دانه کاج خوراکی (۱) نیز مثبت ارزیابی شده است. با افزودن مواد ضد اکسایش در ساختار پوشش می‌توان ضمن بهبود خواص ضد اکسیداسیونی پوشش، عمر ماندگاری مواد غذایی چرب را ارتقاء بخشید. آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی نظیر بوتیلات هیدروکسی آنیزول^۱، بوتیلات هیدروکسی تولوئن^۲ و ترت بوتیل هیدروکینون^۳ یکی از راه‌کارهای محدود کننده واکنش‌های شیمیایی اکسیداسیون چربی در مواد غذایی می‌باشند. اما در هر صورت استفاده از برخی از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی به عنوان افزودنی غذایی به دلیل مسائل ایمنی غذایی محدود شده است. بنابراین استفاده از عوامل آنتی‌اکسیدانی

1. Butylated Hydroxy Anisole
2. Butylated Hydroxyl Toluene
3. Tert Buty Hydroquinone

استخراجی از منابع طبیعی از جمله عصاره‌های استخراجی گیاهی مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. تا کنون مطالعات زیادی به منظور افزایش عمر ماندگاری دانه‌های آجیلی با استفاده از پوشش‌های خوراکی حاوی عصاره‌های مختلف انجام شده است که از جمله این تحقیقات می‌توان به استفاده از پوشش حاوی عصاره چای و رزماری در افزایش عمر ماندگاری بادام زمینی (۳۱)، استفاده از عصاره گیاه کوردیا به عنوان منبع جدید در پوشش‌دهی دانه کاج (۱) و عصاره گل گاو زبان در بهبود خواص آنتی‌اکسیدانی پوشش‌های خوراکی ژلاتینی (۲) اشاره کرد. بر اساس بررسی منابع انجام شده تاکنون تاثیر پوشش‌های خوراکی کربوکسی متیل سلولزی حاوی ضداکسیداسیون‌های طبیعی عصاره سنبل الطیب و مقایسه آن با نگهدارنده سنتزی در بهبود عمر انباری دانه کاج خوراکی بررسی نشده است هدف اصلی پژوهش ارزیابی پارامترهای کیفیت دانه کاج پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولزی حاوی عصاره سنبل الطیب در طول ۹۱ روز دوره نگهداری و در شرایط دمایی تسریع شده و مقایسه آن با نگهدارنده سنتزی بود.

مواد و روش‌ها

مواد شیمیایی شامل هگزان، اسید استیک، کلروفرم، گلیسرول، نشاسته، اتانول، تیترازول تیوسولفات سدیم، پودر تیوباربتوریک اسید و بوتانول که از شرکت مرک (دارمشتات، آلمان) خریداری شد. کربوکسی متیل سلولز با وزن مولکولی ۴۱۰۰۰ گرم بر مول از شرکت کارگام پارسیان (تهران، ایران) تهیه شد. دانه کاج ایرانی مورد مطالعه در این پژوهش از مرکز فروش دانه کاج در تهران خریداری شد. دانه‌ها پس خریداری تا زمان استفاده در پلاستیک‌های تیره در یخچال و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. گیاه سنبل الطیب جنس (*Valeriana*) از مرکز گیاهان دارویی تهران خریداری شد.

روش‌ها

روش استخراج عصاره: عصاره هیدروالکلی سنبل الطیب با روش دورلینگ و همکاران (۲۰۰۷) تهیه شد. عصاره استخراجی محتوی حلال هیدروالکلی با استفاده از تبخیر کننده تحت خلاء (RV05 BASIC) حلال آن به طور کامل تبخیر شد و عصاره خالص هیدروالکلی به دست آمد. و تا زمان استفاده در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (۱۶).

روش تهیه محلول پوشش و پوشش دهی: محلول پوشش به روش تزا و کروچتا، (۲۰۰۰) تهیه و پوشش دهی با استفاده از روش بالدوین-نیسپرسون-چن وهاگنمایر (۱۹۹۶) انجام شد (۷ و ۴۳). نمونه‌ها تا رسیدن به رطوبت متوسط ۳ درصد در آون (ممرت، آلمان) با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت خشک شدند. دانه‌ها در بسته‌ها ۵۰ گرمی از جنس پلی اتیلنی با ضخامت ۱۰۰ میکرومتر و با اندازه ۱۰×۱۵ سانتی‌متری قرار داده شدند. بسته‌ها سپس به مدت ۹۱ روز در انکوباتور (کاوش مگا، ایران) با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (۴۱). تیمارهای مورد بررسی در این پژوهش در جدول آورده شده است.

جدول ۱- نمونه‌های مورد مطالعه در پژوهش حاضر

غلظت آنتی‌اکسیدان (W/V) Antioxidant concentration (W/V)	غلظت پوشش (W/V) Coating concentration (W/V)	کد تیمار Treatment code
0	0	شاهد Control
0	1	کربوکسی متیل سلولز Carboxy Methyl Cellulose
0.1	1	کربوکسی متیل سلولز + آلفا توکوفرول Carboxy Methyl Cellulose+ alphatocopherol
0.5	1	کربوکسی متیل سلولز + عصاره Carboxy Methyl Cellulose+Valeriam Extract

اندازه‌گیری اندیس پراکسید: روغن دانه‌ها به روش سرد، در تاریکی و با استفاده از حلال نرمال هگزان استخراج شد (۴۴). اندیس پراکسید به روش یدومتری و مطابق با استاندارد کمیته ملی روغن آمریکا (۲۰۰۶) با شماره ۶۳-۳d اندازه‌گیری شد (۱۸).

اندازه‌گیری عدد تیوباربتوریک اسید (TBA): عدد تیوباربتوریک اسید طبق روش (پاکرنی و دیفن بیچر، ۱۹۸۹) و به روش مستقیم کمیته ملی روغن آمریکا (AOCS) (۲۰۰۴) اندازه‌گیری شد (۳۲). آزمون‌های اندازه‌گیری رطوبت، اندیس پراکسید و عدد تیوباربتوریک اسید دانه‌ها در فواصل زمانی هفت روزه انجام شد.

1. American Oil Chemists' Society (AOCS)
2. Tio Barbituric Acid (TBA)

ارزیابی حسی: برای ارزیابی حسی نمونه‌های مختلف از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده شد و در پایان دوره نگهداری نمونه‌ها از نظر بافت، رنگ، طعم و پذیرش کلی با یکدیگر مقایسه شدند. مقدار رطوبت، خاکستر، پروتئین و چربی دانه‌ها، با استفاده از روش‌های استاندارد AOAC¹ (۲۰۰۵) به ترتیب به شماره‌های ۱۲-۹۲۶، ۰۳-۹۲۳، ۲۳-۹۹۲ و ۲۲-۹۴۸ انجام شد (۴). مقدار پروتئین با استفاده از روش میکروکجلدال (ضریب تبدیل ۶/۲۵) محاسبه گردید (۵). آنالیز آماری: آزمایش‌ها در ۳ تکرار بر پایه طرح کاملاً تصادفی با آزمایش‌های فاکتوریل انجام شد. آنالیز واریانس یک‌طرفه با استفاده از نرم‌افزار اس پی اس نسخه ۲۰ و رسم نمودارها با نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۰ انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با سطح اطمینان ۹۵ درصد و با روش آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

مقدار رطوبت، خاکستر، کربوهیدرات، پروتئین و چربی دانه کاج در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود بیش از ۵۰ درصد دانه کاج را چربی تشکیل داده است.

جدول ۲- ترکیبات تشکیل دهنده دانه کاج

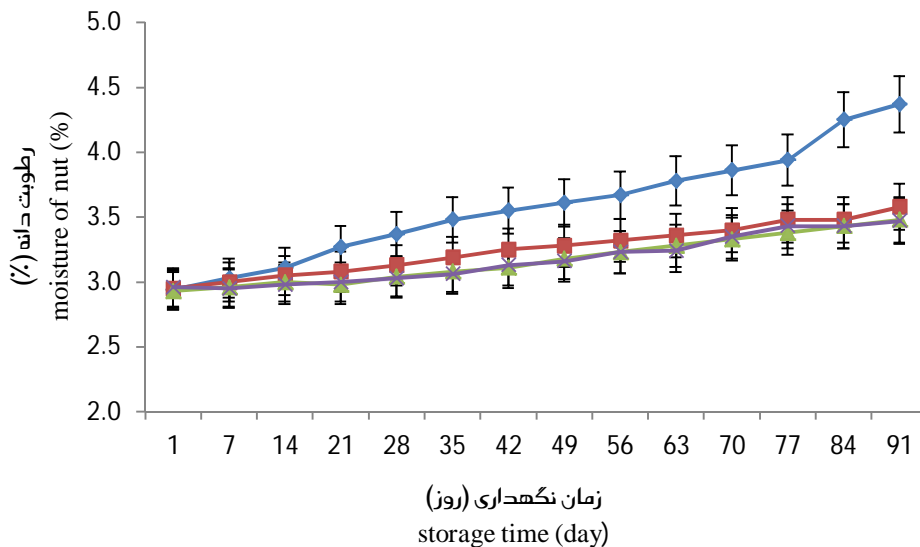
Table 2. Composition of pine nut

رطوبت (درصد)	خاکستر (درصد)	پروتئین (درصد)	کربوهیدرات (درصد)	چربی (درصد)
Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)	Carbohydrate (%)	Fat (%)
2.9±0.32	3.7±0.13	9.96±c0.52	28.8±0.12	54.6±a0.05

تأثیر پوشش‌دهی بر مقدار رطوبت: رطوبت یکی از فاکتورهای مهم و تأثیر گذار بر افزایش عمر ماندگاری و کیفیت دانه‌های آجیلی می‌باشد. با افزایش رطوبت واکنش‌های فساد در دانه تسریع می‌گردد (۱۵). شکل ۱ تغییرات رطوبت مغز دانه‌ها تحت تأثیر تیمارهای پوششی مختلف طی دوره نگهداری را نشان می‌دهد. بررسی مقدار رطوبت نمونه‌ها در طول دوره نگهداری نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار ($P \leq 0.05$) بین نمونه فاقد پوشش با نمونه‌های پوشش‌دهی شده بود. میانگین میزان جذب رطوبت در تمام نمونه‌ها طی دوره نگهداری با روند افزایشی همراه بود. میانگین محتوی

1. Association of Analytical Communities (AOAC)

رطوبت در نمونه‌های شاهد، پوشش‌دهی شده با کربوکسی متیل سلولز، پوشش‌دهی شده حاوی آلفاتوکفرول و پوشش‌دهی شده حاوی عصاره سنبل الطیب طی دوره نگهداری به ترتیب برابر ۳/۵۸، ۳/۲۵، ۳/۱۷ و ۳/۱۷ بود. مقدار رطوبت نمونه فاقد پوشش در پایان دوره نگهداری ۴/۳۷ درصد و در نمونه‌های دارای پوشش ۳/۵۸ بود. مقدار رطوبت در نمونه فاقد پوشش تا روز بیستم دوره نگهداری، اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.05$) با درصد رطوبت نمونه در روز بعد از شروع پوشش‌دهی نداشت. از هفته چهارم تا پایان دوره نگهداری به تدریج جذب رطوبت در نمونه فاقد پوشش افزایش یافت و اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.01$) با میزان رطوبت در روز اول بعد از پوشش‌دهی داشت. جذب رطوبت در نمونه‌های پوشش‌دار حاوی عصاره سنبل الطیب کمتر از سایر نمونه‌های پوشش‌دهی شده بود.



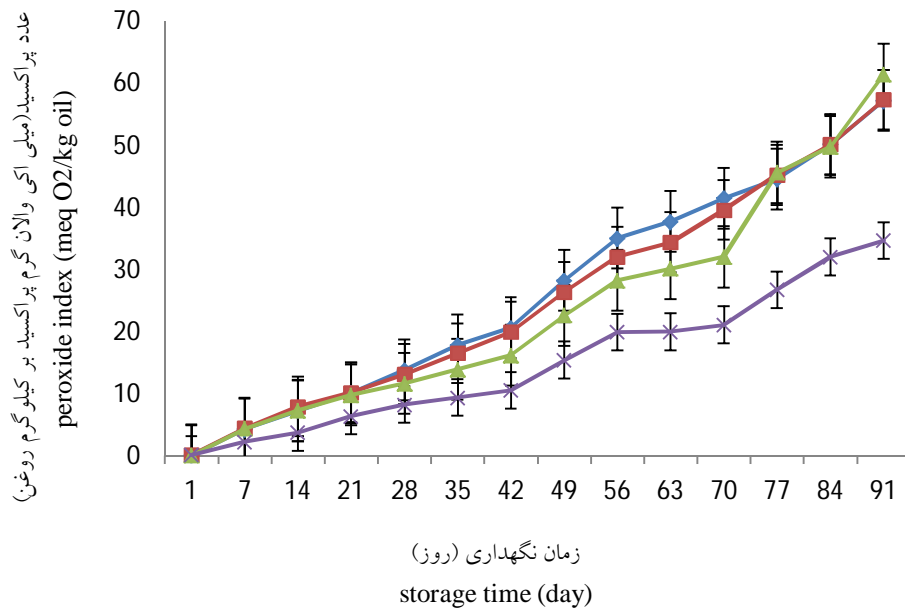
شکل ۱: تغییرات رطوبت مغز دانه‌های مختلف طی دوره نگهداری شاهد (●)، نمونه پوشش‌دهی شده با کربوکسی متیل سلولز (■)، نمونه پوشش‌دهی شده با کربوکسی متیل سلولز و آلفاتوکفرول (▲)، نمونه پوشش‌دهی شده با کربوکسی متیل سلولز و عصاره سنبل الطیب (◆)

Figure 1. Moisture content changes of different nuts during storage, Control (■), sample coated with carboxymethyl cellulose (×), sample coated with carboxymethyl cellulose and alphatocopherol (▲), sample coated with carboxymethyl cellulose and valerian extract (◆)

پوشش‌های خوراکی به صورت یک سد در برابر انتقال آب به بافت مغز دانه کاج عمل می‌کنند و با جلوگیری از ورود رطوبت به بافت ماده غذایی، از تسریع واکنش هیدرولیز لیپیدها جلوگیری می‌کنند.

پوشش دهی سطحی محصول باعث کاهش عبور مولکول‌های آب از این شبکه متراکم می‌شود و عمر ماندگاری دانه را بهبود می‌بخشد (۳۳). با افزودن عصاره سنبل‌الطیب به ترکیب پوشش تغییرات چشم‌گیری در مقدار رطوبت نمونه‌ها مشاهده نشد، با این حال مقدار جذب رطوبت در نمونه پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولز که حاوی عصاره سنبل‌الطیب بود کمتر از سایر نمونه‌ها بود. در واقع ترکیبات عصاره با بهبود خواص سدکنندگی پوشش در برابر جذب رطوبت منجر به بروز این پدیده می‌شوند (۴۰). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تاثیر فیزیکی پوشش نسبت به تاثیر شیمیایی عصاره موجود در پوشش نقش مؤثرتری در برابر جذب رطوبت داشت. این نتایج با نتایج بیفانی و رامینز (۲۰۰۷) و جعفری زاده المیری و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشت (۹ و ۲۰). هم‌چنین کلزاتو و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که وجود ترکیبات آب‌گریز در محلول جهت پوشش دهی سبب بروز خواص ممانعت‌کنندگی پوشش در برابر رطوبت می‌شود که نتایج این پژوهش با آن مطابقت داشت (۱۰). برقراری پیوند بین ملکول‌های کربوکسی متیل سلولز و ترکیباتی پلی‌فنولی دلیل اصلی کاهش نفوذپذیری در برابر رطوبت در پوشش حاوی عصاره گزارش شده است (۹).

تاثیر پوشش دهی بر عدد پراکسید: جذب رطوبت واکنش‌های اکسیداسیون چربی در دانه کاج خوراکی را تسریع می‌کند. دانه کاج حاوی ۵۱ درصد اسیدچرب دو غیر اشباعی (لینولئیک اسید) و ۳۱ درصد اسید چرب تک غیراشباعی (اولئیک اسید) است که تمایل زیادی به اکسید شدن دارند (۱۲). شکل ۲ تغییرات عدد پراکسید نمونه‌های پوشش‌دهی شده و فاقد پوشش کاج طی دوره نگهداری را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، عدد پراکسید در تمام نمونه‌ها روند افزایشی داشت و بیشترین و کمترین میانگین عدد پراکسید طی دوره نگهداری به ترتیب مربوط به نمونه شاهد (۲۶/۳۴ میلی‌اکی‌والان گرم پراکسید بر کیلوگرم روغن) و نمونه‌های پوشش دهی شده که حاوی عصاره سنبل‌الطیب (۱۵/۰۷ میلی‌اکی‌والان گرم پراکسید بر کیلوگرم روغن) بودند مشاهده شد. اندیس پراکسید نمونه فاقد پوشش تا پایان روز ۷۰ دوره نگهداری همواره بیشتر از سایر نمونه‌ها بود و بین دو نمونه پوشش‌دهی شده با کربوکسی متیل سلولز و نمونه پوشش دهی شده حاوی آلفاتوکفرول تفاوت معنی‌دار آماری ($P \leq 0.05$) وجود نداشت.



شکل ۲: تغییرات عدد پراکسید مغز دانه‌های مختلف طی دوره نگهداری شاهد (●)، نمونه پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولوز (■)، نمونه پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولوز و آلفاتوکفرول (▲)، نمونه پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولوز و عصاره سنبل الطیب (◆)

Figure 2. Peroxide value changes of different nuts during storage, Control (■), sample coated with carboxymethyl cellulose (×), sample coated with carboxymethyl cellulose and alfatocopherol (▲), sample coated with carboxymethyl cellulose and valerian extract (◆)

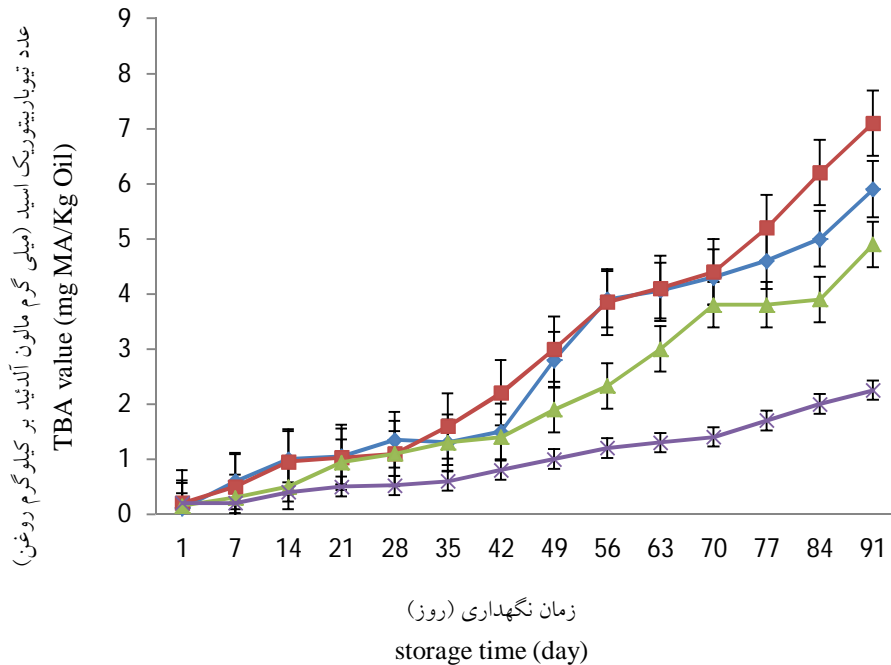
نمونه پوشش دهی شده حاوی عصاره سنبل الطیب بهترین نمونه مورد بررسی از نظر مقاومت به اکسیداسیون بود. عصاره ۰/۵ درصد سنبل الطیب با تاثیر بر رادیکال‌های آزاد، تولید پراکسید در دانه‌های پوشش دهی شده را کاهش داد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالای این عصاره به حضور ترکیبات فنولی مانند ترپنین، اسمین، کامفن و لیمونن نسبت داده شده است (۳۷). همان طوری که در شکل مشاهده می شود در انتهای دوره نگهداری، اثرات ضد اکسیداسیونی آلفاتوکفرول کاهش می یابد، در حالی که عصاره سنبل الطیب با شیب ملایم اثرات ضد اکسیداسیونی نشان داد (۲۵ و ۴۵). بر اساس گزارش محققان اثر ضد اکسیداسیونی آلفاتوکفرول در شرایط نگهداری حاوی اکسیژن و دمای بالا کاهش می یابد (۳۱) که با نتایج به دست آمده از این تحقیق مبنی بر کارایی بهتر پوشش حاوی عصاره سنبل الطیب در جلوگیری از اکسیداسیون در مقایسه با آلفاتوکفرول مطابقت داشت.

براساس نتایج این پژوهش پوشش کربوکسی متیل سلولز به تنهایی خواص ضداکسیداسیونی ضعیفی بروز داد و افزودن یک ضداکسیداسیون طبیعی یا سنتزی عمر ماندگاری محصول را بهبود بخشید. کانگ و همکاران (۲۰۱۳) و اکیف و وانگ (۲۰۰۶)، نیز نتایج مشابهی در مورد اثر ضداکسیداسیونی پوشش خوراکی حاوی آنتی‌اکسیدان طبیعی گزارش کردند که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت.

تأثیر پوشش دهی بر عدد تیوباریتوریک اسید: اندازه‌گیری عدد تیوباریتوریک اسید روشی برای تشخیص محصولات ثانویه اکسیداسیون چربی‌ها در محصولات غذایی چرب است (۳۶). محصولات ثانویه با تغییر در طعم و مزه محصول باعث ایجاد فساد و اثر نامطلوب بر ارزش تغذیه‌ای محصول خواهند داشت که بروز این پدیده استفاده از مغزها در محصولات دیگر را با مشکل مواجه می‌کند (۳). شکل ۳ تغییرات عدد تیوباریتوریک اسید در نمونه‌های مختلف دانه پوشش داده شده طی دوره نگهداری را نشان می‌دهد. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، عدد اسید تیوباریتوریک در نمونه‌های مورد بررسی طی دوره نگهداری افزایش یافت و نمونه‌های پوشش‌دهی شده که حاوی عصاره سنبل الطیب بودند کمترین میانگین اندیس اسید تیوباریتوریک (۱/۰ میلی‌گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم روغن) را طی دوره نگهداری داشتند.

اندازه‌گیری تغییرات تشکیل مالون آلدئیدها در نمونه‌های مورد بررسی در طول دوره نگهداری نشان داد، روند تشکیل ترکیبات ثانویه اکسیداسیون تقریباً مشابه تشکیل ترکیبات اولیه حاصل از اکسیداسیون است، به‌طوری‌که نمونه پوشش‌دهی شده با کربوکسی متیل سلولز که حاوی عصاره سنبل الطیب بود، کمترین میزان تشکیل ترکیبات ثانویه حاصل از اکسیداسیون را داشت. این نتایج با نتایج عیوقی و همکاران (۱۳۸۸) و عبدالحق و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد (۱ و ۶).

ارزیابی حسی: تأثیر پوشش‌های مختلف بر ویژگی‌های حسی مغز دانه‌ها در شکل ۵ نشان داده شده است. بررسی متقابل اثر پوشش و زمان نگهداری بر بافت تیمارهای مختلف نشان داد که نمونه پوشش‌دهی شده با کربوکسی متیل سلولز بالاترین امتیاز رنگی را داشت. همان‌طوری که در شکل مشاهده می‌شود، از نظر سفتی بافت بین نمونه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آماری وجود نداشت.

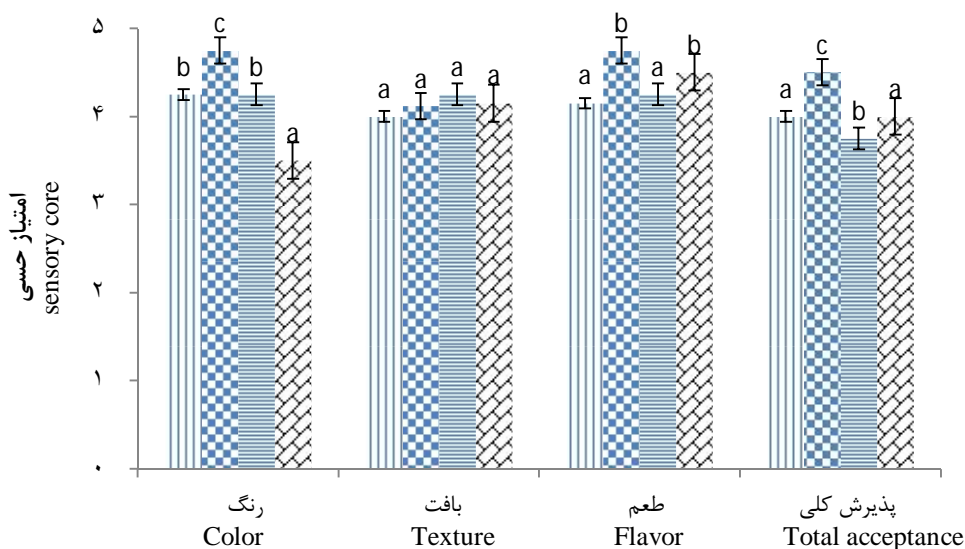


شکل ۳- تغییرات عدد اسید تیوباریتوریک مغز دانه‌های مختلف طی دوره نگهداری، شاهد (●)، نمونه پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولوز (■)، نمونه پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولوز و آلفاتوکفترول (▲)، نمونه پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولوز و عصاره سنبل الطیب (◆)

Figure 3. TBA value changes of different nuts during storage, Control (■), sample coated with carboxymethyl cellulose (×), sample coated with carboxymethyl cellulose and alfatocopherol (▲), sample coated with carboxymethyl cellulose and valerian extract (◆)

جذب رطوبت و نرم شدن بافت، تغییرات رنگی ناشی از اکسیداسیون چربی و از دست رفتن طعم و آرومای اولیه مغز، باعث کاهش پذیرش نمونه شاهد توسط ارزیابان شد. این نتایج با نتایج عبدالحق و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت داشت (۱). پوشش کربوکسی متیل سلولوز با سد کردن نفوذ اکسیژن به بافت از واکنش‌های ناخواسته اکسیداسیون و تغییر رنگ محصول جلوگیری می‌کند. این نتایج با نتایج بالدوین و وود (۲۰۰۶) مطابقت داشت. بر اساس گزارش این محققان گروه‌های دارای پوشش کربوکسی متیل سلولوز دارای درخشندگی بالا و نمونه‌های فاقد پوشش ظاهر تیره داشتند (۸). عبدالحق

و همکاران (۲۰۱۳) بیشترین پذیرش کلی را به نمونه‌های پوشش دهی شده تعلق دادند که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت (۱).



شکل ۴: ارزیابی حسی مغز دانه‌های مختلف در پایان دوره نگهداری، شاهد (|||||)، نمونه پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولوز (|||||)، نمونه پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولوز و آلفاتوکفرول (|||||)، نمونه پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولوز و عصاره سنبل الطیب (|||||)

Figure 4. Sensory evaluation of different nuts in end of storage, Control (|||||), sample coated with carboxymethyl cellulose (|||||), sample coated with carboxymethyl cellulose and alphatocopherol (|||||), sample coated with carboxymethyl cellulose and valerian extract (|||||)

نتیجه گیری

مشکل اصلی مغزهای خوراکی طی دوره نگهداری اکسیداسیون چربی است که منجر به کاهش عمر ماندگاری و ارزش تغذیه‌ای این محصولات می‌شود. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق پوشش خوراکی کربوکسی متیل سلولوز با جلوگیری از ورود رطوبت و اکسیژن به بافت و واکنش‌های فساد را در مغز به تاخیر انداخت و باعث افزایش عمر ماندگاری محصول گردید. نمونه پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولوز حاوی عصاره سنبل الطیب بهترین نمونه از نظر خصوصیات فیزیکیوشیمیایی

معرفی گردید. با توجه به ارزش غذایی بالایی این دانه با پوشش دهی این محصول آن می‌تواند در طی مدت طولانی انبارداری به‌عنوان یک میان وعده سالم تغذیه‌ای استفاده گردد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح پژوهشی ۷۳-۳۱۴-۹۲ با عنوان "اثر پوشش کربوکسی متیل سلولز حاوی عصاره سنبل‌الطیب بر افزایش عمر ماندگاری دانه کاج خوراکی" است که با حمایت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۲ اجرا شده است که بدین وسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را اعلام می‌نمائیم.

منابع

1. Abdul Haq, M., Alam, M.J. and Hasnain, A. 2013. Gum Cordia: A novel edible coating to increase the shelf life of Chilgoza. *Journal of Food Science and Technology*. 306-311.
2. Ahmadian, F., movaghati-moghadam, M. and Najafi, A. 2011. Evaluation of antioxidant Borage in gelatin coatings from fish skin. *Medical and para medical conference*. Isfahan, Iran.
3. Alasalvar, C., Shahidi, F., Ohshima, Wanasundara, U. and Yurttas, C.T. 2003. Turkish Tombul Hazelnut (*corylus avellana* L.). lipid Characteristics and Oxidative Stability. *Journal of agriculture and food chemistry*. 51:3797-3805.
4. AOAC. 2005. Official methods of analysis association of official analytical chemistry. Inc: Washington.
5. AOCS. 2004. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. Champaign: American Oil Chemists' Society. 63: 792-795.
6. Ayoughi, F., Barzegar, M., Sahari, M.A. and Naghdi-badi, H. 2009. Evaluation of Antioxidant essential oil of Anethum graveolens in soy oil and Comparison with chemical antioxidant. *Journal of medicinal plants*.. 30:71-83. (In Persian)
7. Baldwin, E.A., Nisperos, M.O. and Hagenmaier, R.D. 1996. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *Biol. Technol*. 9:151-163.
8. Chien, P., Sheu, F. and Lin, H. 2007. Coating citrus (Murcott tangor) fruit with low molecular weight chitosan increase postharvest quality and shelf life. *Journal of Food Chemistry*. 100:1160-1164.
9. Baldwin, E.A. and Wood, B. 2006. Use of edible coating preserve pecans at room temperature. *Journal of Horticulture Science* 41:188-192.
10. Bifani, V., Ramirez, C., Ihl, M., Rubilar, M., Garcia, A. and Zartitzky, N. 2007. Effects of murta (*Ugni molinae* Turcz) extract on gas and water vapor permeability

- of carboxymethylcellulose based edible films. *Lebensmittel wissenschaft and technology*. 40: 1473–1481.
11. Colzato, M., Scramin, J., Forato, L.A., Colnago, L.A., and Assis, O.B.G. 2011. NMR investigation of oil oxidation in macadamia nuts coated with zein-based films. *Journal of Food Processing and Preservation* 35:790-796.
 12. Del Nobile, M.A., Conte, A., Incoronato, A.L. and Panza, O. 2008. Antimicrobial efficacy and release kinetics of thymol from zein films. *J. of Food Engineering* 89: 57–63.
 13. Destailats, F., Cruz-Hernandez, C., Giuffrida, F. and Dionisi, F. 2010. Identification of the botanical origin of pine nuts found in food products by gas-liquid chromatography analysis of fatty acid profile. *Journal of agriculture and food chemistry*. 58: 2082-2087.
 14. Dong, K.T.H., Singh, Z. and Swinny, E.E. 2008. Edible coatings influence ripening, quality, and aroma biosynthesis in mango fruit. *Journal of agriculture and food chemistry*. 4:1361–1370.
 15. Dong, S.C. and Manjeets, C. 2004. Biopolymer based antimicrobial packaging. *Journal of Food Science and Nutrition*. 44: 223-237.
 16. Dominguez, I.L., Azuara, E., Vernon-Carter, E.J. and Beristain, C.I. 2007. Thermodynamic analysis of effect of water activity on the stability of macadamia nut. *Journal of Food Engineering* 81:566–571.
 17. Durling, N.E., Catchpole, O.J., Grey, J.B., Webby, R.F., Mitchell, K.A., Foo, L.Y., and Perry, N.B. 2007. Extraction of phenolics and essential oil from dried sage (*Salvia officinalis*) using ethanol – water mixtures. *Journal of Food Chemistry*. 101: 1417-1424.
 18. Fallour, D., Fady, B. and Lefevre, F. 1997. Study on isozyme variation in *Pinus pinea* L. Evidence for a low polymorphism. *Silvae Genetica*. 46: 201–206.
 19. Farhoosh, R., Tavakoli, J. and Haddad-Khodaparast, M.H. 2008. Chemical Composition and Oxidative Stability of Kernel Oils from Two Current Subspecies of *Pistacia atlantica* in Iran. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 85:723–729.
 20. Food and Agriculture Organization of United Nations. 2010. Faostat: Agriculture date. DOI: <http://apps.fao.org/page/collections>
 21. Jafarizadeh malmiri, H., Osman, A., Tan, C.P. and Abdulrahman, R. 2012. Effect of edible surface coatings (sodium carboxy methyl cellulose) on storage quality of berangan banana (*Musa Sapientum* CV. *Berangan*) using response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservation* 3:252-26.1
 22. Kang, H.J., Kim, S.J., You, Y.S., 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.
 23. Kornsteiner, M., Wagner, K.H. and Elmadfa, I. 2006. Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Food Chemistry*. 98: 381-387.

24. Lee, S.Y. and Krochta, J.M. 2002. Accelerated shelf life testing of whey-protein-coated peanuts analyzed by static headspace gas chromatography. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 50: 2022–28.
25. Maghsoudlou, A., Maghsoudlou, Y., Khomeiri, M. and Ghorbani, M. 2013. Evaluation of anti-fungal activity of chitosan and its effect on the moisture absorption and organoleptic characteristics of pistachio Nuts. *J. Res. Innov. Food Science and Technology*. 1(2): 87-98 (In Persian).
26. Mehmet M.O. and Derya, A. 2011. Antioxidant effect of essential oils of rosemary, clove and cinnamon on hazelnut and poppy oils. *Food Chemistry*. 129:171–174.
27. Min, S. and Krochta, J.M. 2007. Ascorbic Acid-Containing Whey Protein Film Coatings for Control of Oxidation. *Agri. Food Chem.* 55(8): 2964-9.
28. Mishra, B., Khatkar, B.S., Garg, M.K. and Wilson, L.A. 2010. Permeability of edible coatings. *J. Food Sci. Tech.* 1: 109–113.
29. O'Keefe, S.F. and Wang, H. 2006. Effects of peanut skin extract on quality and storage stability of beef products. *Meat. Sci.* 73: 278–286.
30. Omidbeygi, M. and Barzegar, M. 2007. Chemical composition and antioxidant, antibacterial and antifungal activities of the essential oils from *Bidens pilosa* Linn var *Radiata*. *Food. Control*. 12(3): 53-64. (In press)
31. Ozguven, F. and Vursavus, K. 2005. Some physical, mechanical and aerodynamic properties of pine (*Pinus pinea*) nuts. *Journal of food engineering*. 68:191-196.
32. Peter, W., Wade, Y., and Nasson-R, M. 2011. Effects of Sonication and Edible Coating Containing Rosemary and Tea Extracts on Reduction of Peanut Lipid Oxidative Rancidity. *Food and Bioprocess Technology*. 4: 107-115.
33. Pokorny, J. and Diffenbacher, A. 1989. Determination of 2-thiobarbituric acid value: Direct method. Results of a collaborative study and standardized method. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*. 61: 1165-1170.
34. Pranoto, Y., Rakshit, S. and Salokhe, V. 2005. Enhancing antimicrobial activity of chitosan films by incorporating garlic oil, potassium sorbate and nisin. *LWT-Food Science and Technology*. 38: 859-865.
35. Razavi, R., Maghsoudlou, Y., Ghorbani, M. and Alami, M. 2016. Evaluation of CMC-based coatings with thyme extract (*Thymus vulgaris*) on physiochemical reactions of fresh hazelnut. *Journal of Food Science and Technology*. 51(13): 169-180. (In Persian)
36. Ribeiro, C., Vicente, A.A., Teixeira, J.A. and Miranda, C. 2007. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology*. 44: 63–70.
37. Rui, G., Mario, E., and David, M. 2001. Suitability of the TBA method for assessing lipid oxidation in a meat system with added phenolic-rich materials. *Food chemistry*. 772-778.

38. Saatchi, A., Kadivar, M. and Soleimanzad, S. 2009. Antigungal and Antioxidant effect of ethanolic extract of valerian and Lemon balm. 18th National conference of Food science Iran.
39. Savage, G.P. 2001. Chemical composition of wallnuts (*Juglans regia* L.) grown in New Zealand. *Plants Foods Human Nutrition*. 56:75–82.
40. Sayanjali, S., Ghanbarzadeh, B. and Ghiassifar, B. 2011. Evaluation of antimicrobial and physical properties of edible film based on carboxymethyl cellulose containing potassium sorbate on some mycotoxigenic *Aspergillus* species in fresh pistachios. *Journal of Food Science and Technology*. 4:1133-1138.
41. Synowiecki, J., and Al-khateeb, N.A. 2003. Production, properties and some new application of chitin and its derivatives. *Food Science and Nutrition* 2:145–171.
42. Tavakolipour, H., Basiri, A.R. and Kalbasi, A. 2009. Effect of temperature and relative humidity on pistachio quality factors during storage time. *Iran Journal of Horticultural Science and Technology* 4:66-57.
43. Togrul, H. and Arsalan, N. 2004. Carboxymethyl cellulose from sugar beet pulp cellulose as a hydrophilic polymer in coating of mandarin. *Journal of Food Engineering* 62: 271-279.
44. Trezza, T.A., and Krochta, J.M. 2000. Color stability of edible coatings during prolonged storage. *Journal of Food Science*. 65:1166-1169.
45. Vanhanen, L.P. and Savage, G.P. 2006. The use of peroxide value as a measure of quality for walnut flour stored at five different temperatures using three different types of packaging. *Food Chemistry*. 99: 64–69.
46. Wambura, P., Yang, W. and Mwakatage, N.R. 2011. Effects of Sonication and Edible Coating Containing Rosemary and Tea Extracts on Reduction of Peanut Lipid Oxidative Rancidity. *Food and Bioprocess Technology*. 4:107-115.

Effects of carboxymethyl cellulose edible coatings with antioxidant on the oxidative stability of the edible pine nut

*Y. Maghsoudlou¹ and R. Razavi²

¹ Prof., Dept. of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

² Former M.Sc. Student., Dept. of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 2015/08/22; Accepted: 2016/05/11

Abstract

Background and objectives: Nowadays, due to the environmental problems raised by synthetic packagings, considerable attention to biodegradable and edible food packagings is increased. Edible coatings are thin layers of materials coated on the surface of food products extending the shelf life of food by providing a moisture and oxygen barrier. Edible coatings might be used as carriers of various substances, including antioxidants. Edible pine seeds are susceptible to oxidation due to high levels of unsaturated fatty acids. Antioxidants are additives added to food for preventing oxidation. Due to the harmful effects of synthetic antioxidants, attention to plant extracts has been increased. The objective of this study was to evaluate the effects of carboxy methyl cellulose (CMC) edible coatings containing natural and synthetic antioxidants on oxidative stability of Persian pine nut.

Materials and methods: Carboxy methyl cellulose coating (1% W/V) containing natural antioxidant valerian extract (1% W/V) and synthetic alpha tocopherol (0.5 W/V) were prepared. After coating, nuts were stored for 91 days in an incubator at 35°C with 35% relative humidity. The seeds were coated by the immersion method. Moisture content, peroxide and thiobarbituric acid index of samples were determined at 7 days interval.

Results: During storage, moisture content of all samples was increased. Average moisture content of control samples, seeds coated with carboxymethyl cellulose, seeds coated with carboxymethyl cellulose and alphanatocopherol and samples coated with carboxymethyl cellulose containing valerian extract were 3.58, 3.25,

*Corresponding author; y.maghsoudlou@gau.ac.ir

3.17 and 3.17% respectively. At the end of storage period moisture content of coated samples containing valerian extract (3.47%) was lower than uncoated samples (4.37%). Peroxide value in all of samples had increasing trend and the highest and the least peroxide value during storage were observed in uncoated samples (26.34 meq O₂/kg Oil) and coated samples containing valerian extract (15.07 meq O₂/kg Oil) respectively. Thiobarbituric acid values increased during storage time and coated samples containing valerian extract had the least TBA value (1 mg MA/kg Oil) during storage.

Conclusion: The use of edible coating containing valerian extract could decrease the rate of oxidation and increase the shelf life of pine nut as a natural antioxidant. According the standard amount of peroxide value and TBA index in different samples, the best time for pine nut storage were 42, 63, 77 and 91 days for samples without antioxidant, carboxy methyl cellulose with alphanatocopherol and carboxy methyl cellulose with Valerian, respectively.

Keywords: Lipid oxidation, Edible coating, Pine nut, Valerian extract, Carboxy methyl cellulose.

