



مقاله علمی-پژوهشی

بررسی تأثیر افزودن ترکیبات زیست فعال دانه‌ی کدو تخم کاغذی استخراج شده به روش حلال با کمک امواج

فراصوت بر پایداری اکسایشی گوشت گوسفند چرخ شده

فرشته نوروژی^۱، ماندانا بی مکر^{۲*}، علی گنجلو^۲، مجید امین زارع^۳

۱- کارشناس ارشد فناوری مواد غذایی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۳- دانشیار گروه بهداشت و ایمنی مواد غذایی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله : تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۳/۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۱۹	در پژوهش حاضر، بازیابی ترکیبات زیست فعال از دانه‌ی کدو تخم کاغذی با استفاده فناوری حلال به کمک امواج فراصوت تحت شرایط دامنه‌ی امواج فراصوت ۵۰ درصد، دما ۵۷ درجه سلسیوس و مدت زمان ۵۴ دقیقه انجام پذیرفت. ترکیبات فنولی عمده موجود در ترکیبات زیست فعال توسط کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا شناسایی گردید. در ادامه، تأثیر استفاده از ترکیبات زیست فعال بازیابی شده بر پایداری اکسایشی گوشت گوسفند چرخ شده در دمای یخچال به مدت ۱۵ روز مطالعه شد. مقدار پی اچ، شاخص پراکسید (PV)، شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBARS) و ارزیابی حسی نمونه‌ها در فواصل زمانی ۵ روزه مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج، ترکیبات فنولی مختلف عمدتاً شامل کوماریک اسید، سیرینجیک اسید، فرولیک اسید، کافئیک اسید، وانیلیک اسید و پروتوکاتکویک اسید در ترکیبات بازیابی شده شناسایی گردید که در میان آنها کوماریک اسید $0.17 \pm 14/36$ میلی گرم بر گرم) دارای بالاترین مقدار بود. نمونه‌ی کنترل منفی بیشترین میزان شاخص پراکسید را در تمامی روزهای نگهداری داشت. شاخص پراکسید در نمونه حاوی ترکیبات زیست فعال بازیابی شده به طور قابل توجهی کمتر از نمونه کنترل منفی و سپس نمونه حاوی ترکیب ضد اکسایش مصنوعی در طی ۱۵ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس بود. نتایج نشان داد که استفاده از ترکیبات زیست فعال دارای اثر قابل توجهی بر مقدار پی اچ، PV و TBARS نمونه‌های تیمار شده در طی ۱۵ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس است. همچنین بر اساس نتایج ارزیابی حسی، بهبود ویژگی‌های حسی شامل رنگ، بو و مقبولیت کلی در نمونه‌های حاوی ترکیبات زیست فعال در مقایسه با سایر نمونه‌ها مشاهده شد.
کلمات کلیدی: دانه‌ی کدو تخم کاغذی، ترکیبات فنولی، پایداری اکسایشی، گوشت گوسفند چرخ شده	
DOI: 10.22034/FSCT.21.146.68 * مسئول مکاتبات:	

۱-مقدمه

اکسایش لیپیدها یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر کوتاه شدن زمان ماندگاری محصولات غذایی و همچنین افت ارزش غذایی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن است. یکی از موثرترین روش‌های کنترل فرایند اکسیداسیون لیپیدها، استفاده از ترکیبات ضد اکسایش است. این ترکیبات در مقادیر کم قادر به جلوگیری و یا تا حد زیادی به تاخیر انداختن فرایند اکسیداسیون هستند [۱]. از میان صدها ترکیبی که توانایی مهار اکسیداسیون لیپیدها را دارند، فقط بخشی از آنها از نظر سلامتی برای استفاده‌ی انسان مناسب و دارای درجه‌ی خوراکی هستند [۲]. مطالعات متعدّد نشان می‌دهند که ترکیبات ضد اکسایش مصنوعی نظیر بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT^1)، بوتیل هیدروکسی آنیزول (BHA^2) و پروپیل گالات (PG^3) اثرات منفی زیادی بر سلامت سلول‌های انسانی و حیوانی دارند [۳]. به دلیل آگاهی رو به رشد مصرف کنندگان نسبت به جنبه‌های سلامتی و علاقه‌ی آنها به مصرف وعده‌های غذایی سالم، استفاده از نگهدارنده‌های طبیعی و فناوری‌های دوست‌دار محیط زیست مورد توجه قرار گرفته است [۴]. ترکیبات ضد اکسایش طبیعی ممکن است به‌طور مستقیم به محصولات غذایی اضافه شوند و یا با وارد شدن در سیستم‌های بسته‌بندی و فیلم‌های خوراکی باعث افزایش ماندگاری و کیفیت محصولات گردند [۵]. تاکنون تحقیقات متعدّدی تأثیر ترکیبات ضد اکسایش موجود در قسمت‌های مختلف گیاهان نظیر میوه‌ها، سبزی‌ها، گل‌ها، ساقه‌ها، برگ‌ها، ریشه‌ها و دانه‌ها را بر حفظ و بهبود کیفیت مدل‌های غذایی از جمله گوشت و محصولات گوشتی مورد ارزیابی و بررسی قرار داده‌اند [۶-۸].

کدو تخم کاغذی با نام علمی *Cucurbita pepo*، متعلق به خانواده کدوئیان^۱، گیاهی یکساله و تک‌پایه است. این گیاه بومی مکزیک، آمریکای شمالی و آسیای شرقی است. این گیاه دارای تعداد بالایی از دانه‌های بزرگ و خوراکی است [۹] و

[۱۰]. بر اساس مطالعات پیشین، روغن حاصل از دانه کدو تخم کاغذی منبع غنی از لینولئیک اسید (بیش از ۳۸ درصد) است. هم چنین، اسید چرب لینولئیک اسید در روغن حاصل از این دانه شناسایی شده است. لینولئیک اسید و لینولئیک اسید متعلق به اسیدچرب‌های ضروری می‌باشند که نقش تعیین کننده‌ای در حفظ سلامت انسان دارند. بدن انسان قادر به سنتز اسیدهای چرب ضروری نیست و لذا باید از طریق رژیم غذایی متعادل برای بدن تامین شوند [۴]. با توجه به ارزش بالا و قابل توجه این منبع طبیعی، متأسفانه اغلب به‌عنوان ضایعات کشاورزی و صنعتی دور ریخته می‌شوند؛ و تنها در بعضی مناطق از آنها به‌صورت برشته و بو داده شده در میان‌وعده‌ها و از روغن آنها در مصارف پخت‌وپز استفاده می‌شود. از آنجایی که امنیت غذایی چالش واقعی زمان حال و آینده است، اتلاف هر منبعی از مواد غذایی عملی نادرست است، بنابراین لازم است که فرآوری و استحصال ترکیبات ارزشمند از این دانه‌ها مورد توجه قرار گیرد. گوشت منبع اصلی پروتئین‌های با ارزش زیستی بالا در بسیاری از کشورها محسوب شده و جزء مهم رژیم غذایی انسان است. رایج‌ترین تغییر شیمیایی که باعث افت کیفیت گوشت و محصولات گوشتی می‌شود، اکسیداسیون لیپیدهای موجود در آن می‌باشد. اکسیداسیون لیپیدها و تولید محصولات اولیه و ثانویه در طی آن، باعث ایجاد اثرات منفی بر کیفیت گوشت و محصولات گوشتی نظیر تغییرات رنگ، بافت، عطر و طعم، تشکیل ترکیبات سمی، کاهش ارزش تغذیه‌ای و نیز زیان اقتصادی می‌شود. چرخ کردن گوشت یکی از روش‌های مرسوم فرآوری آن است که موجب بهبود تردی و سهولت استفاده از آن توسط مصرف کنندگان می‌شود. گوشت چرخ شده در دو گروه شامل گوشت‌های چرخ شده‌ی بدون افزودنی و حاوی انواع افزودنی تقسیم‌بندی می‌شوند. از گوشت‌های چرخ شده‌ی حاوی انواع افزودنی و نگهدارنده‌های مصنوعی جهت تولید انواع سوسیس‌ها و

3 -Propyl gallate
4- Cucurbitaceae

1 -Butylated hydroxytoluene
2 -Butylated hydroxyanisole

تولون، تیوباربتوریک اسید، تیوسولفات پتاسیم، استیک اسید، کلروفرم، یدید پتاسیم، تری فلورو استیک اسید و حلال متانول با خلوص بالا از شرکت‌های معتبر مرک آلمان و سیگما-آلد ریچ آمریکا خریداری شدند.

۲-۲- بازیابی ترکیبات زیست فعال با حلال به کمک امواج

فراصوت

به منظور انجام فرآیند بازیابی ترکیبات زیست فعال از دانه کدو تخم کاغذی توسط روش حلال به کمک امواج فراصوت (UAE⁵)، از دستگاه فراصوت پروپ با توان ورودی ۲۰۰ وات، فرکانس ۲۴ کیلوهرتز و مجهز به پروپ به شعاع ۱/۵ میلی‌متر استفاده شد. به منظور انجام فرآیند بازیابی، مقدار ۵ گرم از نمونه‌ی آماده شده با ۶۰ میلی‌لیتر از حلال اتانول با رعایت نسبت ۱ به ۱۲ وزنی/ حجمی مخلوط شد. بر اساس نتایج حاصل از آزمایشات و مطالعات اولیه، شرایط اجرایی فرایند به صورت دامنه‌ی امواج فراصوت ۵۰ درصد، دما ۵۷ درجه سلسیوس، مدت زمان اعمال امواج فراصوت ۵۴ دقیقه و دوره کاری ۱۰۰ درصد تنظیم گردید. پس از انجام فرآیند بخش جامد و مایع با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴ از هم جدا شدند. در ادامه، جداسازی حلال به وسیله‌ی دستگاه تبخیرکننده‌ی چرخان تحت خلأ در دمای ۴۵ درجه سلسیوس انجام گرفت. سپس ترکیبات زیست فعال به دست آمده تا زمان انجام آزمون‌های بعدی در دمای ۱۸- درجه‌ی سلسیوس نگهداری شدند.

۲-۳- آماده‌سازی نمونه‌های گوشت

جهت بررسی تأثیر ترکیبات زیست فعال دانه‌ی کدو تخم کاغذی بر فرایند اکسیداسیون گوشت گوسفند چرخ شده، ابتدا گوشت چرخ شده به سه قسمت مساوی تقسیم شد. سه نمونه شامل C، pepo: حاوی ترکیبات زیست فعال با رعایت غلظت ۱ درصد (وزنی/ وزنی)، BHT: حاوی ترکیب ضد اکسایش مصنوعی بوتیل هیدروکسی تولون با رعایت ۰/۱ درصد (وزنی/ وزنی) به عنوان نمونه‌ی کنترل مثبت و C: نمونه فاقد هرگونه نگهدارنده (با منشأ طبیعی و یا مصنوعی)

محصولات گوشتی استفاده می‌شود. قطعات کوچک گوشت که در برش‌های اولیه و ثانویه‌ی لاشه ایجاد می‌شوند و نیز قسمت قلوه‌گاه، از رایج‌ترین منابع گوشتی جهت تولید گوشت چرخ شده می‌باشد [۱۱]. در طی فرآیند چرخ کردن، غشای سلولی آسیب دیده و لیپیدهای غشاء با ترکیبات پرواکسیدان نظیر یون‌های فلزی مخلوط می‌شوند. هم‌چنین دما در حین چرخ شدن افزایش می‌یابد و اکسیژن به عنوان یکی از عوامل اصلی اکسیداسیون به میزان بیشتری در گوشت چرخ شده جای می‌گیرد و در نتیجه‌ی آن امکان واکنش‌های اکسیداسیون بیشتر می‌شود [۱۲].

در این مطالعه، ابتدا به بررسی وجود ترکیبات زیست فعال فنولی موجود در عصاره دانه‌ی کدو تخم کاغذی استخراج شده به روش حلال با کمک امواج فراصوت پرداخته شده است. سپس، امکان استفاده از ترکیبات زیست فعال به دست آمده جهت به تعویق انداختن اکسیداسیون لیپیدها در گوشت گوسفند چرخ شده مورد ارزیابی قرار گرفته است و با تأثیر ترکیب ضد اکسایش مصنوعی بوتیل هیدروکسی تولون مقایسه شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

دانه‌های کدو تخم کاغذی به صورت ارگانیک، تمیز و خشک (با رطوبت معادل $7/46 \pm 0/21$ درصد) از پژوهشگاه فناوری‌های نوین زیستی دانشگاه زنجان خریداری و سپس داخل فریزر (۱۸- درجه سلسیوس) نگهداری شدند. دانه‌ها قبل از انجام آزمایش، توسط دستگاه آسیاب آزمایشگاهی خرد و سپس با الک به شماره مش ۱۸ تعیین اندازه شدند. گوشت قلوه‌گاه گوسفند پس از خریداری در پوششی از یخ به آزمایشگاه منتقل شد. گوشت بعد از شستشو به تکه‌های کوچک تقسیم شده و سپس دو مرتبه به وسیله‌ی دستگاه چرخ گوشت (Kenwood، MG 700، چین) چرخ شد. گوشت آماده شده تا زمان انجام آزمایش در یخچال (4 ± 1 درجه سلسیوس) نگهداری شد. تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش نظیر پرکلریک اسید، بوتیل هیدروکسی

حجم تیوسولفات پتاسیم مصرفی نمونه (میلی لیتر) و m : وزن نمونه (کیلوگرم) می باشد.

۲-۶- اندازه گیری شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBARS^۸)

شاخص تیوباربیتوریک اسید طبق روش امین زارع و همکاران (۲۰۱۵) با کمی اصلاحات اندازه گیری شد. برای این منظور، مقدار ۱۰ گرم نمونه به همراه ۳۵ میلی لیتر پرکلریک اسید (۴ درصد) و ۱ میلی لیتر BHT (۰/۵ درصد) به مدت ۱ دقیقه بوسیله ی ورتکس همگن شد. مخلوط بعد از سانتریفیوژ (۸۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه) با کاغذ صافی فیلتر شد. محلول صاف شده با پرکلریک اسید به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد. ۵ میلی لیتر از این محلول به همراه ۵ میلی لیتر معرف تیوباربیتوریک اسید (۰/۰۲ مولار) در لوله آزمایش ریخته شد و در بن ماری با دمای ۸۵ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت قرار داده شد. بعد از سرد شدن محلول، جذب نمونه در ۵۳۲ نانومتر اندازه گیری شد. داده ها بر حسب میلی گرم مالون دی آلدید (MDA^۹) بر کیلوگرم بیان شدند [۱۵].

۲-۷- اندازه گیری پی اچ

برای اندازه گیری پی اچ مقدار ۱۰ گرم نمونه با ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر هموزن گردید و سپس پی اچ با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال اندازه گیری شد [۴].

۲-۸- بررسی ویژگی های حسی

ارزیابی حسی توسط ۲۰ نفر از دانشجویان و کارمندان گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه زنجان با در نظر گرفتن سه شاخص رنگ، بو و مقبولیت کلی تحت شرایط مشابه نور و دمایی به وسیله پرسش نامه هدونیک نه نقطه ای انجام پذیرفت.

۲-۹- طرح آزمایشات و تجزیه و تحلیل آماری

داده های تجربی به روش تجزیه و تحلیل واریانس با استفاده از مدل خطی تعمیم یافته و مقایسه میانگین ها به روش آزمون توکی در سطح اطمینان ۹۵ درصد به کمک نرم افزار Minitab Version 14.0 (Minitab Inc. State College, PA,

به عنوان نمونه کنترل منفی در نظر گرفته شد. تمامی نمونه ها در پوششی از جنس پلی اتیلن به مدت ۱۵ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری و آزمون های مربوطه در فواصل زمانی ۵ روزه انجام شدند.

۲-۴- شناسایی ترکیبات فنولی عمده

به منظور شناسایی کمی و کیفی ترکیبات فنولی عمده موجود در ترکیبات زیست فعال به دست آمده از دانه کدو تخم کاغذی از دستگاه کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا (HPLC^۶) مجهز به آشکارساز ماوراء بنفش- مرئی استفاده شد. جداسازی توسط ستون معکوس C18 (۲۵ سانتی متر، ۴/۶ میلی متر، ۵ میکرومتر) صورت گرفت. فاز متحرک شامل حلال A (تری فلورو استیک اسید با pH ۲/۵) و حلال B (متانول) بودند. عملیات شستشو با سرعت جریان ۱ میلی لیتر در دقیقه انجام شد. تمامی محلول های آماده شده و نمونه، ابتدا از فیلتر ۰/۴۵ میکرومتر عبور داده شد و سپس به دستگاه تزریق شدند. ترکیبات فنولی عمده مطابق با زمان ماند در برابر ترکیبات استاندارد شناسایی شدند و اندازه گیری کمی از طریق محاسبه ناحیه زیر پیک مربوطه صورت پذیرفت [۱۳].

۲-۵- اندازه گیری شاخص پراکسید (PV^۷)

جهت اندازه گیری شاخص پراکسید، ابتدا مقدار ۲ گرم نمونه به همراه ۳۰ میلی لیتر از محلول استیک اسید - کلروفرم (۲:۳ حجمی/حجمی) و ۰/۵ میلی لیتر یدید پتاسیم اشباع مخلوط شد. بعد از ۱ دقیقه تاریکی، ۳۰ میلی لیتر آب و ۰/۵ میلی لیتر چسب نشاسته اضافه شد. این محلول با تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال تیترو شد. به محض تغییر رنگ محلول، تیتراسیون متوقف شد. میزان شاخص پراکسید بر حسب میلی اکی والان اکسیژن فعال در کیلوگرم با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد [۱۴].

$$PV = \frac{(V_2 - V_1) \times C \times 1000}{m} \quad \text{رابطه ۱:}$$

در این رابطه، C: غلظت تیوسولفات پتاسیم (مول بر لیتر)، V_1 : حجم تیوسولفات پتاسیم مصرفی شاهد (میلی لیتر)، V_2 :

^۸ Thiobarbituric acid reactive substances

^۹ Malondialdehyde

^۶ High-performance liquid chromatography

^۷ Peroxide value

USA) تجزیه و تحلیل آماری شدند. برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل نسخه ۲۰۱۳ استفاده شد. تمام آزمایشات با حداقل سه تکرار صورت پذیرفت و داده‌ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار گزارش گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ترکیبات فنولی عمده در ترکیبات زیست فعال

ترکیبات زیست فعال به دست آمده از دانه کدو تخم کاغذی توسط دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا تعیین گردید. بر اساس نتایج، شش نوع از انواع اسیدهای فنولیک شناسایی شدند که عمدتاً شامل کوماریک اسید ($0.17 \pm$ میلی گرم بر گرم)، سیرینجیک اسید (0.12 ± 10.10 میلی گرم بر گرم)، فرولیک اسید (0.13 ± 9.95 میلی گرم بر گرم)، کافئیک اسید (0.11 ± 6.55 میلی گرم بر گرم)، وانیلیک اسید (0.10 ± 6.28 میلی گرم بر گرم) و پروتوکاتکویک اسید (0.12 ± 2.34 میلی گرم بر گرم) می باشد. در مطالعه‌ی انجام شده توسط رزیگ و همکاران (۲۰۱۲)، تمامی ترکیبات فنولی شناسایی شده در پژوهش حاضر در دانه‌ی کدو (*Cucurbita maxima*) نیز شناسایی شده است؛ با این تفاوت که این ترکیبات در سطوح کمتری گزارش شده‌اند [۱۶]. اختلاف بین نتایج کمی آنها با نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر می تواند ناشی از اختلاف در واریته، شرایط آب و هوایی، درجه رسیدگی و همچنین نوع روش استخراج باشد [۱۷]. ترکیبات فنولی به عنوان متابولیت‌های ثانویه در مقادیر اندک در گیاهان تولید می شوند که نقش‌های مهمی را در سیستم‌های دفاعی و سلامت آنها ایفا می کنند. فواید ناشی از ترکیبات فنولی نه تنها شامل حال اندامواره^{۱۰} تولیدکننده‌شان می شود، بلکه اگر در رژیم‌های غذایی گنجانده شوند؛ اثرات متعددی در بهبود سلامت، تندرستی و طول عمر انسان دارند. ترکیبات فنولی دارای خواص ضد میکروبی، ضد التهابی و ضد رادیکالی بالایی هستند. این ترکیبات از یک یا چند حلقه آروماتیک تشکیل شده اند و دارای یک یا چند استخلاف از هیدروکسیل می باشند [۵].

همچنین، در میان بسیاری از روش‌های به کار برده شده برای کنترل اکسیداسیون، استفاده از ضد اکساینده‌ها مؤثرترین، مناسب‌ترین و به صرفه‌ترین روش می باشد [۱۸]. لذا در سال‌های اخیر تمایل محققان به شناسایی ترکیبات ضد اکسایش طبیعی و جایگزین کردن آنها به جای ترکیبات ضد اکسایش مصنوعی رو به افزایش می باشد [۱]. هم چنین، از روش استخراج حلال به کمک امواج فراصوت به صورت موفقیت آمیزی برای بازیابی ترکیبات زیست فعال با ویژگی ضد اکسایش از دیگر منابع گیاهی نظیر زولنگ [۱۹]، دانه شنبلیله [۲۰]، هندوانه زمستانی [۲۱] و سیر [۲۲] استفاده شده است. طبق نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر، ترکیبات به دست آمده از دانه‌ی کدو تخم کاغذی توسط روش حلال به کمک امواج فراصوت منبع غنی از ترکیبات ارزشمند فنولی است که در ادامه نتایج استفاده از آن به عنوان نگهدارنده طبیعی در محصولات گوشتی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۳-۲- ارزیابی تغییرات pH

میزان pH گوشت، منعکس کننده گلیکولیز پس از ذبح و معیاری مهم برای تعیین کیفیت گوشت می باشد. هم چنین مقدار pH، به عنوان شاخص مهمی در تعیین پیشرفت فساد ماندگاری محصولات گوشتی مورد استفاده قرار می گیرد [۱]. در پژوهش حاضر، میزان pH در نمونه‌های مختلف آماده شده شامل نمونه C (نمونه فاقد هر گونه افزودنی)، نمونه C. pepo (حاوی ترکیبات زیست فعال) و نمونه BHT (حاوی BHT به عنوان ترکیب ضد اکسایش مصنوعی) در فواصل زمانی ۵ روزه به مدت ۱۵ روز در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس مورد ارزیابی قرار گرفتند و نتایج آن در شکل ۱ آورده شده است. مطابق نتایج حاصل استفاده از ترکیبات زیست فعال به دست آمده از دانه‌ی کدو تخم کاغذی و BHT تأثیر معناداری بر میزان pH نمونه‌های گوشت گوسفند چرخ شده داشته است ($p < 0.05$). در اولین روز مطالعه، میزان pH تمامی نمونه‌ها در دامنه‌ی ۵/۶۷ تا ۵/۷۱ متغیر بود که با نتایج به دست آمده توسط عمادزاده و همکاران (۱۳۹۰) مطابقت دارد [۲۳].

($p < 0.05$) سبب کنترل روند افزایشی در تغییرات pH شده است. در روز پانزدهم دوره نگهداری سرد تفاوت معناداری ($p < 0.05$) در مقدار pH نمونه حاوی ترکیبات زیست فعال بازپایی شده از دانه‌ی کدو تخم کاغذی (0.01 ± 0.52) و نمونه کنترل (0.04 ± 0.95) وجود داشت. این یافته‌ها حاکی از اثر مطلوب و موفقیت آمیز استفاده از ترکیبات زیست فعال به دست آمده از دانه‌ی کدو تخم کاغذی جهت کنترل روند افزایشی پی اچ در طول دوره نگهداری بود. افزایش میزان pH را می‌توان ناشی از تجمع ترکیبات قلیایی نیتروژن دار (مانند آمونیاک و تری‌متیل‌آمین) که در نتیجه فعالیت‌های میکروبی و آنزیم‌های موجود در طی نگهداری محصول تولید می‌شوند، دانست [۲۴]. نتایج مشابهی توسط انصاریان و همکاران (۲۰۲۲) گزارش شده است.

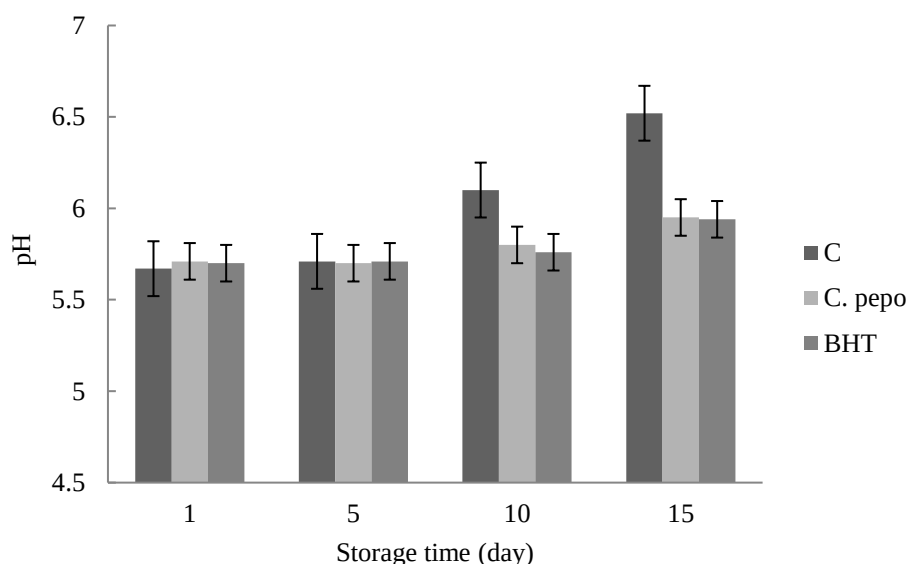


Fig 1. Effect of bioactive compounds on pH changes during cold storage

است. در پژوهش حاضر، در آغاز دوره نگهداری مقدار این شاخص در دامنه ۲/۲۳ تا ۲/۴۰ میلی‌اکی والان اکسیژن فعال بر کیلوگرم تعیین گردید. نتایج نشان داد که شاخص پراکسید با شدت‌های مختلف بسته به نوع نمونه (کنترل، حاوی ترکیبات زیست فعال بازپایی شده و حاوی ترکیب ضد اکسایش BHT) در اوایل دوره نگهداری افزایش و سپس در اواخر دوره نگهداری به تدریج کاهش یافته است. بیشینه‌ی عدد پراکسید در تمامی نمونه‌ها در روز دهم نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس مشاهده شده است. تغییرات

سپس، به تدریج با سپری شدن مدت زمان نگهداری مقدار آن با شدت‌های مختلف وابسته به نوع تیمار افزایش یافت. بر اساس نتایج، بیشترین شدت افزایشی در نمونه C مشاهده گردید، در حالی که در نمونه‌های BHT و C. pepo روند افزایشی به صورت ملایم و کنترل شده‌تر بود و اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین آنها در پایان دوره نگهداری مشاهده نگردید. همانطور که پیشتر اشاره گردید، ترکیب BHT به عنوان یک ترکیب ضد اکسایش مصنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مطالعه‌ی حاضر، نمونه‌های دارای این ترکیب در مقایسه با نمونه کنترل منفی اثر مثبتی روی مهار تغییرات pH گوشت در طول دوره نگهداری سرد نشان دادند.

لازم به ذکر است که استفاده از ترکیبات زیست فعال بازپایی شده از دانه‌ی کدو تخم کاغذی به صورت معناداری

۳-۳- ارزیابی شاخص پراکسید

شاخص پراکسید به طور گسترده‌ای برای اندازه‌گیری کیفیت تازگی گوشت و فرآورده‌های گوشتی استفاده می‌شود. این شاخص میزان تشکیل محصولات اولیه‌ی اکسیداسیون لیپیدها (هیدروپراکسیدها) را نشان می‌دهد [۲۵]. در پژوهش حاضر، شاخص پراکسید نمونه‌های آماده شده در فواصل زمانی ۵ روزه و به مدت ۱۵ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس مورد ارزیابی قرار گرفتند و نتایج آن در شکل ۲ آورده شده

شاخص پراکسید در طول زمان در ارتباط با مکانیسم اکسیداسیون لیپیدها است؛ اکسیداسیون لیپیدها معمولاً در سه مرحله‌ی آغاز (تشکیل رادیکال‌های آزاد)، انتشار (افزایش سریع هیدروپراکسیدها) و پایان (تشکیل محصولات غیر رادیکالی) رخ می‌دهد [۱]. گزارشات دیگری نیز در ارتباط با افزایش اولیه‌ی شاخص پراکسید در گوشت خام و سپس کاهش ثانویه‌ی آن در طی مدت زمان نگهداری وجود دارد [۲۵ و ۲۶]. افزایش شاخص PV بیانگر پیشرفت تولید پراکسیدها و هیدروپراکسیدها به عنوان محصولات اولیه اکسیداسیون لیپیدها در طول نگهداری است. از طرفی، با سپری شدن زمان نگهداری، هیدروپراکسیدها با دیگر متابولیت‌ها نظیر کتون‌ها، آلدهیدها، پروتئین‌ها و اپوکسیدها واکنش می‌دهند [۱ و ۲۵].

با توجه به نتایج، نمونه‌ی C بیشترین میزان شاخص پراکسید را در تمامی روزهای نگهداری داشته است. شاخص پراکسید در نمونه حاوی ترکیبات زیست فعال بازیابی شده از دانه‌ی کدو تخم کاغذی به‌طور قابل توجهی کمتر از نمونه کنترل منفی در طی ۱۵ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس بود. بر اساس نتایج حاضر، شاخص پراکسید نمونه کنترل مثبت در تمامی روزهای نگهداری، تفاوت چشمگیری با نمونه حاوی ترکیبات زیست فعال حاصل از دانه‌ی کدو تخم کاغذی نداشت که این امر بیانگر توانایی قابل توجه ترکیبات زیست فعال طبیعی در رقابت با ترکیب ضد اکسایش مصنوعی BHT جهت مهار فساد اکسیداتیو نمونه‌های گوشت آماده شده می‌باشد. میزان شاخص پراکسید در نمونه‌ی حاوی ترکیبات زیست فعال بازیابی شده برخلاف نمونه کنترل منفی، افزایش ملایم‌تری را طی ۱۰ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس نشان داد که نشان‌دهنده‌ی تعویق در شروع تندی اکسیداتیو و گسترش آن است. علت افزایش شاخص پراکسید، تشکیل هیدروپراکسید و پیشرفت اکسیداسیون لیپیدها در طی مدت زمان نگهداری است. گوشت چرخ شده

در برابر اکسیداسیون بسیار حساس است. زیرا فرآیند چرخ کردن یا ریز شدن گوشت باعث آسیب به غشای عضلانی شده و لیپیدهای غشاء را در معرض اکسید شدن قرار می‌دهد. در طی این فرآیند، واکنش بین پرواکسیدان‌های داخلی و خارجی (مثل اکسیژن هوا، آنزیم‌ها و پروتئین‌های فلزی حاوی مس، روی و فلزات سنگین و رنگدانه‌های هم حاوی آهن) و اسیدهای چرب غیراشباع تسهیل می‌شود که نتیجه‌ی آن، تولید رادیکال‌های آزاد و انتشار واکنش‌های اکسیداتیو است [۲۷]. هیدروپراکسیدهای تشکیل شده در نمونه‌ها وقتی تحت تأثیر انواع مختلفی از پرواکسیدان‌ها (مانند دما، نور و یون‌های فلزی) قرار می‌گیرند، تجزیه می‌شوند و بدین ترتیب محصولات ثانویه اکسیداسیون لیپیدها تشکیل می‌شوند [۲۸]. بنابراین کاهش در شاخص پراکسید نمونه‌ها با تجزیه‌ی هیدروپراکسیدها مرتبط است. طبق نتایج بدست آمده، افزودن ترکیبات زیست فعال دانه‌ی کدو تخم کاغذی به گوشت خام موجب مهار اکسیداسیون لیپیدها گردید که می‌تواند ناشی از حضور ترکیبات فنولی در ترکیبات زیست فعال به دست آمده از دانه‌ی کدو تخم کاغذی باشد. در مطالعات مختلف اثرات ضد رادیکالی ترکیبات فنولی به صورت وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است [۱۳]. فعالیت ضد اکسایشی ترکیبات فنولی به دلیل توانایی آنها در مهار رادیکال‌های آزاد، اهدای اتم‌های هیدروژن یا الکترون‌ها و یا چلاته کردن کاتیون‌های فلزی و اکسیژن یگانه است. ترکیبات فنولی به دلیل وجود حلقه‌های بنزوئیدی آب‌گریز و توانایی ایجاد پیوند هیدروژنی توسط گروه‌های هیدروکسیل، می‌توانند واکنش شدیدی با پروتئین‌ها برقرار کنند و از همین رو آنها توانایی مهار بعضی از آنزیم‌های درگیر در تولید رادیکال را دارند [۲۹]. نتایج مشابهی توسط روشی نشاط و همکاران (۲۰۲۲) پیرامون تأثیر مثبت استفاده از ترکیبات زیست فعال حاصل از برگ به لیمو بر مهار شاخص پراکسید گوشت ماهی در طول نگهداری سرد گزارش شده است [۱].

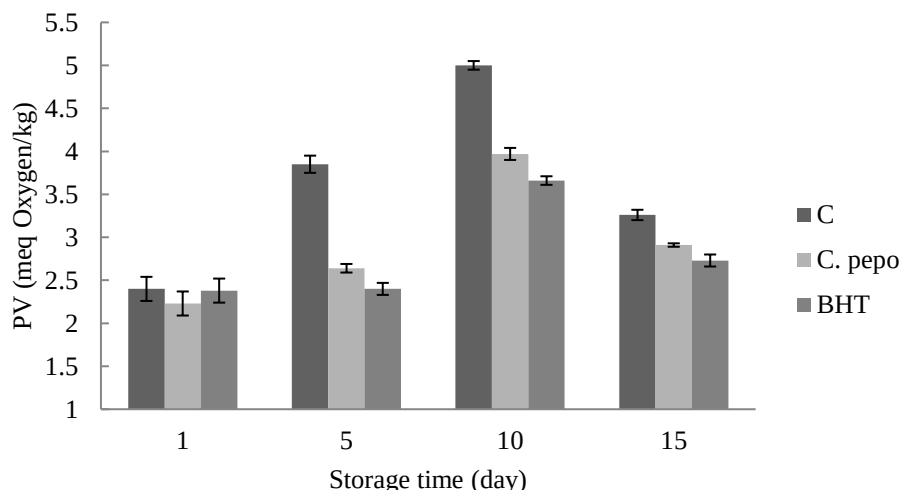


Fig 2. Effect of bioactive compounds on PV changes during cold storage

شاخص تیوباربیتوریک اسید در نمونه های دارای ترکیبات زیست فعال حاصل از دانه کدو تخم کاغذی مشاهده گردید. از آنجایی که شاخص تیوباربیتوریک اسید میزان تشکیل محصولات ثانویه اکسیداسیون لیپیدها را نشان می دهد؛ می توان نتیجه گرفت که افزودن ترکیبات زیست فعال دانه ی کدو تخم کاغذی موجب مهار اکسیداسیون لیپیدها می شود. مهار اکسیداسیون لیپیدها می تواند در ارتباط با محتوای فنولی و فعالیت ضد رادیکالی ترکیبات زیست فعال بازیابی شده از دانه ی کدو تخم کاغذی باشد. ترکیبات ضد اکسایش (طبیعی و مصنوعی) با مهار اکسیداسیون لیپیدها مانع تشکیل مولکول های کوچک مالون دی آلدئید و کاهش قابل توجه شاخص تیوباربیتوریک اسید نسبت به نمونه C شده اند.

نتایج حاصل از پژوهش صورت گرفته توسط بانرجی و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که ناگت گوشت بز حاوی BHT (میزان ۱۰۰ پی پی ام) و ناگت گوشت بز حاوی عصاره ی بازیابی شده از پودر بروکلی توسط حلال آب به میزان ۲ درصد تفاوت معناداری با یکدیگر از لحاظ میزان تشکیل مواد واکنش پذیر با تیوباربیتوریک اسید (مالون دی آلدئید) در طی مدت ۱۶ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس نداشتند. نمونه ی کنترل منفی حاوی بیشترین میزان مالون دی آلدئید در طی مدت نگهداری بود [۷]. نتایج پژوهش یو و همکاران (۲۰۱۰) با موضوع بررسی ظرفیت ضد اکسایشی عصاره بازیابی شده از پوست بادام زمینی با استفاده از حلال اتانول بر پایداری اکسایشی گوشت گاو پخته نشان داد که

۳-۴- ارزیابی شاخص تیوباربیتوریک اسید

شاخص تیوباربیتوریک اسید نشان دهنده ی میزان محصولات ثانویه اکسیداسیون نظیر مالون دی آلدئید می باشد. از این رو سنجش این شاخص به عنوان معیار مهمی برای ارزیابی درجه اکسیداسیون و فساد تند شدن چربی در نظر گرفته می شود [۳۰]. در پژوهش حاضر، شاخص تیوباربیتوریک اسید نمونه های آماده شده در فواصل زمانی ۵ روزه و به مدت ۱۵ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس مورد ارزیابی قرار گرفتند و نتایج آن در شکل ۳ آورده شده است. بر اساس نتایج، شاخص تیوباربیتوریک اسید در هر سه نوع تیمار آزمایشی شامل نمونه C (نمونه فاقد هر گونه افزودنی)، نمونه C. pepo (حاوی ترکیبات زیست فعال) و نمونه BHT (حاوی BHT به عنوان ترکیب ضد اکسایش مصنوعی) به طور معناداری ($p < 0.05$) طی ۱۵ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس افزایش یافت و در نمونه C به مقدار 1.53 ± 0.03 میلی گرم مالون آلدئید در کیلوگرم رسید. در حالی که، سرعت افزایش آن در نمونه های BHT و C. pepo کمتر بود. در تمام روزهای نگهداری، نمونه C بیشترین میزان شاخص تیوباربیتوریک اسید را داشته است. در روز ۱۵ نگهداری، همزمان با کاهش میزان شاخص پراکسید در هر سه نمونه به دلیل تجزیه هیدروپراکسیدها، میزان شاخص تیوباربیتوریک اسید در آنها به بیشینه ی مقدار خود رسیده است. بررسی مقایسه ای بین تیمارهای مختلف نشان داد که کمترین مقدار

گزارش شده است [۲۶]. در مطالعه‌ای دیگر، فلاوو و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی تأثیر ترکیبات ضد اکسایش حاصل از برگ مورینگا اولیفا بر پایداری اکسایشی گوشت گاو چرخ شده در نگهداری سرد پرداختند. آنها نیز دریافتند که اضافه نمودن ترکیبات ضد اکسایش طبیعی (۰/۵ گرم بر کیلوگرم) به صورت معناداری ($p < 0/05$) باعث کنترل شاخص در مقایسه با نمونه‌های کنترل و حاوی BHT گردید.

افزایش ملایم میزان شاخص پراکسید در نمونه‌های حاوی عصاره‌ی پوست بادام زمینی و نمونه حاوی ترکیب ضد اکسایش مصنوعی در ابتدای دوره نگهداری، می‌تواند در ارتباط با توانایی مهار رادیکال‌های آزاد و چلاته کردن فلزات توسط ترکیبات مذکور باشد. در این پژوهش به‌طور مشابهی سرعت افزایش میزان شاخص تیوباربتوریک اسید در نمونه‌های حاوی عصاره پوست بادام زمینی و نمونه حاوی ترکیب ضد اکسایش مصنوعی ملایم‌تر از نمونه‌ی کنترل منفی

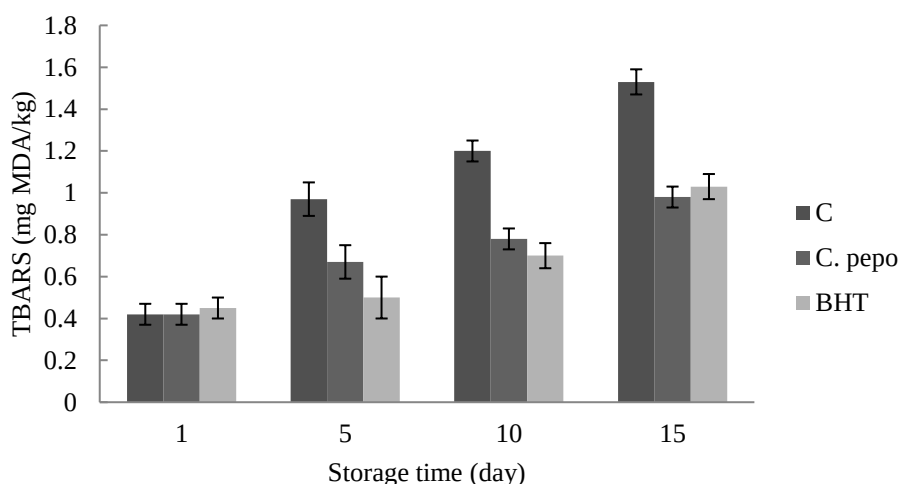


Fig 3. Effect of bioactive compounds on TBARS changes during cold storage

ترکیبات زیست فعال بازیابی شده باشد. اما با گذشت زمان و در روز دهم نگهداری، نمونه‌ی حاوی ترکیبات زیست فعال و در روز ۱۵ نگهداری، همان نمونه به همراه نمونه‌ی حاوی ضد اکسایش مصنوعی BHT امتیاز بیشتری را از لحاظ ویژگی رنگ در مقایسه با نمونه‌ی کنترل منفی کسب کردند. رادیکال‌های آزاد تشکیل شده در طی فرآیند اکسیداسیون لیپیدها، منجر به اکسید شدن اتم آهن درون گروه هم و تسریع تبدیل اکسی میوگلوبین^{۱۱} به مت میوگلوبین^{۱۲} می‌شوند؛ در نتیجه اثرات نامطلوبی از این طریق بر رنگ محصولات گوشتی ایجاد می‌شود [۴]. ترکیبات زیست فعال دانه‌ی کدو تخم کاغذی موجب بهبود رنگ نمونه در روزهای ۱۰ و ۱۵ نگهداری نسبت به نمونه کنترل شده است؛ این نتیجه می‌تواند در ارتباط با مهار رادیکال‌های آزاد و در نتیجه جلوگیری از تشکیل و تجمع مت میوگلوبین باشد [۳۲]. بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی ویژگی بو، افزودن ترکیبات

۳-۵- ارزیابی ویژگی‌های حسی

در این پژوهش به‌منظور بررسی میزان پذیرش محصول ارزیابی ویژگی‌های حسی شامل رنگ، بو و مقبولیت کلی در فواصل زمانی ۵ روزه طی ۱۵ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس برای تمام تیمارها شامل نمونه C (نمونه فاقد هر گونه افزودنی)، نمونه C. pepo (حاوی ترکیبات زیست فعال) و نمونه BHT (حاوی BHT به‌عنوان ترکیب ضد اکسایش مصنوعی) انجام گرفت و نتایج در شکل ۴ (الف-ج) آورده شد. با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی رنگ، افزودن ترکیبات زیست فعال بازیابی شده از دانه‌ی کدو تخم کاغذی به گوشت چرخ شده تأثیر قابل توجهی بر ویژگی رنگ داشته است. در اولین روز نگهداری نمونه‌ی حاوی ترکیبات زیست فعال دانه‌ی کدو تخم کاغذی امتیاز کمتری را برای ارزیابی ویژگی رنگ کسب کرد. این یافته می‌تواند ناشی از رنگ سبز

زیست‌فعال بازیابی شده توسط حلال به کمک امواج فراصوت از دانه‌ی کدو تخم کاغذی به نمونه‌ی گوشت گوسفند چرخ شده تأثیر قابل توجهی بر امتیازهای ویژگی بو در مقایسه با سایر نمونه‌ها داشته است. در اولین روز نگهداری، تفاوت معناداری از لحاظ امتیاز مرتبط با ویژگی بو در نمونه‌ها مشاهده نگردید. در روز پنجم نگهداری، سه نوع تیمار توسط ارزیابان حسی از لحاظ ویژگی بو تمیز داده شده و نمونه‌های حاوی ترکیبات زیست‌فعال دانه‌ی کدو تخم کاغذی و نمونه حاوی BHT امتیاز بیشتری نسبت به نمونه‌ی کنترل منفی کسب کردند. این نتیجه می‌تواند ناشی از افزایش شاخص تیوباریتوریک اسید در نمونه‌ی کنترل منفی باشد. در روز دهم نگهداری، نمونه‌ی حاوی ترکیبات زیست‌فعال و هم‌چنین در روز پانزدهم نگهداری، همان نمونه به همراه نمونه‌ی حاوی BHT بیشترین امتیاز را در ارزیابی ویژگی بو کسب کردند. به‌صورت کلی، افزودن ترکیبات زیست‌فعال دانه‌ی کدو تخم کاغذی موجب بهبود امتیازهای مربوط به ویژگی حسی بو در نمونه‌ها شد. اکسیداسیون لیپیدهای موجود در گوشت، رایج‌ترین تغییر شیمیایی است که باعث افت کیفیت گوشت و محصولات گوشتی می‌شود [۳۳]. لیپیدها مسئول عطر و بوی مطلوب و یا نامطلوب گوشت می‌باشند و اکسیداسیون آن‌ها باعث تغییرات رنگ و بوی محصولات گوشتی می‌شود. تجزیه‌ی هیدروپراکسیدها و تولید محصولات ثانویه اکسیداسیون لیپیدها (آلدهیدها، کتون‌ها و الکل‌ها) و هم‌چنین مواد حاصل از تجزیه‌ی پروتئین‌ها (مانند آمونیاک) باعث ایجاد و گسترش بوی نامناسب گوشت و محصولات گوشتی می‌شوند [۱]. حفظ بهتر بو در نمونه‌های حاوی ترکیبات زیست‌فعال می‌تواند با تعویق فرآیند اکسیداسیون لیپیدها و تولید میزان کمتری از

محصولات ثانویه اکسیداسیون لیپیدها در ارتباط باشد. تعویق در فرآیند اکسیداسیون لیپیدها می‌تواند ناشی از حضور ترکیبات ارزشمند فنولی در عصاره حاصل از دانه‌ی کدو تخم کاغذی باشد. این ترکیبات با افزایش پایداری اجزای ماده غذایی (مخصوصاً لیپیدهای غیراشباع) و جلوگیری از نابودی رنگ و تندی اکسیداتیو موجب حفظ ویژگی‌های حسی اولیه‌ی ماده غذایی می‌شوند. نتایج ارزیابی ویژگی مقبولیت کلی در شکل ۴-ج آورده شده است. با توجه به نتایج، افزودن ترکیبات زیست‌فعال بازیابی شده توسط حلال به کمک امواج فراصوت از دانه‌ی کدو تخم کاغذی به نمونه‌ی گوشت گوسفند چرخ شده تأثیر قابل توجهی بر امتیازهای ویژگی پذیرش کلی در مقایسه با سایر نمونه‌ها داشته است. در روز پنجم نگهداری نمونه‌های حاوی ترکیبات زیست‌فعال و نیز نمونه‌ی حاوی BHT بیشترین امتیاز را در ارتباط با پذیرش کلی کسب کردند. در روز دهم نگهداری، نمونه‌ی حاوی ترکیبات زیست‌فعال دانه‌ی کدو تخم کاغذی بیشترین امتیاز را در ارتباط با مقبولیت کلی کسب کردند. امتیازهای مقبولیت کلی نشان می‌دهد که افزودن ترکیبات زیست‌فعال دانه‌ی کدو تخم کاغذی بر گوشت چرخ شده تأثیر منفی بر ویژگی‌های حسی نمونه‌های گوشتی در مدت زمان نگهداری نداشته است؛ بلکه به طور قابل توجهی موجب بهبود ویژگی‌های حسی گوشت چرخ شده خام در طی ۱۵ روز نگهداری سرد می‌شود. این نتیجه می‌تواند به دلیل حضور ترکیبات ارزشمند فنولی در ترکیبات زیست‌فعال بازیابی شده از دانه‌ی کدو تخم کاغذی باشد. نتایج مشابهی توسط مقصود و همکاران (۲۰۱۵) پیرامون تأثیر مثبت افزودن ترکیبات فنولی بر ویژگی‌های حسی گوشت شتر خام طی دوره نگهداری سرد آن گزارش شده است [۳۴].

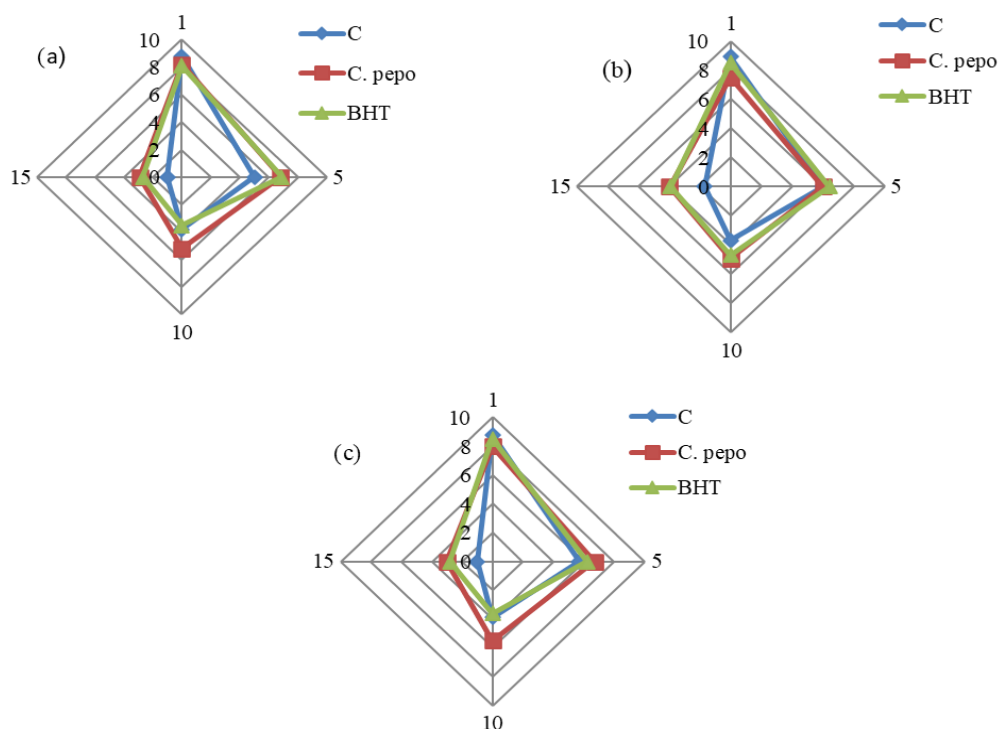


Fig 4. Effect of bioactive compounds on sensorial properties during cold storage (a) odor, (b) color and (c) overall acceptability

۴- نتیجه‌گیری کلی

کنترل و حاوی ترکیب ضد اکسایش مصنوعی دارای اثر قابل توجهی بر مهار اکسیداسیون لیپیدها در نمونه‌های تیمار شده طی ۱۵ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس می‌باشد. همچنین بر طبق نتایج ارزیابی حسی استفاده از ترکیبات زیست فعال به دست آمده، ویژگی‌های حسی شامل رنگ، بو و مقبولیت کلی را در نمونه‌های گوشت تیمار شده بهبود می‌بخشد. این نتایج نشان می‌دهند که استفاده از ترکیبات زیست فعال دانه‌ی کدو تخم کاغذی می‌تواند به عنوان یک ضد اکسایش طبیعی در محصولات گوشتی مفید باشد.

ترکیبات زیست فعال بازبازیابی شده از دانه‌ی کدو تخم کاغذی با استفاده از روش حلال به کمک فراصوت منبع غنی از ترکیبات فنولی نظیر کوماریک اسید، سیرینجیک اسید، فرولیک اسید، کافنیک اسید، وانیلیک اسید و پروتوکاتکویک اسید بود. نتایج حاصل از بررسی پایداری اکسایشی گوشت چرخ شده گوسفند نشان داد که استفاده از ترکیبات زیست فعال دانه‌ی کدو تخم کاغذی در مقایسه با نمونه‌های

۵- منابع

- [1] Roshani Neshat, R. Bimakr, M., & Ganjloo, A. (2022). Effects of Zedo gum edible coating enriched with microwave-agitated bed extracted bioactive compounds from *Lemon verbena* leaves on oxidative stability of *Oncorhynchus mykiss*. *Food Measurements and Characterization*, 16, 4388-4401.
- [2] Karre, L., Lopez, K., & Getty, K.J.K. (2013). Natural antioxidants in meat and poultry products. *Meat Science*, 94, 220-227.
- [3] Pop, A., Berce, C., Bolfa, P., & Nagy, A.L. (2013). Evaluation of the possible endocrine disruptive effect of butylated hydroxyanisole, butylated hydroxy toluene and propyl gallate in immature female rats. *Farmacia*. 61, 202-211.
- [4] Nouroozi, F., Bimakr, M., & Ganjloo, A. (2021). Feasibility of application of microwave pretreatment

- to improve oil extraction efficiency from *Cucurbita pepo* (*Cucurbita pepo* subsp. *Pepo* var. *Styriaca*) seed. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 13, 107-118.
- [5] Aziz, M., & Karboune, S. (2016). Natural antimicrobial/antioxidant agents in meat and poultry products as well as fruits and vegetables: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58, 486-511.
- [6] Gallo, M., Ferracane, R., & Naviglio, D. (2012). Antioxidant addition to prevent lipid and protein oxidation in chicken meat mixed with supercritical extracts of *Echinacea angustifolia*. *Journal of Supercritical Fluids*, 72, 198-204.

- [7] Banerjee, R., Verma, A.K., Das, A.K., Rajkumar, V., Shewalkar, A.A., & Narkhede, H.P. (2012). Antioxidant effects of broccoli powder extract in goat meat nuggets. *Meat Science*, 91, 179-184.
- [8] Pogorzelska, E., Godziszewska, J., Brodowska, M., & Wierzbicka, A. (2017). Antioxidant potential of *Haematococcus pluvialis* extract rich in astaxanthin on colour and oxidative stability of raw ground pork meat during refrigerated storage. *Meat Science*, 135, 54-61.
- [9] Baxter, G.G. (2012). The potential to produce pumpkin seed for processing in north east Victoria. Rural Industries Research and Development Corporation (RIRDC). Publication No. 11/145.
- [10] Noroozi, F., Bimkr, M., Ganjloo, A., & Aminzare, M. (2021). A short time bioactive compounds extraction from Cucurbita pepo seed using continuous ultrasound-assisted extraction. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, 135-2145.
- [11] Maddock, R. (2014). Food processing: principles and applications, second edition. p. 535-547. Clark, S., Jung, S., Lamsal, B. (eds.). Meats-beef and pork based. Published by John Wiley and Sons, Ltd.
- [12] Eymard, S., Carcouet, E., Joelle Rochet, M., Dumay, J., Chopin, C., & Genot, C. (2005). Development of lipid oxidation during manufacturing of horse mackerel surimi. *Science of Food and Agriculture*, 85, 1750-1756.
- [13] Poodi, Y., Bimkr, M., Ganjloo, A., & Zarringhalami, S. 2018. Intensification of bioactive compounds extraction from Feijoa (*Feijoa sellowiana* Berg.) leaves using ultrasonic waves. *Food and Bioproducts Processing*, 108, 37-50.
- [14] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 4179. Animal and vegetable fats and oils - Determination of peroxide value - Iodometric (visual) endpoint determination.
- [15] Aminzare, M., Aliakbarlu, J., & Tajik, H. (2015). The effect of *Cinnamomum zeylanicum* essential oil on chemical characteristics of Lyoner-type sausage during refrigerated storage. *Veterinary Research Forum*, 6, 31-39.
- [16] Rezig, L. (2012). Chemical composition and profile characterization of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil. *Industrial Crops and Products*, 37, 82-87.
- [17] Bimkr, M., Rahman, R.A., & Ganjloo, A. (2015). Chapter 49 - Winter melon (*Benincasa hispida*) seeds and impact of extraction on composition. Editor(s): Victor Preedy, Processing and Impact on Active Components in Food, Academic Press, 407-414.
- [18] Li, A. (2011). Antioxidant and immunoregulatory activity of different polysaccharide fractions from tuber of *Ophiopogon japonicus*. *Carbohydrate Polymers*, 86, 1273-1280.
- [19] Bimkr, M., Ganjloo, A., & Noroozi, A. (2019). Effect of acoustic cavitation phenomenon on bioactive compounds release from *Eryngium caucasicum* leaves. *Food Measurements and Characterization*, 13, 1839-1851.
- [20] Kia, A.G., Ganjloo, A., & Bimkr, M. (2018). Short extraction time of polysaccharides from fenugreek (*Trigonella foencem graecum*) seed using continuous ultrasound acoustic cavitation: process optimization, characterization and biological activities. *Food Bioprocess Technology*, 11, 2204-2216.
- [21] Bimkr, M., Rahman, R.A., Saleena Taip, F., Noranizan, M.A., Zaidul, I.S., Ganjloo, A. (2012). Optimization of ultrasound-assisted extraction of crude oil from winter melon (*Benincasa hispida*) seed using response surface methodology and evaluation of its antioxidant activity, total phenolic content and fatty acid composition. *Molecules*, 17, 11748-11762.
- [22] Bimkr, M., & Ganjloo, A. (2020). Optimization of ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from garlic (*Allium sativum* L.) and its antioxidant activity. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 12, 145-159.
- [23] Emadzadeh, B., Varidi, M.J., & Nassiri Mahallati, M. (2012). The physico- chemical characteristics of sheep meat post mortem. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 7, 164-171.
- [24] Şen, D.B., & Kilic, B. (2021). Effects of edible coatings containing acai powder and matcha extracts on shelf life and quality parameters of cooked meatballs. *Meat Science*, 179, 108547.
- [25] Ansarian, E., Aminzare, M., Hassanzad Azar, H., Mehrasbi, M.R., & Bimkr, M. (2022). Nanoemulsion-based basil seed gum edible film containing resveratrol and clove essential oil: In vitro antioxidant properties and its effect on oxidative stability and sensory characteristic of camel meat during refrigeration storage. *Meat Science*, 185, 108716.
- [26] Yu, J., Ahmedna, M., & Goktepe, I. (2011). Potential of peanut skin phenolic extract as antioxidative and antibacterial agent in cooked and raw ground beef. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 1337-1344.
- [27] Villalobos-Delgado, L. H., González-Mondragón, E. G., Salazar Govea, A. Y., Andrade, Juana. Ramí., & Santiago-Castro, J. T. (2017). Potential application of epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) as natural antioxidant in raw ground pork. *LWT-Food Science and Technology*, 84, 306-313.
- [28] Decker, E. A., & McClements, D. J. (2008). Lipids. In Fennema's Food Chemistry (4th ed., pp. 155-216). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- [29] Skowyra, M. (2014). Antioxidant properties of extracts from selected plant materials (*Caesalpinia spinosa*, *Perilla frutescens*, *Artemisia annua* and *Viola wittrockiana*) in vitro and in model food systems. Ph.D. Thesis. Univ. of Politècnica de Catalunya, Barcelona.

- [30] Nogueira, M.S., Scolaro, B., Milne, G.L., & Castro, I.A., (2019). Oxidation products from omega-3 and omega-6 fatty acids during a simulated shelf life of edible oils. *LWT-Food Science and Technology*, 101, 113-122.
- [31] Falowo, A.B, Muchenge, V., Hugo, A., Aiyegoro, O.A., & Fayemi, P.O. (2017). Antioxidant activities of *Moringa oleifera* L. and *Bidens Pilosa* L. leaf extracts and their effects on oxidative stability of ground raw beef during refrigeration storage. *Cyta-Journal of Food*, 15, 249-256.
- [32] Aliakbarlu, J., & Mohammadi, S.H. (2014). Effect of Sumac (*Rhus coriaria* L.) and Barberry (*Berberis vulgaris* l.) water extracts on microbial growth and chemical changes in ground sheep meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 1859-1866.
- [33] Aliakbarlu, J., & Khalili Sadaghiani, S. (2015). Effect of Avishane shirazi (*Zataria multiflora*) and Clove (*Syzygium aromaticum*) essential oils on microbiological, chemical and sensory properties of ground sheep meat during refrigerated storage. *Journal of Food Quality*, 38, 240-247.
- [34] Maqsood, S., Abushelaibi, A., Manheem, K., Rashedi, A. A., & Kadim, I. T. (2015). Lipid oxidation, protein degradation, microbial and sensorial quality of camel meat as influenced by phenolic compounds. *LWT-Food Science and Technology*, 63, 953-959.



Scientific Research

Evaluation the effect of *Cucurbita pepo* seeds bioactive compounds obtained via ultrasound-assisted extraction on oxidative stability of ground mutton meat

Fereshteh Noroozi¹, Mandana Bimaki^{2*}, Ali Ganjloo², Majid Aminzare³

1-MSc of Food Technology, Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

2-Associate Professor, Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

3-Associate Professor, Department of Food Safety and Hygiene, School of Public Health, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received: 2023/5/28

Accepted: 2023/10/11

Keywords:

Cucurbita seeds,
Phenolic compounds,
Oxidative stability,
Ground mutton meat.

DOI: 10.22034/FSCT.21.146.68

*Corresponding Author E-Mail:

In the current study, ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from *Cucurbita* seeds was performed using ultrasound amplitude of 50%, temperature of 57 °C and 54 min sonication time. The major phenolic compounds were determined using high-performance liquid chromatography. The effect of bioactive compounds on the oxidative stability of ground mutton at refrigerated temperature was evaluated. The values of pH, peroxide value (PV), thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), and sensorial evaluation were performed during storage of samples considering 5-day intervals. According to the results, coumaric acid, syringic acid, ferulic acid, caffeic acid, and protocatechuic acid were detected in the bioactive compounds extracted while coumaric acid (14.36 ± 0.17 mg/g) showed the highest content among the others. The highest value of PV was determined in the negative control, while the lower values were observed in the samples treated with natural and then synthetic bioactive compounds during 15 days of storage at 4 °C. According to the results from sensorial analysis, the improved characteristics of color, odor, and total acceptance were observed in the treated samples with the bioactive compounds obtained from *Cucurbita* seeds.