



مقاله علمی-پژوهشی

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

فراصوت بر پایداری اکسایشی گوشت گوسفند چرخ شده

فرشته نوروژی^۱، ماندانا بی‌مکر^{۲*}، علی گنجلو^۳، 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 زیست‌فعال از دانه‌ی کدو تخم کاغذی با استفاده فناوری حلال با کمک امواج فراصوت تحت شرایط دامنه‌ی امواج فراصوت ۵۰ درصد، دما ۵۷ درجه سلسیوس و مدت زمان ۵۴ دقیقه انجام پذیرفت. ترکیبات فنولی عمدتاً موجود در ترکیبات زیست‌فعال توسط کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا شناسایی گردید. در ادامه، تأثیر استفاده از ترکیبات زیست‌فعال بازیابی شده بر پایداری اکسایشی گوشت گوسفند چرخ شده در دمای یخچال به مدت ۱۵ روز مطالعه شد. مقدار پی‌اچ، 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 ($0.17 \pm 14/36$ میلی‌گرم 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 زیست‌فعال بازیابی شده به‌طور 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 زیست‌فعال دارای اثر قابل توجهی بر مقدار پی‌اچ، 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 زیست‌فعال 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

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 اسیدچرب های ضروری می باشند که نقش تعیین کننده ای 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، متاسفانه اغلب به عنوان ضایعات کشاورزی و صنعتی دور ریخته می شوند؛ و تنها در بعضی مناطق از آنها به صورت برشته و بو داده شده در میان وعده ها و از روغن آنها در مصارف پخت و پز استفاده می شود. 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 دانه ها مورد توجه قرار گیرد. گوشت منبع اصلی پروتئین های با ارزش زیستی بالا در بسیاری از کشورها محسوب شده و جزء مهم رژیم غذایی انسان است. رایج ترین تغییر شیمیایی که باعث افت کیفیت گوشت و محصولات گوشتی می شود، اکسیداسیون لیپیدهای موجود در آن می باشد. 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 تغذیه ای و نیز زیان اقتصادی می شود. چرخ کردن گوشت یکی از روش های مرسوم فرآوری آن است که موجب بهبود تردی و سهولت استفاده از آن توسط مصرف کنندگان می شود. گوشت چرخ شده در دو گروه شامل گوشت های چرخ شده ی بدون افزودنی و حاوی انواع افزودنی تقسیم بندی می شوند. از گوشت های چرخ شده ی حاوی انواع افزودنی و نگهدارنده های مصنوعی جهت تولید انواع سوسیس ها و

اکسایش لیپیدها یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر کوتاه شدن زمان ماندگاری محصولات غذایی و هم چنین افت ارزش غذایی و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آن است. یکی از موثرترین روش های 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 استفاده ی انسان مناسب و دارای درجه ی خوراکی هستند [۲]. مطالعات متعدد نشان می دهند که ترکیبات ضد اکسایش مصنوعی نظیر بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT¹)، بوتیل هیدروکسی آنیزول (BHA²) و پروپیل گالات (PG³) اثرات منفی زیادی بر سلامت سلول های انسانی و حیوانی دارند [۳]. به دلیل آگاهی رو به رشد مصرف کنندگان نسبت به جنبه های سلامتی و علاقه ی آنها به مصرف وعده های غذایی سالم، استفاده از نگهدارنده های طبیعی و فنآوری های دوست دار محیط زیست مورد توجه قرار گرفته است [۴]. ترکیبات ضد اکسایش طبیعی ممکن است به طور مستقیم به محصولات غذایی اضافه شوند و یا با وارد شدن در سیستم های بسته بندی و فیلم های خوراکی باعث افزایش ماندگاری و کیفیت محصولات گردند [۵]. تاکنون تحقیقات متعددی تأثیر ترکیبات ضد اکسایش موجود در قسمت های مختلف گیاهان نظیر میوه ها، سبزی ها، گل ها، ساقه ها، برگ ها، ریشه ها و دانه ها را بر حفظ و بهبود کیفیت مدل های غذایی از جمله گوشت و محصولات گوشتی مورد ارزیابی و بررسی قرار داده اند [۶-۸].

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

3 -Propyl gallate
4- Cucurbitaceae

1 -Butylated hydroxytoluene
2 -Butylated hydroxyanisole

تولون، تیوباریتوریک 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-آلدریج آمریکا خریداری شدند.

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

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 پروب با توان ورودی ۲۰۰ وات، فرکانس ۲۴ کیلوهرتز و مجهز به پروب 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 پژوهشکده 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 تیوباربتوریک اسید (TBARS⁸)

شاخص تیوباربتوریک 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 تیوباربتوریک 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 آلدیید (MDA⁹) 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 (HPLC⁶) 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 (PV⁷)

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].

$$PV = \frac{(V_2 - V_1) \times C \times 1000}{m}$$

رابطه ۱:

در این رابطه، C: غلظت تیوسولفات پتاسیم (مول بر لیتر)، V₁: حجم تیوسولفات پتاسیم مصرفی شاهد (میلی لیتر)، V₂:

⁸ Thiobarbituric acid reactive substances

⁹ Malondialdehyde

⁶ High-performance liquid chromatography

⁷ Peroxide value

هم‌چنین، در میان بسیاری از روش‌های به‌کار برده شده برای کنترل اکسیداسیون، استفاده از ضد اکساینده‌ها مؤثرترین، مناسب‌ترین و به‌صرفه‌ترین روش می‌باشد [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 می‌باشد [۱]. هم‌چنین، از روش استخراج حلال به کمک امواج فراصوت به صورت موفقیت آمیزی برای بازیابی ترکیبات زیست‌فعال 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 به‌دست 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، منعکس‌کننده گلیکولیز پس از ذبح و معیاری مهم برای تعیین کیفیت گوشت می‌باشد. هم‌چنین مقدار pH، به‌عنوان شاخص مهمی در تعیین پیشرفت فساد و ماندگاری محصولات گوشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱]. در پژوهش حاضر، میزان pH در نمونه‌های مختلف آماده شده شامل نمونه C (نمونه فاقد هر گونه افزودنی)، نمونه C. pepo (حاوی ترکیبات زیست‌فعال) و نمونه BHT (حاوی BHT) به‌عنوان 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 زیست‌فعال به‌دست 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 به‌دست آمده توسط عمادزاده و همکاران (۱۳۹۰) مطابقت دارد [۲۳].

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 زیست‌فعال

ترکیبات زیست‌فعال به‌دست 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 ($0/17 \pm$)، سیرینجیک اسید ($10/10 \pm 0/12$)، فرولیک اسید ($9/95 \pm 0/13$) میلی‌گرم بر گرم، کافئیک اسید ($6/55 \pm 0/11$) میلی‌گرم بر گرم، وانیلیک اسید ($6/28 \pm 0/10$) میلی‌گرم بر گرم و پروتوکاتکویک اسید ($2/34 \pm 0/12$) میلی‌گرم بر گرم می‌باشد. 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 به‌دست آمده در مطالعه حاضر می‌تواند ناشی از اختلاف در واریته، شرایط آب و هوایی، درجه رسیدگی و هم‌چنین نوع روش استخراج باشد [۱۷]. ترکیبات فنولی به‌عنوان متابولیت‌های ثانویه در مقادیر اندک در گیاهان تولید می‌شوند که نقش‌های مهمی را در سیستم‌های دفاعی و سلامت آنها ایفا می‌کنند. فواید ناشی از ترکیبات فنولی نه تنها شامل حال اندامواره^{۱۰} تولیدکننده‌شان می‌شود، 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 شده‌اند و دارای یک یا چند استخلاف از هیدروکسیل می‌باشند [۵].

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 زیست‌فعال بازبایی شده از دانه‌ی کدو تخم کاغذی به صورت معناداری

($p < 0.05$) 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 زیست‌فعال بازبایی شده از دانه‌ی کدو تخم کاغذی (0.1 ± 6.752) و نمونه کنترل (0.4 ± 5.95) وجود داشت. این یافته‌ها حاکی از اثر مطلوب و موفقیت آمیز استفاده از ترکیبات زیست‌فعال به دست آمده از دانه‌ی کدو تخم کاغذی جهت کنترل روند افزایشی پی‌اچ در طول دوره نگهداری بود. افزایش میزان pH را می‌توان ناشی از تجمع ترکیبات قلیایی نیتروژن‌دار (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.

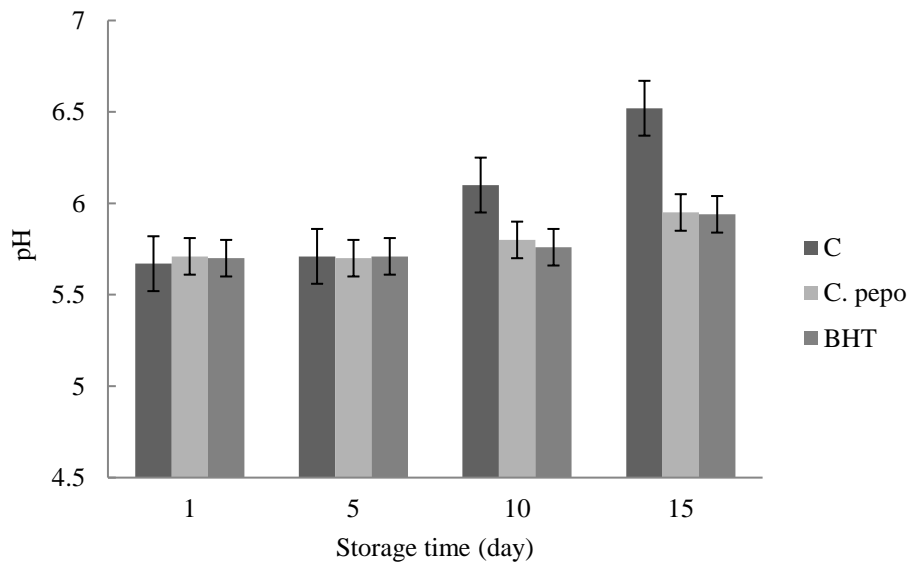


Fig 1. Effect of bioactive compounds on pH changes during cold storage

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 زیست‌فعال بازبایی 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

۳-۳- ارزیابی شاخص پراکسید

شاخص پراکسید به‌طور 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 زیست‌فعال 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 زیست‌فعال حاصل از دانه‌ی کدو تخم کاغذی نداشت که این امر بیانگر توانایی قابل توجه ترکیبات زیست‌فعال 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 زیست‌فعال 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 زیست‌فعال دانه‌ی کدو تخم کاغذی به گوشت خام موجب مهار اکسیداسیون لیپیدها گردید که می‌تواند ناشی از حضور ترکیبات فنولی در ترکیبات زیست‌فعال 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 به‌دلیل 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 روشنی نشاط و همکاران (۲۰۲۲) پیرامون تأثیر مثبت استفاده از ترکیبات زیست‌فعال حاصل از برگ به لیمو بر مهار شاخص پراکسید گوشت ماهی در طول نگهداری سرد گزارش شده است [۱].

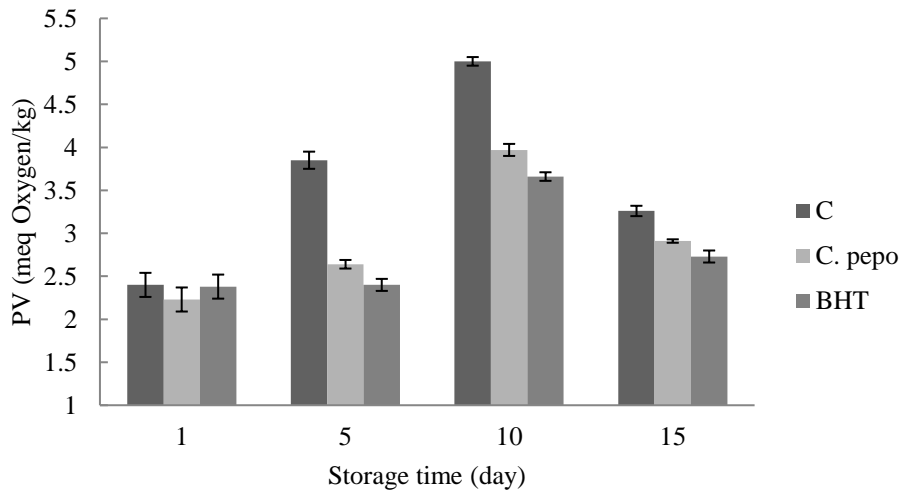


Fig 2. Effect of bioactive compounds on PV changes during cold storage

شاخص تیوباربتوریک اسید در نمونه های دارای ترکیبات زیست فعال حاصل از دانه کدو تخم کاغذی مشاهده گردید. از آنجایی که شاخص تیوباربتوریک اسید میزان تشکیل محصولات ثانویه اکسیداسیون لیپیدها را نشان می‌دهد؛ می‌توان نتیجه گرفت که افزودن ترکیبات زیست فعال دانه‌ی کدو تخم کاغذی موجب مهار اکسیداسیون لیپیدها می‌شود. مهار اکسیداسیون لیپیدها می‌تواند در ارتباط با محتوای فنولی و فعالیت ضد رادیکالی ترکیبات زیست فعال بازیابی شده از دانه‌ی کدو تخم کاغذی باشد. ترکیبات ضد اکسایش (طبیعی و مصنوعی) با مهار اکسیداسیون لیپیدها مانع تشکیل مولکول‌های کوچک مالون دی‌آلدئید و کاهش قابل توجه شاخص تیوباربتوریک اسید نسبت به نمونه C شده‌اند.

نتایج حاصل از پژوهش صورت گرفته توسط بانرجی و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که ناگت گوشت بز حاوی BHT (میزان ۱۰۰ پی‌پی‌ام) و ناگت گوشت بز حاوی عصاره‌ی بازیابی شده از پودر بروکلی توسط حلال آب به میزان ۲ درصد تفاوت معناداری با یکدیگر از لحاظ میزان تشکیل مواد واکنش‌پذیر با تیوباربتوریک اسید (مالون دی‌آلدئید) در طی مدت ۱۶ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس نداشتند. نمونه‌ی کنترل منفی حاوی بیشترین میزان مالون دی‌آلدئید 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 تیوباربتوریک اسید

شاخص تیوباربتوریک اسید نشان دهنده‌ی میزان محصولات ثانویه اکسیداسیون نظیر مالون دی‌آلدئید می‌باشد. از این رو سنجش این شاخص به‌عنوان معیار مهمی برای ارزیابی درجه اکسیداسیون و فساد تند شدن چربی در نظر گرفته می‌شود [۳۰]. در پژوهش حاضر، شاخص تیوباربتوریک اسید 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 ۳ آورده شده است. بر اساس نتایج، شاخص تیوباربتوریک 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 به‌عنوان ترکیب ضد اکسایش مصنوعی) به‌طور 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 میلی‌گرم مالون آلدئید در کیلوگرم رسید. در حالی که، سرعت افزایش آن در نمونه‌های BHT و C. pepo کمتر بود. در تمام روزهای نگهداری، نمونه C بیشترین میزان شاخص تیوباربتوریک اسید را داشته است. در روز ۱۵ نگهداری، همزمان با کاهش میزان شاخص پراکسید در هر سه نمونه به دلیل تجزیه هیدروپراکسیدها، میزان شاخص تیوباربتوریک اسید در آنها به بیشینه‌ی مقدار خود رسیده است. بررسی مقایسه‌ای 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 اولیفرا 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 تیوباربیتریک اسید در نمونه‌های حاوی عصاره پوست بادام زمینی و نمونه حاوی ترکیب ضد اکسایش مصنوعی ملایم‌تر از نمونه‌ی کنترل منفی

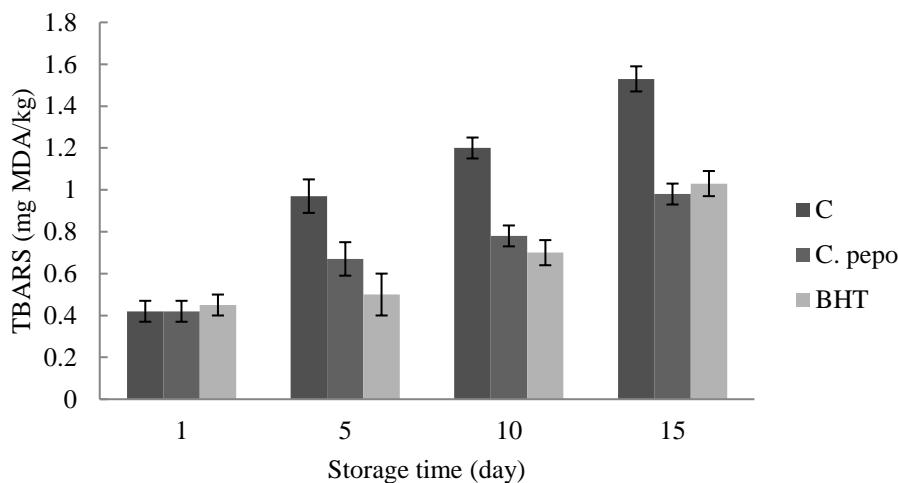


Fig 3. Effect of bioactive compounds on TBARS changes during cold storage

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 به منظور 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 به عنوان 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 بازبایی 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 ثانویه‌ی 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 بازبایی 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 بازبایی 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].

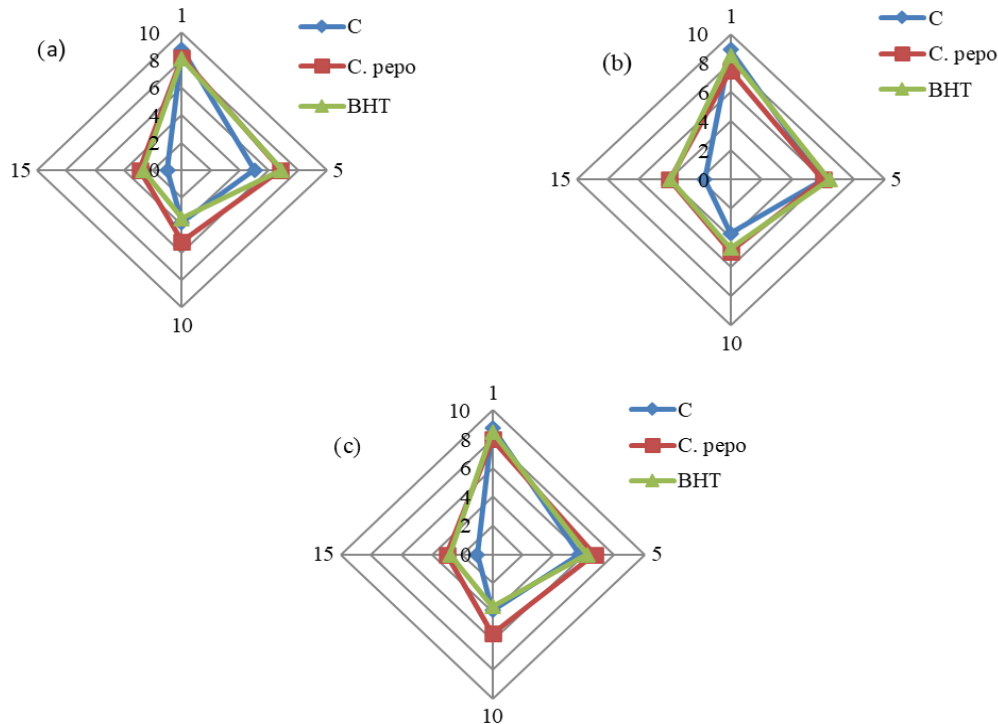


Fig 4. Effect of bioactive compounds on sensorial properties during cold storage (a) odor, (b) color and (c) overall acceptability

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 زیست‌فعال 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 زیست‌فعال دانه‌ی کدو تخم کاغذی می‌تواند به عنوان یک ضد اکسایش طبیعی در محصولات گوشتی مفید باشد.

۴- نتیجه‌گیری کلی

ترکیبات زیست‌فعال 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 چرخ‌شده گوسفند نشان داد که استفاده از ترکیبات زیست‌فعال 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 Bimakr^{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.