مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی تاثیر آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌میکروبی عصاره آزاد و نانوریزپوشانی شده برگ و گل شمعدانی عطری (*Pelargonium graveolens*) بر افزایش ماندگاری و خصوصیات حسی گوشت فیله گوسفند طی دوره نگهداری

فرزاد ابراهیمی[۱]، نادرحبیبی[۱*]، محمدیار حسینی[۲]

۱-گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، سنندج، ایران

۱*-گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، سنندج، ایران

۲-گروه صنایع غذایی، دانشکده علوم و فناوری های بین رشته‌ای، دانشگاه بناب، بناب، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱/۱۶

کلمات کلیدی:

آنتی اکسیدانی،
آنتی میکروبی،
عصاره شمعدانی،
گوشت فیله گوسفند،
نگهداری

DOI:10.22034/FSCT.22.163.270.

* مسئول مکاتبات:

5589720702@iau.ir

چکیده

امروزه به دلیل محرز گردیدن اثرات سرطان‌زایی نگهدارنده‌های سنتزی، توجه به یافتن نگهدارنده‌های طبیعی افزایش یافته است. در این پژوهش عصاره برگ و گل شمعدانی به عنوان یک ترکیب آنتی اکسیدان و آنتی‌میکروب طبیعی با استفاده از فراصوت استخراج گردید و در پوشش صمغ دانه شنبلیله و ایزوله پروتئینی سویا نانوریزپوشانی شد. گوشت فیله گوسفند با استفاده از عصاره نانوریزپوشانی شده و عصاره آزاد برگ و گل شمعدانی با غلظت ۲۰۰۰ ppm تیمار شد و به مدت ۱۲ روز در دمای ٤ درجه سلسیوس نگهداری گردید. یک نمونه گوشت بدون نگهدارنده و یک نمونه حاوی ۱۰۰ ppm نگهدارنده سنتزی BHT به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. نتایج آزمون‌های اکسیداسیون چربی (عدد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید)، شمار باکتری‌های سرمادوست و بازهای ازته فرار که در فواصل زمانی ۲ روزه اندازه گیری شده بود نشان داد که عصاره‌های حاصله به هر دو شکل آزاد و نانوریزپوشانی شده توانای به تاخیر انداختن واکنش‌های اکسیداسیون چربی و رشد میکروبی را دارا بودند. کمترین میزان فساد اکسایشی و میکروبی در نمونه‌های گوشت تیمار شده با عصاره‌های نانوریزپوشانی شده مشاهده شد. همچنین این نمونه‌ها دارای امتیاز ارزیابی حسی بالاتری طی دوره نگهداری بودند. با توجه به اینکه عصاره برگ و گل گیاه شمعدانی حاوی ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی است، لذا علاوه بر افزایش عمر ماندگاری گوشت گوسفند، می‌تواند ارزش تغذیه‌ای آن‌را نیز افزایش دهد. نتایج این تحقیق استفاده از عصاره نانوریزپوشانی شده گل شمعدانی در غلظت ۲۰۰۰ ppm در دیواره صمغ دانه شنبلیله و ایزوله پروتئینی سویا را جهت افزایش ماندگاری گوشت گوسفند پیشنهاد می‌نماید.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-21]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270]

۱-مقدمه

گوشت گوسفند محصولی فسادپذیر است و رطوبت بالای آن شرایط مناسبی را برای رشد میکروارگانیسم‌های عامل فساد و بیماری‌زا فراهم می‌کند [۱]. یکی از مهم‌ترین عوامل فساد گوشت گوسفند در شرایط سردخانه‌ای، رشد میکروارگانیسم‌هایی است که تغییرات نامطلوب ارگانولپتیکی، طعم‌های ناخوشایند، تغییر رنگ و تغییرات pH را ایجاد می‌کنند [۲]. در این راستا، تنها استفاده از روش‌های انجماد و خنک کردن ممکن است برای حفظ کیفیت گوشت و نگهداری آن در انبارها یا قفسه فروشگاه‌ها برای مدت بیش از ۵ روز کافی نباشد. این امر منجر به افزایش هدررفت این محصول غذایی شده و بر بازاریابی و امنیت غذایی آن تأثیر می‌گذارد [۲, ۳].

بسته‌بندی فعال شامل ترکیبات فعالی مانند آنتی‌اکسیدان‌ها، عوامل ضدمیکروبی و جاذب‌های رطوبت، گاز و اشعه ماوراءبنفش است که با غذای بسته‌بندی‌شده یا محیط اطراف آن تعامل می‌کنند [۳]. بسته‌بندی فعال می‌تواند رشد میکروارگانیسم‌ها و واکنش‌هایی را که معمولاً روی سطح مواد غذایی و محل آغاز فساد رخ می‌دهند، مهار یا کند نماید [٤]. این فناوری پتانسیل بالایی برای افزایش ماندگاری و ارتقای امنیت غذایی دارد. از جمله ترکیبات فعالی که اخیراً مورد توجه قرار گرفته‌اند، صمغ‌های خوراکی است که به‌طور گسترده‌ای در تولید پوشش‌های مختلف برای محصولات گوناگون به کار رفته است [۵].

صمغ دانه شنبلیله[1] یک هیدروکلوئید طبیعی است که از دانه‌های گیاه شنبلیله استخراج می‌شود. این صمغ عمدتاً حاوی گالاکتومانان بوده و به دلیل خصوصیات رئولوژیکی مطلوب، توانایی تشکیل ژل، و ویژگی‌های امولسیون‌سازی و پایداری، به طور گسترده در صنایع غذایی و دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد. صمغ دانه شنبلیله به عنوان یک ماده دیواره در انکپسولاسیون، به حفظ ترکیبات حساس در برابر شرایط نامطلوب محیطی مانند اکسیداسیون، رطوبت و حرارت کمک می‌کند. همچنین، این صمغ به دلیل دارا بودن فعالیت‌های زیستی نظیر خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی، می‌تواند در تولید پوشش‌های زیست‌فعال مورد استفاده قرار گیرد که کیفیت و ماندگاری مواد غذایی را بهبود می‌بخشد [٦].

ایزوله پروتئینی سویا[2] یکی از فرآورده‌های ارزشمند سویا است که حاوی پروتئین‌هایی با خلوص بالا می‌باشد. این ترکیب به دلیل خصوصیات عملکردی مانند حلالیت، تشکیل ژل، و قابلیت تشکیل فیلم، در کاربردهای مختلف غذایی و زیست‌فناوری مورد توجه قرار گرفته است. ایزوله پروتئینی سویا می‌تواند به عنوان یک ماتریکس موثر در انکپسولاسیون ترکیبات زیست‌فعال مورد استفاده قرار گیرد و از آن‌ها در برابر تخریب ناشی از نور، اکسیژن و دما محافظت کند. ترکیب پروتئین‌ها با پلی‌ساکاریدها می‌تواند بهبود خواص عملکردی و پایداری سیستم‌های انکپسولاسیون را تسهیل کند. تحقیقات بسیاری بر روی خصوصیات آنتی اکسیدانی و آنتی میکروبی عصاره‌های محصور شده در کمپلکس‌های پروتئینی-پلی‌ساکاریدی متمرکز شده است [۷-۱۱].

اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهان معطر و دارویی یکی از انواع مواد طبیعی هستند که به دلیل ارزش تغذیه‌ای، قابلیت حفظ مواد غذایی و خواص درمانی، توجه زیادی به عنوان عوامل طبیعی بالقوه در صنایع غذایی، پزشکی، کشاورزی و آرایشی به خود جلب کرده‌اند [۱۲]. *Pelargonium graveolens L.* گونه‌ای از جنس *Pelargonium* است. این گیاه، یک بوته معطر چندساله و ارزشمند است. مطالعات فارماکولوژیکی نشان داده‌اند که عصاره گیاه شمعدانی دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی، اثرات تقویت‌کننده سیستم ایمنی و خواص ضدباکتریایی و ضدقارچی است. به همین دلیل معمولاً از آن در درمان التهاب، بواسیر، اسهال خونی،

1 -Fenugreek gum

2 -Soy protein isolate

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-21]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270]

قاعدگی‌های سنگین و حتی سرطان استفاده می‌شود [۱۲, ۱۳].

در میان محصولات طبیعی موجود در گیاهان، پلی‌فنول‌ها یکی از بزرگ‌ترین گروه‌های ترکیبات طبیعی شناخته شده هستند. اثرات مفید پلی‌فنول‌ها مانند پیشگیری و درمان سرطان، بیماری‌های التهابی، قلبی‌عروقی و بیماری‌های نورودژنراتیو مورد توجه قرار گرفته است [۱۲]. آنتی‌اکسیدان‌ها و آنتی میکروب‌های طبیعی استخراج‌شده از این جنس در مقایسه با نگهدارنده‌های مصنوعی از مزایای بیشتری برخوردار هستند. بنابراین، توسعه و استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های با منشأ طبیعی که از منابع گیاهی مؤثرتر به‌دست می‌آیند، در پزشکی پیشگیرانه و صنعت غذا به دلیل اهمیت آن‌ها در حفاظت از بدن در برابر استرس اکسیداتیو و مدیریت بیماری‌های مختلف مطلوب است. این ترکیبات همچنین مکمل فعالیت ضدمیکروبی هستند [۱٤, ۱۵].

نانوریزپوشانی عصاره‌ها یکی از فناوری‌های نوین در صنایع غذایی است که با هدف حفظ و بهبود پایداری ترکیبات زیست‌فعال مورد استفاده قرار می‌گیرد. بسیاری از عصاره‌های گیاهی و ترکیبات زیست‌فعال، مانند پلی‌فنول‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها، دارای بوی قوی و مزه‌های تلخ یا ناخوشایند هستند که می‌تواند بر ویژگی‌های حسی محصولات غذایی تأثیر منفی بگذارد. علاوه بر این، این ترکیبات معمولاً نسبت به عوامل محیطی نظیر نور، اکسیژن، رطوبت و دما حساس هستند و ممکن است در حین فرآوری یا ذخیره‌سازی دچار تخریب شوند. نانوریزپوشانی به کمک مواد دیواره‌ای مناسب، مانند پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها، می‌تواند عصاره‌ها را در برابر اکسیداسیون و تخریب محافظت کند و به افزایش ماندگاری و کارایی آن‌ها کمک کند. همچنین، این فناوری باعث کاهش بوی شدید و مزه‌های نامطلوب عصاره‌ها شده و بهبود ماندگاری محصول غذایی را تضمین می‌کند. در نتیجه، استفاده از نانوریزپوشانی نه تنها عمر ماندگاری و ارزش تغذیه‌ای محصولات غذایی را افزایش می‌دهد، بلکه پذیرش حسی و کیفیت کلی آن‌ها را نیز ارتقا می‌بخشد [۱٦-۱۸]. تصور می‌شود که عصاره برگ و گل شمعدانی به شکل آزاد و نانوریزپوشانی شده، می‌تواند عمر ماندگاری گوشت گوسفند را افزایش دهد. با توجه به اینکه تا کنون پژوهشی مبنی بر مقایسه استفاده از عصاره برگ و گل شمعدانی به صورت نانوریزپوشانی شده و آزاد جهت افزایش عمر ماندگاری فیله گوشت گوسفند انجام نشده است، لذا این پژوهش با این هدف انجام خواهد شد.

۲_مواد و روش‌ها

۲_۱_مواد

لاشه گوشت گوسفند (با رطوبت ۵٦/۹٪، پروتئین ۲۰/٦٪، چربی ۸/۹٪ و خاکستر ۱٪) از سوپر گوشت پروتئین پلاس (ساری، مازندران، ایران) تهیه شد. ایزوله پروتئینی سویا (با محتوای پروتئین ۹۰٪) از شرکت لینی (شاندونگ، چین) تأمین گردید. تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده از درجه تجزیه‌ای بوده و از شرکت شارلو (بارسلونا، اسپانیا) تهیه شدند. بذر شنبلیله از فروشگاه عطاری محلی تهیه شد. گیاه شمعدانی عطری نیز از مرکز تحقیقات کشاورزی کرج (البرز، ایران) تهیه شد و بر اساس ویژگی‌های مورفولوژیکی و گیاه‌شناسی شناسایی و تایید گردید.

۲_۲_روش‌ها

۲_۲_۱_استخراج عصاره برگ و گل شمعدانی

برگ و گل گیاه شمعدانی (*P. graveolens*) به طور جداگانه در آون (VO200، ممرت-آلمان) با دمای ۳۵ درجه سلسیوس خشک شد و با آسیاب (پارس خزر-ایران) به پودر تبدیل شد. پودر خشک شده گیاه (۲۰ گرم) در ٤۰۰ میلی لیتر آب دیونیزه (dH_2O) غوطه ور شد. فرآیند استخراج از طریق روش استخراج حلال آبی به کمک فراصوت پروبی (HD3100، بندلین -آلمان) با قرار دادن فلاسک مخروطی (۱۵۰ وات، ۲۵ کیلوهرتز) در دمای اتاق (۲۳ درجه سلسیوس) به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. ترکیب حلال و گیاه با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ فیلتر شدند. سپس برای تغلیظ عصاره از آون با دمای ۳۵ درجه سلسیوس استفاده شد. عصاره های حاصل پس از خشک شدن در یخچال نگهداری شدند تا برای استفاده بیشتر مورد استفاده قرار بگیرد [۱۹].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-21]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270]

۲ـ۲ـ۲ـشناسایی ترکیبات موثره عصاره

برای شناسایی ترکیبات موثره موجود در عصاره مطابق با روش ارائه شده توسط اسماعیل زاده کناری و رضوی (۲۰۲۲) از دستگاه کروماتوگرافی (RP-HPLC، واترز- آمریکا) مایع استفاده شد. ترکیبات فنولی با استفاده از سیستم‌های کروماتوگرافی مایع مجهز به آشکارساز فتودیود (M-2998) و ستون C18 (٤/٦میلی‌متر×۲۵ میکرومتر×۵ سانتی‌متر) آنالیز شدند. برای جداسازی ترکیبات فنولی، یک فاز متحرک شامل ۰/۰۱ درصد (حجمی/حجمی) اسید استیک، استونیتریل (حجمی/حجمی) (حلال ۱) و آب اسیدی شده (۰/۱ درصد (حجمی/حجمی) اسید استیک) (حلال ۲) استفاده خواهد شد. سرعت جریان ثابت ۰/۵ میلی لیتر در دقیقه خواهد بود. برای جداسازی ترکیبات فلاونوئیدی از متانول ۰/۱ ٪ (حجمی/حجمی) (حلال ۲) استفاده خواهد شد. برنامه‌های گرادیان و شستشو مطابق با مکی و همکارانش استفاده شد [۲۰, ۲۱].

۲ـ۲ـ۳ـریزپوشانی عصاره

صمغ دانه شنبلیله و ایزوله پروتئینی سویا به عنوان مواد پوششی دیواره به صورت ترکیبی با نسبت ۱:۱ استفاده شد. صمغ دانه شنبلیله و ایزوله پروتئینی سویا برای رسیدن به ماده جامد کل ٪ ۰/۵ (وزنی/وزنی)، در آب دیونیزه مخلوط شدند. از همزن مغناطیسی به مدت ۱۵ دقیقه در دمای محیط برای انحلال بهتر ترکیبات استفاده شد. در نهایت محلول حاصل جهت تکمیل فرآیند جذب آب به مدت ۲٤ ساعت در یخچال نگهداری شدند [۲۲]. مخلوط حاصل به‌منظور افزایش فرآیند هیدراتاسیون، خنک شده و در دمای ٤ درجه سلسیوس به مدت یک شب نگهداری شد. سپس، ٤۰ میلی‌لیتر توئین ۸۰ (با مقدار تعادل آب‌دوستی-چربی‌دوستی ۱۵) به‌عنوان امولسیفایر و ۵۰ میلی‌لیتر روغن آفتابگردان با ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره‌های برگ و گل شمعدانی در غلظت ۲۰۰۰ ppm ترکیب گردید. مخلوط به‌دست‌آمده در هموژنایزر (T50، آیکا-آلمان) با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه مخلوط شد که منجر به تشکیل امولسیون گردید. امولسیون نهایی با استفاده از مواد پوششی با نسبت ۲:۵ ریزپوشانی شد. برای کاهش بیشتر اندازه ذرات، از دستگاه اولتراسوند پروبی با دامنه نوسان ۹٤٪ دمای ۳۷ درجه سلسیوس با توان ۱۵۰ وات و فرکانس ۲۵ کیلوهرتز به مدت ۵ دقیقه استفاده شد [۵].

۲ـ۲ـ٤ـپوشش‌دهی گوشت

ابتدا، گوشت تازه گوسفند با دقت با آب مقطر استریل شسته شد. سپس، گوشت به قطعات یکنواخت به اندازه ۲×۲×۲ سانتی‌متر تحت شرایط استریل دقیق با استفاده از چاقوی استریل بریده شد. قطعات تازه گوشت گوسفند سپس به مدت ۱ دقیقه در محلول‌های پوششی مخصوص تهیه‌شده غوطه‌ور شدند. نسبت محلول‌های پوششی به گوشت ۳ به ۱ بود. پس از آن، قطعات گوشت پوشش داده‌شده به مدت ۱ دقیقه در دمای اتاق زیر جریان هوای لامینار خشک شدند تا از هرگونه آلودگی احتمالی جلوگیری شود.نمونه‌های گوشت گوسفند در کیسه‌های پلاستیکی استریل زیپ‌دار بسته‌بندی شده و در دمای ٤ درجه سلسیوس به مدت ۱۲ روز نگهداری شدند. انتخاب این زمان نگهداری بر اساس آزمایش‌های قبلی ما صورت گرفت. به‌منظور ارزیابی کارایی پوشش‌ها در طی دوره نگهداری سرد، آزمون‌های مختلف هر نمونه در زمان‌های مختلف از جمله بلافاصله پس از تولید و در فواصل زمانی ۲ روزه در روزهای ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۰ و ۱۲ نگهداری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. دو نمونه دیگر نیز به ترتیب حاوی ۲۰۰۰ ppm عصاره آزاد و ۲۰۰ ppm آنتی اکسیدان سنتزی BHT بودند [۲۳]. اندازه ذرات در نانوکپسول‌های حاوی عصاره گل و برگ شمعدانی در پوشش ایزوله پروتئین سویا و صمغ دانه شنبلیله (MIXF و MIXL) به‌ترتیب ۱۷۲/۷۵ و ۱۷۸/۷۹ نانومتر به دست آمد و راندمان ریزپوشانی در نمونه‌های MIXL و MIXF به ترتیب ۸۸/۰٦ ٪ و ۸۹/۵۹ ٪ بود [۲٤].

۲ـ۲ـ۵ـآزمون‌های گوشت

۲ـ۲ـ۵ـ۱ـاندازه گیری عدد پراکسید

برای اندازه گیری عدد پراکسید از روش AOCS به شماره (Cd 8-53) استفاده شد. روغن نمونه‌ها با استفاده از روش

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-21]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270]

سوکسله استخراج شد [۲۵]. سپس ۵ گرم روغن استخراج شده در یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری توزین و ۳۰ میلی لیتر محلول کلروفرم استیک اسید با نسبت ۲ به ۳ به روغن اضافه شد و کاملاً مخلوط شد. به دنبال آن ۰/۵ میلی لیتر یدید پتاسیم اشباع شده، ۳۰ میلی لیتر آب مقطر و ۰/۵ میلی لیتر محلول نشاسته ۱٪ اضافه شد. یدید آزاد شده با تیوسولفات ۰/۱ نرمال تیتر شد تا رنگ زرد از بین برود. در طول تیتراسیون، مخلوط به شدت هم زده شد تا ید از لایه کلروفرم جدا شود. تمام مراحل برای نمونه شاهد بدون روغن انجام شد. در نهایت عدد پراکسید با استفاده از رابطه مربوطه محاسبه شد [۲۶].

۲_۲_۵_۲_اندازه گیری عدد اسید تیوباربیتوریک

برای اندازه گیری عدد اسید تیوباربیتوریک (TBA)، ۵ گرم نمونه گوشت و ۲۰ میلی لیتر اسید تری کلرواستیک (۵٪) به مدت ۵ دقیقه همگن شدند. مخلوط همگن شده در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سلسیوس سانتریفیوژ شد. ٤ میلی لیتر مایع سوپرناتانت با ٤ میلی‌لیتر TBA (۰/۰۲ میلی لیتر) مخلوط شد و در حمام آب در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ٦۰ دقیقه انکوبه شد. سپس، مخلوط در ۲۵۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سلسیوس سانتریفیوژ شد. میزان جذب سوپرناتانت در ۵۳۲ نانومتر اندازه گیری شد. مقدار TBA با استفاده از منحنی استاندارد مالون دی آلدئید (MDA) محاسبه و نتایج برحسب میکرومول مالون دی آلدئید بر گرم گزارش شد [۲۷].

۲_۲_۵_۳_شمارش کلی میکروب‌های سایکروفیل

مقدار ۵ گرم از نمونه گوشت به صورت آسپتیک به داخل کیسه استومیکر منتقل شد و به مدت ۱ دقیقه با استفاده از استومیکر (3500، تکمار، اوهایو) همگن شد. از رقت اولیه، رقت‌های اعشاری اضافی تهیه شد. سپس هر رقت به دقت روی سطح آگار پخش شد. پس از این، محیط کشت‌های تلقیح شده به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس انکوبه شدند تا امکان رشد باکتری‌ها فراهم شود [28]. برای شمارش این باکتری‌ها، از محیط تریپتیک سوی آگار (TSA[3]) استفاده شد. ۰/۱ میلی‌لیتر از نمونه‌های تهیه شده، بر روی محیط کشت به طور سطحی پخش شد. پلیت‌های مربوط به باکتری‌های سرمادوست بعد از ۱۰ روز انکوباسیون در دمای ٤ درجه سلسیوس شمارش شدند [۵]. جدول ۱ تیمارهای مورد بررسی در پژوهش را نشان می دهد.

Table 1. Code and formulation of coatings Examined in the Study

Treatment Code	Treatment Description	Type of Extract	Type of Coating	Antioxidant Concentration (ppm)
CON	Uncoated meat sample	None	None	0
BHT	Meat treated with synthetic antioxidant (BHT)	None	None	200
LFRE	Meat treated with free (non-encapsulated) extract	Geranium leaf	None	2000
FFRE	Meat treated with free (non-encapsulated) extract	Geranium flower	None	2000
MIXL	Meat treated with nanoencapsulated extract	Geranium leaf	Fenugreek seed gum and soy protein isolate	2000
MIXF	Meat treated with nanoencapsulated extract	Geranium flower	Fenugreek seed gum and soy protein isolate	2000

۲_۲_۵_٤_بازهای ازته فرار

برای اندازه گیری بازهای ازته فرار از روش خلیلی و همکاران (۲۰۲٤) استفاده شد. بدین منظور به بالن تقطیر کلدال ۱۰ گرم از نمونه گوشت، ۲ گرم اکسید منیزیم و ۳۰۰ میلی لیتر آب و چند قطعه سنگ جوش اضافه شد. در یک ارلن مایر به ظرفیت ۵۰۰ تا ۷۰۰ سانتیمتر مکعب که بعنوان

3-Trypticase soy agar

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-21]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270]

ظرف گیرنده زیر قسمت سرد کننده دستگاه تقطیر قرار گرفت، ۲۵ سانتیمتر مکعب از محلول ۲ درصد اسید بوریک و چند قطره معرف متیل قرمز اضافه شد. بعد از انجام عملیات تقطیر محلول تقطیر شده بوسیله اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال تیتر و مقدار مصرف اسیدسولفوریک در ۱۴ ضرب و مقدار بازهای ازته فرار محاسبه شد [۱].

۲_۲_۵_۵_بررسی رنگ

رنگ نمونه‌های گوشت با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج هانترلب (Hunter Lab، آمریکا)، با اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ (L*, a*, b*) بررسی شد. شاخص های L*، a* و b* به ترتیب شفافیت، قرمزی و زردی نمونه ها را نشان دادند. از هر نمونه گوشت ۵ نقطه در نظر گرفته شد و از آن نقطه ها تصویربرداری صورت گرفت. رنگ سفید سولفات باریم به عنوان استاندارد استفاده شد [۲۹].

۲_۲_۵_۶_ارزیابی حسی

نمونه‌های فیله (۱۰۰ گرم) به صورت مجزا در مایکروویو (NN-SD9675، پاناسونیک، ژاپن) با شدت ۷۰۰ وات به مدت ٤ دقیقه پخته می‌شود. ویژگی‌های حسی فیله گوشت گوسفند پس از پختن براساس مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای و توسط شش نفر ارزیاب مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

پارامترهای مورد بررسی در این بخش شامل مزه، رنگ، بافت، بو و پذیرش کلی می‌باشد. درجه‌بندی کیفی بر مبنای امتیاز یک تا پنج انجام شد (۱= بد، ۲= ضعیف، ۳= متوسط، ٤= خوب، ۵= بسیارخوب) [۳۰, ۳۱].

۲_۳_تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه تحلیل نتایج بدست آمده در آزمون‌های مربوط در قالب طرح کاملا تصادفی با استفاده از روش تجزیه واریانس آنووا یک طرفه در سطح اطمینان ۹۵٪ صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد. به منظور کاهش خطا، کلیه آزمایشات در سه تکرار انجام شد.

۳_نتایج و بحث

۳_۱_ترکیبات موثره عصاره

جدول ۲ ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی شناسایی‌شده در عصاره برگ و گل شمعدانی را به همراه مقادیر آن‌ها (بر حسب میلی‌گرم بر گرم عصاره خشک) نشان می‌دهد. غلظت ترکیبات فنولیک و فلاونوئیدی در گل شمعدانی بیشتر از برگ است که نشان‌دهنده قدرت آنتی‌اکسیدانی بالاتر گل در مقایسه با برگ می‌باشد. کوئرستین و کامفرول به‌عنوان فراوان‌ترین فلاونوئیدها در هر دو عصاره حضور دارند، اما مقدار آن‌ها در گل بسیار بیشتر است. گالیک اسید و کافئیک اسید بیشترین مقدار را در میان ترکیبات فنولیک دارند. نتایج آنالیز HPLC نشان می‌دهد که مقدار ترکیبات فنولیک و فلاونوئیدی اندازه‌گیری‌شده با مقادیر کل فنولیک، فلاونوئید و فلاوانول تطابق نسبی دارد. در مطالعه قبلی ما مقدار کل ترکیبات فنولیک در گل و برگ شمعدانی به‌ترتیب ۷٤/۹۷ و ٦۷/٤٦ mg GAE/g DM گزارش شد [۲٤] که مجموع فنولیک‌های شناسایی‌شده در HPLC مقدار کمتری را نشان می‌دهد. این تفاوت به دلیل وجود ترکیبات فنولیک دیگر است که ممکن است در تحلیل HPLC شناسایی نشده باشند. در مورد فلاونوئیدها، مقدار کل آن‌ها در گل و برگ به‌ترتیب ۳۱/۹۳ و ۲۳/۰٤ mg QE/g DM اندازه‌گیری شده، درحالی‌که مجموع فلاونوئیدهای مشخص‌شده در HPLC برای این دو بخش ۱۸/۸٦ و ۹/۹۳ mg/g بوده که نشان‌دهنده احتمال وجود سایر فلاونوئیدهای ناشناخته در عصاره است. همچنین، مقدار کل فلاوانول‌ها در برگ بیشتر از گل است. این مسئله با مقادیر کوئرستین، کامفرول و ایزورامنتین اندازه‌گیری‌شده در HPLC همخوانی دارد. به‌طور کلی، این نتایج نشان می‌دهد که مقدار ترکیبات شناسایی‌شده در HPLCبخشی از ترکیبات کل موجود در عصاره را تشکیل می‌دهد و بررسی دقیق‌تر سایر ترکیبات می‌تواند به درک بهتری از ترکیب شیمیایی این عصاره‌ها کمک کند. در مطالعه‌ای اچسونا و حمدی (۲۰۱۲) حضور مریستین در برگ شمعدانی عطری را به اثبات رساندند [۳۲]. عبدلباکی و همکاران (۲۰۲۲) وجود ترکیباتی نظیر اسید گالیک، کلروژنیک اسید و کافئیک اسید در عصاره برگ شمعدانی عطری را به اثبات رساندند [۱۹].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-21]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270]

Table 2. Phenolic and flavonoid compounds

Compounds	Leaf(mg/g)	Flower (mg/g)
Phenolic compounds		
Gallic acid	2.31 ± 0.12^{b}	3.45 ± 0.18^{a}
Caffeic acid	1.87 ± 0.10^{b}	2.94 ± 0.15^{a}
Chlorogenic acid	1.45 ± 0.08^{b}	2.67 ± 0.12^{a}
Ferulic acid	0.98 ± 0.05^{b}	1.76 ± 0.09^{a}
Sinapic acid	0.75 ± 0.04^{b}	1.32 ± 0.06^{a}
p-Coumaric acid	0.68 ± 0.03^{b}	1.21 ± 0.05^{a}
Flavonoid compounds		
Quercetin	3.12 ± 0.16^{b}	5.89 ± 0.22^{a}
Kaempferol	2.67 ± 0.14^{b}	4.75 ± 0.20^{a}
Isorhamnetin	1.32 ± 0.07^{b}	2.84 ± 0.11^{a}
Myricetin	1.14 ± 0.06^{b}	2.15 ± 0.09^{a}
Luteolin	0.92 ± 0.05^{b}	1.78 ± 0.07^{a}
Apigenin	0.76 ± 0.04^{b}	1.45 ± 0.06^{a}

Different letters indicate statistically significant differences ($p<0.05$) between leaf and flower extracts

۳_۲_ عدد پراکسید و اسید تیوباربیتوریک

اکسیداسیون چربی یکی از عوامل اصلی محدودکننده کیفیت و مقبولیت گوشت گوسفند است که باعث ایجاد تغییرات نامطلوب در خواص حسی، شیمیایی و تغذیه‌ای گوشت شده و منجر به تولید ترکیبات سمی بالقوه می‌شود [۱]. نتایج تغییرات عدد پراکسید و اسید تیوباربیتوریک در نمونه‌های مختلف گوشت گوسفند طی دوره نگهداری (روز ۰ تا ۱۲) نشان داد که هر دو شاخص اکسیداسیون چربی در تمامی تیمارها افزایش یافتند. با این حال، نوع تیمارها تأثیر معناداری در کاهش سرعت این افزایش داشت. تیمارهای حاوی آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و سنتزی، به‌ویژه عصاره‌های نانوریزپوشانی شده (MIXL و MIXF)، روند افزایش PV و TBA را به طور قابل‌توجهی کاهش دادند. تیمار BHT نیز عملکرد بسیار خوبی در کنترل پراکسیداسیون نشان داد، اما اثربخشی آن کمتر از عصاره‌های نانوریزپوشانی شده بود. در مقابل، عصاره‌های آزاد شمعدانی (LFRE و FFRE) با وجود داشتن خواص آنتی‌اکسیدانی، تأثیر کمتری نسبت به BHT و عصاره‌های نانوریزپوشانی شده داشتند. بررسی عدد پراکسید نشان داد که تیمارهای حاوی عصاره نانوریزپوشانی شده به دلیل تثبیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی توانستند به طور معناداری افزایش پراکسید را مهار کنند. همچنین، در شاخص TBA، که نمایانگر تشکیل مالون‌دی‌آلدئید (MDA) به‌عنوان محصول نهایی اکسیداسیون چربی‌ها است، نتایج مشابهی مشاهده شد. تیمارهای نانوریزپوشانی شده به ویژه بعد از روز ٦ دوره نگهداری بهترین عملکرد را در کاهش تشکیل MDA داشتند. به طور کلی، نتایج نشان داد که نانوریزپوشانی عصاره‌های شمعدانی با افزایش پایداری و کارایی آنتی‌اکسیدان‌ها، نقش مهمی در کاهش اکسیداسیون چربی‌ها و بهبود کیفیت نگهداری گوشت گوسفند ایفا می‌کند. تفاوت‌های معناداری بین تیمارهای مختلف، به‌ویژه در روزهای ٦ و ۱۲، تأیید کننده اهمیت استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های نانوریزپوشانی شده در مقایسه با ترکیبات آزاد و سنتزی را نشان می‌دهد. اثربخشی ترکیبات فنولی گیاهی در کاهش اکسیداسیون لیپیدها عمدتاً به دلیل فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد و خاصیت شلاته‌کنندگی فلزات است. این ترکیبات با فروپاشی هیدروپراکسیدهای چربی، فرآیند اکسیداسیون را به تأخیر می‌اندازند. با این حال، توانایی ترکیبات فنولی مختلف در مهار اکسیداسیون چربی متفاوت است [۳۳]. مطالعات پیشین نیز نشان داده‌اند که عصاره‌های گیاهی، چه به صورت آزاد و چه در قالب ریزپوشانی‌شده در پوشش‌های خوراکی، قادر به کاهش مقدار اکسیداسیون چربی در نمونه‌های گوشتی طی دوره نگهداری هستند [۳, ۳۱]. این نتایج با یافته‌های حس و

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-21]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270]

همکاران (۲۰۱۷) که گزارش کردند عصاره پوست گندم سیاه به‌طور مؤثری اکسیداسیون لیپید را در گوشت منجمد کاهش می‌دهد، مطابقت دارد [۳۴]. مطالعات قبلی تأیید کرده‌اند که اکسیداسیون لیپید در گوشت قرمز چرخ‌کرده یا خردشده می‌تواند به‌طور قابل توجهی توسط عصاره‌های آویشن وحشی، ریحان شیرین، آلاتا و پوست انار مهار شود [۳۵-۳۷]. علاوه بر این، عصاره‌های ریزپوشانی شده مانند پوست انار [۱, ۳۸]، پوست آووکادو [۳۹]، برگ بو [۳۱] و پوست آناناس [۴۰] توانایی قوی در جلوگیری از اکسیداسیون لیپید از خود نشان داده‌اند. این جلوگیری عمدتاً به دلیل قابلیت بالای ترکیبات زیست‌فعال گیاهی در خنثی‌سازی رادیکال‌های واکنشی تولید شده طی اکسیداسیون لیپید است [۴۱]. ترکیبات فنولی موجود در هر دو شکل عصاره شمعدانی مسئول اثر مهارکننده بر اکسیداسیون لیپید هستند، زیرا با قطع واکنش‌های زنجیره‌ای رادیکالی در طول فرایند اکسیداسیون، خاصیت آنتی‌اکسیدانی از خود نشان می‌دهند.

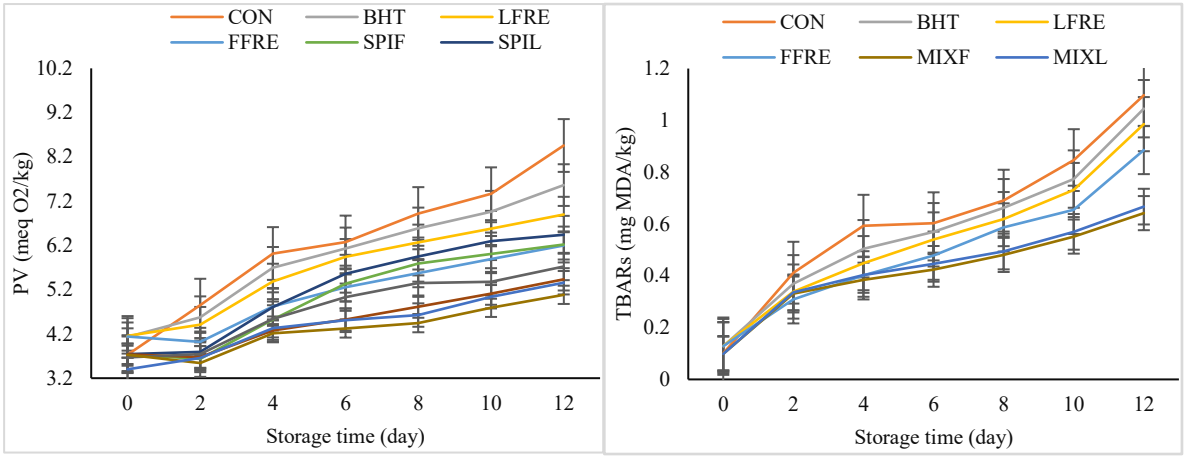

Fig. 1. Changes in the peroxide value and thiobarbituric acid of different mutton samples during storage

۳_۳_شمارش کلی میکروب

کیفیت گوشت طی فرآیند نگهداری به دلیل فساد میکروبی و شیمیایی کاهش می‌یابد و این موضوع از طریق پارامترهای مختلفی نظیر تعداد باکتری‌های سرمادوست (PTC) قابل ارزیابی است. عامل اصلی فساد محصولات گوشتی، رشد سریع میکروارگانیسم‌ها است. به طور کلی، زمانی که تعداد کل باکتری‌های زنده در محصولات گوشتی از مقدار 10^6 CFU/g فراتر رود، گوشت غیرقابل مصرف در نظر گرفته می‌شود [۴۲]. نتایج مربوط به شمارش باکتری‌های سرمادوست (PTC) به صورت Log CFU/g در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در نمونه شاهد (CON) که هیچ‌گونه تیمار محافظتی نداشت، رشد باکتری‌های سرمادوست به‌صورت پیوسته افزایش یافت که با یافته‌های پژوهشگران دیگر همخوانی دارد [28]. در روز دوازدهم نگهداری، میزان PTC در این تیمار به ۷/۱۸ Log CFU/g رسید که نشان‌دهنده فساد شدید میکروبی است. تیمار BHT که حاوی آنتی‌اکسیدان سنتزی بود، توانست تا حدودی رشد این باکتری‌ها را مهار کند و میزان PTC را در پایان دوره نگهداری به ۵/۷۱ Log CFU/g کاهش دهد. با این حال، این مقدار همچنان نسبت به سایر تیمارها عملکرد ضعیف‌تری را نشان می‌دهد. تیمارهای حاوی عصاره‌های آزاد برگ و گل شمعدانی (LFRE و FFRE) نیز تأثیر مهاری قابل‌توجهی بر رشد باکتری‌های سرمادوست داشتند. در این تیمارها، میزان PTC در روز دوازدهم به ترتیب به ۴/۷۶ و ۴/۵۵ Log CFU/g کاهش یافت که بهبود معناداری در مقایسه با نمونه شاهد و تیمار BHT بود. این نتایج نشان‌دهنده پتانسیل مناسب عصاره‌های برگ و گل شمعدانی در کاهش رشد این میکروارگانیسم‌ها است. از سوی دیگر، تیمارهای حاوی عصاره‌های نانوریزپوشانی‌شده عملکرد بسیار بهتری نسبت به عصاره‌های آزاد و آنتی‌اکسیدان سنتزی داشتند. بهترین عملکرد در مهار رشد باکتری‌های سرمادوست مربوط به تیمارهای ترکیبی (MIXF و MIXL)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-21]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270]

بود که از صمغ دانه شنبلیله و ایزوله پروتئینی سویا به همراه عصاره‌های نانوکپسوله‌شده استفاده کرده بودند. در این تیمارها، میزان PTC در روز دوازدهم به ترتیب به ۲/۹۷ و ۳/۱۲ Log CFU/g کاهش یافت. این کاهش نشان‌دهنده اثر هم‌افزایی میان صمغ و پروتئین در مهار رشد میکروبی است. بررسی‌های آماری نیز نشان داد که اختلافات معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد. تیمارهای نانوکپسوله‌شده به‌ویژه MIXF و MIXL به‌طور معناداری رشد باکتری‌های سرمادوست را نسبت به تیمارهای دیگر کاهش دادند ($P<0.05$). این نتایج بیانگر آن است که نانوریزپوشانی عصاره‌های طبیعی در ترکیب با حامل‌های مناسب می‌تواند به‌عنوان یک روش مؤثر برای مهار رشد میکروبی در دماهای پایین و افزایش ماندگاری مواد غذایی استفاده شود.

اعمال پوشش، به‌عنوان یک سد محافظ، از تماس مستقیم گوشت با محیط جلوگیری کرده و انتقال مواد مغذی به سلول‌های میکروبی را محدود می‌کند [۴۳]. این تفاوت زمانی را می‌توان به وجود ترکیبات زیست‌فعال، به‌ویژه پلی‌فنول‌ها، در نمونه‌های پوشش‌داده‌شده نسبت داد. پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که پلی‌فنول‌های موجود در گیاه شمعدانی دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی هستند [۴۴]. این ترکیبات با طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های ضدباکتریایی، قادر به مهار رشد باکتری‌های گرم‌مثبت و گرم‌منفی هستند و می‌توانند تغییرات مورفولوژیکی در میکروارگانیسم‌ها ایجاد کرده و دیواره سلولی باکتری را تخریب کنند [۳۲, ۴۵, ۴۶]. این نتایج با یافته‌های ژو و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت دارد که از پوشش حاوی روغن کاملیا در ترکیب با کاراگینان و گلوکومانان برای افزایش کیفیت گوشت مرغ استفاده کردند. پوشش موردنظر کاهش معناداری در شمارش میکروبی نشان داد ($P<0.05$) و ماندگاری گوشت را با مهار رشد میکروبی به طور قابل‌توجهی افزایش داد [۴۷].

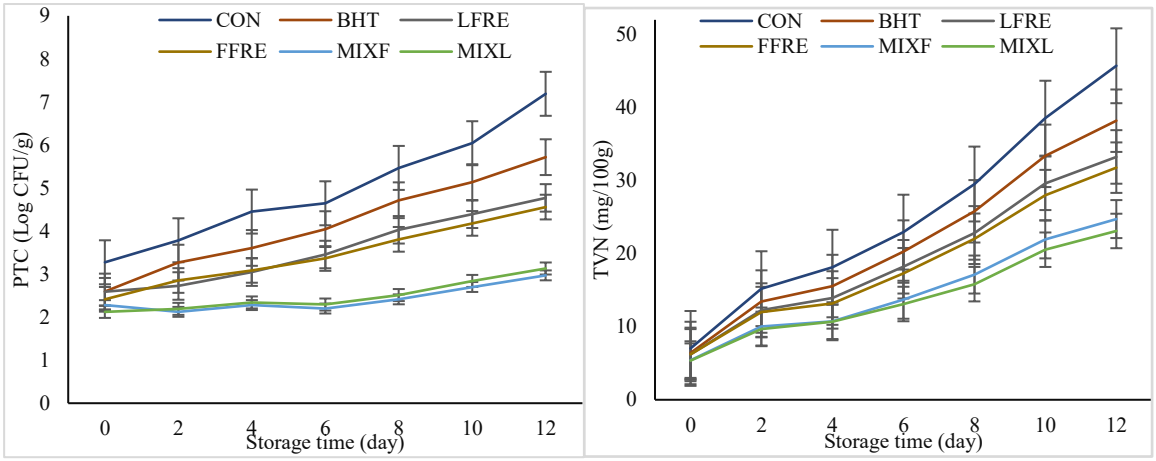

Fig. 2. Changes in the total psychrophilic bacteria and total volatile nitrogen basic of different mutton samples during storage

۳_٤_بازهای ازته فرار

یکی از شاخص‌های شیمیایی کلیدی برای تعیین میزان فساد در غذاهای دریایی، مقادیر بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N) است. این شاخص به مجموع ترکیبات نیتروژنی فرار مانند تری‌متیل‌آمین (TMA)، دی‌متیل‌آمین (DMA)، آمونیاک و دیگر ترکیبات حاوی نیتروژن اطلاق می‌شود. این ترکیبات در نتیجه فرآیندهای مختلف شامل فعالیت باکتری‌های عامل فساد، واکنش‌های آنزیمی خودبخودی در گوشت طی دوره نگهداری و کاتابولیسم آمینواسیدها و نوکلئوتیدها تولید می‌شوند. مقدار TVB-N به‌طور مستقیم به فعالیت میکروارگانیسم‌ها و میزان فساد وابسته است. آنزیم‌های درون‌زا و فعالیت باکتری‌های موجود در گوشت هر دو نقش قابل‌توجهی در افزایش مقادیر بازهای نیتروژنی فرار دارند و می‌توانند به عنوان یک شاخص حساس برای ارزیابی تازگی و کیفیت غذاهای دریایی استفاده شوند [۴۸]. نتایج مربوط به

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-21]
[DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270]

بازهای ازته فرار (TVN) در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطورکه مشاهده می‌شود روند افزایشی این ترکیبات در تمامی تیمارها طی دوره نگهداری مشهود است. این افزایش ناشی از تجزیه پروتئین‌ها و تولید ترکیبات قلیایی مانند آمونیاک و آمین‌های فرار توسط میکروارگانیسم‌ها است. در نمونه شاهد (CON)، مقدار TVN به‌طور معناداری ($P<0.05$) افزایش یافت و از مقدار اولیه ۷/۰۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم به ٤٥/٧١ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم در روز دوازدهم رسید که بالاترین مقدار بین تمامی تیمارها بود. در تیمار BHT، استفاده از آنتی‌اکسیدان سنتزی توانست تا حدودی سرعت افزایش TVN را کاهش دهد. مقدار این ترکیب در روز دوازدهم به ۳۸/۱۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم رسید که نسبت به تیمار شاهد کاهش معناداری داشت ($P<0.05$). در تیمارهای LFRE و FFRE (عصاره‌های آزاد برگ و گل شمعدانی)، مقدار TVN به ترتیب در روز دوازدهم به ۳۳/۲۳ و ۳۱/۷۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم رسید. این تیمارها به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی عصاره‌ها توانستند افزایش بازهای ازته فرار را به‌طور معناداری کنترل کنند ($P<0.05$). بهترین نتایج مربوط به تیمارهای ترکیبی MIXF و MIXL بود که ترکیبی از ایزوله پروتئین سویا و صمغ دانه شنبلیله را با عصاره‌های نانوریزپوشانی‌شده به کار بردند. مقدار TVN در این تیمارها به ترتیب ٢٤/٧٣ و ۲۳/۱۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم در روز دوازدهم بود که به‌طور معناداری کمتر از سایر تیمارها بود ($P<0.05$). نشان‌دهنده تأثیر بالای فناوری نانوریزپوشانی و استفاده از عصاره‌های طبیعی در کنترل فساد میکروبی و تولید بازهای ازته فرار استبا نتایج ارائه شده توسط خلیلی و همکاران (۲۰۲٤) مطابقت دارد. آنها نشان دادند که در تمام نمونه های گوشت چرخ شده بازهای ازته فرار به تدریج افزایش یافت. نمونه گوشت چرخ کرده تیمار شده با عصاره پوست انار نانوکپسوله شده کمترین مقدار بازهای ازته فرار را در مقایسه با عصاره پوست انار آزاد و TBHQ نشان داد. یافته‌ها نشان داد که عصاره‌های گیاهی تأثیر مفیدی بر سرکوب رشد میکروب‌ها، به‌ویژه میکروب‌های پروتئولیتیکی که پروتئین را به ترکیبات نیتروژنی فرار تبدیل می‌کنند، دارد. افزایش سطح بازهای ازته فرار مشاهده شده در گوشت چرخ کرده ذخیره شده در شرایط سرد در نمونه شاهد می تواند با تجزیه مواد حاوی نیتروژن به دلیل فرآیندهای میکروبی مرتبط باشد [۱]. به طور مشابه، البلتاگی و همکاران (۲۰۲۲) گزارش دادند که بازهای ازته فرار در طول زمان در نمونه های گوشت افزایش یافت و نمونه تیمار شده با ۰/۵ درصد عصاره پوست انار خام بازهای ازته فرار کمتری نسبت به نمونه حاوی ۰/۱ ٪ BHT نشان داد [٤٩].

۳_٥_تغییرات رنگ

نتایج بررسی شاخص‌های رنگی نمونه‌ها طی دوره نگهداری در جدول ۳ ارائه شده است. شاخص L (روشنایی) در تمامی تیمارها کاهش معنی‌داری داشت ($P<0.05$). بیشترین کاهش در تیمار شاهد (CON) مشاهده شد که مقدار آن از ۳۹/۸۲ در روز صفر به ۳٥/٥٤ در روز دوازدهم رسید. تیمار حاوی آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT کاهش روشنایی کمتری نشان داد و تیمارهای حاوی عصاره‌های آزاد (LFRE و FFRE) نیز اثرات مثبتی داشتند، اما عملکردشان ضعیف‌تر از BHT و تیمارهای نانوریزپوشانی‌شده بود. تیمارهای ترکیبی (MIXL و MIXF) با استفاده از ایزوله پروتئین سویا و صمغ دانه شنبلیله بهترین حفظ روشنایی را داشتند.

شاخص a (قرمزی) نیز طی دوره نگهداری در تمامی تیمارها کاهش یافت. تیمار شاهد بیشترین افت قرمزی را نشان داد (از ١٦/٨٢ به ١٣/١٢). تیمار BHT عملکرد بهتری در حفظ رنگ قرمز داشت (از ١٦/٨٨ به ١٤/٣١)، و تیمارهای LFRE و FFRE نیز کاهش کمتری نسبت به شاهد نشان دادند. تیمارهای نانوریزپوشانی‌شده (MIXL و MIXF) کمترین کاهش را داشتند و توانستند به‌طور مؤثری از قرمزی نمونه‌ها محافظت کنند. دئوس و همکاران (۲۰۱۷) تغییرات میزان روشنی نمونه‌های گوشت بوقلمون پوشش‌دهی شده با نانوذرات نقره را در طی ۱۲ روز نگهداری بررسی کردند و

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-21]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270]

نشان دادند که با گذشت زمان نگهداری، پارامتر L^* در نمونه‌ها کاهش می‌یابد [۲].

شاخص b (زردی) نیز طی نگهداری کاهش یافت. در تیمار شاهد، مقدار زردی از ۱۲/۹۵ به ۸ رسید. تیمار BHT و عصاره‌های آزاد (LFRE و FFRE) کاهش کمتری نسبت به شاهد نشان دادند. تیمارهای نانوریزپوشانی‌شده (MIXL و MIXF) بهترین عملکرد را در حفظ زردی رنگ داشتند. به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که فناوری نانوریزپوشانی، به‌ویژه با استفاده از ایزوله پروتئین سویا و صمغ دانه شنبلیله، تأثیر مثبتی در حفظ شاخص‌های رنگی نمونه‌ها طی دوره نگهداری داشته و از اثرات تخریبی اکسیداسیون جلوگیری کرده است. این نتایج با آنچه توسط سروینه باغی و همکاران (۲۰۲۱) گزارش گردید مطابقت دارد. آنها نشان دادند در تمام نمونه های مورد بررسی میزان روشنی نمونه ها با گذشت زمان نگهداری کاهش یافته است و اختلاف معنی دار آماری در روز ۰ و روز ۲۰ دوره نگهداری مشاهده شد. نمونه های گوشت تیمار شده با آنتی اکسیدان سنتزی BHT دارای شفافیت، قرمزی و زردی بیشتری بودند و در میان نمونه های تیمار شده کمترین امتیاز مربوط به نمونه تیمار شده با عصاره آزاد پوست پیاز بود. همچنین نمونه های پوشش دهی شده با نانوامولسیون دارای شفافیت و روشنی کمتری نسبت به نمونه حاوی BHT بودند [۵].

Table 3. Changes in the color index of different mutton samples during storage

Color index	Sample	0	2	4	6	8	10	12
L*	CON	0.3^{Aa}±39.82	0.2^{Bb}±38.53	0.2^{Cfg}±37.18	0.3^{Dg}±36.70	0.8^{Eh}±36.23	0.2^{Fg}±35.69	0.1^{Gg}±35.54
	BHT	0.2^{Ah}±37.22	0.3^{Bi}±37.01	0.5^{Ch}±36.74	0.3^{Dh}±36.55	0.4^{Eh}±36.19	0.3^{Fh}±35.87	0.2^{Gh}±35.46
	LFRE	0.4^{Ab}±39.22	0.6^{Ba}±38.65	0.3^{Ce}±37.47	0.4^{De}±37.11	0.3^{Ef}±36.63	0.4^{Ff}±36.27	0.3^{Gh}±35.44
	FFRE	0.2^{Ac}±38.73	0.5^{Bh}±37.55	0.9^{Cg}±37.11	0.5^{Df}±36.83	0.3^{Eg}±36.42	0.6^{Fg}±35.77	0.2^{Ga}±35.31
	MIXL	0.5^{Ag}±38.04	0.4^{Bf}±37.92	0.5^{Cd}±37.74	0.2^{Dc}±37.49	0.4^{Ed}±37.27	0.2^{Fd}±37.09	0.3^{Ge}±36.90
	MIXF	0.1^{Ag}±38.01	0.5^{Bg}±37.74	0.2^{Ce}±37.49	0.2^{Dd}±37.27	0.2^{Ee}±37.09	0.5^{Fe}±36.84	0.5^{Gf}±36.49
a*	CON	0.1^{Ac}±16.82	0.1^{Bfg}±16.27	0.1^{Ce}±15.85	0.3^{Df}±14.94	0.3^{Eh}±14.38	0.2^{Fi}±14.28	0.4^{Gf}±13.12
	BHT	0.4^{Ab}±16.88	0.3^{Bh}±16.01	0.1^{Cf}±15.47	0.4^{Dg}±14.78	0.1^{Eg}±14.52	0.3^{Fh}±14.43	0.1^{Ge}±14.31
	LFRE	0.2^{Ad}±16.75	0.2^{Bg}±16.24	0.2^{Ce}±15.68	0.3^{Dg}±14.83	0.2^{Ef}±14.66	0.1^{Fg}±14.52	0.3^{Gd}±14.43
	FFRE	0.1^{Aa}±16.92	0.1^{Bf}±16.32	0.1^{Cd}±15.88	0.1^{De}±15.36	0.3^{Ee}±15.02	0.2^{Ff}±14.63	0.1^{Gd}±14.45
	MIXL	0.2^{Ad}±16.73	0.1^{Bc}±16.64	0.1^{Ca}±16.52	0.5^{Dab}±16.37	0.3^{Ea}±16.22	0.2^{Fa}±16.17	0.1^{Ga}±16.03
	MIXF	0.2^{Ad}±16.77	0.1^{Bb}±16.70	0.1^{Cb}±16.43	0.1^{Dc}±16.25	0.1^{Eb}±16.14	0.1^{Fb}±16.09	0.1^{Gb}±15.92
b*	CON	0.1^{Ab}±12.95	0.1^{Bh}±12.20	0.1^{Cg}±11.57	0.3^{Df}±10.46	0.3^{Ei}±9.63	0.2^{Fj}±9.14	0.4^{Gj}±8.0
	BHT	0.4^{Aa}±13.00	0.3^{Bh}±12.17	0.1^{Ch}±11.45	0.4^{Df}±10.49	0.1^{Eh}±9.87	0.3^{Fi}±9.52	0.1^{Gi}±8.87
	LFRE	0.2^{Ac}±12.90	0.2^{Bg}±12.34	0.2^{Cf}±11.76	0.3^{De}±10.68	0.2^{Eg}±10.12	0.1^{Fh}±9.73	0.3^{Gh}±9.09
	FFRE	0.1^{Aa}±13.03	0.1^{Bf}±12.40	0.1^{Ce}±11.91	0.1^{De}±11.21	0.3^{Ef}±10.51	0.2^{Fg}±9.95	0.1^{Gg}±9.25
	MIXF	0.2^{Ad}±12.88	0.1^{Bc}±12.65	0.1^{Ca}±12.39	0.5^{Daa}±12.28	0.3^{Eb}±12.17	0.2^{Fb}±11.97	0.1^{Gb}±11.22
	MIXL	0.2^{Abc}±12.91	0.1^{Bbc}±12.69	0.1^{Cbc}±12.35	0.1^{CDa}±12.32	0.1^{Da}±12.27	0.1^{Ea}±12.07	0.1^{Fa}±11.46

Uppercase letters in each row indicate significant statistical differences between days of storage at $p<0.05$.
Lowercase letters in each column indicate significant statistical differences between samples at $p<0.05$.

۳_٦_خصوصیات حسی

نتایج ارزیابی حسی رنگ نمونه‌های مختلف گوشت طی دوره نگهداری در شکل ۳ نشان داد که نوع تیمار تأثیر معناداری بر کیفیت رنگ داشت. تیمار کنترل با کاهش شدید امتیاز رنگ از ٤/٨٣ در روز صفر به ۲/۱٦ در روز ۱۲، ضعیف‌ترین عملکرد را نشان داد. تیمار BHT نیز کاهش مشابهی را تجربه کرد و امتیاز آن از ٤/٦٦ به ۲/۸۳ رسید. در مقابل، تیمارهای ترکیبی (MIXF و MIXL) بهترین عملکرد را در حفظ رنگ نشان دادند؛ به‌طوری‌که امتیازات آن‌ها در روز ۱۲ به ترتیب به ٤/١٦ و ٤ کاهش یافتند. نوع تیمار نقش مهمی در حفظ ویژگی‌های بویایی داشت. تیمار کنترل و BHT با کاهش شدید امتیاز بو از مقادیر اولیه ٤/٨٣ و ٥ به

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-21]
[DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270]

۲ و ۲/۶۶ در روز ۱۲، ضعیف‌ترین عملکرد را نشان دادند. در مقابل، تیمارهای ترکیبی (MIXF و MIXL) بهترین عملکرد را داشتند و امتیازات آن‌ها در پایان دوره نگهداری به ترتیب به ۳/۸۳ و ۳/۶۶ رسید. این نتایج بیانگر تأثیر هم‌افزایی ترکیبات فعال در این تیمارها است. مطابق با در شکل ۳ کیفیت طعمی نمونه‌ها طی دوره نگهداری کاهش یافت. تیمار کنترل افت شدیدی از ۴/۸۳ به ۲/۳۳ در روز ۱۲ را نشان داد. تیمار BHT نیز با کاهش امتیاز از ۴/۸۳ به ۲/۸۳ عملکرد بهتری داشت، اما همچنان محدودیت‌هایی در حفظ طعم داشت. تیمارهای ترکیبی (MIXF و MIXL) با حفظ امتیازات طعمی بالاتر (۴ و ۴ در روز ۱۲) بهترین عملکرد را داشتند. همانطورکه شکل ۳ مشاهده می‌شود امتیاز حسی بافت در تیمار کنترل به دلیل تخریب ساختاری به شدت کاهش یافت (از ۵ به ۲/۸۳). تیمار BHT نیز با کاهش تدریجی به امتیاز ۳ رسید. در مقابل، تیمارهای ترکیبی MIXF و MIXL کمترین کاهش را تجربه کردند و امتیاز نهایی آن‌ها به ۴/۱۶ رسید. این نتایج بر تأثیر مثبت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و پایدارکننده تأکید دارند.

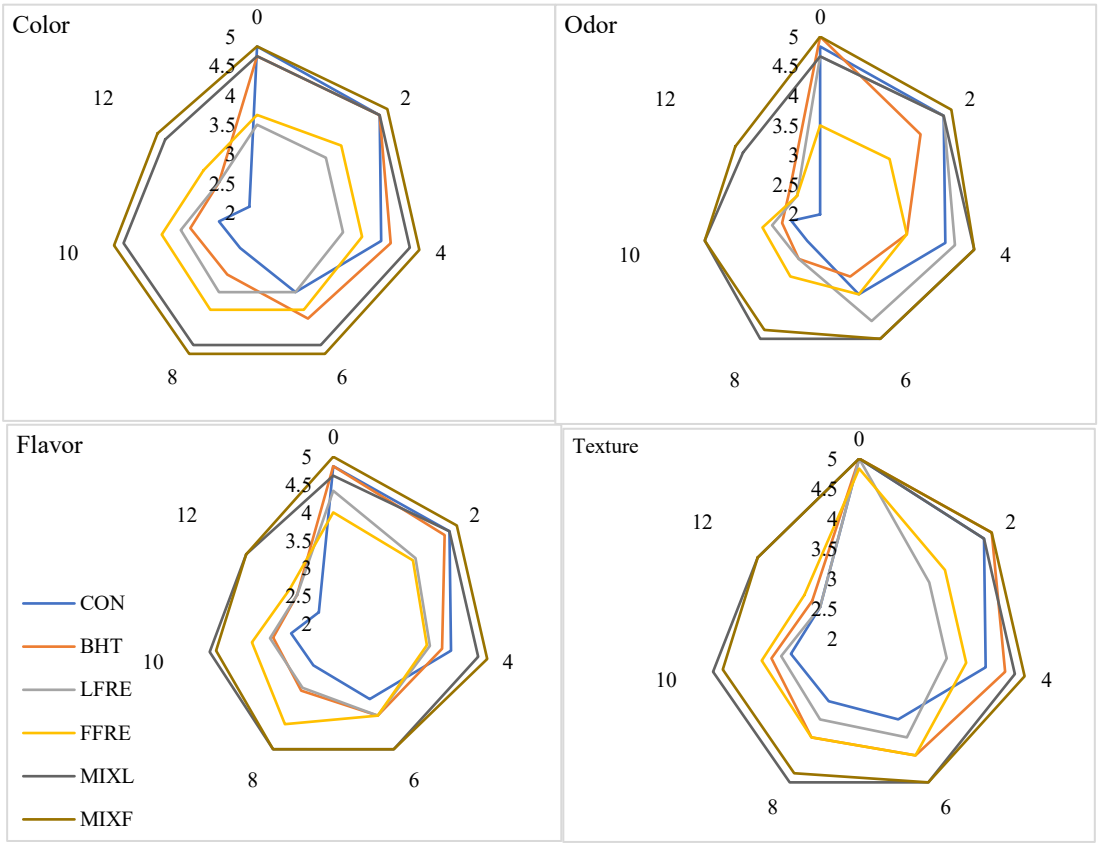

Fig. 3. Changes in sensory evaluation scores for color, odor, taste, and texture of different mutton meat samples during the storage

روند تغییرات خصوصیات حسی در تیمارها در طول مدت نگهداری با تغییرات اکسیداسیون و رشد میکروبی هم‌راستا بود. این امر به دلیل اکسیداسیون چربی‌ها است که منجر به تخریب و افت کیفیت حسی، کاهش مواد مغذی (از جمله کاهش اسیدهای چرب چند غیر اشباع ضروری) و تولید محصولات سمی اکسیداسیون می‌شود. همچنین، افزایش هیدرولیز چربی و تجمع اسیدهای چرب آزاد باعث کاهش برخی شاخص‌های مقبولیت محصول می‌شود، زیرا ثابت شده است که اسیدهای چرب آزاد بر ثبات پروتئین‌ها تأثیر دارند و موجب تخریب بافت از طریق واکنش با پروتئین‌ها می‌شوند. ریزپوشانی از عطر و طعم ناخواسته ترکیبات فنولی جلوگیری می کند [۳۱] سروینه باغی و همکاران (۲۰۲۱) علت بالاتر بودن امتیاز حسی درنمونه‌های حاوی عصاره پیاز را ترکیبات ارگانوسولفوره موجود در عصاره پیاز اعلام

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-21]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270]

نمودند که عامل اصلی طعم و بوی مشخص پیاز است و بر خواص حسی تکه های گوشت تیمار شده با غلظت بالاتر عصاره پیاز تأثیر می گذارد [۵, ۵۰, ۵۱]. ثانی و همکاران (۲۰۱۷) خصوصیات حسی رنگ، بو، بافت و پذیرش کلی نمونه گوشت بره پوشش‌دهی‌شده را با نمونه بدون پوشش مقایسه کردند. نتایج نشان داد با گذشت زمان نگهداری، تمامی خصوصیات حسی در نمونه‌ها کاهش می‌یابد و امتیاز حسی نمونه بدون پوشش همواره کمتر از نمونه‌های پوشش‌دهی‌شده بود و با نتایج بدست آمده در این پژوهش همخوانی داشت [۵۲]. محمودزاده و همکاران (۲۰۱۰) نتایج مشابهی در خصوص استفاده از عصاره رزماری در برگر ماهی و افزایش عمر نگهداری و بهبود خصوصیات حسی تا روز دهم ارائه کردند [۵۳].

در جدول ٤ مشاهده می‌شود که امتیاز پذیرش کلی در تیمار کنترل از ۵ به ۲/۳۳ کاهش یافت. تیمار BHT نیز روند مشابهی داشت و امتیاز آن به ۲/۸۳ رسید. تیمارهای ترکیبی MIXF و MIXL با کاهش محدود امتیاز به ترتیب به ۳/۸۳ و ٤ در روز ۱۲، بهترین عملکرد را در حفظ پذیرش کلی داشتند. تیمارهای ترکیبی (MIXF و MIXL) به دلیل تأثیر هم‌افزایی ترکیبات فعال، بهترین عملکرد را در حفظ ویژگی‌های حسی (رنگ، بو، طعم، بافت و پذیرش کلی) نمونه‌های گوشت طی دوره نگهداری نشان دادند. این نتایج اهمیت استفاده از آنتی‌اکسیدان‌ها و پایدارکننده‌های طبیعی را در بهبود ماندگاری محصولات گوشتی برجسته می‌کند.

Table 4. Changes in sensory evaluation scores for overall acceptance of different mutton meat samples during storage

Color index	Sample	0	2	4	6	8	10	12
	CON	5 ± 0.0^{Aa}	4.66 ± 0.3^{Bab}	4.16 ± 0.1^{Cb}	3.5 ± 0.1^{Db}	2.83 ± 0.3^{Ec}	2.66 ± 0.3^{Ec}	2.33 ± 0.1^{Fc}
	BHT	5 ± 0.0^{Aa}	4.5 ± 0.1^{Ba}	4.0 ± 0.1^{Ca}	3.83 ± 0.1^{Ca}	3.33 ± 0.3^{Db}	3.16 ± 0.3^{Db}	2.83 ± 0.3^{Eb}
	LFRE	4.66 ± 0.9^{Ac}	3.83 ± 0.3^{Bb}	3.83 ± 0.3^{Bba}	3.66 ± 0.3^{Bab}	3.33 ± 0.1^{CDb}	3.16 ± 0.1^{Db}	2.66 ± 0.3^{Eb}
	FFRE	4.16 ± 0.1^{Ac}	3.83 ± 0.1^{Bba}	3.72 ± 0.3^{Bab}	3.66 ± 0.3^{BCb}	3.66 ± 0.1^{BCb}	3.5 ± 0.1^{Cb}	3.0 ± 0.3^{Db}
	MIXL	5 ± 0.0^{Aa}	4.66 ± 0.3^{Bba}	4.66 ± 0.3^{BCa}	4.5 ± 0.1^{Ca}	4.5 ± 0.1^{Ca}	4.33 ± 0.1^{Da}	3.83 ± 0.1^{Ea}
	MIXF	5 ± 0.0^{Aa}	4.83 ± 0.3^{Bba}	4.83 ± 0.1^{Ba}	4.5 ± 0.1^{Ca}	4.5 ± 0.1^{Ca}	4.33 ± 0.3^{Da}	4.0 ± 0.3^{Ea}

Uppercase letters in each row indicate significant statistical differences between days of storage at $p<0.05$.
Lowercase letters in each column indicate significant statistical differences between samples at $p<0.05$.

٤_نتیجه گیری

در این پژوهش برای نخستین بار عصاره برگ و گل شمعدانی به عنوان یک ترکیب آنتی‌اکسیدان و آنتی‌میکروب طبیعی جهت افزایش عمر ماندگاری فیله گوشت گوسفند معرفی گردید. نتایج نشان داد عصاره برگ و گل شمعدانی به دلیل دارا بودن ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی خاصیت آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌میکروبی دارد و طی دوره نگهداری توانست وقوع واکنش‌های اکسایش چربی و رشد میکروبی را آهسته تر کند و قابل مقایسه با نگهدارنده سنتری BHT بود. از سوی دیگر نانوریزپوشانی عصاره‌ها منجر به بهبود کارایی عصاره‌ها شد به طوریکه نمونه‌های گوشت تیمار شده با عصاره نانوریزپوشانی شده دارای بیشترین امتیاز ارزیابی حسی بودند. همچنین از نظر میزان اکسایش چربی، عدد پراکسید و عدد اسید تیوباربیتوریک کمتری داشتند و همچنین نرخ رشد باکتری‌های سرمادوست در این نمونه‌ها کمتر بود. نتایج این تحقیق پیشنهاد می‌نماید که استفاده از فرآیند نانوریزپوشانی می‌تواند کارایی عصاره‌های گیاهی را به عنوان یک ترکیب نگهدارنده طبیعی افزایش دهد. عصاره گل شمعدانی می‌تواند به عنوان یک ترکیب قابل رقابت با نگهدارنده سنتزی BTH مورد استفاده قرار بگیرد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-21]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270]

۵-منابع

[1]Khalili, M., Najafi, A., & Razavi, R. (2024). Preservative activity of free and nano-encapsulated pomegranate peel extract obtained using cold plasma and ultrasound-assisted method in increasing the shelf life of thigh mutton mince. *Applied Food Research*, 100668 .

[2]Deus, D., Kehrenberg, C., Schaudien, D., Klein, G., & Krischek, C. J. P. s. (2017). Effect of a nano-silver coating on the quality of fresh turkey meat during storage after modified atmosphere or vacuum packaging. *96*(2), 449-457 .

[3]Langroodi, A. M., Tajik, H., Mehdizadeh, T., Moradi, M., Kia, E. M., & Mahmoudian, A. (2018). Effects of sumac extract dipping and chitosan coating enriched with Zataria multiflora Boiss oil on the shelf-life of meat in modified atmosphere packaging. *Lwt, 98*, 372-380 .

[4]Lohita, B., & Srijaya, M. (2024). Novel Technologies for Shelf-Life Extension of Food Products as a Competitive Advantage: A Review. *Food Production, Diversity, and Safety Under Climate Change*, 285-306 .

[5]Sarvinehbaghi, M. B., Ahmadi, M., Shiran, M., & Azizkhani, M. (2021). Antioxidant and antimicrobial activity of red onion (Allium cepa , L.) extract nanoencapsulated in native seed gums coating and its effect on shelf-life extension of beef fillet. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-10 .

[6]Fatemi, A., Najafi, A ,.Razavi, R., & Jafarzadeh, S. (2024). Characterizing the antioxidant and antifungal properties of nano-encapsulated pistachio hull extract in fenugreek seed gum to maintain the quality and safety of fresh pistachio. *Food science & nutrition* .

[7]Ahmadian, S., Kenari, R. E., Amiri, Z. R., Sohbatzadeh, F., & Khodaparast, M. H. H. (2024). Fabrication of double nano-emulsions loaded with hyssop (Hyssopus officinalis L.) extract stabilized with soy protein isolate alone and combined with chia seed gum in controlling the oxidative stability of canola oil. *Food Chemistry, 430*, 137093 .

[8]Ebrahimian, P., Najafi, A., & Abedinia, A. (2024). Effect of Nanoencapsulated Pistachio Green Hull Extract in the Carboxymethyl Cellulose and Soy Protein Isolate Edible Coatings on Shelf-Life Quality of Fresh Pistachio. *Journal of food processing and preservation, 2024*(1), 5524814 .

[9]Xu, L., Wang, T., Shan, Y., Wang, R., & Yi, C. (2024). Soybean protein isolate inhibiting the retrogradation of fresh rice noodles: Combined experimental analysis and molecular dynamics simulation. *Food Hydrocolloids, 151*, 109877 .

[10]Chukwuejim, S., & Aluko, R. E. (2024). Comparative study of the emulsifying properties of blue lupin, white lupin, and soybean protein isolates. *Lwt, 206*, 116544 .

[11]Du, C., Wang, Z., & Zheng, Z. (2023). The preparation of plant-based milk substitutes with antioxidant properties using soybean protein isolate and curcumin composite nanoparticles. *Lwt, 182*, 114780 .

[12]Draiaia, R., Amri, A., Boubsil, S., Necib, A., Ketfi, L., & Mohamadi, N. (2025). GC/MS analysis, antioxidant and anti-inflammatory activity of Pelargonium graveolens. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 24*(2), 199-211 .

[13]Al-Mijalli, S. H., Mrabti, H. N., Assaggaf, H., Attar, A. A., Hamed, M., Baaboua, A. E., Omari, N. E., Menyiy, N. E., Hazzoumi, Z., & Sheikh, R. A. (2022). Chemical profiling and biological activities of Pelargonium graveolens essential oils at three different phenological stages. *Plants, 11*(17), 2226 .

[14]Pedraza, P. S. R., Aguirre, O. E. R., & del Carmen, J. (2023). Evaluation Of Antibacterial Activity In Pelargonium Graveolens. *International Journal, 10*(2), 3962-3975 .

[15]Ali, I. B. E., Tajini, F ,.Boulila, A., Jebri, M.-A., Boussaid, M., Messaoud, C., & Sebaï, H. (2020). Bioactive compounds from Tunisian Pelargonium graveolens (L'Hér.) essential oils and extracts: α-amylase and acethylcholinesterase inhibitory and antioxidant, antibacterial and phytotoxic activities. *Industrial Crops and Products, 158*, 112951 .

[16]Kenari, R. E., & Razavi, R. (2022). Encapsulation of bougainvillea (Bougainvillea spectabilis) flower extract in Urtica dioica L. seed gum: Characterization, antioxidant/antimicrobial properties, and in vitro

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-21]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270]

digestion. *Food science & nutrition, 10*(10), 3436-3443 .

[17]Sanhueza, L., García, P., Giménez, B., Benito, J. M., Matos, M., & Gutiérrez, G. (2022). Encapsulation of pomegranate peel extract (Punica granatum L.) by double emulsions: Effect of the encapsulation method and oil phase. *Foods, 11*(3), 310 .

[18]Rahnemoon, P., Sarabi-Jamab, M., Bostan, A., & Mansouri, E. (2021). Nano-encapsulation of pomegranate (Punica granatum L.) peel extract and evaluation of its antimicrobial properties on coated chicken meat. *Food Bioscience*, 101331 .

[19]Abdelbaky, A. S., Abd El-Mageed, T. A., Babalghith, A. O., Selim, S., & Mohamed, A. M. (2022). Green synthesis and characterization of ZnO nanoparticles using Pelargonium odoratissimum (L.) aqueous leaf extract and their antioxidant, antibacterial and anti-inflammatory activities. *Antioxidants, 11*(8), 1444 .

[20]Mekky, R. H., Abdel-Sattar, E., Segura-Carretero, A., & Contreras, M. d. M. (2019). Phenolic compounds from sesame cake and antioxidant activity: A new insight for agri-food residues' significance for sustainable development. *Foods, 8*(10), 432 .

[21]Esmaeilzadeh Kenari, R & ,Razavi, R. (2022). Phenolic profile and antioxidant activity of free/bound phenolic compounds of sesame and properties of encapsulated nanoparticles in different wall materials. *Food science & nutrition* .

[22]Khoshakhlagh, K., Koocheki, A., Mohebbi, M., & Allafchian, A. (2017). Development and characterization of electrosprayed Alyssum homolocarpum seed gum nanoparticles for encapsulation of d-limonene. *Journal of colloid and interface science, 490*, 562-575 .

[23]Jooyandeh, H., Ebrahimi Hemmati Kaykha, M., Alizadeh Behbahani, B., & Noshad, M. (2023). Evaluating the quality of mutton meat coated with Cordia myxa fruit mucilage containing Rosmarinus officinalis essential oil during cold storage. *Journal of Food Measurement and Characterization, 17*(3), 2062-2074 .

[24]Ebrahimi, F., Habibi, N., & Hosseini, M. (2025). Nano-Coating Loaded With Leaf and Flowers of Pelargonium graveolens Plant Extract Stabilized With Fenugreek Seed Gum and Soy Protein Isolate in Increasing the Shelf Life of Mutton Fillet. *Food science & nutrition, 13*(1), e4618 .

[25]Volpe, M., Siano, F., Paolucci, M., Sacco, A., Sorrentino, A., Malinconico, M., & Varricchio, E. (2015). Active edible coating effectiveness in shelf-life enhancement of trout (Oncorhynchusmykiss) fillets. *LWT-Food Science and Technology, 60*(1), 615-622 .

[26]AOCS. (2017). *Official methods and recommended practices of the AMOS*. AMOS press Champaign .

[27]Jridi, M., Mora, L., Souissi, N., Aristoy, M.-C., Nasri, M., & Toldrá, F. (2018). Effects of active gelatin coated with henna (L. inermis) extract on beef meat quality during chilled storage. *Food Control, 84*, 238-245 .

[28]Song, W., Du, Y., Yang, C., Li, L., Wang, S., Liu, Y., & Wang, W. (2020). Development of PVA/EVA-based bilayer active film and its application to mutton. *Lwt, 133*, 110109 .

[29]Stadnik, J., Dolatowski, Z. J. J. E. F. R., & Technology. (2011). Influence of sonication on Warner-Bratzler shear force, colour and myoglobin of beef (m. semimembranosus). *233*(4), 553 .

[30]Liu, Q., Zhang, M., Bhandari, B., Xu, J., & Yang, C. (2020). Effects of nanoemulsion-based active coatings with composite mixture of star anise essential oil, polylysine, and nisin on the quality and shelf life of ready-to-eat Yao meat products. *Food control, 107*, 106771 .

[32]Tometri, S. S., Ahmady, M., Ariaii, P., & Soltani, M. S. (2020). Extraction and encapsulation of Laurus nobilis leaf extract with nano-liposome and its effect on oxidative, microbial, bacterial and sensory properties of minced beef *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-12 .

[33]Hsouna, A. B., & Hamdi, N. (2012). Phytochemical composition and antimicrobial activities of the essential oils and organic extracts from Pelargonium graveolens growing in Tunisia. *Lipids in health and disease, 11*, 1-7 .

[34]Hosseinialhashemi, M., Tavakoli, J., Rafati, A., & Ahmadi, F. (2020). The aplication of Pistacia khinjuk extract nanoemulsion in a biopolymeric coating to improve the shelf life

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-21]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270]

extension of sunflower oil. *Food science & nutrition* .

[35]Hęś, M., Szwengiel, A., Dziedzic, K., Le Thanh-Blicharz, J., Kmiecik, D., & Górecka, D. (2017). The effect of buckwheat hull extract on lipid oxidation in frozen-stored meat products. *Journal of Food Science, 82*(4), 882-889.

[36]Fourati ,M., Smaoui, S., Ben Hlima, H., Elhadef, K., Chakchouk Mtibaa, A., & Mellouli, L. (2020). Variability in phytochemical contents and biological potential of pomegranate (Punica granatum) peel extracts: toward a new opportunity for minced beef meat preservation. *Journal of Food Quality, 2020*, 1-14 .

[37]Falowo, A. B., Mukumbo, F. E., Idamokoro, E. M ,.Afolayan, A. J., & Muchenje, V. (2019). Phytochemical constituents and antioxidant activity of sweet basil (Ocimum basilicum L.) essential oil on ground beef from boran and nguni cattle. *International journal of food science, 2019* .

[38]Elhadef, K., Smaoui, S., Hlima, H. B ,. Ennouri, K., Fourati, M., Mtibaa, A. C., Ennouri, M., & Mellouli, L. (2020). Effects of Ephedra alata extract on the quality of minced beef meat during refrigerated storage: A chemometric approach. *Meat science, 170*, 108246 .

[38]Morsy, M. K., Mekawi, E., & Elsabagh, R. (2018). Impact of pomegranate peel nanoparticles on quality attributes of meatballs during refrigerated storage. *Lwt, 89*, 489-495 .

[39]Calderón-Oliver ,M., Escalona-Buendía, H. B., & Ponce-Alquicira, E. (2020). Effect of the addition of microcapsules with avocado peel extract and nisin on the quality of ground beef. *Food science & nutrition, 8*(3), 1325-1334 .

[40]Lourenço, S. C., Fraqueza, M. J., Fernandes, M. H., Moldão-Martins, M., & Alves, V. D. (2020). Application of edible alginate films with pineapple peel active compounds on beef meat preservation. *Antioxidants, 9*(8), 667 .

[41]Ahmad, A. S., Sae-Leaw, T., Zhang, B., & Benjakul, S. (2024). Antioxidant and antimicrobial activities of ethanolic jik (Barringtonia acutangula) leaf extract and its application for shelf-life extension of Pacific white shrimp meat during refrigerated storage. *Food Control, 155*, 110037 .

[42]Mohammadi, H., Kamkar, A., & Misaghi, A. (2018). Nanocomposite films based on CMC, okra mucilage and ZnO nanoparticles: Physico mechanical and antibacterial properties. *Carbohydrate polymers, 181*, 351-357 .

[43]Zhao, R., Zhang, Y., Chen, H., Song, R., & Li, Y. (2022). Performance of eugenol emulsion/chitosan edible coating and application in fresh meat preservation. *Journal of food processing and preservation, 46*(3), e16407 .

[44]El Aanachi, S., Gali, L., Nacer, S. N., Bensouici, C., Dari, K., & Aassila, H. (2020). Phenolic contents and in vitro investigation of the antioxidant ,enzyme inhibitory, photoprotective, and antimicrobial effects of the organic extracts of Pelargonium graveolens growing in Morocco. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 29*, 101819 .

[45]Boukhatem, M. N., Kameli, A., & Saidi, F. (2013). Essential oil of Algerian rose-scented geranium (Pelargonium graveolens): Chemical composition and antimicrobial activity against food spoilage pathogens. *Food Control, 34*(1), 208-213 .

[46]Bouzenna, H., & Krichen, L. (2013). Pelargonium graveolens L'Her. and Artemisia arborescens L. essential oils: chemical composition, antifungal activity against Rhizoctonia solani and insecticidal activity against Rhysopertha dominica. *Natural Product Research, 27*(9), 841-846 .

[47]Zhou, X., Zong, X., Zhang, M., Ge, Q., Qi, J., Liang, J., Xu, X., & Xiong, G. (2021). Effect of konjac glucomannan/carrageenan-based edible emulsion coatings with camellia oil on quality and shelf-life of chicken meat. *International journal of biological macromolecules, 183*, 331-339 .

[48]Bagheri, R., Izadi Amoli, R., Tabari Shahndasht, N., & Shahosseini, S. R. (2016). Comparing the effect of encapsulated and unencapsulated fennel extracts on the shelf life of minced common kilka (C lupeonella cultriventris caspia) and P seudomonas aeruginosa inoculated in the mince. *Food science & nutrition, 4*(2), 216-222 .

[49]ElBeltagy, A. E., Elsayed, M., Khalil, S., Kishk, Y. F., Abdel Fattah, A. F. A., & Alharthi, S. S. (2022). Physical, Chemical, and Antioxidant Characterization of Nano-

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-21]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270]

Pomegranate Peel and Its Impact on Lipid Oxidation of Refrigerated Meat Ball. *Journal of Food Quality, 2022* .

[50]Manohar, C. M., Xue, J., Murayyan, A., Neethirajan, S., & Shi, J. (2017). Antioxidant activity of polyphenols from Ontario grown onion varieties using pressurized low polarity water technology. *Journal of Functional Foods, 31*, 52-62 .

[51]Santas, J., Almajano, M. P., & Carbó, R. (2010). Antimicrobial and antioxidant activity of crude onion (Allium cepa, L.) extracts. *International Journal of Food Science & Technology, 45*(2), 403-409 .

[52]Sani, M. A., Ehsani, A., & Hashemi, M. (2017). Whey protein isolate/cellulose nanofibre/TiO2 nanoparticle/rosemary essential oil nanocomposite film: Its effect on microbial and sensory quality of lamb meat and growth of common foodborne pathogenic bacteria during refrigeration. *International journal of food microbiology, 251*, 8-14 .

[53]Mahmoudzadeh, M., Motallebi, A., Hosseini, H., Haratian, P., Ahmadi, H., Mohammadi, M., & Khaksar, R. (2010). Quality assessment of fish burgers from deep flounder (Pseudorhombus elevatus) and brushtooth lizardfish (Saurida undosquamis) during storage at-18ºC. *Iranian Journal of Fisheries Sciences, 9*(1), 111-126 .

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-21]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270]

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Evaluation of antioxidant and antimicrobial effects of free and nanoencapsulated extracts of *pelargonium graveolens* leaves and flowers on the shelf life and sensory properties of mutton fillet during storage

Farzad Ebrahimi[1], Nader Habibi[1], Mohammadyar Hosseini[2]*

[1]Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Sanandaj Branch, Sanandaj, Iran

[1]*Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Sanandaj Branch, Sanandaj, Iran

[2]Department of Food Science and Technology, Faculty of Interdisciplinary Science and Technology, Bonab University, Bonab, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2025/2/18

Accepted:2025/4/5

Keywords:

Antioxidant,

Antimicrobial,

Pelargonium Extract,

Mutton fillet,

Storage

DOI: **10.22034/FSCT.22.163.270.**

*Corresponding Author E-

5589720702@iau.ir

ABSTRACT

Due to the proven carcinogenic effects of synthetic preservatives, there has been an increasing focus on finding natural alternatives. In this study, extracts from *Pelargonium graveolens* leaves and flowers were extracted using ultrasound as a natural antioxidant and antimicrobial compound and nanoencapsulated in fenugreek seed gum and soy protein isolate coatings. Mutton fillets were treated with nanoencapsulated and free extracts of *Pelargonium* leaves and flowers at a concentration of 2000 ppm and stored at 4°C for 12 days. A control sample (without preservatives) and a sample containing 100 ppm of the synthetic preservative BHT were included as references. Results of lipid oxidation tests (peroxide value and thiobarbituric acid value), psychrotrophic bacterial counts, and total volatile nitrogen bases measured at 2-day intervals indicated that both free and nanoencapsulated extracts delayed lipid oxidation reactions and microbial growth. The lowest oxidative and microbial spoilage levels were observed in the meat samples treated with nanoencapsulated extracts. Additionally, these samples achieved higher sensory evaluation scores throughout the storage period. Considering that the *Pelargonium* leaf and flower extracts contain phenolic and flavonoid compounds, they not only extended the shelf life of lamb meat but also enhanced its nutritional value. The findings of this research recommend using nanoencapsulated extracts of *Pelargonium* flowers at a concentration of 2000 ppm in fenugreek seed gum and soy protein isolate walls to enhance the shelf life of mutton meat.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-21]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.163.270]