DOI: 10.22059/ijbse.2020.299334.665289 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹ (ص ۴۱۸-۴۰۷)

Increasing Beef Shelf Life Using Bioactive Edible Coating Based on Dragon's Head Seed Mucilage Loaded with Caraway Essential Oil

MOHAMMAD NOSHAD[1*], MOHAMMAD HOJJATI[1], BEHROOZ ALIZADEH BEHBAHANI[1]

1. Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

(Received: March. 13, 2020- Revised: Apr. 12, 2020- Accepted: Apr. 25, 2020)

ABSTRACT

In this research, the effect of edible coating prepared from dragon's head seed mucilage loaded with caraway essential oil was investigated on the physicochemical, microbial, and sensory properties of meat. The edible coating significantly inhibited the pH increment and moisture and texture losses of meat, and the coated samples had higher oxidative stability (lower peroxide and thiobarbituric acid values) compared to the control one. The growth of pathogenic and spoilage microorganisms in the coated meats were significantly lower than that in the control sample ($p < 0.05$) and this effect was more pronounced in the presence of higher essential oil concentrations. The sensory properties of meat were also preserved better in the presence of the bioactive edible coating. The edible coating based on the dragon's head and caraway essential oil could be considered as a novel bioactive packaging to increase the oxidative and microbial stability and improve the sensory properties of meat products.

Keywords: Beef, Microbial changes, Texture, Organoleptic properties

* Corresponding author's e-mail: noshad@asnrukh.ac.ir

افزایش عمر نگهداری گوشت گاو با استفاده از پوشش خوراکی زیست فعال بر پایه موسیلاژ دانه بالنگوی سیاه بارگذاری شده با اسانس زیره سیاه

محمد نوشاد[1*]، محمد حجتی[1]، بهروز علیزاده بهبهانی[1]

۱. گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۲۳- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱/۲۴- تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۲/۶)

چکیده

در این پژوهش، تأثیر پوشش تهیه شده از موسیلاژ دانه بالنگوی سیاه حاوی اسانس زیره سیاه بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی گوشت گاو بررسی گردید. پوشش خوراکی به‌طور معنی‌داری از افزایش pH و افت رطوبت و کاهش سفتی بافت نمونه‌های گوشت جلوگیری کرد و نمونه‌های پوشش‌یافته پایداری اکسایشی بالاتری (عدد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید پایین) داشتند. رشد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و مولد فساد در گوشت گاو پوشش‌یافته به‌طور معنی‌داری کمتر از نمونه شاهد بود ($p < 0.05$) و این اثر در غلظت‌های بالاتر اسانس بیشتر مشهود بود. ویژگی‌های حسی گوشت گاو نیز در حضور پوشش خوراکی زیست فعال بهتر حفظ گردید. پوشش خوراکی بر پایه موسیلاژ بالنگوی سیاه و اسانس زیره سیاه می‌تواند به‌عنوان نوع جدیدی از بسته‌بندی زیست فعال جهت افزایش پایداری اکسایشی و میکروبی و بهبود ویژگی‌های حسی محصولات گوشتی در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: گوشت‌گاو، تغییرات بار میکروبی، بافت، ویژگی‌های حسی

مقدمه

امروزه، علاوه بر پژوهش‌های گسترده در شناسایی مواد طبیعی و گیاهی به جای نگهدارنده‌های شیمیایی، استفاده از این ترکیبات به‌عنوان مواد ضد میکروب و آنتی‌اکسیدان مؤثر بر بهبود ماندگاری محصولات غذایی افزایش یافته است (Kargozari *et al.*, 2018). اسانس‌های گیاهی، عصاره روغنی معطر و فرار حاصل از بخش‌های مختلف گیاه از جمله گل، ریشه، برگ و پوست می‌باشند که خواص ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات، استفاده از آن‌ها را در صنعت غذا افزایش داده است (Jayasena & Jo, 2013). زیره سیاه[1] با نام علمی *Carum carvi*، گیاهی معطر متعلق به خانواده Apiaceae و از اولین گیاهان جوانه زده در آسیا، آفریقا و اروپا می‌باشد (Johri, 2011; Iacobellis *et al.*, 2005). اسانس دانه زیره سیاه به‌عنوان عامل طعم‌دهنده و مولد رایحه در صنایع غذایی، عطرسازی و دارویی استفاده شده است و دارای کاربرد گسترده‌ای به‌عنوان ترکیبی ادرارآور، ضد سرطان، ضد کلسترول بالا و ضد قند خون بالا در صنعت پزشکی می‌باشد (Laribi *et al.*, 2010). با این حال، اسانس‌های گیاهی نسبت به گرما حساس بوده و از بو و طعم شدیدی برخوردار هستند. همچنین حلالیت این ترکیبات در آب پایین می‌باشد که پراکندگی آن‌ها در ترکیبات غذایی مبتنی بر آب را دشوار کرده است. این امر منجر به کاهش پایداری و کاربرد اسانس‌های گیاهی در صنعت غذا شده است (Wu *et al.*, 2019; Acevedo-Fani *et al.*, 2015). بنابراین به منظور حفظ خاصیت بیولوژیکی، بهبود کاربرد و کاهش اثرات منفی اسانس‌ها بر ویژگی‌های حسی مواد غذایی، بهتر است که در سامانه حامل مناسبی بارگذاری شوند که پوشش‌های خوراکی یکی از سامانه‌های حامل جهت ریزپوشانی، انتقال و کنترل رهایش اسانس‌های گیاهی می‌باشند (Kiarsi *et al.*, 2020). پوشش‌های خوراکی ضدمیکروب و آنتی‌اکسیدان حاوی عصاره و اسانس گیاهان دارویی به‌طور گسترده‌ای جهت تولید بسته‌بندی‌های زیست تخریب‌پذیر فعال به منظور بهبود کیفیت و عمر نگهداری مواد غذایی (جلوگیری از فساد فیزیکی، شیمیایی و میکروبی) استفاده می‌شوند و پلی‌ساکاریدهای طبیعی انتخاب مناسبی برای این منظور می‌باشند (Alizadeh Behbahani *et al.*, 2020). در سال‌های اخیر تحقیقات موفقیت آمیزی مبنی بر استفاده از انواع پوشش‌های خوراکی پلی‌ساکاریدی حاوی اسانس-های مختلف گیاهی در بالابردن زمان ماندگاری انواع گوشت انجام پذیرفته است (Ariaei *et al.*, 2013; Hakim *et al.*, 2018; Hedayati Rad *et al.*, 2020).

*نویسنده مسئول: noshad@asnrukh.ac.ir

1. Caraway

بالنگوی سیاه[1] با نام علمی *Lallemantia iberica* گیاهی یک‌ساله از تیره نعناع می‌باشد که کاربرد گسترده‌ای در طب سنتی دارد. یکی از مواد موثره موجود در بالنگوی سیاه موسیلاژ آن است که عمدتاً از گالاکتورونیک اسید، گالاکتوز، مانوز، آرابینوز، زایلوز، گلوکز و رامنوز تشکیل شده است (Fekri *et al*., 2008). موسیلاژ این گیاه دارای مزیت‌هایی متعددی از قبیل هزینه تولید پایین، کارایی بالاتر و خواص درمانی بهتری نسبت به سایر پلی‌ساکاریدهای موجود می‌باشد (Sadeghi-Varkani *et al*., 2018).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی بالای اسانس زیره سیاه به ترکیبات زیست فعال آن نسبت داده شده است (Noshad *et al*., 2018)؛ بنابراین می‌توان از اسانس زیره سیاه به‌عنوان ترکیبی آنتی‌اکسیدان و ضد میکروب طبیعی به منظور کنترل رشد میکروبی و اکسیداسیون لیپیدی مواد غذایی استفاده کرد. با این‌حال، بدلیل فرار بودن و همچنین عطر و طعم و بوی قوی اسانس گیاهان دارویی و تأثیر آن بر ویژگی‌های حسی مواد غذایی، افزودن مستقیم آن‌ها به مواد غذایی با محدودیت مواجه شده است (Barzegar *et al*., 2019). از طرفی گوشت گاو به دلیل دارا بودن ترکیبات مغذی، رطوبت بالا و pH مناسب می‌تواند محیط مناسبی جهت رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و مولد فساد باشد؛ بنابراین حفظ کیفیت و ایمنی آن در صنعت غذا از اهمیت زیادی برخوردار است (Behbahani *et al*., 2017).

هدف از انجام این پژوهش، استخراج اسانس زیره سیاه با فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی بالقوه و افزودن آن به پوشش تهیه شده از موسیلاژ دانه بالنگوی سیاه به منظور کنترل ویژگی‌های رهایش، بو و عطر و طعم اسانس و بررسی استفاده از این پوشش خوراکی جهت افزایش عمر ماندگاری گوشت گاو تازه در یخچال بود.

مواد و روش

جمع‌آوری گیاه زیره سیاه و تهیه اسانس آن

دانه زیره‌سیاه از شهر کرمان جمع‌آوری و در دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان شناسایی و تائید گردید. پس از خشک شدن گیاه، توسط آسیاب پودر و اسانس آن با استفاده از روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر استخراج شد. اسانس زیره سیاه در ظروف شیشه‌ای تا زمان انجام آزمون‌های مختلف در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Noshad *et al*., 2018).

شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس زیره سیاه

شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس زیره سیاه با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Agilent 6890A حاوی ستون HP-5MS (طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵۰ میکرومتر و ضخامت فاز ثابت ۰/۲۵ میکرومتر) متصل به طیف سنج جرمی مدل Agilent 5975 انجام پذیرفت. برنامه دمایی ستون به این طریق تنظیم گردید: (۱) دمای ابتدایی ۴۰ درجه سانتی‌گراد و افزایش دما تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۵ درجه در دقیقه و توقف یک دقیقه‌ای در این دما، (۲) افزایش مجدد دما با سرعت ۱۰ درجه در دقیقه تا رسیدن به دمای ۲۵۰ درجه و ۵ دقیقه توقف، (۳) رسیدن به دمای ۳۰۰ درجه با سرعت ۲۵ درجه در دقیقه. در این تحقیق گاز هلیوم با سرعت جریان ۰/۹ میلی لیتر در دقیقه به عنوان گاز حامل به کار گرفته شد و دمای محفظه تزریق و آشکارساز به‌ترتیب ۲۴۰ و ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. شناسایی نوع ترکیبات اسانس با کمک طیف نرمال آلکان‌ها (C_8-C_{24}) و بدست آوردن شاخص بازداری آنها (شاخص کواتز) و مقایسه با شاخص کواتز (KI)[2] گزارش شده ترکیبات در نرم افزار NIST07 و مقایسه طیف جرمی هر یک از اجزای ترکیبات اسانس با طیف جرمی موجود در کتابخانه wiley7n.1 موجود در دستگاه GC/MSصورت پذیرفت. همچنین میزان درصد ترکیبات موجود در اسانس مورد بررسی با استفاده از دستگاه گازکروماتوگرافی مدل Agilent 6890A مجهز به آشکار ساز FID با شرایط فوق و با استفاده از سطح زیر منحنی پیکها محاسبه گردید (Omidi Mirzaei et al., 2020).

جمع‌آوری گیاه بالنگوی سیاه و استخراج موسیلاژ آن

دانه بالنگوی سیاه از بازار محلی در مشهد تهیه گردید. دانه گیاه سپس در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و در pH= ۷ به مدت ۲۰ دقیقه در آب خیسانده شد (نسبت آب به دانه ۱:۲۰). جداسازی موسیلاژ از دانه‌های متورم با عبور دانه‌ها از یک عصاره‌گیر مجهز به یک صفحه چرخان که موسیلاژ را از روی دانه‌ها جدا می‌کند، به دست آمد (Behbahani *et al*., 2018).

اندازه‌گیری ترکیبات تشکیل‌دهنده موسیلاژ بالنگوی سیاه

رطوبت، چربی، خاکستر و پروتئین موجود در موسیلاژ با استفاده از روش AOAC (۱۹۹۵) اندازه‌گیری گردید. مقدار کربوهیدرات کل از طریق فرمول ۱۰۰-(پروتئین+چربی+رطوبت+خاکستر) محاسبه شد.

1. Dragon's head
2. Kovats Index

آماده‌سازی نمونه‌های گوشت

گوشت گاو از بازار محلی شهرستان ملاثانی (اهواز، ایران) خریداری و در کیسه‌های استریل بسته‌بندی گردید. پس از انتقال گوشت به آزمایشگاه، نمونه‌هایی با قطعاتی با ابعاد مناسب و تقریبا یکسان تهیه و در یخچال نگهداری شدند.

تهیه پوشش و پوشش‌دهی گوشت

مقدار ۲ گرم موسیلاژ بالنگوی سیاه به همراه ۰/۵ گرم توئین ۸۰ با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و حرارت داده شد. سپس ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد (وزنی/وزنی) اسانس زیره سیاه به‌عنوان ترکیب ضد میکروب و آنتی‌اکسیدان به محلول اضافه گردید. سپس قطعات گوشت با غوطه‌وری در محلول‌های حاوی درصدهای مختلف اسانس زیره سیاه به مدت ۱ دقیقه پوشش داده شدند. نمونه پوشش داده نشده به‌عنوان نمونه کنترل در نظر گرفته شد (Behbahani *et al*., 2017).

تغییرات فیزیکوشیمیایی

اندازه‌گیری pH

جهت اندازه‌گیری pH نمونه‌های پوشش داده شده، ۱۰ گرم نمونه در ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و به مدت ۳۰ ثانیه هم زده شد. پس از فیلتر کردن نمونه‌ها، pH آن‌ها با استفاده از دستگاه pH متر (AZ86502, AZ Co-Taiwan) اندازه‌گیری گردید.

رطوبت

از روش خشک کردن با آون جهت اندازه‌گیری میزان رطوبت نمونه‌ها استفاده شد (AOAC, 1995).

عدد پراکسید

به منظور تعیین عدد پراکسید نمونه‌های گوشت گاو، ابتدا چربی آن‌ها در ارلن‌مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری حاوی ۲۵ میلی‌لیتر محلول اسید استریک-کلروفرم استخراج شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر پتاسیم یدید اشباع، ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته ۱ درصد به محلول اضافه گردید. ید آزاد شده با استفاده از تیوسولفات ۰/۰۱ نرمال تیتر گردید (Jouki *et al*., 2014).

عدد تیوباربیتوریک اسید

مقدار ۲ گرم گوشت با ۵ میلی‌لیتر تری کلرو استیک اسید ۲۰ درصد به مدت ۲۰ دقیقه مخلوط شد. سپس مخلوط حاصل فیلتر و ۵ میلی‌لیتر از نمونه فیلتر شده با ۵ میلی‌لیتر تیوباربیتوریک اسید ۰/۰۱ مولار ترکیب گردید. نمونه‌ها تا زمان ایجاد رنگ در حمام بخار ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و جذب آن‌ها در ۵۳۲ نانومتر ثبت گردید (Alizadeh Behbahani & Imani Fooladi, 2018).

بافت

تغییرات بافت نمونه‌های گوشت در طول مدت نگهداری با استفاده از دستگاه بافت سنج (TA-XT2i, Stable Micro Systems, Surrey, UK) اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها با استفاده از یک پروب استوانه‌ای آلومینیومی (با قطر ۳۶ میلی‌متر) تا ۳۰ درصد ارتفاع اولیه با سرعت ۵ میلی‌لیتر بر ثانیه فشرده شدند. بالاترین نیرویی که جهت فشرده‌سازی اعمال می‌شود به‌عنوان سفتی در نظر گرفته شد (Barzegar et *al*., 2019).

آزمون‌های میکروبی

بدین منظور ۵ گرم نمونه به همراه ۴۵ میلی‌لیتر آب پپتونه ۰/۱ درصد به مدت ۱ دقیقه همگن شدند. کشت و شمارش کل باکتری‌های زنده در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در محیط پلیت کانت آگار، کشت و شمارش باکتری‌های سرمادوست در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ روز در محیط پلیت کانت آگار، کشت و شمارش باکتری *اشرشیا کلی* (*Escherichia coli*) در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در محیط کشت ائوزین متیلن بلو، کشت و شمارش باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* (*Staphylococcus aureus*) در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در محیط کشت مانیتول سالت آگار و کشت و شمارش قارچ‌ها (مجموع کپک و مخمر) در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت در محیط کشت سابروز دکستروز آگار انجام گرفت (Tabatabaei Yazdi *et al*., 2017).

ارزیابی حسی

رنگ ظاهری، بو و پذیرش کلی نمونه‌های پوشش داده شده (کدگذاری شده با اعداد تصادفی ۳ رقمی) توسط ۲۰ ارزیاب آموزش دیده شامل ۱۲ نفر زن و ۸ نفر مرد در محدوده سنی ۲۴ تا ۴۲ سال از طریق آزمون مقیاس ۹ نقطه‌ای (۹: بالاترین امتیاز، ۱: کمترین امتیاز) بررسی گردید. امتیاز بالاتر از ۴ قابل قبول در نظر گرفته شد (Barzegar et *al*., 2019).

آنالیز آماری

تمامی آزمایش‌ها و آزمون‌ها در سه تکرار انجام شدند. نتایج با استفاده از آزمون واریانس یک‌طرفه و با کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. اختلاف بین میانگین نتایج با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($p<0/05$) بررسی گردید.

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی اسانس زیره سیاه

عمده ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس زیره‌سیاه که با GC/MS مورد بررسی قرار گرفت در جدول ۱، آورده شده است. به‌طور کلی از مجموع ۹۲/۸۳ درصد ترکیبات شناسایی شده، گاما-ترپینن[1] (۲۴/۸ درصد)، کومینال[2] (۲۱/۴۵ درصد)، سیمن[3] (۱۸/۳۵ درصد) و لیمونن[4] (۱۲/۵۱ درصد) به ترتیب بیشترین مقادیر را به‌خود اختصاص دادند. با بررسی ترکیبات اصلی استخراج شده در اسانس زیره سیاه در این پژوهش و مقایسه آن با نتایج سایر مطالعات، تفاوت‌هایی در نوع و میزان ترکیبات شناسایی شده وجود دارد. نتایج تحقیق حاضر با مشاهدات برخی محققین که گاما-ترپینن، کومینال، سیمن و لیمونن را اصلی‌ترین ترکیبات اسانس زیره سیاه معرفی کرده بودند مطابقت داشت (Sharififar *et al*., 2010; Mazidi *et al*., 2012)، اما نتایج سایر محققین نشان داد که کارون و لیمونن به ترتیب عمده‌ترین ترکیبات اسانس استخراجی از زیره سیاه می‌باشند (Iacobellis *et al*., 2005; Simic *et al*., 2008; Laribi *et al*., 2019). این حالت عمدتاً ناشی از این حقیقت است که رشد گیاهان دارویی و ترکیبات شیمیایی اسانس آن‌ها بشدت تحت تأثیر عوامل مختلفی از قبیل ژنتیک، مرحله رشد، دما، رطوبت، ارتفاع و طول و عرض جغرافیایی قرار می‌گیرد (Barzegar *et al*., 2019).

جدول ۱. عمده ترکیبات شیمیایی جداسازی شده از اسانس زیره سیاه توسط GC/MS

شماره	ترکیب	زمان بازداری (دقیقه)	شاخص کواتز	مقدار (درصد)
۱	بتا پینِن	۹/۳۹	۹۷۷	۱/۰۳
۲	پارا سیمِن	۱۱/۷۴	۱۰۲۰	۱۸/۳۵
۳	لیمونن	۱۱/۹۹	۱۰۲۶	۱۲/۵۱
۴	گاما ترپینن	۱۳/۵۰	۱۰۵۸	۲۴/۸
۵	ترپینولن	۱۴/۶۶	۱۰۹۰	۰/۶۴
۶	۸،۳،۱-پارامنتا تریِان	۱۶/۰۸	۱۱۰۷	۰/۳۸
۷	ترانس ۴ (۱۰)-کارِن-۲-اَل	۲۲/۲۴	۱۲۰۵	۳/۹۱
۸	کومینال	۲۲/۳۵	۱۲۲۰	۲۱/۴۵
۹	۱-فنیل-۱-بوتانول	۲۲/۵۰	۱۲۲۵	۸/۷۴
۱۰	اُ-تیمول	۲۴/۵۷	۱۲۸۸	۰/۸۶
جمع کل				۹۲/۸۳

ترکیبات شیمیایی موسیلاژ بالنگوی سیاه

موسیلاژ استخراج شده از بالنگوی سیاه دارای ۸۰/۴۳±۰/۲۸ درصد وزنی/وزنی کربوهیدرات کل، ۴/۶۰±۰/۲۵ درصد رطوبت، ۵/۲۸±۰/۱۲ درصد پروتئین، ۹/۶۹±۰/۶۷ درصد خاکستر و مقادیر ناچیز چربی بود.

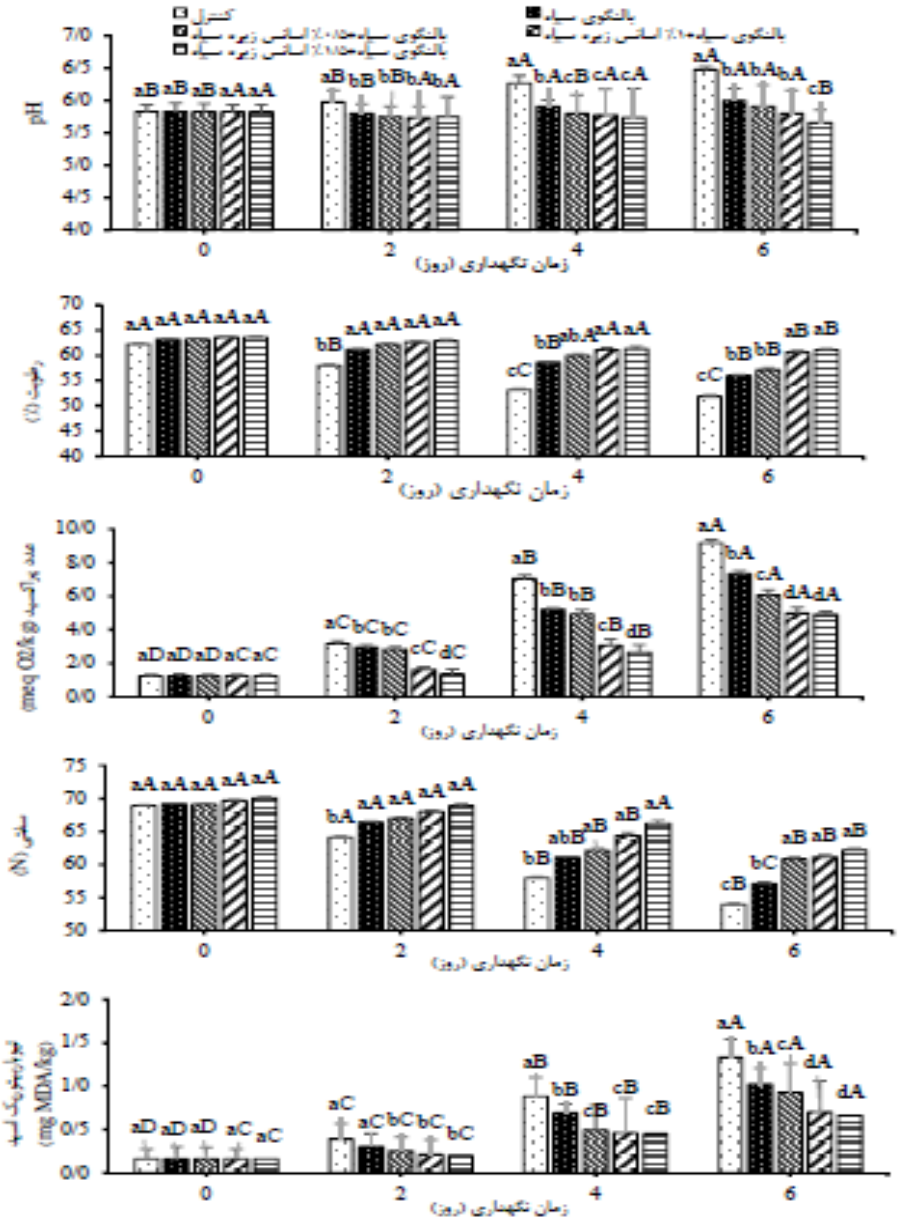
تغییرات فیزیکوشیمیایی گوشت گاو پوشش داده شده با موسیلاژ بالنگوی سیاه حاوی اسانس زیره سیاه

تغییرات pH

مطابق نتایج (شکل ۱)، اختلاف معنی‌داری بین مقدار pH نمونه‌های گوشت قبل و بعد از استفاده از پوشش خوراکی مشاهده نشد ($p > ۰/۰۵$) و میانگین مقدار pH اولیه نمونه‌ها ۵/۸۳ بود. با افزایش زمان نگهداری، مقدار pH نمونه‌های کنترل، پوشش یافته فاقد اسانس و پوشش یافته حاوی ۰/۵ درصد اسانس زیره سیاه افزایش نشان داد که این افزایش در نمونه کنترل معنی‌دار بود ($p < ۰/۰۵$). اگرچه، روند تغییرات pH در نمونه‌های پوشش داده شده با موسیلاژ حاوی غلظت‌های ۱ و ۱/۵ درصد اسانس کاهشی بود ($p > ۰/۰۵$). فعالیت باکتری‌ها و تغییر در ترکیبات نیتروژنی سبب تغییر pH گوشت و محصولات گوشتی طی دوره نگهداری می‌گردد و pH این محصولات در اثر مصرف اسیدهای آمینه توسط باکتری‌ها و متعاقباً تولید آمونیاک افزایش می‌یابد (Tabatabaei Yazdi *et al*., 2017). مطابق نتایج، استفاده از پوشش خوراکی حاوی اسانس زیره سیاه از طریق جلوگیری از فعالیت آنزیمی، رشد میکروبی، تجزیه ترکیبات پروتئینی و در نتیجه تجمع ترکیبات بازی در گوشت سبب ممانعت از افزایش pH گوشت گاو طی نگهداری گردید. علاوه بر این، گزارش شده است که حضور اسانس در پوشش و فیلم خوراکی سبب تغییر در نفوذپذیری آن

1. gamma-terpinene
2. cuminal
3. cymene
4. limonene

به گاز دی‌اکسید کربن می‌شود (Alizadeh Behbahani & Imani Fooladi, 2018). در این راستا، به‌نظر می‌رسد که غلظت‌های بالای اسانس زیره سیاه در پوشش خوراکی از طریق ممانعت از خروج گاز دی‌اکسید کربن سبب افزایش غلظت آن در پوشش شده است؛ در این حالت، انحلال گاز دی‌اکسید کربن در گوشت ممکن است به تشکیل اسیدکربونیک و متعاقباً کاهش pH محصول منجر می‌شود که کاهش جزئی pH در نمونه‌های گوشت پوشش یافته با موسیلاژ حاوی غلظت ۱ و ۱/۵ درصد اسانس زیره سیاه در روز ششم نگهداری در مقایسه با روز اول نگهداری را تائید می‌کند.



شکل ۱. تاثیر پوشش موسیلاژ بالنگوی سیاه و غلظت‌های مختلف اسانس زیره سیاه بر مقادیر pH، رطوبت، عدد پراکسید، تیوباربیتوریک اسید و سفتی بافت گوشت گاو طی دوره نگهداری.

*حروف کوچک مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها در زمان نگهداری یکسان ($p < 0.05$) و حروف بزرگ یکسان نشان دهنده عدم معنی‌داری اثر زمان ماندگاری بر هر یک از تیمارها است ($p < 0.05$)

محتوای رطوبت

همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، رطوبت نمونه فاقد پوشش (کنترل) از ۶۲/۲۸ درصد در روز اول به ۵۱/۸۷ درصد در روز ششم نگهداری بطور معنی‌داری ($p < ۰/۰۵$) کاهش یافت که معادل ۱۶/۷۲ درصد افت رطوبت می‌باشد. افت رطوبت در نمونه‌های پوشش یافته به‌طور معنی‌داری با افزایش غلظت اسانس

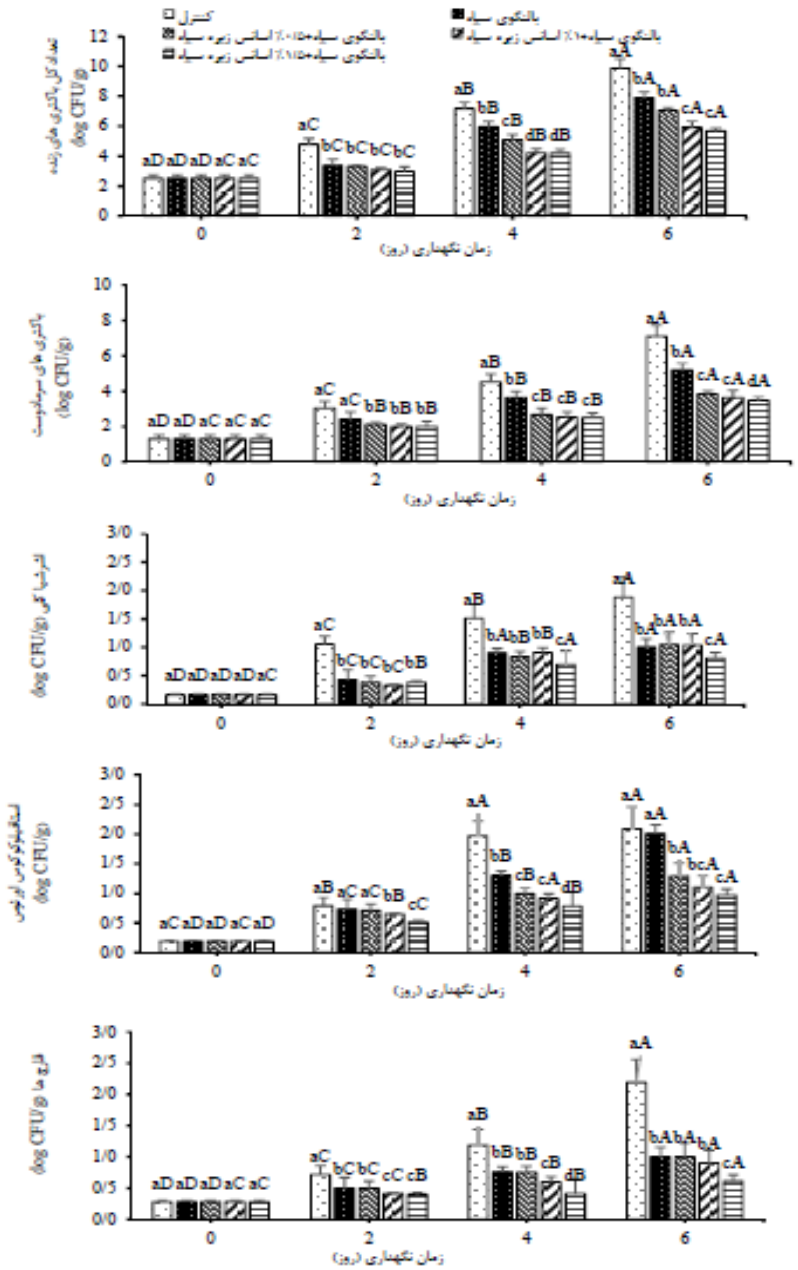
زیره سیاه در پوشش خوراکی کاهش نشان داد که بیانگر اثر حفاظتی پوشش خوراکی زیست فعال در جلوگیری از افت رطوبت نمونه‌های گوشت طی نگهداری می‌باشد؛ به‌طوری که رطوبت نمونه‌های گوشت پوشش داده شده با موسیلاژ حاوی ۰/۵ درصد، ۱ درصد و ۱/۵ درصد اسانس زیره سیاه به ترتیب از مقدار اولیه ۶۳ درصد در روز اول نگهداری به ۵۶، ۵۷/۱۷، ۶۰/۶۰ و ۶۱/۱۱ درصد در انتهای زمان نگهداری در دمای یخچالی کاهش یافت که معادل ۱۱/۱۱، ۹/۲۵، ۳/۸۱ و ۳ درصد افت رطوبت طی نگهداری می‌باشد. پوشش‌های خوراکی بدلیل نفوذپذیری پایین به بخار آب و همچنین ایجاد مانع فیزیکی اطراف مواد غذایی از افت رطوبت آن‌ها طی نگهداری جلوگیری می‌کنند (Pinzon *et al*., 2020). افت رطوبت در نمونه‌های گوشت پوشش یافته با موسیلاژ بالنگوی سیاه بارگذاری شده با اسانس زیره سیاه، بویژه آن‌هایی که حاوی غلظت بالاتری از اسانس بودند، بطور معنی‌داری کمتر از نمونه کنترل بود که می‌تواند ناشی از نفوذپذیری پایین پوشش خوراکی زیست فعال به بخار آب باشد که در راستای نتایج سایر مطالعات می‌باشد (Rezaei & Shahbazi, 2018).

عدد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید

تمام نمونه‌های گوشت دستخوش افزایش معنی‌دار در عدد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید شدند (شکل ۱)؛ اگرچه، شدت اکسیداسیون لیپید در نمونه‌های پوشش یافته، به‌ویژه در انواع حاوی غلظت‌های بالاتر اسانس زیره سیاه به‌مراتب کمتر از نمونه کنترل بود. در روز اول نگهداری، عدد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید در نمونه‌ها به ترتیب برابر با ۱/۲۲ meq O_2/kg و ۰/۱۶ mg MDA/kg بود که در انتهای دوره نگهداری به ۹/۱۶ meq O_2/kg و ۱/۳۳ mg MDA/kg در نمونه کنترل و ۴/۹ meq O_2/kg و ۰/۶۶ mg MDA/kg در نمونه پوشش یافته با موسیلاژ حاوی ۱/۵ درصد اسانس افزایش یافت که بیانگر اثر آنتی‌اکسیدانی بالای اسانس زیره سیاه در جلوگیری از اکسیداسیون لیپیدی می‌باشد. عدد پراکسید (شاخص محصولات اولیه واکنش اکسیداسیون) و تیوباربیتوریک اسید (شاخص محصولات ثانویه واکنش اکسیداسیون) در نمونه‌های پوشش یافته حاوی اسانس زیره سیاه بطور معنی‌داری کمتر از نمونه کنترل بود. اکسیداسیون لیپیدی بالای نمونه کنترل ممکن است ناشی از فعالیت فسفولیپاز و لیپاز میکروبی باشد که سبب افزایش تولید اسیدهای چرب آزاد حساس به اکسیداسیون شده است (Mohebi *et al*., 2017)؛ اما حضور ترکیبات فنولی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالقوه در اسانس زیره سیاه (مانند گاما-ترپینن، کومینال، سیمن و لیمونن) از طریق مهار رادیکال‌های آزاد باعث جلوگیری از افزایش معنی‌دار محصولات اولیه و ثانویه واکنش اکسیداسیون در نمونه‌های گوشت پوشش یافته شد که در تطابق با یافته‌های سایر محققین می‌باشد (Choulitoudi *et al*., 2017; Shin *et al*., 2017). علاوه بر این، نفوذپذیری پایین پوشش‌های خوراکی به اکسیژن نیز به اکسیداسیون کمتر اسیدهای چرب موجود در مواد غذایی و بهبود پایداری اکسایشی آن‌ها کمک می‌کند (Xiong *et al*., 2020). حداکثر مقادیر مجاز عدد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید که بیانگر کیفیت قابل قبول گوشت می‌باشند، به ترتیب ۷ meq O_2/kg و ۱ mg MDA/kg گزارش شده است (Barzegar *et al*., 2019). در این راستا، عدد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید نمونه‌های گوشت گاو پوشش یافته با موسیلاژ حاوی اسانس زیره سیاه (۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) در مقایسه با نمونه کنترل و نمونه پوشش یافته با موسیلاژ (فاقد اسانس) در روز ششم نگهداری کمتر از حداکثر مقادیر مجاز بود که بیانگر اثر مثبت اسانس در بهبود پایداری اکسایشی گوشت گاو می‌باشد.

تغییرات سفتی بافت

مطابق شکل ۱، اگرچه سفتی بافت نمونه‌ها با افزایش زمان نگهداری به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد، اما افزایش غلظت اسانس زیره سیاه در پوشش خوراکی به‌طور معنی‌داری سبب حفظ بهتر بافت نمونه‌های پوشش یافته در مقایسه با نمونه کنترل گردید. به‌طوری که نمونه کنترل و نمونه پوشش یافته با موسیلاژ حاوی ۱/۵ درصد اسانس زیره سیاه در روز آخر نگهداری به ترتیب متحمل ۲۱/۷۲ و ۱۱/۲۷ درصد کاهش سفتی بافت شدند که اثر حفاظتی پوشش خوراکی در حفظ بافت نمونه‌های گوشت طی نگهداری را به‌خوبی نشان می‌دهد. بافت گوشت یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی تأثیرگذار بر کیفیت و پذیرش آن می‌باشد. سفتی بالاتر نمونه‌های پوشش یافته، بویژه انواع حاوی اسانس زیره سیاه در مقایسه با نمونه کنترل بیانگر فعالیت ضد میکروبی و اثر بازدارندگی اسانس زیره سیاه در برابر رشد میکروبی و فعالیت آنزیم‌های ذاتی گوشت می‌باشد که در این حالت تجزیه کلاژن و پروتئین‌های میوفیبریلی به تأخیر افتاده و بنابراین بافت گوشت دستخوش تغییرات اندکی طی دوره نگهداری خواهد شد (Kiarsi *et al*., 2020). نتایج مشابهی نیز در مورد اثر پوشش خوراکی زیست فعال در جلوگیری از تجزیه بافت گوشت گاو گزارش شده است (Alizadeh Behbahani *et al*., 2020).



شکل ۲. تاثیر پوشش موسیلاژ بالنگوی سیاه و غلظت‌های مختلف اسانس زیره سیاه بر تغییرات تعداد کل باکتری‌های زنده، باکتری‌های سرمادوست، *اشرشیا کلی*، *استافیلوکوکوس اورئوس* و قارچ گوشت گاو طی دوره نگهداری

*حروف کوچک مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها در زمان نگهداری یکسان ($p < 0.05$) و حروف بزرگ یکسان نشان دهنده عدم معنی‌داری اثر زمان ماندگاری بر هر یک از تیمارها است ($p < 0.05$)

تغییرات میکروبی گوشت گاو پوشش داده شده با موسیلاژ بالنگوی سیاه حاوی اسانس زیره سیاه

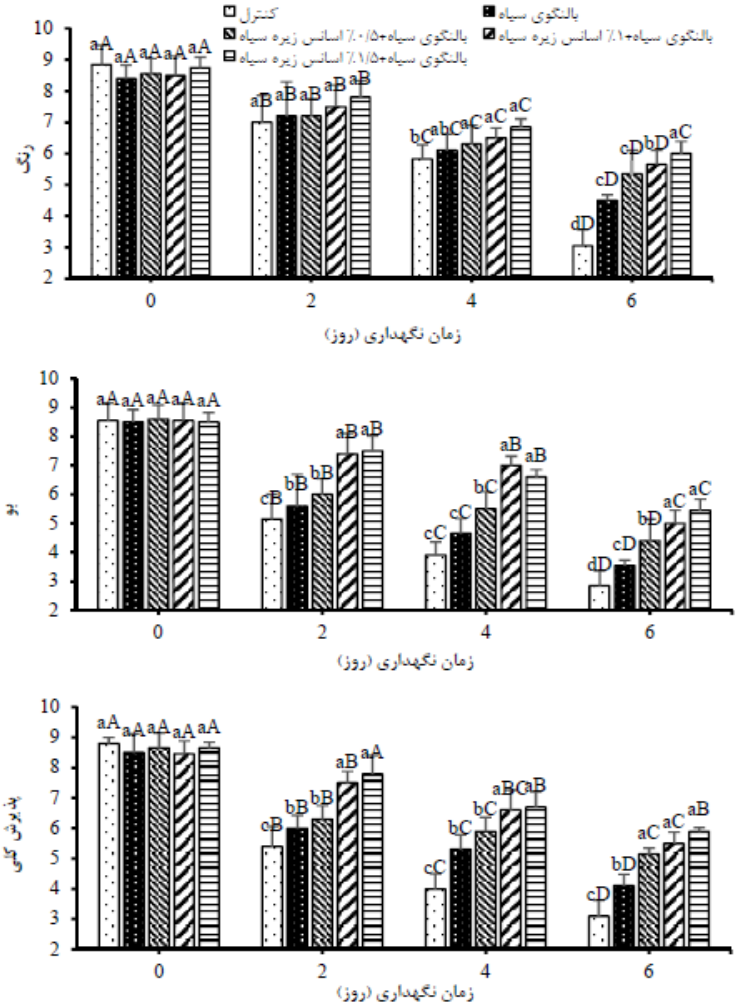
تعداد باکتری‌های زنده کل نمونه‌های گوشت کنترل و پوشش یافته به‌عنوان تابعی از زمان نگهداری در شکل ۲ نشان داده شده است. تعداد کل باکتری‌های زنده در روز اول برابر با log CFU/g ۲/۵۳ بود که مؤید کیفیت مطلوب و قابل قبول گوشت گاو می‌باشد. اما با افزایش زمان نگهداری، تعداد باکتری‌های زنده افزایش معنی‌داری نشان داد و این افزایش در نمونه کنترل بیشتر مشهود بود و افزایش غلظت اسانس زیره سیاه در پوشش خوراکی در جلوگیری از رشد باکتری‌ها مؤثرتر بود؛ به‌طوری که تعداد کل باکتری‌های زنده از log CFU/g ۲/۵۳ در روز اول به log CFU/g ۹/۸۸ در نمونه کنترل و log CFU/g ۵/۶۹ در نمونه پوشش یافته حاوی ۱/۵ درصد اسانس در روز ششم نگهداری افزایش یافت.

تعداد باکتری‌های سرمادوست نیز به‌طور معنی‌داری با افزایش دوره نگهداری افزایش یافت، اما سرعت افزایش تعداد باکتری‌های سرمادوست در نمونه‌های پوشش یافته، به‌ویژه انواع پوشش داده شده با موسیلاژ حاوی غلظت‌های بالاتر اسانس زیره

سیاه به‌طور معنی‌داری کمتر از نمونه کنترل بود (شکل ۲)؛ تعداد باکتری‌های سرمادوست در نمونه کنترل، نمونه پوشش یافته با موسیلاژ و پوشش یافته با موسیلاژ حاوی ۰/۵ درصد، ۱ درصد و ۱/۵ درصد اسانس به ترتیب ۷/۱ log CFU/g، ۵/۱۹، ۳/۸۳، ۳/۶۲ و ۳/۴۸ در روز ششم نگهداری مشاهده شد که نسبت به روز اول نگهداری (۱/۲۹ log CFU/g) افزایش معنی‌داری نشان می‌دهد.

مطابق شکل ۲، تمام نمونه‌ها دستخوش افزایش معنی‌دار در تعداد باکتری *اشرشیا کلی* طی دوره نگهداری شدند و بیشترین و کمترین تعداد *اشرشیا کلی* به ترتیب در نمونه کنترل (log CFU/g ۱/۸۸) و پوشش یافته با موسیلاژ حاوی ۱/۵ درصد اسانس (۰/۸۱ log CFU/g) در روز آخر نگهداری مشاهده شد که اثر ضد میکروبی پوشش خوراکی زیست فعال در جلوگیری از رشد باکتری‌های پاتوژن را نشان می‌دهد. تعداد باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* در روز اول برابر با ۰/۱۹ log CFU/g بود و رشد باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* در نمونه‌های گوشت گاو پوشش یافته طی نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بطور معنی‌داری در مقایسه با نمونه کنترل کمتر بود (شکل ۲)؛ افزایش تعداد باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* در نمونه‌ها طی نگهداری تابع غلظت اسانس در پوشش خوراکی بود و نمونه کنترل و پوشش یافته با موسیلاژ حاوی ۱/۵ درصد اسانس به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* را در روز ششم نگهداری به‌خود اختصاص دادند. روند مشابهی از نظر رشد قارچ در نمونه‌های کنترل و پوشش یافته با موسیلاژ مشاهده شد و استفاده از پوشش خوراکی غنی شده با اسانس زیره سیاه به‌طور معنی‌داری سبب جلوگیری از رشد قارچ‌ها در گوشت نگهداری شده در دمای یخچال گردید (شکل ۲).

پوشش‌های خوراکی ضد میکروب حاوی اسانس گیاهان دارویی دارای مزایایی متعددی بوده و امروزه بطور گسترده‌ای بمنظور افزایش عمر نگهداری محصولات غذایی مختلف از جمله انواع گوشت و محصولات گوشتی استفاده می‌شوند (Xiong *et al*., 2020; Guerrero *et al*., 2020). پوشش خوراکی بر پایه بالنگوی سیاه حاوی غلظت‌های مختلف اسانس زیره سیاه بطور معنی‌داری سبب جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌های پاتوژن و مولد فساد در گوشت گاو نگهداری شده در دمای ۴ درجه سانتی-گراد گردید (شکل ۲). مطابق استانداردهای بین‌المللی، تعداد کل باکتری‌های زنده در گوشت تازه باید حداکثر ۷ log CFU/g باشد (ICMSF, 1986). در این راستا، تعداد کل باکتری‌های زنده در نمونه کنترل در روز چهارم نگهداری و پوشش یافته با موسیلاژ (فاقد اسانس) و پوشش یافته با موسیلاژ حاوی ۰/۵ درصد اسانس زیره سیاه در روز ششم نگهداری بالاتر از حد مجاز بود که بیانگر عمر نگهداری حداکثر ۲ روز برای نمونه فاقد پوشش (کنترل) و ۴ روز برای نمونه پوشش داده شده با موسیلاژ و موسیلاژ حاوی ۰/۵ درصد اسانس می‌باشد. در طول دوره نگهداری، میزان بار میکروبی کل در نمونه‌های گوشت که با موسیلاژ حاوی غلظت‌های بالاتر اسانس (۱ و ۱/۵ درصد) پوشش داده شده بودند کمتر از حداکثر مقدار مجاز بود که قابلیت بالقوه غلظت‌های بالای اسانس زیره سیاه در افزایش عمر نگهداری گوشت گاو (بیشتر از ۶ روز) در دمای یخچال را بازگو می‌کند. رشد باکتری‌های *استافیلوکوکوس اورئوس*، سرمادوست‌ها، *اشرشیا کلی* و قارچ‌ها نیز به‌طور معنی‌داری در حضور پوشش خوراکی (بویژه در غلظت‌های بالای اسانس) کمتر از نمونه کنترل بود. فعالیت ضد میکروبی پوشش خوراکی بارگذاری شده با اسانس زیره سیاه می‌تواند ناشی از اثر ضد میکروبی اسانس زیره سیاه (Noshad *et al*., 2018) و ویژگی ممانعت کنندگی پوشش خوراکی بالنگوی سیاه در برابر نفوذ اکسیژن باشد که برای رشد قارچ‌های هوازی و باکتری‌های سرمادوست (مانند گونه‌های سودوموناس، شوانلا، فلاووباکتریوم و آلترومواناس) ضروری است. در این حالت، از رشد و فعالیت متابولیکی باکتری‌های سرمادوست (به‌عنوان اصلی‌ترین عامل فساد گوشت و محصولات گوشتی در شرایط هوازی و در دماهای پایین) که قادر به تجزیه اسیدهای آمینه و گلوکز تحت این شرایط می‌باشند، کاسته می‌شود (Tabatabaei Yazdi *et al*., 2017). تاکنون پژوهش‌های اندکی در زمینه استفاده از پوشش خوراکی بالنگوی سیاه جهت نگهداری گوشت گاو یا سایر محصولات غذایی انجام شده است. طی پژوهشی که در سال ۲۰۱۸، انجام شده است مشخص گردید که استفاده از پوشش خوراکی بالنگوی شیرازی در ترکیب با اسانس بابونه به خوبی توانست از رشد باکتری‌های بیماری‌زا جلوگیری به عمل آورده و عمر ماندگاری گوشت گاو را نسبت به نمونه کنترل ۳ روز بیشتر نماید (Alizadeh Behbahani & Imani Fooladi., 2018). پژوهش مشابهی نیز در سال ۲۰۲۰، در مورد استفاده از پوشش خوراکی موسیلاژ بالنگوی شهری در ترکیب با اسانس زیره سبز انجام گردید. این پژوهشگران شمارش بار میکروبی کل، باکتری‌های سرمادوست و شمارش کلی قارچ‌ها را مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که با افزایش غلظت اسانس زیره سبز میزان تغییرات بار میکروبی نمونه‌های گوشت گاو پوشش دهی شده نسبت به نمونه کنترل به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد (Alizadeh Behbahani *et al*., 2020). نتایج مشابهی نیز در مورد استفاده از پوشش بالنگوی شیرازی در ترکیب با اسانس موسیر روی نگهداری گوشت گاو در دمای یخچال مشاهده شد. نتایج این محققین نشان داد که نمونه-های گوشت گاو حاوی غلظت ۱ و ۱/۵ درصد اسانس موسیر نسبت به نمونه کنترل به ترتیب ۳ و ۶ ماندگاری بیشتری داشتند (Behbahani *et al*., 2018).



شکل ۳. تاثیر پوشش موسیلاژ بالنگوی سیاه و غلظت‌های مختلف اسانس زیره سیاه بر تغییرات رنگ، بو و پذیرش کلی گوشت گاو طی دوره نگهداری

*حروف کوچک مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها در زمان نگهداری یکسان ($p < 0.05$) و حروف بزرگ یکسان نشان دهنده عدم معنی‌داری اثر زمان ماندگاری بر هر یک از تیمارها است ($p < 0.05$)

ویژگی‌های حسی گوشت گاو پوشش داده شده با موسیلاژ بالنگوی سیاه حاوی اسانس زیره سیاه

نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های گوشت کنترل و پوشش یافته با موسیلاژ طی دوره نگهداری در شکل ۳، نشان داده شده است. اگرچه اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های کنترل و پوشش یافته با موسیلاژ و موسیلاژ حاوی غلظت‌های مختلف اسانس از نظر رنگ، بو و پذیرش کلی در روز اول نگهداری مشاهده نشد، اما تمام نمونه‌ها دستخوش کاهش معنی‌دار ویژگی‌های حسی طی دوره نگهداری شدند. با این حال، سرعت کاهش ویژگی‌های حسی در نمونه‌های پوشش یافته، به‌ویژه نمونه پوشش داده شده با موسیلاژ حاوی غلظت ۱/۵ درصد اسانس، به‌مراتب کمتر از نمونه کنترل بود؛ بطوریکه بالاترین ویژگی‌های حسی (رنگ، بو و پذیرش کلی) را به‌خود اختصاص داد. پوشش خوراکی بر پایه موسیلاژ بالنگوی سیاه و اسانس زیره سیاه تأثیر منفی بر ویژگی‌های حسی نمونه‌های گوشت نشان نداد (شکل ۳) و تمام نمونه‌های پوشش یافته با موسیلاژ امتیازات حسی بالاتری در مقایسه با نمونه کنترل به‌خود اختصاص دادند و این اثر تابع غلظت اسانس در پوشش خوراکی بود؛ به‌طوری که امتیاز حسی نمونه‌های گوشت که با موسیلاژ حاوی اسانس پوشش داده شده بودند، بالاتر از حداقل امتیاز حسی قابل قبول برای گوشت (Alizadeh Behbahani & Imani Fooladi, 2018) بود که مؤید بهبود عمر نگهداری گوشت گاو توسط پوشش خوراکی غنی شده با اسانس زیره سیاه می‌باشد. به‌طورکلی، بالاترین امتیاز پذیرش کلی در نمونه‌هایی مشاهده شد که کمتر دچار اکسیداسیون و رشد میکروبی شده بودند که بیانگر همبستگی بالای بین ویژگی‌های حسی و اکسیداسیون لیپید و بار میکروبی در گوشت گاو پوشش یافته طی نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. نتایج مشابهی در ارتباط با اثر مثبت پوشش خوراکی بر پایه بالنگوی شهری حاوی اسانس زیره سبز (Alizadeh Behbahani *et al*., 2020)، مریم گلی حاوی اسانس

جوز هندی (Kiarsi *et al*., 2020)، بارهنگ کبیر حاوی اسانس گلپر (Tabatabaei Yazdi *et al*., 2017) و دانه شاهی حاوی اسانس گلپر برفی (Barzegar *et al*., 2019) در افزایش پایداری اکسایشی و میکروبی و بهبود ویژگی‌های حسی گوشت گزارش شده است.

نتیجه گیری کلی

به‌طورکلی، پوشش خوراکی برپایه موسیلاژ بالنگوی سیاه حاوی اسانس زیره سیاه سبب افزایش پایداری اکسایشی و میکروبی و بهبود ویژگی‌های حسی گوشت گاو طی دوره نگهداری گردید و این اثر در غلظت‌های بالای اسانس زیره سیاه بیشتر مشهود بود. پوشش خوراکی زیست فعال حاضر می‌تواند جایگزین مناسبی برای بسته‌بندی‌های سنتزی جهت افزایش عمرنگهداری گوشت و محصولات گوشتی در شرایط سرد باشد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی شماره ۹۶۱/۲۲ می‌باشد که توسط معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان حمایت گردیده است.

REFERENCES

Acevedo-Fani, A., Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, M.A., & Martín-Belloso, O. (2015). Edible films from essential-oil-loaded nanoemulsions: Physicochemical characterization and antimicrobial properties. *Food Hydrocolloids*, 47, 168-77.

Alizadeh Behbahani, B., Imani Fooladi, A, A. (2018). Development of a novel edible coating made by Balangu seed mucilage and Feverfew essential oil and investigation of its effect on the shelf life of beef slices during refrigerated storage through intelligent modeling. *Journal of Food Safety*, 38(3), e12443.

Alizadeh Behbahani, B., Noshad, M., & Jooyandeh, H. (2020). Improving oxidative and microbial stability of beef using Shahri Balangu seed mucilage loaded with Cumin essential oil as a bioactive edible coating. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 24(2), 101563.

AOAC. (1995).Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed. *Association of Official Analytical Chemists*, Gaithersburg. MD.

Ariaei, P., Tavakolipour, H., Rezaei, M., & Elhamirad, A. (2013). Antimicrobial activity of methyl cellulose based edible film enriched with *Pimpinella affinis* oil on the *Hypophthalmichthys molitrix* fillet under refrigerator storage condition. *Journal of Food Processing and Preservation*, 5(1), 13-26.

Barzegar, H., Behbahani, B.A., & Mehrnia, M.A. (2019). Quality retention and shelf life extension of fresh beef using *Lepidium sativum* seed mucilage-based edible coating containing *Heracleum lasiopetalum* essential oil: an experimental and modeling study. *Food Science and Biotechnology*, 1-12.

Behbahani, B. A., & Fooladi, A. A. (2018). Shirazi balangu (*Lallemantia royleana*) seed mucilage: chemical composition, molecular weight, biological activity and its evaluation as edible coating on beefs. *International Journal of Biological Macromolecules*, 114, 882-889.

Behbahani, B.A., Shahidi, F., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A., & Mohebbi, M. (2017). Use of Plantago major seed mucilage as a novel edible coating incorporated with *Anethum graveolens* essential oil on shelf life extension of beef in refrigerated storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 94, 515-26.

Choulitoudi, E., Ganiari, S., Tsironi, T., Ntzimani, A., Tsimogiannis, D., Taoukis, P., & Oreopoulou, V. (2017). Edible coating enriched with rosemary extracts to enhance oxidative and microbial stability of smoked eel fillets. *Food Packaging and Shelf Life*, 12, 107-113.

Fekri, N., Khayami, M., Heidari, R., & Javadi, M.A. (2008). Isolation and identification of monosaccharide of Mucilage in Dragon's head by thin layer chromatography. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 24(2), 207-216.

Guerrero, A., Ferrero, S., Barahona, M., Boito, B., Lisbinski, E., Maggi, F., & Sañudo, C. (2020). Effects of active edible coating based on thyme and garlic essential oils on lamb meat shelf life after long-term frozen storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(2), 656-664.

Hakim, H., Fazlara, A., & Tadayoni, M. (2018). Effect of chitosan coating containing oregano essential oil on shelf life of chicken fillets during refrigerated storage. *Journal of Food Science and Technology*, 15(75), 35-46. [In Persian].

Hedayati Rad, F., Sharifan, A., & Asadi, G. (2020). Preparation of kefiran-waterborne polyurethane film incorporated with rosmarinus officinalis essential oil for keeping ostrich meat. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 50(4), 883-893. [In Persian].

Iacobellis, N.S., Lo Cantore, P., Capasso, F., & Senatore, F. (2005). Antibacterial activity of *Cuminum cyminum* L. and *Carum carvi* L. essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(1), 57-61.

ICMSF, "International Commission on Microbiological Specification for Foods". Microorganisms in Foods 2. Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Specific Applications, 2nd ed., University of Toronto Press, Toronto, Canada, 1986.

Jayasena, D.D., & Jo, C. (2013). Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and meat

products: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 34(2), 96-108.

Johri, R.K. (2011). *Cuminum cyminum* and *Carum carvi*: An update. *Pharmacognosy Reviews*, 5(9), 63-72.

Jouki, M., Yazdi, F.T., Mortazavi, S.A., Koocheki, A., & Khazaei, N. (2014). Effect of quince seed mucilage edible films incorporated with oregano or thyme essential oil on shelf life extension of refrigerated rainbow trout fillets. *International Journal of Food Microbiology*, 174, 88-97.

Kargozari, M., Hamedi, H., Amirnia, S. A., Montazeri, A., & Abbaszadeh, S. (2018). Effect of bioactive edible coating based on sodium alginate and coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil on the quality of refrigerated chicken fillet. *Food and Health*, 1(3), 30-38.

Kiarsi, Z., Hojjati, M., Behbahani, B.A., & Noshad, M. (2020). In vitro antimicrobial effects of *Myristica fragrans* essential oil on foodborne pathogens and its influence on beef quality during refrigerated storage. *Journal of Food Safety*, e12782.

Laribi, B., Kouki, K., Mougou, A., & Marzouk, B. (2010). Fatty acid and essential oil composition of three Tunisian caraway (*Carum carvi* L.) seed ecotypes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(3), 391-396.

Mazidi, S., Rezaei, K., Golmakani, M.T., Sharifan, A., & Rezazadeh, S.H. (2012). Antioxidant activity of essential oil from Black Zira (*Bunium persicum* Boiss.) obtained by microwave-assisted hydrodistillation. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14, 1013–1022.

Mohebi, E., & Shahbazi, Y. (2017). Application of chitosan and gelatin based active packaging films for peeled shrimp preservation: A novel functional wrapping design. *LWT-Food Science and Technology*, 76, 108-116.

Noshad, M., Hojjati, M., & Behbahani, B.A. (2018). Black Zira essential oil: Chemical compositions and antimicrobial activity against the growth of some pathogenic strain causing infection. *Microbial Pathogenesis*, 116,153-157.

Omidi Mirzaei, M., Hojjati, M., Alizadeh Behbahani, B., & Noshad, M. (2020). Determination of chemical composition, antioxidant properties and antimicrobial activity of coriander seed essential oil on a number of pathogenic microorganisms. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 16(2), 221-233. [In Persian].

Pinzon, M.I., Sanchez, L.T., Garcia, O.R, Gutierrez, R., Luna, J.C., & Villa, C.C. (2020). Increasing shelf life of strawberries (Fragaria ssp) by using a banana starch-chitosan-Aloe vera gel composite edible coating. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(1), 92-98.

Rezaei, F., & Shahbazi, Y. (2018). Shelf-life extension and quality attributes of sauced silver carp fillet: A comparison among direct addition, edible coating and biodegradable film. *LWT-Food Science and Technology*, 87, 122-133.

Sadeghi-Varkani, A., Emam-Djomeh, Z., & Askari, G. (2018). Physicochemical and microstructural properties of a novel edible film synthesized from Balangu seed mucilage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 108, 1110-1119.

Simic, A., Rančic, A., Sokovic, M.D., Ristic, M., Grujic-Jovanovic, S., Vukojevic, J., & Marin, P.D. (2008). Essential oil composition of *Cymbopogon winterianus*. and *Carum carvi*. and their antimicrobial activities. *Pharmaceutical Biology*, 46(6), 437-441.

Sharififar, F., Yassa, N., & Mozaffarian, V. (2010). Bioactivity of major components from the seeds of *Bunium persicum* (Boiss.) Fedtch. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 23(3), 300-304.

Shin, S.H., Chang, Y., Lacroix, M., & Han, J. (2017). Control of microbial growth and lipid oxidation on beef product using an apple peel-based edible coating treatment *LWT-Food Science and Technology*, 84, 183-188.

Tabatabaei Yazdi, F., Alizadeh Behbahani, B., Vasiee, A., Roshanak, S., & Mortazavi, A. (2017). Production of an antimicrobial edible coating based on *Plantago major* seed mucilage in combination with *Heracleum persicum* essential oil: its properties and application in beef. *Microbiology in Food Industries*, 3,1-21.

Wu, Z., Zhou, W., Pang, C., Deng, W., Xu, C., & Wang, X. (2019). Multifunctional chitosan-based coating with liposomes containing laurel essential oils and nanosilver for pork preservation. *Food Chemistry*, 295, 16-25.

Xiong, Y., Chen, M., Warner, R.D., & Fang, Z. (2020). Incorporating nisin and grape seed extract in chitosan-gelatine edible coating and its effect on cold storage of fresh pork. *Food Control*, 110, 107018.