Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Food Processing and Preservation Journal

Print ISSN: 2423-3544
Online ISSN: 2423-3803

Iranian Association of Food Scientists and Technologists

# Improving the shelf life of lamb using edible coating based on *Lepidium perfoliatum* mucilage and *Thymus carmanicus* essential oil

**Hassan Barzegar[1*], Mohammad Hojjati[2], Behrooz Alizadeh Behbahani[3]**

[1] Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran, Email: hbarzegar@asnrukh.ac.ir
[2] Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
[3] Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

**Article Info**

**Article type:**
Research Full Paper

**Article history:**
Received: 24-6-2023
Revised: 24-7-2023
Accepted: 27-7-2023

**Keywords**:
Thymus carmanicus essential oil
Microbial stability
Oxidative stability
Edible coating
*Lepidium perfoliatum*

**ABSTRACT**

**Background and objectives**: Meat and meat products are susceptible to chemical and microbial spoilage during production, transportation, storage, and consumption. Meat's high moisture and nitrogen content of meat, as well as its suitable pH and fermentable carbohydrates, make it an ideal environment for spoilage and toxic bacteria and fungi. Food packaging can extend the shelf life of food products by inhibiting or retarding lipid oxidation and microbial growth, and edible packaging has been used to extend the shelf life of meat. Hydrocolloids are widely used in the food industry for a variety of purposes, including gelling agents, stabilizers, and texture improvers. *Lepidium perfoliatum* seed mucilage (LPSM) is used in traditional medicine to treat whooping cough, dry cough and lung infections and as a sedative, and due to its good physical, mechanical, and thermal properties, it can be used as a biodegradable packaging to improve the shelf life of various food products. However, polysaccharide-based coatings hardly have an antimicrobial or antioxidant effect, so antioxidant and antimicrobial compounds are usually included in edible coatings to improve their performance. Edible coatings enriched with plant essential oils, through controlling microbial growth, inhibiting lipid oxidation and improving the appearance of foods are widely used in food preservation.

**Materials and methods**: *T. carmanicus* plant was dried at room temperature and then powdered using a mill. After that, 50 g of the powder was transferred to the Clevenger device containing 750 ml of distilled water, and the extraction process was carried out by distillation with water for 3 h. The obtained essential oil (TCEO) was collected in a glass container and stored at 4 °C. Its phenol content (based on Folin-Ciocalteu method), flavonoid content (based on aluminum chloride colorimetry method), antioxidant activity (based on DPPH and ABTS radical scavenging methods), and antimicrobial activity (based on disc diffusion agar, well diffusion agar, minimum inhibitory concentration, and minimum bactericidal concentration methods) against pathogenic bacteria (*Escherichia coli, Salmonella typhi, Pseudomonas aeruginosa, Listeria innocua*,

and *Staphylococcus aureus*) were evaluated. TCEO (0, 0.5, 1, 1.5%) was then added to the LPSM to prepare an edible coating to improve the shelf-life of lamb slices during cold storage (4 °C, 10 days). The physicochemical (pH, moisture content, hardness, peroxide value, and thiobarbituric acid value), microbial (total viable, psychrotrophic, *E. coli*, *S. aureus*, and fungi counts), and sensory (color, odor, texture, and overall acceptance) properties of the samples were evaluated during storage period.

**Results and discussion**: The essential oil with 0.96% extraction yield contained 52.22 mg GAE/g total phenol and 18.43 mg QE/g total flavonoids. The antioxidant activity of TCEO was found to be 357.13 and 312.18 µg/ml based on DPPH and ABTS radical scavenging methods. Based on disc and well diffusion agar tests, *S. aureus* and *P. aeruginosa* were the most sensitive and resistant strains to the essential oil, respectively. Increasing the storage time caused a significant increase in the total count of viable bacteria, psychrotrophic bacteria, *E. coli*, *S. aureus*, and fungi ($p < 0.05$); however, this value decreased significantly with the increase in the concentration of the essential oil in the edible coating. Moreover, the use of LPSM-TCEO edible coating inhibited the extensive changes in pH, moisture, peroxide value, and thiobarbituric acid value in lamb slices during storage period. Also, increasing the concentration of TCEO in the edible coating caused the preservation of the sensory parameters of the samples during the storage period, and from the consumer's point of view, the edible coatings based on the LPSM enriched with TCEO did not show any negative effect on odor, color, texture, and overall acceptance of the lamb samples during cold storage. In general, the highest physicochemical stability, microbial stability, and overall acceptance was assigned to lamb sample coated with LPSM + 1.5% TCEO, and the bioactive coating was able to improve the shelf life of lamb slices (> 10 days).

**Conclusion**: The results of this study showed that TCEO has high antioxidant and antimicrobial activity. The use of TCEO in an edible coating based on LPSM led to a decrease in the lipid oxidation of lamb and microbial growth compared to the uncoated sample. Therefore, the edible coating based on LPSM containing TCEO can be used to improve the shelf life of meat products.

**Cite this article:** Barzegar, H., Hojjati, M., Alizadeh Behbahani, B. 2023. Improving the shelf life of lamb using edible coating based on *Lepidium perfoliatum* mucilage and *Thymus carmanicus* essential oil. *Food Processing and Preservation Journal*, 15 (2), 1-18.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/FPPJ.2023.21395.1763
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

فرآوری و نگهداری مواد غذایی
شاپا چاپی: ۳۵۴۴-۲۴۲۳
شاپا الکترونیکی: ۳۸۰۳-۲۴۲۳

# بهبود عمر نگهداری گوشت گوسفندی با استفاده از پوشش خوراکی مبتنی بر موسیلاژ قدومه شهری و اسانس آویشن کرمانی

**حسن برزگر[1*]، محمد حجتی[2]، بهروز علیزاده بهبهانی[3]**

[1] دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران،
رایانامه: hbarzegar@asnrukh.ac.ir

[2] استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

[3] دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

اطلاعات مقاله

**نوع مقاله:**
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۳
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۵/۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۵

**واژه‌های کلیدی:**
اسانس آویشن کرمانی
پایداری میکروبی
پایداری اکسایشی
پوشش خوراکی
قدومه شهری

چکیده

**سابقه و هدف**: گوشت و فرآورده‌های گوشتی در طی تولید، حمل و نقل، ذخیره سازی و مصرف در معرض فساد شیمیایی و میکروبی هستند. وجود مقادیر زیاد رطوبت و ترکیبات نیتروژنی در گوشت به همراه pH مناسب و کربوهیدرات‌های قابل تخمیر، آن را به محیطی ایده آل برای رشد و تکثیر باکتری‌ها و قارچ‌های عامل ایجاد فساد و مسمومیت تبدیل می‌کند. پوشش‌های خوراکی غنی‌شده با اسانس‌های گیاهی، از طریق کنترل رشد میکروبی، مهار اکسیداسیون لیپیدها و بهبود ظاهر غذاها به‌طور گسترده در نگهداری مواد غذایی استفاده می‌شوند.

**مواد و روش‌ها**: آویشن کرمانی در دمای اتاق خشک و سپس با استفاده از آسیاب پودر شد. پس از آن ۵۰ گرم پودر به دستگاه کلونجر حاوی ۷۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر منتقل شد و فرآیند استخراج با تقطیر با آب به مدت ۳ ساعت انجام شد. محتوای فنل اسانس با استفاده از روش Folin-Ciocalteu، محتوای فلاونوئید با استفاده از روش رنگ سنجی کلرید آلومینیوم، فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش های رادیکال DPPH و ABTS و فعالیت ضد میکروبی از طریق روش دیسک دیفیوژن آگار، انتشار از طریق چاهک، تعیین غلظت مهارکنندگی و حداقل غلظت کشندگی در برابر باکتری‌های بیماری‌زا (*اشریشیا کلی*، *سالمونلا تیفی*، *سودوموناس آئروژینوزا*، *لیستریا اینوکوا* و *استافیلوکوکوس اورئوس*) مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس اسانس آویشن کرمانی در مقادیر (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) به موسیلاژ قدومه شهری اضافه شد. از این محلول جهت پوشش دهی قطعات گوشت گوسفند نگهداری شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ روز استفاده شد و خواص فیزیکوشیمیایی (pH، رطوبت، سفتی، عدد پراکسید و آزمون تیوباربیتوریک اسید)، میکروبی (شمارش تعداد کل باکتری‌های زنده، سرمادوست‌ها، *اشریشیا کلای*، *استافیلوکوکوس اورئوس* و قارچ‌ها) و حسی (رنگ، بو، بافت و پذیرش کلی) نمونه‌ها در طول دوره نگهداری مورد ارزیابی قرار گرفت.

**یافته‌ها**: بازده استخراج اسانس برابر ۰/۹۶ درصد و مقادیر فنل کل و فلاونوئید اسانس به ترتیب ۵۲/۲۲ mg GAE/g و ۱۸/۴۳ QE/g بدست آمد. همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس بر

اساس روش‌های مهار رادیکال DPPH و ABTS به‌ترتیب برابر با ۳۵۷/۱۳ و ۳۱۲/۱۸ میکروگرم بر میلی‌لیتر بود. بر اساس آزمون‌های میکروبی، *استافیلوکوکوس اورئوس* و *سودوموناس آئروژینوزا* به ترتیب حساس‌ترین و مقاوم‌ترین سویه‌ها به اسانس بودند. با افزایش غلظت اسانس در پوشش خوراکی میزان رشد جمعیت میکروارگانیسم‌های مورد مطالعه به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. علاوه بر این، استفاده از پوشش خوراکی حاوی اسانس از تغییرات زیاد در pH، رطوبت، عدد پراکسید و مقدار تیوباربیتوریک اسید در نمونه‌های گوشت در طول دوره نگهداری جلوگیری کرد. کاربرد پوشش خوراکی بر پایه موسیلاژ قدومه شهری حاوی اسانس آویشن کرمانی اثر نامطلوبی بر خصوصیات حسی نمونه‌های گوشت پوشش داده شده و نگهداری شده در دمای یخچال نداشت. به طور کلی بهترین نمونه طبق نتایج آزمون‌های مختلف، نمونه گوشت پوشش داده شده با ۱/۵ درصد اسانس بوده و این پوشش قادر به بهبود ماندگاری برش‌های گوشت به بیش از ۱۰ روز بود.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این مطالعه نشان داد که اسانس آویشن کرمانی دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی بالایی بوده و استفاده از آن در پوشش خوراکی بر پایه موسیلاژ قدومه شهری منجر به کاهش اکسیداسیون لیپید و رشد میکروبی نمونه‌های گوشت گوسفند پوشش داده شده در مقایسه با نمونه بدون پوشش شد و بنابراین می‌توان از پوشش خوراکی موسیلاژ قدومه شهری حاوی اسانس آویشن کرمانی جهت بهبود ماندگاری محصولات گوشتی استفاده کرد.

**استناد**: برزگر، ح.، حجتی، م.، علیزاده بهبهانی، ب. (۱۴۰۲). بهبود عمر نگهداری گوشت گوسفندی با استفاده از پوشش خوراکی مبتنی بر موسیلاژ قدومه شهری و اسانس آویشن کرمانی. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۵ (۲)، ۱۸-۱

DOI: 10.22069/FPPJ.2023.21395.1763

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

## مقدمه

گوشت گوسفند به دلیل کیفیت بالا، خواص تغذیه‌ای و خواص فیزیکوشیمیایی آن محبوبیت زیادی پیدا کرده است. کیفیت گوشت گوسفند مستقیماً با ویژگی‌های حسی مانند آبدار بودن، بو و طعم مرتبط است (۱). با این حال، گوشت و فرآورده‌های گوشتی در طول تولید، حمل و نقل، ذخیره‌سازی و مصرف دچار فساد شیمیایی و میکروبی می‌شوند. گوشت به دلیل رطوبت و نیتروژن بالا، pH مناسب و کربوهیدرات‌های قابل تخمیر، محیطی ایده‌آل برای تکثیر انواع مختلف باکتری‌ها و قارچ‌های فاسد کننده و مسموم کننده می‌باشد (۲). علاوه بر این، اکسیداسیون لیپید به‌عنوان عامل اصلی بدتر شدن کیفیت گوشت در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند بافت، رنگ، طعم و مزه را تغییر داده و کیفیت آن را کاهش دهد (۳).

بسته‌بندی مواد غذایی از طریق مهار یا به تأخیر انداختن اکسیداسیون لیپید و رشد میکروبی قادر به افزایش ماندگاری محصولات غذایی می‌باشد. بسته‌بندی مصنوعی به‌طور گسترده برای این اهداف استفاده شده است. با این حال، با توجه به تأثیر منفی بقایای این نوع بسته‌بندی‌ها بر محیط‌زیست، توسعه سیستم‌های بسته‌بندی جدید سازگار با محیط زیست مانند فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی برای حفظ کیفیت مواد غذایی در طول ذخیره‌سازی افزایش یافته است (۴ و۵). در مطالعات مختلف از بسته‌بندی‌های خوراکی جهت افزایش ماندگاری گوشت استفاده شده است (۶، ۷ و ۸).

ترکیب شیمیایی و کاربرد صمغ‌های محلول در آب (هیدروکلوئیدها) در غذاها گزارش شده است. بیشتر هیدروکلوئیدها پلی‌ساکاریدی(صمغ عربی، صمغ گوار، کربوکسی متیل سلولز، کاراگینان، نشاسته و پکتین) یا پروتئینی (مانند ژلاتین) هستند. هیدروکلوئیدها به‌طور گسترده‌ای در صنایع غذایی در سیستم‌های غذایی برای اهداف مختلف مانند عوامل ژل کننده، تثبیت کننده و اصلاح کننده بافت استفاده می‌شوند (۹). *لپیدیوم پرفولیاتوم* (با نام محلی قدومه شهری) ترکیبی بر پایه پلی‌ساکارید و بومی ایران، عراق، مصر، عربستان و پاکستان است. موسیلاژ دانه آن در طب سنتی برای درمان سیاه سرفه، سرفه خشک و عفونت‌های ریه و به‌عنوان آرام‌بخش استفاده می‌شود و به دلیل خواص فیزیکی، مکانیکی و حرارتی خوبی که دارد می‌تواند به‌عنوان بسته‌بندی زیست تخریب‌پذیر برای بهبود ماندگاری محصولات غذایی مختلف استفاده شود (۱۰). با این حال، پوشش‌های مبتنی بر پلی‌ساکارید به سختی اثر ضد میکروبی یا آنتی‌اکسیدانی دارند، بنابراین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی معمولاً در پوشش‌های خوراکی گنجانده می‌شوند تا عملکرد آنها اصلاح گردد (۱۱). پوشش‌های خوراکی، به ویژه انواع مبتنی بر پلی‌ساکارید غنی شده با اسانس‌های گیاهی، از طریق کنترل رشد میکروبی، مهار اکسیداسیون لیپیدها و بهبود ظاهر غذا، به ویژه در گوشت و فرآورده‌های گوشتی، در نگهداری مواد غذایی بسیار پرکاربرد و مفید می‌باشند (۱۲).

*تیموس* با نام رایج فارسی آویشن، گیاهی معطر از خانواده *لامیاسه* است. *تیموس کارنامیسوس* (آویشن کرمانی) یکی از گونه‌های آویشن است که از گونه‌های بومی ایرانی بوده و در مناطق مختلف ایران می‌روید. اسانس‌ها و عصاره‌های گونه آویشن معمولاً در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی و عطرسازی برای تعدادی از محصولات استفاده می‌شود. گونه‌های آویشن به دلیل خواص بیولوژیکی و دارویی به‌عنوان گیاهان دارویی شناخته شده‌اند (۱۳). استفاده از صمغ‌ها و اسانس‌های گیاهی در افزایش ماندگاری گوشت و محصولات مختلف مورد بررسی قرار

گرفته است. به‌عنوان مثال، اثرات ضد باکتریایی و ضد قارچی پوشش حاوی اسانس *ترخون* و موسیلاژ دانه بارهنگ بر افزایش ماندگاری گوشت گاو در طول نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) طی یک دوره ۱۸ روزه ارزیابی شده است (۱۴). همچنین خواص شیمیایی اسانس نعناع هندی و امکان استفاده از آن در پوشش خوراکی موسیلاژ دانه ریحان برای افزایش کیفیت و ماندگاری گوشت گوساله نگهداری شده مورد بررسی قرار گرفته است (۶).

در این پژوهش پس از بررسی ترکیبات شیمیایی، خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی اسانس آویشن کرمانی، اثرات پوشش بر پایه موسیلاژ قدومه شهری حاوی این اسانس بر افزایش ماندگاری گوشت گوسفندی نگهداری شده در دمای یخچال مورد ارزیابی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

**تهیه اسانس:** گیاه آویشن کرمانی جمع‌آوری شده از کوه‌های استان اصفهان، در دمای اتاق خشک و سپس با استفاده از آسیاب پودر شد. پس از آن ۵۰ گرم پودر به دستگاه کلونجر حاوی ۷۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر منتقل شد و فرآیند استخراج مبتنی بر تقطیر با آب به مدت ۳ ساعت انجام شد. اسانس بدست آمده در ظرف شیشه‌ای جمع‌آوری و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (۴).

**اندازه‌گیری فنول کل اسانس:** محتوای فنول کل عصاره با استفاده از معرف فولین- سیوکالتو تعیین شد. ابتدا ۲۰۰ میکرولیتر اسانس (۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) با ۱ میلی‌لیتر (۱ نرمال) معرف فولین- سیوکالتو و ۵/۸ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و سپس ۳ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۲۰ درصد به آن اضافه شد. در ادامه مخلوط به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق در شرایط تاریک همزده شد و جذب نمونه در طول‌موج ۶۱۵ نانومتر شد. میزان فنول کل به صورت میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم عصاره (mg GAE/g) تعیین شد (۱۵).

**اندازه‌گیری فلاونوئید کل اسانس:** جهت اندازه‌گیری فلاونوئید کل با استفاده از روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلراید ، ابتدا ۵۰۰ میکرولیتر عصاره به همراه ۱۰۰ میکرولیتر آلومینیوم کلرید ۱۰ درصد، ۱۰۰ میکرولیتر پتاسیم استات ۱ مولار و ۴/۳ میلی‌لیتر آب مقطر با یکدیگر مخلوط و به مدت ۳۰ دقیقه در محیط نگهداری شدند. جذب نمونه در ۴۱۵ نانومتر ثبت گردید و میزان فلاونوئید کل بر حسب میلی‌گرم کوئرستین در گرم عصاره (mg QE/g) گزارش شد (۱۶).

**فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس:** فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس آویشن کرمانی با استفاده از دو روش مهار رادیکال آزاد DPPH و مهار رادیکال آزاد ABTS مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی درصد مهار DPPH، ۵۰ میکرولیتر از عصاره با ۵ میلی‌لیتر DPPH (۰/۰۰۰۴ درصد) مخلوط شده و پس از ۳۰ دقیقه، جذب آن در ۵۱۷ اندازه‌گیری شد. درصد بازدارندگی به صورت زیر محاسبه شد (۱۷).

رابطه ۱

$$\text{فعالیت مهارکنندگی (درصد)} = (A_{\text{شاهد}} - A_{\text{اسانس}} / A_{\text{شاهد}}) \times 100$$

در بررسی فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد ABTS، ابتدا رادیکال ۷ میلی‌مولار ABTS با استفاده از پتاسیم پرسولفات (۲/۴۵ میلی‌مولار) تهیه شد و پس از نگهداری در دمای اتاق در تاریکی محلول تا رسیدن به جذب ۷/۰ در طول‌موج ۷۳۴ نانومتر رقیق شد. پس از آن، ۱۰۰ میکرولیتر اسانس یا متانول به‌عنوان کنترل به ۳/۹ میلی‌لیتر رادیکال ABTS اضافه شد و پس از ۶ دقیقه جذب آن‌ها ثبت گردید. قدرت مهار رادیکال ABTS با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (۱۸).

رابطه ۲

$$\text{فعالیت} = (A_{\text{کنترل}} - A_{\text{اسانس}} / A_{\text{کنترل}}) \times ۱۰۰$$

مهارکنندگی(درصد)

لازم به ذکر است که فعالیت آنتی‌اکسیدانی نهایی اسانس بر حسب $IC_{50}$ (µg/ml) گزارش گردید.

**فعالیت ضدمیکروبی اسانس:** از چهار روش چاهک آگار[1]، دیسک دیفیوژن[2]، حداقل غلظت مهارکنندگی[3] و حداقل غلظت کشندگی[4] از رشد باکتری‌ها جهت بررسی فعالیت ضد میکروبی اسانس آویشن کرمانی در برابر باکتری‌های *اشرشیا کلی*، *سالمونلا تیفی*، *سودوموناس آئروژینوزا*، *لیستریا اینوکوا* و استافیلوکوکوس اورئوس استفاده شد. جهت تهیه سوسپانسیون میکروبی تازه، کشت استوک در آگار مغذی کشت اسلنت داده شد و پس از شستشو با محلول رینگر استریل، سوسپانسیون میکروبی غلیظ تهیه گردید. از این سوسپانسیون جهت تنظیم کدورت سوسپانسیون آزمایشی استفاده شد. کدورت در ۶۳۰ نانومتر هر نمونه با استفاده از اسپکتروفتومتر تنظیم شد. کدورت سوسپانسیون میکروبی بر اساس ۰/۵ مک فارلند یا $۱/۵ \times ۱۰^{۸}$ Colony Forming Unit/ml تهیه گردید (۱۷ و ۱۹).

روش چاهک آگار ابتدا در پلیت‌های حاوی مولر هینتون آگار چاهک‌هایی با قطر ۶ میلی‌متری ایجاد شد. پس از کشت باکتری‌های پاتوژن در سطح محیط، ۵۰ میکرولیتر از اسانس در هر یک از چاهک‌ها ریخته شد. در پایان پلیت‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شدند و قطر هاله‌های عدم رشد اندازه‌گیری شد (۱۹). در روش دیسک دیفیوژن، ابتدا از کشت‌های میکروبی بر روی محیط مولر هینتون آگار کشت داده شد. پس از آغشته کردن دیسک‌ها به اسانس، روی محیط کشت تثبیت شدند. بعد از گرمخانه‌گذاری به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قطر هاله عدم رشد اطراف هر یک از دیسک‌ها بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد (۲۰).

برای تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی، پس از تهیه رقت‌های مختلف اسانس (۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۱۲۸، ۲۵۶ و ۵۱۲ میلی‌گرم در میلی‌لیتر)، ۱۰۰ میکرولیتر از اسانس به هر یک از چاهک‌ها اضافه شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر محیط مولر هینتون براث به آن‌ها اضافه شد. پس از افزودن ۱۰۰ میکرولیتر از هر یک از باکتری‌ها به چاهک‌ها، پلیت به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شد. در پایان، ۱۰ میکرولیتر تری‌فنیل‌تترازولیوم (۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) به چاهک‌ها اضافه گردید. پس از ۱۰ دقیقه اولین غلظتی که در آن تغییر رنگی مشاهده نشد به‌عنوان حداقل غلظت مهارکنندگی تعیین شد (۲۱).

جهت تعیین حداقل غلظت کشندگی، ۱۰ میکرولیتر از خانه‌هایی که در روش تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی تغییر رنگ در آن‌ها مشاهده نشد در محیط کشت مولر هینتون آگار کشت داده شد. پس از ۲۴ ساعت گرمخانه‌گذاری در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد، اولین غلظتی که در آن باکتری رشد نکرد به‌عنوان حداقل غلظت کشندگی در نظر گرفته شد (۲۲).

**استخراج موسیلاژ قدومه شهری:** استخراج با استفاده از آب گرم یکی از رایج‌ترین روش‌های استخراج پلی‌ساکاریدها به شمار می‌آید. استخراج موسیلاژ قدومه شهری در دمای ۴۸ درجه سانتی‌گراد با استفاده از آب مقطر با نسبت ۱:۳۰ در pH=۸ انجام شد. سپس ناخالصی‌ها با استفاده از کاغذ صافی حذف و موسیلاژ استخراج شده در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک گردید. موسیلاژ سپس آسیاب شد و

1 Agar well diffusion
2 Disc diffusion
3 Minimum inhibitory concentration
4 Minimum bactericidal concentration

پودر حاصل در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید (۱۰).

**تهیه پوشش خوراکی و پوشش‌دهی گوشت گوسفندی:** برای تهیه پوشش خوراکی، ۵ گرم موسیلاژ قدومه شهری و ۱/۷۵ گرم توئین ۸۰ به یک بشر اضافه شده و سپس ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. مخلوط ضمن حرارت دهی هم زده شد. سپس اسانس آویشن کرمانی (۱/۵–۰/۵ درصد) به آن اضافه شد.

گوشت گوسفندی (رطوبت ۶۶/۵۱ درصد ، پروتئین ۱۷/۱۰ درصد، چربی ۱۴/۹۰ درصد و خاکستر ۱/۴۹ درصد) به قطعات مساوی تقسیم شد و سپس در محلول تهیه شده به مدت ۱ دقیقه غوطه‌ور شدند. برش‌های پوشش داده شده در دمای محیط به مدت ۱۰ دقیقه در هوا خشک شدند و سپس به مدت ۱۰ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. تیمارها شامل کنترل (نمونه بدون پوشش)، نمونه پوشش داده شده با موسیلاژ (LPSM)، نمونه پوشش داده شده با موسیلاژ و ۰/۵ درصد اسانس ( LPSM +0.5% TCEO)، نمونه پوشش داده شده با موسیلاژ و ۱ درصد اسانس (LPSM +1% TCEO) و نمونه پوشش داده شده با موسیلاژ و ۱/۵ درصد اسانس (LPSM +1.5% TCEO) بودند (۱).

**آنالیز میکروبی:** ۵ گرم از نمونه گوشت با ۴۵ گرم آب پپتون ۰/۱ درصد در استوماکر مخلوط شد. مخلوط با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱ دقیقه همگن شد. سپس رقت‌های بعدی در لوله‌های آزمایش حاوی آب پپتون ۰/۱ درصد تهیه و در پلیت‌های حاوی محیط کشت تلقیح شدند (علیزاده بهبهانی و همکاران ۲۰۱۷). آزمایشات میکروبی انجام شده عبارتند از:

– تعداد کل باکتری‌های زنده در پلیت کانت آگار به روش عمقی (در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت).

– شمارش باکتری‌های سایکروتروفیک در پلیت کانت آگار به روش سطحی (در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ روز).

– تعداد *اشرشیا کلی* در ائوزین متیلن بلو به روش عمقی (در ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت).

– تعداد *استافیلوکوکوس اورئوس* در مانیتول سالت آگاربه روش سطحی (در ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت).

– شمارش کپک و مخمر در سابرود دکستروز آگار به روش سطحی (در ۲۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت).

**ویژگی‌های فیزیکی‌شیمایی**

**اندازه‌گیری pH**: ۱۰ گرم از هر یک نمونه‌های گوشت با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط، همگن و صاف شدند. pH آن‌ها با استفاده از دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد (۲۳).

**اندازه‌گیری رطوبت:** ۲ گرم از نمونه در آون با دمای ۱۰۲ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد تا به وزن ثابت برسد. سپس در دسیکاتور سرد شده و وزن نهایی آن ثبت شد. میزان رطوبت هر نمونه با استفاده از رابطه زیر اندازه‌گیری شد (۸).

رابطه ۳

۱۰۰×(وزن نمونه اولیه/ وزن نمونه خشک شده – وزن نمونه اولیه) = میزان رطوبت

**اندازه‌گیری مقدار پراکسید:** به منظور تعیین مقدار پراکسید نمونه‌های گوشت، ابتدا لیپید آن‌ها در یک ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری که حاوی ۲۵ میلی‌لیتر محلول اسید استیک کلروفرم بود استخراج شد. پس از آن، ۰/۵ میلی‌لیتر یدید پتاسیم اشباع، ۳۰ میلی‌لیتر آب

مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته ۱ درصد به فلاسک اضافه شد. ید آزاد شده با تیوسولفات ۰/۰۱ نرمال تیتر شد. نتایج بر حسب میلی اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم چربی (meq $O_2$/kg) گزارش شد (۲).

**اندازه‌گیری مقدار اسید تیوباربیتوریک:** برای اندازه‌گیری مقدار تیوباربیتوریک اسید، ۲ گرم روغن (کنترل یا پوشش داده شده) با ۵ میلی‌لیتر محلول ۲۰ درصد اسید تری کلرواستیک مخلوط و از کاغذ صافی عبور داده شد. ۵ میلی‌لیتر از عصاره به‌دست‌آمده به ۵ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۱ مولار تیوباربیتوریک اسید اضافه شد و سپس در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. توسعه رنگ در نهایت با اندازه‌گیری جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۵۳۲ نانومتر بررسی شد (۱).

**سختی بافت:** نمونه‌های گوشت توسط یک پروب استوانه‌ای آلومینیومی (قطر ۳۶ میلی‌متر) تا ۳۰ درصد ارتفاع اولیه با سرعت ۵ میلی‌متر بر ثانیه فشرده شدند. بیشترین نیروی اعمال شده برای فشرده‌سازی نمونه‌ها به‌عنوان سختی (N) در نظر گرفته شد (۱۱).

**ارزیابی حسی:** بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی نمونه‌ها ۲۴ ساعت پس از تهیه و در فواصل ۳ روزه توسط ۲۵ نفر از اعضای نیمه آموزش دیده ارزیابی شدند. از آزمون مقایسه چندگانه با مقیاس ۹ امتیازی استفاده شد (۲۴).

## آنالیز آماری

تمامی آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد. نتایج با استفاده از ANOVA یک‌طرفه با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۶) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و از آزمون دانکن برای اندازه‌گیری اختلاف میانگین داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد ($p<0/05$).

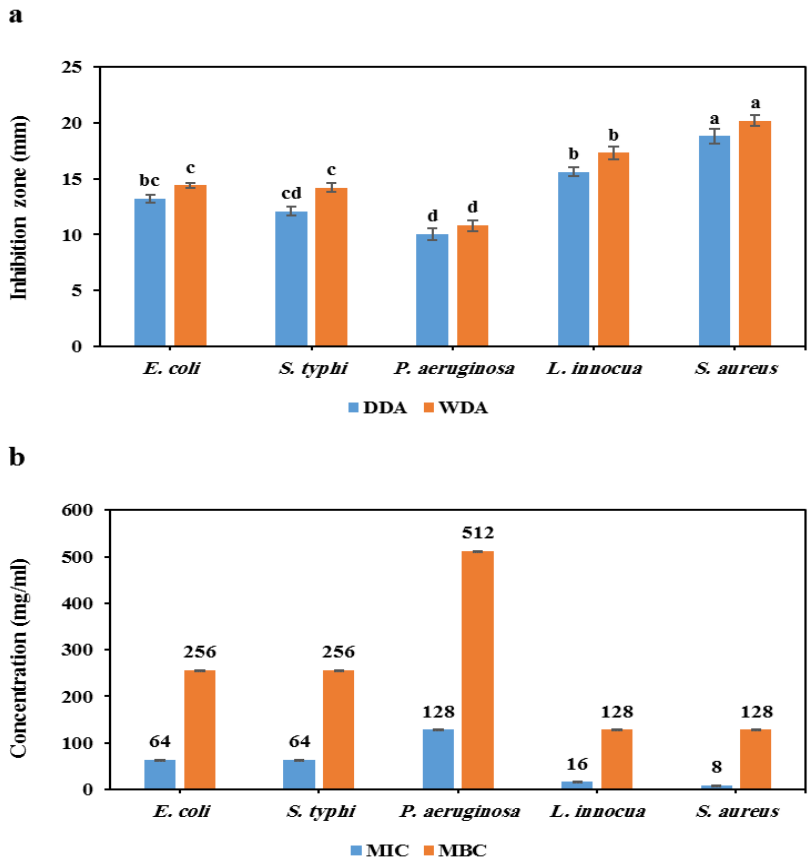
## نتایج و بحث

**میزان فنول و فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس:** راندمان استخراج اسانس آویشن کرمانی معادل ۰/۰۳±۰/۹۶ درصد بود و اسانس استخراجی حاوی ۰/۵۸ ± ۵۲/۲۲ mg GAE/g فنول کل و ۰/۶۲±۱۸/۴۳ mg QE/g فلاونوئید کل بود. فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس آویشن کرمانی برحسب مهار رادیکال‌های آزاد DPPH و ABTS به‌ترتیب برابر با ۰/۶۰ ±۳۵۷/۱۳ µg/ml و ۰/۴۷ ±۳۱۲/۱۸ µg/ml بود. مطابق یافته‌های این پژوهش، توحیدی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش نمودند که اسانس آویشن کرمانی دارای راندمان استخراج ۰/۹ درصد، ۵۲/۷۶ میلی‌گرم تانیک اسید در گرم فنول کل و ۳/۹۴ میلی‌گرم کوئرستین در گرم فلاونوئید کل می‌باشد. علاوه براین، این محققین، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس آویشن کرمانی را ۳۸۶/۱ µg/ml برحسب مهار رادیکال‌های آزاد DPPH بیان نمودند. گونه‌های آویشن غنی از مونوترپن‌های فنولی مانند تیمول و کارواکرول می‌باشند و در اکثر مطالعات، ترکیبات فنولی، به دلیل ساختار شیمیایی خود که به آنها اجازه می‌دهد هیدروژن را به رادیکال‌های آزاد اهدا کنند، به‌عنوان عامل اصلی کمک کننده به فعالیت آنتی‌اکسیدانی گونه‌های آویشن معرفی شده‌اند. علاوه بر این، اسانس‌های متشکل از مونوترپن‌های فنولی و/یا سسکوئی‌ترپن‌ها به دلیل ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاترشان شناخته شده‌اند (۲۵ و ۲۶).

**فعالیت ضدمیکروبی اسانس:** نتایج فعالیت ضدمیکروبی اسانس آویشن کرمانی در شکل ۱ ارائه شده است. مطابق نتایج آزمون ضدمیکروبی بر پایه دیسک دیفیوژن آگار (شکل ۱-a)، بیشترین و کمترین اثر ضد باکتریایی اسانس به ترتیب در برابر باکتری‌های *استافیلوکوکوس اورئوس* (۱۸/۸۰ میلی‌متر) و *سودوموناس آئروژینوزا* (۱۰ میلی‌متر) مشاهده گردید. یافته‌های مشابهی در روش ضدمیکروبی بر اساس چاهک آگار مشاهده شد و *استافیلوکوکوس اورئوس* و *سودوموناس آئروژینوزا*

به ترتیب حساس‌ترین (۲۰/۲۰ میلی‌متر) و مقاوم‌ترین (۱۰/۸۰ میلی‌متر) سویه‌ها نسبت به اسانس بودند.

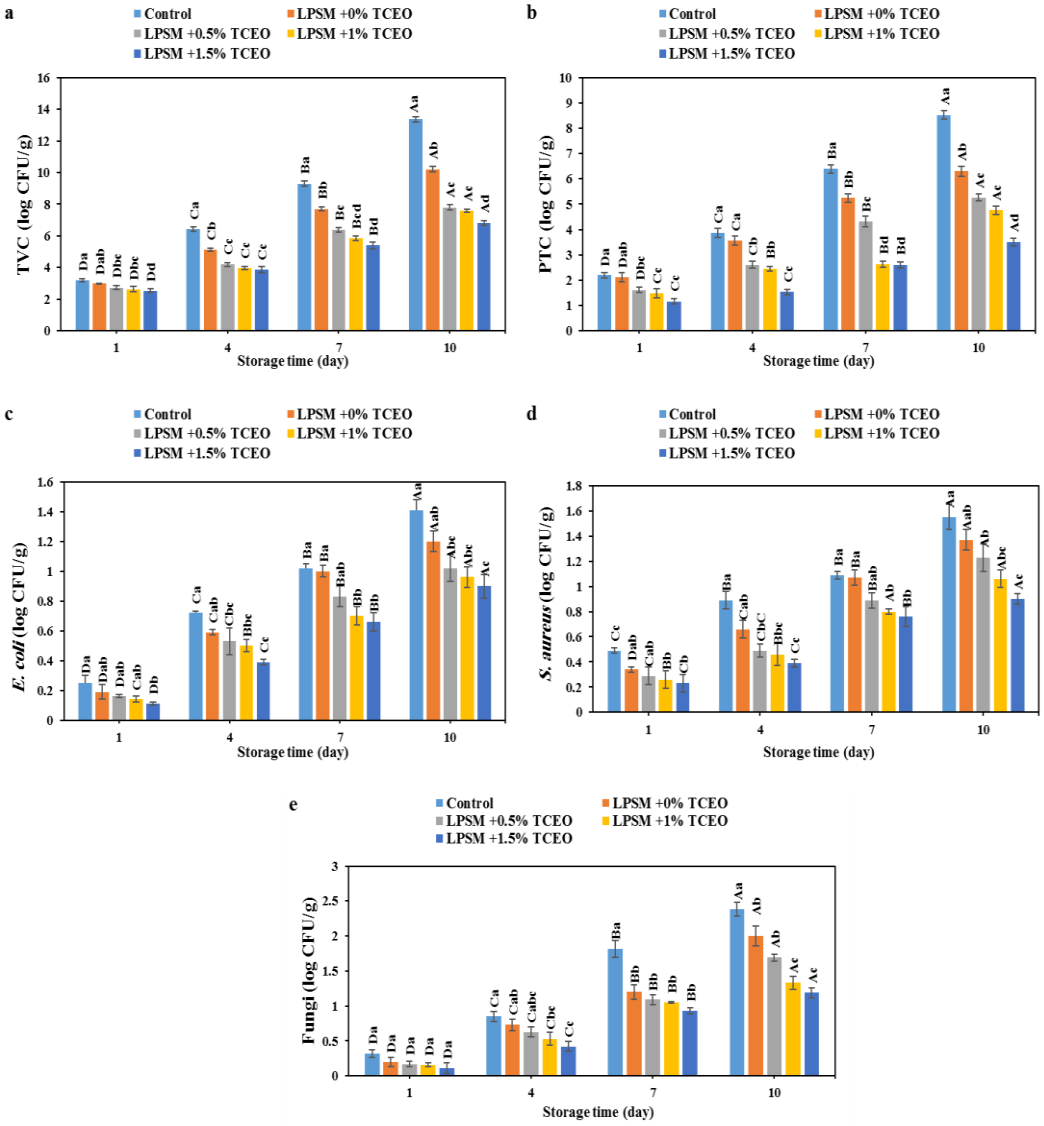
بیشترین (۱۲۸ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) و کمترین (۸ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) حداقل غلظت مهارکنندگی رشد به ترتیب برای *سودوموناس آئروژینوزا* و *استافیلوکوکوس اورئوس* مشاهده شد (شکل ۱-b). در آزمون حداقل غلظت کشندگی، بیشترین غلظت کشندگی به باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* و کمترین غلظت به باکتری‌های *استافیلوکوکوس اورئوس* و *لیستریا اینوکوا* اختصاص یافت. همانطور که از نتایج مشخص است، باکتری‌های گرم مثبت (*استافیلوکوکوس اورئوس* و *لیستریا اینوکوا*) حساسیت بیشتری نسبت به باکتری‌های گرم منفی (*اشرشیا کلی*، *سالمونلا تیفی* و *سودوموناس آئروژینوزا*) در برابر اسانس آویشن کرمانی نشان دادند. حساسیت بیشتر گونه‌های باکتری گرم مثبت به اسانس تا حد زیادی به دلیل وجود یک لایه نازک و منفرد موکوپپتید در غشای سلولی آنها است، در حالی که غشای سلولی خارجی گونه‌های گرم منفی توسط یک لایه لیپوپلی‌ساکاریدی پیچیده پوشیده و محافظت می‌شود که می‌تواند به‌عنوان مانعی در برابر انتشار عوامل ضد میکروبی آبگریز در سراسر سلول عمل کند (۱۰).




**شکل ۱- اثر ضدمیکروبی اسانس آویشن کرمانی در برابر باکتری‌های پاتوژن؛ a- دیسک دیفیوژن آگار (DDA) و چاهک آگار (WDA) و b- حداقل غلظت مهارکنندگی و کشندگی (MIC/MBC).**

حروف کوچک متفاوت بر روی هر ستون نشان دهنده تفاوت معنادار در سطح ۰/۰۵ است.

Figure 1- Antimicrobial effect of Thymus carmanicus essential oil (TCEO) against pathogenic bacteria; a- Disc diffusion agar (DDA) and Well diffusion agar (WDA), and b- minimum inhibitory/bactericidal concentration (MIC/MBC). Different superscripts represent significant difference at $p < 0.05$.




**شکل ۲- تعداد باکتری زنده کل (a)، باکتری‌های سرمادوست (b)، *اشرشیا کلای* (c)، *استافیلوکوکوس اورئوس* (d) و قارچ (e) در نمونه‌های گوشت گوسفندی پوشش داده شده و کنترل نگهداری شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ روز.**

حروف معنی‌داری کوچک و بزرگ به ترتیب بیانگر اثر نوع پوشش خوراکی و زمان نگهداری بر پاسخ می‌باشند ($p < 0.05$).

Figure 2- Total viable count (a), psychrotrophic bacterial count (b), *E. coli* (c), *S. aureus* (d), and Fungi (e) of the coated and uncoated lamb slices stored at 4 °C for 10 days. Control: uncoated sample; LPSM: sample coated with LPSM; LPSM + TCEO: samples coated with LPSM enriched with TCEO.
Significant small letters and capital letters indicate the effects of coating type and storage time on the response, respectively ($p < 0.05$).

فعالیت ضدمیکروبی اسانس گونه‌های آویشن در برابر طیف وسیعی از باکتری‌ها در منابع به اثبات رسیده است؛ بطوریکه گزارش شده است ترکیبات شیمیایی مختلف مانند ترپن‌ها و انواع هیدروکربن‌های آلیفاتیک (الکل‌ها، آلدئیدها و کتون‌ها) فعالیت مستقیمی علیه بسیاری از گونه‌های باکتری دارند. ویژگی چربی‌دوست اسکلت هیدروکربنی آنها و ویژگی آبدوست گروه‌های عاملی آنها در اثر ضد میکروبی اجزای اسانس آنها از اهمیت اصلی برخوردار است و اهمیت گروه هیدروکسیل

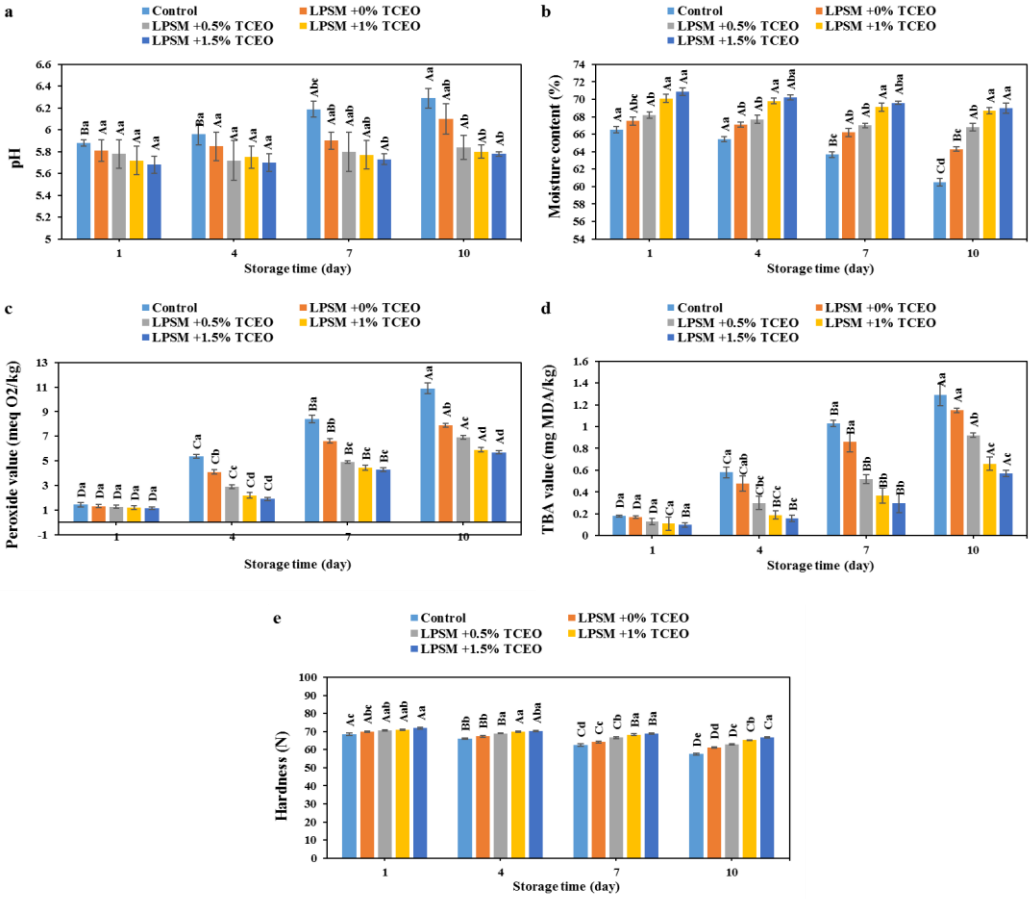
ساختارهای فنولی تأیید شده است. علاوه براین، ارتباط بین محتوای فنول کل و فعالیت ضدمیکروبی اسانس گزارش شده است (۲۶).

**تغییرات بار میکروبی گوشت گوسفندی پوشش یافته با موسیلاژ قدومه شهری حاوی اسانس آویشن کرمانی:** تعداد کل میکروارگانیسم‌های زنده در نمونه‌های گوشت گوسفندی در شکل ۲-a ارائه شده است. افزایش زمان نگهداری سبب افزایش معنی‌دار تعداد کل باکتری‌های زنده گردید ($p<0.05$). نوع پوشش نیز تأثیر معنی‌داری بر میزان تعداد کل باکتری‌های زنده نشان داد و این مقدار با افزایش غلظت اسانس در پوشش بطور معنی‌داری کاهش یافت. بطوریکه در تعداد کل باکتری‌های زنده در انتهای دوره نگهداری در نمونه‌های کنترل، LPSM + 0%TCEO، LPSM + 0.5%TCEO، LPSM + 1%TCEO و LPSM + 1.5%TCEO به ترتیب برابر با ۱۳/۳۷، ۱۲/۲۰، ۷/۸۰، ۷/۵۹ و ۶/۸۲ log CFU/g بود. لازم به ذکر است که حداکثر سطح مجاز تعداد باکتری‌های زنده کل معادل ۷ Log CFU/g توسط کمیسیون بین‌المللی مشخصات میکروبیولوژیکی غذاها برای گوشت تازه توصیه شده است (۱۱). بنابراین، گوشت گوسفندی پوشش یافته با موسیلاژ قدومه شهری حاوی ۱/۵ درصد اسانس آویشن کرمانی (LPSM + 1.5%TCEO) دارای عمر نگهداری بیشتر از ۱۰ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این حالت اثر ضدمیکروبی اسانس آویشن کرمانی در جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها روی نمونه‌های گوشت را نشان می‌دهد که در راستای نتایج فعالیت ضدمیکروبی اسانس در شرایط درون آزمایشگاهی می‌باشد (شکل ۱).

شکل ۲-b، تغییرات تعداد باکتری‌های سرمادوست در نمونه‌های کنترل و پوشش داده شده طی دوره نگهداری را نشان می‌دهد. در روز اول نگهداری، نمونه‌های پوشش داده شده با موسیلاژ حاوی اسانس دارای تعداد باکتری‌های سرمادوست کمتری نسبت به نمونه کنترل می‌باشند ($p < 0.05$). افزایش زمان نگهداری سبب افزایش معنی‌دار رشد باکتری‌های سرمادوست در نمونه‌ها شد و این افزایش در نمونه کنترل بیشتر مشهود بود. بطوریکه در نمونه‌های کنترل، LPSM + 0%TCEO، LPSM + 0.5%TCEO، LPSM + 1%TCEO و LPSM + 1.5%TCEO به‌ترتیب دستخوش افزایش ۶/۳۴، ۴/۱۹، ۳/۶۵، ۳/۲۸ و ۲/۳۴ log CFU/g در تعداد باکتری‌های سرمادوست طی دوره نگهداری شدند. همانطور که مشاهده می‌شود، افزایش غلظت اسانس در نمونه‌ها سبب کاهش قابل‌توجه رشد باکتری‌های سرمادوست شده است. پوشش خوراکی حاوی اسانس آویشن کرمانی می‌تواند از تماس اکسیژن با سطح نمونه جلوگیری به عمل آورد و به نوبه خود، رشد مهم‌ترین و هوازی‌ترین باکتری‌های سرمادوست، یعنی گونه‌های سودوموناس را که عمدتاً مسئول فساد گوشت گاو تازه در شرایط هوازی هستند، محدود کند (۳). نتایج مشابهی در مورد رشد باکتری‌های اشرشیا کلی و استافیلوکوکوس اورئوس در نمونه‌ها مشاهده گردید (شکل ۲-c و ۲-d) و تعداد این سویه‌های باکتریایی در نمونه‌های پوشش یافته حاوی اسانس در مقایسه با نمونه کنترل طی دوره نگهداری به مراتب پایین‌تر بود ($p < 0.05$).

تغییرات رشد سویه‌های قارچی در نمونه‌های گوشت گوسفندی کنترل و پوشش یافته طی دوره نگهداری در شکل ۲-e گزارش شده است. در روز اول نگهداری اختلاف معنی‌داری بین تعداد کل قارچ‌ها در نمونه‌ها مشاهده نگردید، اما افزایش زمان نگهداری سبب افزایش معنی‌دار تعداد کل قارچ‌ها شد و بیشترین میزان در نمونه کنترل مشاهده گردید؛ به‌طوری‌که افزایش تعداد قارچ‌ها در نمونه‌های کنترل،

LPSM + 0%TCEO، LPSM + 0.5%TCEO، LPSM + 1%TCEO و LPSM + 1.5%TCEO طی دوره نگهداری به‌ترتیب برابر با ۲/۰۶، ۱/۸۰، ۱/۵۲، ۱/۱۷ و ۱/۰۸ log CFU/g بود. کاهش رشد قارچ‌ها در نمونه‌های پوشش داده شده می‌تواند به ویژگی‌های ممانعت کنندگی از ورود اکسیژن پوشش‌های خوراکی حاوی اسانس آویشن کرمانی نسبت داده شود، زیرا قارچ‌ها میکروارگانیسم‌های هوازی هستند و بنابراین نمی‌توانند تحت شرایط بی‌هوازی گوشت‌های پوشش داده شده رشد نمایند (۲).




**شکل ۳- تغییرات pH (a)، محتوای رطوبت (b)، عدد پراکسید (c)، عدد تیوباربیتوریک اسید (d) و سفتی (e) در نمونه‌های گوشت گوسفندی پوشش داده شده و کنترل نگهداری شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ روز. حروف معنی‌داری کوچک و بزرگ به ترتیب بیانگر اثر نوع پوشش خوراکی و زمان نگهداری بر پاسخ می‌باشند ($p < 0.05$).**

Figure 3- Changes in pH (a), moisture content (b), peroxide value (c), thiobarbituric acid value (d), and hardness (e) of the coated and uncoated lamb slices stored at 4 °C for 10 days. Control: uncoated sample; LPSM: sample coated with LPSM; LPSM + TCEO: samples coated with LPSM enriched with TCEO.
Significant small letters and capital letters indicate the effects of coating type and storage time on the response, respectively ($p < 0.05$).

**تغییرات فیزیکی‌شیمیایی گوشت گوسفندی پوشش یافته با موسیلاژ قدومه شهری حاوی اسانس آویشن کرمانی:** شکل ۳-a، تغییرات pH نمونه‌های گوشت طی دوره نگهداری را نشان می‌دهد. اگرچه اختلاف معنی‌داری بین میزان pH نمونه‌ها در روز اول نگهداری مشاهده نشد و pH نمونه‌ها در محدوده ۵/۸۸ در نمونه کنترل تا ۵/۶۸ در نمونه LPSM + 1.5%TCEO متغیر بود، اما افزایش زمان نگهداری

سبب افزایش معنی‌دار pH نمونه‌ها گردید. با اینحال، نمونه‌های پوشش یافته با موسیلاژ حاوی اسانس از کمترین تغییرات pH طی دوره نگهداری برخوردار بودند؛ بطوریکه نمونه‌های کنترل، LPSM + 0%TCEO، LPSM + 0.5%TCEO، LPSM + 1%TCEO و LPSM + 1.5%TCEO به‌ترتیب متحمل افزایش ۰/۴۱، ۰/۲۹، ۰/۰۶، ۰/۰۸ و ۰/۱۰ واحدی در pH شدند. افزایش pH نمونه‌ها در طول دوره نگهداری می‌تواند به دلیل تجمع ترکیبات بازی فرار تولید شده در نتیجه فعالیت باکتریایی و آنزیمی باشد (۲۷). در راستای نتایج این پژوهش، تغییرات pH کمتر در گوشت با استفاده از پوشش مبتنی بر موسیلاژ غنی شده با اسانس نیز توسط سایر محققین گزارش شده است که به اثر مهار کنندگی اسانس در برابر باکتری‌های گرم مثبت و منفی و سویه‌های قارچی نسبت داده شده است (۱ و ۱۰).

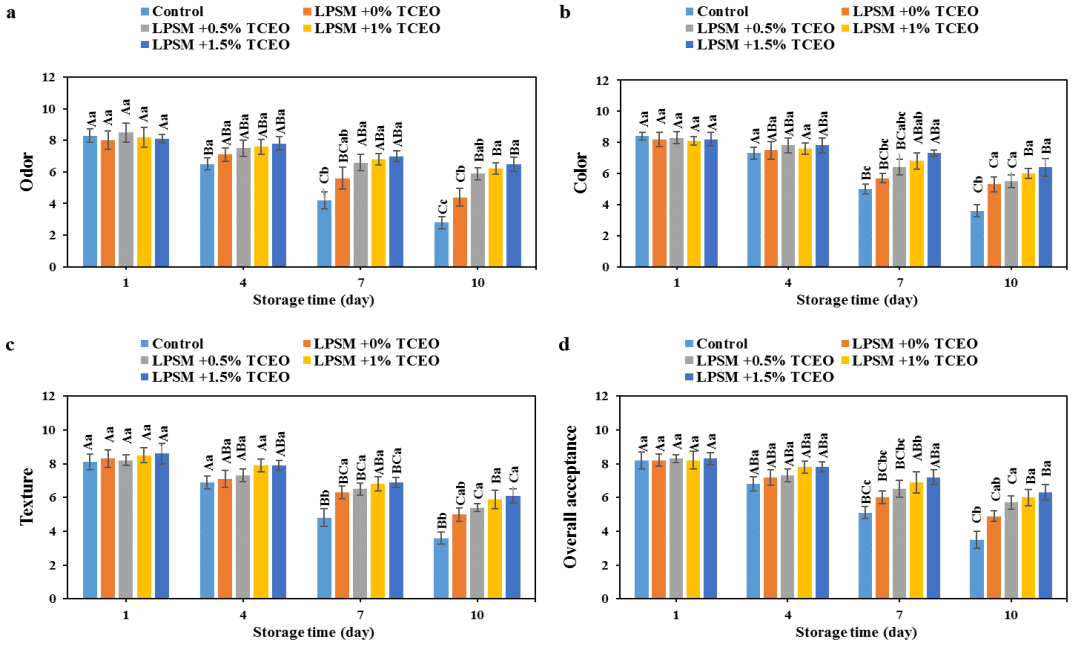
تغییرات میزان رطوبت نمونه‌های گوشت گوسفندی کنترل و پوشش یافته طی دوره نگهداری در شکل b–۳ ارائه شده است. نوع پوشش تأثیر معنی‌داری بر میزان رطوبت نمونه‌ها نشان داد و نمونه‌های پوشش یافته حاوی اسانس دارای میزان رطوبت بالاتری نسبت به نمونه کنترل بودند ($p< 0.05$). اگرچه افزایش زمان نگهداری سبب کاهش محتوای رطوبت نمونه‌ها گردید، اما این تغییر در نمونه‌های گوشت گوسفندی پوشش یافته با موسیلاژ حاوی اسانس معنی‌دار نبود. بطور کلی، کاهش میزان رطوبت معادل ۶/۰۱، ۳/۲، ۱/۴، ۱/۴ و ۱/۹ درصدی به ترتیب در نمونه‌های کنترل، LPSM + 0%TCEO، LPSM + 0.5%TCEO، LPSM + 1%TCEO و LPSM + 1.5%TCEO مشاهده شد. مطابق یافته‌های این مطالعه، نوشاد و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که استفاده از پوشش خوراکی بر پایه موسیلاژ بارهنگ غنی شده با اسانس لیموترش سبب حفظ رطوبت نمونه‌های گوشت طی نگهداری می‌گردد و این اثر به نفوذپذیری کم آن در برابر بخار آب و همچنین نقش ممانعت کنندگی فیزیکی آن نسبت داده شد.

اثر پوشش خوراکی بر محتوای عدد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید در شکل c–۳ و شکل d–۳ نشان داده شده است. عدد پراکسید نمونه‌ها در روز اول نگهداری در محدوده ۱/۱۵ - ۱/۴۵ meq $O_2$/kg بود ($p>0.05$). افزایش زمان نگهداری منجر به افزایش معنی‌دار این شاخص گردید؛ نمونه کنترل و LPSM + 1.5%TCEO به ترتیب بیشترین (۹/۴۵ meq $O_2$/kg) و کمترین (۴/۵۴ meq $O_2$/kg) تغییر در عدد پراکسید را طی نگهداری نشان دادند ($p<0.05$). به‌طورکلی، میزان تغییر عدد پراکسید در نمونه‌ها با افزایش غلظت اسانس در پوشش کاهش یافت. روند افزایش شاخص تیوباربیتوریک اسید نیز مشابه تغییرات عدد پراکسید بود؛ بطوریکه نمونه کنترل (۱/۱۱ mg MDA/kg) و نمونه LPSM + 1.5%TCEO (۰/۴۷ mg MDA/kg) به ترتیب بیشترین و کمترین تغییر عدد تیوباربیتوریک اسید را طی دوره نگهداری نشان دادند. پیشنهاد شده است که بالاترین سطوح عدد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید که کیفیت قابل قبول گوشت گاو را نشان می‌دهد، به‌ترتیب ۰/۷ meq $O_2$/kg و ۱/۰ mg MDA/kg است (۱۱). در این راستا، میزان شاخص‌های عدد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید در نمونه‌های پوشش یافته با موسیلاژ حاوی اسانس طی دوره نگهداری از مقادیر مجاز کمتر بود که بیانگر نقش آنتی‌اکسیدانی پوشش خوراکی زیست فعال در افزایش زمان نگهداری گوشت گوسفندی می‌باشد. نتایج مشابهی توسط سایر محققین گزارش شده است (۱۰).

شکل e–۳، تغییرات میزان سفتی نمونه‌های گوشت کنترل و پوشش داده شده طی دوره نگهداری

در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد. میزان سفتی تمامی نمونه طی زمان کاهش معنی‌داری را نشان داد و این کاهش در نمونه‌ی کنترل بیشتر مشهود بود. در انتهای دوره نگهداری، میزان سفتی در نمونه LPSM + 1.5%TCEO (۶۶/۹۰ N) به‌طور معنی‌داری بالاتر از سایر نمونه‌ها بود و افزایش غلظت اسانس در پوشش منجر به حفظ سفتی نمونه‌ها طی دوره نگهداری گردید. این حالت ممکن است ناشی از نقش اسانس در جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها و کاهش فعالیت آنزیم‌های ذاتی گوشت (کلاژنازها، کالپین‌ها و کاتپسین‌ها) باشد که متعاقباً از تخریب کلاژن و پروتئین میوفیبریلار جلوگیری و در نتیجه بافت گوشت حفظ می‌گردد (۶). زنگانه و همکاران (۲۰۲۱) نتایج مشابهی در مورد استفاده از پوشش خوراکی مبتنی بر اسانس گریپ فروت و موسیلاژ دانه بالنگوی شهری در افزایش عمر نگهداری گوشت گوسفندی گزارش نمودند.

**تغییرات حسی گوشت گوسفندی پوشش یافته با موسیلاژ قدومه شهری حاوی اسانس آویشن کرمانی:** شکل ۴ پارامترهای حسی رنگ، بو، بافت و پذیرش کلی نمونه‌های پوشش داده شده و بدون پوشش نگهداری شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد. خواص حسی نمونه‌ها به تدریج با افزایش زمان نگهداری کاهش یافت؛ با اینحال، افزایش غلظت اسانس در پوشش خوراکی سبب حفظ پارامترهای حسی نمونه‌ها طی دوره نگهداری گردید و از دیدگاه مصرف کننده، پوشش‌های خوراکی مبتنی بر موسیلاژ قدومه شهری غنی شده با اسانس آویشن کرمانی هیچگونه اثر منفی بر ویژگی‌های حسی نمونه‌های گوشت گوسفندی نشان نداد.




**شکل ۴ – تغییرات ویژگی‌های حسی بو (a)، رنگ (b)، بافت (c) و پذیرش کلی (d) در نمونه‌های گوشت گوسفندی پوشش داده شده و کنترل نگهداری شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ روز.**

حروف معنی‌داری کوچک و بزرگ به ترتیب بیانگر اثر نوع پوشش خوراکی و زمان نگهداری بر پاسخ می‌باشند ($p < 0.05$).

Figure 4- Changes in odor (a), color (b), texture (c), and overall acceptance (d) of the coated and uncoated lamb slices stored at 4 °C for 10 days. Control: uncoated sample; LPSM: sample coated with LPSM; LPSM + TCEO: samples coated with LPSM enriched with TCEO.
Significant small letters and capital letters indicate the effects of coating type and storage time on the response, respectively ($p < 0.05$).

لازم به ذکر است کـه نمونـه‌هـای گوشـت تنهـا زمانی قابل پذیرش هستند که امتیاز حسی درک شده توسط مصرف کننده بالاتر از ۴ باشـد (۲). همـانطور که در شکل ۹ نشان داده شده است، نمونه‌های کنترل پس از ۷ روز نگهـداری از نظـر پارامترهـای حسـی غیرقابل قبول بودند. در حالی که، نمونه‌های گوشـت گوسفندی پوشش داده شده با موسیلاژ، بـویژه انـواع حاوی غلظت‌های بالاتر اسـانس آویشـن کرمـانی در طول دوره نگهداری قابل قبول بودند. به‌طـور کلـی، بالاترین پذیرش کلی به نمونهLPSM + 1.5%TCEO اختصاص یافت. این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از پوشش خوراکی آنتـی‌اکسـیدان و ضـد میکـروب مبتنی بر موسیلاژ قدومه شهری غنی شده بـا اسـانس آویشـــن کرمـــانی ســـبب بهبـــود ویژگـــی‌هـــای فیزیکوشیمیایی و حسی گوشت گوسفندی طی دوره نگهداری می‌گـردد. نتـایج مشـابهی در منـابع علمـی گزارش شده است (۱۴ و ۲۸).

## نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعـه نشـان داد کـه اسـانس آویشـن کرمانی دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضـد میکروبـی بالایی می‌باشد. استفاده از اسانس آویشـن کرمـانی در پوشش خوراکی مبتنی بر موسیلاژ قدومه شهری منجر به کاهش اکسیداسیون چربی گوشت گوسفند و رشـد میکروبی در مقایسه بـا نمونـه فاقـد پوشـش گردیـد. پوشش خوراکی زیست فعال از تغییرات گسترده pH، رطوبت و بافت گوشت گوسفندی طی دوره نگهداری جلوگیری نمود و پذیرش کلی آن را بطور معنـی‌داری بهبود بخشید. لذا پوشش خوراکی مبتنی بـر موسـیلاژ قدومه شهری حاوی اسانس آویشن کرمانی مـی‌توانـد جهت بهبـود عمـر مانـدگاری فـرآورده‌هـای گوشـتی استفاده گـردد. شناسـایی ترکیبـات دخیـل در فعالیـت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی اسانس آویشن کرمانی و بررسی تغییرات میکروسکوپی و ساختاری نمونه‌هـای تیمـار شـده بـا پوشـش خـوراکی زیسـت فعـال در مطالعات آینده پیشنهاد می‌گردد.

## تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بـر خـود لازم مـی داننـد کـه از حمایت هـای مـادی و معنـوی معاونـت پژوهشـی و فنـاوری دانشـگاه علـوم کشـاورزی و منـابع طبیعـی خوزسـتان جهـت انجـام طـرح پژوهشـی بـا شـماره ۱۴۰۲/۰۲کـه ایـن مقالـه مسـتخرج از آن مـی‌باشـد صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

## References

1. Zanganeh H, Mortazavi SA, Shahidi F and Alizadeh Behbahani B. 2021. Evaluation of the chemical and antibacterial properties of Citrus paradise essential oil and its application in Lallemantia iberica seed mucilage edible coating to improve the physicochemical, microbiological and sensory properties of lamb during refrigerated storage. J of Food Measurement and Characterization. 15(6): 5556-5571.
2. Alizadeh Behbahani B and Imani Fooladi AA. 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. J of Food Safety. 38(3): e12443.
3. Alizadeh Behbahani BA, 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: 101563.
4. Noshad M, Alizadeh Behbahani B, Jooyandeh H, Rahmati-Joneidabad M, Hemmati Kaykha ME and Ghodsi Sheikhjan M. 2021. Utilization of Plantago major seed mucilage containing Citrus limon essential oil as an edible coating to improve shelf-life of buffalo meat under refrigeration conditions. Food Science & Nutrition. 9(3): 1625-1639.

5. Khodaman E, Barzegar H, Jokar A and Jooyandeh H. 2022. Production and evaluation of Physicochemical, Mechanical and Antimicrobial Properties of Chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage-gelatin based Edible Films Incorporated with Chitosan Nanoparticles. J of Food Measurement and Characterization. 16: 3547- 3556.
6. Tanavar H, Barzegar H, Alizadeh Behbahani B and Mehrnia MA. 2021. Investigation of the chemical properties of *Mentha pulegium* essential oil and its application in *Ocimum basilicum* seed mucilage edible coating for extending the quality and shelf life of veal stored in refrigerator (4° C). Food Science & Nutrition. 9(10): 5600-5615.
7. Koushki MR, Azizi MH, Koohy-Kamaly P and Azizkhani M. 2015. Effect of calcium alginate edible coatings on microbial and chemical properties of lamb meat during refrigerated storage. J of food quality and hazards control. 2(1):6-10.
8. Samani E.S., Jooyandeh, H. and Alizadeh Behbahani, B. 2022. Shelf-life extension of buffalo meat using Farsi gum edible coating containing Shirazi thyme essential oil. Food Science & Nutrition. 10:1-12.
9. Eslami, M., Barzegar, H., Nasehi, B. and Noshad, M. 2023. The effect of edible persian gum coating on the shelf life of strawberry fruit. J of Food Science and Technology (Iran). 131 (19): 71-81. (In Persian).
10. Alizadeh Behbahani B, Falah F, Vasiee A and Tabatabaee Yazdi F. 2021. Control of microbial growth and lipid oxidation in beef using a Lepidium perfoliatum seed mucilage edible coating incorporated with chicory essential oil. Food science & nutrition. 9(5): 2458-2467.
11. Barzegar, H., Alizadeh Behbahani, B. and Mehrnia, M.A. 2020. 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. 29(5): 717-728.
12. Kiarsi Z, Hojjati M, Behbahani BA and Noshad M. 2020. In vitro antimicrobial effects of *Myristica fragrans* essential oil on foodborne pathogens and its influence on beef quality during refrigerated storage. J of Food Safety. 40(3): e12782.
13. Boroujeni LS and Hojjatoleslamy M. 2018. Using *Thymus carmanicus* and *Myrtus communis* essential oils to enhance the physicochemical properties of potato chips. Food Science & Nutrition. 6(4): 1006-1014.
14. Alizadeh Behbahani BA, Shahidi F, Yazdi FT, Mortazavi SA and 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 J of Biological Macromolecules. 94:515-526.
15. Shirani K, Falah F, Vasiee A, Yazdi FT, Behbahani BA and Zanganeh H. 2022. Effects of incorporation of Echinops setifer extract on quality, functionality, and viability of strains in probiotic yogurt. J of Food Measurement and Characterization. 21:1-9.
16. Barzegar, H., Jooyandeh, H. 2022. Evaluation of total phenol and flavonoids, antioxidant potential and antimicrobial activity of sage extract on some Gram-positive and Gram-negative bacteria "in vitro". J of Food Science and Technology (Iran). 125 (19): 195-203. (In Persian)
17. Falah F, Shirani K, Vasiee A, Yazdi FT and Behbahani BA. 2021. In vitro screening of phytochemicals, antioxidant, antimicrobial, and cytotoxic activity of *Echinops setifer* extract. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 35:1-6.
18. Namazi, P., Barzegar, H., Alizadeh behbahani, B. and Mehrnia, M. A. 2021. Evaluation of functional groups of bioactive compounds, antioxidant potential, total phenolic and total flavonoid content of red bell pepper extracts. J of Food Science and Technology (Iran). 18 (113): 301-311. (In Persian)
19. Khalili, A., Barzegar, H., Alizadeh Behbahani, B. and Noshad, M. 2022. Evaluation of antioxidant and antimicrobial activity of *Ziziphus nummularia* leaf extract: In Vitro. Iranian J of Infectious Diseases. 27 (97): 1-9. (In Persian)

20. Alizadeh Behbahani, B., Tabatbaie Yazdi, F., Heydari Sourjani, M. and Mortazavi, A. 2014. Investigating the antimicrobial effect of aqueous and ethanolic extracts of *Satureja bachtiarica* on Gram-positive and Gram-negative bacteria: In Vitro. Iranian J of Infectious Diseases. 19(64): 13-19. (In Persian).
21. Noshad, M., Alizadeh Behbahani, B. and dehghani, S. 2020. Evaluation of the effect of aqueous and ethanolic extraction methods on extraction yield, phenolic compounds, and antioxidant and antimicrobial activity of Stachys *schtschegleevii* extract. J of Food Science and Technology (Iran). 17 (100): 117-125. (In Persian)
22. Shahidi, F., Tabatabaie Yazdi, F., Alizadeh Behbahani, B., Norouzi, R. and Vasiei A. 2019. Investigating the antibacterial effect of Sheng plant extract on *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* and *Salmonella typhi* in laboratory conditions. Iranian J of Infectious Diseases. 24(84): 1-10. (In Persian)
23. Jouki, M., Mortazavi, S.A, Tabatabaie Yazdi, F., Koocheki, A. and Khazaei, N. 2014. Use of quince seed mucilage edible films containing natural preservatives to enhance physico-chemical quality of rainbow trout fillets during cold storage. Food Science and Human Wellness. 3(2):65-72.
24. Pabast, M., Shariatifar, N., Beikzadeh, S. and Jahed, G. 2018. Effects of chitosan coatings incorporating with free or nano-encapsulated Satureja plant essential oil on quality characteristics of lamb meat. Food Control. 91:185-192.
25. Ang LZ, Hashim R, Sulaiman SF, Coulibaly AY, Sulaiman O, Kawamura F and Salleh KM. 2015. In vitro antioxidant and antidiabetic activites of Gluta torquata. Industrial Crops and Products. 76: 755-760.
26. Mancini E, Senatore F, Del Monte D, De Martino L, Grulova D, Scognamiglio M, Snoussi M and De Feo V. 2015. Studies on chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of five Thymus vulgaris L. essential oils. Molecules. 20(7): 12016-12028.
27. Mohan CO, Ravishankar CN, Lalitha KV and Gopal TS. 2012. Effect of chitosan edible coating on the quality of double filleted Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*) during chilled storage. Food hydrocolloids. 26(1): 167-174.
28. Heydari S, Jooyandeh H, Alizadeh Behbahani B and Noshad M. 2021. The impact of Qodume Shirazi seed mucilage-based edible coating containing lavender essential oil on the quality enhancement and shelf life improvement of fresh ostrich meat: An experimental and modeling study. Food Science & Nutrition. 8(12): 6497-6512.