Food Hygiene, Vol. 13, No. 51, Autumn 2023

"Research article" **DOI: 10.30495/JFH.2023.1989373.1406**

Investigating the antimicrobial properties of the edible film of polylactic acid-Iranian tragacanth gum along with the essential oil of *Zygophyllum eichwaldi* on the microbial spoilage of ostrich thigh meat at refrigerator temperature

Kiakojori, A. Ariaii, P.*, Bagheri, R. Esmaeili, M.

Department of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran
*Corresponding author: P.aryaye@yahoo.com

(Received: 2023/6/24 Accepted: 2023/10/28)

Abstract

The present study aimed to investigate the effects of PLA- Iranian tragacanth gum composite film with *Zygophyllum eichwaldi* essential oil on the microbial characteristics of ostrich thigh meat during storage at 4°C. For this purpose, first, 5 film treatments including PLA, PLA+ gum, and PLA+ gum with different concentrations of 0.5, 1, and 1.5% essential oil were prepared, and the antimicrobial activity of the film was determined. Then the effect of the mentioned films along with the control treatment (without film) was evaluated on the microbial factor (total bacterial count, psychrophilic bacteria, *Enterobacteriaceae*, and lactic acid) in the ostrich fillet on days 0, 4, 8, 12 and 16 and the resulting data was analyzed by SPSS software. According to the results, adding essential oil to the film increased the antimicrobial activity of the films, and with increasing concentration, better results were observed ($P<0.05$) that the diameter of the inhibition zone in PLA+gum + 1.5% essential oil for different bacteria was between 19.95-24.25 mm. The antimicrobial activity against gram-positive bacteria was higher than gram-negative bacteria. The results of the second part of this study showed that the samples packed with composite films containing essential oil showed lower ($P<0.05$) microbial changes than the other, and the film containing 1.5% essential oil had the best effects compared to other groups ($P<0.05$). This treatment had microbial limits (7 log CFU/ g) until the end of the storage period, while the control sample could only be stored for 6 days. Therefore, the use of PLA- Iranian tragacanth gum film containing *Zygophyllum eichwaldi* essential oil in the packaging of ostrich meat has a very favorable effect in controlling microbial spoilage and increases its shelf life.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: *Zygophyllum eichwaldi* Essential oil, Polylactic acid film, Iranian tragacanth gum, Meat quality, Ostrich thigh

«مقاله پژوهشی» DOI: 10.30495/JFH.2023.1989373.1406

بررسی ویژگی ضدمیکروبی فیلم خوراکی پلی لاکتیک اسید- صمغ کتیرای ایرانی به همراه اسانس گیاه قیچ کاشانی (*Zygophyllum eichwaldii*) بر فساد میکروبی گوشت ران شترمرغ در دمای یخچال

گوشت ران شترمرغ بسته‌بندی‌شده با فیلم خوراکی

آذین کیاکجوری[۱]، پیمان آریایی[۱*]، رویا باقری[۱]، مهرو اسماعیلی[۱]

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی،آمل، ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: P.aryaye@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۴/۳ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۸/۶)

چکیده

تحقیق حاضر با هدف بررسی اثرات فیلم مرکب پلی لاکتیک اسید-صمغ کتیرای ایرانی به همراه اسانس گیاه قیچ کاشانی بر روی ویژگیهای میکروبی گوشت ران شتر مرغ نگهداری شده در دمای ۴ درجه سلسیوس انجام گرفت. بدین منظور ابتدا ۵ تیمار فیلم شامل: پلی لاکتیک اسید (PLA)، PLA+ صمغ کتیرای ایرانی و PLA+ صمغ کتیرای ایرانی به همراه غلظت‌های ۰/۵، ۱و ۱/۵درصد اسانس تولید ویژگی‌های میکروبی فیلم تعیین و سپس تاثیر فیلم‌های مذکور به همراه تیمار شاهد (بدون فیلم) بر فاکتور میکروبی (باکتری کل، باکتری سرمادوست، انتروباکتریاسه و اسید لاکتیک) در نمونه‌های فیله شترمرغ مورد آزمایش در روزهای ۰، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ ارزیابی شد و داده‌های حاصل به وسیله نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به نتایج افزودن اسانس به فیلم سبب افزایش فعالیت ضد میکروبی فیلم‌ها شد و با افزایش غلظت نتایج بهتری مشاهده شد (P<۰/۰۵) به طوری‌که قطر هاله عدم رشد در فیم PLA+ صمغ+ اسانس ۱/۵درصد برای باکتری‌های مختلف مابین ۱۹/۹۵- ۲۴/۲۵ میلی‌متر بوده است. فعالیت ضد میکروبی علیه باکتری‌های گرم مثبت بالاتر از باکتری‌های گرم منفی بود. نتایج حاصل از بخش دوم مطالعه حاضر نشان دادند که نمونه‌های بسته بندی شده با فیلم‌های مرکب حاوی اسانس در طول مطالعه نسبت به نمونه های کنترل و بدون اسانس مقادیر پایین‌تری (p<۰/۰۵) از تغییرات میکروبی را نشان داد و فیلم حاوی ۱/۵درصد اسانس بهترین اثرات را در مقایسه با سایر گروه‌ها داشت (p<۰/۰۵) و این تیمار تا پایان دوره نگهداری از محدود مجاز میکروبی (۷ log CFU/g) برخوردار بود در حالیکه نمونه شاهد تنها تا ۶ روز قابلیت نگهداری داشت. بنابراین استفاده از فیلم مرکب پلی لاکتیک اسید- صمغ کتیرای ایرانی محتوی اسانس قیچ کاشانی در بسته‌بندی شتر مرغ تاثیر بسیار مطلوبی در کنترل ویژگی‌های میکروبی موثر در فساد گوشت دارد و ماندگاری آن را افزایش می‌دهد.

واژه‌های‌کلیدی: اسانس قیچ، فیلم پلی لاکتیک اسید، صمغ کتیرای ایرانی، کیفیت گوشت، ران شتر مرغ

مقدمه

گوشت شتر مرغ در مقایسه با گوشت دام‌های دیگر دارای مزیت‌های بسیاری می‌باشد، این گوشت حاوی درصد بالایی از اسیدهای چرب چند-غیراشباع و سطح کلسترول پایین می‌باشد. گوشت شترمرغ دارای درصد چربی عضلانی کمی می باشد که برای سلامتی انسان مفید است، به دلیل داشتن چربی کم که بر آبدار بودن گوشت در هنگام جویدن تأثیر می‌گذارد، بافت و طعم بسیار شبیه به گوشت گاو دارد و مورد علاقه مصرف کنندگان می‌باشد (Horbańczuk *et al*.,2021; Akram *et al*., 2019; Capita *et al*., 2018). مصرف گوشت شترمرغ در جهان در حال افزایش است، در نتیجه بهداشت و افزایش ماندگاری گوشت شتر مرغ مهم می‌باشد. بنابراین افزایش ماندگاری فرآورده‌های گوشتی شترمرغ یکی از دغدغه های اصلی صنعت شترمرغ است. برای امکان بازاریابی رقابتی گوشت شترمرغ، هم برای مصرف داخلی و هم برای صادرات، شناخت ویژگی‌های میکروبی آن در شرایط مختلف برای افزایش ماندگاری آن ضروری است (Capita *et al*.,2018; Juszczuk-Kubiak *et al*., 2021). سرد کردن، انجماد، بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده و تیمارهای فیزیکی غیرحرارتی از جمله روش‌های قدیمی نگهداری مورد استفاده برای کنترل زمان ماندگاری و ایمنی گوشت تازه هستند. راه حل جایگزین به منظور کاهش رشد میکروارگانیسم‌های نامطلوب در گوشت تازه، کاربرد فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی ضدمیکروبی و بیوپلیمری است (Valipour Davidson *et al*., 2001; Pirnia *et al*., 2017).

پلی لاکتیک اسید (PLA) یکی از بیوپلیمرهای زیست تخریب پذیر است که به دلیل سهولت تولید و خواص مکانیکی مطلوب، به عنوان جایگزینی مناسب برای پلیمرهای سنتزی به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. از ویژگی‌های مطلوبی مانند استحکام مکانیکی بالا، شفافیت و بازدارندگی در مقابل عبور نور فرابنفش برخوردار است (Rezaeigolestani *et al*., 2017; Khanjani *et al*., 2023). با این حال، PLA دارای معایبی است که کاربرد آن‌را به عنوان فیلم در بسته بندی مواد غذایی محدود کرده است. از آن جمله می‌توان به پایداری حرارتی ضعیف، انعطاف پذیری کم، شکنندگی، قدرت ذوب کم و خواص بازدارندگی ضعیف آن در مقابل اکسیژن اشاره نمود (Khanjani *et al*., 2023; Shakour *et al*., 2021; Khodayari *et al*., 2019). یکی از راه‌های بهبود ویژگی‌های فیلم خوراکی، ترکیب بیوپلیمرها، استفاده از هیدروکلوئیدها و تولید بیوفیلم‌های مرکب است.

صمغ کتیرای ایرانی (*Astragalus gossypinus*)، تراوه خشک شده طبیعی حاصل از برخی گونه‌های گون (Astragalus) بوده و یکی از معدود منابع گیاهی طبیعی پلی ساکاریدهای جایگزین شده با ال-فوکوز (L-fucose) است و به عنوان یک هیدروکلوئید با کیفیت، در فهرستGRAS قرار دارد. این صمغ، به عنوان پایدار کننده، امولسیون کننده، قوام دهنده و جایگزین چربی کاربرد وسیعی در صنایع غذایی دارد (Abbasi et al, 2019). اما فیلم‌های خوراکی به تنهایی در نگهداری طولانی مدت قادر به کنترل تغییرات شیمیایی و میکروبی گوشت نمی‌شود. بنابراین در صنعت مواد غذایی از یکسری افزودنی‌های ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی استفاده می‌شود ولی اکثر این افزودنی‌های شیمیایی

اثرات سمی و سرطان‌زایی به‌همراه دارند. استفاده از عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی به جای نگهدارنده‌های شیمیایی نگرانی‌های ناشی از مصرف این گونه مواد را کاهش داده است. اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی و ترکیبات آنها از زمان‌های قدیم به عنوان مواد طعم دهنده مورد استفاده قرار می‌گرفتند و هم اکنون ثابت شده است که این مواد ویژگی ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی دارند (Javadian *et al*., 2017; Bagheri *et al*., 2016; Shahhoseini *et al*., 2021).

گیاه قیچ (Zygophyllum) از خانواده قیچیان (Zygophyllaceae) است. بر اساس برخی منابع گیاه شناسی، تعداد جنس‌های متعلق به این خانواده حدود ۲۷ جنس و ۲۸۵ گونه است. که در مناطق خشک و نیمه خشک جهان پراکنده هستند. گیاهان این تیره در ایران به نام قیچ کاشانی با نام علمی *Zygophyllum eichwaldii* روی تپه‌های ماسه‌ای در مناطق نسبتا مرطوب بیابان‌ها رشد می‌کند. رویشگاه این گیاه صرفا در اراضی ماسه‌ای بیابان‌های مرکزی (استان اصفهان) و تا حدودی نواحی شرقی کشور (خراسان رضوی) در مناطق دشتی ناحیه رویشی ایرانی- تورانی و در محدوده ارتفاعی ۷۸۰ تا ۱۲۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است (Batooli *et al*., 2020; Mazoochi *et al*., 2021).

با توجه به‌اینکه استفاده از فیلم‌های مرکب خوراکی به همراه اسانس‌های گیاهی با خواص ضد باکتریایی در انواع گوشت‌های تازه، منجمد و عمل آوری شده، ضمن کنترل عوامل پاتوژن و جلوگیری از فساد میکروبی باعث بهبود خصوصیات ارگانولپتیک و افزایش ماندگاری محصول می‌گردد و این امکان را به تولیدکنندگان می‌دهد تا غذاهای سالم‌تر و با مقبولیت بالا تولید کنند. بنابراین هدف از این پژوهش تولید و توسعه فیلم خوراکی فعال مرکب PLA/ صمغ کتیرای ایرانی دارای اسانس قیچ کاشانی و بررسی فعالیت ضدمیکروبی آن بر روی سویه-های عامل فساد گوشت شترمرغ نگهداری شده در دمای یخچال (۴ درجه‌سلسیوس) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

-مواد اولیه

شترمرغ تازه (کشتار روز) از کشتارگاه ساری در استان مازندران خریداری و به سرعت توسط باکس‌های حاوی یخ به آزمایشگاه مواد غذایی انتقال داده شد. پودر خشک صمغ کتیرا ایرانی از فروشگاه گیاهان دارویی آمل تهیه شد، اندام‌های هوایی (برگ، ساقه و گل/گل آذین) گیاه قیچ کاشانی از تپه‌های ماسه‌ای بیابان‌های مرکزی استان اصفهان تهیه و پس از تایید نام علمی از طرف موسسه فارماکولوژی، به آزمایشگاه منتقل شد. اسید آسکوربیک، امولسیفایر، توئین ۸۰ و محیط کشت های میکروبی مختلف از شرکت مرک آلمان تهیه گردیدند.

-اسانس‌گیری از گیاه قیچ کاشانی:

استخراج اسانس با روش تقطیر با بخار آب استفاده از دستگاه کلونجر از گیاه قیچ کاشانی انجام شد. بدین منظور ۳۰ گرم از گیاه خشک کاملا پودر شده همراه با ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر درون بالن دستگاه ریخته و مدت چهار ساعت حرارت داده شد. در اثر حرارت دانه های حاوی اسانس شکسته شده و اسانس همراه با بخار آب وارد مبرد آب می شود اسانس به دست آمده با سولفات سدیم بدون آب، آبگیری شد و اسانس خالص

جداسازی و در دمای ۴ درجه‌سلسیوس نگهداری شد (Mazoochi *et al*., 2021).

-تهیه فیلم

برای تهیه پوشش هیدروکلوئیدی کتیرای ایرانی ۱ درصد، ابتدا ۱ گرم پودر خشک صمغ کتیرا ایرانی (*Astragalus gossypinus*) در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر در دمای ۷۰ درجه سلسیوس حل شد و ۲ درصد گلیسرول، ۲ درصد توین ۸۰ اضافه گردید. در رابطه با هر حالت برای تهیه فیلم PLA میزان ۱ گرم گرانول PLA به ۵۰ میلی لیتر کلروفرم اضافه گردید مخلوط حاصل به مدت ۸ ساعت بر روی همزن مغناطیسی هم-زده شد. سپس صمغ ایرانی کتیرا (۱ درصد) به همراه غلظت‌های مختلف اسانس قیچ کاشانی (۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) به محلول اضافه گردید. مخلوط حاصل ۲۰ دقیقه دیگر بر روی همزن مغناطیسی قرار گرفت. در پایان با دستگاه هموژنایز (Wise 15 D, Korean) به مدت ۲ دقیقه با دور ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه یکنواخت گردید، سپس محلول در قالبهای (پلیت) شیشه‌ای ریخته شد و به مدت ۴ ساعت در دمای اتاق زیر هود شیمیایی نگهداری گردید. بعد از تبخیر حلال فیلمهای تهیه شده از قالب‌ها جدا و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار داده شد تا باقی مانده حلال که ممکن بود نقش پلاستی‌سایزری داشته باشد به طور کامل حذف شود بعد از تهیه فیلم‌های پلی لاکتیک اسید دیسک‌هایی به قطر ۱۰ میلی‌متر پانچ شد (Shakour *et al*., 2021; Abdulkhani *et al*., 2017).

-تعیین فعالیت ضد میکروبی

میکروارگانیسم‌های مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: *اشریشیاکلی* ATCC:۲۵۹۲۲ و *استافیلوکوکوس اورئوس* ATCC:۶۵۳۸ و *سودوموناس آئروژینوزا* ATCC:۲۷۸۵۳ و *باسیلوس سرئوس* ATCC:۱۱۷۷۸ که از مرکز تحقیقات و پژوهش علمی صنعتی ایران تهیه شد.

فعالیت ضدباکتریایی فیلم‌های خوراکی با اندکی تغییر به روش انتشار دیسک در آگار (Agar Diffusion Method) استفاده شد. برای فعال سازی باکتری ها، ابتدا سوسپانیون میکروبی به صورت تازه از هر سوش میکروبی تهیه گردید و یک شبانه روز قبل از انجام آزمایش به کمک آنست استریل از کشت مادر به محیط کشت شیب‌دار (Muller Hinton Agar) برای باکتری تلقیح انجام شد. سپس سوسپانسیون غنی میکروبی با استفاده از محلول رینگر پس از رشد میکروارگانیسم بر سطح شیب دار آگار آن) تهیه گردید. سپس مقداری از سوسپانسیون میکروبی درون لوله استریل درب‌دار حاوی محلول رینگر ریخته و کدورت آن با اسپکتروفتومتر (طول موج ۱۲۰ نانومتر) اندازه‌گیری شد. رقت سازی محلول سوسپانسیون تا زمان برابر شدن کدورت محلول نیم مک فارلند و سوسپانسیون میکروبی ادامه یافت. در روش انتشار در آگار، فیلم ها به صورت صفحه‌های دایره ای با قطر ۷ میلی متر بریده و به محیط کشت آگار که از قبل با 10^5–10^6 CFU/ml میکروارگانیسم‌های آزمایش تلقیح شده بود منتقل شد. پس از آن بلیت های حاوی محیط کشت آلوده همراه با فیلم های ضد میکروبی به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه‌سلسیوس گرمخانه‌گذاری شد تا جهت تعیین میزان ممانعت کنندگی فیلم خوراکی از رشد باکتری‌ها، قطر هاله‌های تشکیل شده با استفاده از کولیس تولید با

دقت ۰/۱ میلی متر اندازه گیری شد (Seydim *et al.*, 2006).

-تهیه و آماده سازی شتر مرغ

ران شترمرغ صورت تکه‌هایی با وزن تقریبی ۲±۴۰ گرم تقسیم و پس از شست‌وشو با آب فراوان، جهت آبکشی بر روی صافی‌های پلاستیکی قرار داده شدند. تکه‌های ران با استفاده از مدل ساندویچ، یعنی قرار دادن ۴۰ گرم نمونه در بین دو فیلم تهیه شده برای هر تیمار قرار گرفت (Pirnia et al, 2020). سپس در بسته‌های پلی اتیلنی استریل گذاشته شدند. تیمارهای مختلف در یخچال ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شد و در طول دوره نگهداری، آنالیزهای میکروبیولوژیکی در روزهای ۰، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ انجام شد.

-شمارش باکتری کل و سرمادوست

برای آزمایشات میکروبی ۱۰ گرم از نمونه گوشت در شرایط استریل با ۹۰ میلی لیتر سرم فیزیولوژی استریل ۰/۸۵ به مدت ۶۰ ثانیه در یک مخلوط کن آزمایشگاهی هموژن شد. از هر نمونه سه بار به صورت جداگانه نمونه برداری شد. برای شمارش تعداد باکتری‌های کل و باکتری‌های سرمادوست نمونه‌های تهیه شده، از محیط تریپتیک سویا آگار (Tryptic Soy Agar) استفاده شد. پلیت‌های کشت داده شده مربوط به تعداد باکتری‌های کل بعد از ۴۸ ساعت انکوباسیون در دمای ۳۵ درجه سلسیوس و پلیت‌های مربوط به باکتری‌های سرما دوست بعد از۱۰ روز انکوباسیون در دمای ۴ درجه سلسیوس شمارش شد (Valipour *et al.*, 2017).

-شمارش باکتری‌های خانواده انتروباکتریاسه

به منظور شمارش میانگین تعداد باکتری‌های خانواده انتروباکتریاسه از روش کشت بر روی محیط ویولت رد بایل گلوکز آگار (Violet Red Bile Glucose) استفاده شد. پلیت‌ها به مدت ۲۴ ساعت در داخل انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سلسیوس گرمخانه‌گذاری و سپس شمارش شدند (Aghababaie *et al.*, 2022).

-شمارش باکتری‌های مولد اسید لاکتیک

برای شمارش باکتری‌های مولد اسیدلاکتیک از محیط MRS(Man, Rogosa , Sharpe) آگار استفاده و پلیت-های کشت داده شد به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس گرمخانه گذاری و سپس شمارش شدند (Zarandi *et al.*, 2022).

جهت بالا بردن دقت کار در ارزیابی های میکروبی، سه تکرار از هر نمونه و برای هر تکرار چهار رقت مناسب در هر روز ارزیابی، در نظر گرفته شد. نهایتا شمارش‌های انجام شده به صورت لگاریتم تعداد کلنی‌های تشکیل شده (CFU) ثبت شد.

-تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها، با توجه به نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس، با استفاده از روش آنالیز واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) استفاده شد. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد. تمام داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شد و ارزیابی‌ها در ۳ تکرار صورت پذیرفت. از نرم افزار (SPSS version 18) برای آنالیز داده‌ها و Excel برای رسم نمودارها استفاده گردید.

یافته‌ها

-فعالیت ضد میکروبی

نتایج مربوط به فعالیت ضد میکروبی فیلم‌های خوراکی مختلف علیه باکتری‌های پاتوژن در جدول (۱) آورده شده است. با توجه به نتایج افزودن اسانس به فیلم سبب افزایش فعالیت ضد میکروبی فیلم‌ها شد و با افزایش غلظت نتایج بهتری مشاهده شد (P<۰/۰۵) و فعالیت ضد میکروبی علیه باکتری‌های گرم مثبت نظیر *استافیلوکوکوس اورئوس* و *باسیلوس سرئوس* بالاتر از باکتری‌های گرم منفی نظیر *اشریشیاکلی* و *سودوموناس آئروژینوزا* بود (P<۰/۰۵).

جدول (۱): فعالیت ضد میکروبی (قطر هاله عدم رشد) فیلم‌ها

	استافیلوکوکوس اورئوس	*اشریشیاکلی*	*سودوموناس آئروژینوزا*	*باسیلوس سرئوس*
پلی لاکتیک اسید (PLA)	۶/۰±۲۵/۲۵^{Ae}	۵/۰±۱۵/۱۵^{Be}	۵/۰±۱۳/۱۸^{Be}	۵/۰±۷۵/۱۲^{Be}
PLA +صمغ	۱۲/۰±۲۵/۳۵^{Ad}	۱۰/۰±۳۵/۱۷^{Cd}	۱۰/۰±۰۰/۴۵^{Cd}	۱۱/۰±۷۵/۱۹^{Bd}
PLA +صمغ+ اسانس ۰/۵٪	۱۸/۰±۳۰/۲۵^{Ac}	۱۵/۰±۶۵/۱۵^{Cc}	۱۴/۰±۹۵/۲۹^{Dc}	۱۷/۰±۵۰/۳۵^{Bc}
PLA +صمغ+ اسانس ۱٪	۲۰/۰±۲۵/۱۸^{bA}	۱۸/۰±۱۵/۲۵^{Bb}	۱۸/۰±۱۰/۲۴^{Bb}	۱۹/۰±۵۸/۳۱^{Bb}
PLA +صمغ+ اسانس ۱/۵٪	۲۴/۰±۲۵/۹۵^{Aa}	۲۰/۰±۲۲/۳۵^{Ca}	۱۹/۰±۹۵/۷۵^{Ca}	۲۲/۰±۳۵/۶۷^{Ba}

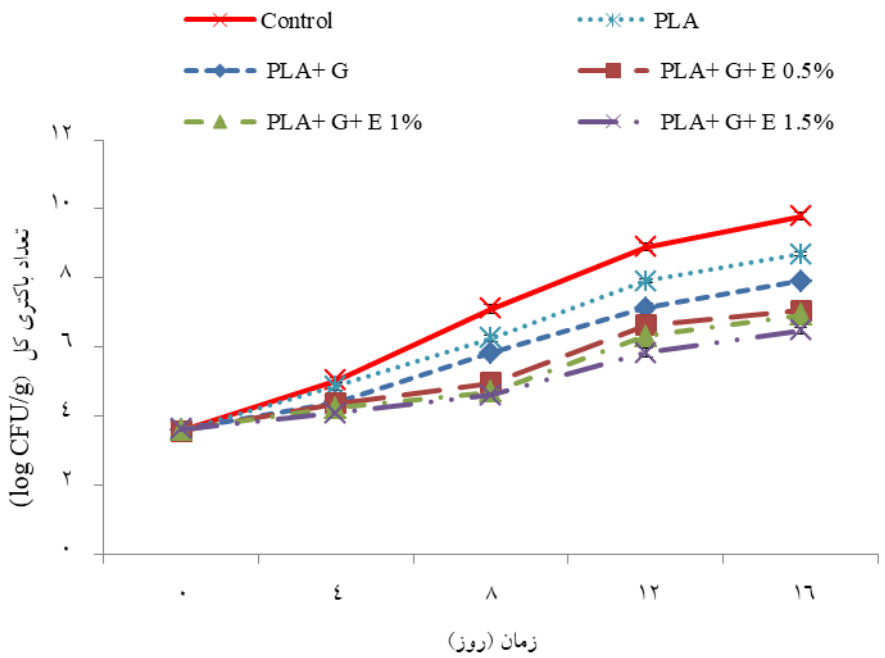
۱) همه اعداد بر حسب میلی متر بیان شده است (میانگین ± انحراف از معیار)

۲) اعداد در یک ستون با حروف متفاوت اختلاف معنی دار دارند. (a, b, c,..)

۳) اعداد در یک ردیف با حروف متفاوت اختلاف معنی دار دارند. (A, B, C,..)

-تغییرات مقادیر کلی باکتری طی مدت نگهداری

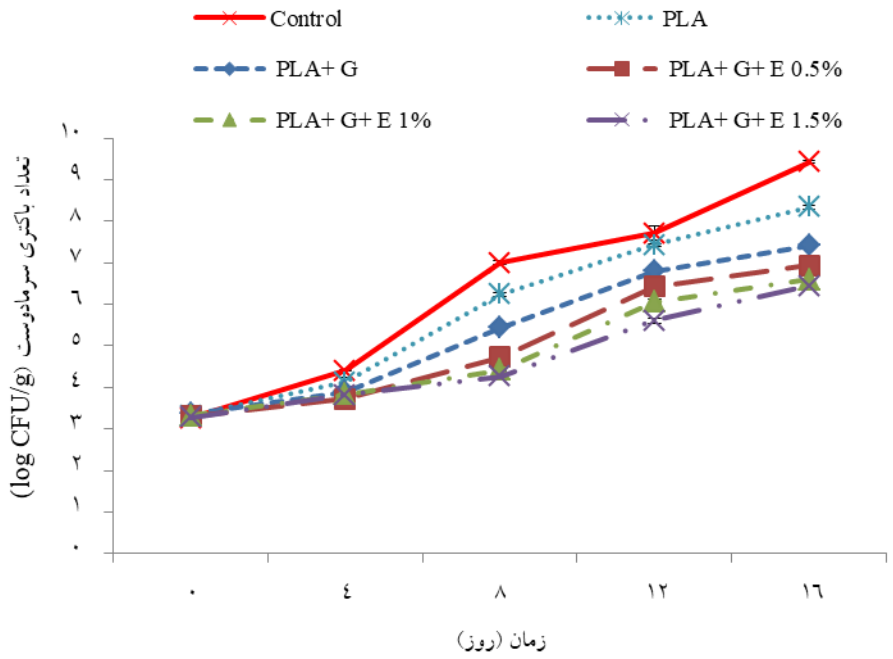
نتایج مربوط به تغییرات مقادیر کلی باکتری در نمودار (۱) آورده شده است. مقادیر اولیه کلی باکتری در مورد فیله شتر مرغ تازه در محدوده ۳/۵۸–۳/۶۳ log CFU/g بود و در روز ابتدای دوره نگهداری، تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (P>۰/۰۵). با افزایش زمان، مقادیر کلی باکتری در تمامی تیمارها افزایش یافت و این تغییرات در تیمار شاهد بیشتر بود (P<۰/۰۵). به طوری‌که در انتهای دوره نگهداری در تیمار شاهد برابر با ۹/۷۹ log CFU/g بود. استفاده از پوشش‌های خوراکی و اسانس سبب کند شدن روند افزایشی مقادیر کلی باکتری شد و افزایش غلظت اسانس تاثیر مثبتی بر این روند داشت و نتایج بهتری در اکثر زمان‌های نگهداری در تیمار ترکیبی پوشش‌های خوراکی و اسانس مشاهده شد به طوری‌که در روز ۱۶ ام نگهداری کمترین مقادیر کلی باکتری در تیمار پلی لاکتیک اسید+ صمغ+ اسانس ۱/۵درصد بوده است (log CFU/g ۶/۴۸) (p<۰/۰۵).



نمودار ۱ مقادیر باکتری کل در تیمارهای مختلف طی مدت زمان نگهداری (پلی لاکتیک اسید (PLA)، G= صمغ کتیرا، E= اسانس)

-تغییرات مقادیر باکتری سرمادوست طی مدت نگهداری

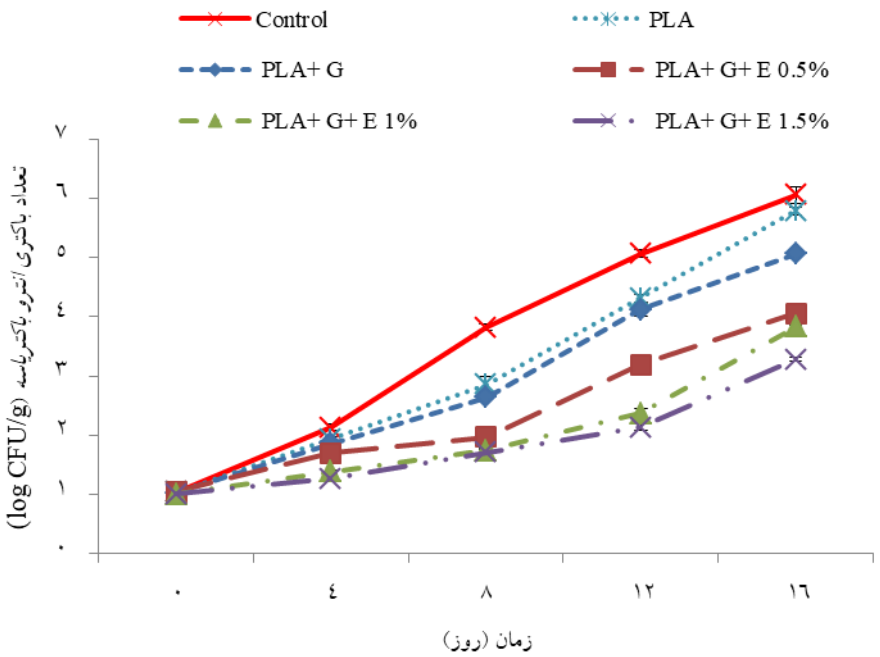
نتایج مربوط به تغییرات مقادیر باکتری سرمادوست در نمودار (۲) آورده شده است. مقادیر اولیه مقادیر باکتری سرمادوست در مورد فیله شتر مرغ تازه در محدوده ۳/۲۶-۳/۳۷ log CFU/g بود و در روز ابتدای دوره نگهداری، تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند (P>۰/۰۵). با افزایش زمان، مقادیر باکتری سرما دوست در تمامی تیمارها افزایش یافت و این تغییرات در تیمار شاهد بیشتر بود (P<۰/۰۵). به طوری‌که در انتهای دوره نگهداری در تیمار شاهد برابر با ۹/۴۲ log CFU/g بود. استفاده از پوشش‌های خوراکی و اسانس سبب کند شدن روند افزایشی مقادیر باکتری سرما دوست شد و افزایش غلظت اسانس تاثیر مثبتی بر این روند داشت و نتایج بهتری در اکثر زمان-های نگهداری در تیمار ترکیبی پوشش‌های خوراکی و اسانس مشاهده شد به طوری‌که در روز ۱۶ ام نگهداری کمترین مقادیر باکتری سرمادوست در تیمار پلی لاکتیک اسید+ صمغ+ اسانس ۱/۵درصد بوده است (۶/۴۴ log (CFU/g (p<۰/۰۵).



نمودار ۲ مقادیر باکتری سرمادوست در تیمارهای مختلف طی مدت زمان نگهداری (پلی لاکتیک اسید (PLA)، G= صمغ کتیرا، E= اسانس)

-تغییرات مقادیر باکتری انتروباکتریاسه طی مدت نگهداری

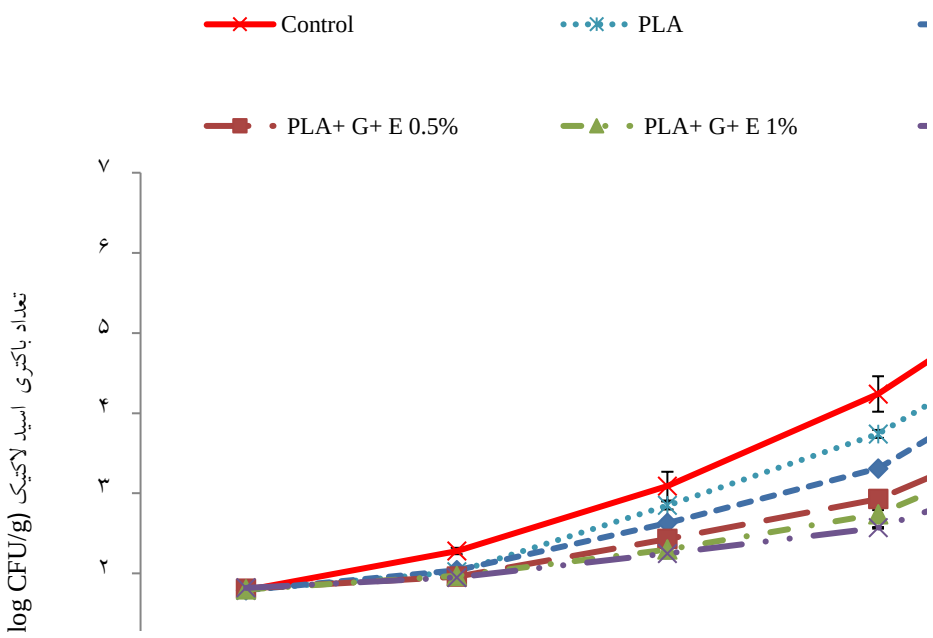
نتایج مربوط به تغییرات مقادیر باکتری انتروباکتریاسه در نمودار (۳) آورده شده است. مقادیر اولیه مقادیر باکتری انتروباکتریاسه در مورد فیله شتر مرغ تازه در محدوده ۱/۰۱–۱/۰۵ log CFU/g بود و در روز ابتدای دوره نگهداری، تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (P>۰/۰۵). با افزایش زمان، مقادیر باکتری انتروباکتریاسه در تمامی تیمارها افزایش یافت و این تغییرات در تیمار شاهد بیشتر بود (P<۰/۰۵). به طوری‌که در انتهای دوره نگهداری در تیمار شاهد برابر با ۶/۰۵ log CFU/g بود. استفاده از پوشش‌های خوراکی و اسانس سبب کند شدن روند افزایشی مقادیر باکتری انتروباکتریاسه شد و افزایش غلظت اسانس تاثیر مثبتی بر این روند داشت و نتایج بهتری در اکثر زمان‌های نگهداری در تیمار ترکیبی پوشش‌های خوراکی و اسانس مشاهده شد به طوری‌که در روز ۱۶ ام نگهداری کمترین مقادیر باکتری انتروباکتریاسه در تیمار پلی لاکتیک اسید+ صمغ+ اسانس ۱/۵درصد بوده است (۳/۲۸ log CFU/g) (p<۰/۰۵).



نمودار ۳ مقادیر باکتری *انتروباکتریاسه* در تیمارهای مختلف طی مدت زمان نگهداری (پلی لاکتیک اسید (PLA)، G= صمغ کتیرا، E= اسانس)

تغییرات مقادیر باکتری اسید لاکتیک طی مدت نگهداری

نتایج مربوط به تغییرات مقادیر باکتری اسید لاکتیک در نمودار (۴) آورده شده است. مقادیر اولیه مقادیر باکتری اسید لاکتیک در مورد فیله شتر مرغ تازه در محدوده ۱/۷۹-۱/۸۲ log CFU/g بود و در روز ابتدای دوره نگهداری، تیمارهای مختلف اختلاف معنی-داری با هم نداشتند (P>۰/۰۵). با افزایش زمان، مقادیر باکتری اسید لاکتیک در تمامی تیمارها افزایش یافت و این تغییرات در تیمار شاهد بیشتر بود (P<۰/۰۵). به طوری‌که در انتهای دوره نگهداری در تیمار شاهد برابر با ۵/۹۶ log CFU/g بود. استفاده از پوشش‌های خوراکی و اسانس سبب کند شدن روند افزایشی مقادیر باکتری اسید لاکتیک شد و افزایش غلظت اسانس تاثیر مثبتی بر این روند داشت و نتایج بهتری در اکثر زمان-های نگهداری در تیمار ترکیبی پوشش‌های خوراکی و اسانس مشاهده شد به طوری‌که در روز ۱۶ ام نگهداری کمترین مقادیر باکتری اسید لاکتیک در تیمار پلی لاکتیک اسید+ صمغ+ اسانس ۱/۵درصد بوده است (۳/۴۵ log CFU/g) (p<۰/۰۵).



نمودار ۴ مقادیر باکتری اسید لاکتیک در تیمارهای مختلف طی مدت زمان نگهداری (پلی لاکتیک اسید (PLA)، G= صمغ کتیرا، E= اسانس)

بحث و نتیجه‌گیری

با افزودن صمغ کتیرا به فیلم PLA، مقادیر خاصیت ضد میکروبی فیلم علیه تمامی باکتری‌ها افزایش یافت. علت این امر خاصیت ضد میکروبی صمغ کتیرا می‌باشد، فعالیت ضد میکروبی صمغ کتیرا علیه برخی باکتری های گرم منفی و گرم مثبت و کپک ها و مخمرها گزارش شده است (Ghayempour *et al.*, 2015; Singh *et al.*, 2015; Emamifar *et al.*, 2017). در مطالعه‌ای اعلام شد که برهم‌کنش بین گروهای آمینی صمغ کتیرا و دیواره سلولی باکتری گرم منفی و همچنین اتصال گروه‌های کربوکسیلات صمغ کتیرا با سلول گرم مثبت باکتری و دیواره سلولی قارچ از مهم‌ترین دلایل فعالیت ضد میکروبی این صمغ است (Emamifar *et al.*, 2017). با توجه به نتایج افزودن اسانس به فیلم سبب افزایش فعالیت ضد میکروبی فیلم‌ها شد و با افزایش غلظت نتایج بهتری مشاهده شد مسئول خواص ضد باکتریایی اسانس‌های گیاهی ترکیبات فنلی هستند. این ترکیبات، میکروارگانیسم‌ها را از طریق تخریب دیواره‌های سلولی و پروتئین‌ها، تداخل در عملکرد غشاء و آنزیم‌ها و تأثیر بر تکثیر DNA و RNAاز بین می‌برند (Eslamiain *et al.*, 2021; Foroughi *et al.*, 2017).

همچنین فعالیت ضد میکروبی علیه باکتری‌های گرم مثبت نظیر *استافیلوکوکوس اورئوس* و *باسیلوس سرئوس* بالاتر از باکتری‌های گرم منفی نظیر *اشریشیاکلی* و *سودوموناس آئروژینوزا* بود. فیلم‌های مرکب به همراه اسانس با غلظت ۱و ۱/۵درصد توانست

به طور موثری رشد تمامی باکتری‌ها را مهار نماید باکتری‌های گرم مثبت نسبت به باکتری‌های گرم منفی، حساسیت بیشتری به خواص ضد باکتریایی اسانسی گیاهی دارند. به نظر می‌رسد که باکتری‌های گرم منفی به دلیل وجود یک لایه خارجی در اطراف دیواره سلولی خود (پرده بیرونی) که به عنوان یک سد نفوذپذیر عمل می‌کند، دسترسی ترکیبات آبگریز را محدود می نمایند. همچنین به‌نظر می‌رسد که وزن مولکولی اسانس‌های گیاهی آن‌ها اجازه می دهد تا آن‌ها به غشای داخلی باکتری‌های گرم منفی نیز نفوذ نمایند (Muñoz-Tebar *et al*., 2023).

بر اساس استانداردهای موجود حداکثر مقادیر کلی باکتری و باکتری سرمادوست قابل قبول برای گوشت تازه ۷ log CFU/g است (ICMSF, 2005). نتایج مربوط به این دو باکتری باهم هم خوانی داشت. بار میکربی کل و باکتری سرمادوست در تمامی تیمارها با گذشت زمان افزایش یافت. البته شیب افزایشی در نمونه شاهد بیش از سایر نمونه‌ها بود. با توجه به استاندارد ارائه شده بار میکربی و سرمادوست نمونه کنترل از روز هشتم به بعد و نمونه‌های پوشش دهی شده توسط PLA و PLA+ صمغ از روز دوازدهم بیش از حد مجاز بود ولی نمونه های پوشش دهی شده توسط PLA+ صمغ همراه با ۱ و ۱/۵ درصد اسانس قیچ کاشانی تا انتهای دوره نگهداری نیز کمتر از حد مجاز بود. با مقایسه نتایج به دست آمده مشخص گردید که پوشش دهی توسط PLA+ صمغ همراه با اسانس تا حدودی مانع از رشد بار میکربی کل نسبت به نمونه کنترل می‌شود. از آن جایی که فیلمPLA + صمغ جاذب الرطوبه است با کاهش فعالیت آبی به طور معنی داری امکان رشد را از میکرب‌ها می‌گیرد و همچنین نقش ممانعت کنندگی پوشش خوراکی در برابر اکسیژن می‌دانند کاهش تبادل اکسیژن موجب کنترل رشد بار میکربی به خصوص باکتری‌های سرمادوست و قارچ‌ها می‌شود در مورد اثر بخشی بیشتر فیلم حاوی اسانس بر فلور میکروبی گوشت نیز باید گفت دلیل این امر به خاصیت ضد میکروبی اسانس‌ها و آزادی تدریجی آنها از فیلم طی زمان نگهداری گوشت در یخچال می‌شود (Eslamian *et al*., 2021; Alizadeh Behbahani *et al*., 2017). علاوه بر این اسانس‌های گیاهی به علت دارا بودن ترکیبات فنلی دارای خاصیت ضد میکروبی می‌باشند. این ترکیبات می‌توانند مکانیسم‌های تنفسی سلولی باکتری‌ها را از بین ببرد و سیستم انتقال یون‌ها را تخریب نموده و در نتیجه منجر به مرگ سلولی شود (Sayadi *et al*., 2022). پژوهش‌های انجام شده توسط سایر محققین نیز با این نتایج هم‌خوانی داشت، از جمله می‌توان به نتایج تحقیق‌های صورت گرفته در ارتباط با فیلم PLA– نانوکیتوزان به همراه اسانس کاکوتی بر مقادیر کلی باکتری و باکتری سرمادوست فیله قزل آلای رنگین کمان (Shakour *et al*., 2021)، تاثیر فیلم پلی لاکتیک اسید به همراه نانو ذرات زینک اکسید به همراه اسانس *Zataria multiflora* بر مقادیر کلی باکتری فیله ماهی *Otolithes ruber* (Heydari-Majd *et al*., 2019) و اثر افزودن فیلم پلی‌لاکتیک اسید به همراه غلظت‌های مختلف اسانس کاکوتی بر مقادیر کلی باکتری و باکتری سرمادوست گوشت چرخ کرده (Shavisi *et al*., 2017) اشاره کرد.

متداولترین آلوده‌کننده‌های گوشت و محصولات گوشتی باکتری‌های انتروباکتریاسه هستند که در نتیجه‌ی

فعالیت آن‌ها، آمین‌های بیوژنیک تولید می‌شود، که تشکیل این محصولات باعث بروز مسمومیتهای غذایی و کاهش کیفیت محصول می‌گردد (Zarandi *et al.*, 2022). میزان اولیه باکتری‌های انتروباکتریاسه گوشت شتر مرغ ۱/۰۱-۱/۰۵log CFU/g بود و تیمارهای مختلف در ابتدای دوره نگهداری اختلاف معنی داری نسبت به‌هم نداشتند. باکتری‌های انتروباکتریاسه در تمامی تیمارها با گذشت زمان افزایش یافت. البته شیب افزایشی در نمونه شاهد بیش از سایر نمونه‌ها بود.در پایان دوره نگهداری روز ۱۶ در تیمار شاهد برابر با ۶/۰۵ log CFU/g و در نمونه گوشت پوشش‌دهی شده با فیلم PLA و فیلم PLA+ صمغ به ترتیب معادل با ۵/۷۸ و ۵/۰۶ log CFU/g بود و مقادیر این باکتری در نمونه‌های پوششی حاوی اسانس کمتر بود و کمترین مقادیر در تیمار فیلم PLA+ صمغ+ اسانس ۱/۵درصد مشاهده شد و در روز ۱۶ برابر با ۳/۲۸ log CFU/g بود. عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی فعالیت غشای سیتوپلاسمی، جریان الکترونی نیروی محرک پروتون و انتقال فعال را مختل می‌کنند و منجر به انعقاد محتوای سلول های باکتریایی و در نتیجه مرگ می‌شوند (Aghababaei *et al.*, 2022). نتایج مشابهی در ارتباط با استفاده از کیتوزان، صمغ باریجه و اسانس زیره سبز بر مقادیر باکتری‌های انتروباکتریاسه فیله مرغ (Aghababaei *et al.*, 2022)، استفاده از آلژینات، صمغ باریجه و عصاره گزنه بر مقادیر باکتری‌های انتروباکتریاسه فیله ماهی قزل الای رنگین کمان (Zarandi *et al.*, 2022) و استفاده از پوشش خوراکی کیتوزان-ژلاتین با عصاره زرگیل بر مقادیر باکتری انتروباکتریاسه میگو ببر سیاه گزارش شد (Nagarajan *et al.*, 2021)، به طوری‌که استفاده از پوشش‌های مذکور سبب کند شدن روند افزایشی باکتری انتروباکتریاسه شد.

باکتری‌های اسیدلاکتیک، باکتری‌های بی‌هوازی اختیاری هستند و به عنوان بخشی از فلور میکروبی گوشت شناخته می‌شوند که می‌توانند در شرایط بی هوازی و هوازی رشد کند، به عنوان باکتری بی هوازی اختیاری نام‌گذاری شده است. میزان اولیه باکتری‌های اسیدلاکتیک گوشت شتر مرغ ۱/۷۹-۱/۸۲ log CFU/gبود و تیمارهای مختلف در ابتدای دوره نگهداری اختلاف معنی داری نسبت به‌هم نداشتند. باکتری‌های اسید لاکتیک در تمامی تیمارها با گذشت زمان افزایش یافت. البته شیب افزایشی در نمونه شاهد بیش از سایر نمونه‌ها بود.در پایان دوره نگهداری روز ۱۶ در تیمار شاهد برابر با ۶/۰۵ log CFU/g بود و مقادیر این باکتری در نمونه‌های پوششی حاوی اسانس کمتر از سایر تیمارها بود و کمترین مقادیر در تیمار فیلم PLA+ صمغ+ اسانس ۱/۵درصد مشاهده شد و در روز ۱۶ برابر با ۳/۴۵ log CFU/g بود. آزادسازی تدریجی اسانس از فیلم طی زمان نگهداری گوشت شترمرغ در یخچال عامل اثربخشی ضدمیکروبی فیلم حاوی مواد فعال در مقایسه با فیلم بدون ترکیبات بازدارنده است (Pirnia *et al.*, 2020). با توجه به قابلیت رشد باکتری‌های اسیدلاکتیک در pHهای نسبتا پایین و مقاوم‌تر بودن آن‌ها نسبت به اسیدهای آلی، لذا استفاده همزمان از اسانس قیچ کاشانی و صمغ کتیرا به عنوان یک ترکیب ضدمیکروبی می‌تواند تا حد زیادی مانع از رشد افزایشی این باکتری‌ها گردد. عنوان شده است که دلیل مقاوم بودن این باکتری‌ها وجود مقادیر بالای

پتاسیم درون سلولی در باکتری‌های گرم مثبت است که در مقابل آنیون‌های اسیدها فعالیت تقابلی دارند. شاید بتوان ویژگی ضد باکتریایی اسانس قیچ کاشانی و صمغ کتیرا را به کاهش pH مربوط دانست این کاهش pH ممکن است سبب افزایش نسبت مولکول‌های بدون بار شده و در نتیجه امکان تماس اسید با دیواره سلولی باکتری را فراهم می‌کند (Giroux *et al.*,2001; Pirnia *et al.*, 2020). پژوهش‌های انجام شده توسط سایر محققین نیز با این نتایج هم‌خوانی داشت، از جمله می‌توان به نتایج تحقیق‌های صورت گرفته در ارتباط با استفاده از کیتوزان، صمغ باریجه و اسانس زیره سبز بر مقادیر باکتری‌های اسید لاکتیک فیله مرغ (Aghababaei *et al.*, 2022)، استفاده از آلژینات، صمغ باریجه و عصاره گزنه بر مقادیر باکتری‌های اسید لاکتیک فیله ماهی قزل الای رنگین کمان (Zarandi *et al.*, 2022) و استفاده از اسانس زوفا در فیلم خوراکی دولایه ژلاتین/ صمغ کندر سبب کند شدن بر مقادیر باکتری‌های اسید لاکتیک گوشت شتر مرغ گزارش شد (Pirnia *et al.*, 2020)، به طوری‌که استفاده از پوشش‌های مذکور سبب کند شدن روند افزایشی باکتری اسیدلاکتیک شد.

در مجموع با توجه به نتایج حاصل از تحقیق، فیلم خوراکی PLA+ صمغ کتیرای ایرانی غنی شده با اسانس قیچ کاشانی پتانسیل بسیار بالایی در جهت کنترل فساد میکروبی و افزایش ایمنی گوشت شترمرغ دارد. در بین فیلم‌های حاوی ۰/۵، ۱ و ۱/۵درصد اسانس، فیلم حاوی ۱/۵درصد اسانس بهترین اثرات در رابطه با فاکتورهای میکروبی اندازه‌گیری شده را داشت. در مجموع می‌توان گفت فیلم ضدمیکروبی حاوی اسانس قیچ کاشانی، پتانسیل خوبی در کاهش بار میکروبی گوشت داشت. با توجه به گرایش روز افزون به ترکیبات طبیعی کاربرد این نوع فیلم‌ها همراه با اسانس‌های گیاهی در صنایع گوشتی میتواند گسترش یابد.

تعارض منافع

نویسندگان تعارض منافعی برای اعلام ندارند.

منابع

- Abbasi, E., Sarteshnizi, R.A., Gavlighi, H.A., Nikoo, M., Azizi, M.H. and Sadeghinejad, N. (2019). Effect of partial replacement of fat with added water and tragacanth gum (*Astragalus gossypinus*) and Astragalus compactus) on the physicochemical, texture, oxidative stability, and sensory property of reduced fat emulsion type sausage. Meat Science, 147: 135- 143.
- Abdulkhani, A., Hosseinzadeh, J., Ashori, A. and Esmaeeli, H. (2017). Evaluation of the antibacterial activity of cellulose nanofibers/polylactic acid composites coated with ethanolic extract of propolis. Polymer Composites, 38 (1): 13-19.
- Aghababaei, L., Hasani, M. and Shotorbani, P.M. (2022). Antioxidant and antimicrobial characteristics of chitosan and galbanum gum composite coating incorporated with cumin essential oil on the shelf life of chicken fillets. Journal of Food Measurement and Characterization, 16: 1820–1833.

- Akram, M. B, Hassan, S. A, Khalid, S., Khan, M. I. and Sheheryar, M. (2019). Updated Review: Quality Parameters and Nutritional Values of Ostrich Meat. SSR Inst. International Journal of Life Sciences, 5(1): 2126-2129.
- Alizadeh Behbahani, B., Tabatabaei Yazdi, F., Shahidi, F., Hesarinejad, M. A, Mortazavi, S.A and Mohebbi M. (2017). Plantago major seed mucilage: Optimization of extraction and some physicochemical and rheological aspects. Carbohydrate Polymers, 155(2): 68-77.
- Bagheri, R., Izadi Amoli, R., Tabari Shahndash, N. and Shahosseini, S. R. (2016). Comparing the effect of encapsulated and unencapsulated fennel extracts on the shelf life of minced common kilka (*Clupeonella cultriventris caspia*) and Pseudomonas aeruginosa inoculated in the mince. Food science and Nutrition, 4(2): 216–222.
- Batooli, H., Jamzad, Z. and Jalili A. (2020). The conservation status of Zygophyllum eichwaldii C. A. Meyer, an endemic medicinal and rare species from Iran. Iranian Medicinal plants Technology, 02 (02): 36-51.
- Capita, R. T. and Carlos, A. C. (2018). Effect of several packaging conditions on the microbiological, physicochemical and sensory properties of ostrich steaks during refrigerated storage. Food Microbiology, 72(1): 146-56.
- Davidson, P. M. (2001). Chemical preservatives and naturally antimicrobial compounds, in: L.R. Beuchat, T.J. Montville, M.P Doyle (Eds.), Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers. ASM Press, Washington DC, 593-628.
- Emamifar, A. and Bavaisi, S. (2017). Effect of mixed edible coatings containing gum tragacanth and Aloe vera on postharvest quality of strawberries during storage. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 13(3): 39-54.
- Eslamian Amiri, M., Ahmady, M., Ariaii, P., Golestan, L. and Ghorbani-HasanSaraei, A. G. (2021). Use composite coating of chitosan-chia seed gum enriched with microliposomes of Bay laurel essential oil to increase the shelf life of quail fillets. Food Science & Nutrition, 9: 6524–6537.
- Foroughi, A., Pournaghi, P., Tahvilian, R., Zangeneh, M.M., Zangeneh, A. and Moradi, R. (2016). Ethnomedicinal Plants: Study on the Chemical Composition and Antibacterial Activity of the Nigella sativa (Black Seed) Oil's. International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, 8(11): 1528-1532.
- Ghayempour, S., Montazer, M. and Mahmoudi Rad, M. (2015). Tragacanth Gum as a Natural Polymeric Wall for Producing Antimicrobial Nanocapsules Loaded With Plant Extract. International Journal of Biological Macromolecules, 81: 514-520.
- Giroux, M., Ouattara, B., Yefsah, R., Smoragiewicz, W., Saucier, L. and Lacroix, M. (2001). Combined effect of ascorbic acid and gamma irradiation on microbial and sensorial characteristics of beef patties during refrigerated storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 919-25.
- Heydari-Majd, M., Ghanbarzadeh, B., Shahidi-Noghabi, M., Najafi, M. A. and Mohammadyar. H. (2019). A new active nanocomposite film based on PLA/ZnO nanoparticle/essential oils for the preservation of refrigerated Otolithes ruber fillets. Food Packaging and Shelf Life, 19. 94–103.
- Horbańczuk, O.K., Jóźwik, A., Wyrwisz, J., Marchewka, J. and Wierzbicka, A. (2021). Physical Characteristics and Microbial Quality of Ostrich Meat in Relation to the Type of Packaging and Refrigerator Storage Time. Molecules, 26: 34-45.
- Javadian, S. R., Shahoseini, S. R. and Ariaii, P. (2016). The effects of liposomal encapsulated thyme extract on the quality of fish mince and Escherichia coli O157: H7 inhibition during refrigerated storage. Journal of Aquatic Food Product Technology, 26 (1): 115-123.
- Juszczuk-Kubiak, E., Dekowska, A., Sokołowska, B., Połaska, M. and Lendzion K. (2021). Evaluation of the Spoilage-Related Bacterial Profiles of Vacuum-Packaged Chilled Ostrich Meat by Next-Generation DNA Sequencing Approach. Processes, 9(5): 803.
- Khanjani, M., Ariaii, P., Najafian, L. (2023). Investigating the effect of polylactic acid-nanocellulose composite film along with *Lactobacillus casei* on the quality and shelf life of beluga sturgeon (*Huso huso*) fillet. Journal of Food Measurement and Characterization, 17: 4161–4174.

- Khodayari, M., Basti, A. A., Khanjari, A., Misaghi, A., Kamkar, A., Shotorbani, P. M., &Hamedi, H. (2019). Effect of poly(lactic acid) films incorporated with different concentrations of Tanacetum balsamita essential oil, propolis ethanolic extract and cellulose nanocrystals on shelf-life extension of vacuum-packed cooked sausages. Food Packaging and Shelf Life. 19: 200- 209.
- Mazoochi, A., Pourmousavi, S. A. and Bamoniri, A. (2021). Essential oil analysis and biological activities of the aerial parts of Zygophyllum eichwaldii C. A. Mey., a native plant from Iran. Journal of Medicinal Plants, 20 (79): 85-98.
- Muñoz-Tebar, N., Pérez-Álvarez, J.A., Fernández-López, J. and Viuda-Martos, M. (2023). Chitosan Edible Films and Coatings with Added Bioactive Compounds: Antibacterial and Antioxidant Properties and Their Application to Food Products: A Review. Polymers, 15: 396.
- Nagarajan, M., Rajasekaran, B., Benjakul, S. and Venkatachalam, K. 2021. Influence of CH-gelatin edible coating incorporated with longkong pericarp extract on refrigerated black tiger Shrimp (*Penaeus monodon*), Current Research in Food Science, 4: 345-353.
- Pirnia, M., Tabatabaei yazdi, F., Mortazavi, S. A. and Mohebi. M. (2020). Survey of antimicrobial gelatin-frankincense (Boswellia carteri) bilayer edible film incorporated with ascorbic acid and Hyssopus officinalis essential oil on ostrich fillets shelf life at refrigerator temperature. Journal of food science and technology17 (100): 43-56. (In Persian).
- Rezaeigolestani, M., Misaghi, A., Khanjari, A., Basti, A. A., Abdulkhani, A. and Fayazfar, S. (2017). Antimicrobial evaluation of novel poly-lactic acid-based nanocomposites incorporated with bioactive compounds in-vitro and in refrigerated vacuum-packed cooked sausages. International Journal of Food Microbiology, 260: 1-10.
- Seydim, A. C., Acton, J. C., Hall, M. A., and Dawson, P. L. (2006). Effects of packaging atmospheres on shelf lifequality of ground ostrich meat. Meat Science, 73(3): 503-510.
- Singh, B. R., Dubey, S. and Siddiqui, M. Z. (2015). Antimicrobial Activity of Natural Edible Gums. World Journal of Pharmaceutical Sciences, 3(11): 2217-2221.
- Sayadi, M., Mojaddar Langroodi, A., Amiri, S. and Radi, M. (2022). Effect of nanocomposite alginate-based film incorporated with cumin essential oil and TiO2 nanoparticles on chemical, microbial, and sensory properties of fresh meat/beef. Food Science & Nutrition, 10: 1401‑1413.
- Shavisi, N., Khanjari, A., Basti, A.A., misaghi, A. and Shahbazi, Y., (2017). Effect of PLA films containing propolis ethanolic extract, cellulose nanoparticle and *Ziziphora clinopodioides* essential oil on chemical, microbial and sensory properties of minced beef. Meat Science, 124: 95-104.
- Shahhoseini, S. R., Safari, R. and Javadian, S. R. (2021). Evaluation antioxidant effects of Pullulan edible coating with watercress extract (*Nasturtiumn officinale*) on the chemical corruption of fresh beluga sturgeon fillet during storage in a refrigerator. Iranian Scientific Fisheries Journal, 30 (2):133-146. (In Persian).
- Shakour, N., Khoshkhoo, Z., Akhondzadeh Basti, A., Khanjari, A. and Mahasti Shotorbani P. (2021). Investigating the properties of PLA-nanochitosan composite films containing *Ziziphora Clinopodioides* essential oil and their impacts on oxidative spoilage of *Oncorhynchus mykiss* fillets. Food Science and Nutrition, 00:1–13.
- Valipour F, Ariaii P, Khademi D, N. M. (2017). Effect of chitosan edible coating enriched with eucalyptus essential oil and α-tocopherol on silver carp fillets quality during refrigerated storage. Journal of Food Safety, 37(1). e12295.
- Zarandi, M., Hasani, M. and Shotorbani, P.M (2022). Assessing edible composite coating of sodium alginate–galbanum gum impregnated with nettle extract on improving the shelf life of rainbow trout fillet. Journal of Food Measurement and Characterization, 16: 2556–2570.