



Monitoring of Chemical and Microbial Indicators of Chicken Meat with Alginate and Eryngium Caucasicum Extract-Based Active Packaging

Fahimeh Moghimnejad , Dariush Khademi Shurmasti*

* Associate Professor, Department of Agriculture, Savadkouh Branch, Islamic Azad University, Savadkouh, Iran

(Received: 15/08/2024, Revised: 16/11/2024, Accepted: 06/01/2025, Published: 15/03/2025)

DOR: 20.1001.1.22286675.1403.15.60.1.6

ABSTRACT

This study investigated the effectiveness of alginate biopolymer containing Eryngium caucasicum extract as a potential anti-oxidant and antimicrobial active packaging on chicken meat's quality characteristics and shelf life during storage (4 °C). The treatments included uncoated fillets (distilled water as a control), coated with E. caucasicum extract in two concentrations of 0.75% and 1.5%, and coated with active alginate packaging containing two concentrations of the extract, a total of five treatments. Microbial and chemical parameters were evaluated at days of 0, 3, 6 and 12 intervals. The results indicated that E. caucasicum extract had concentration-dependent antimicrobial and especially antioxidant properties. As well as the effectiveness of the extract in alginate-extract packaging form was maintained during storage. At the end of the storage period, the lowest means of mesophilic bacteria (5.20 log CFU/g), total volatile nitrogen (17.35 mg/100g), peroxide value (2.25 meq/kg) and thiobarbituric acid index (0.59 mg MDA/kg) were seen in the fillets coated with active packaging of alginate-extract 1.5% ($P < 0.05$). Also, this group's mean value of pH (6.65) and water holding capacity (54.00%) were higher than other fillets. In general, it can be said that the alginate-based active packaging was able to maintain its effectiveness during storage through the slow and continuous release of E. caucasicum extract, thus, as active packaging, can elongate the shelf life of refrigerated storage chicken fillets for at least 3 days.

Keywords: Alginate, Active Packaging, Bio-Polymer, Eryngium Caucasicum Extract, Chicken Meat

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

Publisher: Imam Hussein University

Authors



* Corresponding Author Email: dkhademi@gmail.com

پایش نشانگرهای میکروبی و شیمیایی گوشت مرغ با بسته‌بندی فعال بر پایه آلزینات و عصاره زولنگ (*Eryngium Caucasianum*)

فهیمة مقیم نژاد^۱، داریوش خادمی شورمستی^{۲*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه کشاورزی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران، ۲- دانشیار، گروه کشاورزی، واحد سوادکوه،

دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

DOR: 20.1001.1.22286675.1403.15.60.1.6

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۲۶

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی کارایی پلیمر زیستی آلزینات حاوی عصاره زولنگ به‌عنوان یک بسته‌بندی فعال ضد اکسیدانی و ضد میکروبی بالقوه بر ویژگی‌های کیفی و ماندگاری گوشت مرغ در طول دوره ۱۲ روزه نگهداری (۴ درجه سلسیوس) اجرا شد. تیمارها شامل فیلدهای فاقد پوشش (آب مقطر به‌عنوان شاهد)، دارای پوشش عصاره زولنگ در دو غلظت ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد، حاوی بسته‌بندی فعال آلزینات در دو غلظت عصاره، در مجموع پنج تیمار بودند. نشانگرها و شاخص‌های میکروبی و شیمیایی در روزهای صفر، ۳، ۶ و ۱۲ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد عصاره زولنگ دارای خواص ضد میکروبی و به‌خصوص ضد اکسیدانی وابسته به غلظت بود. اثربخشی عصاره به‌صورت بسته‌بندی آلزینات-عصاره طی مدت نگهداری حفظ شد. کمترین تعداد باکتری‌های مزوفیل ($5/20 \log \text{CFU/g}$)، ترکیبات ازته فرار ($17/35 \text{ mg/100g}$)، عدد پراکسید ($2/25 \text{ meq/kg}$) و اندیس اسید تیوباربیتوریک ($0/59 \text{ mg MDA/kg}$) در پایان دوره نگهداری در فیلدهای دارای بسته‌بندی فعال آلزینات-عصاره ۱/۵ درصد زولنگ دیده شد ($p < 0/05$). همچنین میانگین pH ($6/65$) و ظرفیت نگهداری آب ($54/00$ درصد) در این گروه از فیلدها نسبت به سایر فیلدها بالاتر بود. در مجموع بسته‌بندی فعال بر پایه آلزینات توانست از طریق رهایش آهسته و پیوسته عصاره زولنگ، اثر بخشی آن را طی دوره نگهداری حفظ نماید و به‌عنوان یک بسته‌بندی فعال موجب افزایش ماندگاری فیله مرغ در دمای یخچال حداقل به مدت ۳ روز شود.

کلیدواژه‌ها: آلزینات، بسته‌بندی فعال، زیست‌پلیمر، عصاره زولنگ (*Eryngium Caucasianum*)، گوشت مرغ

۱- مقدمه

میلی‌متر) از مواد هستند که بدون واسطه و مستقیماً برای پوشاندن سطح محصولات غذایی بکار برده می‌شوند. بدین ترتیب می‌توان از آنها برای کند کردن مهاجرت رطوبت، گاز، املاح و روغن، بهبود یکپارچگی ساختاری، حفظ ترکیبات طعمی فرار، انتقال مواد افزودنی غذایی استفاده کرد. بنابراین، ارزیابی عملکرد بسته‌بندی زیستی در حفظ کیفیت مواد غذایی در طول ذخیره‌سازی، به‌ویژه محصولاتی که به‌راحتی فاسد می‌شوند، یک چالش مهم محسوب می‌شود [۱، ۴]. پایش حفظ کیفیت و ظاهر مواد غذایی فاسدشدنی مانند فرآورده‌های دامی (گوشت، تخم‌مرغ، فرآورده‌های لبنی) در هنگام توزیع و فروش آن ضروری است [۵].

عوامل متعددی مانند وجود اکسیژن، دمای ذخیره‌سازی، آنزیم‌های درون‌زاد، قرار گرفتن در معرض نور و میکروارگانیسم‌ها بر ماندگاری گوشت تأثیر می‌گذارند که منجر به کاهش کیفیت و

افزایش آگاهی عمومی از مسائل محیط زیستی مرتبط با استفاده از بسته‌بندی‌های مصنوعی و غیر قابل تجزیه منجر به افزایش علاقه به بسته‌بندی زیستی بر پایه پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر و طبیعی شده است. این نوع بسته‌بندی مواد غذایی که غالباً به‌صورت فیلم و پوشش خوراکی مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌تواند مشکلات دفع بسته‌بندی‌های پلاستیکی را حل کند. در عین حال، با فرآوری مناسب می‌تواند کمپوست با کیفیتی را برای بازگرداندن تغذیه خاک تولید کند [۱-۳]. پوشش‌های خوراکی لایه نازکی (کمتر از ۰/۳

* رایانامه نویسنده مسئول: dkhademi@gmail.com

پایش نشانگرهای فساد شیمیایی (عدد پراکسید، اندیس اسید تیوباریتوریک، ترکیبات ازته فرار) و فساد میکروبی (باکتری‌های مزوفیل) گوشت مرغ بسته‌بندی شده اجرا شد.

۲- روش تحقیق

۲-۱- آماده‌سازی محلول بسته‌بندی فعال

ابتدا گیاه زولنگ قبل از مرحله گلدهی از حواشی مناطق جنگلی استان مازندران (بابل) در اوایل فصل بهار جمع‌آوری شد و توسط کارشناسان مرکز تحقیقات کشاورزی استان شناسایی و تأیید شد. بخش هوایی پس از جداسازی ناخالصی و شستشو با آب معمولی در آون با دمای ۴۰ درجه سلسیوس خشک و توسط آسیاب برقی خانگی (مولینکس، فرانسه) به ذرات ریز تبدیل شد. جهت عصاره‌گیری ۲۰۰ گرم از گیاه پودر شده پس از ۳۰ دقیقه ترکیب با کلروفرم و کلروفل‌زدایی، به‌میزان ۴ برابر وزن آن با اتانول ۸۰ درصد مخلوط و در انکوباتور شیکردار (ژال تجهیز، ایران) با دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفت. پس از ۲۴ ساعت عصاره‌ها با کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف شدند. حلال توسط تبخیر کننده چرخشی تحت خلاء (IKA، آلمان) در دمای ۴۰ درجه سلسیوس تبخیر شد. این عمل تا به‌دست آمدن مقدار کافی عصاره تکرار گردید. عصاره تغلیظ شده در آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس قرار گرفت سپس پودر حاصل در قوطی‌های پلی‌اتیلن تیره تا زمان استفاده در یخچال نگهداری شد [۱۳].

محلول ۳ درصد وزنی/حجمی آلزینات با انحلال ۳۰ گرم آلزینات (بهین آزما، ایران) در یک لیتر آب مقطر تهیه و توسط هموژنایزر (مدل D500، چین) در دمای ۶۰ - ۵۰ درجه سلسیوس همگن شد. سپس به‌میزان ۳۰ درصد وزن آلزینات (۹ گرم در لیتر)، گلیسرول اضافه شد. مطابق تیمارها غلظت‌های ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد عصاره به محلول اضافه شد و به‌مدت ۲ دقیقه عمل هم‌زدن به‌کمک دستگاه هموژنایزر با ۹۰۰۰ دور در دقیقه صورت گرفت تا عصاره‌ها به‌طور یکنواخت در ماتریس پوشش پخش شوند. هم‌زمان محلول ۲ درصد کلرید کلسیم هم تهیه شد [۱۵].

۲-۲- بسته‌بندی فیله‌ها و تیمارهای آزمایشی

فیله‌های مرغ از یک کشتارگاه معتبر به تاریخ روز خریداری و با رعایت زنجیره سرد و شرایط کاملاً بهداشتی طی یک ساعت به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه ابتدا فیله در قطعات 2 ± 60 گرم آماده شده و با آب معمولی شسته و آب‌کشی شدند و بر اساس تیمارهای آزمایشی به ۵ گروه مساوی (هر گروه 10 ± 450 گرم) تقسیم شدند. بسته‌بندی به‌صورت پوشش‌دهی فیله‌ها به‌روش

ماندگاری گوشت می‌شود [۱۱]. در سال‌های اخیر، تلاش‌های تحقیقاتی زیادی در توسعه بسته‌بندی فعال صورت گرفته است. این بسته‌بندی‌ها با اجزای فعال مانند ضد میکروبی‌ها، ضد اکسیدان‌ها، جاذب‌های اکسیژن، انتشار دهنده/جاذب دی‌اکسید کربن، تنظیم کننده‌های رطوبت، آزاد کننده‌های طعم و جاذب‌ها می‌توانند فساد میکروبی، آنزیمی و اکسیداتیو را به تأخیر بیندازند یا متوقف کنند [۸-۶].

آلزینات‌ها پلی‌ساکاریدهای خطی، آنیونی محلول در آب هستند که معمولاً توسط جنس‌های مختلف جلبک‌های قهوه‌ای و نیز برخی از باکتری‌ها سنتز می‌شوند. از نقطه نظر ساختاری، آلزینات از واحدهای مونومر بتا دی‌اسید مانورونیک و آلفا دی‌اسید گولورونیک تشکیل شده است. مفیدترین خاصیت آن یعنی تشکیل ژل یا پلیمرهای قوی با حلالیت کم، به‌دلیل توانایی آن در واکنش با کاتیون‌های فلزی چند ظرفیتی، به‌ویژه با یون‌های کلسیم است. پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی بر پایه آلزینات از طریق جلوگیری از انتقال رطوبت، کنترل تنفس، بهبود ظاهر محصول، بهبود خواص مکانیکی و غیره موجب بهبود و یا حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری می‌شوند. افزودن عوامل ضد میکروبی و ضد اکسیدانی به پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی در مقایسه با کاربرد مستقیم آن‌ها در محصولات غذایی به‌دلیل فراهم کردن فرصت آزادسازی تدریجی عوامل و حفظ غلظت بحرانی برای مدت طولانی مفید است [۹].

طیف وسیعی از عوامل ضد میکروبی و ضد اکسیدانی طبیعی مانند اسانس درمنه [۱۰]، عصاره پوست انار [۱۱]، عصاره علف لیمو [۱۲] در فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی بر پایه آلزینات در بسته‌بندی فعال گوشت مرغ بکار رفته است. عامل محدود کننده استفاده از آنها طعم قوی آنها است که از ترکیبات فنولی آنها نشأت می‌گیرد.

زولنگ (*Eryngium caucasicum*) بومی مناطق شمالی ایران متعلق به خانواده چتریان است که کاربردهای مختلفی دارد. مواد مؤثره اسانس و عصاره گونه‌های مختلف جنس *رنجیوم* شامل منوترپن، پلی‌فنول و فلاونوئید، ساپونین‌ها، کومارین‌ها، ترپنوئیدها و استروئیدها می‌باشد. در بررسی بخش غنی از فلاونوئیدی آن با روش‌های مختلف آزمایشگاهی، گزارش شد که این گیاه سطوح مختلفی از فعالیت‌های ضد اکسیداسیونی دارد [۱۳]. مطالعات محدودی در رابطه با ارزیابی خصوصیات ضد اکسیدانی و ضد میکروبی اسانس/عصاره این گیاه در حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری محصولات غذایی انجام شده است. در بررسی تأثیر عصاره زولنگ در ترکیب با صمغ‌های گوار و زانتان به‌صورت بسته‌بندی فعال فیله مرغ نشان داده شد که کارایی عصاره تحت تأثیر نوع صمغ قرار گرفت و در گوار بهتر از زانتان بود [۱۴]. لذا این تحقیق به‌منظور بررسی بسته‌بندی فعال بر پایه آلزینات غنی‌شده با عصاره زولنگ بر خصوصیات کیفی و ماندگاری فیله مرغ از طریق

توسط همزن برقی بطور کامل هموژن گردید و سپس توسط pH متر دیجیتالی، اندازه‌گیری شد [۱۹].

۴-۲- تجزیه و تحلیل آماری

تیمارهای آزمایشی شامل فیله‌های فاقد پوشش (شاهد)، دارای پوشش عصاره الکلی زولنگ در غلظت‌های ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد و فیله‌های دارای پوشش فعال آلزینات - عصاره ۳ تکرار در هر تیمار، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS^۲ (بسته آماری برای علوم اجتماعی) نسخه ۲۰ به روش آنالیز واریانس دو طرفه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد مقایسه شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- باکتری‌های مزوفیل

آلودگی فرآورده‌های گوشتی معمولاً از سطح بیرونی به دلیل بار میکروبی ناشی از فرآوری و جابجایی نادرست مواد اولیه و بسته‌بندی شروع می‌شود. فیلم‌های ضد میکروبی می‌توانند از آلودگی گوشت و فرآورده‌های گوشتی طی نگهداری سرد جلوگیری کنند، ضمن اینکه می‌توانند برای مهار میکروارگانیسم‌های روی سطح محصولات تازه فرآوری‌شده نیز استفاده شوند، بنابراین از آلودگی متقاطع جلوگیری کرده و موجب افزایش ماندگاری می‌شوند. رهاسازی طولانی مدت و تدریجی مواد ضد میکروبی از ساختار لفاف‌های خوراکی مورد استفاده برای بسته‌بندی گوشت و محصولات گوشتی راه حل بسیار مفیدتری نسبت به ترکیب آنها در محصول است [۲۰]. بدین ترتیب همان‌طور که در شکل (۱) نشان داده شد روند افزایشی میانگین تعداد باکتری‌های مزوفیل طی دوره نگهداری در فیله‌های دارای بسته‌بندی فعال کند تر بود ($p < 0.05$). به عبارتی اثر بخشی خاصیت ضد باکتریایی عصاره ناشی از وجود ترکیبات فنولی در ماتریس آلزینات تا پایان دوره حفظ شد. در حالی‌که میانگین تعداد باکتری‌های مزوفیل در شروع آزمایش در محدوده تقریبی $2/3 \log \text{CFU/g}$ بودند، در پایان روز دوازدهم نگهداری، همه فیله‌های تیمار شده دارای بار میکروبی کمتری از فیله‌های شاهد بودند و کمترین مقدار در فیله‌های با بسته‌بندی فعال حاوی غلظت‌های ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد عصاره (به ترتیب $5/85 \log \text{CFU/g}$ و $5/2$) دیده شد ($p < 0.05$).

با توجه به اینکه حد مجاز شمارش باکتری در سطح گوشت مرغ $7 \log \text{CFU/g}$ تعیین شده است [۲۱]، در پایان روز نهم نگهداری فیله‌های فاقد پوشش دارای بار میکروبی فراتر از حد مجاز بودند

غوطه‌وری انجام شد. بدین‌منظور فیله‌ها به مدت ۱ دقیقه در محلول‌های مختلف (آب مقطر (شاهد)، محلول‌های ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد عصاره به‌تنهایی و در ترکیب با آلزینات) غوطه‌ور شده و این عمل ۲ بار با فاصله زمانی ۲ دقیقه تکرار شد. نمونه‌های شاهد در آب مقطر غوطه‌ور شد. سپس نمونه‌ها از محلول خارج و پس از فرآیند آب‌چک، جهت خشک‌شدن پوشش، تحت جریان ملایم هوا روی صفحات مشبک استریل و زیر هود قرار داده شدند. به‌منظور القای پیوندهای متقاطع در پوشش، هم‌زمان نمونه‌ها به مدت ۳۰ ثانیه در محلول ۲ درصد کلراید کلسیم غوطه‌ور شدند. نمونه‌های خشک‌شده بر اساس تیمارهای آزمایشی در کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار قرار گرفت و به یخچال منتقل شدند. در فواصل زمانی ۳ روزه طی ۱۲ روز از آنها نمونه‌برداری شد [۱۵].

۳-۲- اندازه‌گیری نشانگرهای میکروبی و شیمیایی

جهت آزمایش‌های میکروبی مقدار ۱۰ گرم نمونه از فیله مرغ در ۹۰ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی مخلوط و هموژن گردید. سپس رقت‌های مورد نیاز (رقت‌های سریالی از 10^{-1} تا 10^{-6}) تهیه گردید. شمارش باکتری‌های مزوفیل در محیط پلیت کانت آگار در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت با شمارش کلنی‌های موجود انجام شد و نتایج حاصل بر اساس لگاریتم واحد تشکیل دهنده کلنی بر گرم $(\log \text{CFU/g})$ ^۱ گزارش گردید [۱۶].

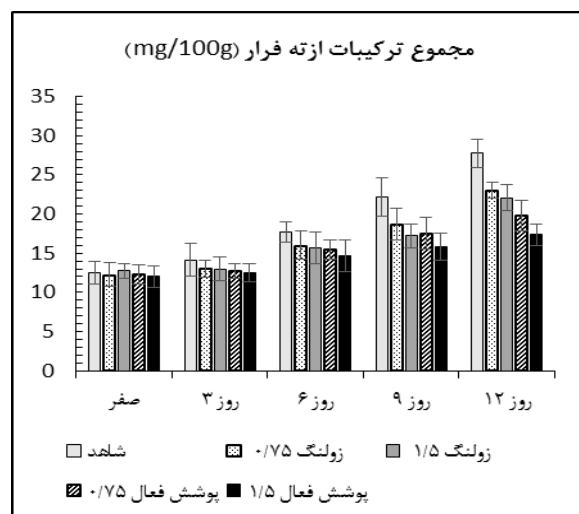
اندازه‌گیری عدد پراکسید در چربی مستخرج از فیله مرغ با عمل تیتراسیون انجام و نتایج بر اساس میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم بافت گوشت گزارش شد. مبنای اندازه‌گیری شاخص اسید تیوباربتوریک جذب رنگ صورتی ایجاد شده در واکنش، با دستگاه اسپکتروفتومتر (UNICO، چین) بود. نتایج بر اساس میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدئید در کیلوگرم بافت گوشت بیان شد [۱۷]. به‌منظور اندازه‌گیری مواد ازته فرار از دستگاه کلدال (۷۴۰-بخشی، ایران) و روش تیتراسیون استفاده گردید. نتایج بر اساس میزان مواد ازته فرار بر حسب میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم فیله محاسبه گردید [۱۶]. ظرفیت نگهداری آب نیز بر مبنای اختلاف وزن نمونه‌ها قبل و بعد از سانتریفیوژ (JTLIANGYOU، چین) نسبت به وزن اولیه و بر حسب درصد تعیین شد [۱۸]. جهت اندازه‌گیری pH، مقدار ۵ گرم از فیله مرغ به همراه ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر، در یک بشر ۲۵۰ میلی‌متری

^۱Colony-Forming Unit (CFU)

^۲Sciences Statistical Package for the Social

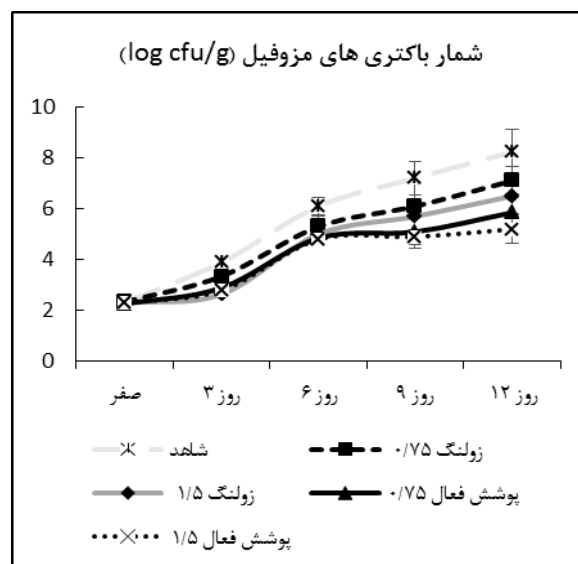
از) ۱۲/۰۰ به ۱۷/۳۵ میلی گرم در صد گرم) بود ($p < 0.05$). گرچه سطوح مختلف عصاره در جلوگیری از روند افزایشی TVN در پایان دوره نگهداری مؤثر بود، اما، تأثیر بسته‌بندی فعال در حفظ اثر بخشی عصاره به‌وضوح مشخص شد. فعالیت آنزیمی باکتری‌های تجزیه‌کننده پروتئین دلیل افزایش تولید ترکیبات فرار بازی می‌باشد. عصاره زولنگ به‌دلیل دارا بودن ترکیبات ضد میکروبی از طریق مهار باکتری‌های عامل فساد، مانع از شکسته‌شدن پروتئین‌ها شده، در نتیجه از آزاد شدن ترکیبات از ته جلوگیری می‌کند [۲۲]. این نتایج با نتایج ارزیابی اثر ضد باکتریایی عصاره (شکل ۱) همخوانی دارد و در تطابق با نتایج تحقیقات مشابه است [۱۴، ۲۴].

بر اساس دستورالعمل دفتر نظارت بهداشتی، ارزیابی و مدیریت خطر گوشت طیور تولید داخل (به شماره ۴۰۰/۰۱) چنانچه میزان مجموع ترکیبات از ته فرار گوشت از ۲۷ میلی گرم در هر صد گرم گوشت فراتر رود، گوشت غیر قابل مصرف و اگر حداکثر ۲۰ میلی گرم در هر صد گرم گوشت باشد مطلوب است. گوشت دارای مواد از ته فرار در محدوده مقادیر ذکر شده، قابل مصرف بوده باید هر چه سریعتر استفاده شوند [۲۵]. بر این اساس، بر خلاف فیله‌های فاقد پوشش (۲۷/۸۰ میلی گرم در صد گرم)، هیچ‌یک از فیله‌های تیمار شده طی مدت نگهداری در محدوده غیر قابل مصرف قرار نگرفتند، با این وجود در پایان دوره نگهداری، فیله‌های حاوی پوشش غلظت ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد عصاره در محدوده‌ای قرار دارند (به ترتیب ۲۳/۰۰ و ۲۲/۱۰ میلی گرم در صد گرم) که باید سریعاً مورد استفاده قرار گیرد، اما استفاده از عصاره به‌صورت بسته‌بندی فعال موجب شد تا فیله‌ها حتی پس از ۱۲ روز نگهداری در یخچال در محدوده مطلوب (کمتر از ۲۰ میلی گرم در هر صد گرم) قرار گیرند.



شکل (۲): تغییرات میانگین مجموع ترکیبات از ته فرار فیله مرغ طی دوره نگهداری (mg/100g)

($7/2 \log \text{CFU/g}$)، در حالی که سایر فیله‌ها تا پایان دوره نگهداری در محدوده مجاز قرار داشتند. اثر ضد میکروبی عصاره زولنگ علیه تعدادی از باکتری‌ها به اثبات رسید [۲۲]. همسو با نتایج تحقیق حاضر، گل محمدی و خادمی شورمستی [۱۴] نیز گزارش کردند بکارگیری عصاره زولنگ در پوشش خوراکی زانتان و گوار موجب حفظ بار میکروبی فیله‌های مرغ در محدوده مجاز باکتریایی شد. آنها نتایج حاصله را به اثر حفاظتی پوشش‌های خوراکی، اثر ضد میکروبی عصاره زولنگ با دارا بودن ترکیبات فنولی و نیز اثر هم‌افزایی پوشش و عصاره نسبت دادند. ضمن اینکه رهنمون و همکاران [۱۱] نتایج مشابهی با استفاده از پوشش خوراکی آلژینات غنی شده با عصاره پوست انار گزارش کردند.



شکل (۱): تغییرات میانگین تعداد باکتری‌های مزوفیل فیله مرغ طی دوره نگهداری ($\log \text{CFU/g}$)

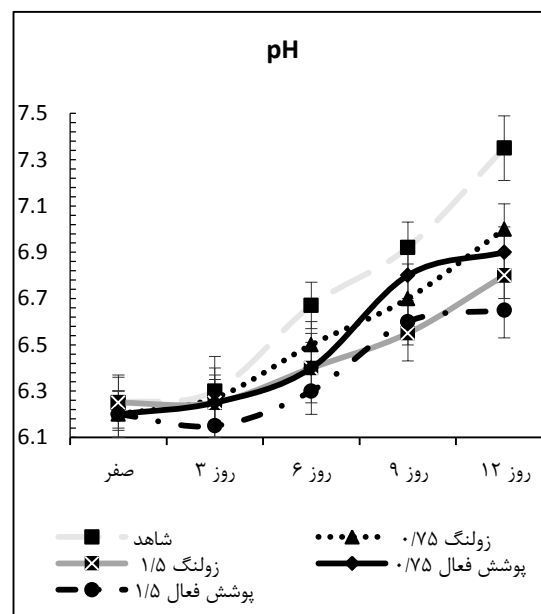
۳-۲- مجموع ترکیبات از ته فرار

مجموع ترکیبات نیتروژن فرار^۱ (TVN) از دیکربوکسیلاسیون آنزیمی میکروبی اسیدهای آمینه تولید می‌شود و تعیین آنها یک شاخص قابل استفاده در فساد گوشت مرغ است [۲۳]. لذا نتایج این نشانگر می‌تواند تحت تأثیر اثر ضد باکتریایی عصاره و پوشش فعال بر فیله مرغ قرار گیرد. در شکل (۲) نشان داده شد که طی دوره نگهداری فیله‌ها، میانگین TVN با افزایش معنی‌داری همراه بود ($p < 0.05$). اما، این روند افزایشی در همه تیمارها مشابه نبود؛ در حالی که میانگین TVN در فیله‌های فاقد پوشش از ۱۲/۵۰ به ۲۷/۸۰ میلی گرم در هر صد گرم فیله رسید، این تغییرات در فیله‌های حاوی بسته‌بندی فعال با غلظت ۱/۵ درصد عصاره به‌طور معنی‌داری کمتر

^۱ Total Volatile Nitrogen (TVN)

۳-۳- pH

بر اساس شکل (۳) طی دوره نگهداری، روند میانگین pH در تمامی گروه‌ها افزایشی بود. همان‌طور که در شکل‌های (۱) و (۲) دیده شد؛ با گذشت زمان و تحت فعالیت باکتریایی و آنزیمی تولید ترکیبات قلیایی و بازهای آلی فرار افزایش می‌یابد. در پایان دوره نگهداری، pH در فیله‌های فاقد پوشش بالاترین (۷/۳۵) و در فیله‌های دارای بسته‌بندی فعال آلزینات - عصاره ۱/۵ درصد پایین‌ترین (۶/۶۵) مقدار را داشت ($p < 0/05$). میانگین pH فیله‌ها تحت تأثیر غلظت‌های عصاره قرار نگرفت اما، گنجاندن غلظت ۱/۵ درصد عصاره در پوشش آلزیناتی به‌طور معنی‌داری در جلوگیری از تغییرات pH مؤثر بود ($p < 0/05$). این امر را می‌توان به اثر حفاظتی زیست‌پلیمر آلزینات و نیز اثر ضد باکتریایی وابسته به غلظت عصاره زولنگ نسبت داد که در ارزیابی نشانگرهای میکروبی نیز دیده شد.

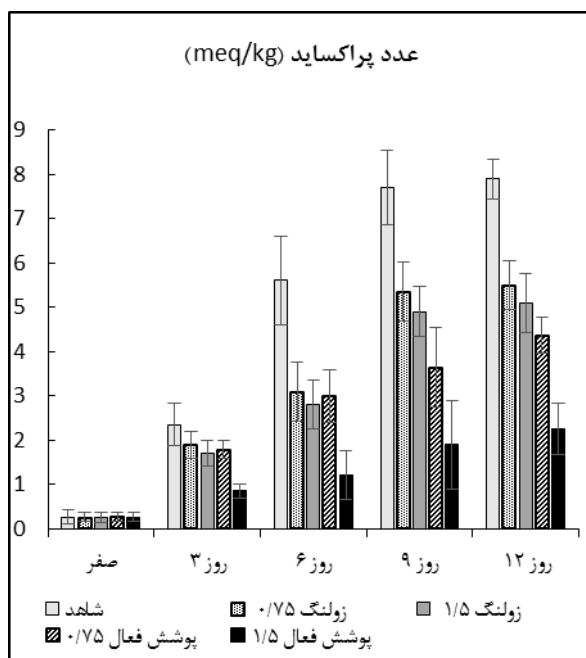


شکل (۳): تغییرات میانگین pH فیله مرغ طی دوره نگهداری

۳-۴- عدد پراکسید

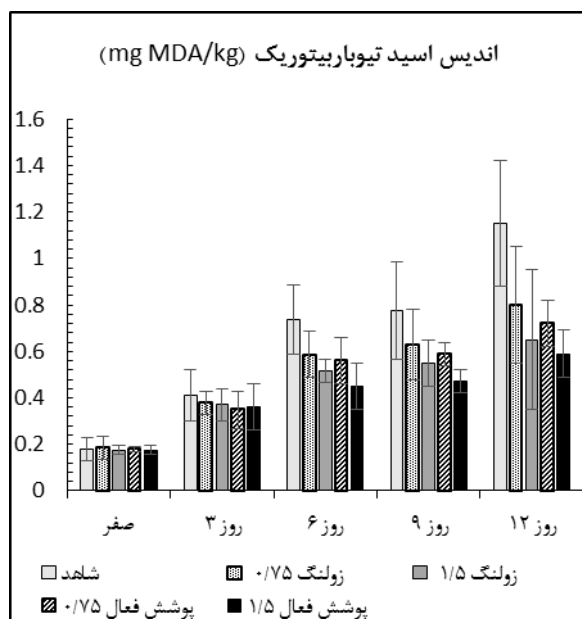
استفاده از یک پوشش خوراکی با ضد اکسیدان‌های گنجانده شده به‌دلیل خاصیت بازدارندگی پوشش آلزینات و اثر هم‌افزایی بین این دو عامل، اکسیداسیون را کاهش می‌دهد. ضد اکسیدان‌های فنولی که اغلب در پوشش‌ها و فیلم‌های بر پایه آلزینات گنجانده شده‌اند، به‌عنوان جاذب اکسیژن عمل نمی‌کنند، اما از تشکیل رادیکال‌های آزاد اسیدهای چرب (که در فرآیند اتواکسیداسیون با اکسیژن واکنش می‌دهند)، جلوگیری می‌کنند [۲۶]. هیدروپراکسیدها محصولات اولیه

اکسیداسیون چربی‌ها محسوب می‌شوند که با اندازه‌گیری عدد پراکسید ارزیابی می‌شوند [۲۷]. با توجه به شکل (۴)، میانگین مقدار عدد پراکسید در تمامی گروه‌ها تا روز پایانی نگهداری به‌طور معنی‌داری از یک روند افزایشی تبعیت کرد ($p < 0/05$). عدد پراکسید در تمامی فیله‌ها در محدوده مجاز (۱۰ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم) قرار داشت و در پایان دوره نگهداری بیشترین و کمترین مقدار عدد پراکسید (میلی‌اکی‌والان در کیلو گرم) به‌ترتیب در گروه شاهد $0/45 \pm$ و بسته‌بندی فعال حاوی ۱/۵ درصد عصاره $0/57 \pm$ دیده شد که با نتایج تحقیقات مشابه که پیشتر هم ذکر شد، مطابقت دارد. غلظت بالاتر عصاره (۱/۵ درصد) در پوشش آلزیناتی به‌وضوح اثر ضد اکسیدانی بیشتری داشت.



شکل (۴): تغییرات میانگین عدد پراکسید فیله مرغ طی دوره نگهداری (meq/kg)

در مقایسه با کارایی عصاره‌ها به تنهایی، رهایش آهسته و پیوسته عصاره در زیست‌پلیمر آلزینات که منجر به اثربخشی بیشتر آن می‌شود تأیید می‌شود. ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی گیاهی در درون سلول‌ها می‌توانند به‌عنوان دهنده‌های الکترونی عمل کرده و خاصیت احیاکنندگی و ضد اکسیدانی از خود نشان دهند [۲۷]. میزان فنول و فلاونوئید زیاد در گیاه زولنگ می‌تواند فعالیت ضد اکسیدانی آن را توجیه نماید. بسته‌بندی فعال به‌عنوان عامل کارآمدی در جلوگیری از نفوذ اکسیژن شناخته شده است. پوشش خوراکی به‌عنوان یک مانع بین فیله و محیط اطراف عمل می‌کند و نفوذ اکسیژن محیط از طریق سطح به درون فیله را کاهش می‌دهد [۲۸].



شکل (۵): تغییرات میانگین اسید تیوباریتوریک فیله مرغ طی دوره نگهداری (mg MDA/kg)

۳-۶- ظرفیت نگهداری آب

یکی از معیارهای بررسی کیفیت گوشت اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب می‌باشد. نتایج مربوط به مطالعه حاضر که در شکل (۶) آمده، نشان داد، با گذشت زمان، میانگین ظرفیت نگهداری آب در تمامی تیمارها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($p < 0.05$). بکارگیری بسته‌بندی فعال به‌طور معنی‌داری موجب کندشدن روند افت ظرفیت نگهداری آب شد و غلظت عصاره در این رابطه تأثیر معنی‌داری نداشت. بیشترین میانگین مقادیر ظرفیت نگهداری آب، در فیله‌های حاوی پوشش فعال دیده شد (به‌ترتیب $53/10 \pm 2/00$ و $54/00 \pm 2/00$ درصد با بسته‌بندی فعال حاوی ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد عصاره).

کنترل واکنش‌های اکسندگی در گوشت سبب حفظ فضای ذخیره‌ای آب بین میوفیبریل‌ها و افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌شوند، زیرا اکسندگی چربی‌ها و پروتئین‌ها و تمام عواملی که وضعیت پروتئین‌های میوفیبریلی را تغییر می‌دهد، در میزان از دست رفتن رطوبت گوشت مؤثر است. میزان غیرطبیعی شدن پروتئین نیز عامل مهمی در میزان خروج آب و کاهش ظرفیت نگهداری آب بشمار می‌آید [۲۹]. بدین ترتیب با توجه به آثار ضد میکروبی و ضد اکسیدانی عصاره زولنگ که با ارزیابی نشانگرهای مجموع ترکیبات ازته فرار، عدد پراکسید و اندیس اسید تیوباریتوریک و نیز شمار باکتری‌های مزوفیل سطح فیله در این آزمایش و تحقیقات مشابه به اثبات رسید، بالاتر بودن میانگین ظرفیت نگهداری آب در فیله‌های حاوی عصاره قابل انتظار بود. در عین حال همان‌طور که در شکل (۶)

۳-۵- اندیس اسید تیوباریتوریک

اکسیداسیون چربی‌ها مربوط به اکسید شدن اسیدهای چرب چند غیر اشباعی است که منجر به ایجاد بو و طعم نامطلوب در فرآورده‌های غذایی و در نهایت کوتاه شدن زمان ماندگاری آن می‌شود. اندیس اسید تیوباریتوریک به‌عنوان نشانگر میزان اکسیداسیون ثانویه چربی مورد استفاده قرار می‌گیرد و ناشی از وجود مواد واکنش‌دهنده با اسید تیوباریتوریک حاصل از مرحله دوم اکسیداسیون خودبخودی است که طی آن، پراکسیدها به موادی مثل آلدئیدها و کتون‌ها اکسید می‌شوند. حضور اسیدهای فنولی به‌ویژه اسید گالیک، اسید کلروژنیک و اسید کافئیک در عصاره زولنگ، آن را به یک ترکیب ضد اکسیدانی مطلوب تبدیل کرده است. این ترکیبات دارای فعالیت ضد اکسیدانی در عصاره زولنگ با احیای محصولات اکسیداسیون از ادامه روند اکسیداسیون و افزایش مواد واکنش‌دهنده با اسید تیوباریتوریک جلوگیری می‌نمایند [۱۳].

در شکل (۵) نشان داده شد که با افزایش زمان نگهداری فیله‌ها این شاخص افزایش معنی‌داری در همه تیمارها نشان داد. با این وجود روند افزایشی در روزهای پایانی نگهداری شیب تندتری داشت. قابل انتظار بود که ترکیبات فنولی موجود در عصاره زولنگ موجب تأخیر در فرآیند اکسیداسیون چربی‌ها و جلوگیری از تبدیل آنها به محصولات اولیه (هیدروپراکسید) و ثانویه (آلدئید و کتون) شود. اثر ضد اکسیدانی عصاره زولنگ وابسته به غلظت بود، بدین ترتیب که میانگین این شاخص (میلی گرم مالون‌دی‌آلدئید در کیلوگرم) در غلظت ۱/۵ درصد چه به‌تنهایی ($0/65 \pm 0/3$) و چه در بسته‌بندی فعال ($0/59 \pm 0/10$)، کمتر از غلظت ۰/۷۵ درصد (به‌ترتیب ۰/۸۰ و ۰/۷۲) بود. این مقادیر بسیار کمتر از حد مجاز ۲ میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدئید بر کیلوگرم است که در آن طعم و قابلیت مصرف کاهش می‌یابد. همچنین به‌وضوح دیده شد که ماتریس آلزینات موجب رهایش آهسته و مداوم عصاره به فیله‌ها شده و نقش حفاظتی عصاره در برابر اکسیداسیون تا روز پایانی نگهداری حفظ شد. در تحقیقات مشابه نیز بکارگیری انواع ماتریس‌های پلی‌ساکاریدی و ترکیبات شیمیایی گیاهی مانند آلزینات- نانورس و عصاره علف لیمو [۱۲]، صمغ‌های زانتان و گوار و عصاره زولنگ [۱۴] و عصاره مرزه [۲۸] موجب تأخیر در روند افزایشی این شاخص و حفظ کیفیت و ماندگاری گوشت شد.

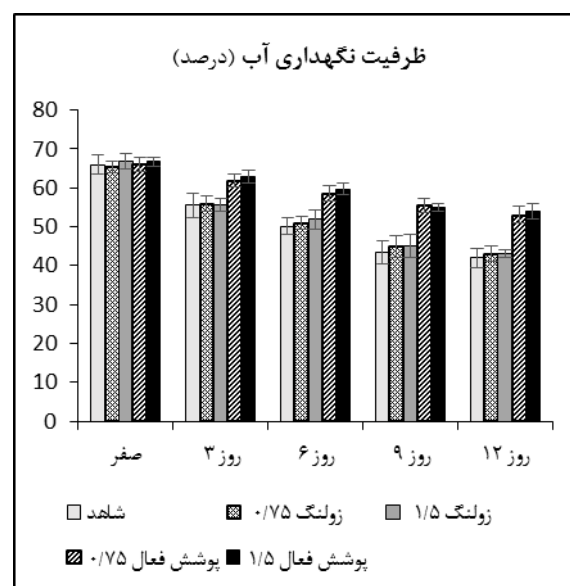
^۱Cymbopogon Citratus

^۲Satureja Hortensis

۵- مراجع

- [1] L. Alessandrini, G. Caprioli, F. Faiella, D. Fiorini, R. Galli, X. Huang, et al., "A shelf-life study for the evaluation of a new biopackaging to preserve the quality of organic chicken meat," Food Chemistry, vol. 371, pp. 131134, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131134>
- [2] A. Samariha, J. Ebrahimpour Kasmani, M. Kiaei and D. Khademi Shurmasti, "Chemo-mechanical pulping of rapeseed residues," World Applied Science Journal, vol. 13 (5), pp. 1000-1004, 2011.
- [3] D. Khademi Shurmasti, "Cellulose derivatives as edible film and coating: Characteristics and effect on the quality and shelf life of animal, poultry and aquatic products," Journal of Food Science and Technology, vol. 18(121), pp. 349-364, 2022. DOI: 10.52547/fsct.18.121.28 (In Persian).
- [4] J. Ebrahimpour Kasmani, D. Khademi Shurmasti and A. Samariha, "Application of biodegradable wrappers polysaccharide-based in egg packaging: a review," Scientific Journal of Packaging Science and Art, vol. 14 (3), pp. 51-62, 2023, DOR: 20.1001.1.22286675.1402.14.55.5.3 (In Persian).
- [5] M. Amirpour, M. Amini and D. Khademi Shurmasti, "Determination of aflatoxin M1 in pasteurized kashk distributed in Tehran metropolitan," Iran. J. Health & Environ., vol. 8 (1), pp. 109-116, 2015, (In Persian).
- [6] S. Faraji Kafshgari, M.J. Akbarian Meymand, and M. Habibi Najafi, "Investigating types of antimicrobial packaging system," Scientific Journal of Packaging Science and Art, vol. 14 (4), pp. 63-78, 2023, DOR: 20.1001.1.22286675.1402.14.56.6 (In Persian).
- [7] S.M. Akbari, and A. Mehregan Nikoo, "Active packaging containing scavenging compounds: A review," Scientific Journal of Packaging Science and Art, vol. 14 (2), pp. 57-66, 2023, DOR:20.1001.1.22286675.1403.15.57.5 (In Persian).
- [8] S. Dodangeh, S. Amir, and L. Rezazad Bari, "An overview of the types of active packaging, the mechanism and application of each in the food industry," Scientific Journal of Packaging Science and Art, vol. 11 (44), pp. 80-90, 2020, (In Persian).
- [9] R. Gheorghita (Puscaselu), Gh. Gutt, and S. Amariei, "The use of edible films based on sodium alginate in meat product packaging: An eco-friendly alternative to conventional plastic materials," Coatings, vol. 10, pp.166, 2020. DOI: 10.3390/coatings10020166
- [10] K. Alirezalu, A.H. Moazami-Goodarzi, L. Roufegarnejad, M. Yaghoubi, and J.M. Lorenzo, "Combined effects of calcium-alginate coating and Artemisia fragrance essential oil on chicken breast meat quality," Food Sci Nutr. Vol. 10, pp. 2505-2515, 2022. DOI: 10.1002/fsn3.285
- [11] P. Rahnammoun, M. Sarabi jamab, M. Javanmard Dakheli, and A. Bostan, "Investigating the effect of alginate coating containing pomegranate peel extract on durability and tissue properties and the color of chicken breast meat," New Food Technologies, vol. 5 (4), pp. 583-596, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.22104/JIFT.2018.2552.1599> (In Persian).
- [12] M. Mardani Kiasari, and D. Khademi Shurmasti, "Effect of lemon grass (Cymbopogon citratus) extract and nanoclay in nanocomposite coating on the physicochemical and microbial properties of chicken fillets during refrigerated storage," Journal of Food Science and Technology, vol. 17(106), pp. 13-21, 2020. DOI: 10.29252/fsct.17.09.02 (In Persian).
- [13] Sh. Salmanian, A. Sadeghi Mahoonak, M. Jamson, B. Tabatabaee Amid, "Identification and quantification of phenolic acids, radical scavenging activity and ferric reducing power of Eryngium caucasicum Trautv ethanol and methanolic extracts," Research and Innovation in Food Sciences and Technology, vol. 2, pp. 193-204, 2013. DOI: 10.22101/IRIFST.2013.09.16.227 (In Persian).
- [14] M. Golmohammadi, and D. Khademi Shurmasti, "The effect of Eryngium caucasicum extract on chicken fillet shelf life coated with xanthan and guar gums during cold storage (4 ±1°C)," Journal of Food Science and Technology, vol. 16(87), pp. 253-261, 2019, (In Persian).
- [15] F. Lu, D. Liu, X. Ye, Y. Wei, and F. Liu, "Alginate-calcium coating incorporating nisin and EDTA maintains the quality of fresh

آمده، عصاره به تنهایی کارایی قابل توجهی نداشت اما، زمانی که به صورت بسته‌بندی فعال مورد استفاده قرار گرفت به طور معنی داری موجب بهبود ظرفیت نگهداری آب فیله‌ها شد ($p < 0.05$). نقش حفاظتی و بازدارندگی زیست پلیمر آلژینات در برابر رطوبت و گازها از یک سو و نیز اثر هم‌افزایی آن با عصاره موجب شد فیله‌های با بسته‌بندی فعال بتوانند ظرفیت نگهداری آب خود را مدت بیشتری حفظ نمایند که با نتایج تحقیقات مشابه با زیست پلیمرهای پلی ساکاریدی و ترکیبات شیمیایی گیاهی بر روی گوشت مرغ در تطابق است [۱۰، ۱۲، ۲۸].



شکل (۶): تغییرات میانگین ظرفیت نگهداری آب فیله مرغ طی دوره نگهداری (%)

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق نشان داده شد که عصاره زولنگ با دارا بودن ترکیبات فنولی توانست به خوبی آثار ضد میکروبی و ضد اکسیداسیونی خود را بروز دهد. در این بین اثر ضد اکسیدانی عصاره بیشتر از اثر ضد میکروبی آن بنظر می‌رسید. از طرفی بسته‌بندی فعال بر پایه زیست پلیمر آلژینات حاوی عصاره زولنگ موجب حفظ کارایی عصاره شد و شاخص‌های فساد میکروبی و فساد اکسیداتیو فیله‌های بسته‌بندی شده با آن شرایط مطلوب‌تری داشتند. با توجه به شاخص‌های مورد بررسی، استفاده از بسته‌بندی زیست تخریب‌پذیر فعال آلژینات - عصاره زولنگ به عنوان جایگزین بسته‌بندی‌های مرسوم پلی اتیلنی جهت افزایش ماندگاری گوشت، حداقل به مدت ۳ روز توصیه می‌شود. البته ارزیابی حسی محصول موجب تصمیم‌گیری بهتری در رابطه با غلظت مطلوب مورد نظر خواهد شد.

- [23] C. C. Balamatsia, A. Patsias, M. C. Kontominas, and I.N. Savvaidis, "Possible role of volatile amines as quality-indicating metabolites in modified atmosphere-packaged chicken fillets: correlation with microbiological and sensory attributes," *Food Chem.*, vol. 104, pp. 1622-1628, 2007.
- [24] M. Raeisi, M. Hashemi, A. Afshari, A. Tabarraei, M. Aminzare, and B. Jannat, "Cinnamon and rosemary essential oils incorporated into alginate coating improve chemical and sensorial quality of chicken meat," *Iran. J. Chem. Chem. Eng.*, vol. 38 (5), 293-304, 2019.
- [25] Iran Veterinary Organization, "Executive Directive: Hygiene Processes Supervision, Risk Assessment and Risk management for Poultry Meat," FS/400/01/IVO, 2021.
- [26] N. Jalali, P. Ariai, and E. Fattahi, "Effect of alginate/carboxyl methyl cellulose composite coating incorporated with clove essential oil on the quality of silver carp fillet and *Escherichia coli* o157:H7 inhibition during refrigerated storage," *J. Food Sci. Technol.* Vol. 53, pp. 757-765, 2016. DOI: 10.1007/s13197-015-2060-4
- [27] Y. Sakihama, M.F. Cohen, S.C. Grace, and H. Yamasaki, "Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: phenolics-induced oxidative damage mediated by metals in plants," *Toxicology*, vol. 177, pp. 67-80, 2002. DOI: 10.1016/s0300-483x(02)00196-8
- [28] D. Khademi Shurmasti, F. Yamini, and N. Badakhshan, "Effect of *Satureja hortensis* extract and polysaccharide-based active bio-composite coating on broiler fillet shelf life during refrigerated storage (4±1°C)," *Iranian Journal of Food Science and Technology*, vol. 18(115), pp. 271-281, 2021. DOI: 10.29252/fsct.18.06.22 (In Persian).
- [29] C. Leygonie, T.J. Britz, and C. Hoffman, "Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review," *Journal of Meat Science*, vol. 91, pp. 93-98, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.01.013>
- northern snakehead (*Channa argus*) fillets stored at 4 °C," *Journal of Science Food Agriculture*, vol. 89, pp. 848-54, 2009.
- [16] S. M. Ojagh, M. Rezaei, S.H. Razavi, and S.M.H. Hosseini, "Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout," *Food Chemistry*, vol. 120, pp. 193-8, 2010. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.10.006
- [17] H. Egan, R.S. Kirk, and R. Sawyer, "Pearson's Chemical Analysis of Food, 9th Edition, Longman Scientific and Technica, pp: 609-634, 1997.
- [18] H. Zhuang, E. M. Savage, D.P. Smith, and M.E. Berrang, "Effect of dry-air chilling on Warner-Bratzler shear force and water-holding capacity of broiler breast meat deboned four hours postmortem," *Journal of Food Poultry Science*, vol. 7 (8), pp. 743-748, 2008. DOI: 10.3382/ps.2008-00325
- [19] A. Fazlara, M. Pourmahdi Brojeni, and F. Molaei, "The effect of gelatin-Avishan Shirazi (*Zataria multiflora* Bioss) coating on microbial, chemical and sensorial characteristics of ostrich fillets in refrigerated condition," *Journal of Food Sciences and Technology*, vol. 67(14), pp. 141-155, 2017.
- [20] E. Mohebi, and L. Marquez, "Intelligent packaging in meat industry: An overview of existing solutions," *J. Food Sci. Technol.* Vol. 52, pp. 3947-3964, 2015. DOI: 10.1007/s13197-014-1588-z
- [21] N. Rokni, "Meat Science and Technology," 4th ed., University of Tehran Press, Tehran, pp.225-243, 2006.
- [22] B. Fazeli-Nasab, F.A. Malayeri, R. Rouhani, and S. Saedi, "The investigation of the antibacterial activity of *Eryngium caucasicum* trautv, *Saponaria officinalis*, *Froriepia subpinnata*, *Malva sylvestris*, and *Urtica dioica*," *Gene Cell Tissue*, vol. 10 (4), pp. e131435, 2023. <https://doi.org/10.5812/gct-131435>