



The Effect of Active Coating Based on Polysaccharide and Protein Biopolymers on the Shelf Life of Chicken Meat

Sayyed Mahdi Zakeri, Dariush Khademi Shurmasti*  Abdollah Alizadeh Karsalari

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

(Received: 15/08/2024, Revised: 02/11/2024, Accepted: 07/01/2025, Published: 20/06/2025)

DOR: 20.1001.1.22286675.1404.16.61.1.5

ABSTRACT

Considering the substrates used, the effectiveness of additives is influenced in active packaging. This study aimed to investigate the effectiveness of ascorbic acid (Vit C) and propyl gallate (PG) in alginate- and caseinate-based biopolymers as active packaging on the shelf life of chicken fillets. The treatments included chicken fillets without coating (control) and with active packaging of sodium alginate or sodium caseinate, each containing Vit C or PG, a total of five treatments, were analyzed in the form of a randomized complete block design. An immersion method was used to coat fillets with each solution and, then kept at refrigerated storage for 12 days. Sampling was periodically done to assess microbiological, chemical and oxidative indicators. The results showed that active packaging increased the shelf life of fillets. Meanwhile, sodium alginate had a better performance than sodium caseinate and was able to increase the shelf life of fillets for at least 3 days. The lowest changes and final amount of mesophilic bacteria (5.75 log cfu/g), psychrophilic bacteria (4.13 log cfu/g), pH (5.80) and total volatile nitrogen compounds (14.90 mg/100g) in fillets with active packaging of sodium alginate containing Vit C and The lowest peroxide value (4.37 meq/kg) and thiobarbituric acid index (0.80 mg MDA/kg) were also seen in fillets with active alginate coating containing PG ($p < 0.05$). The type of active packaging had no significant effect on the water-holding capacity of fillets. In general, it is possible to use sodium alginate-based active packaging containing Vit C, as the allowed and safe additive, to extend the shelf life of chicken fillets as an alternative to conventional traditional polymers.

Keywords: Alginate, Ascorbic acid (Vit C), Active packaging, Propyl Gallate (PG), Caseinate

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: Da.khademi@iau.ac.ir

تأثیر پوشش فعال بر پایه زیست‌پلیمرهای پلی‌ساکاریدی و پروتئینی بر ماندگاری گوشت مرغ

سید مهدی ذاکری^۱، داریوش خادمی شورمستی^{۲*}، عبدالله علیزاده کارسالاری^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه صنایع غذایی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران ۲- دانشیار، گروه کشاورزی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران ۳- استادیار، گروه شیمی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

DOR: 20.1001.1.22286675.1404.16.61.1.5

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۳/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۱۲

چکیده

اثربخشی افزودنی‌های مورد استفاده در پوشش‌های فعال تحت تأثیر بسترهای مورد استفاده قرار می‌گیرد. این تحقیق با هدف بررسی اثربخشی اسید آسکوربیک (ویتامین ث) و پروپیل گالات در پوشش‌های زیست‌پلیمری آلژینات (پلی ساکاریدی) و کازئینات (پروتئینی) به‌صورت پوشش فعال بر ماندگاری فیله مرغ اجرا شد. تیمارها شامل فیله‌های مرغ فاقد پوشش (شاهد) و دارای پوشش فعال آلژینات سدیم یا کازئینات سدیم، هریک حاوی اسید آسکوربیک یا پروپیل گالات، در مجموع پنج تیمار، در قالب یک طرح بلوک کامل تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. فیله‌ها با یکی از محلول‌ها به‌روش غوطه‌وری پوشش‌دهی شده و به‌مدت ۱۲ روز در دمای یخچال نگهداری شدند. در فواصل معین زمانی، جهت اندازه‌گیری نشانگرهای میکروبی‌شناسی، شیمیایی و اکسایشی نمونه‌گیری انجام شد. نتایج نشان داد پوشش فعال موجب افزایش زمان ماندگاری فیله‌ها شد. در این بین آلژینات سدیم عملکرد مطلوب‌تری نسبت به کازئینات سدیم داشت و توانست ماندگاری فیله‌ها را حداقل به‌مدت ۳ روز افزایش دهد. کمترین تغییرات و تعداد باکتری مزوفیل ($5/75 \log \text{cfu/g}$)، باکتری سرماگرا ($4/13 \log \text{cfu/g}$)، pH ($5/80$) و مجموع ترکیبات ازته فرار ($14/90 \text{ mg/100g}$) در فیله‌های دارای پوشش فعال آلژینات سدیم حاوی اسید آسکوربیک و کمترین مقدار عدد پراکساید ($4/37 \text{ meq/kg}$) و اندیس تیوباربیتوریک اسید ($0/80 \text{ mg MDA/kg}$) نیز در فیله‌های دارای پوشش فعال آلژینات حاوی پروپیل گالات دیده شد ($p < 0/05$). نوع پوشش فعال بر ظرفیت نگهداری آب فیله‌ها تأثیر معنی‌داری نداشت. به‌طور کلی می‌توان از پوشش فعال برپایه آلژینات سدیم حاوی افزودنی مجاز و ایمن اسید آسکوربیک همراه با انواع پلیمرهای سنتزی مرسوم برای افزایش ماندگاری فیله مرغ استفاده کرد.

کلیدواژه‌ها: آلژینات، اسید اسکوربیک، بسته‌بندی فعال، پروپیل گالات، کازئینات

۱- مقدمه

مورد استفاده قرار گرفته‌اند، با این حال، با توجه به ماهیت غیرقابل تجزیه زیستی خود، تهدیدی برای سلامت و بهداشت عمومی محسوب می‌شوند. لذا در دهه گذشته، محققان توجه خود را به سمت بسته‌بندی زیست‌پلیمری معطوف کرده‌اند [۳]. استفاده از زیست‌پلیمرها به‌صورت فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر می‌تواند مشکلات دفع بسته‌بندی‌های پلاستیکی را حل کند و در عین حال، با فراوری مناسب می‌تواند کمپوست با کیفیتی را برای بازگرداندن تغذیه خاک تولید کند [۴].

در میان پلیمرهای زیستی، پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌ها به‌دلیل ویژگی‌های خاص خود برای توسعه پوشش‌ها و فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر و خوراکی مورد توجه هستند [۵، ۶]. زیست پلیمرها اغلب به‌صورت پوشش‌ها و فیلم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، در

یکی از چالش‌های بزرگ فعلی، چگونگی تضمین امنیت غذایی و کاهش تلفات غذایی برای جمعیت جهان و در عین حال حصول اطمینان از دستیابی به اهداف توسعه پایدار است. لذا پایش حفظ کیفیت و ظاهر مواد غذایی فاسدشدنی مانند فرآورده‌های دامی (گوشت، تخم‌مرغ، فرآورده‌های لبنی) در هنگام توزیع و فروش آن ضروری است [۱، ۲]. بسته‌بندی‌های پلاستیکی با منشاء پتروشیمی به‌دلیل مزایای فراوانی که دارند، به‌طور گسترده‌ای در صنایع غذایی

* رایانامه نویسنده مسئول: Da.khademi@iau.ac.ir

عین حال آنها می‌توانند به‌عنوان حامل افزودنی‌هایی عمل کنند که علاوه بر عملکرد پوشش عمومی، عملکرد خاصی (مانند ویژگی‌های بازدارندگی) را انجام می‌دهند. افزودنی‌های مختلف (مانند ضد میکروبی‌ها و ضد اکسیدان‌های مصنوعی و طبیعی) را می‌توان در محلول‌های پوششی گنجانده (بسته‌بندی فعال) تا رشد میکروارگانیسم‌ها و تغییرات شیمیایی در طول ذخیره‌سازی را متوقف یا به تأخیر بیندازد [۷، ۸]. 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 آزدسازی تدریجی عوامل و حفظ غلظت بحرانی برای مدت طولانی مفید است [۹].

عوامل فعال در بسته‌بندی را می‌توان به حذف‌کننده‌های اکسیژن (مانند اسید آسکوربیک)، سیستم‌های تولید دی‌اکسید کربن، جاذب‌های اتیلن، جاذب‌های طعم و بو، ضد اکسیدان‌ها (مانند پروپیل گالات) و مواد ضد میکروبی تقسیم کرد. فناوری قرار دادن ترکیبات فعال در بسته‌بندی را می‌توان با پوشش، ترکیب، اصلاح سطح و افزودن مستقیم به بسته‌بندی تقسیم کرد که می‌تواند کیفیت محصول را اصلاح و بهبود بخشد و به اهداف مطلوب دست یابد [۱۰].

کازئینات سدیم ($C_{47}H_{48}N_3O_7S_2Na$) ترکیبی است که از طریق رسوب اسیدی کازئین به‌دست می‌آید. کازئین‌ها به‌دلیل تعداد زیادی پیوند الکترواستاتیک، آبگریز و هیدروژنی بین مولکولی می‌توانند به راحتی فیلم‌ها/پوشش‌های خوراکی را تشکیل دهند. خواص منحصر به فرد کازئین، مانند پایداری حرارتی بالا، زیست تخریب‌پذیری، قابلیت تشکیل میسل، قابلیت امولسیون‌سازی، و توانایی اتصال با یون‌ها و مولکول‌های کوچک، آن را به یک ماده زیستی بسیار مطلوب برای تهیه پوشش‌های خوراکی تبدیل می‌کند. با این حال، مطالعات روی پوشش‌های کازئینات در مقایسه با فیلم‌های مبتنی بر کازئین بسیار محدود است [۵]. پوشش کازئینات سدیم ۸ درصد به‌طور معنی‌داری باعث کاهش مقادیر پراکسید، کاهش بار میکروبی به‌ویژه باکتری‌های هوازی مزوفیل گوشت ماهی در مدت نگهداری در یخچال شد [۱۱]. رنجبریان و همکاران [۱۲] گزارش کردند پوشش کازئینات سدیم به تنهایی نقش چندانی بر افزایش ماندگاری فیله مرغ ندارد اما، گنجانده نانوفیبر سلولز به آن موجب رهاش آهسته و مستمر اسانس دارچین محتوی شد و کارایی بسته‌بندی کامپوزیت فعال را بهبود بخشید. شرایط و نتایج مشابهی با بکارگیری پوشش کامپوزیت کازئینات سدیم/پکتین/صمغ زرد حاوی عصاره پولک بر ماندگاری فیله مرغ گزارش شد [۱۳].

آلژینات‌ها پلی‌ساکاریدهای خطی، آنیونی محلول در آب هستند که معمولاً توسط جنس‌های مختلف جلبک‌های قهوه‌ای و نیز برخی

از باکتری‌ها سنتز می‌شوند. 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 آلژینات 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 [۱۴]. مواد بسته‌بندی مواد غذایی مبتنی بر آلژینات به‌دلیل فعالیت ضد میکروبی و ضد اکسیدانی قابل توجه خود به‌دلیل کلیدی مختلف شناخته می‌شوند. علاوه بر این، در ساخت بسته‌بندی مواد غذایی اغلب از ضد اکسیدان‌ها و ضد باکتری‌های اضافی در فیلم‌های بر پایه آلژینات استفاده می‌کنند. این افزودنی‌ها معمولاً حاوی ترکیباتی مانند اسید اسکوربیک، توکوفرول، نانو ذرات، باکتریوسین‌ها و اسانس / عصاره‌های گیاهی هستند. گنجانده این افزودنی‌ها برای افزایش ظرفیت کلی ضد اکسیدانی مواد بسته‌بندی در نظر گرفته شده است [۱۵]. گزارش شد؛ بکارگیری پوشش آلژینات سدیم ($C_6H_7O_6Na$) به‌طور معنی‌داری موجب جلوگیری از فساد اکسایشی، شیمیایی و میکروبی می‌شود و البته گنجانده عصاره مرزه موجب افزایش معنی‌دار کارایی پوشش فعال و ماندگاری بیشتر فیله مرغ شد [۱۶].

اسید آسکوربیک یا ویتامین ث ($C_6H_8O_6$) یک ضد اکسیدان مهم، زداکننده (جاروب‌کننده) ^۱ رادیکال‌های آزاد، پرو اکسیدان و یک مولکول ضد باکتری است که می‌تواند فعالیت ضد میکروبی آنتی‌بیوتیک‌های مختلف را اصلاح کند و همچنین اثرات نامطلوب گونه‌های فعال را به‌طور قابل توجهی کاهش دهد [۱۷]. در بررسی سطوح مختلف ویتامین ث در پوشش پروتئینی آب‌پز تأثیر ضد باکتریایی بسته‌بندی فعال نشان داده شد و توانست ماندگاری فیله ماهی را به مدت ۴ روز افزایش دهد [۱۸]. فیلم خوراکی بر پایه ژلاتین/صمغ کندر حاوی ۲ درصد اسید آسکوربیک و اسانس زوفا با کاهش بار میکروبی گوشت شتر مرغ، تخریب بافت و افزایش pH را به تعویق انداخت [۱۹].

پروپیل گالات ^۲ ($C_{10}H_{12}O_5$) یک مشتق مصنوعی از ضد اکسیدان طبیعی اسید گالیک است. مشتقات گالات معمولاً به‌عنوان ضد اکسیدان در غذا استفاده می‌شوند و خواص ضد باکتریایی نیز از خود نشان می‌دهند. ساز و کار پروپیل گالات به‌عنوان یک ضد اکسیدان شامل توانایی اهدای هیدروژن آن برای خنثی کردن رادیکال‌های آزاد و ظرفیت آن در شلاته کردن یون‌های فلزی است، بنابراین از آسیب اکسایشی جلوگیری می‌کند. این رویکرد چند

^۱ Free radical scavenger

^۲ Propyl gallate (PG)

برای تهیه محلول ۸ درصد وزنی/حجمی کازئینات سدیم، ۸۰ گرم کازئینات به آرامی به یک لیتر آب مقطر افزوده شد و در دمای ۶۰ درجه سلسیوس تحت شرایط همزدن ثابت نگه داشته شد. گلیسرول نیز به میزان ۳۰ درصد وزنی کازئینات به محلول اضافه شد. بعد از انحلال کامل کازئینات، دما با استفاده از حمام آب گرم تا ۸۰ درجه سلسیوس بالا برده شد و مخلوط حاصل در همزن با ۵۰۰ دور بر دقیقه به مدت یک ساعت در همین دما نگه داشته شد. در نهایت پس از سرد شدن محلول بسته به تیمارهای آزمایشی، اسید آسکوربیک و پروپیل گالات مانند آنچه قبلاً گفته شد، به محلول اضافه شدند [۲۳].

۲-۳- پوشش دهی فیلها

فیلها ابتدا قطعات مساوی 2 ± 60 گرم آماده شده و با آب معمولی شسته و آب کشی شدند. بر اساس تیمارهای آزمایشی به ۵ گروه مساوی (هر گروه 10 ± 45 گرم) تقسیم شدند. پوشش دهی فیلها به روش غوطه وری انجام شد. بدین منظور فیلها به مدت ۱ دقیقه در محلول های مختلف (آب مقطر (شاهد)، محلول های آلزینات سدیم و کازئینات سدیم با اسید آسکوربیک یا پروپیل گالات) غوطه ور شده و این عمل ۲ بار با فاصله زمانی ۲ دقیقه تکرار شد. سپس نمونه ها از محلول خارج و پس از فرآیند آب چک، جهت خشک شدن پوشش، تحت جریان ملایم هوا روی صفحات مشبک استریل و زیر هود قرار داده شدند. نمونه ها به یخچال منتقل و در فواصل زمانی معین طی ۱۲ روز از آنها نمونه برداری شد [۲۲].

۲-۴- اندازه گیری شاخص های فساد میکروبی، شیمیایی و اکسایشی

جهت آزمایش های میکروبی مقدار ۱۰ گرم نمونه از فیل مرغ در ۹۰ میلی لیتر سرم فیزیولوژی مخلوط و هموزن گردید. سپس رقت های مورد نیاز تهیه گردید. شمارش باکتری های مزوفیل در محیط پلیت کانت آگار در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت و شمارش باکتری های سرمادوست در محیط پلیت کانت آگار در دمای ۷ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت با شمارش کلنی های موجود انجام شد و نتایج حاصل بر اساس لگاریتم واحد تشکیل دهنده کلنی بر گرم (log cfu/g) گزارش گردید [۲۴]. به روش تیتراسیون، عدد پراکساید^۱ در چربی مستخرج از فیل مرغ اندازه گیری و نتایج بر اساس میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم بافت گوشت گزارش شد. مبنای اندازه گیری شاخص اسید تیوباربتوریک^۲ جذب رنگ صورتی

وجهی، پروپیل گالات را به یک افزودنی ارزشمند در حفظ کیفیت و ثبات مواد غذایی و کاربرد دارویی تبدیل می کند [۲۰].

مشخصات اصلی فیلم ها و پوشش های خوراکی با ویژگی های چون خوراکی بودن و زیست تخریب پذیری، خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و بازدارندگی (مانند سد بخار آب، مانع اکسیژن، مانع نور فرا بنفش)، حمل مواد فعال در ارتباط است [۲۱]. در تحقیقات مشابه بکارگیری پوشش های بر پایه آلزینات سدیم یا کازئینات سدیم به تنهایی و به صورت پوشش یا فیلم زیست تخریب پذیر فعال (حامل ترکیبات شیمیایی یا عصاره/اسانس گیاهی) در ماندگاری فرآورده های گوشتی مورد مطالعه قرار گرفت. لذا این مطالعه با هدف بررسی مقایسه ای کارایی بسترهای زیست پلیمرهای پلی ساکاریدی (آلزینات سدیم) و پروتئینی (کازئینات سدیم) بر اثربخشی اسید آسکوربیک و پروپیل گالات به صورت پوشش فعال از طریق ارزیابی نشانگرهای فساد شیمیایی، میکروبی و اکسایشی فیل مرغ طی نگهداری در دمای یخچال طی ۱۲ روز انجام شد.

۲-۲- روش تحقیق

۲-۱- مواد

مواد شیمیایی شامل آلزینات سدیم با وزن مولکولی متوسط (بهین آزما، ایران)، کازئینات سدیم، کلراید کلسیم و پروپیل گالات (سیگما آلدريج)، گلیسرول، اسید آسکوربیک (مرک، آلمان) با درجه آزمایشگاهی تهیه گردید.

فیل های مرغ مورد نیاز از یک کشتارگاه محلی با برند شناخته شده و مورد تأیید مراجع نظارتی خریداری و با رعایت شرایط کاملاً بهداشتی طی یک ساعت به آزمایشگاه منتقل شد.

۲-۲- تهیه محلول های پوششی

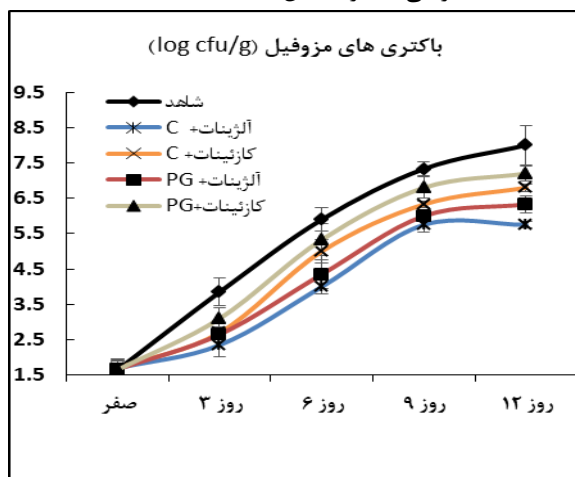
محلول ۳ درصد وزنی/حجمی آلزینات سدیم با انحلال ۳۰ گرم آلزینات به همراه ۰/۰۲ گرم کلراید کلسیم در یک لیتر آب مقطر تهیه و توسط همزن (مدل D500، چین) در دمای ۶۰ - ۵۰ درجه سلسیوس همگن شد. سپس به میزان ۳۰ درصد وزن آلزینات، گلیسرول اضافه شد و مجدداً در دمای ۴۵ درجه سلسیوس یکنواخت شد. پس از سرد شدن، مطابق تیمارها، اسید آسکوربیک ۱ درصد وزنی/حجمی و پروپیل گالات ۱۰۰ قسمت در میلیون هر کدام به تنهایی و در ترکیب با یکدیگر به محلول اضافه شد و به مدت ۲ دقیقه عمل همزدن به کمک دستگاه هموژنایزر با ۹۰۰۰ دور در دقیقه صورت گرفت تا افزودنی ها به طور یکنواخت در ماتریس پوشش پخش شوند [۲۲].

^۱ Peroxide value (PV)

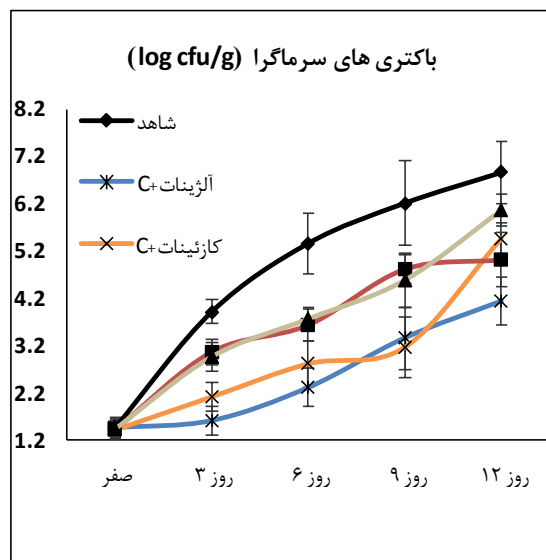
^۲ Thiobarbitoric acid (TBA)

باکتری‌های سرماگرا ($\log \text{cfu/g}$ ۴/۱۳) بودند ($p < 0.05$). در مقایسه با کازئینات، فیله‌های حاوی پوشش‌های فعال بر پایه آلژینات به‌طور معنی‌داری دارای میانگین تعداد باکتری‌های سرماگرا کمتری بودند ($p < 0.05$).

در مقایسه با پروپیل گالات، فیله‌های دارای پوشش فعال حاوی اسید اسکوربیک به‌ویژه زمانی که در پوشش آلژیناتی بکار گرفته شد، فعالیت ضد باکتریایی بیشتری نشان دادند ($p < 0.05$).



شکل (۱): میانگین تغییرات تعداد باکتری‌های مزوفیل فیله مرغ طی دوره نگهداری ($\log \text{cfu/g}$), C: ویتامین ث، PG: پروپیل گالات



شکل (۲): میانگین تغییرات تعداد باکتری‌های سرماگرا فیله مرغ طی دوره نگهداری ($\log \text{cfu/g}$), C: ویتامین ث، PG: پروپیل گالات

ویتامین ث در سوخت و ساز باکتری‌ها نقش دارد. مشخص شد که چندین باکتری می‌توانند ویتامین ث را تخمیر کنند، در حالی که وجود این ویتامین برخی دیگر از باکتری‌ها را در معرض استرس اکسایشی قرار می‌دهد که ممکن است منجر به مهار رشد باکتری

ایجاد شده در واکنش، با دستگاه اسپکتروفتومتر (UNICO، چین) بود. نتایج بر اساس میلی گرم مالون‌دی‌الدئید در کیلوگرم بافت گوشت بیان شد [۲۵]. به‌منظور اندازه‌گیری مواد از ته فرار از دستگاه کلدال (۷۴۰- بخشی، ایران) و روش تیتراسیون استفاده گردید. نتایج بر اساس میزان مواد از ته فرار برحسب میلی گرم در هر ۱۰۰ گرم فیله محاسبه گردید [۲۴]. 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 [۲۶]. جهت اندازه‌گیری pH، مقدار ۵ گرم از فیله مرغ به‌همراه ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر، در یک بشر ۲۵۰ میلی‌متری توسط همزن برقی بطور کامل هم‌وزن گردید و سپس توسط pH متر دیجیتالی، اندازه‌گیری شد [۲۴].

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌ها در تیمارهای آزمایشی شامل فیله‌های فاقد پوشش (شاهد)، دارای پوشش اسید آسکوربیک و پروپیل گالات در بسترهای آلژینات سدیم و کازئینات سدیم (در مجموع ۵ تیمار) ۳ تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۰ به روش آنالیز واریانس دو طرفه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد مقایسه شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی باکتری‌های مزوفیل

یک شاخص تقریبی کیفیت میکروبی‌شناسی گوشت در یخچال، تعداد کلی میکروارگانیسم‌ها است. همان‌طوری که در شکل (۱) و شکل (۲) آمده است؛ به ترتیب میانگین تغییرات تعداد باکتری‌های مزوفیل و سرماگرا فیله‌های شاهد و تیمار شده طی دوره نگهداری با گذشت زمان به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0.05$). نوع بسته‌بندی فعال فیله‌ها بر میانگین تعداد باکتری‌ها مؤثر بود ($p < 0.05$). با توجه به محدوده مجاز بار میکروبی کلی ($\log \text{cfu/g}$ ۷/۰۰)، در حالی که در روز پایانی بیشترین تعداد باکتری ($\log \text{cfu/g}$ ۸/۰۰) در فیله‌های فاقد پوشش دیده شد، در همین زمان فیله‌های دارای بسته‌بندی فعال بر پایه آلژینات (به‌ترتیب $\log \text{cfu/g}$ ۵/۷۵ و ۶/۳۳ با اسید آسکوربیک و پروپیل گالات) کمترین میانگین باکتری مزوفیل را داشتند ($p < 0.05$).

تغییرات میانگین تعداد باکتری‌های سرماگرا نیز از روند مشابهی پیروی کرد. در حالی که شمار باکتری‌های سرماگرا در فیله‌های فاقد پوشش از ۱/۴۵ در روز صفر به $\log \text{cfu/g}$ ۶/۸۵ رسید، فیله‌های دارای پوشش فعال آلژینات و اسید اسکوربیک، حاوی کمترین تعداد

نامناسب می شود [۳۱]. در پایان دوره نگهداری، میانگین pH در تمامی فیله های تیمار شده در مقدار کمتر از ۶/۲ بود. سطح pH بالا (۶/۷۵) فیله فاقد پوشش، مصرف آن را برای مصرف نامطلوب ساخته است. مطابق انتظار، کمترین تغییرات pH در فیله های حاوی بسته بندی فعال حاوی اسید آسکوربیک دیده شد (به ترتیب ۵/۸۰ و ۶/۰۰ در پوشش آلزینات و کازئینات). از طرفی این فرضیه ابتدایی مطرح شد که خواص ضد میکروبی ویتامین ث به دلیل اثر کاهش pH آن است. اما، اثرات ضد میکروبی قوی ویتامین ث علیه برخی باکتری ها حتی در یک محیط تقریباً با pH خنثی، موجب رد این فرضیه شد. در عین حال اثرات ضد باکتریایی ویتامین ث می تواند تحت تأثیر هم سویه باکتریایی و هم غلظت قرار گیرد [۲۷].

۳-۳- ارزیابی مجموع ترکیبات از ته فرار

مجموع ترکیبات از ته فرار (TVB-N)^۱ عمدتاً نتیجه فعالیت دی کربوکسیلازها، آنزیم های تولید شده توسط میکروارگانیسم هاست. این آنزیم ها بر روی اسیدهای آمینه آزاد یا اسیدهای آمینه حاصل از هیدرولیز پروتئین عمل می کنند. تخریب پروتئین ها و سایر ترکیبات حاوی نیتروژن در نتیجه مکانیسم های فساد باعث تجمع آمین های آلی می شود که معمولاً به عنوان TVB-N شناخته می شوند. این ترکیبات سمی هستند و باعث تغییرات رنگ و طعم قابل توجهی می شوند که بر مقبولیت محصولات گوشتی تأثیر می گذارد. محتوای آن همان طور که در شکل (۴) دیده می شود، با زمان نگهداری گوشت افزایش می یابد و اغلب الگوی تجمع آن تا حدودی با سایر نشانگرهای زیستی فساد، مانند تعداد میکروب ها (شکل های ۱ و ۲) و تغییرات در پذیرش حسی متناسب است [۳۲].

همان طور که در شکل (۴) نمایش داده شد، روند افزایشی در فیله های تیمار شده به طور معنی داری کمتر از فیله های فاقد پوشش است ($p < 0.05$). در پایان دوره نگهداری، در حالی که فیله های فاقد پوشش دارای TVN (میلی گرم ازت در هر صد گرم گوشت) معادل 2.50 ± 29.50 میلی گرم ازت در هر صد گرم گوشت بودند، فیله های پوشش داده شده با پوشش آلزینات حاوی اسید آسکوربیک به طور معنی داری کمترین مقدار (1.49 ± 1.53) را در بین همه گروه های بسته بندی شده داشتند ($p < 0.05$). این امر را می توان به مقدار pH این تیمارها نسبت داد (شکل ۲). مقادیر pH در طول روزهای ذخیره سازی به سمت مقدار خنثی نزدیک شد، pH بالا منجر به شکسته شدن مقدار زیادتری از پروتئین و در نهایت TVN بالاتر نمونه ها می شود [۳۳].

شود. اثرات ضد باکتریایی قوی ویتامین ث، حداقل تا حدی، به دلیل pH پایین آن و در نتیجه خواص اصلاح کننده محیط است. با این حال، ویتامین ث می تواند رشد استافیلوکوکوس/اورئوس و/استرپتوکوک را حتی در شرایط pH خنثی مهار کند [۲۷]. نشان داده شد که ویتامین ث می تواند به طور قابل توجهی رشد باکتری های گرم مثبت و گرم منفی را مهار کند و به عنوان یک عامل ضد باکتری مؤثر و بی خطر مورد استفاده قرار گیرد [۲۸]. همان طور که دیده شد اسید آسکوربیک خاصیت ضد باکتریایی خود را در بستر آلزیناتی بیشتر از بستر کازئیناتی نشان داد. در بررسی مقایسه ای بسته بندی فعال بر پایه زیست پلیمرهای آلزینات، کازئینات و ژلاتین (همگی ۴ درصد) حاوی اسانس آویشن بر ماندگاری میگو نشان داده شد که ترکیب آلزینات سدیم-آویشن برای حفظ کیفیت میگو در بازه زمانی کمتر از ۱۰ روز در دمای یخچال نسبت به دو پوشش دیگر از قدرت و کارایی بیشتری برخوردار بود [۲۹].

در مقایسه با سایر پلیمرهای زیستی طبیعی، فیلم های آلزینات دارای مقاومت مکانیکی، انعطاف پذیری و ویژگی های بازدارندگی در برابر اکسیژن هستند. فیلم های بر پایه کازئین نیز یک ماتریس منسجم تشکیل می دهد اما، در طول فرآیند خشک شدن منقبض و بنابراین، شکننده می شود [۳۰]. بنابراین، گرچه هیچ یک از بسته های مورد استفاده خاصیت ضد میکروبی ذاتی ندارند، اما، بنظر می رسد اثر بخشی بیشتر اسید آسکوربیک در آلزینات را بتوان به حفظ یکپارچگی ساختاری آن در مقایسه با کازئینات طی دوره نگهداری نسبت داد.

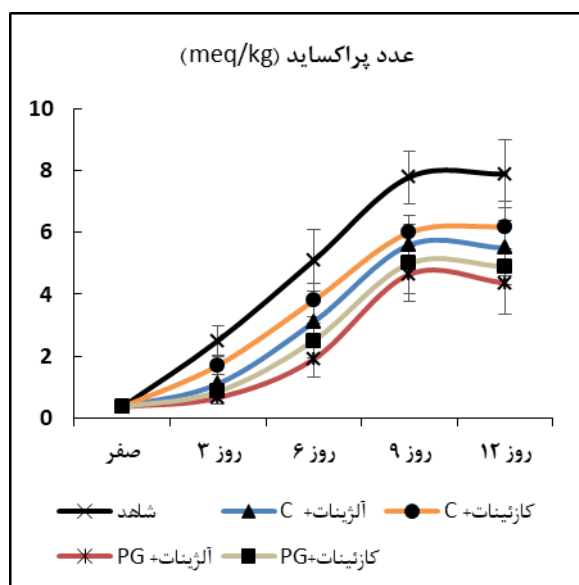
۳-۲- ارزیابی pH

در طول نگهداری، ویژگی های فیزیکی و شیمیایی گوشت، از جمله pH، جذب آب، رنگ و لطافت ممکن است تغییر کند. در این مطالعه، pH گوشت در روز اول در سطح ۵/۶۰ بود (شکل ۳). با افزایش زمان نگهداری، میزان pH گوشت افزایش یافت اما تا روز نهم در همه گروه ها تفاوت معنی داری نداشت. تولید باکتری های اسید لاکتیک، تجمع اجزای قلیایی تولید شده توسط باکتری های سرماگرا و فعالیت اتولیتیک آنزیم های اتوکتون ممکن است دلیل اصلی تغییر pH در طول ذخیره سازی باشد. افزایش سطح pH گوشت در طول نگهداری ممکن است ناشی از فعالیت میکروارگانیسم هایی باشد که در گوشت رشد می کنند و می توانند آنزیم هایی تولید کنند که فرآیند دی آمیناسیون اسیدهای آمینه را کاتالیز می کنند، در نتیجه باعث تشکیل بازهای نیتروژنی و آمونیاک می شود. ضمن اینکه چنانچه pH گوشت طیور از ۶/۲ فراتر نرود، با کیفیت بسیار خوب در نظر گرفته می شود، در حالی که در pH بالاتر از ۶/۷، گوشت برای مصرف

¹ Total volatile basic nitrogen (TVB-N)

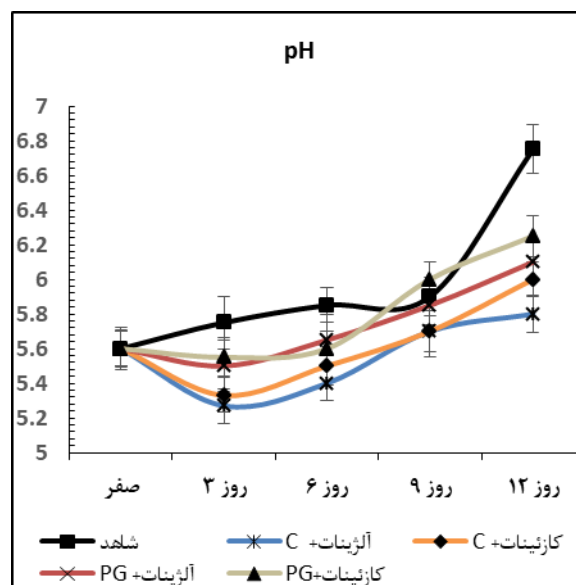
اکسیداسیون در ارتباط باشد. در پایان دوره نگهداری کمترین عدد پراکساید در فیله‌های دارای بسته‌بندی فعال حاوی پروپیل گالات (به ترتیب ۴/۳۷ و ۴/۹۰ در بستر آلژیناتی و کازئیناتی) اندازه‌گیری شد.

درجه هیدرولیز، وجود ضد اکسیدان‌ها و در دسترس بودن اکسیژن سه عامل اصلی مؤثر بر سرعت اکسیداسیون خودکار لیپیدها هستند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که جلوگیری از رشد میکروبی، فعالیت ضد اکسیدانی پروپیل گالات و البته اسید آسکوربیک و کاهش در دسترس بودن اکسیژن به دلیل استفاده از بستر مناسب‌تر، از دلایل کاهش عدد پراکساید در نمونه‌های تیمار شده است [۳۴].

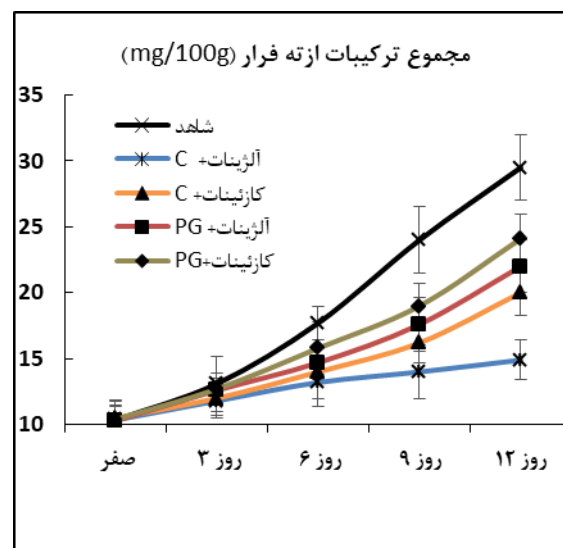


شکل (۵): میانگین تغییرات عدد پراکساید فیله مرغ طی دوره نگهداری (meq/kg)، C: ویتامین ث، PG: پروپیل گالات

ماتریس‌های آلژینات مزیت آزادسازی کنترل شده ضد اکسیدان‌ها را فراهم می‌کند. این مکانیسم، آزادسازی تدریجی و پایدار ضد اکسیدان‌ها را تسهیل می‌کند و به‌طور مؤثری با کاهش آسیب اکسایشی، ماندگاری غذاهای بسته‌بندی شده را افزایش می‌دهد. همچنین، قابلیت شلاته کردن آلژینات نیز قابل توجه است. آلژینات حاوی گروه‌های عاملی است که قادر به تشکیل کمپلکس با یون‌های فلزی مانند آهن و مس هستند. این یون‌های فلزی اغلب به‌عنوان کاتالیزور برای واکنش‌های اکسایشی در غذاها عمل می‌کنند [۱۴]. ضمن اینکه، مانند سایر ضد اکسیدان‌های فنولی، استرهای گالات ضد اکسیدان‌های زنجیره شکن هستند که با انتقال یک اتم هیدروژن از یک گروه هیدروکسیل فنولی به رادیکال‌های لیپیدی یا رادیکال‌های لیپید پراکسیل، پراکسیداسیون لیپیدی را مهار می‌کنند [۲۰].



شکل (۳): میانگین تغییرات pH فیله مرغ طی دوره نگهداری، C: ویتامین ث، PG: پروپیل گالات

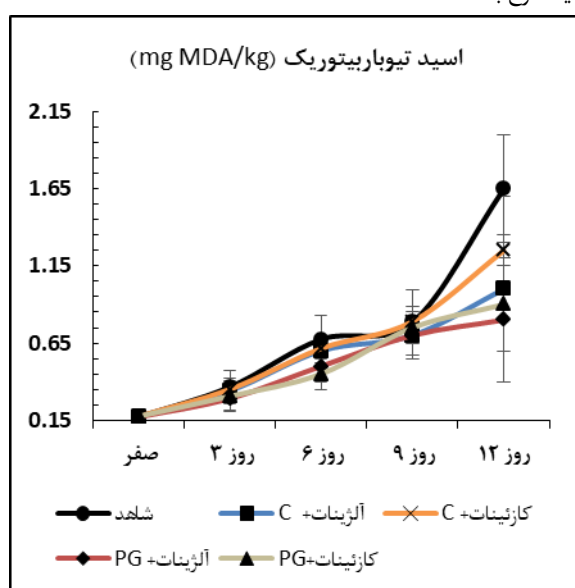


شکل (۴): میانگین تغییرات مجموع ترکیبات ازته فرار فیله مرغ طی دوره نگهداری (mg/100g)، C: ویتامین ث، PG: پروپیل گالات

۳-۴- ارزیابی عدد پراکساید

هیدروپراکساید محصول اولیه اکسیداسیون لیپید است. در شکل (۵) روند افزایشی نسبتاً شدید معنی‌دار عدد پراکساید در تمام گروه‌ها تا روز نهم نگهداری نمایش داده شد ($p < 0.05$). بیشترین و کمترین مقدار عدد پراکساید (میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم) در روز نهم نگهداری به ترتیب در فیله‌های فاقد پوشش (7.180 ± 0.185) و دارای بسته‌بندی فعال آلژینات حاوی پروپیل گالات (4.65 ± 0.90) دیده شد. از روز نهم تا پایان دوره سرعت روند تغییرات عدد پراکساید کند (گروه شاهد و آلژینات و ویتامین ث) و یا کاهشی (سایر گروه‌ها) شد که می‌تواند با تبدیل هیدروپراکسیدها به محصولات ثانویه

بسته‌بندی‌ها به‌ویژه آلژینات روی سطح فیله‌ها از تعامل بین هوا و سطح گوشت جلوگیری می‌کند و بنابراین اکسیداسیون کاهش می‌یابد (نتایج PV در شکل ۴)، در نتیجه، مقادیر TBA کاهش یافت. در روز پایانی نگهداری، مقادیر TBA در تمام فیله‌های مرغ بین ۰/۸۰ تا ۱/۶۵ میلی گرم مالون‌دی‌آلدئید بر کیلوگرم گوشت متغیر بود (شکل ۶). این مقادیر بسیار کمتر از حد مجاز ۲ میلی گرم مالون‌دی‌آلدئید بر کیلوگرم است که در آن طعم و قابلیت مصرف کاهش می‌یابد. علاوه بر این، کاهش نفوذپذیری اکسیژن پوشش‌ها به‌خصوص آلژینات می‌تواند دلیل دیگری برای کاهش اکسیداسیون فیله مرغ باشد [۳۴].



شکل (۶) میانگین تغییرات اندیس اسید تیوباریتوریک فیله مرغ طی دوره نگهداری (mg MDA/kg)، C: ویتامین ث، PG: پروپیل گالات

۳-۶- ارزیابی ظرفیت نگهداری آب

دما و زمان نگهداری و رشد میکروبی‌شناسی عوامل اصلی تأثیرگذار بر توانایی نگهداری آب میوفیبریل‌ها در گوشت در طی نگهداری در شرایط سرد می‌باشد. به احتمال زیاد، کاهش آب موجود در گوشت با گذشت زمان نگهداری، نتیجه نشت بیشتر از گوشت است. نشتی گوشت سرد شده به pH گوشت بستگی دارد. گوشت طیور با pH پایین با ظرفیت نگهداری آب پایین در ارتباط است که منجر به افزایش افت پخت و ماندگاری و کاهش تردی می‌شود [۳۱].

مطابق شکل (۷)، با گذشت زمان، ظرفیت نگهداری آب در فیله فاقد پوشش با کاهش حدود ۳۸ درصدی به ۴۰/۷۰ درصد رسید، در حالی که این مقدار در تمامی فیله‌های تیمار شده به‌طور معنی‌داری بالاتر بود ($p < 0.05$)، اما، اختلاف معنی‌داری بین فیله‌های بسته‌بندی شده وجود نداشت.

از طرفی، اسید آسکوربیک یک ضد اکسیدان غیر آنزیمی است که پتانسیل کاهش سوخت و ساز لیپیدها و نیز از بین بردن رادیکال‌های آزاد را دارد. همچنین به‌دلیل وجود گروه‌های OH در یک طرف مجاور اتم‌های کربن، قابلیت شلاته کردن یون‌های فلزی را دارد. این ماده به‌عنوان یک زداپنده‌ی رادیکال‌های آزاد عمل می‌کند و از اکسیداسیون جلوگیری می‌کند. اسید اسکوربیک رادیکال‌های آزاد را به رادیکال‌های غیر آزاد تبدیل می‌کند زیرا اتم‌های هیدروژن جفتی اسید اسکوربیک با الکترون‌های جفت نشده رادیکال‌های آزاد کمپلکسی را تشکیل می‌دهند که آنها را به رادیکال‌های غیر آزاد تبدیل می‌کنند [۲۸]. عدد پراکساید در تمامی فیله‌ها در محدوده مجاز (۱۰ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم) قرار داشت؛ در عین حال فیله‌های پوشش داده شده حاوی اسید اسکوربیک در هر دو بستر نیز به‌طور معنی‌داری، عدد پراکساید پایین‌تری نسبت به فیله‌های فاقد بسته‌بندی داشتند.

۳-۵- ارزیابی اندیس تیوباریتوریک اسید

تغییرات میانگین مقادیر TBA در نمونه‌ها طی دوره نگهداری در شکل (۶) نشان داده شده است. مقادیر اولیه TBA تقریباً ۰/۱۷ میلی گرم مالون دی‌آلدئید بر کیلوگرم بود. با گذشت زمان نگهداری، به‌ویژه از روز نهم تا پایان دوره، این مقدار روند افزایشی شدیدتری نشان داد که می‌تواند ناشی از تبدیل محصولات اولیه اکسیداسیون به محصولات ثانویه (آلدئیدها و کتون‌ها) باشد. مقدار TBA در فیله فاقد پوشش از ۰/۲۱ ± ۰/۷۸۵ در روز نهم به ۰/۳۵ ± ۱/۶۵ رسید در حالی که کمترین مقدار تغییرات و TBA نهایی در روز پایانی مربوط به فیله بسته‌بندی شده با پوشش آلژینات حاوی پروپیل گالات (0.40 ± 0.80) اندازه‌گیری شد ($p < 0.05$).

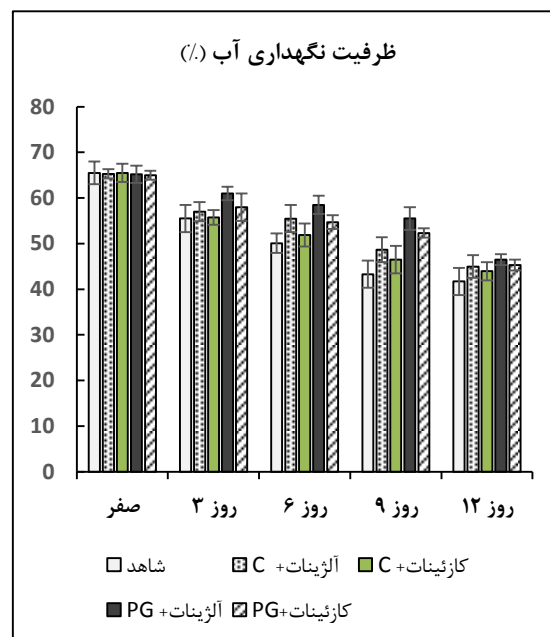
اندیس اسید تیوباریتوریک به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی میزان اکسید شدن ثانویه چربی مورد استفاده قرار می‌گیرد و ناشی از وجود مواد واکنش‌دهنده با اسید تیوباریتوریک حاصل از مرحله دوم اکسیداسیون خودبخودی است که طی آن، پراکسیدها به موادی مثل آلدئیدها و کتون‌ها اکسید می‌شوند. پروپیل گالات با دارا بودن فعالیت ضد اکسیدانی قوی در بسته‌بندی‌های محتوی، با احیای محصولات اکسیداسیون از ادامه روند اکسیداسیون و افزایش مواد واکنش‌دهنده با اسید تیوباریتوریک جلوگیری می‌نماید [۳۵]. همچنین به‌وضوح دیده شد که ماتریس آلژینات با حفظ یکپارچگی تا پایان دوره موجب رهایش آهسته و مداوم افزودنی‌ها به فیله‌ها شده و نقش حفاظتی در برابر اکسیداسیون تا روز پایانی نگهداری حفظ شد. در تحقیقات مشابه نیز بکارگیری انواع ماتریس‌های پلی ساکارییدی موجب تأخیر در روند افزایشی نشانگرهای PV و TBA و حفظ کیفیت و ماندگاری گوشت شد [۳۶، ۳۷].

۴- نتیجه‌گیری

ارزیابی نشانگرهای شیمیایی، میکروبی و اکسایشی اندازه‌گیری شده بر روی فیله مرغ بیانگر تأثیر مطلوب پوشش‌های فعال بر افزایش ماندگاری فیله مرغ در محدوده‌ی مجاز و قابل مصرف بود. همچنین اسید آسکوربیک دارای خاصیت ضد باکتریایی و پروپیل گالات دارای خاصیت ضد اکسیداسیونی بیشتری بودند. در عین حال نتایج بررسی مقایسه‌ای پوشش‌های پلی‌ساکاریدی (آلژینات سدیم) و پروتئینی (کازئینات سدیم) نشان داد در مقایسه با کازئینات سدیم، آلژینات سدیم بستر مناسب‌تری برای اثربخشی افزودنی‌ها طی دوره نگهداری فیله‌ها بود. ضمن اینکه، برای غلبه بر ضعف‌های پوشش‌های مورد استفاده، بکارگیری پوشش کامپوزیتی فعال بر پایه آلژینات - کازئینات و برای اثربخشی بیشتر، استفاده توأم افزودنی‌ها توصیه می‌شود.

۵- مراجع

- [1] 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).
- [2] 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).
- [3] M. Asgher, S.A. Qamar, M. Bilal, and H.M. Iqbal, "Bio-based active food packaging materials: Sustainable alternative to conventional petrochemical-based packaging materials," Food Res. Int., vol. 137, pp. 109625, 2020. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109625.
- [4] 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.
- [5] M. Gagaoua, T. Bhattacharya, M. Lamri, F. Oz, A.L. Dib, E. Oz, I. Uysal-Unalan, and I. Tomasevic, "Green coating polymers in meat preservation," Coatings, vol. 11, pp. 137, 2021. <https://doi.org/10.3390/coatings11111379>
- [6] 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).
- [7] E. Baldwin, R. Hagenmaier, and J. Bai, "Edible Coatings and Films to Improve Food Quality," CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2011.
- [8] 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).
- [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] Y. Laorenza, V. Chonhenchob, N. Bumbudsanpharoke, W. Jittanit, S. Sae-tan, C. Rachtanapun, W.P. Chanput, S. Charoensiddhi, A. Srisa, K. Promhuad, et al. "Polymeric packaging applications for seafood products: packaging- Deterioration relevance, Technology and Trends," Polymers, vol. 14, pp. 3706, 2022. <https://doi.org/10.3390/polym14183706>



شکل (۷): میانگین تغییرات ظرفیت نگهداری آب فیله مرغ طی دوره

نگهداری (درصد)، C، ویتامین ث، PG، پروپیل گالات

نمونه‌های گوشت بسته‌بندی شده ظرفیت نگهداری آب بالاتری را نشان دادند که می‌تواند به دلیل افزودن هیدروکلوئیدهای آبدوست باشد که از دست دادن رطوبت جلوگیری می‌کند. نتایج مطالعه حاضر با تحقیقات مشابه مطابقت دارد. 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 [۳۸]. بدین ترتیب با توجه به آثار ضد میکروبی و ضد اکسیدانی پوشش‌های فعال که با ارزیابی نشانگرهای مجموع ترکیبات ازته فرار، عدد پراکساید و اندیس اسید تیوباربتوریک و نیز شمار باکتری‌های مزوفیل سطح فیله در این آزمایش و تحقیقات مشابه به اثبات رسید، بالاتر بودن میانگین ظرفیت نگهداری آب در فیله‌های بسته‌بندی شده قابل انتظار بود. نقش حفاظتی و بازدارندگی زیست‌پلیمر آلژینات در برابر رطوبت و گازها از یک سو و نیز اثر هم‌افزایی آن با افزودنی‌ها موجب شد فیله‌های با پوشش فعال بتوانند ظرفیت نگهداری آب خود را مدت بیشتری حفظ نمایند که با نتایج تحقیقات مشابه با زیست‌پلیمرهای پلی‌ساکاریدی و ترکیبات شیمیایی گیاهی بر روی گوشت مرغ در تطابق است [۳۶، ۱۶].

- [26] 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
- [27] S. Mousavi, S. Bereswill and M.M. Heimesaat, "Immunomodulatory and antimicrobial effects of vitamin C," *European Journal of Microbiology and Immunology*, vol. 9 (3), pp. 73-79, 2019.
- [28] S. Mumtaza, S. Mumtaza, S. Alia, H.M. Tahira, S.A.R. Kazmib, T.A. Mughalc and M. Younas, "Evaluation of antibacterial activity of vitamin C against human bacterial pathogens," *Brazilian Journal of Biology*, vol. 83, pp. e247165, 2023. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.247165>
- [29] S. Reyhani Poul, and A. Alishahi, "Comparison of the effect of sodium alginate, sodium caseinate and gelatin coatings in combination with thyme essential oil on shrimp shelf life," *Food Processing and Preservation Journal*, vol. 13 (1), pp. 15-30, 2021. DOI: 10.22069/EJFPP.2020.17070.1563 (In Persian).
- [30] S. Bhatia, A. Al-Harrasi, M.S. Al-Azri, S. Ullah, A.E. Bekhit, A. Pratap-Singh, M.K. Chatli, M.K. Anwer, and M.F. Aldawsari, "Preparation and physicochemical characterization of bitter orange oil loaded sodium alginate and casein based edible films," *Polymers*, vol. 14, pp. 3855, 2022. <https://doi.org/10.3390/polym14183855>
- [31] A. Augustynska-Prejsnar, P. Hanus, M. Ormian, M. Kacániova, Z. Sokolowicz, and J. Topczewska, "The effect of temperature and storage duration on the quality and attributes of the breast meat of hens after their laying periods," *Foods*, vol.12, pp.4340, 2023. <https://doi.org/10.3390/foods12234340>
- [32] A.E.A. Bekhit, B.W.B. Holman, G. Stephen, G. Giteru, D.L. Hopkins, "Total volatile basic nitrogen (TVB-N) and its role in meat spoilage: A review," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 109, pp. 280-302, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.006>
- [33] E.M. Awad Allah, S.M. Saad, M.A. Hassan, H.F.M. Hassan, "Chemical studies on shelf life time of chilled chicken meat," *Benha Veterinary Medical Journal*, vol. 39, pp. 173-176, 2020.
- [34] F. Dalvandi, H. Almasi, B. Ghanbarzadeh, H. Hosseini, N. Karimian Khosroshahia, "Effect of vacuum packaging and edible coating containing black pepper seeds and turmeric extracts on shelf life extension of chicken breast fillets," *Journal of Food and Bioprocess Engineering*, vol. 3 (1), pp. 69-78, 2020. <https://doi.org/10.22059/jfabe.2020.76631>
- [35] 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 ethanolic and methanolic extracts," *Research and Innovation in Food Sciences and Technology*, vol. 2, pp. 193-204, 2013. DOI: 10.22101/JRIFST.2013.09.16.227 (In Persian).
- [36] 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).
- [37] 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 ±10°C)," *Journal of Food Science and Technology*, vol. 16(87), pp. 253-261, 2019, (In Persian).
- [38] 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>
- [11] M. Zargar, S. Yeganeh, S.H. Razavi, and M. Ojagh, "Effects of sodium caseinate edible coating on quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during storage in refrigerator temperature," *Journal of Food Science and Technology*, vol. 11 (44), pp. 71-81, 2014 (In Persian).
- [12] S. Ranjbaryan, M. Rezazadeh Bari, H. Almasi, and S. Amiri, "Effect of sodium caseinate based nanocomposite active films and coatings containing cinnamon essential oil on the quality improving and shelf life extension of chicken fillets," *Journal of Food Science and Technology*, vol. 14 (71), pp. 171-184.
- [13] S. Amiri, Zh. Sadeghnezhad, M. Rezazadeh Bari, H. Almasi, "The effect of composite edible film of sodium caseinate/ pectin/zedo gum with Hedgenettles extract on shelf life of chicken fillet," *Journal of Packaging Science and Technology*, vol. 12 (3), pp. 31-41, 2021.
- [14] Ch. Metha, Sh. Pawar and V. Suvama, "Recent advancements in alginate-based films for active food packaging applications," *Sustainable Food Technol.*, 2024. DOI: 10.1039/d3fb00216k
- [15] V.M. Rangaraj, K. Rambabu, F. Banat and V. Mittal, "Natural antioxidants-based edible active food packaging: An overview of current advancements," *Food Biosci.*, vol. 43, pp. 101251, 2021. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.101251
- [16] D. Khademi Shurmasti, F. Yamini, and N. Badakhshan, "Effect of *Satureja hortensis* extract and polysaccharide-based active biocomposite coating on broiler fillet shelf life during refrigerated storage (4±10°C)," *Iranian Journal of Food Science and Technology*, vol. 18(115), pp. 271-281, 2021. DOI: 10.29252/fsct.18.06.22 (In Persian).
- [17] J. Kwiecinska-Pirog, K. Skowron, T. Bogiel, A. Bialucha, J. Przekwas, and E. Gospodarek-Komkowska, "Vitamin C in the presence of sub-inhibitory concentration of aminoglycosides and fluoroquinolones alters *Proteus mirabilis* biofilm inhibitory rate," *Antibiotics*, vol. 8 (3), pp. 116, 2019. <http://dx.doi.org/10.3390/antibiotics8030116>
- [18] M. Khezri Ahmabad, M. Rezaei, and M. Ojagh, "The effect of ascorbic acid combined with whey protein coating on the shelf-life of rainbow trout stored at refrigerator temperature: Microbial and chemical analyzes," *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, vol. 7, pp. 69-78, 2012 (In Persian).
- [19] M. Pirmia, F. Tabatabaee Yazdi, S.A. Mortazavi, and M. Mohebbi, "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 Technology*, vol. 17 (100), pp. 43-56, 2020. DOI: 10.29252/fsct.10.29252 (In Persian).
- [20] M.E. Medina, C. Iugab and J.R. Alvarez-Idaboy, "Antioxidant activity of propyl gallate in aqueous and lipid media: a theoretical study," *Phys. Chem. Chem. Phys.*, vol. 15, pp. 13137, 2013. DOI: 10.1039/c3cp51644j
- [21] M. Moura-Alves, E. Alexandra C. Maria, A.S. Jose, and S. Cristina, "Antimicrobial and antioxidant edible films and coatings in the shelf-life improvement of chicken meat," *Foods*, vol. 12 (12), pp. 2308, 2023. DOI: 10.3390/foods12122308.
- [22] F. Lu, D. Liu, X. Ye, Y. Wei, and F. Liu, "Alginate-calcium coating incorporating nisin and EDTA maintains the quality of fresh northern snakehead (*Channa argus*) fillets stored at 4 °C," *Journal of Science Food Agriculture*, vol. 89, pp. 848-854, 2009.
- [23] H. Tabatabaee, T. Mostaghim and A. Rahman, "Shelf-life increase of trout fish fillets wrapped with sodium caseinate film incorporated with tea seed extract," *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, vol. 11 (2), pp. 15-28, 2019 (In Persian).
- [24] 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
- [25] H. Egan, R.S. Kirk, and R. Sawyer, "Pearson's Chemical Analysis of Food," 9th Edition, Longman Scientific and Technica, pp. 609-634, 1997.