



## مطالعه فیلم پلی لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره بر مدت ماندگاری فیله مرغ

مینا تذکری<sup>۱</sup>، حسن حامدی<sup>۲</sup>، سید امیر علی انوار<sup>۳</sup>، نکیسا سهرابی حقدوست<sup>۴</sup>

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه بهداشت مواد غذایی دانشکده دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۲-استادیار گروه بهداشت مواد غذایی دانشکده دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۳-دانشیار، گروه کنترل کیفی و بهداشت مواد غذایی، دانشکده علوم دامپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۴-استادیار گروه بهداشت مواد غذایی دانشکده دامپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله :	عصاره های گیاهی و نانوذرات تهیه شده از آن ها به جهت دارا بودن خواص ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی می توانند در افزایش مدت ماندگاری گوشت مورد استفاده قرار گیرند. در تحقیق حاضر تاثیر فیلم های پلی لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری بر خواص فیزیکوشیمیایی و میکروبی فیله مرغ در دمای یخچالی در بازه های زمانی ۰، ۳، ۷ و ۱۴ روز مورد بررسی قرار گرفت. نمونه ها شامل شاهد (کد ۱)، فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم پلی لاکتیک اسید (کد ۲)، فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم پلی لاکتیک اسید حاوی عصاره مرزه ریشنگری (کد ۳) و فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم پلی لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری (کد ۴) بودند. نتایج نشان داد که میانگین قطر هاله عدم رشد بر علیه باکتری های استافیلوکوکوس اورئوس و اشریشیاکلی برای عصاره مرزه حاوی نانوذرات نقره به طور معنی داری بالاتر از عصاره مرزه بود ( $p \leq 0/05$ ). در تمامی روزهای مورد بررسی به جز روز یکم، پائین ترین میزان pH و تیوباربیتوریک اسید متعلق به نمونه ۴ بود ( $p \leq 0/05$ ). در روزهای سوم و هفتم، بالاترین مولفه رنگی $L^*$ متعلق به نمونه ۴ بود ( $p \leq 0/05$ ). در تمامی روزهای مورد بررسی به جز در روز یکم، پائین ترین جمعیت باکتری های مزوفیل، سایکروفیل، کلی فرم، استافیلوکوکوس اورئوس و کپک و مخمر و کپک و مخمر و همچنین بالاترین امتیاز کلیه فاکتورهای حسی (بو، رنگ، بافت، پذیرش کلی) متعلق به نمونه ۴ بود ( $p \leq 0/05$ ). نمونه ۴ به جهت امتیاز حسی بالاتر و ویژگی های میکروبی مطلوب تر به عنوان تیمار برتر انتخاب شد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۲۴	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۲۷	
کلمات کلیدی:	
پلی لاکتیک اسید،	
فیله مرغ،	
مرزه ریشنگری،	
نانوذرات نقره	
DOI:10.22034/FSCT.21.154.15.	
* مسئول مکاتبات:	

## ۱- مقدمه

مجاز تلقی شده است [۵]. PLA ضمن بهره مندی از قابلیت‌های فراوان از نظر منابع تولیدی و فرآیند تولید و همچنین زیست تخریب پذیری جهت استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی و دارویی معایبی از جمله شکنندگی و ترد بودن و قابلیت شکل پذیری پایین نیز دارد که باعث کاهش میزان کارایی آن گردیده است. در نتیجه بهبود خواص مکانیکی آن از طریق افزودن تقویت کننده‌های مناسب و تعیین اثر سطوح مختلف آن‌ها می‌تواند این بیو پلیمر را به عنوان یک ماده بسته‌بندی اصلی در صنایع مختلف به ویژه مواد غذایی تبدیل کند [۶]. تحقیقات نشان داده است که می‌توان با استفاده از فناوری نانو، مزایای فراوانی را در مواد ضد میکروبی نظیر کاهش مصرف مواد ضد میکروبی، افزایش کارایی، سازگاری بالا با محیط زیست و بهبود کیفیت ایجاد نمود [۷]. نانوذرات، موادی با ساختار سه بعدی می‌باشند که اندازه آن‌ها از ۱ تا ۱۰۰ نانومتر متغیر است. ذرات نانو می‌توانند با استفاده از روش‌های سبز و غیر سبز ساخته شوند. روش‌های غیر سبز شامل روش‌های شیمیایی و فیزیکی هستند [۸]. نانوذرات خواص ضد میکروبی خوبی از خود نشان می‌دهند که به دلیل دارا بودن نسبت سطح به حجم بالای آنهاست [۹]. ترکیبات شیمیایی موجود در گیاهان مانند آنتی‌اکسیدان‌ها و قندها، نقش مهمی در ساخت نانوذرات دارند. گیاهان محتوی ترکیبات احیاءکننده گزینه بسیار مناسبی در سنتز نانوذرات هستند، زیرا یون‌های فلزی می‌توانند به فلزات مربوطه احیاء شوند [۱۰، ۱۱]. نانوذرات فلزی در زمینه‌های مختلف علمی و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۲]. در این میان، نانوذرات نقره (AgNPs) به دلیل رسانایی خوب، پایداری شیمیایی، خواص کاتالیتیک، فتونیک و اپتوالکترونیک بسیار مورد توجه بوده‌اند [۱۳]. نقره از دیرباز به عنوان یک ماده ضد عفونی کننده مورد توجه بوده است، اما به دلیل خاصیت باکتری کشی کم و با توسعه آنتی‌بیوتیک‌ها و مواد شیمیایی

گوشت مرغ به عنوان یک منبع پروتئینی بسیار محبوب در سرتاسر جهان محسوب می‌گردد و مصرف آن در دهه اخیر در بسیاری از کشورها به جهت هزینه پایین‌تر تولید آن نسبت به گوشت قرمز، محتوای چربی پایین و ارزش تغذیه‌ای بالای آن رو به افزایش بوده است. از آنجایی که گوشت مرغ به گروه مواد غذایی فاسد شدنی تعلق دارد و بایستی در شرایط سرمایی نگهداری گردد، یکی از دغدغه‌های مهم صنعت مربوطه افزایش عمر نگهداری این محصولات می‌باشد [۱]. بسته‌بندی بر اساس مواد سنتزی متداول، به علت زیست - تخریب پذیر نبودن آن‌ها، منجر به مشکلات جدی زیست محیطی شده است. در این زمینه، بیوپلیمرها را می‌توان یک منبع جایگزین برای توسعه بسته‌بندی دانست. استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی بر پایه پلیمرهای طبیعی و افزودنی‌های مجاز غذایی قابل اهمیت است [۲]. از طرفی تمایل مصرف کنندگان بر مصرف محصولات "سالم تر" که عاری از مواد نگهدارنده شیمیایی باشد باعث گردیده که صنعت مواد غذایی به دنبال راه‌حلی باشد که ضمن افزایش عمر نگهداری محصولات، خواص مصرف کنندگان را نیز تأمین نماید. در سال‌های اخیر یکی از راه‌حل‌های ارائه شده، استفاده از پوشش‌های زیست تخریب پذیر ضد میکروبی بوده است [۱]. پلی لاکتیک اسید پلی استری ترموپلاستیک با زنجیر خطی است و اسید لاکتیک به عنوان مونومر تشکیل دهنده PLA<sup>۱</sup> به شمار می‌رود [۳]. PLA یک بیوپلیمر زیست تخریب پذیر است که به طور معمول از تخمیر ترکیبات قندی مثل نشاسته ذرت تولید شده و به دو روش اسپارش تراکمی و حلقه باز پلیمریزه می‌شود [۴]. PLA دارای ویژگی‌های مطلوبی از جمله استحکام مکانیکی بالا و شفافیت و بازدارندگی در مقابل نور فرابنفش می‌باشد. همچنین استفاده از آن به عنوان ماده‌ای در تماس با ماده غذایی از سوی FDA

<sup>۱</sup> Poly Lactic acid

میزان ازت فرار شد و بیشترین اثر ضد میکروبی در گروه رزماری و به دنبال آن آویشن، مشاهده شد [۱۸]. در تحقیق حاضر با هدف بهبود ویژگی‌های میکروبیولوژیکی، خواص فیزیکوشیمیایی و حسی فیله مرغ از پوشش دهی توسط فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید محتوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری استفاده شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱ تهیه مواد اولیه

گیاه مرزه ریشنگری از پژوهشکده گیاهان دارویی، پودر نانو نقره با خلوص ۹۹/۹ درصد شرکت سیگما آلدریچ (Sigma aldrich) ایالات متحده آمریکا و گرانول خالص پلی وینیل-الکل (Food Grade) که توسط مجتمع پتروشیمی بندر امام تولید شده بود استفاده شد. فیله‌های مرغ تازه از بازار محلی تهیه گردید.

### ۲-۲ عصاره گیری گیاه مرزه ریشنگری

در این روش اندام‌های هوایی گیاه (یعنی بدون ریشه چون ریشه میزان غده برای عصاردهی کم و اندک است) در مرحله گل‌دهی (بیشترین میزان عصاره‌دهی گیاه این مرحله است و بیشترین میزان هم در برگ‌ها است) تهیه و شسته شد و در دمای ۵۰ درجه سلسیوس درون آون به مدت یک روز خشک گردید. مرزه خشک شده در آسیاب پودر شد و ۱۰ گرم آن در ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد. در حرارت غیر مستقیم یعنی بن ماری آب ۹۰ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان ۱۰ دقیقه قرار داده شد. ابتدا با قیف بوخنر و سپس با کاغذ صافی واتمن شماره ۲ صاف شد و در دمای ۴ درجه نگهداری شد [۱۹].

### ۲-۳ اندازه‌گیری حداقل غلظت مهارکنندگی<sup>۲</sup> و حداقل غلظت کشندگی<sup>۳</sup>

حداقل غلظت مهارکنندگی با استفاده از روش میکرودايلوشن براث تعیین شد. سويه های استاندارد بر اساس دستورالعمل-های استاندارد آزمایشگاهی و کلینیکی<sup>۴</sup> (M100-S16) برای انجام آنتی بیوگرام از لحاظ مقاومت به آنتی بیوتیک‌ها

ضدباکتری، استفاده از آن محدود شده بود. با این حال، با توسعه تولید AgNPs استفاده مجدد از نقره به عنوان ماده باکتری‌کش قدرتمند رونق یافته است [۱۴]. نانو نقره می‌تواند بر روی باکتری‌های گرم مثبت، باکتری‌های گرم منفی، کپک و قارچ اثر کرده و آن‌ها را از بین ببرد [۱۵]. مرزه ریشنگری، گیاه بومی ایران است که بطور وسیعی در بخش‌های شمالی کشور گسترش دارد این گیاه متعلق به جنس *satureja* و خانواده *Lamiaceae* بوده و در طب سنتی این گیاه به عنوان ضد درد و ضد عفونت معروف است. از خانواده گیاهی لامیاسه (نعناعیان) و از گونه‌های با خاصیت آنتی‌اکسیدانی چشمگیر می‌باشد. شواهد زیادی مبنی بر خواص ضد ویروسی ضد باکتریایی و ضد قارچی از اجزای سازنده اسانس و عصاره مرزه گزارش شده و تحقیقات زیادی انجام شده است تا مشخص گردد کدام یک از گروه‌های عاملی یا ساختارهای فضایی ترکیبات سازنده اسانس مسئول خاصیت آن‌ها هستند [۱۶]. در ارتباط با نانوذرات سنتز شده از عصاره‌های گیاهی و بکارگیری آن‌ها در پوشش‌های ضد میکروبی تحقیقات گوناگونی انجام شده است. *Rasaee* و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی بیوستز نانو ذرات نقره با استفاده از عصاره برگ گیاه مرزه *hortensis* تیمار دهی شده با NaCl و خواص ضد باکتریایی آن پرداختند. مقادیر FTIR شکل نسبتاً کروی با اندازه ۲/۹ تا ۳/۴ نانومتر را نشان داد. نتایج نشان داد که مونوترپن‌های آروماتیک مرزه نقش موثری در بیوستز نانو نقره دارند. همچنین بیشترین اثر ضد میکروبی علیه باسیلوس سوبتیلوس گزارش شد [۱۷]. *Ozogul* و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی نانوامولسیون بر پایه اسانس‌های گیاهی (رزماری، برگ بو، آویشن، مریم‌گلی) بر ویژگی‌های حسی، شیمیایی و میکروبیولوژی فیله ماهی قزل‌آلای رنگین کمان طی نگهداری در یخ بیان نمودند که نانوامولسیون منجر به بهبود ویژگی‌های ارگانولپتیک فیله‌ها شد و مدت زمان نگهداری فیله‌ها از ۱۴ روز در نمونه کنترل، به ۱۷ روز در نمونه‌های محتوی نانوامولسیون افزایش یافت. همچنین منجر به کاهش پارامترهای میکروبی و کاهش رشد باکتری‌ها، میزان پراکسید،

<sup>۴</sup>Clinical and Laboratory Standards Institute

<sup>۲</sup>Minimum Inhibitory Concentration

<sup>۳</sup>Minimum Bactericidal Concentration

بررسی شدند. کشت شبانه تازه میکروارگانیزم مورد آزمون برای تهیه سوسپانسیون سلولی مولر هیتون براث (MHB)<sup>۳</sup> دوبار برای سوبیه‌های باکتریایی برای بدست آوردن ۱۰<sup>۶</sup> واحد تشکیل کلنی (CFU/ml) و ۱×۱۰<sup>۳</sup> cells/ml-۲ تغلیظ شد. عصاره مورد بررسی در دی متیل سولفوکسید ۴ درصد (DMSO)<sup>۴</sup> و سپس ۱۰۰ μl از هر رقت در میکروول‌ها قرار گرفتند و به طور جداگانه با ۱۰۰ μl سوسپانسیون باکتریایی تلقیح داده شدند. بعد از مخلوط دقیق، میکروپلیت‌های تلقیح شده در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد برای ۲۴ ساعت انکوبه شدند. حداقل غلظت بازدارندگی به عنوان پایین‌ترین غلظت برای مهار رشد قابل ملاحظه‌ای از میکروارگانیزم‌ها بیان شد. برای تعیین حداقل غلظت میکروبی ۱۰۰ میکرولیتر از بخشی از براث از هر چاهک گرفته شد، روی محیط کشت مولر هیتون آگار گسترده شده و در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت برای باکتری انکوباسیون صورت گرفت. پایین‌ترین غلظتی که میکروارگانیزم‌های انکوبه کاملاً کشته می‌شوند (کاهش ۹۹/۹ درصد در CFU/ml در مقایسه با شاهد) به عنوان حداقل غلظت کشندگی تعریف شد. جتتامایسین به عنوان شاهد مثبت ضد میکروبی مورد استفاده قرار گرفت [۲۰،۲۱].

**۲-۴ سنتز نانو ذرات نقره**

نیترات نقره ۰/۰۰۱ M (Merck, Germany) با با عصاره *S. Rechingeri* ترکیب شد به طوری که نسبت عصاره به نیترات نقره را یک به چهار در نظر گرفته شد. تغییر رنگ محلول از زرد روشن به قهوه‌ای تیره نشان دهنده انجام واکنش و سنتز نانوذرات بود. این فرآیند در pH=۷ و در دمای اتاق به مدت ۲۴ ساعت انجام شد [۲۲].

**۲-۵ آنالیز انتشار چاهک در آگار**

سوبیه‌های باکتری و قارچ‌های مورد آزمایش استاندارد شامل باکتری‌های گرم مثبت استافیلوکوکوس ارئوس PTCC1112 (ATCC 6735) و گرم منفی اشرشیاکلی PTCC1330 (ATCC 8739)، اسپرژیلوس-آسپرژیلوس-

نایجر (ATCC 9029) PTCC 5010 وکانیدیا آلپیکنس 5027 (ATCC 10231) به صورت لیوفیلیزه از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه شد. نمونه‌های میکروبی بر اساس روش‌های استاندارد احیا شد. از کشت تازه میکروبی، چند کلونی به محیط کشت مولر هیتون براث استریل منتقل شد تا کدورت کشت‌های حاصله به صورت بصری مشابه با کدورت لوله ۰/۵ مک فارلند (۱۰<sup>۸</sup> × ۱/۵) باکتری در هر میلیلیتر) پس از ورتکس کردن باشد. سپس سوآپ پنبه‌ای استریل را در کنار شعله و زیر هود لامینار وارد سوسپانسیون میکروبی تهیه شده با کدورت معادل لوله ۰/۵ مک فارلند کرده و به آن آغشته شد و با کشیدن سوآپ به جداره لوله مقدار اضافی سوسپانسیون را گرفته و به صورت یکنواخت سوآپ بر روی پلیت حاوی محیط کشت مولر هیتون آگار گسترش داده شد تا کشت باکتریایی صورت گیرد. سپس در سطح پلیت گودی‌ها یا چاهک‌هایی توسط پیبت پاستور استریل با قطر ۵ میلیمتر و به فاصله ۲ سانتیمتر از هم ایجاد شد. هر چاهک به وسیله رقت‌های مختلفی از عصاره پر شد. به عنوان شاهد مثبت آزمایش از آنتی بیوتیک استرپتومایسین و به عنوان شاهد منفی از دی‌متیل سولفوکساید (DMSO) استفاده شد. به منظور جلوگیری از تبخیر نمونه‌های آزمون، دورتادور پلیت‌ها با پارافیلیم استریل آزمایشگاهی کاملاً پوشانده شد. پس از اتمام کار، تمامی پلیت‌های مورد آزمون در دمای اتاق به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفته و سپس به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتیگراد قرار می‌گیرند. عملیات مذکور با سه تکرار انجام شد. پس از سپری شدن این زمان، کشت باکتریایی از نظر تشکیل و یا عدم تشکیل هاله عدم رشد برحسب میلیمتر توسط کولیس اندازه گیری و میانگین آن‌ها محاسبه شد [۲۰،۲۱].

## ۲-۶ تهیه فیلم‌ها

جهت تهیه فیلم پلی لاکتیک اسید، محلول پلی لاکتیک اسید در کلروفرم تهیه و به مدت ۴ ساعت در دمای محیط تا حل شدن کامل گرانول‌ها و ایجاد محلول یکنواخت هم زده شد.

<sup>۳</sup>Mueller Hinton Broth  
<sup>۴</sup>Dimethyl sulfoxide

اختلاط ۱۵ گرم نمونه با ۱۵۰ میلیلیتر آب دیونیزه به مدت زمان ۲ دقیقه اندازه‌گیری شد. لازم به توضیح است که pH متر قبل از استفاده با محلول‌های بافر ۴ و ۷ کالیبره شد [۲۴].

#### ۲-۸-۲ اندازه‌گیری ماده واکنش دهنده با اسید تیوباربتوریک (TBARS<sup>7</sup>)

مقدار TBARS به صورت کالریمتریک (رنگ سنجی) با استفاده از روش اصلاحی Pikul و همکاران (۱۹۸۹) انجام شد. حدود ۱۰ گرم از نمونه گوشت ماهی وزن شده و با ۱ میلیلیتر از BHT (۱ میلی‌گرم بر میلیلیتر) و ۳۵ میلیلیتر از تری کلرواستیک اسید (۵ درصد) هموژن شد. محلول هموژن بدست آمده به یک فلاسک انتقال داده شده و سپس ۱۰۰ میلیلیتر از آب مقطر اضافه و تقطیر شد. بعد از جمع‌آوری ۵۰ میلیلیتر از تقطیر شده (عصاره)، محلول از طریق یک کاغذ صافی (واتمن شماره یک) فیلتر شد. ۵ میلیلیتر از فیلتر شده با ۵ میلیلیتر از محلول اسید تیوباربتوریک (۰/۰۲ مولار) ترکیب شد و در حمام آب در ۱۰۰ درجه سلسیوس برای ۶۰ دقیقه قرار داده شد. پس از سرد کردن، جذب در ۵۳۲ نانومتر در برابر آب به عنوان شاهد اندازه‌گیری شد. مقدار TBARS بر اساس اکی والان میلی‌گرم مالون‌آلدئید بر یک کیلوگرم نمونه بیان شد. ضمناً از ماده TEP (۱ و ۳ و ۳-تترا اتوکسی پروپان) برای آماده سازی منحنی استاندارد استفاده شد. آزمون تعیین TBARS، در بازه های زمانی ۱، ۳، ۷ و ۱۴ روز انجام شد [۲۵].

#### ۲-۸-۳ آزمون رنگ‌سنجی

آزمون تعیین رنگ نمونه‌ها توسط دستگاه رنگ سنج هانترلب<sup>۸</sup> انجام شد و شاخص‌های رنگی \*a، \*b و \*L، پارامتر رنگ نمونه‌ها تعیین شد. شاخص \*L بیانگر روشنی و تیرگی نمونه‌ها است. شاخص \*a بیانگر قرمز یا سبز بودن نمونه‌ها و شاخص \*b بیانگر زرد یا آبی بودن نمونه‌هاست. مقدار \*L میزان روشنی (= تیرگی، ۱۰۰=روشنی)، مقدار \*a میزان قرمزی (+۶۰=قرمزی، -۶۰=سبزی) و مقدار \*b میزان زردی (+۶۰=زردی، -۶۰=آبی) را نشان می‌دهد [۲۶]. آزمون رنگ

برای تهیه فیلم از روش ریخته‌گری محلول (قالب‌گیری) استفاده شد. بدین منظور مقدار مشخصی محلول پلی‌لاکتیک-اسید روی شیشه‌ای به قطر ۱۰ سانتی متر ریخته و به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط خشک شد. جهت فیلم زیست تخریب پذیر پلی‌لاکتیک‌اسید حاوی عصاره مرزه و نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری، ۱۰ گرم مرزه در ۹۰ سی سی اتانول حل شد و در حمام ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت نیم ساعت قرار داده شد و سپس محلول سرد شد و توسط قیف و کاغذ صافی واتمن صاف گردید. از عصاره یک بار در محلول پلی‌لاکتیک‌اسید استفاده شد و بار دیگر به همراه عصاره و نانو ذره نقره به فیلم پلی‌لاکتیک‌اسید اضافه شد. اما نحوه محاسبه درصد عصاره بر مبنای میزان حداقل میزان کشندگی آن بود [۲۳].

#### ۲-۷ پوشش دهی نمونه‌های فیله مرغ

نمونه‌ها از بازار خریداری و با فاصله کمتر از ۱ ساعت به آزمایشگاه منتقل شد، با آب سرد شسته شده و با ابزارهای استریل برش زده شدند. سپس توسط نمونه‌های فیلم پوشش دهی شدند و سپس به یخچال‌های مخصوص دارای ترمومتر منتقل شدند. و در روزهای ۱، ۳، ۷ و ۱۴ مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۱).

**Table 1.** The treatments used in the present study

Treatment	Specifications
Cod (1)	Control sample (chicken fillet without coating)
Cod (2)	Chicken fillet coated with polylactic acid film
Cod (3)	Chicken fillet coated with polylactic acid film contains Satureja rechingeri extract
Cod (4)	Chicken fillet coated with polylactic acid film Contains silver nanoparticles synthesized from Satureja rechingeri extract

#### ۲-۸-۲ آزمون‌های نمونه‌های فیله مرغ طی دوره نگهداری

#### ۲-۸-۱ تغییرات pH

با استفاده از pH متر بر روی سوسپانسیون حاصل از

<sup>8</sup> Hunter-Lab

<sup>7</sup> Thiobarbituric acid reactive substance

سنجی، در بازه‌های زمانی ۱، ۳، ۷ و ۱۴ روز انجام شد.

## ۹-۲ آنالیز میکروبی

ابتدا نمونه های فیله مرغ با آب نمک استریل در داخل استومیکر هموژن شده و رقت‌سازی انجام شد. باکتری‌های کل سایکروتروف و کل زنده مزوفیل با استفاده از محیط کشت نوترینت آگار<sup>۹</sup> شمارش شد، به این صورت که پلیت‌های تلقیح شده برای شمارش کل زنده مزوفیل در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد برای مدت ۲ روز و برای سایکروتروف‌ها در ۱۰ درجه سانتیگراد برای مدت ۷ روز انکوباسیون (گرمخانه-گذاری) شدند و پلیت‌های حاوی ۳۰۰-۳۰ کلونی شمرده شد. نتایج به صورت  $\log_{10}$  cfu/g از نمونه‌ها بیان شد [۲۷]. شمارش کلی‌فرم‌ها در محیط کشت ویولت رد بایل گلوکز آگار پس از انکوباسیون در ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت تعیین شد. شمارش سالمونلا بر طبق استاندارد شماره ۱۸۱۰ ایران، استافیلوکوکوس اورئوس با استفاده از محیط کشت برد پارکر آگار بر طبق استاندارد شماره ۱-۸۶۰۶ ایران، کپک و مخمر با استفاده از محیط کشت عصاره مخمر-دکستروز-کارامفیکل آگار و انکوباسیون در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برای مدت زمان ۳-۵ روز بر طبق استاندارد شماره ۹۹۷ ایران و اشریشیاکلی با استفاده بیشترین تعداد احتمالی (MPN)<sup>۱۰</sup> بر طبق استاندارد شماره ۲۹۴۶ ایران صورت پذیرفت [۲۸].

## ۱۱-۲ آنالیز حسی

ارزیابی حسی تیمارهای مختلف فیله‌های مرغ پخته با استفاده از آزمون هدونیک (میزان دوست داشتن و یا لذت بخشی) در یک مقیاس پنج نقطه‌ای با توجه به پارامترهای بافت، رنگ، بو، طعم و پذیرش کلی نمونه‌ها تعیین گردید. نمونه‌ها با کد سه رقمی کور (با استفاده از جدول اعداد تصادفی) به صورت طراحی بلوک کامل در اختیار ارزیاب‌ها (۷ نفر ارزیاب آموزش دیده) قرار داده شد. نمونه‌ها به همراه پرسشنامه مخصوص ارزیابی به ارزیاب‌ها داده شد. ویژگی‌های حسی مورد ارزیابی شامل تغییر رنگ (۵)، بدون تغییر رنگ، ۱، تغییر رنگ شدید؛ بو (۵)، بسیار مطلوب؛ ۱، بسیار

غیر قابل قبول و یا بدبویی)، طعم (۵)، بسیار مطلوب؛ ۱، بسیار غیر قابل قبول و یا بدطعم) و بافت (۵)، سخت؛ ۱، بسیار نرم). مقادیر این نمرات به عنوان پذیرش کلی (۵)، بسیار مطلوب، ۱، بسیار غیر قابل قبول) تعریف گردید. لازم به ذکر است که ارزیابی حسی بعد از انجام آزمون ایمنی میکروبی نمونه‌ها که تایید کننده قابل مصرف بودن نمونه‌های ماهی می باشد صورت گرفت [۲۹].

## ۱۲-۲ روش تجزیه و تحلیل آماری

نتایج بدست آمده در آزمایشات برای داده‌های تجربی (آزمایشی) به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار از اندازه گیری‌های با سه تکرار بیان شد. واحد های تشکیل دهنده کلونی (CFUs) در تمامی آزمایشات به مقادیر لگاریتمی آنها قبل از تجزیه و تحلیل آماری تبدیل شد. داده‌های آزمایشات با تجزیه و تحلیل واریانس یکطرفه (One-way ANOVA) مقایسه شدند. تفاوت‌های معنی‌دار آماری بین مقادیر میانگین‌ها (در مواردی که اثر کلی تیمارها معنی‌دار باشد) با استفاده از آزمون تعقیبی چند دامنه‌ای دانکن تعیین شد. آزمون‌های آماری نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد. سطح معنی‌داری  $p \leq 0/05$  برای تمامی مقایسه‌های داده‌ها در نظر گرفته شد.

## ۳- نتایج و بحث

### ۱-۳ بررسی فعالیت ضد میکروبی عصاره مرزه و بر علیه

باکتری های استافیلوکوکوس اورئوس و اشریشیاکلی نتایج تحقیق حاضر (جدول ۲) نشان داد که حداقل غلظت مهارکنندگی و حداقل غلظت کشندگی بر علیه باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس و اشریشیاکلی برای عصاره مرزه حاوی نانوذرات نقره به طور معنی‌داری پائین‌تر از عصاره مرزه بود ( $p \leq 0/05$ ). از طرفی برای هر دو مورد (عصاره مرزه و عصاره مرزه حاوی نانوذرات نقره)، حداقل غلظت مهار-کنندگی و حداقل غلظت کشندگی بر علیه باکتری استافیلوکوکوس اورئوس کمتر از باکتری اشریشیاکلی بود ( $p \leq 0/05$ ). همچنین میانگین قطر هاله عدم رشد بر علیه

<sup>10</sup> Most Probable Number

<sup>9</sup>Nutrient agar

متعدد در اجزای تشکیل دهنده عصاره‌ها، احتمالاً فعالیت ضد میکروبی آن‌ها به یک سازوکار خاص معطوف نمی‌گردد و این مواد هدف‌های متعددی را در سلول تحت تاثیر قرار می‌دهند [۳۱]. خواص ضد میکروبی نانوذرات نقره و استفاده مفید از آن در بیوتکنولوژی و مهار اختصاصی میکروب‌ها در مطالعات مختلفی بررسی و به اثبات رسیده است، به طوری که نانوذرات نقره می‌توانند با مهار سیستم تنفسی باکتری‌ها بر متابولیسم و نیز فرآیندهای تولید مثل میکروارگانیسم‌ها اثرگذار باشند و باعث ایجاد آسیب‌هایی در غشای سلولی باکتری‌ها گردند [۳۳]. فروغی‌کیا و همکاران (۱۳۹۵)، در بررسی اثر ضد میکروبی عصاره هیدروآلکلی مرزه سفید و نانوآکسیدروی بر استافیلوکوکوس اورئوس، میزان MIC عصاره هیدروآلکلی گیاه مرزه سفید برای سویه استاندارد و بالینی استافیلوکوکوس اورئوس را به ترتیب ۳۰۰۰ و ۱۵۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر گزارش نمودند. همچنین MIC نانوذره اکسید روی بر ایزوله‌های استاندارد و بالینی به ۴۰ و ۲۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر بیان شد [۳۴]. اسما و همکاران (۱۳۹۵)، در بررسی اثر ضد میکروبی عصاره مرزه در تشکیل بیوفیلم در برخی پاتوژن‌های باکتریال مهم انسان، کمترین غلظت مهارکنندگی را در حدود ۱۲/۵-۵۰ ppm بیان نمودند و بیشترین غلظت مهارکنندگی در برابر باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس و کمترین غلظت مهارکنندگی غلظت عصاره مرزه ۱۲/۵ ppm گزارش شد که در برابر پروتئوس میرابیلیس مشاهده شد [۳۵].

باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس و اشریشیاکلی برای عصاره مرزه حاوی نانوذرات نقره به طور معنی‌داری بالاتر از عصاره مرزه بود ( $p \leq 0.05$ ). از طرفی برای هر دو مورد (عصاره مرزه و عصاره مرزه حاوی نانوذرات نقره)، قطر هاله عدم رشد بر علیه باکتری استافیلوکوکوس اورئوس بیشتر از باکتری اشریشیاکلی بود ( $p \leq 0.05$ ). حداقل غلظت کشندگی (MBC)، کمترین غلظت از ماده ضد میکروب است که سبب مرگ میکروارگانیسم می‌شود و حداقل غلظت بازدارندگی (MIC)، کمترین غلظت از ماده ضد میکروبی است که دارای اثر بازدارندگی بر رشد یک میکروارگانیسم خاص باشد. بدین معنی که میکروارگانیسم در محیط وجود دارد ولی قادر به تکثیر نیست. کاهش تعداد میکروارگانیسم در این شرایط به علت اثر کشندگی عصاره نبوده بلکه به سبب رسیدن میکروارگانیسم به فاز مرگ است و دیگر تکثیر پیدا نمی‌کند و تعداد آن کاهش می‌یابد [۳۰]. عصاره‌های گیاهی به طور گسترده‌ای در صنایع غذایی استفاده شده و دارای خاصیت ضد میکروبی بر طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها می‌باشند [۳۱]. به طور کلی مقایسه نتایج گزارش شده در مورد خواص ضد میکروبی عصاره‌های گیاهی مختلف، بسیار مشکل می‌باشد. از دلایل آن می‌توان به تفاوت در روش‌های مختلف بررسی این خواص، منابع تهیه آن‌ها، شرایط کشت گیاه، سویه‌های مختلف میکروبی و حتی غلظت‌های متفاوتی از باکتری که به عنوان مایه تلقیح به کار می‌رود اشاره کرد [۳۲]. درباره سازو کار عصاره‌ها روی میکروارگانیسم‌ها نظرات مختلفی مطرح است. با توجه به گروه‌های شیمیایی

**Table 2.** Comparison of the minimum inhibitory concentration (MIC), minimum bactericidal concentration (MBC) and the diameter of the non-growth halo diameter of *Satureja rechingeri* extract and *Satureja rechingeri* extract containing silver nanoparticles against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* bacteria

	Against microorganism	<i>Satureja rechingeri</i> extract containing silver	<i>Satureja rechingeri</i> extract
Minimum inhibitory concentration (MIC)	<i>Staphylococcus aureus</i>	1.56±0.2 b	5.2±0.1 a
	<i>Escherichia coli</i>	2.086 ± 0.1 b	6.25± 0.1a
Minimum bactericidal concentration (MBC)	<i>Staphylococcus aureus</i>	2 ± 0.1 b	4± 0.1a
	<i>Escherichia coli</i>	3± 0.1b	8± 0.1a
Non-growth halo diameter (mm)	<i>Staphylococcus aureus</i>	16.66±0/68 a	7.66±0.1 b

*Escherchia coli*

15.66 ± 0.68 a

6.33 ± 0.2 b

Different lowercase letters indicate a significant difference in the row ( $p < 0.05$ ).

نمونه‌های دیگر منجر به کاهش فساد و کاهش تولید ازت‌ها فرار شده است. با گذشت زمان، میزان pH تمامی نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت ( $p \leq 0.05$ ). تجزیه ترکیبات نیتروژنی در طول نگهداری گوشت منجر به افزایش pH گوشت می‌شود که بخشی از این افزایش ممکن است مرتبط با تولید ترکیبات آلكالین باشد. افزایش pH در این حالت نشانگر رشد باکتری‌ها، کاهش کیفیت و در نهایت فساد می‌باشد [28]. FAO (1995) طی گزارشی اعلام کرد که pH مواد غذایی می‌تواند شاخص خوبی برای شرایط بهداشتی و ایمنی مواد غذایی باشد. مطابق با گزارش سازمان کدکس (2003) برای گوشت حیوانات pH باید کمتر از 7-7/5 باشد تا از نظر کدکس این ماده غذایی برای مصرف‌کنندگان ایمن باشد [29]. همان‌طور که نتایج این تحقیق نشان داد تغییرات pH در طول زمان نگهداری روندی افزایشی داشت که این تغییرات عمدتاً به دلیل فعالیت‌های میکروبی و فعالیت‌های آنزیمی در طی دوره نگهداری می‌باشد. با گذشت زمان بافت گوشت توسط فعالیت آنزیمی میکروارگانیسم‌های گوشت تخریب می‌شود. این تخریب در حقیقت با تجزیه ترکیبات پروتئینی صورت می‌گیرد که ماحصل آن تولید ترکیبات ازته است. تولید این ترکیبات باعث افزایش pH در گوشت می‌شود [30]. روند تغییرات pH مستقیماً با روند تغییرات جمعیت میکروبی نمونه مورد نظر ارتباط دارد، یعنی با افزایش جمعیت میکروبی و در نتیجه فعالیت آنزیمی، روند افزایش pH نیز سرعت بیشتری پیدا می‌کند که این افزایش در نمونه کنترل نیز مشاهده شد. نتایج بدست آمده از تغییرات pH با نتایج آزمون جمعیت میکروبی کل کاملاً مطابقت داشت؛ به این ترتیب که نمونه‌های پوشش‌دهی شده به دلیل جمعیت میکروبی پایین‌تر روند افزایش pH کندتری نسبت به نمونه کنترل داشتند. مقایسه نتایج بدست آمده در این تحقیق با نتایج گزارش شده توسط سایر محققین نشان داد که در بعضی از موارد pH نمونه‌های گوشت در ابتدای دوره کاهش و پس از آن در تمامی موارد، pH افزایش می‌یابد. کاهش اولیه pH عمدتاً به دلیل رشد باکتری‌های اسید

### ۲-۳ ارزیابی نتایج آزمون‌های نمونه‌های فیله مرغ طی

#### دوره نگهداری

#### ۱-۲-۳ تغییرات pH

نتایج تحقیق حاضر (جدول ۳)، نشان داد که در روز یکم اختلاف آماری معنی‌داری در میزان pH نمونه‌ها وجود نداشت ( $p > 0.05$ ) و در دیگر روزهای مورد بررسی بالاترین میزان pH متعلق به نمونه‌های ۱ (نمونه شاهد) و ۲ (فیله مرغ پوشش‌دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید) و پایین‌ترین میزان pH متعلق به نمونه ۴ (فیله مرغ پوشش‌دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری) بود ( $p \leq 0.05$ ) در مطالعه Bazargani و همکاران (2015) مقادیر pH نمونه‌های کنترل در طول نگهداری افزایش یافت، در حالیکه سایر نمونه‌ها روند کاهشی نشان دادند و به علت وجود تیمارهای ضد میکروبی اسیدی شده مانند عصاره انار، کیتوزان و اسانس آویشن شیرازی نسبت داده شد [25]. مولایی آقایی و همکاران (1394) در بررسی اثر بسته بندی با فیلم های زیست تخریب پذیر کیتوزان و فرموله شده با اسانس سیر بر ویژگی‌های شیمیایی فیله مرغ بیان نمودند که با افزودن سطوح مختلف اسانس سیر، فاکتورهای pH و TVN محصولات در طول مطالعه نسبت به گروه کنترل همراه با کاهش بود [26]. این موضوع نشان می‌دهد که فیلم کیتوزان بویژه همراه با اسانس تا حدود زیادی قادر به جلوگیری از ایجاد و توسعه ترکیبات آمینی و نیتروژن دار عامل فساد در فیله های مرغ بسته بندی شده است. افزایش pH در نمونه های کنترل می‌تواند ناشی از فعالیت آنزیم‌های میکروبی یا اندوژن مانند پروتئازها و لیپاز باشد که منجر به افزایش بازهای فرار طی نگهداری طولانی می‌شود [27]. در تحقیق حاضر نیز اینطور به نظر می‌رسد که در نمونه‌های پوشش‌دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری، بجهت خواص ضد میکروبی بالاتر، بیشتر از



لاکتیک و در نتیجه تجمع اسید لاکتیک می‌باشد، در حالی که پس از آن افزایش pH عمدتاً به دلیل رشد باکتری‌های فساد زا که منجر به تجمع ترکیبات قلیایی مثل آمونیوم و تری-متیل‌آمین می‌گردند می‌باشد [۳۱].

**Table 3.** pH changes of chicken fillet samples during the storage time

Samples	Storage time (days)			
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 14
Cod (1)	5.63±0.00 <sup>aD</sup>	5.80±0.01 <sup>aC</sup>	6.03±0.00 <sup>aB</sup>	6.58±0.00 <sup>aA</sup>
Cod (2)	5.63±0.00 <sup>aD</sup>	5.80±0.01 <sup>aC</sup>	6.02±0.00 <sup>aB</sup>	6.57±0.00 <sup>aA</sup>
Cod (3)	5.63±0.00 <sup>aD</sup>	5.70±0.00 <sup>bC</sup>	5.86±0.00 <sup>bB</sup>	6.18±0.01 <sup>bA</sup>
Cod (4)	5.63±0.00 <sup>aD</sup>	5.68±0.00 <sup>cC</sup>	5.78±0.00 <sup>cB</sup>	6.00±0.00 <sup>cA</sup>

Different lowercase letters indicate a significant difference in the column and different uppercase letters indicate a significant difference in the row ( $p < 0.05$ ).

**Cod (1):** Control sample (chicken fillet without coating), **Cod (2):** Chicken fillet coated with polylactic acid film, **Cod (3):** Chicken fillet coated with polylactic acid film contains *Satureja rechingeri* extract, **Cod (4):** Chicken fillet coated with polylactic acid film Contains silver nanoparticles synthesized from *Satureja rechingeri* extract

وارد گردند. از این رو، مقدار محصولات ثانویه اکسیداسیون به صورت ترکیبات واکنش‌پذیر تیوباربتوریک اسید (TBARS) (میلی‌گرم معادل مالون آلدئید به ازای هر کیلوگرم نمونه) بیان می‌گردد [۳۲]. شاخص TBA میزان محصولات ثانویه اکسیداسیون به ویژه آلدئیدها را نشان می‌دهد. روند افزایشی این شاخص طی مدت نگهداری ممکن است به دلیل افزایش آهن آزاد و دیگر پراکسیدان‌ها در گوشت باشد. همچنین آلدئیدها به عنوان محصولات ثانویه اکسیداسیون از تجزیه هیدروپراکسیدها ایجاد می‌شوند. روند افزایشی هیدروپراکسیدها می‌تواند دلیلی بر این موضوع باشد. گزارش‌ها نشان می‌دهد که با توجه به فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه مرزه، مصرف آن به عنوان افزودنی‌های طبیعی افزایش یافته است. این گیاه دارای تانن، مواد چرب، قندهای مختلف، ترکیبات فنولی و ترکیب‌های معطر (اسانس) است [۳۳]. ایزدی و همکاران (۱۳۹۹) مهم‌ترین ترکیبات موجود در اسانس مرزه را کارواکرول (۲/۱۰ درصد)، تیمول (۱۹/۷۴ درصد) و پارا-سیمن (۱۹/۸ درصد) بیان نمودند [۳۴]. میزان IC<sub>50</sub> اسانس این گیاه ۱۰/۶۳ میکروگرم بر میلیلیتر تعیین شد، در حالی که این پارامتر برای BHT. ۹/۴۵ میکروگرم بر میلیلیتر بود. پاراسیمن یکی از مهم‌ترین مونوترین‌های شناخته شده در داروهای گیاهی است که دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد

### ۲-۲-۳ تغییرات تیوباربتوریک اسید

نتایج تحقیق حاضر (جدول ۴)، نشان داد که در روز یکم اختلاف آماری معنی‌داری در میزان تیوباربتوریک اسید نمونه‌ها وجود نداشت ( $p > 0.05$ ) و در دیگر روزهای مورد بررسی بالاترین میزان تیوباربتوریک اسید متعلق به نمونه‌های ۱ (نمونه شاهد) و ۲ (فیله مرغ پوشش‌دهی شده با فیلم زیست تخریب‌پذیر پلی‌لاکتیک‌اسید) و پائین‌ترین میزان تیوباربتوریک اسید متعلق به نمونه ۴ (فیله مرغ پوشش‌دهی شده با فیلم زیست تخریب‌پذیر پلی‌لاکتیک‌اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری) بود ( $p \leq 0.05$ ) و با گذشت زمان از روز یکم تا روز چهاردهم، میزان تیوباربتوریک اسید تمامی نمونه‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت ( $p \leq 0.05$ ). این‌طور به نظر می‌رسد که نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری به همراه فیلم زیست تخریب‌پذیر پلی‌لاکتیک‌اسید به طور موثرتری در کاهش محصولات مرحله دوم اکسیداسیون عمل نموده است. مقدار اسید تیوباربتوریک (TBA) به طور وسیعی برای نشان دادن درجه اکسیداسیون لیپید استفاده می‌گردد و حضور ترکیبات فعال TBA نشان دهنده مرحله دوم اکسیداسیون می‌باشد که طی آن پراکسیدها به آلدئیدها، کتون‌ها و الکل‌ها اکسید می‌گردند. مالون آلدئید تنها آلدئید قادر به تولید پیگمان قرمز با TBA نیست. سایر آلدئیدها نیز ممکن است که در واکنش

میکروبی و ضد سرطانی و همچنین تعدیل سیتوکین<sup>۱۱</sup> شناخته شده است [۳۵].

**Table 4.** Changes in thiobarbituric acid of chicken fillet samples during the storage period

Samples	Storage time (days)			
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 14
Cod (1)	0.29±0.00 <sup>aD</sup>	0.78±0.01 <sup>aC</sup>	1.03±0.00 <sup>aB</sup>	1.38±0.00 <sup>aA</sup>
Cod (2)	0.29±0.00 <sup>aD</sup>	0.77±0.01 <sup>aC</sup>	1.03±0.01 <sup>aB</sup>	1.37±0.01 <sup>aA</sup>
Cod (3)	0.28±0.00 <sup>aD</sup>	0.53±0.00 <sup>bC</sup>	0.75±0.00 <sup>bB</sup>	1.06±0.00 <sup>bA</sup>
Cod (4)	0.28±0.00 <sup>aD</sup>	0.33±0.00 <sup>cC</sup>	0.44±0.00 <sup>cB</sup>	0.60±0.00 <sup>cA</sup>

Different lowercase letters indicate a significant difference in the column and different uppercase letters indicate a significant difference in the row ( $p < 0.05$ ).

**Cod (1):** Control sample (chicken fillet without coating), **Cod (2):** Chicken fillet coated with polylactic acid film, **Cod (3):** Chicken fillet coated with polylactic acid film contains *Satureja rechingeri* extract, **Cod (4):** Chicken fillet coated with polylactic acid film Contains silver nanoparticles synthesized from *Satureja rechingeri* extract

پذیر پلی لاکتیک اسید به طور موثرتری در کاهش اکسیداسیون و کاهش بار میکروبی فیله مرغ عمل نموده است و بنابراین تیرگی نمونه مذکور پائین تر از نمونه های دیگر بود. شاخص رنگی  $L^*$  میزان تیرگی و روشنی (روشن-تیره، ۱۰۰-۰) را اندازه گیری می کند [۳۶]. Linares و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که افزایش اکسیداسیون در طی دوره نگهداری به صورت مستقیمی با افزایش فاکتور رنگ سنجی  $L^*$  در گوشت در ارتباط می باشد [۳۷]. در تحقیق حاضر در تیمارهایی که از عصاره مرزه ریشنگری و عصاره حاوی نانوذرات در پوشش دهی آنها استفاده شده است، با توجه به خاصیت ضد اکسایشی و ضد میکروبی ترکیبات فنولی موجود در این عصاره، فرایند اکسیداسیون لیپیدها و نیز رشد باکتری-ها با سرعت کمتری انجام می شود که این امر خود به حفظ رنگ روش در نمونه های پوشش داده شده کمک می نماید. بر اساس مطالعات Zhang و همکاران (۲۰۱۶)، افزودن عصاره رزماری و میخک به نمونه های گوشت مرغ خام، باعث افزایش میزان  $L^*$  در نمونه ها شد و همچنین، با گذشت زمان مقدار فاکتور  $L^*$  در نمونه های حاوی عصاره گیاهان نامبرده شده افزایش یافت در حالی که مقدار آن در نمونه کنترل در طی نگهداری در یخچال کاهش نشان داد. میزان روشنی گوشت مرغ در طی نگهداری به دلیل فعالیت های

### ۳-۲-۳ ارزیابی نتایج آزمون رنگ سنجی

#### ۳-۲-۳-۱ تغییرات مولفه رنگی $L^*$

نتایج تحقیق حاضر (جدول ۵)، نشان داد که در روز یکم اختلاف آماری معنی داری در میزان مولفه رنگی  $L^*$  نمونه ها وجود نداشت ( $p > 0.05$ ) و در روزهای سوم و هفتم، بالاترین مولفه رنگی  $L^*$  متعلق به نمونه های ۳ (فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید حاوی عصاره مرزه ریشنگری در دمای ۴ درجه سانتی گراد) و ۴ (فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری) بود ( $p \leq 0.05$ ). در روز چهاردهم پائین ترین مولفه رنگی  $L^*$  متعلق به نمونه شاهد بود و بالاترین میزان آن در نمونه ۴ (فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری) ملاحظه شد ( $p \leq 0.05$ ) و با گذشت زمان از روز یکم تا روز چهاردهم، مولفه رنگی  $L^*$  تمامی نمونه ها به طور معنی داری کاهش یافت ( $p \leq 0.05$ ) و کاهش مولفه رنگی  $L^*$  از روز یکم به روز سوم بارزتر از روزهای دیگر بود. این طور به نظر می رسد که نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری به همراه فیلم زیست تخریب

میکروبی، اکسیداسیون چربی‌ها و پروتئین‌ها کاهش می‌یابد [۳۸]. در نمونه‌های گوشت مرغ که از عصاره‌های گیاهی برای پوشش‌دهی آن‌ها استفاده شده است، با توجه به خاصیت ضداکسایشی و ضد میکروبی ترکیبات فنولی موجود در این عصاره‌ها، فرایند اکسیداسیون لیپیدها و نیز رشد باکتری‌ها با سرعت کمتری انجام می‌شود که این امر خود به حفظ رنگ روش در نمونه‌های پوشش داده شده با پوشش‌های حاوی عصاره‌های گیاهی کمک می‌نماید [۳۹].

**Table 5.** Changes of L\* of chicken fillet samples during the storage period

Samples	Storage time (days)			
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 14
Cod (1)	69.95±0.22 <sup>aA</sup>	63.45±0.50 <sup>bB</sup>	63.57±0.46 <sup>cB</sup>	63.40±0.70 <sup>dB</sup>
Cod (2)	70.03±0.25 <sup>aA</sup>	64.20±1.03 <sup>bB</sup>	65.01±0.51 <sup>bB</sup>	64.64±0.10 <sup>cB</sup>
Cod (3)	69.68±0.59 <sup>aA</sup>	68.40±0.22 <sup>aB</sup>	67.79±0.06 <sup>aB</sup>	66.31±0.14 <sup>bB</sup>
Cod (4)	70.00±0.87 <sup>aA</sup>	69.10±0.75 <sup>aB</sup>	68.30±0.50 <sup>aB</sup>	67.52±0.56 <sup>aB</sup>

Different lowercase letters indicate a significant difference in the column and different uppercase letters indicate a significant difference in the row ( $p < 0.05$ ).

**Cod (1):** Control sample (chicken fillet without coating), **Cod (2):** Chicken fillet coated with polylactic acid film, **Cod (3):** Chicken fillet coated with polylactic acid film contains *Satureja rechingeri* extract, **Cod (4):** Chicken fillet coated with polylactic acid film Contains silver nanoparticles synthesized from *Satureja rechingeri* extract

یافت ( $p \leq 0.05$ ). شاخص رنگی  $a^*$  نشان دهنده قرمزی در نمونه‌ها می‌باشد (قرمز مطلق - سبز مطلق، ۱۲۰- -۱۲۰) [۴۰]. امتیاز مثبت، نشان دهنده قرمزی نمونه است در حالی که امتیاز منفی آن نشان می‌دهد که نمونه مایل به سبز است [۴۱]. Zhang و همکاران (۲۰۱۶)، علت کاهش شدت رنگ قرمز را طی نگهداری به وابستگی بین اکسیداسیون لیپیدها و اکسیداسیون رنگدانه‌ها نسبت دادند. مطابق نظر این محققان، اکسیداسیون رنگدانه‌ها می‌تواند اکسیداسیون لیپیدها را سرعت ببخشد و اسیدهای چرب آزاد تولید شده طی اکسیداسیون لیپیدها، باعث اکسید شدن اتم آهن و همچنین دناتوره شدن مولکول‌های میوگلوبین شده و رنگ محصولات گوشتی را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۳۸].

### ۲-۳-۲-۳ تغییرات مولفه رنگی $a^*$

نتایج تحقیق حاضر (جدول ۶)، نشان داد که در روزهای یکم و چهاردهم اختلاف آماری معنی‌داری در میزان مولفه رنگی  $a^*$  نمونه‌ها وجود نداشت ( $p > 0.05$ ) و در دیگر روزهای مورد بررسی بالاترین مولفه رنگی  $a^*$  متعلق به نمونه‌های ۱ (نمونه شاهد) و ۲ (فیله مرغ پوشش‌دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید) و پائین‌ترین مولفه رنگی  $a^*$  متعلق به نمونه ۴ (فیله مرغ پوشش‌دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری) بود ( $p \leq 0.05$ ). با گذشت زمان از روز یکم تا روز چهاردهم، میزان تیوباربتوریک اسید تمامی نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش

**Table 6.** Changes of  $a^*$  of chicken fillet samples during the storage period

Samples	Storage time (days)			
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 14
Cod (1)	5.26±0.29 <sup>aD</sup>	5.64±0.23 <sup>aC</sup>	5.84±0.49 <sup>aB</sup>	7.20±0.41 <sup>aA</sup>
Cod (2)	5.39±0.08 <sup>aD</sup>	5.69±0.25 <sup>aC</sup>	5.92±0.29 <sup>aB</sup>	6.99±0.14 <sup>abA</sup>
Cod (3)	5.24±0.19 <sup>aD</sup>	5.29±0.22 <sup>abC</sup>	5.53±0.25 <sup>abB</sup>	6.44±1.15 <sup>abA</sup>
Cod (4)	5.61±0.40 <sup>aD</sup>	5.90±0.26 <sup>bcC</sup>	5.06±0.16 <sup>bbB</sup>	5.77±0.30 <sup>baA</sup>

Different lowercase letters indicate a significant difference in the column and different uppercase letters

indicate a significant difference in the row ( $p < 0.05$ ).

**Cod (1):** Control sample (chicken fillet without coating), **Cod (2):** Chicken fillet coated with polylactic acid film, **Cod (3):** Chicken fillet coated with polylactic acid film contains *Satureja rechingeri* extract, **Cod (4):** Chicken fillet coated with polylactic acid film Contains silver nanoparticles synthesized from *Satureja rechingeri* extract

پوشش آلزینات حاوی عصاره پوست انار بر ماندگاری و ویژگی‌های بافت و رنگ گوشت سینه مرغ بیان نمودند که مقدار  $b^*$  مربوط به نمونه پوشش داده شده با عصاره نسبت به سایر نمونه‌ها به طور قابل توجهی بالاتر بود و علت آن به وجود ترکیبات رنگی مختلف در داخل عصاره ارتباط داده شد [۴۲]. Zhang و همکاران (۲۰۱۶)، Gibis و Weiss (۲۰۱۲) و Maqsood و همکاران (۲۰۱۲) نیز عنوان نمودند که به ترتیب استفاده از عصاره رزماری و میخک، عصاره هسته انگور و عصاره چوب کیام باعث کاهش مقدار  $b^*$  در نمونه‌های گوشت مرغ، گوشت گوساله خام و سرخ شده و ماهی طی نگهداری می‌گردد [۳۸، ۳۹، ۴۰].

### ۳-۲-۳ تغییرات مولفه رنگی $b^*$

نتایج تحقیق حاضر (جدول ۷)، نشان داد که در تمام روزهای مورد بررسی مولفه رنگی  $b^*$  نمونه ۲ (فیله مرغ پوشش‌دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید) به طور معنی‌داری بالاتر از دیگر نمونه‌ها بود ( $p \leq 0/05$ ). با گذشت زمان از روز یکم تا روز چهاردهم، مولفه رنگی  $b^*$  تمامی نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت ( $p \leq 0/05$ ). مقادیر امتیاز مثبت شاخص رنگی  $b^*$  میزان زردی نمونه را نشان می‌دهد و مقدار منفی آن میزان مایل بودن به رنگ آبی نمونه (امتیاز شاخص رنگی  $b^*$  و میزان منفی آن مایل بودن به رنگ آبی نمونه) را نشان می‌دهد (زرد مطلق - آبی مطلق،  $+120$  -  $-120$ ) [۴۱]. رهنمون و همکاران (۱۳۹۷)، بررسی تأثیر

**Table 7.** Changes of  $b^*$  of chicken fillet samples during the storage period

Samples	Storage time (days)			
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 14
Cod (1)	5.97±0.19 <sup>abD</sup>	6.69±0.23 <sup>aC</sup>	7.07±0.13 <sup>abB</sup>	7.47±0.34 <sup>aA</sup>
Cod (2)	6.56±0.32 <sup>aD</sup>	6.81±0.13 <sup>aC</sup>	7.21±0.39 <sup>aB</sup>	7.47±0.19 <sup>aA</sup>
Cod (3)	5.58±0.32 <sup>bdD</sup>	5.87±0.04 <sup>bc</sup>	6.08±0.72 <sup>bbB</sup>	6.36±0.50 <sup>baA</sup>
Cod (4)	6.17±0.49 <sup>abD</sup>	5.47±0.28 <sup>cC</sup>	6.11±0.58 <sup>bbB</sup>	6.20±0.52 <sup>baA</sup>

Different lowercase letters indicate a significant difference in the column and different uppercase letters indicate a significant difference in the row ( $p < 0.05$ ).

**Cod (1):** Control sample (chicken fillet without coating), **Cod (2):** Chicken fillet coated with polylactic acid film, **Cod (3):** Chicken fillet coated with polylactic acid film contains *Satureja rechingeri* extract, **Cod (4):** Chicken fillet coated with polylactic acid film Contains silver nanoparticles synthesized from *Satureja rechingeri* extract

های ۱ (نمونه شاهد) و ۲ (فیله مرغ پوشش‌دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید) و پائین‌ترین جمعیت باکتری‌های مزوفیل متعلق به نمونه ۴ (فیله مرغ پوشش‌دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشگری) بود ( $p \leq 0/05$ ) و با گذشت زمان از روز یکم تا روز چهاردهم، جمعیت باکتری‌های مزوفیل تمامی نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت ( $p \leq 0/05$ ). باتوجه به حداکثر حد مجاز

### ۳-۲-۴ ارزیابی نتایج آزمون‌های میکروبی

#### ۳-۲-۴-۱ تغییرات باکتری‌های مزوفیل

نتایج تحقیق حاضر (جدول ۸)، نشان داد که در روز یکم اختلاف آماری معنی‌داری در جمعیت باکتری‌های مزوفیل نمونه‌ها وجود نداشت ( $p > 0/05$ ) و در دیگر روزهای مورد بررسی بالاترین جمعیت باکتری‌های مزوفیل متعلق به نمونه

اختلال در غشاء سلول میکروارگانیسم ها می باشد [۴۵]. Choulitoudi و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی فعالیت ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی مرزه *thymbra* در پوشش خوراکی ماهی نشانک سرطلائی<sup>۱۲</sup> بیان نمودند که اسانس روغنی مرزه به تنهایی حفاظت ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی متوسطی نشان داد [۴۶]. Bukvicki و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تاثیر اسانس روغنی مرزه *horvatii* در شرایط آزمایشگاهی و کنترل موضعی *Listeria monocytogenes* در گوشت خوک، حداقل غلظت مهاری (MIC) برای باکتریها از ۰/۰۳ تا ۰/۵۷ میلی گرم در میلیلیتر و برای مخمرها از ۰/۵۶ تا ۲/۲۳ میلی گرم در میلیلیتر متغیر بیان نمودند در حالیکه حداقل غلظت باکتریایی/مخمیری MBC/MYC از ۰/۰۷ تا ۱/۱۵ و ۱/۱۱ تا ۵/۵۷ میلی گرم در میلیلیتر برای باکتریها و مخمرها متغیر بود. این اسانس در مقابل باکتریها نسبت به مخمرها مؤثرتر بود و به طور کلی بیان نمودند که اسانس مرزه می تواند جهت نگهداری و افزایش زمان ماندگاری محصولات گوشتی خام یا فرآوری شده مفید باشد [۴۷].

تعریف شده برای توتال کانت مرغ توسط استاندارد سازمان دامپزشکی کشور (۱۳۸۷) [۴۳]،  $6 \text{ Log cfu/g}$ ، تمامی نمونه ها تا روز سوم در محدوده استاندارد قرار داشتند و تنها نمونه ۴ (فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری) تا روز هفتم دارای آلودگی میکروبی مجاز بود و دیگر نمونه ها در روز هفتم، دارای آلودگی میکروبی بیش از حد مجاز بودند. در بین ترکیبات مختلف موجود در عصاره های گیاهی، اثرات ضد میکروبی ساختارهای فنلی در مطالعات پیشین ثابت شده است و همچنین مشاهده شده است که قدرت ضد میکروبی آنها به محل و تعداد گروه های هیدروکسیل روی حلقه فنلی بستگی دارد [۴۴]، در این راستا Geissman مشاهده کرد فنل های اکسید شده اثر شدیدتری اعمال می کنند. مکانیسم احتمالی این ترکیبات مانند فلاونوئیدها و فلاونول ها مهار آنزیمی از طریق واکنش با گروه های سولفیدریل یا واکنش های غیراختصاصی با پروتئین های میکروبی مانند پروتئین های خارج سلولی و تشکیل کمپلکس با دیواره سلولی و یا ایجاد

**Table 8.** Changes of Mesophilic bacteria population of chicken fillet samples during the storage period (Log CFU/g)

Samples	Storage time (days)			
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 14
Cod (1)	3.95±0.02 <sup>aD</sup>	5.21±0.01 <sup>aC</sup>	7.12±0.02 <sup>bB</sup>	10.47±0.05 <sup>aA</sup>
Cod (2)	3.95±0.01 <sup>aD</sup>	5.19±0.01 <sup>aC</sup>	7.10±0.00 <sup>aB</sup>	10.46±0.03 <sup>aA</sup>
Cod (3)	3.94±0.02 <sup>aD</sup>	5.06±0.01 <sup>bC</sup>	6.38±0.01 <sup>bB</sup>	10.23±0.00 <sup>bA</sup>
Cod (4)	3.95±0.00 <sup>aD</sup>	4.88±0.01 <sup>cC</sup>	5.55±0.07 <sup>cB</sup>	9.14±0.02 <sup>cA</sup>

Different lowercase letters indicate a significant difference in the column and different uppercase letters indicate a significant difference in the row ( $p < 0.05$ ).

**Cod (1):** Control sample (chicken fillet without coating), **Cod (2):** Chicken fillet coated with polylactic acid film, **Cod (3):** Chicken fillet coated with polylactic acid film contains *Satureja rechingeri* extract, **Cod (4):** Chicken fillet coated with polylactic acid film Contains silver nanoparticles synthesized from *Satureja rechingeri* extract

روزهای مورد بررسی بالاترین جمعیت باکتری های سایکروفیل متعلق به نمونه های ۱ (نمونه شاهد) و ۲ (فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی-لاکتیک اسید) و پائین ترین جمعیت باکتری های سایکروفیل

### ۲-۳-۲-۴ تغییرات باکتری های سایکروفیل

نتایج تحقیق حاضر (جدول ۹)، نشان داد که در روز یکم اختلاف آماری معنی داری در جمعیت باکتری های سایکروفیل نمونه ها وجود نداشت ( $p > 0.05$ ) و در دیگر

<sup>12</sup>Gilthead seabream

های سرمادوست مهم ترین گروه از میکروارگانیسم های مسئول فساد در محصولات نگهداری شده در دماهای پایین هستند [۴۸]. تاثیر اسانس هایی مانند اسانس آویشن و مرزنگوش که حاوی تیمول و کارواکول بالای هستند نیز بر شمارش کل باکتری های سرماگرای موجود بر گوشت گزارش شده است [۴۹].

متعلق به نمونه ۴ (فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری) بود ( $p \leq 0.05$ ) و با گذشت زمان از روز یکم تا روز چهاردهم، جمعیت باکتری های سایکروفیل تمامی نمونه ها به طور معنی داری افزایش یافت ( $p \leq 0.05$ ) Ibrahim Salam (۲۰۰۷) گزارش کرد که باکتری

**Table 9.** Changes of Psychrophilic bacteria population of chicken fillet samples during the storage period (Log CFU/g)

Samples	Storage time (days)			
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 14
Cod (1)	3.80±0.03 <sup>aD</sup>	5.05±0.00 <sup>aC</sup>	6.92±0.03 <sup>bB</sup>	10.30±0.01 <sup>aA</sup>
Cod (2)	3.80±0.02 <sup>aD</sup>	5.03±0.02 <sup>aC</sup>	6.90±0.03 <sup>aB</sup>	10.30±0.01 <sup>aA</sup>
Cod (3)	3.83±0.03 <sup>aD</sup>	4.82±0.03 <sup>bC</sup>	6.22±0.02 <sup>bB</sup>	9.37±0.01 <sup>bA</sup>
Cod (4)	3.82±0.02 <sup>aD</sup>	4.48±0.06 <sup>cC</sup>	5.45±0.03 <sup>cB</sup>	9.52±0.08 <sup>cA</sup>

Different lowercase letters indicate a significant difference in the column and different uppercase letters indicate a significant difference in the row ( $p < 0.05$ ).

**Cod (1):** Control sample (chicken fillet without coating), **Cod (2):** Chicken fillet coated with polylactic acid film, **Cod (3):** Chicken fillet coated with polylactic acid film contains *Satureja rechingeri* extract, **Cod (4):** Chicken fillet coated with polylactic acid film Contains silver nanoparticles synthesized from *Satureja rechingeri* extract

هستند که در نتیجه فعالیت آن ها، آمین های بیوژنیک تولید می شود، که تشکیل این محصولات باعث بروز مسمومیت های غذایی و کاهش کیفیت محصول می گردد [۵۰]. باتوجه به حداکثر حد مجاز تعریف شده برای باکتری های کلی فرم مرغ توسط استاندارد سازمان دامپزشکی کشور (۱۳۸۷)، Log ۲/۷ cfu/g، تمامی نمونه ها در روز اول در محدوده استاندارد قرار داشتند. اعتقاد بر این است که اکثر اسانس ها و عصاره ها فعالیت های ضد میکروبی خود را از طریق تعامل با فرآیندهای مرتبط با غشاء سلولی باکتری ها، از جمله انتقال الکترون، شیب یونی، جابجایی پروتئین، فسفوریلاسیون و سایر واکنش های وابسته به آنزیم، اعمال می کنند [۵۱]. کاظم الوندی و همکاران (۱۳۸۹) و جلوگیری از ATPase اثر مہاری بر فعالیت پمپ سنتز تاژک در باکتری های گرم منفی مانند اشیریشیاکلی را به برخی از ترکیبات فنلی نسبت دادند [۵۲].

### ۳-۲-۳ تغییرات باکتری های کلی فرم

نتایج تحقیق حاضر (جدول ۱۰)، نشان داد که در روز یکم اختلاف آماری معنی داری در جمعیت باکتری های کلی فرم نمونه ها وجود نداشت ( $p > 0.05$ ) و در دیگر روزهای مورد بررسی بالاترین جمعیت باکتری های کلی فرم متعلق به نمونه های ۱ (نمونه شاهد) و ۲ (فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید) و پائین ترین جمعیت باکتری های کلی فرم متعلق به نمونه ۴ (فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری) بود ( $p \leq 0.05$ ) و با گذشت زمان از روز یکم تا روز چهاردهم، جمعیت باکتری های کلی فرم تمامی نمونه ها به طور معنی داری افزایش یافت ( $p \leq 0.05$ ). متداول ترین آلوده کننده های گوشت و محصولات گوشتی باکتری های اتر و باکتریاسه

**Table 10.** Changes of coliform bacteria population of chicken fillet samples during the storage period (Log CFU/g)

Storage time	
--------------	--

Samples	(days)			
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 14
Cod (1)	2.68±0.08 <sup>aD</sup>	4.20±0.01 <sup>aC</sup>	6.26±0.01 <sup>bB</sup>	9.34±0.00 <sup>aA</sup>
Cod (2)	2.68±0.02 <sup>aD</sup>	4.19±0.01 <sup>aC</sup>	6.25±0.00 <sup>aB</sup>	9.33±0.00 <sup>aA</sup>
Cod (3)	2.64±0.10 <sup>aD</sup>	3.69±0.04 <sup>bC</sup>	5.08±0.01 <sup>bB</sup>	8.21±0.02 <sup>bA</sup>
Cod (4)	2.65±0.05 <sup>aD</sup>	3.29±0.03 <sup>cC</sup>	4.67±0.04 <sup>cB</sup>	6.49±0.05 <sup>cA</sup>

Different lowercase letters indicate a significant difference in the column and different uppercase letters indicate a significant difference in the row ( $p < 0.05$ ).

**Cod (1):** Control sample (chicken fillet without coating), **Cod (2):** Chicken fillet coated with polylactic acid film, **Cod (3):** Chicken fillet coated with polylactic acid film contains *Satureja rechingeri* extract, **Cod (4):** Chicken fillet coated with polylactic acid film Contains silver nanoparticles synthesized from *Satureja rechingeri* extract

همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که استافیلوکوکوس اورئوس نسبت به اشرشیاکلی به نانوکامپوزیت کیتوزان/PVA حساس تر بود [۵۲]. مونوترپن ها، اجزای اصلی (بیش از ۹۰٪) عصاره مرزه، رشد استافیلوکوکوس اورئوس را بیش از اشرشیاکلی مهار می کنند [۵۵]. یافته های دیگر محققان (Alboofetileh و همکاران، ۲۰۱۴؛ Paredes و همکاران، ۲۰۱۴؛ Pirtarighat و همکاران (۲۰۱۹)، نیز هم راستا با تحقیق حاضر بود که نشان دادند حساسیت استافیلوکوکوس اورئوس نسبت به اشرشیاکلی بیشتر است [۵۶، ۵۷، ۵۸]. اختلافات فوق الذکر در مورد کارایی در هر دو باکتری ممکن است به چند فاکتور مانند اندازه AgNP، انواع نانوذرات، مقاومت باکتریایی، مراحل رشد، ترکیبات اصلی عصاره و روش آزمایش نسبت داده شده است [۵۹]. Cheng و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی فیلم پلی لاکتیک اسید محتوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره پوست انبه جهت بسته بندی مواد غذایی بیان نمودند که فیلم مذکور دارای خواص ضد باکتریایی عالی بود و میزان مهار اشرشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس بالای ۹۵ درصد بود [۶۰].

۳-۲-۴- تغییرات باکتری استافیلوکوکوس اورئوس نتایج تحقیق حاضر (جدول ۱۱)، نشان داد که در روز یکم اختلاف آماری معنی داری در جمعیت باکتری استافیلوکوکوس اورئوس نمونه ها وجود نداشت ( $p > 0.05$ ) و در دیگر روزهای مورد بررسی بالاترین جمعیت باکتری استافیلوکوکوس اورئوس متعلق به نمونه های ۱ (نمونه شاهد) و ۲ (فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید) و پائین ترین جمعیت باکتری استافیلوکوکوس اورئوس متعلق به نمونه ۴ (فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری) بود ( $p \leq 0.05$ ) و با گذشت زمان از روز یکم تا روز چهاردهم، جمعیت باکتری استافیلوکوکوس اورئوس تمامی نمونه ها به طور معنی داری افزایش یافت ( $p \leq 0.05$ ). فعالیت های ضد- میکروبی AgNPs بر روی باکتری های گرم منفی بیشتر از باکتری های گرم مثبت است که به دلیل ضخامت کمتر دیواره باکتری های گرم منفی نسبت داده شده است [۵۳]. Hajji و

**Table 11.** Changes of *Staphylococcus aureus* population of chicken fillet samples during the storage period (Log CFU/g)

Samples	Storage time (days)			
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 14
Cod (1)	2.78±0.02 <sup>aD</sup>	4.36±0.01 <sup>aC</sup>	6.33±0.01 <sup>aB</sup>	10.22±0.01 <sup>aA</sup>
Cod (2)	2.75±0.03 <sup>aD</sup>	4.34±0.00 <sup>aC</sup>	6.33±0.01 <sup>aB</sup>	10.20±0.01 <sup>aA</sup>
Cod (3)	2.74±0.03 <sup>aD</sup>	4.20±0.01 <sup>bC</sup>	5.28±0.01 <sup>bB</sup>	9.31±0.00 <sup>bA</sup>

Cod (4)	2.77±0.01 <sup>aD</sup>	3.82±0.04 <sup>cC</sup>	4.76±0.02 <sup>cB</sup>	7.81±0.03 <sup>cA</sup>
---------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

Different lowercase letters indicate a significant difference in the column and different uppercase letters indicate a significant difference in the row ( $p < 0.05$ ).

**Cod (1):** Control sample (chicken fillet without coating), **Cod (2):** Chicken fillet coated with polylactic acid film, **Cod (3):** Chicken fillet coated with polylactic acid film contains *Satureja rechingeri* extract, **Cod (4):** Chicken fillet coated with polylactic acid film Contains silver nanoparticles synthesized from *Satureja rechingeri* extract

مخمر تمامی نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت (۰/۰۵)  $p \leq$ ، که علت این امر را می‌توان به اثرات ضد قارچی عصاره مرزه و عصاره مرزه محتوی نانوذرات نقره نسبت داد. مرادی و همکاران (۲۰۱۵) نیز در بررسی اثر پوشش حاوی نانوذرات نقره در افزایش مدت زمان ماندگاری خاویار بیان نمودند که در پوشش‌های حاوی نانو نقره، جمعیت قارچ‌ها در مقایسه با پوشش‌های فاقد نانو نقره بسیار پائین‌تر بود [۶۱]. پور مطلق و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی اثر پوشش پلی اتیلن حاوی نانوذرات نقره بر روی زرشک بیان نمودند که پوشش‌های حاوی یک و دو درصد نانو نقره سبب کاهش رشد کپک‌ها و میزان باکتری‌ها شدند [۶۲].

### ۳-۲-۴-۵ تغییرات جمعیت کپک و مخمر

نتایج تحقیق حاضر (جدول ۱۲)، نشان داد که در روز یکم اختلاف آماری معنی‌داری در جمعیت کپک و مخمر نمونه‌ها وجود نداشت (۰/۰۵)  $p >$  و در دیگر روزهای مورد بررسی بالاترین جمعیت کپک و مخمر متعلق به نمونه‌های ۱ (نمونه شاهد) و ۲ (فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید) و پائین‌ترین جمعیت کپک و مخمر متعلق به نمونه ۴ (فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری) بود (۰/۰۵)  $p \leq$  و با گذشت زمان از روز یکم تا روز چهاردهم، جمعیت کپک و

**Table 12.** Changes of mold and yeast bacteria population of chicken fillet samples during the storage period (Log CFU/g)

Samples	Storage time (days)			
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 14
Cod (1)	2.46±0.06 <sup>aA</sup>	5.37±0.01 <sup>aA</sup>	6.31±0.00 <sup>aA</sup>	7.40±0.00 <sup>aA</sup>
Cod (2)	2.44±0.04 <sup>aA</sup>	5.37±0.00 <sup>aA</sup>	6.30±0.01 <sup>aA</sup>	7.38±0.01 <sup>aA</sup>
Cod (3)	2.39±0.01 <sup>aA</sup>	4.35±0.01 <sup>bA</sup>	5.34±0.00 <sup>bA</sup>	6.31±0.02 <sup>bA</sup>
Cod (4)	2.46±0.03 <sup>aA</sup>	3.73±0.04 <sup>cA</sup>	4.72±0.03 <sup>cA</sup>	5.53±0.03 <sup>cA</sup>

Different lowercase letters indicate a significant difference in the column and different uppercase letters indicate a significant difference in the row ( $p < 0.05$ ).

**Cod (1):** Control sample (chicken fillet without coating), **Cod (2):** Chicken fillet coated with polylactic acid film, **Cod (3):** Chicken fillet coated with polylactic acid film contains *Satureja rechingeri* extract, **Cod (4):** Chicken fillet coated with polylactic acid film Contains silver nanoparticles synthesized from *Satureja rechingeri* extract

زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری) بود (۰/۰۵)  $p \leq$  و با گذشت زمان از روز یکم تا روز چهاردهم، امتیاز بوی تمامی نمونه‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت (۰/۰۵)  $p \leq$ . نتایج بدست آمده همراستا با نتایج آزمون‌های میکروبی و اکسیداسیون بود و نمونه ۴ (فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید حاوی نانو

### ۳-۲-۶ ارزیابی نتایج آزمون حسی

#### ۳-۲-۶-۱ امتیاز بو

نتایج تحقیق حاضر (جدول ۱۳)، نشان داد که در روز یکم اختلاف آماری معنی‌داری در امتیاز بوی نمونه‌ها وجود نداشت (۰/۰۵)  $p >$  و در دیگر روزهای مورد بررسی بالاترین امتیاز بو متعلق به نمونه ۴ (فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم



ریشنگری) پائین ترین میزان را نسبت به نمونه‌های دیگر دارا بود. ترکیبات ازته فرار نیز سبب ایجاد بوی بد و نامطبوع در محصولات گوشتی گردیده و پذیرش توسط مصرف کننده را کاهش می‌دهند که مقادیر بالای بار باکتریایی می‌تواند توجیهی برای افزایش این ترکیبات باشد. میزان بالای فعالیت باکتریایی ترکیباتی مثل تری‌متیل‌آمین‌اکساید، پپتیدها و آمینواسیدها را به بازهای فرار می‌شکند [۶۵]. میزان ۲۵ میلی‌گرم N-TVB در ۱۰۰ گرم محصول بالاترین سطح مورد قبول برای مصارف انسانی می‌باشد [۶۶].

ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری) دارای حداقل بار میکروبی، ازت تام فرار و تیوباریتوریک اسید بود. از آنجایی که اکسیداسیون در گوشت مرغ نهایتاً باعث ایجاد آلدنید، کتون، اسیدها و الکل گشته و باعث ایجاد تغییرات در عطر و طعم گوشت می‌شود در تحقیق حاضر، نمونه ۴ دارای حداقل اکسیداسیون نسبت به دیگر نمونه‌ها بود [۶۳]. آستانه شروع فساد و بدطعمی که محدوده مجاز برای TBA محسوب می‌شود، ۱-۲ mg/kg می‌باشد [۶۴] که نمونه ۴ (فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی-لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه

Table 13. Changes in odor score of chicken fillet samples during the storage time

Samples	Storage time (days)			
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 14
Cod (1)	5.00±0.00 <sup>aA</sup>	3.00±0.00 <sup>bA</sup>	1.33±0.57 <sup>cA</sup>	1.00±0.00 <sup>bA</sup>
Cod (2)	5.00±0.00 <sup>aA</sup>	3.00±0.00 <sup>bA</sup>	1.66±0.57 <sup>bcA</sup>	1.00±0.00 <sup>bA</sup>
Cod (3)	5.00±0.00 <sup>aA</sup>	3.00±0.00 <sup>bA</sup>	2.66±0.57 <sup>bA</sup>	1.33±0.57 <sup>bA</sup>
Cod (4)	5.00±0.00 <sup>aA</sup>	5.00±0.00 <sup>aA</sup>	4.66±0.57 <sup>aA</sup>	3.33±0.57 <sup>aA</sup>

Different lowercase letters indicate a significant difference in the column and different uppercase letters indicate a significant difference in the row ( $p < 0.05$ ).

**Cod (1):** Control sample (chicken fillet without coating), **Cod (2):** Chicken fillet coated with polylactic acid film, **Cod (3):** Chicken fillet coated with polylactic acid film contains *Satureja rechingeri* extract, **Cod (4):** Chicken fillet coated with polylactic acid film Contains silver nanoparticles synthesized from *Satureja rechingeri* extract

مصرف کننده برای اطمینان از فاسد نبودن آن استفاده می‌شود [۶۷]. اکسیداسیون میوگلوبین در نمونه‌های گوشت سینه مرغ که منجر به کاهش میزان قرمزی و افزایش میزان زردی گوشت می‌شود، با ایجاد رنگ نامطلوب در گوشت، کاهش امتیاز ارزیابی حسی رنگ را در بر خواهد داشت [۶۸]. در تحقیق حاضر امتیاز بالاتر رنگ اختصاص یافته به نمونه ۴ (یله مرغ پوشش دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی-لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری) را می‌توان به اکسیداسیون پائین تر آن نسبت داد.

### ۳-۲-۶-۲-۳ امتیاز رنگ

نتایج تحقیق حاضر (جدول ۱۴)، نشان داد که در روز یکم اختلاف آماری معنی‌داری در امتیاز رنگ نمونه‌ها وجود نداشت ( $p > 0.05$ ) و در دیگر روزهای مورد بررسی بالاترین امتیاز رنگ متعلق به نمونه ۴ (فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی‌لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری) بود ( $p \leq 0.05$ ) و با گذشت زمان از روز یکم تا روز چهاردهم، امتیاز رنگ تمامی نمونه‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت ( $p \leq 0.05$ ). رنگ و بوی گوشت، شاخصی است که از سوی

Table 14. Changes in color score of chicken fillet samples during the storage time

Samples	Storage time (days)			
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 14

Samples	Day 1	Day 3	Day 7	Day 14
Cod (1)	5.00±0.00 <sup>aA</sup>	2.00±0.00 <sup>cA</sup>	2.00±0.00 <sup>bA</sup>	1.00±0.00 <sup>bA</sup>
Cod (2)	5.00±0.00 <sup>aA</sup>	2.00±0.00 <sup>cA</sup>	2.00±0.00 <sup>bA</sup>	1.00±0.00 <sup>bA</sup>
Cod (3)	5.00±0.00 <sup>aA</sup>	3.33±0.57 <sup>bA</sup>	2.33±0.57 <sup>bA</sup>	1.33±0.57 <sup>bA</sup>
Cod (4)	5.00±0.00 <sup>aA</sup>	4.66±0.57 <sup>aA</sup>	3.66±0.57 <sup>aA</sup>	2.66±0.57 <sup>aA</sup>

Different lowercase letters indicate a significant difference in the column and different uppercase letters indicate a significant difference in the row ( $p < 0.05$ ).

**Cod (1):** Control sample (chicken fillet without coating), **Cod (2):** Chicken fillet coated with polylactic acid film, **Cod (3):** Chicken fillet coated with polylactic acid film contains *Satureja rechingeri* extract, **Cod (4):** Chicken fillet coated with polylactic acid film Contains silver nanoparticles synthesized from *Satureja rechingeri* extract

گوشت با تشکیل کربونیل و حذف گروه‌های تیول همراه است [۶۹]. همچنین می‌تواند به دلیل اثر عصاره بر فعالیت میکروارگانسیم‌ها و در نتیجه کاهش تخریب و دناتور شدن پروتئین‌ها باشد. در گوشت با گذشت زمان بافت توسط فعالیت آنزیمی میکروارگانسیم‌های گوشت تخریب می‌شود، این تخریب بافت با تجزیه ترکیبات پروتئینی، نرمتر شدن بافت و تولید ترکیبات ازته همراه است [۷۰]. در تحقیق حاضر نیز می‌توان بیان نمود که در نمونه ۴ (فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری) فعالیت ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی بالاتری مشاهده شده و بنابراین دارای امتیاز بافت بالاتری بوده است.

### ۳-۲-۶-۳ امتیاز بافت

نتایج تحقیق حاضر (جدول ۱۵)، نشان داد که در روز یکم اختلاف آماری معنی‌داری در امتیاز بافت نمونه‌ها وجود نداشت ( $p > 0.05$ ) و در دیگر روزهای مورد بررسی بالاترین امتیاز بافت متعلق به نمونه ۴ (فیله مرغ پوشش دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری) بود ( $p \leq 0.05$ ) و با گذشت زمان از روز یکم تا روز چهاردهم، امتیاز بافت تمامی نمونه‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت ( $p \leq 0.05$ ). بافت، اساسی‌ترین عامل نشان دهنده کیفیت گوشت از دیدگاه مصرف‌کننده است. بنابراین، بهبود کیفیت گوشت و ترد بودن آن اهمیت ویژه‌ای دارد [۶۷]. بافت تحت تأثیر اکسیداسیون گوشت قرار گرفته است که ممکن است به دلیل از دست رفتن گروه‌های تیول باشد زیرا اکسیداسیون پروتئین‌های

**Table 15.** Changes in texture score of chicken fillet samples during the storage time

Samples	Storage time (days)			
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 14
Cod (1)	5.00±0.00 <sup>aA</sup>	4.33±0.57 <sup>aA</sup>	3.66±0.57 <sup>aA</sup>	1.00±0.00 <sup>bA</sup>
Cod (2)	5.00±0.00 <sup>aA</sup>	4.33±0.57 <sup>aA</sup>	3.66±0.57 <sup>aA</sup>	1.33±0.57 <sup>bA</sup>
Cod (3)	5.00±0.00 <sup>aA</sup>	4.66±0.57 <sup>aA</sup>	4.00±0.00 <sup>aA</sup>	2.33±0.57 <sup>aA</sup>
Cod (4)	5.00±0.00 <sup>aA</sup>	5.00±0.00 <sup>aA</sup>	4.00±0.00 <sup>aA</sup>	3.00±0.00 <sup>aA</sup>

Different lowercase letters indicate a significant difference in the column and different uppercase letters indicate a significant difference in the row ( $p < 0.05$ ).

**Cod (1):** Control sample (chicken fillet without coating), **Cod (2):** Chicken fillet coated with polylactic acid film, **Cod (3):** Chicken fillet coated with polylactic acid film contains *Satureja rechingeri* extract, **Cod (4):** Chicken fillet coated with polylactic acid film Contains silver nanoparticles synthesized from *Satureja rechingeri* extract

همکاران (۲۰۰۹) انجام شد نمونه‌های مرغی که تا امتیاز ۲/۵ (۱ تا ۴) امتیاز را کسب کنند قابل مصرف برای انسان می‌باشند [۷۱]. Formanek و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که عصاره رزماری علاوه بر جلوگیری از اکسیداسیون لیپید و فساد میکروبی از تغییرات رنگ گوشت در طول دوره نگهداری جلوگیری می‌کند و باعث افزایش کیفیت گوشت از نظر فاکتورهای حسی می‌شود. علت این امر به ترکیبات ساختاری گیاه رزماری، خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی آن و ممانعت از فساد اکسیداتیو نسبت داده شد [۷۲].

### ۳-۶-۴ امتیاز پذیرش کلی

نتایج تحقیق حاضر (جدول ۱۶)، نشان داد که در روز یکم اختلاف آماری معنی‌داری در امتیاز پذیرش کلی نمونه‌ها وجود نداشت ( $p > 0.05$ ) و در دیگر روزهای مورد بررسی بالاترین امتیاز پذیرش کلی متعلق به نمونه ۴ (فیله مرغ پوشش‌دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی‌لاکتیک‌اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری) بود ( $p \leq 0.05$ ) و با گذشت زمان از روز یکم تا روز چهاردهم، امتیاز پذیرش کلی تمامی نمونه‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت ( $p \leq 0.05$ ). بر اساس امتیازبندی که توسط Hasen و

**Table 16.** Changes in overall acceptance score of chicken fillet samples during the storage time

Samples	Storage time (days)			
	Day 1	Day 3	Day 7	Day 14
Cod (1)	5.00±0.00 <sup>AA</sup>	3.33±0.57 <sup>AA</sup>	2.66±0.57 <sup>BA</sup>	1.00±0.00 <sup>CA</sup>
Cod (2)	5.00±0.00 <sup>AA</sup>	3.33±0.57 <sup>AA</sup>	2.66±0.57 <sup>BA</sup>	1.00±0.00 <sup>CA</sup>
Cod (3)	5.00±0.00 <sup>AA</sup>	3.66±0.57 <sup>AA</sup>	3.00±0.00 <sup>BA</sup>	2.33±0.57 <sup>BA</sup>
Cod (4)	5.00±0.00 <sup>AA</sup>	5.00±0.00 <sup>BA</sup>	4.00±0.00 <sup>AA</sup>	3.00±0.00 <sup>AA</sup>

Different lowercase letters indicate a significant difference in the column and different uppercase letters indicate a significant difference in the row ( $p < 0.05$ ).

**Cod (1):** Control sample (chicken fillet without coating), **Cod (2):** Chicken fillet coated with polylactic acid film, **Cod (3):** Chicken fillet coated with polylactic acid film contains *Satureja rechingeri* extract, **Cod (4):** Chicken fillet coated with polylactic acid film Contains silver nanoparticles synthesized from *Satureja rechingeri* extract

مرزه بود ( $p \leq 0.05$ ) و فیله مرغ پوشش‌دهی شده با فیلم زیست تخریب پذیر پلی‌لاکتیک‌اسید حاوی نانو ذرات نقره سنتز شده از عصاره مرزه ریشنگری (نمونه ۴)، دارای ویژگی‌های میکروبیولوژیکی و حسی بهتری نسبت به نمونه‌های دیگر بود و به عنوان تیمار برتر انتخاب شد. بر اساس موارد فوق، فیلم‌های یک بسته‌بندی فعال، ضد میکروب و زیست تخریب‌پذیر است و می‌تواند به عنوان یک بسته‌بندی نوآورانه در حفظ کیفیت مواد غذایی بکارگرفته شود.

### ۶- منابع

[1] Ghazanfari, N., Fallah, S., Vasiee, A., & Yazdi, F. T. (2023). Optimization of fermentation culture medium containing food waste for l-glutamate production using native lactic acid bacteria and comparison with industrial strain. *LWT*, 184, 114871.

### ۴-۷ نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که عصاره مرزه حاوی نانوذرات نقره و ویژگی‌های ضد میکروبی بیشتری نسبت به عصاره مرزه داشته است ( $p \leq 0.05$ ). به طوری که حداقل غلظت مهار کنندگی و حداقل غلظت کشندگی بر علیه باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس و اشریشیاکلی برای عصاره مرزه حاوی نانوذرات نقره به طور معنی‌داری پائین‌تر از عصاره

[2] Alizadeh Behbahani, B., Jooyandeh, H. Vasiee, A. & Zeraatpisheh, F. (2023). Evaluation of anti-yeast metabolites produced by *Lactobacillus* strains and their potential application as bio-preservatives in traditional yogurt drink. *LWT*. 188: 115428.

[3] Noshad, M., Alizadeh Behbahani, B. & Hojjati, M. (2021). Investigation of probiotic and technological characteristics of lactic acid bacteria isolated from

- Behbahan local Dough. *Journal of Food Industry Research*, 21(4): 169-186. [Full text in persian].
- [4] Alizadeh Behbahani, B., Noshad, M., Vasiee, A., & Brück, W. M. (2024). Probiotic *Bacillus* strains inhibit growth, biofilm formation, and virulence gene expression of *Listeria monocytogenes*. *LWT*, 191, 115596.
- [5] Vasiee, A., Mortazavi, S. A., Sankian, M., Yazdi, F. T., Mahmoudi, M., & Shahidi, F. (2019). Antagonistic activity of recombinant *Lactococcus lactis* NZ1330 on the adhesion properties of *Escherichia coli* causing urinary tract infection. *Microbial Pathogenesis*, 133, 103547.
- [6] Vasiee, A., Falah, F., Sankian, M., Tabatabaei-Yazdi, F., & Mortazavi, S. A. (2020). Oral Immunotherapy Using Probiotic Ice Cream Containing Recombinant Food-Grade Which Inhibited Allergic Responses in a BALB/c Mouse Model. *Journal of Immunology Research*.
- [7] Alizadeh Behbahani, B., Noshad, M. & Jovandeh, H. (2022). Evaluating the activity and investigating the characteristics of bacteriocin produced by *Lactobacillus* bacteria isolated from local yogurt of Behbahan city. *Iranian Journal of Food Science and Industry*, 16 (2): 111-120. [Full text in persian].
- [8] Vasiee, A., Falah, F., & Mortazavi, S. A. (2022). Evaluation of probiotic potential of autochthonous *Lactobacilli* strains isolated from Zabuli yellow kashk, an Iranian dairy product. *Journal of Applied Microbiology*, 133(5), 3201-3214.
- [9] López-García, E., Benítez-Cabello, A., Ramiro-García, J., Ladero, V. & Arroyo-López, F.N. (2023). in silico evidence of the multifunctional features of *Lactiplantibacillus pentosus* lpg1, a natural fermenting agent isolated from table olive biofilms. *Foods*. 12, 938.
- [10] Saboktakin-Rizi, M., Alizadeh Behbahani, B., Mohammad Hojjati, M. & Noshad, M. (2021). Identification of *Lactobacillus plantarum* TW29-1 isolated from Iranian fermented cereal-dairy product (Yellow Zabol Kashk): probiotic characteristics, antimicrobial activity and safety evaluation, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15: 2615–2624.
- [11] Barzegar, H., Alizadeh Behbahani, B. & Fereshteh Falah, F. (2021). Safety, probiotic properties, antimicrobial activity, and technological performance of *Lactobacillus* strains isolated from Iranian raw milk cheeses. *Food Science & Nutrition*, 00: 1-14.
- [12] Vasiee, A., Alizadeh Behbahani, B., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A. & Noorbakhsh, H. (2018). Diversity and probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from horreh, a traditional Iranian fermented food. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 10 (2): 258–268.
- [13] Tabatabai Yazdi, F., Vasiee, A., Alizadeh Behbahani, b. & Mortazavi, S. A. (2016). Evaluation of the probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from kimchi produced in Iran. *Journal of Qom University of Medical Sciences*. 11-22. [Full text in persian].
- [14] Vasiee, A., Falah, F., Alizadeh Behbahani, B. & Tabatabaei-yazdi, F. (2020). Probiotic characterization of *Pediococcus* strains isolated from Iranian cereal-dairy fermented product: Interaction with pathogenic bacteria and the enteric cell line Caco-2. *Journal of Bioscience and Bioengineering*.
- [15] Kim, S., Lee, J. Y., Jeong, Y. & Kang, C. (2022). Antioxidant Activity and Probiotic Properties of Lactic Acid Bacteria. *Fermentation*, 8 (29).
- [16] Alizadeh Behbahani, B., Barzegar, H., Mehrnia, M. A. & Ghodsi Sheikhjan, M. (2023). Probiotic Characterization of *Limosilactobacillus fermentum* Isolated from Local Yogurt: Interaction with Pathogenic Bacteria and Caco-2 Enteric Cell Line. *Nutrition and Food Sciences Research*. 10 (1): 37-45.
- [17] Falah, F., Vasiee, A., Alizadeh Behbahani, B., Tabatabaei Yazdi, F., Moradi, S., Mortazavi, S. A. & Roshanak, S. (2019). Evaluation of adherence and anti-infective properties of probiotic *Lactobacillus fermentum* strain 4-17 against *Escherichia coli* causing urinary tract infection in humans. *Microbial Pathogenesis*. 131: 246–253.
- [18] Jafari, b., Manadi, A., Rezaei, A., Alizadeh, S., Ahmadizadeh, Ch., Barzegari, A., Pashazadeh, M., & Jafarzadeh, H. (2013). Evaluation of the probiotic potential of *enterococci* isolated from traditional dairy products of Moghan and Meshgin Shahr region. *Veterinary Journal of Islamic Azad University, Tabriz Branch*, 6 (1): 1505-1513. [Full text in persian].
- [19] Pavlović, N., Stankov, K., & Mikov, M. (2012). Probiotics—interactions with bile acids and impact on cholesterol metabolism. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 168:1880-95.
- [20] Fatemizadeh, S. S., Habibi Najafi, M. B. & Nielsen, D. S. (2023). Effect of *Bacillus plantarum* lactiplanta of mutal cheese on the adhesion of *Cronobacter sakazakii* to intestinal cells. *Iran Journal of Food Science and Industry Research*, 19 (4): 557-575. [Full text in persian].
- [21] Hojjati, M., Alizadeh Behbahani, b. & Falah, F. (2020). Investigation of technological and antimicrobial properties of *Lactobacillus brevis* gp104 strain isolated from Khiki cheese. *Quarterly Journal of Applied Microbiology in Food Industry*, 7 (3): 14-26. [Full text in persian].
- [22] Hajinia, F., Sadeghi, A., Sadeghi Mahonek, A., Khamiri, M., Maqsoodlou, Y. & Muayidi, A. (2021). Evaluation of probiotic and antifungal properties of dominant lactic acid bacteria isolated from oat sour dough, *Journal of Food Health*, 10(1): 45-59. [Full text in persian].
- [23] Shamsuddin, B. & Mazharuddin Khan, M. (2019). Antimicrobial activity and antibiotic sensitivity of lactic acid bacteria isolated from fermented foods and a commercial probiotic: a comparative in vitro study. *International Journal of Environment, Ecology, Family and Urban Studies (IJEFFUS)*, 9 (4): 59-66.

- [24] Pieniz, S., Andrezza, R., Anghinoni, T., Camargo, F. & Brandelli, A. (2014). Probiotic potential, antimicrobial and antioxidant activities of *Enterococcus durans* strain LAB18s. *Food Control*, 37: 251e256.
- [25] Wang, Y., Wu, Y., Wang, Y., Xu, H., Mei, X., Yu, D., Wang, Y. & Li, W. (2017). Antioxidant properties of probiotic bacteria. *Nutrients*, 9 (521).
- [26] Momenzadeh, S., Jovandeh, H., Alizadeh Behbahani, b. & Barzegar, H. (2021). Evaluation of probiotic and antibacterial properties of *Lactobacillus fermentum* SL163-4. *Journal of Iranian Food Science and Industry Research*, 17 (3): 233-242. [Full text in persian].
- [27] Alizadeh Behbahani, B., Noshad, M. & Falah, F. (2019). Inhibition of *Escherichia coli* adhesion to human intestinal Caco-2 cells by probiotic candidate *Lactobacillus plantarum* strain L15. *Microbial Pathogenesis*, 136: 1-7.
- [28] Alizadeh Behbahani, B., Jooyandeh, H., Hojjati, M. & Ghodsi Sheikhjan, M. (2024). Evaluation of probiotic, safety, and anti-pathogenic properties of *Levilactobacillus brevis* HL6, and its potential application as bio-preservatives in peach juice. *LWT*. 191: 115601.
- [29] Zibaei-Rad, A., Rahmati-Joneidabad, M., Alizadeh Behbahani, B., & Taki, M. (2024). Probiotic-loaded seed mucilage-based edible coatings for fresh pistachio fruit preservation: an experimental and modeling study. *Scientific Reports*, 14(1), 509.
- [30] Zibaei-Rad, A., Rahmati-Joneidabad, M., Alizadeh Behbahani, B., & Taki, M. (2023). Assessing the protection mechanisms on *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048 by potentially probiotic strain *Lacticaseibacillus casei* XN18: An experimental and modeling study. *Microbial pathogenesis*, 181, 106177.
- [31] Kardooni, Z., Alizadeh Behbahani, B., Jooyandeh, H., & Noshad, M. (2023b). Assessing Protection Mechanisms against *Escherichia coli* by Analyzing Auto-and Co-Aggregation, Adhesion Ability, Antagonistic Activity and Safety Characteristics of Potentially Probiotic *Lactobacillus acidophilus* B103. *Nutrition and Food Sciences Research*, 10(1), 11-21.
- [32] Falah, F., Vasiee, A., Tabatabaei-Yazdi, F., Moradi, S., & Sabahi, S. (2022). Optimization of  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) production by *Lactobacillus* spp. from agro-food waste. *Biomass Conversion and Biorefinery*. doi:10.1007/s13399-022-02361-z
- [33] Falah, F., Vasiee, A., Yazdi, F. T., & Alizadeh Behbahani, B., (2021). Preparation and Functional Properties of Synbiotic Yogurt Fermented with *Lactobacillus brevis* PML1 Derived from a Fermented Cereal-Dairy Product. *BioMed Research International*, 2021, 1057531. doi:10.1155/2021/1057531
- [34] Falah, F., Zareie, Z., Vasiee, A., Tabatabaei Yazdi, F., Mortazavi, S. A., & Alizadeh Behbahani, B. (2021). Production of synbiotic ice-creams with *Lactobacillus brevis* PML1 and inulin: functional characteristics, probiotic viability, and sensory properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(6), 5537-5546. doi:10.1007/s11694-021-01119-x
- [35] Barzegar, H., Alizadeh Behbahani, B., Mirzaei, A., & Ghodsi Sheikhjan, M. (2023). Assessing the protection mechanisms against *Enterobacter aerogenes* by analyzing aggregation, adherence, antagonistic activity, and safety properties of potentially probiotic strain *Lactobacillus brevis* G145. *Microbial Pathogenesis*, 181, 106175. doi:https://doi.org/10.1016/j.micpath.2023.106175



## Study of polylactic acid film containing silver nanoparticles on shelf life of chicken fillet

Mina Tazakori <sup>1</sup>, Hassan Hamed <sup>2</sup>, Seyed Amir Ali Anwar <sup>3</sup>, Nakisa Sohrabi Haqdoost <sup>4</sup>

1- Msc Graduated, Department of Food Hygiene, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (IAUPS)

2-Assistant Professor, Department of Food Hygiene, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (IAUPS)

3-Associate Professor, Department of Food Hygiene, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (IAUPS)

4-Assistant Professor, Department of Food Hygiene, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (IAUPS)

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received: 2022/8/15

Accepted: 2022/12/18

#### Keywords:

Polylactic acid,

Chicken fillet,

*Satureja rechingeri*,

Silver nanoparticles

**DOI: 10.22034/FSCT.21.154.15.**

\*Corresponding Author E-

### ABSTRACT

Plant extracts and nanoparticles prepared from them can be used to increase the shelf life of meat due to their antimicrobial and antioxidant properties. In the current research, the effect of polylactic acid films containing silver nanoparticles synthesized from *Satureja rechingeri* extract on the physicochemical and microbial properties of chicken fillets at refrigerator temperature in time intervals of 0, 3, 7 and 14 days was investigated. The samples include the control (code 1), chicken fillet coated with polylactic acid film (code 2), chicken fillet coated with polylactic acid film containing *Satureja rechingeri* extract (code 3) and coated chicken fillet. They were coated with polylactic acid film containing silver nanoparticles synthesized from the extract of Marza Rishengari (code 4). The results showed that the mean diameter of the growth inhibition zone against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* for the *Satureja rechingeri* extract containing silver nanoparticles was significantly higher than the *Satureja rechingeri* extract ( $p \leq 0.05$ ). In all the studied days, except for the first day, the lowest pH and thiobarbituric acid levels belonged to sample 4 ( $p \leq 0.05$ ). On the third and seventh days, the highest L\* color component belonged to sample 4 ( $p \leq 0.05$ ). In all the studied days, except for the first day, the lowest population of mesophilic bacteria, psychrophilic, coliform, *Staphylococcus aureus*, mold and yeast, as well as the highest score of all sensory factors (smell, color, texture, overall acceptance) belonged to sample 4 ( $p \leq 0.05$ ). Sample 4 was selected as the superior treatment due to its higher sensory score and more favorable microbial characteristics.