



بررسی اثر پوشش خوراکی مبتنی بر نانوامولسیون اسانس گریپ فروت و موسیلاژ دانه بالنگوی شهری بر ویژگی‌های میکروبی و شیمیایی گوشت گوسفند طی دوره نگهداری حسین زنگانه<sup>۱</sup>، سیدعلی مرتضوی<sup>۲\*</sup>، فخری شهیدی<sup>۲</sup>، بهروز عزیزاده بهبهانی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- استاد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

در این مطالعه، اثر پوشش خوراکی بر پایه موسیلاژ دانه بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* seed mucilage, LISM) حاوی غلظت‌های مختلف (صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد حجمی/حجمی) نانوامولسیون (CPN) اسانس گریپ‌فروت (*Citrus paradisi* essential oil) بر کیفیت‌های میکروبی، شیمیایی و حسی گوشت گوسفندی در طی نگهداری سرد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج ضد میکروبی نشان داد که در انتهای دوره نگهداری، کمترین تعداد باکتری‌های زنده کل ( $6/26 \log \text{CFU/g}$ )، باکتری‌های سرمدوست ( $\log \text{CFU/g}$ )  $3/28$ ، *Escherichia coli* ( $0/95 \log \text{CFU/g}$ )، *Staphylococcus aureus* ( $0/87 \log \text{CFU/g}$ ) و قارچ ( $1/12 \log \text{CFU/g}$ ) در نمونه LISM+2%CPN مشاهده شد. بیشترین و کمترین pH در پایان دوره نگهداری به ترتیب مربوط به نمونه‌های بدون پوشش ( $6/42$ ) و LISM+2%CPN ( $5/65$ ) بود. مقدار عدد پراکسید و تیوباریتوریک اسید در نمونه شاهد و نمونه LISM+2%CPN به ترتیب  $11/60 \text{ meq O}_2/\text{kg}$  و  $5/40 \text{ meq O}_2/\text{kg}$  و  $0/59 \text{ mg MDA/kg}$  پس از ۹ روز نگهداری در شرایط سرد بود. رنگ گوشت ( $L^*$ ،  $a^*$ ،  $b^*$ ) نیز توسط پوشش خوراکی حاوی نانوامولسیون اسانس گریپ فروت (LISM+CPN) حفظ گردید. افزایش محتوای نانو امولسیون در پوشش خوراکی، امتیاز پارامترهای حسی مانند بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی گوشت گوسفند را به خصوص در آخرین روز نگهداری تحت شرایط سرد افزایش داد. نتایج به‌دست‌آمده، پوشش خوراکی LISM+CPN را به‌عنوان یک راهکار مؤثر برای به تاخیر انداختن زوال شیمیایی و میکروبی گوشت گوسفند پیشنهاد می‌کند.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۱۴

کلمات کلیدی:

نانوامولسیون اسانس گریپ فروت؛  
پوشش خوراکی زیست فعال؛  
گوشت گوسفند؛  
عمر نگهداری

DOI: 10.22034/FSCT.20.142. 119  
DOR:20.1001.1.20088787.1402.20.142.8.8

\* مسئول مکاتبات:

morteza@um.ac.ir

## ۱- مقدمه

گوشت به دلیل پایداری اکسایشی کم و ترکیب خاص خود در برابر فساد میکروبی و همچنین اکسیداسیون رنگ و چربی حساس است [۱ و ۲]. از این رو، برای جلوگیری از فساد میکروبی و شیمیایی گوشت باید از روش‌های مختلف نگهداری استفاده شود. بسیاری از آنتی‌اکسیدان‌های ضد میکروبی و مصنوعی وجود دارند که معمولاً در صنعت گوشت برای افزایش ماندگاری محصولات خام و پخته استفاده می‌شوند. با این حال، قیمت بالای این افزودنی‌ها و سرطان‌زا بودن، دیدگاه منفی را نسبت به مصرف‌کنندگان ایجاد می‌کند [۳].

بسته‌بندی مواد غذایی یکی از عوامل تعیین کننده و تأثیرگذار بر کیفیت غذا و پذیرش مصرف‌کننده است. روش‌های بسته‌بندی مرسوم به دلیل ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی خوب، به طور گسترده‌ای در مقایسه با مواد مبتنی بر سوخت‌های فسیلی برای تولید پلیمرهای مصنوعی، از جمله پلی وینیل کلراید، پلی استایرن، پلی آمید، پلی پروپیلن، اتیلن وینیل الکل و سایر پلیمرهای مصنوعی مورد توجه قرار گرفته است [۴]. امروزه استفاده از پوشش‌های زیستی به عنوان موانعی برای خروج رطوبت و نفوذ اکسیژن مورد توجه قرار گرفته است که به طور مؤثری عمر مفید محصولات را افزایش می‌دهد. از جمله بیوپلیمرهای رایج مورد استفاده برای پوشش‌های خوراکی می‌توان به انواع پلی‌ساکاریدها از جمله مشتقات سلولز، کیتوزان، آلژینات، نشاسته، دکسترین، صمغ‌های گیاهی و موسیلاژها اشاره کرد [۵ و ۶]. موسیلاژها هتروپلی‌ساکاریدهایی هستند که از برخی گیاهان دارویی به دست می‌آیند، به راحتی قابل دسترس بوده و به دلیل قیمت مناسب بسیار مورد توجه قرار می‌گیرند [۷].

بالنگوی شهری با نام علمی *Lallemantia iberica* گیاهی علفی، یک ساله و مقاوم به خشکی است که به طور خودرو در بسیاری از مناطق ایران از جمله کرمانشاه، همدان، لرستان،

چهارمحال و بختیاری و غیره رشد می‌کند [۸]. موسیلاژ این گیاه در رفع گرفتگی گلو و سرفه‌های ناشی از سرماخوردگی و درمان بیماری‌های کلیوی، اختلالات عصبی و کبدی مورد استفاده قرار می‌گیرد و گزارش شده است که روغن آن دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی است [۹ و ۱۰]. با این حال، پوشش‌های پلی‌ساکاریدی دارای خواص ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی اندکی بوده و معمولاً در ترکیب با عوامل ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی طبیعی بهبود می‌یابند [۱۱]. در میان افزودنی‌های طبیعی، عصاره‌های گیاهی و اسانس‌ها به دلیل ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی خود، پتانسیل قابل توجهی را در طیف وسیعی از کاربردها نشان داده‌اند [۱۲].

گریپ فروت (*Citrus paradisi*) یکی از مهم‌ترین مرکبات طبیعی دنیا به شمار می‌آید که دارای ترکیبات فنولی بالا و خصوصیات ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی می‌باشد [۱۳]. در مطالعات مختلف اثرات ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی بخش‌های مختلف گریپ فروت مورد بررسی قرار گرفته است [۱۴ و ۱۵]. با اینحال، حلالیت پایین اسانس‌ها در آب، فشار بخار بالا و ناپایداری‌های فیزیکی و شیمیایی آن استفاده از این ترکیبات را محدود کرده است. همچنین، بو و مزه نامطلوب اسانس در محصولات غذایی نارضایتی‌هایی را برای مصرف‌کنندگان به همراه داشته است. از این رو، امروزه استفاده از روش‌هایی جهت به حداقل رساندن اثرات نامطلوب اسانس‌ها مورد توجه قرار گرفته است [۱۶]. استفاده از فناوری نانو به منظور پراکندگی اسانس‌های گیاهی در آب به افزایش حلالیت و پایداری این ترکیبات کمک کرده است [۱۷]. در میان نانوامولسیون‌ها، امولسیون‌های روغن در آب با اندازه ذرات کوچک در محدوده ۱۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر به دلیل ایمنی و سازگاری با آب در مقایسه با نانو امولسیون‌های آب در روغن بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند در مقایسه با امولسیون‌های معمولی، نانوامولسیون‌ها دارای برخی ویژگی‌های منحصربه‌فرد از جمله شفافیت نوری بالا و پایداری فیزیکی بهتر بوده که برای کاربردهای غذایی مفید

خشک و پس از بسته‌بندی در دمای محیط نگهداری شد [۲۲].

## ۲-۴- تهیه پوشش خوراکی و پوشش دهی گوشت گوسفندی

ابتدا مخلوطی از ۵ گرم صمغ بالنگوی شهری، ۱/۷۵ گرم توئین ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر تهیه و تا حل شدن کامل مواد، حرارت‌دهی و هم زده شد. سپس ۲-۰ درصد اسانس (به شکل نانوامولسیون<sup>۱</sup>) به مخلوط اضافه گردید. پس از تهیه قطعات یکسانی از راسته گوشت گوسفند، نمونه‌ها به مدت ۱ دقیقه در پوشش تهیه شده غوطه‌ور شدند. قطعات گوشت پوشش داده شده در دمای اتاق به مدت ۱۰ دقیقه خشک و جهت انجام آزمون‌های مختلف به مدت ۹ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نمونه‌ها شامل نمونه فاقد موسیلاژ و اسانس (نمونه کنترل)، نمونه پوشش‌دهی شده با موسیلاژ فاقد نانوامولسیون اسانس (LISM) و نمونه‌های پوشش‌دهی شده با موسیلاژ حاوی درصد‌های مختلف نانوامولسیون اسانس گریپ‌فروت به صورت زیر تقسیم‌بندی شدند [۲۳]:

Control, LISM, LISM+0.5%CPN, LISM+1%CPN, LISM+1.5%CPN, LISM+2%CPN.

۲-۵- آزمایش‌های میکروبی گوشت پوشش داده شده  
۵ گرم نمونه گوشت به همراه ۴۵ میلی‌لیتر آب پیتونه ۰/۱ درصد به مدت یک دقیقه هموژن گردید. سپس رقت‌های متوالی از نمونه در لوله‌های حاوی آب پیتونه ۰/۱ درصد تهیه شده و در پلیت‌های حاوی محیط کشت تلقیح شدند. آزمون‌های میکروبی شامل شمارش کل باکتری‌ها (TVC)<sup>۲</sup> در محیط پلیت کانت آگار<sup>۳</sup> به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد، باکتری‌های سرمادوست<sup>۴</sup> (PTC) در محیط

باشند [۱۸ و ۱۹]. از این رو، هدف از این مطالعه، استفاده از نانوامولسیون اسانس گریپ‌فروت در پوشش‌های تولیدی از موسیلاژ بالنگوی شهری و استفاده از آن جهت افزایش زمان ماندگاری گوشت گوسفندی بود.

## ۲- مواد و روش

### ۲-۱- تهیه اسانس گریپ‌فروت

از دستگاه کلونجر جهت استخراج اسانس گریپ‌فروت استفاده شد. بدین ترتیب که، ۵۰۰ گرم گریپ‌فروت آسیاب شده با آب در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد مخلوط و اسانس آن از طریق روش تقطیر با کمک دستگاه کلونجر استخراج گردید. در پایان پس از حذف آب اضافی، اسانس استخراج شده با استفاده از سدیم سولفات خشک و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد [۲۰].

### ۲-۲- تهیه نانوامولسیون اسانس گریپ‌فروت

نانوامولسیون اسانس گریپ‌فروت از طریق تهیه مخلوطی از اسانس گریپ‌فروت، توئین ۸۰ و آب با نسبت‌های ۱۰:۱:۸۹ وزنی/ وزنی با استفاده از هموژنایزر اولتراسونیک، با قدرت ۵۰۰ وات، فرکانس ۲۰ کیلوهرتز و دامنه ۷۲ میکرومتر در مدت ۱۵ دقیقه تهیه گردید [۲۱].

### ۲-۳- تهیه بالنگوی شهری و استخراج موسیلاژ آن

جنس و گونه بالنگوی شهری خریداری شده از استان مازندران در هرباریوم پژوهشکده علوم گیاهی تأیید شد. پس از برطرف کردن گرد و غبار و کثیفی بذر با استفاده از اتانول، بالنگوی شهری به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شد. گیاه خشک شده با آب به نسبت ۱:۲۰ در pH=۷ و دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و زمان استخراج ۳ ساعت تحت عصاره‌گیری موسیلاژ قرار گرفت. پس از صاف کردن و سانتریفیوژ مخلوط به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه موسیلاژ جدا شد. موسیلاژ به دست آمده به مدت ۳ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد

1- CPN

2 -Total viable count

3 -Plate Count Agar

4 -Psychrotrophic count

جهت اندازه‌گیری عدد پراکسید، ابتدا بخش لیپیدی قطعات گوشت با استفاده از محلول کلروفورم- اسید استیک استخراج شد. سپس آب مقطر، محلول ۱ درصد نشاسته و یدید پتاسیم اشباع جهت آزاد شدن ید اضافه گردید. ید آزاد شده با تیوسولفات ۰/۰۱ نرمال تیترو و عدد پراکسید (PV) به صورت میلی اکسیژن گرم اکسیژن در کیلوگرم لیپید ( $\text{meq O}_2/\text{kg}$ ) گزارش شد [۲۷].

#### ۲-۶-۵- مقدار اسید تیوباریتوریک

برای اندازه‌گیری مقدار اسید تیوباریتوریک<sup>۳</sup> (TBA)، ۲ گرم از هر یک از نمونه‌های گوشت با ۵ میلی‌لیتر محلول ۲۰ درصد اسید تری‌کلرواستیک مخلوط و از کاغذ صافی عبور داده شد. سپس ۵ میلی‌لیتر از نمونه فیلتر شده با ۵ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۱ مولار اسید تیوباریتوریک مخلوط گردید و در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۳۲ نانومتر بررسی شد [۲۷].

#### ۲-۷- رنگ نمونه‌ها

مقادیر<sup>\*</sup> L (شاخص روشنایی)،<sup>\*</sup> a (شاخص قرمزی) و<sup>\*</sup> b (شاخص زردی) نمونه‌ها با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (CR-400 Konica Minolta، ژاپن) در سه نقطه متفاوت از هر نمونه اندازه‌گیری گردید [۲۳].

#### ۲-۸- ارزیابی حسی

نمونه‌های گوشت پوشش یافته از نظر آروما، رنگ، بافت و پذیرش کلی بر اساس روش هدونیک ۹ نقطه‌ای (۱ کمترین امتیاز و ۹ بیشترین امتیاز) توسط ۲۵ ارزیاب آموزش دیده مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه‌های با بیش از ۴ امتیاز به‌عنوان نمونه‌های قابل قبول در نظر گرفته شدند [۲۴].

#### ۲-۹- تجزیه و تحلیل آماری

تمامی آزمون‌های این پژوهش در سه تکرار انجام شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با کمک نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۶) و

پلیت کانت آگار به مدت ۱۰ روز در دمای ۷ درجه سانتی-گراد، *Escherichia* در محیط کشت ائوزین متیلن بلو<sup>۱</sup> به مدت ۲۴ ساعت گرمخانه گذاری در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد، *Staphylococcus aureus* در محیط کشت مانیتول سالت آگار به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و کپک و مخمر (فارچ‌ها) در محیط کشت سابروز دکستروز آگار به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۲۷ درجه سانتی-گراد بود [۲۴].

#### ۲-۶-۲- آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های گوشت

##### پوشش داده شده

##### ۲-۶-۱- رطوبت

رطوبت نمونه‌های گوشت با استفاده از روش خشک کردن با آون در دمای ۱۰۲ درجه سانتی‌گراد طبق استاندارد AOAC اندازه‌گیری شد [۲۵].

##### ۲-۶-۲- اندازه‌گیری pH

جهت تعیین pH، مقدار ۱۰ گرم از هر نمونه با ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و در دستگاه هموژنیزاتور با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳۰ ثانیه همگن شدند و pH آن‌ها با کمک pH متر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری گردید [۱۱].

##### ۲-۶-۳- بافت‌سنجی

پس از تهیه قطعات ۲×۲×۲ سانتی‌متری از نمونه‌های گوشت پوشش داده شده، سفتی آن‌ها با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (TA، XT2i، انگلیس) اندازه‌گیری شد. از پروب استوانه‌ای با قطر ۳۶ میلی‌متر و نیروی فشرده‌سازی با وزنی معادل ۱۰ کیلوگرم تا ارتفاع ۳۰ درصد ارتفاع اولیه با سرعت ثابت ۵ میلی‌متر بر ثانیه استفاده شد. پارامتر سفتی (N) با کمک منحنی نیرو-زمان محاسبه گردید [۲۶].

##### ۲-۶-۴- اندازه‌گیری عدد پراکسید<sup>۲</sup>

1-Eosin methylene blue  
2-Peroxide value

3-Thio Barbituric Acid

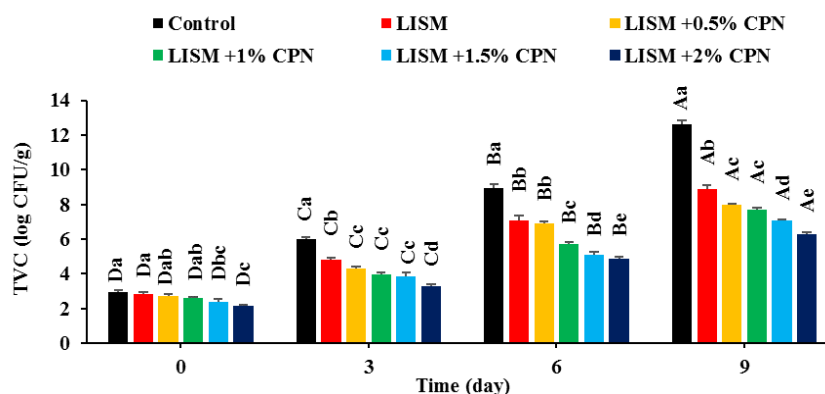
مجاز TVC در گوشت تازه برابر با  $7 \log \text{CFU/g}$  می‌باشد. میزان TVC نمونه‌های گوشت کنترل و LISM بعد از شش روز نگهداری و نمونه‌های LISM+0.5% CPN، LISM+1% CPN و LISM+1.5% CPN بعد از ۹ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد از میزان مجاز TVC تجاوز نمود. در حالی که مقدار TVC در نمونه‌های گوشت پوشش یافته با ۲ درصد نانومولسیون اسانس (LISM+2% CPN) در طی دوره نگهداری از میزان مجاز استاندارد کمتر بود که بیانگر نقش پوشش خوراکی غنی از نانومولسیون اسانس در افزایش عمر نگهداری گوشت گوسفندی طی دوره نگهداری در شرایط سرد است. نتایج این پژوهش با نتایج مقیمی و همکاران (۲۰۱۶) که گزارش کردند استفاده از اسانس به شکل نانومولسیون در مقایسه با نوع آزاد آن به طور قابل توجهی فعالیت ضد باکتریایی آن را افزایش داد، مطابقت داشت [۲۹]. نتایج مشابهی در مطالعات دیگری در مورد اثر ضد باکتریایی پوشش‌های همراه با نانومولسیون اسانس بر روی TVC گوشت گوسفند طی ۲۰ روز نگهداری در ۴ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است [۱۲] و [۳۰].

با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه در سطح اطمینان ۹۵ درصد ( $p < 0.05$ ) و مقایسه میانگین دانکن انجام شد.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- تغییرات رشد میکروبی

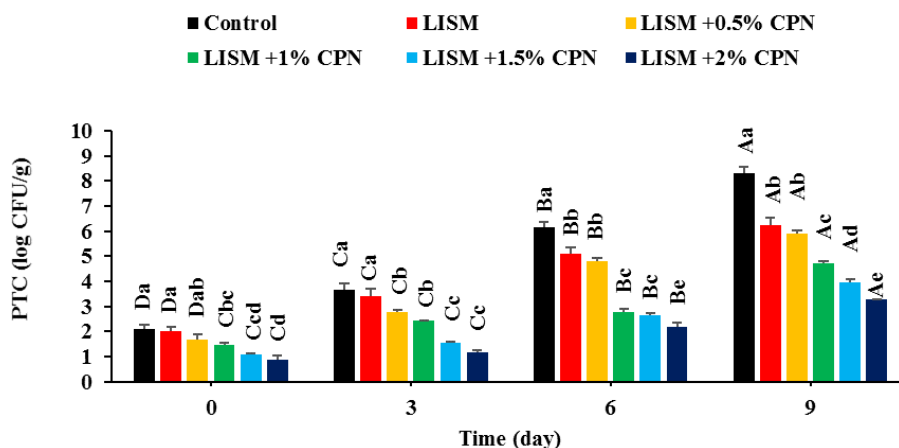
اگرچه میزان TVC تمام نمونه‌ها به صورت معنی‌داری طی زمان نگهداری افزایش یافت ( $p < 0.05$ )، اما استفاده از نانومولسیون اسانس در پوشش خوراکی از افزایش TVC در نمونه‌ها جلوگیری نمود. در انتهای دوره نگهداری، نمونه کنترل و نمونه پوشش یافته با موسیلاژ بالنگوی شهری حاوی ۲ درصد نانومولسیون اسانس (LISM+2% CPN) به ترتیب بیشترین ( $12/64 \log \text{CFU/g}$ ) و کمترین ( $6/26 \log \text{CFU/g}$ ) مقدار TVC را بخود اختصاص دادند. لازم به ذکر است که تأثیر نانومولسیون اسانس گریپ فروت در جلوگیری از افزایش TVC نمونه‌های گوشت در مقایسه با نمونه پوشش-دهی شده با موسیلاژ فاقد نانومولسیون اسانس به طور قابل توجهی بالاتر بود که می‌تواند به این دلیل باشد که کاهش اندازه قطرات اسانس با تشکیل نانومولسیون به ترکیبات ضد میکروبی اجازه می‌دهد تا سریع‌تر در سلول باکتری نفوذ کند، بنابراین، رفتار ضد میکروبی بالاتر و سریع‌تری مشاهده می‌شود. [۲۸]. همچنین لازم به ذکر است که حداکثر مقدار



**Fig. 1** Changes in total viable bacteria count (TVC) in meat samples during the storage period at 4°C. (Capital letters indicate a significant difference between the days of storage in the fixed treatment of the coating type and small letters indicate a significant difference between the edible coatings in the fixed storage time).

قابلیت پوشش خوراکی در جلوگیری از ورود اکسیژن به سطح گوشت می‌باشد [۳۲-۳۴]. اسانس‌ها به صورت نانوامولسیون پراکندگی بیشتری در فاز آبی نسبت به شکل معمولی دارند که منجر به دسترسی بیشتر نانوامولسیون‌ها به سلول‌های میکروبی می‌شود. علاوه بر این، قطرات کوچک نانوامولسیون می‌توانند با تغییر یکپارچگی دو لایه‌های فسفولیپیدی یا با تداخل با پروتئین‌های انتقال، غشای سلولی را مختل کنند. از سوی دیگر، برهمکنش الکترواستاتیکی قطرات نانوامولسیون با بار مثبت با دیواره سلولی میکروبی با بار منفی، غلظت اسانس‌ها را در محل اثر افزایش می‌دهد و منجر به تداخل آن‌ها و تخریب کامل غشای باکتری می‌شود. همچنین انرژی سطحی نانو ذرات نسبت به شکل معمولی افزایش می‌یابد و به دلیل افزایش مکانیسم‌های جذب غیرفعال سلولی و اندازه کوچک‌تر آن‌ها، خواص ضد باکتریایی بیشتری خواهند داشت [۳۰].

مقدار باکتری‌های سرمادوست (PTC) نمونه‌ها نیز طی دوره نگهداری به صورت معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۲). در انتهای زمان نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، نمونه‌های کنترل و LISM+2%CPN به ترتیب بالاترین (log CFU/g) و پایین‌ترین (۳/۲۸ log CFU/g) مقدار PTC را نشان دادند. لازم به ذکر است که پوشش خوراکی حاوی نانوامولسیون اسانس (LISM+CPN) در مقایسه با پوشش تولیدی از موسیلاژ از کارایی بهتری در جلوگیری از افزایش PTC در نمونه‌های گوشت گوسفندی طی دوره نگهداری برخوردار بود. باکتری‌های سرمادوست هوازی مانند گونه‌های *Pseudomonas* به‌عنوان عامل اصلی فساد گوشت تحت شرایط نگهداری هوازی سرد شناخته می‌شوند [۳۱]. بنابراین، مقادیر پایین PTC در نمونه‌های گوشت پوشش یافته با موسیلاژ بالنگوی شهری حاوی نانوامولسیون اسانس گریپ فروت عمدتاً ناشی از اثر ضد میکروبی اسانس، نفوذ سریع‌تر و راحت‌تر قطرات کوچک نانوامولسیون به داخل باکتری‌ها و



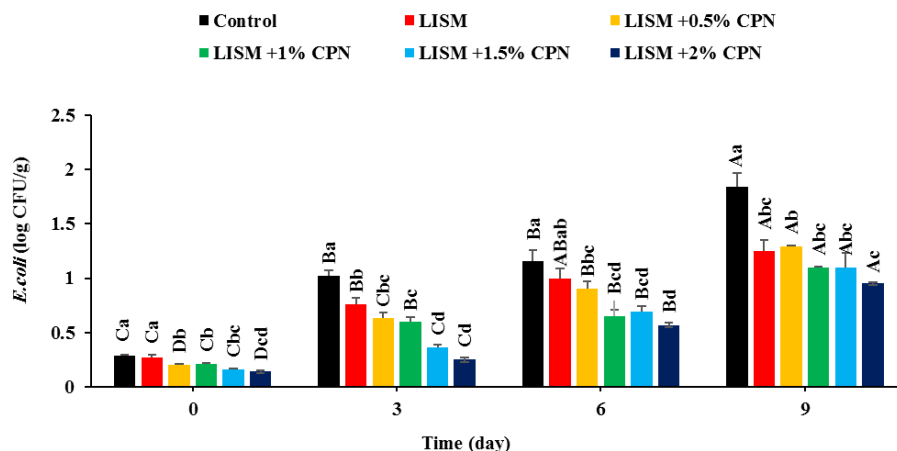
**Fig. 2** Changes in Psychrotrophic count (PTC) in meat samples during the storage period at 4°C. (Capital letters indicate a significant difference between the days of storage in the fixed treatment of the coating type and small letters indicate a significant difference between the edible coatings in the fixed storage time).

زمان تعداد باکتری *E. coli* در تمام نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت اما این افزایش در نمونه‌های پوشش یافته با موسیلاژ بالنگوی شهری غنی شده با نانوامولسیون اسانس

نتایج تغییرات تعداد باکتری *E. coli* در نمونه‌های گوشت طی دوره نگهداری در شکل ۳، نشان داده شده است. با گذشت

گردید، نانو امولسیون‌ها می‌توانند راحت‌تر نفوذ کنند و با باکتری‌ها تماس پیدا کنند و هرچه اندازه ذرات کوچک‌تر باشد، اثر ضد باکتریایی بهتری دارند [۳۵ و ۳۶].

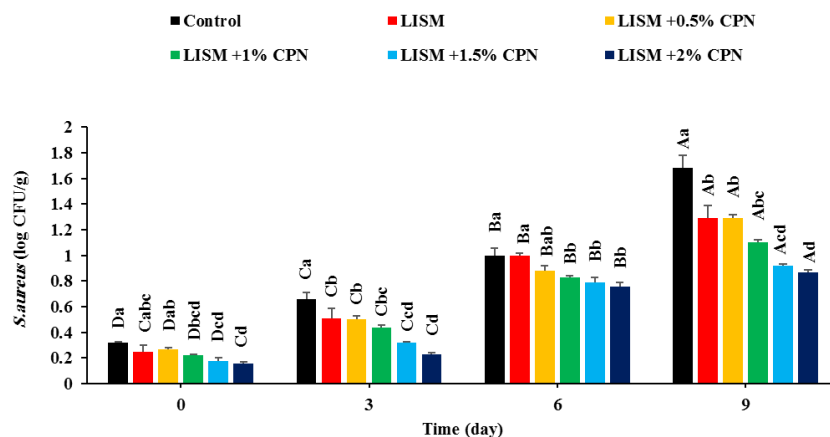
گریپ‌فروت کمتر از نمونه کنترل بود. به طور کلی در انتهای دوره نگهداری، نمونه کنترل دارای بیشترین ( $\log \text{CFU/g}$ ) و نمونه LISM+2%CPN دارای کمترین ( $\log \text{CFU/g}$ ) تعداد باکتری *E. coli* بودند. همان‌طور که اشاره



**Fig. 3** Changes in *E. coli* count in meat samples during the storage period at 4°C. (Capital letters indicate a significant difference between the days of storage in the fixed treatment of the coating type and small letters indicate a significant difference between the edible coatings in the fixed storage time).

دستخوش افزایش معنی‌دار رشد باکتری *S. aureus* طی دوره نگهداری شده‌اند. بیشترین میزان رشد باکتری *S. aureus* در نمونه کنترل ( $1/68 \log \text{CFU/g}$ ) و کمترین میزان در نمونه گوشت پوشش یافته با LISM+2%CPN ( $0/87 \log \text{CFU/g}$ ) مشاهده شد.

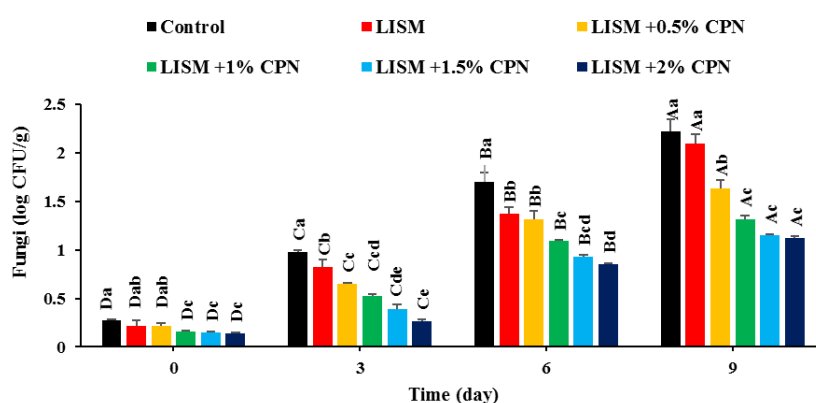
روند تغییرات رشد باکتری *S. aureus* در نمونه‌های گوشت گوسفندی کنترل و پوشش یافته در طی زمان نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در شکل ۴، ارائه شده است. همان‌طور که از شکل مشاهده می‌شود، تمام نمونه‌ها



**Fig. 4** Changes in *S. aureus* count in meat samples during the storage period at 4°C. (Capital letters indicate a significant difference between the days of storage in the fixed treatment of the coating type and small letters indicate a significant difference between the edible coatings in the fixed storage time).

قارچی بودند. کاهش رشد سویه‌های قارچی در نمونه‌های گوشت می‌تواند ناشی از خاصیت ممانعت‌کنندگی پوشش خوراکی در جلوگیری از ورود اکسیژن به سطح محصول باشد؛ زیرا قارچ‌ها میکروارگانیسم‌های هوازی بوده و بنابراین تحت شرایط بی‌هوازی نمونه‌های گوشت پوشش یافته قادر به رشد نمی‌باشند [۲۴]. به‌طورکلی پوشش‌های خوراکی حاوی اسانس‌های گیاهی، در برابر کپک و مخمر بسیار مؤثر هستند، زیرا پوشش‌های خوراکی به‌عنوان مانعی جهت انتقال اکسیژن عمل می‌کنند [۳۷]. علاوه بر این، نانوامولسیون‌ها می‌توانند اثر آهسته رهایش اسانس‌ها را به دست آورند، به طوری که قادرند به آرامی مدت طولانی‌تری روی سطح محصول آزاد شوند [۳۲]. مطابق با نتایج این پژوهش تعداد مخمر و کپک در نمونه‌های کنترل گوشت خوک و نمونه‌های پوشش‌دهی شده با نانوامولسیون اسانس رازیانه با افزایش زمان نگهداری ادامه یافت، اما میزان افزایش در گروه تیمار شده به طور قابل توجهی کمتر از گروه شاهد بود [۳۲].

تعداد کل قارچ‌ها در نمونه‌های گوشت گوسفندی (کنترل و پوشش یافته) نگهداری شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در شکل ۵ نشان داده شده است. الگوی رشد قارچ‌ها در نمونه‌های گوشت مشابه روند افزایش تعداد کل باکتری‌های زنده، سرمادوست، *S. aureus* و *E. coli* بود. اگرچه نمونه‌ها دستخوش افزایش معنی‌دار در رشد قارچ‌ها طی دوره نگهداری شدند، اما استفاده از پوشش خوراکی حاوی نانوامولسیون اسانس به طور قابل توجهی از افزایش تعداد سویه‌های قارچی بر سطح نمونه‌های گوشت جلوگیری نمود. در حقیقت، اضافه کردن اسانس گریپ فروت به شکل نانوامولسیون به پوشش خوراکی بر پایه موسیلاژ بالنگوی شهری سبب کاهش رشد قارچ‌ها در نمونه‌ها گردید. به طوری که در انتهای دوره نگهداری، نمونه‌های کنترل و LISM+2%CPN به ترتیب دارای بیشترین (۱/۱۲ log CFU/g) و کمترین (۲/۲۲



**Fig. 5** Changes in fungi count in meat samples during the storage period at 4°C. (Capital letters indicate a significant difference between the days of storage in the fixed treatment of the coating type and small letters indicate a significant difference between the edible coatings in the fixed storage time).

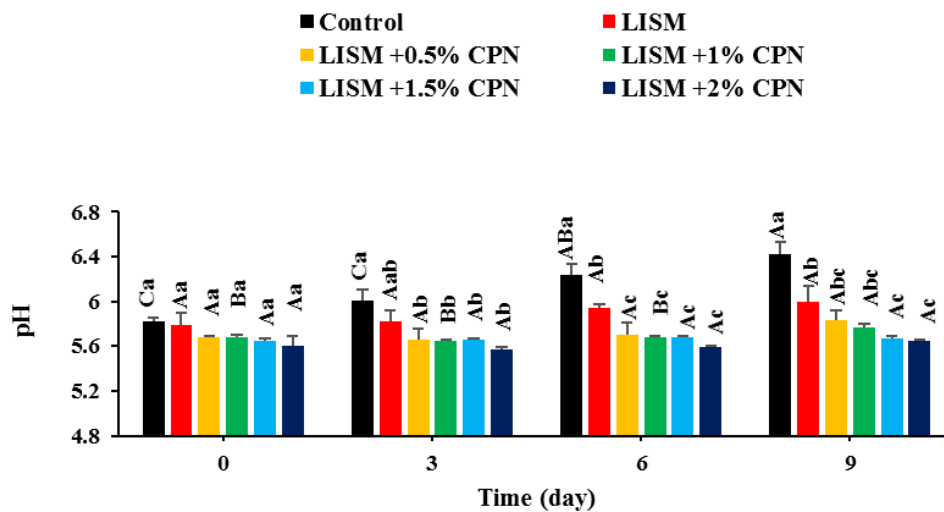
میزان pH نمونه‌ها افزایش قابل توجهی طی زمان نگهداری نشان داد، اما این افزایش در نمونه‌های گوشت گوسفندی پوشش داده شده با نانوامولسیون اسانس به صورت جزئی

۳-۲- تغییرات فیزیکوشیمیایی



فعالیت ضد میکروبی نانوامولسیون اسانس گریپ فروت می‌باشد. نتایج مشابهی در مطالعات مختلف گزارش شده است. به عنوان مثال، مقادیر pH نمونه شاهد و گوشت حاوی نانوامولسیون اسانس آویشن نگهداری شده پس از ۳۰ روز به ترتیب از ۶/۱ به ۸/۱۱ و از ۵/۷۵ به ۷/۰۵ افزایش یافت [۳۹].

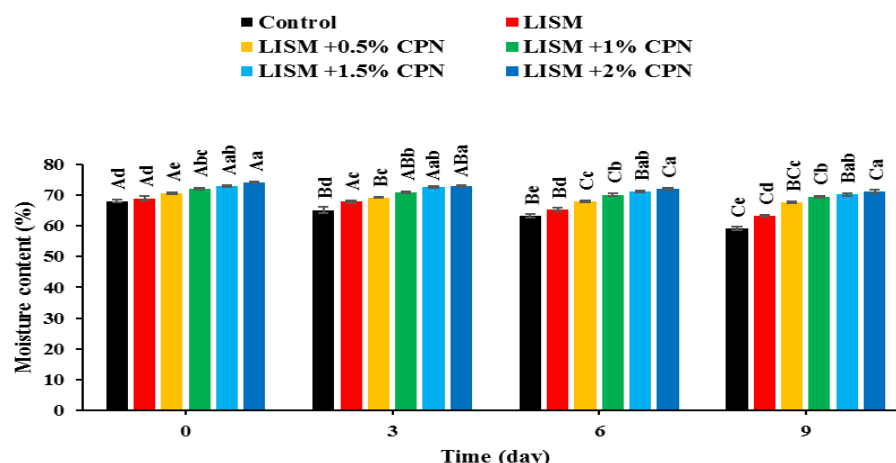
بود (شکل ۶). افزایش مقدار pH گروه‌های مختلف را می‌توان با فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تجمع بازهای فرار مرتبط دانست [۳۸]. در این راستا، نمونه‌های گوشت با بیشترین بار میکروبی، بالاترین میزان افزایش pH را داشتند. به طور کلی، در انتهای دوره نگهداری، بیشترین میزان pH در نمونه کنترل (۶/۴۲) و کمترین میزان (۵/۶۵) در نمونه LISM+2%CPN مشاهده گردید که این حالت ناشی از



**Fig. 6** pH changes in meat samples during the storage period at 4°C. (Capital letters indicate a significant difference between the days of storage in the fixed treatment of the coating type and small letters indicate a significant difference between the edible coatings in the fixed storage time).

ترکیبات آبرگیز (اسانس‌ها به عنوان ترکیبات لیپیدی) است که معمولاً منجر به بهبود خاصیت ممانعت‌کنندگی خروج آب در پوشش‌های پلیمری می‌شود [۴۰]. مشابه با نتایج این پژوهش، وو و همکاران (۲۰۱۶) رطوبت بیشتر نمونه‌های پوشش داده شده با نانوامولسیون اسانس را به پیوند عرضی بیشتر بین پلیمرها در ماتریس نسبت دادند. نانو ذرات تشکیل شده فاصله بین مولکولی را در پوشش کاهش داده و مانع از انتشار مولکول‌های آب از طریق پوشش می‌شوند [۴۰].

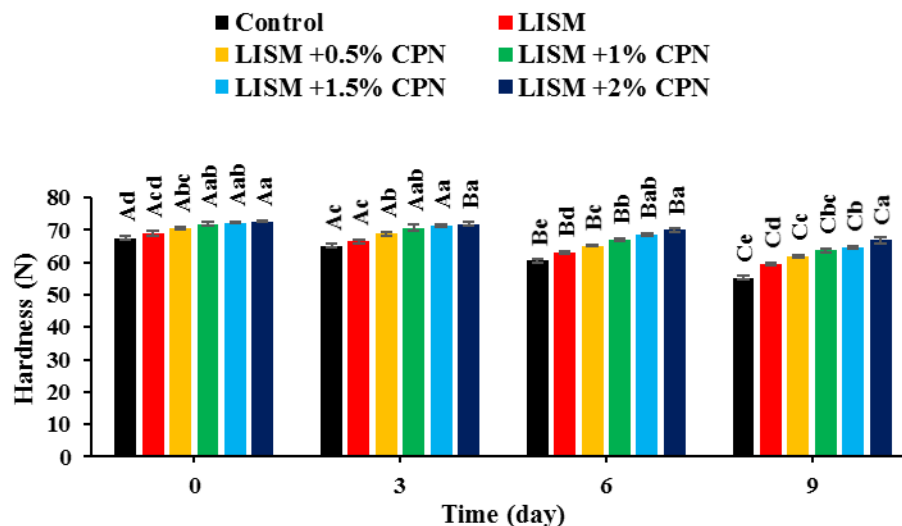
شکل ۷، تغییر میزان رطوبت نمونه‌های گوشت طی دوره نگهداری را نشان می‌دهد. نمونه کنترل دستخوش بیشترین کاهش رطوبت طی زمان نگهداری شد، درحالی‌که کاهش رطوبت در نمونه‌های گوشت پوشش یافته به طور قابل‌توجهی کمتر بود. به طور کلی محتوای رطوبت نمونه‌های پوشش یافته با غلظت‌های بالای نانو امولسیون اسانس بالاتر از نمونه کنترل بود. این رفتار به دلیل افزایش



**Fig. 7** Changes in moisture content of meat samples during the storage period at 4°C. (Capital letters indicate a significant difference between the days of storage in the fixed treatment of the coating type and small letters indicate a significant difference between the edible coatings in the fixed storage time).

بالنگوی شهری و بالنگوی شهری حاوی غلظت‌های مختلف نانوامولسیون اسانس گریپ فروت (۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد) در انتهای دوره نگهداری به طور معنی‌داری بالاتر از نمونه فاقد پوشش بود. در این راستا، نمونه‌های کنترل، LISM، LISM+0.5% CPN، LISM+1% CPN، LISM+1.5% CPN و LISM+2% CPN به ترتیب دستخوش کاهش ۱/۱۶، ۱/۲۲، ۱/۱۴، ۱/۱۳، ۱/۱۸ و ۱/۰۷ برابری در میزان سفتی در روز آخر نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد شدند. میزان سفتی بالاتر نمونه‌های گوشت گوسفندی پوشش داده شده با موسیلاژ بالنگوی شهری حاوی غلظت‌های مختلف نانوامولسیون اسانس گریپ فروت عمدتاً به اثر ضد میکروبی اسانس گریپ فروت و اثر بازدارندگی آن نسبت به فعالیت آنزیم‌های ذاتی تجزیه‌کننده بافت گوشت از قبیل کلاژناز باشد [۶]. همچنین، افزودن نانوامولسیون‌های حاوی اسانس می‌تواند سرعت اکسیداسیون پروتئین را کاهش داده و از آن جلوگیری کند و در نتیجه لطافت محصولات گوشتی را حفظ کند [۴۱].

نتایج اثر پوشش خوراکی بر میزان سفتی نمونه‌های گوشت طی نگهداری در دمای یخچال در شکل ۸، نمایش داده شده است. اثر زمان نگهداری و پوشش خوراکی بر میزان سفتی نمونه‌های گوشت گوسفندی معنی‌دار بود ( $p < 0.05$ ). اگرچه سفتی نمونه‌های کنترل و پوشش یافته با افزایش زمان نگهداری به طور معنی‌داری کاهش یافت اما این کاهش در نمونه‌های پوشش داده شده با نانوامولسیون اسانس گریپ فروت کمتر بود. لازم به ذکر است که میزان سفتی نمونه‌ها تابع غلظت نانوامولسیون اسانس گریپ فروت در پوشش خوراکی بود و غلظت‌های بالاتر نانوامولسیون اسانس میزان سفتی بالاتر نمونه‌ها را به دنبال داشت. همچنین، میزان سفتی نمونه‌های پوشش یافته در روز اول نگهداری بیشتر از نمونه کنترل بود که ممکن است به خاصیت ژل‌کنندگی موسیلاژ نسبت داده شود [۱۱]. با اینکه افزایش زمان نگهداری سبب کاهش معنی‌دار میزان سفتی نمونه‌ها گردید، اما میزان سفتی نمونه‌های گوشت گوسفندی پوشش یافته با موسیلاژ

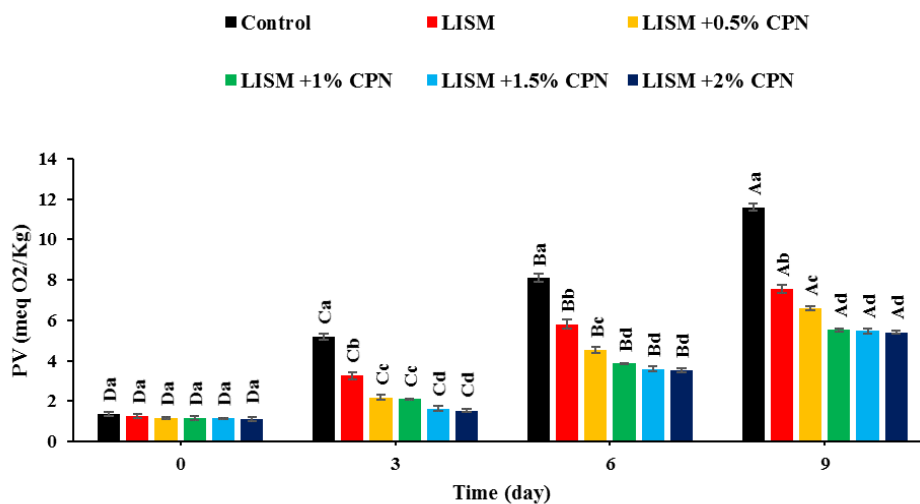


**Fig. 8** Changes in the hardness of meat samples during the storage period at 4°C. (Capital letters indicate a significant difference between the days of storage in the fixed treatment of the coating type and small letters indicate a significant difference between the edible coatings in the fixed storage time).

میخک و رزوراترول<sup>۱</sup>) را به دلیل تشکیل سریع‌تر هیدروپراکسیدها نسبت به تجزیه آن‌ها و تولید اسیدهای چرب آزاد با زنجیره کوتاه توسط آنزیم‌های میکروبی و اکسیداسیون آن‌ها نسبت دادند. علاوه بر این، این پژوهشگران گزارش کردند که ذرات نانو به دلیل خاصیت پراکندگی، خواص سدسازی پلیمرهای زیستی در برابر نفوذ اکسیژن را بهبود می‌بخشند و متعاقباً مسیر پیچیده‌ای برای انتشار مولکولی را تشکیل می‌دهند. از این رو، در نمونه‌های پوشش داده شده با نانوامولسیون اسانس در مقایسه با نمونه‌های کنترل عدد پراکسید به مقدار کمتری افزایش یافت [۴۳]. نتایج مشابهی برای گوشت چرخ کرده شتر پوشش داده شده با نانوکامپوزیت کیتوزان و کربوکسی متیل سلولز حاوی عصاره انجیر و اسانس کاکوتی به دست آمد که در آن پوشش نانوکامپوزیت عدد پراکسید کمتری نسبت به گروه کنترل در طول زمان نگهداری نشان داد [۴۴].

تمامی نمونه‌ها متحمل افزایش معنی‌دار در شاخص PV طی دوره نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد شدند (شکل ۹). در انتهای دوره نگهداری، بالاترین و کمترین میزان PV در نمونه کنترل (۱۱/۶۰ meq O<sub>2</sub>/kg) و LISM+2%CPN (۵/۴۰ meq O<sub>2</sub>/kg) مشاهده شد. این حالت عمدتاً به فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس و قابلیت پوشش خوراکی در جلوگیری از ورود اکسیژن به سطح نمونه‌های گوشت نسبت داده می‌شود [۴۲]. لازم به ذکر است که حد مجاز PV در گوشت برابر با ۷ meq O<sub>2</sub>/kg می‌باشد [۶]. میزان PV نمونه کنترل در روز ششم نگهداری از حد مجاز بالاتر بود (۱۱/۶۰ meq O<sub>2</sub>/kg) و بنابراین عمر انبارمانی آن ۳ روز تخمین زده می‌شود. به استثنای نمونه LISM، میزان PV نمونه‌های گوشت پوشش داده شده با موسیلاژ حاوی نانوامولسیون اسانس گریپ فروت در طی دوره نگهداری پایین‌تر از حد استاندارد بود که افزایش عمر نگهداری گوشت گوسفند به بیشتر از ۹ روز را نشان می‌دهد. مشابه با نتایج این پژوهش، انصاریان و همکاران (۲۰۲۰) افزایش عدد پراکسید در نمونه‌های گوشت شتر (کنترل و پوشش داده شده با نانوامولسیون اسانس

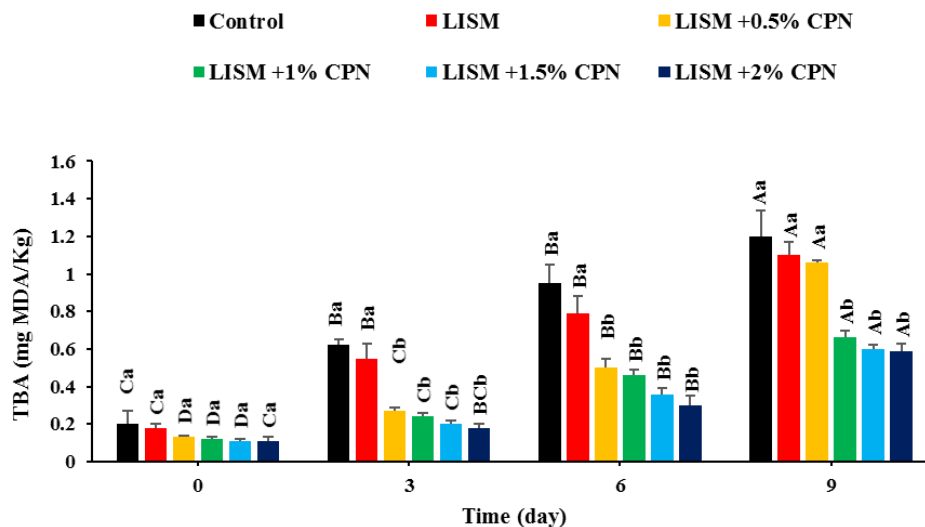
<sup>1</sup> Resveratrol



**Fig. 9** Changes in the Peroxide value (PV) of meat samples during the storage period at 4°C. (Capital letters indicate a significant difference between the days of storage in the fixed treatment of the coating type and small letters indicate a significant difference between the edible coatings in the fixed storage time).

نتایج با نتایج هانگ و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت دارد که نشان دادند افزودن امولسیون در گوشت باعث کاهش مقادیر TBA گوشت قرمز می‌شود. علاوه بر این، این نویسندگان تأیید کرده‌اند که کاهش اکسیداسیون به دلیل تشکیل یک مانع اکسیژن در سطح گوشت و وجود فعالیت آنتی اکسیدانی است که هر دو در کنترل اکسیداسیون لیپید شرکت می‌کنند [۴۶]. در نمونه‌های گوشت کنترل و پوشش داده شده با فیلم‌های حاوی نانوامولسیون اسانس آویشن شیرازی نیز مقدار TBA افزایش یافت ولی این افزایش در نمونه‌های تیمار شده کمتر بود زیرا اندازه قطرات کوچک نانوامولسیون اسانس تأثیر عمده‌ای بر پایداری آن‌ها در برابر اکسیداسیون لیپیدی دارد [۴۷].

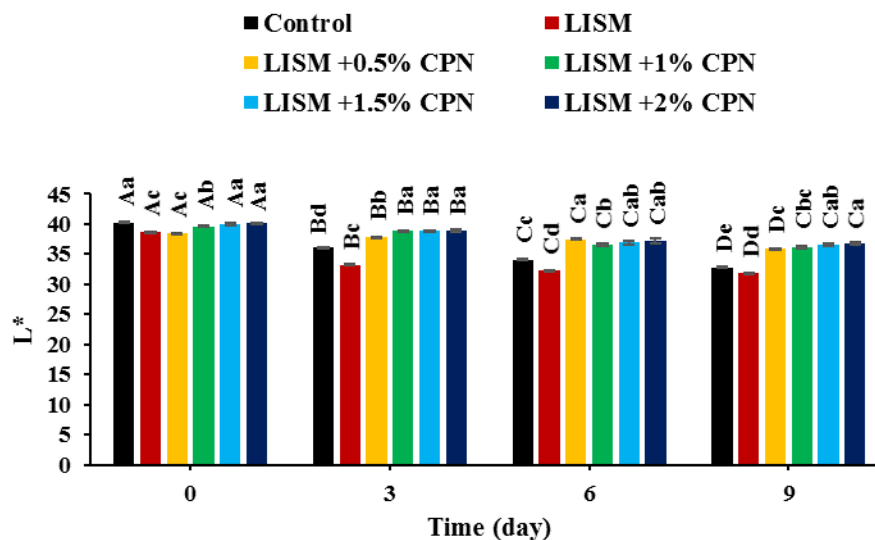
مقدار تیوباربتیوریک اسید نمونه‌های گوشت گوسفندی نیز تحت تأثیر پوشش خوراکی و زمان نگهداری قرار گرفت (شکل ۱۰). تغییرات شاخص TBA نمونه‌ها نیز از روند مشابهی پیروی نمود و بیشترین و کمترین میزان TBA (mg MDA/kg ۱/۲۰ و ۰/۵۹) در انتهای دوره نگهداری به ترتیب در نمونه کنترل و پوشش یافته با موسیلاژ حاوی ۲ درصد نانوامولسیون مشاهده شد. با توجه به اینکه لیپازهای میکروبی قادر به القا اکسیداسیون لیپید در گوشت و فرآورده‌های گوشتی می‌باشند [۴۵]، میزان کمتر شاخص‌های PV و TBA در نمونه‌های پوشش یافته در مقایسه با نمونه کنترل می‌تواند ناشی از فعالیت ضد میکروبی اسانس گریپ فروت در کاهش رشد میکروبی و تشکیل لیپاز باشد. این



**Fig. 10** Changes in the thiobarbituric acid of meat samples during the storage period at 4°C. (Capital letters indicate a significant difference between the days of storage in the fixed treatment of the coating type and small letters indicate a significant difference between the edible coatings in the fixed storage time).

پارامتر نشان داد و شاخص L\* نمونه‌های گوشت گوسفندی پوشش یافته با موسیلاژ بالنگوی شهری حاوی نانو امولسیون اسانس گریپ فروت در انتهای دوره نگهداری به طور معنی‌داری بالاتر از نمونه کنترل بود.

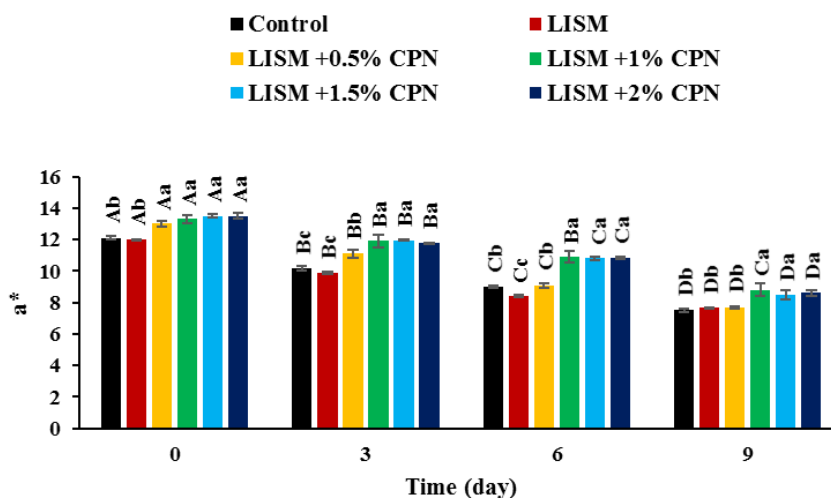
شاخص روشنایی (L\*) نمونه‌ها با افزایش زمان نگهداری از ۰ تا ۹ روز، بطور معنی‌داری کاهش یافت که تیره شدن رنگ نمونه‌های گوشت طی دوره نگهداری را نشان می‌دهد (شکل ۱۱). با این حال، پوشش خوراکی تاثیر قابل توجهی بر این



**Fig. 11** Changes in the brightness index (L\*) of meat samples during the storage period at 4°C. (Capital letters indicate a significant difference between the days of storage in the fixed treatment of the coating type and small letters indicate a significant difference between the edible coatings in the fixed storage time).

داد که در انتهای زمان نگهداری، نمونه‌های گوشت پوشش یافته با موسیلاژ و موسیلاژ حاوی نانوامولسیون دارای مقادیر بالاتر  $a^*$  در مقایسه با نمونه کنترل می‌باشند که مطابق با پژوهش ژانگ و همکاران (۲۰۲۰) می‌باشد که علت آن را سیستم حفاظتی امولسیون‌ها و نانوامولسیون‌ها بر ترکیبات آنتی اکسیدانی اسانس‌ها بیان کردند که منجر به بهبود خاصیت آنتی اکسیدانی گوشت می‌شود [۴۱].

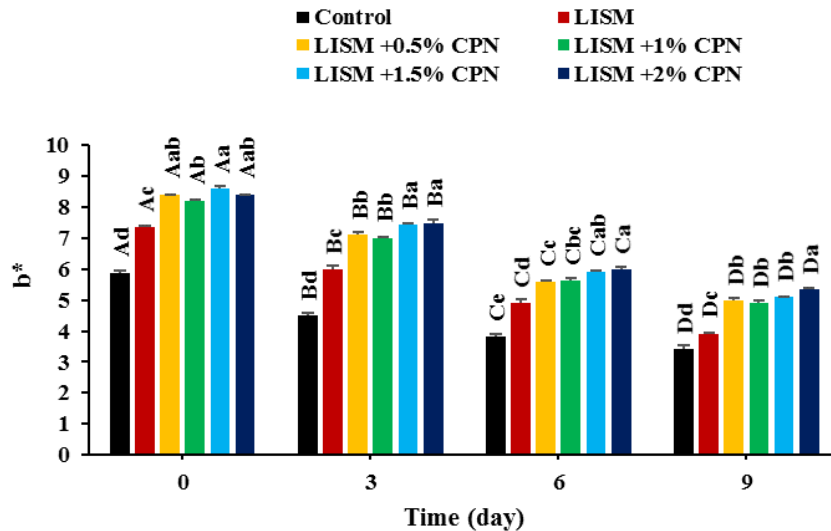
شاخص قرمزی ( $a^*$ ) نمونه‌های کنترل و تیمار شده با پوشش خوراکی بارگذاری شده با اسانس گریپ فروت نیز دستخوش کاهش معنی‌دار طی دوره نگهداری گردید (شکل ۱۲). کاهش شاخص قرمزی نمونه‌های گوشت ممکن است بدلیل تبدیل میوگلوبین به مت میوگلوبین طی دوره نگهداری باشد [۳۴]. بررسی اثر پوشش خوراکی بر این پارامتر نشان



**Fig. 12** Changes in the redness index ( $a^*$ ) of meat samples during the storage period at 4°C. (Capital letters indicate a significant difference between the days of storage in the fixed treatment of the coating type and small letters indicate a significant difference between the edible coatings in the fixed storage time).

دارای مقادیر  $b^*$  بالاتری نسبت به نمونه‌ی کنترل و فاقد پوشش بودند. کاهش شاخص  $L^*$  و  $b^*$  در نمونه‌ها ممکن است به دلیل تبدیل رنگدانه میوگلوبین با رنگ قرمز مایل به ارغوانی به رنگدانه مت میوگلوبین قهوه‌ای رنگ باشد [۴۸].

شاخص زردی ( $b^*$ ) نمونه‌های گوشت گوسفندی کاهش معنی‌داری طی دوره نگهداری نشان داد (شکل ۱۳). اما نمونه‌های پوشش یافته با درصد‌های بالاتر نانوامولسیون



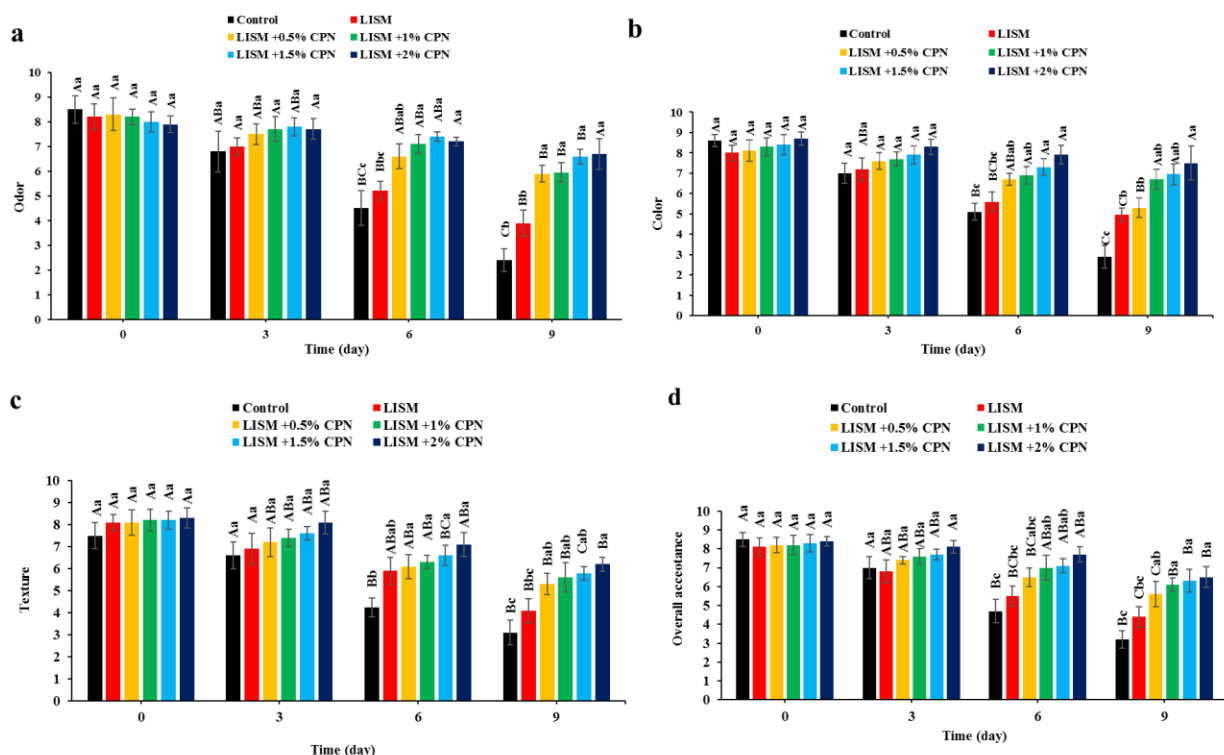
**Fig. 13** Changes in the yellowness index ( $b^*$ ) of meat samples during the storage period at 4°C. (Capital letters indicate a significant difference between the days of storage in the fixed treatment of the coating type and small letters indicate a significant difference between the edible coatings in the fixed storage time).

و بافت (شکل ۱۴-۱۴) نیز روند مشابهی را نشان داد و نتایج ارزیابی حسی رنگ و بافت با یافته‌های رنگ‌سنجی (شکل‌های ۱۱-۱۳) و بافت‌سنجی (شکل ۸) در راستا بود. نمونه‌های گوشت گوسفندی پوشش یافته با LISM+CPN در تمام دوره نگهداری از نظر پذیرش کلی قابل‌پذیرش بودند، اما نمونه کنترل در روز نهم نگهداری غیرقابل پذیرش بود (شکل ۱۴-۱۴). فعالیت ضد میکروبی آنتی‌اکسیدانی اسانس گریپ فروت و اثر محافظت‌کنندگی پوشش خوراکی و ذرات نانوامولسیون اسانس گریپ فروت در برابر رشد میکروبی (شکل‌های ۱-۵) و اکسیداسیون لیپیدی (شکل‌های ۹-۱۰)، ممکن است دلیل بالاتر بودن پذیرش کلی نمونه‌های پوشش یافته با موسیلاژ حاوی نانوامولسیون اسانس گریپ فروت باشد. در راستای نتایج این پژوهش، لیو و همکاران (۲۰۲۰) گزارش نمودند که استفاده از پوشش خوراکی برپایه نانوامولسیون اسانس بادیان ستاره‌ای، پلی‌لایزین و ناپسین سبب حفظ بهتر شاخص‌های حسی رنگ، آروما و پذیرش کلی گردید [۴۹].

### ۳-۳- ویژگی‌های حسی

ویژگی‌های حسی نمونه‌ها به طور معنی‌داری تحت تأثیر پوشش خوراکی و زمان نگهداری قرار گرفت (شکل ۱۴). امتیاز آروما نمونه‌های گوشت به طور قابل‌توجهی طی زمان نگهداری کاهش یافت و این حالت در نمونه‌های کنترل و LISM بارزتر بود (شکل ۱۴-۱۴)؛ به طوریکه در انتهای دوره نگهداری از نظر آروما غیرقابل پذیرش بودند. با این حال، پوشش خوراکی بر پایه موسیلاژ بالنگوی شهری بارگذاری شده با نانوامولسیون اسانس گریپ فروت از تغییرات آروما نمونه‌های گوشت جلوگیری نمود ( $p < 0.05$ ).

لازم به ذکر است که نمونه‌های گوشت پوشش داده شده با LISM+CPN که بار میکروبی پایین و اکسیداسیون لیپیدی کمتر داشتند، میزان توسعه آروماهای نامطلوب کمتری در مقایسه با نمونه کنترل به خود اختصاص دادند. این حالت بیانگر تأثیر رشد میکروبی و اکسیداسیون لیپیدی در توسعه آرومای نامطلوب در گوشت می‌باشد. امتیازات رنگ (شکل



**Fig. 14** Sensory evaluation of meat samples during the storage period at 4°C. (Capital letters indicate a significant difference between the days of storage in the fixed treatment of the coating type and small letters indicate a significant difference between the edible coatings in the fixed storage time).

اسانس گریپ فروت در طولانی‌تر کردن ماندگاری گوشت  
گوسفند در طول ذخیره‌سازی سرد را نشان داد.

#### ۵- تشکر و قدردانی

مقاله علمی-پژوهشی حاضر مستخرج از رساله دکتری مصوب در گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد با کد ۳/۵۲۶۸۷ می‌باشد. لذا نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد به جهت مساعدت‌های مادی و معنوی در اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی کنند.

#### ۴- نتیجه‌گیری کلی

تهیه و استفاده از پوشش خوراکی مبتنی بر موسیلاژ بالنگوی شهری حاوی نانومولسیون اسانس گریپ فروت بر روی گوشت گوسفند مورد بررسی قرار گرفت. کارایی ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی نانومولسیون اسانس گریپ فروت در ساختار پوشش تحت تأثیر غلظت آن قرار گرفت. کمترین pH، مقدار TBA و تعداد کل میکروبی در نمونه گوشت گوسفند پوشش داده شده با موسیلاژ بالنگوی شهری حاوی بالاترین غلظت نانومولسیون اسانس گریپ فروت در پایان زمان نگهداری به دست آمد. علاوه بر این، نمونه‌های گوشت پوشش داده شده امتیاز حسی بالاتری نسبت به نمونه بدون پوشش کسب کردند. همبستگی قوی بین پارامترهای شیمیایی و میکروبی نمونه‌های گوشت گوسفند در طول زمان نگهداری تایید شد. این تحقیق قابلیت نانومولسیون‌های



## ۶- منابع

- [1] Omidi-mirzaei, M., Hojjati, M., Alizadeh behbahani, B., Noshad M. (2021). Effect of adding coriander seed essential oil on some characteristics of ground lamb inoculated with *Listeria innocua* during storage. *FSCT*, 18 (116), pp. 161-170.
- [2] Zanganeh, H., Mortazavi, S. A., Shahidi, F., Alizadeh Behbahani, B. (2021). Evaluation of the chemical and antibacterial properties of Citrus paradisi essential oil and its application in *Lallemantia iberica* seed mucilage edible coating to improve the physicochemical, microbiological and sensory properties of lamb during refrigerated storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(6), pp. 5556-5571.
- [3] Fallah, A. A., Sarmast, E., Dehkordi, S. H., Isvand, A., Dini, H., Jafari, T., Soleimani, M., Khaneghah, A. M. (2022). Low-dose gamma irradiation and pectin biodegradable nanocomposite coating containing curcumin nanoparticles and ajowan (*Carum copticum*) essential oil nanoemulsion for storage of chilled lamb loins. *Meat Science*, 184, 108700.
- [4] Pirnia, M., Shirani, K., Yazdi, F. T., Moratazavi, S. A., Mohebbi, M. (2022). Characterization of antioxidant active biopolymer bilayer film based on gelatin-frankincense incorporated with ascorbic acid and *Hyssopus officinalis* essential oil. *Food Chemistry: X*, 14, 100300.
- [5] Keykhosravy, K., Khanzadi, S., Hashemi, M., Azizzadeh, M. (2020). Chitosan-loaded nanoemulsion containing *Zataria Multiflora* Boiss and *Bunium persicum* Boiss essential oils as edible coatings: Its impact on microbial quality of turkey meat and fate of inoculated pathogens. *International journal of biological macromolecules*, 150, pp. 904-913.
- [6] Alizadeh Behbahani, B., Shahidi, F. (2019). Evaluation of microbial, chemical and sensory characteristics of coated lamb with *Scutellaria lateriflora* seed mucilage in combination with *Carum copticum* essential oil to shelf life extension at refrigerated storage. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 16 (4), pp. 383-394.
- [7] Ghorbani, A., Maghsoudlou, Y., Alami, M., Ghorbani, M., Sadeghi, A. (2016). Effect of cress seeds mucilage on shelf life of Button Mushroom. *Journal of Innovative Food Technologies*, 3 (4), pp. 89-96.
- [8] Sheykhi Sanandaji, D., Pirzad, A. (2019). Evaluation of zinc and silicon micronutrients spraying on the agronomic, physiological and biochemical characteristic of *Lallemantia iberica* under rainfed and supplemental irrigation. *Iranian Dryland Agronomy Journal*, 8(1), pp. 2-42.
- [9] Shafagh-Kolvanagh, J., Alami-Milani, M., Azadmard-TaleshMakaeel, A. (2015). Critical Period of Weed Control in Dragon's head (*Lallemantia iberica* Fisch. et Mey). *Journal of Agriculture Science and Sustainable Production*, 25(2.1), pp. 15-25.
- [10] Ghasemian, V., Shafagh Kalvanagh, J., Pirzad, A. (2017). Ecophysiological Response of Mycorrhizal Dragon's Head plants to Irrigation Levels. *Journal of Agriculture Science and Sustainable Production*, 2 (2), pp. 247-262.
- [11] Barzegar, H., Behbahani, B. A., Mehrnia, M. A. (2020). Quality retention and shelf life extension of fresh beef using *Lepidium sativum* seed mucilage-based edible coating containing *Heracleum lasiopetalum* essential oil: an experimental and modeling study. *Food Science and Biotechnology*, 29(5), 717-728.
- [12] Pabast, M., Shariatifar, N., Beikzadeh, S., Jahed, G. (2018). Effects of chitosan coatings incorporating with free or nano-encapsulated *Satureja* plant essential oil on quality characteristics of lamb meat. *Food Control*, 91, 185-192.
- [13] Yekrang, A., Javanmard, M. (2012). Evaluation of Antioxidant Activity of Grapefruit Seed Extract on the Stability of Anchovy Oil. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 9 (1).
- [14] Abed, O. H., AlAubaidee, M. H., Azzawi, A. L., Alabbasy, H. N. (2022). The Antimicrobial and Antioxidant Effects of Grapefruit (*Citrus paradisi*) Peel Extract. *Eurasian Medical Research Periodical*, 15, 146-151.
- [15] Mahmoud, E. A. (2017). Essential oils of Citrus fruit peels antioxidant, antibacterial and additive value as food preservative. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 8(2), 111-116.
- [16] Razavi, E., Rastegae, M., ebrahimi, P., Rezaee S. (2019). Investigation of the Physical and Chemical Properties of *Zataria multiflora* Essential oil Nano Emulsions on the Preservation of *Agaricus Bisporus* Button Mushroom. *FSCT*, 16 (87), pp. 79-86.

- [17] Firoozi, M., Rezapour-Jahani, S., Shahvegharasl, Z., Anarjan, N. (2020). Ginger essential oil nanoemulsions: Preparation and physicochemical characterization and antibacterial activities evaluation. *Journal of Food Process Engineering*, 43(8), e13434.
- [18] Farshbaf-Sadigh, A., Jafarizadeh-Malmiri, H., Anarjan, N., Najian, Y. (2019). Preparation of Ginger Oil in Water Nanoemulsion Using Phase Inversion Composition Technique: Effects of Stirring and Water Addition Rates on their Physico-Chemical Properties and Stability. *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, 235(3), 295-314.
- [19] Jafarinaia, S., Fallah, A. A., Dehkordi, S. H. (2022). Effect of virgin olive oil nanoemulsion combined with ajowan (*Carum copticum*) essential oil on the quality of lamb loins stored under chilled condition. *Food Science and Human Wellness*, 11(4), pp. 904-913.
- [20] Lou, Z., Chen, J., Yu, F., Wang, H., Kou, X., Ma, C., Zhu, S. (2017). The antioxidant, antibacterial, antibiofilm activity of essential oil from *Citrus medica* L. var. *sarcodactylis* and its nanoemulsion. *LWT*, 80, pp. 371-377.
- [21] Özogul, Y., Özogul, F., Kulawik, P. (2021). The antimicrobial effect of grapefruit peel essential oil and its nanoemulsion on fish spoilage bacteria and food-borne pathogens. *LWT*, 136, 110362.
- [22] Behbahani, B. A., Noshad, M., Jooyandeh, H. (2020). Improving oxidative and microbial stability of beef using Shahri Balangu seed mucilage loaded with Cumin essential oil as a bioactive edible coating. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 24, 101563.
- [23] Tanavar, H., Barzegar, H., Alizadeh Behbahani, B., & Mehrnia, M. A. (2021). Investigation of the chemical properties of *Mentha pulegium* essential oil and its application in *Ocimum basilicum* seed mucilage edible coating for extending the quality and shelf life of veal stored in refrigerator (4° C). *Food Science & Nutrition*, 9(10), 5600-5615.
- [24] Alizadeh Behbahani, B., Imani Fooladi, A. A. (2018). Development of a novel edible coating made by Balangu seed mucilage and Feverfew essential oil and investigation of its effect on the shelf life of beef slices during refrigerated storage through intelligent modeling. *Journal of Food Safety*, 38(3), e12443.
- [25] AOAC. (1995). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (16 ed.): Association of official analytical chemists, Arlington, VA.
- [26] Heydari, S., Jooyandeh, H., Alizadeh Behbahani, B., Noshad, M. (2020). The impact of Qodume Shirazi seed mucilage-based edible coating containing lavender essential oil on the quality enhancement and shelf life improvement of fresh ostrich meat: An experimental and modeling study. *Food Science & Nutrition*, 8(12), 6497-6512.
- [27] Jouki, M., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A., Koocheki, A., Khazaei, N. (2014). Effect of quince seed mucilage edible films incorporated with oregano or thyme essential oil on shelf life extension of refrigerated rainbow trout fillets. *International Journal of Food Microbiology*, 174, 88-97.
- [28] Noori, S., Zeynali, F., Almasi, H. (2018). Antimicrobial and antioxidant efficiency of nanoemulsion-based edible coating containing ginger (*Zingiber officinale*) essential oil and its effect on safety and quality attributes of chicken breast fillets. *Food control*, 84, 312-320.
- [29] Moghimi, R., Ghaderi, L., Rafati, H., Aliahmadi, A., McClements, D. J. (2016). Superior antibacterial activity of nanoemulsion of *Thymus daenensis* essential oil against *E. coli*. *Food chemistry*, 194, 410-415.
- [30] Abbasi, Z., Aminzare, M., Hassanzad Azar, H., Rostamizadeh, K. (2021). Effect of corn starch coating incorporated with nanoemulsion of *Zataria multiflora* essential oil fortified with cinnamaldehyde on microbial quality of fresh chicken meat and fate of inoculated *Listeria monocytogenes*. *Journal of food science and technology*, 58, 2677-2687.
- [31] Wickramasinghe, N. N., Ravensdale, J., Coorey, R., Chandry, S. P., Dykes, G. A. (2019). The Predominance of Psychrotrophic Pseudomonads on Aerobically Stored Chilled Red Meat. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(5), 1622-1635.
- [32] Sun, Y., Zhang, M., Bhandari, B., Bai, B. (2021). Nanoemulsion-based edible coatings loaded with fennel essential oil/cinnamaldehyde: Characterization, antimicrobial property and advantages in pork meat patties application. *Food Control*, 127, 108151.
- [33] Zhang, H., Liang, Y., Li, X., Kang, H. (2020). Effect of chitosan-gelatin coating containing nano-encapsulated tarragon essential oil on the preservation of pork slices. *Meat Science*, 166, 108137.

- [34] Vital, A. C. P., Guerrero, A., Monteschio, J. d. O., Valero, M. V., Carvalho, C. B., de Abreu Filho, B. A., do Prado, I. N. (2016). Effect of Edible and Active Coating (with Rosemary and Oregano Essential Oils) on Beef Characteristics and Consumer Acceptability. *Plos One*, 11(8), e0160535.
- [35] Paul, S., Dubey, R. C., Maheswari, D. K., Kang, S. C. (2011). Trachyspermum ammi (L.) fruit essential oil influencing on membrane permeability and surface characteristics in inhibiting food-borne pathogens. *Food Control*, 22(5), 725-731.
- [36] Kazemeini, H., Azizian, A., Adib, H. (2021). Inhibition of *Listeria monocytogenes* growth in turkey fillets by alginate edible coating with Trachyspermum ammi essential oil nano-emulsion. *International journal of food microbiology*, 344, 109104.
- [37] Hamed, H., Kargozari, M., Shotorbani, P. M., Mogadam, N. B., Fahimdanesh, M. (2017). A novel bioactive edible coating based on sodium alginate and galbanum gum incorporated with essential oil of *Ziziphora persica*: The antioxidant and antimicrobial activity, and application in food model. *Food Hydrocolloids*, 72, 35-46.
- [38] Dini, H., Fallah, A. A., Bonyadian, M., Abbasvali, M., Soleimani, M. (2020). Effect of edible composite film based on chitosan and cumin essential oil-loaded nanoemulsion combined with low-dose gamma irradiation on microbiological safety and quality of beef loins during refrigerated storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 1501-1509.
- [39] Snoussi, A., Chouaibi, M., Koubaier, H. B. H., Bouzouita, N. (2022). Encapsulation of Tunisian thyme essential oil in O/W nanoemulsions: Application for meat preservation. *Meat Science*, 188, 108785.
- [40] Wu, C., Wang, L., Hu, Y., Chen, S., Liu, D., Ye, X. (2016). Edible coating from citrus essential oil-loaded nanoemulsions: physicochemical characterization and preservation performance. *RSC advances*, 6(25), 20892-20900.
- [41] Xiong, Y., Li, S., Warner, R. D., Fang, Z. (2020). Effect of oregano essential oil and resveratrol nanoemulsion loaded pectin edible coating on the preservation of pork loin in modified atmosphere packaging. *Food Control*, 114, 107226.
- [42] Tabatabaei Yazdi, F., Alizadeh Behbahani, B., Vasiee, A., Roshanak, S., Mortazavi, A. (2017). Production of an antimicrobial edible coating based on *Plantago major* seed mucilage in combination with *Heracleum persicum* essential oil: its properties and application in beef. *Microbiology in Food Industries*, 3, 1-21 .
- [43] Ansarian, E., Aminzare, M., Azar, H. H., Mehrasbi, M. R., Bimakr, M. (2022). Nanoemulsion-based basil seed gum edible film containing resveratrol and clove essential oil: In vitro antioxidant properties and its effect on oxidative stability and sensory characteristic of camel meat during refrigeration storage. *Meat science*, 185, 108716.
- [44] Khezrian, A., Shahbazi, Y. (2018). Application of nanocomposite chitosan and carboxymethyl cellulose films containing natural preservative compounds in minced camel's meat. *International Journal of Biological Macromolecules*, 106, 1146-1158.
- [45] Kim, Y.-M., Paik, H.-D., Lee, D.-S. (2002). Shelf-life characteristics of fresh oysters and ground beef as affected by bacteriocin-coated plastic packaging film. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(9), 998-1002.
- [46] Huang, M., Wang, H., Xu, X., Lu, X., Song, X., Zhou, G. (2020). Effects of nanoemulsion-based edible coatings with composite mixture of rosemary extract and  $\epsilon$ -poly-L-lysine on the shelf life of ready-to-eat carbonado chicken. *Food Hydrocolloids*, 102, 105576.
- [47] Amiri, E., Aminzare, M., Azar, H. H., Mehrasbi, M. R. (2019). Combined antioxidant and sensory effects of corn starch films with nanoemulsion of *Zataria multiflora* essential oil fortified with cinnamaldehyde on fresh ground beef patties. *Meat Science*, 153, 66-74.
- [48] do Nascimento Alves, R., Lorraine Santos Lima, T., da Silva Chaves, K., de Albuquerque Meireles, B. R. L. (2021). Biodegradable films with Brassica Oleracea Capitata extract as a quality indicator in sheep meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(1), e14997.
- [49] Liu, Q., Zhang, M., Bhandari, B., Xu, J., Yang, C. (2020). Effects of nanoemulsion-based active coatings with composite mixture of star anise essential oil, polylysine, and nisin on the quality and shelf life of ready-to-eat Yao meat products. *Food Control*, 107, 106771.

## Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: [www.fsct.modares.ir](http://www.fsct.modares.ir)

## Scientific Research

**Investigating the effect of edible coating based on *Citrus paradisi* essential oil nanoemulsion and *Lallemantia iberica* seed mucilage on the microbial and chemical characteristics of lamb slices during storage period**

Hossein Zanganeh<sup>1</sup>, **Seyed Ali Mortazavi**<sup>\*2</sup>, Fakhri Shahidi<sup>2</sup>, Behrooz Alizadeh Behbahani<sup>3</sup>

1- PhD student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran.

2- Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran.

3- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

## ABSTRACT

In this study, the effect of edible coating based on *Lallemantia iberica* seed mucilage (LISM) with different contents (0, 0.5, 1, 1.5 and 2% vol/vol) of *Citrus paradisi* essential oil nanoemulsion (CPN) was investigated on the microbial, chemical, and sensory qualities of lamb slices during cold storage. The antimicrobial results showed that at the end of the storage period, the lowest number of total viable bacteria (6.26 log CFU/g), psychrotrophic count (3.28 log CFU/g), *Escherichia coli* (0.95 log CFU/g), *Staphylococcus aureus* (0.87 log CFU/g) and fungi (1.12 log CFU/g) were observed in LISM+2% CPN sample. The highest and lowest pH at the end of the storage period were related to uncoated samples (6.42) and LISM+2%CPN (5.65). The amount of peroxide number and thiobarbituric acid in the control and LISM+2%CPN samples were 11.60 meq O<sub>2</sub>/kg and 1.20 mg MDA/kg and 5.40 meq O<sub>2</sub>/kg and 0.59 mg MDA/kg, respectively, after 9 days of cold storage. The meat color (L\*, a\*, b\*) was also preserved by edible coating containing *C. paradisi* essential oil nanoemulsion (LISM+CPN). The addition of nanoemulsion in edible coating increased sensory scores such as aroma, color, texture, and overall acceptance of lamb slices, especially on the last day of cold storage. The obtained results suggest the LISM+CPN edible coating as a solution for retarding the chemical and microbial spoilage of lamb slices.

## ARTICLE INFO

## Article History:

Received: 2023/6/23

Accepted: 2023/8/5

## Keywords:

*Citrus paradisi* essential oil nanoemulsion;

Bioactive edible coating;

Lamb slices;

Shelf-life.

DOI: 10.22034/FSCT.20.142.119

DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.142.8.8

\*Corresponding Author E-Mail: [morteza@um.ac.ir](mailto:morteza@um.ac.ir)