

اثر ژلاتین و نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی (*Citrus latifolia*) بر ویژگی‌های کیفی سوریمی

سحر اسمی‌پور نور آبادی^۱, لاله رومیانی^{۲*}

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

* نویسنده مسئول (l.roomiani@iauahvaz.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۹

تاریخ انتشار بخط: ۱۴۰۲/۰۱/۱۲

واژه‌های کلیدی:
اسانس لیموترش
ژلاتین ماهی
سوریمی
نانولیپوزوم

چکیده

در مطالعه حاضر تأثیر ژلاتین با نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی بر ویژگی‌های میکروبی و شیمیایی سوریمی کپور نقره‌ای به مدت ۱۵ روز در دمای یخچال موردبررسی قرار گرفت. تیمارهای موردبررسی شامل سوریمی حاوی نانولیپوزوم اسانس لیموترش بدون ژلاتین (تیمار ۱)، نانولیپوزوم اسانس لیموترش به همراه ۳ درصد (تیمار ۲)، ۴ درصد (تیمار ۳) و ۵ درصد ژلاتین (تیمار ۴) بودند که در روزهای صفر، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ موردبررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در آنالیز اسانس لیموترش، ۳۸/۷ درصد، ترکیب غالب بود. تیمارهای سوریمی نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی در ترکیب با ژلاتین نسبت به تیمار ۱، سبب کاهش معنی‌دار پراکسید (PV)، بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N)، تیوباربیتوريک اسید (TBA) و اسیدهای چرب آزاد (FFA) شدند ($P < 0.05$). شمارش باکتری‌های هوایی کل در تیمار فاقد ژلاتین در روز ۱۲ به ۷/۰۴ لگاریتم واحد تشکیل‌دهنده گلنجی بر ۱۰۰ گرم رسید که از حد مجاز تعیین شده عبور کرد، اما در تیمارهای دارای ژلاتین تا روز ۱۲ (حدوده بین ۶/۷۶-۶/۴۶ لگاریتم واحد تشکیل‌دهنده گلنجی بر ۱۰۰ گرم) در حد مجاز قرار داشت. در مورد پارامترهای حسی، روند کاهش کیفیت با افزایش زمان نگهداری در هر ۴ تیمار قابل مشاهده بود، اما پارامتر رنگ، بو و طعم تیمارهای نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی دارای ژلاتین با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند ($P > 0.05$). نتایج نشان داد که تیمار سوریمی حاوی نانولیپوزوم اسانس لیموترش به همراه ۵ درصد ژلاتین، ۶ روز ماندگاری سوریمی را در مقایسه با تیمار نانولیپوزوم اسانس لیموترش بدون ژلاتین افزایش داد.



گیاهی به عنوان مواد طبیعی استخراج شده از گیاهان از جمله این افروندی‌ها هستند که دارای تأثیر ضد میکروبی گسترده‌ای می‌باشند. آنها ترکیبات آروماتیکی هستند که قدرت بالایی در مهار رادیکال‌های آزاد دارند و با تحریب دیواره سلولی عوامل بیولوژیکی، زمینه را برای حذف آنها فراهم می‌آورند. آنها چگالی کمتری از آب داشته، فرار

مقدمه

کیفیت ماهی و فراورده‌های آن برای مصرف کنندگان مهم است. به همین منظور روش‌های متفاوت نگهداری مانند اشعه دهنده، افزودنی‌های غذایی و تکنیک‌های بسته‌بندی مختلف برای جلوگیری از فساد سریع ماهی و محصولات آن به کاربرده می‌شود (Ucar et al., 2020). اسانس‌های

لیپوزوم‌ها روی غذاهایی مانند ماهیان ممکن است باعث تجمع یا پارگی سریع پوسته شده و منجر به نشت مواد محصور شده شود. از این‌رو، استفاده از ترکیبات پروتئین به عنوان بهبود‌دهنده ساختار لیپوزوم پیشنهاد شده است. در میان منابع مختلف پروتئین‌ها مقرن به صرفه و سازگار با محیط‌زیست هستند (Cui et al., 2022). ژلاتین پروتئینی است که میزان بعضی اسیدهای آمینه ضروری آن مثل لیزین بالاست. ژلاتین به دلیل داشتن پروتئین و مواد معدنی به عنوان مکمل غذایی مطرح است. استفاده از ژلاتین به سبب محبوب‌کردن مواد غذایی و جلوگیری از ارتباط مواد غذایی با محیط پیرامون، در حال گسترش است و با توجه به اینکه در ایران مقدیر زیادی منابع ماهی و سایر آبزیان وجود دارد، استفاده از ژلاتین به عنوان ماده افزایش‌دهنده ماندگاری فراورده‌های غذایی و شیلاتی مقرن به صرفه و کارآمد خواهد بود (Hosseini & Gómez-Guillén, 2018).

هدف کلی از این مطالعه ارزیابی و مقایسه اثر نanolipozom انسنس لیموترش ایرانی^۱ و ژلاتین ماهی بر ویژگی‌های میکروبی و حسی سوریمی بود.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی سوریمی

سوریمی از کپور نقره‌ای^۲ با وزن ۱/۵۰ تا ۱ کیلوگرم تهیه شد. ماهی‌ها از مزرعه پرورش ماهیان گرمابی در استان خوزستان تهیه و با یخ‌گذاری درون ظروف عایق، به آزمایشگاه منتقل شدند. ماهی‌ها بلا فاصله شست‌وشو، سر و دمزنی و به روش دستی فیله و سپس مجدد شسته شدند. فیله‌ها توسط دستگاه استخوان‌گیر (شرکت امگا مینروا، ساخت ایران) با قطر منفذ استوانه ۲ میلی‌متر تبدیل به گوشت چرخ‌کرده بدون استخوان شدند. جهت تهیه سوریمی، ابتدا آب نمک ۰/۲۵ درصد تهیه، سپس به نسبت ۴:۱ (گوشت: آبنمک) درون ظروف شست‌وشو ریخته و پس از همزدن، عمل آب‌گیری با پارچه تنظیف ابریشمی انجام گرفت. سوریمی پس از اختلاط کامل با مواد نگهدارنده (۴ درصد شکر، ۴ درصد سوربیتول، ۰/۳ تری‌پلی‌فسفات سدیم) در کيسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۵ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال

محلول در چربی و حلال‌های آلی و به ندرت رنگی هستند و این امر استفاده از آنها را به عنوان پوشش‌دهنده ممکن می‌سازد (Burt, 2004). متأسفانه بیشتر ترکیبات طبیعی از نظر بیولوژیکی ناپایدار، به مقدار کم در آب محلول و به طور ضعیفی به مکان‌های هدف متصل می‌شوند. علاوه‌بر این، نشان داده شده است که انسان‌ها به دلیل برخی از معايب مانند اثربخشی کم، بوی نامطبوع و برخی اثرات منفی روی غذا، کاربرد مستقیم آنها در محصولات غذایی غیرعملی است (Cui et al., 2022).

در کنار استفاده از افودنی‌های طبیعی و شیمیایی، برخی از روش‌های جدید سعی در محدود کردن تغییرات سریع کیفی (شیمیایی، میکروبیولوژیکی، فیزیکی و حسی) در محصولات مختلف آبزیان داشته‌اند. علاوه‌بر این، کاربردهای نانوتکنولوژی مواد غذایی که سطح تماس بیشتری را روی سطح مواد ایجاد می‌کند، اهمیت بیشتری پیدا کرده است. به طور خاص، مطالعه‌های مختلفی بر اساس نانومولسیون‌ها وجود دارد، اما برخی مطالعه‌ها مرتبط با کاربردهای نانو مانند نانوذرات، نانوالیاف و نانوکپسولاسیون یا نانولیپوزوم‌ها در حال انجام است. بهمنظور افزایش پایداری، ماندگاری و بهبود عملکرد انسان‌ها، در حامل‌های نانولیپوزومی بارگذاری می‌شوند (Kuley et al., 2021; Marand et al., 2023).

لیپوزوم‌ها وزیکول‌های میکروسکوپی هستند که شباهت زیادی به ساختار غشای سلولی دارند که از یک یا چند لایه دوتایی تشکیل شده‌اند که بخش درونی آنها دارای فضای مایع است و می‌توانند مواد مختلفی را در دیواره یا فضای داخلی خود حمل کنند. علاوه‌بر این، ویژگی‌هایی مانند سمیت کم، زیست‌تخربی‌پذیری، خواص آمفی‌پاتیک (آبدوست و چربی‌دوست) و عدم ایمنی‌زایی، نانولیپوزوم‌ها را به یک حامل مهم تبدیل کرده است. لیپوزوم‌ها وزیکول‌هایی هستند که توسط یک یا چند فسفولیپید تشکیل شده‌اند، لایه‌هایی که به دنبال برهم‌کنش بین فسفولیپیدها و مولکول‌های آب به وجود می‌آیند. قرار گرفتن گروه‌های سر آب‌دوست فسفولیپیدها در فازهای آبی باعث هم‌ترازی دم‌های هیدروکربنی آب‌گریز می‌شود تا در یک پوشش دولایه با یکدیگر روبرو شوند. این مکانیسم اجازه تشكیل وزیکول را می‌دهد که لیپوزوم شناخته می‌شود و قادر به حمل ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی شیمیایی و یا طبیعی نظیر انسان‌های گیاهی است

¹ *Citrus latifolia*

² *Hypophthalmichthys molitrix*

یکنواخت کردن اندازه حاملها، به مدت ۵ دقیقه با استفاده از الترانوراکس (IKA 25 digitalULTRA-TURRAX®) ساخت آلمان) در ۱۰۰۰ دور در دقیقه هموزن گردید. سپس مخلوط لیپوزومی در داخل حمام یخ به سونیکاتور پررب (Vibracell Sonics and Materials) ساخت انگلستان) منتقل و ۵ سیکل ۱ دقیقه‌ای با ۳ دقیقه استراحت بین سیکل‌ها روی نمونه‌ها اعمال شد تا نانولیپوزوم‌های تکلایه‌ای در مقیاس نانومتری تولید شدند (Xia & Xu, 2005).

اندازه ذرات نانولیپوزوم

توزیع اندازه ذرات با دستگاه پراکنده‌گی نورپویا (مدل GmbH، ساخت آلمان) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تعیین شد. برای تعیین پتانسیل زتای نانولیپوزوم‌های حاوی اسانس از دستگاه زتابایزر (Malvern-Nano-ZS). ساخت انگلستان) استفاده شد. برای این‌منظور، هریک از نمونه‌ها نخست با استفاده از آب‌مقطر ۵۰ برابر رقیق شدند. سپس نمونه‌ها توسط سرنگی داخل لوله مؤین منتقل و لوله مؤین در محل مخصوص در داخل دستگاه قرار گرفت. اندازه‌گیری پتانسیل زتا در pH=۷/۴ و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و توان ۱۴۹ وات انجام شد.

آماده‌سازی ژلاتین

پوست کپور نقره‌ای پس از جداسازی به صورت منجمد در دمای ۱۸ - درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برای استفاده مقدار لازم از پوست ماهی طی نگهداری شبانه در دمای یخچال (۴ تا ۶ درجه سانتی‌گراد) انجام‌داده‌ای، سپس پوست ماهی توسط آب با دمای معمولی جهت جدا کردن فلس و گوشت چسبیده شستشو شو و به اندازه‌های ۱ تا ۲ سانتی‌متر مربع تکه‌تکه و برای استخراج ژلاتین استفاده گردید. برای استخراج ژلاتین از روش Zhou و Regenstein (2005) استفاده شد. فرایند پیش‌تیمار قلیایی، جهت حذف پروتئین‌های غیرکلارنی در هیدروکسید سدیم ۰/۰۷۵ نرمال و به مدت ۱ ساعت و در ۴ درجه سانتی‌گراد انجام و بعد از شستشو با آب، جهت حذف مواد معدنی و املاح از پوست، فرایند پیش‌تیمار اسید استیک ۰/۰۵ نرمال و به مدت ۱ ساعت صورت گرفت. تمامی این مراحل ۳ بار تکرار شد. ژلاتین از پوست پیش‌تیمار یافته در آب‌مقطر به نسبت وزنی-حجمی (۱:۲/۸) در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و پس

نگهداری شدند (Alivand & Roomiani, 2019).

تهیه اسانس لیموترش ایرانی

جهت اسانس‌گیری از ۵۰ کیلوگرم لیموترش ایرانی (از باغات اطراف شهر دزفول تهیه شد) استفاده شد. اسانس‌گیری به وسیله تقطیر گیری و با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت و در درجه حرارت ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. اسانس به دستگاه GC-MS 6890N (GC-MS 6890N) ساخت آمریکا) تریک گردید تا نوع ترکیبات تشکیل‌دهنده آن مشخص شود. دستگاه گاز کروماتوگرافی استفاده شده از نوع Agilent 6890 با ستون به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر از نوع HP-5MS بود. برنامه دمایی ستون به این نحو تنظیم گردید، که دمای اولیه آون ۵۰ درجه سانتی‌گراد و توقف در این دما به مدت ۵ دقیقه، گرادیان حرارتی ۳ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه، افزایش دما تا ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۱۵ درجه در هر دقیقه، افزایش دما تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و ۳ دقیقه توقف در این دما باشد. شناسایی طیف‌ها به کمک شاخص بازداری آنها و مقایسه آن با شاخص‌های موجود در کتب مرجع، مقاله‌ها و با استفاده از طیف‌های جرمی ترکیبات استاندارد و استفاده از اطلاعات به صورت کتابخانه دیجیتال دستگاه GC صورت گرفت (Dehghan & Roomiani, 2020).

تهیه نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی

برای تهیه نانولیپوزوم، محلول لیپیتین (۹۰ میلی‌گرم) در حلal اتانول با نسبت ۱:۲ حل شد. حلal در روتاری (Heidolph)، ساخت آلمان) با سرعت ۱۴۰ دور در دقیقه به مدت ۱ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد تبخیر شد. لایه نازک تشکیل شده با ۱۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر استریل هیدراته و دانک‌های شیشه‌ای برای کمک به هیدراته شدن لایه نازک لیپیدی اضافه که محصول تولیدی لیپوزوم‌های چندلایه میکرومتری بودند. در مرحله بعد، اسانس لیموترش، قطره‌قطره به فاز آبی اضافه شد. بهاین صورت که با افزودن نسبت ۱:۵ از اسانس و مخلوطی به نسبت ۱:۱ از اسانس با آب‌مقطر عمل هیدراتسیون انجام شد. مخلوط در حمام آبگرم با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۴۵ تا ۶۰ دقیقه، تحت اتمسفر نیتروژن روی همزن مغناطیسی با دور ۶۰۰ دور در دقیقه همzed شد. سپس، بهمنظور

سوریمی بیان شد (AOAC, 2002). مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از نمونه چرخ‌شده سوریمی به یک بالن ۲۵ میلی‌لیتری انتقال و سپس با ۱- بوتانول به حجم رسانده شد. ۵ میلی‌لیتر از محلول فوق به لوله‌های خشک درب‌دار وارد و به آن ۵ میلی‌لیتر از معروف TBA اضافه گردید (معرف TBA بهوسیله حل‌شدن ۲۰۰ میلی‌گرم از TBA در ۱۰۰ میلی‌لیتر حل‌لال ۱- بوتانول پس از صاف‌شدن به‌دست‌آمد). لوله‌های درب‌دار در حمام آب با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت قرار گرفتند و پس از آن در دمای محیط سرد شدند. سپس مقدار جذب نمونه (As) در موج ۵۳۰ نانومتر بهوسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل SmartSpec TM Plus، ساخت آمریکا) در مقابل شاهد آب‌مقطر (Ab) (Ab) Plus خوانده شد (رابطه ۲).

$$\text{رابطه } (2)$$

$$FFA = \frac{(As - Ab) \times 50}{200}$$

اندازه‌گیری اسیدهای چرب آزاد (FFA^۳)

به ۱۵ گرم نمونه همگن‌شده سوریمی ۶۰ سی‌سی متانول و ۶۰ سی‌سی کلروفرم اضافه و بعد از ۲۴ ساعت برای جداسازی فازها، به نمونه‌ها ۳۶ سی‌سی آب‌مقطر اضافه شد و بعد از ۲ ساعت روغن موردنیاز جداسازی شد. سپس ۲۵ سی‌سی الکل اتیلیک خنثی‌شده (با چند قطره سود ۰/۱ نرمال)، به نمونه روغن استخراج‌شده اضافه شد. در مرحله بعد پس از اضافه کردن ۲ تا ۳ قطره معرف فنول‌فتالین، روغن با استفاده از سود ۰/۰ نرمال تیتر شد. مقدار اسیدیته بر حسب درصد اسید اولئیک طبق رابطه (۳) محاسبه شد (Pearson, 1997).

$$\text{رابطه } (3)$$

$$FFA = \frac{N \times (V_2 - V_1) \times ۲۸/۲}{W}$$

در رابطه (۳)، V_2 : حجم مصرفی سود جهت تیتراسیون نمونه و V_1 : حجم مصرفی سود جهت تیتراسیون شاهد می‌باشد.

اندازه‌گیری بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N^۴)

۱۰ گرم نمونه سوریمی در بالن حاوی ۲ گرم اکسید منیزیم و ۳۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر و سنگ‌جوش قرار داده شد.

از ۷ ساعت، در بن‌ماری استخراج شد. ژلاتین در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

تهیه تیمارها

پیش از سخت‌شدن ژلاتین، مقادیر ۳، ۴ و ۵ درصد ژلاتین به محلول نanolipovzom اسانس لیموترش ایرانی اضافه و محلول به مدت ۳۰ دقیقه هم‌زده شد. نمونه‌های سوریمی به‌دست‌آمده در قالب‌های مستطیل‌شکل، به مدت ۱ دقیقه درون محلول به‌دست‌آمده غوطه‌ور شدند. نمونه‌های سوریمی نanolipovzom اسانس بدون ژلاتین به عنوان تیمار کنترل در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری پراکسید (PV^۱)

به ۱۵ گرم نمونه همگن‌شده سوریمی ۶۰ سی‌سی متانول و ۶۰ سی‌سی کلروفرم اضافه و بعد از ۲۴ ساعت برای جداسازی فازها، به نمونه‌ها ۳۶ سی‌سی آب‌مقطر اضافه شد و بعد از ۲ ساعت روغن موردنیاز جداسازی شد. ۲۵۰ سی‌سی روغن استخراج‌شده از سوریمی به دقت در ارن ۲۵۰ میلی‌لیتری سرمه‌بادهای وزن و حدود ۲۵ میلی‌لیتر از محلول اسید استیک کلروفرمی (نسبت کلروفرم به اسید استیک ۳:۲) به محظیات ارلن اضافه شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول یدور پتابسیم اشباع، ۳۰ میلی‌لیتر از ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته ۱ درصد به آب‌مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر آزادشده با محلول تیوسولفات سدیم ۱/۰۰ نرمال تیتر شد. میزان پراکسید بر حسب میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم با استفاده از رابطه (۱) موردمحاسبه قرار گرفت (AOAC, 2002).

$$\text{رابطه } (1)$$

$$PV = \frac{N \times (V_2 - V_1) \times ۱۰۰}{ وزن نمونه روغن \times ۱۰۰۰}$$

در رابطه (۱)، V_2 : حجم مصرفی تیوسولفات سدیم جهت تیتراسیون نمونه و V_1 : حجم مصرفی تیوسولفات سدیم جهت تیتراسیون شاهد می‌باشد.

اندازه‌گیری تیوباربیتوریک اسید (TBA^۲)

اندازه‌گیری TBA بهوسیله روش رنگ‌سنگی و میزان آن به صورت میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدئید در کیلوگرم نمونه

^۳ Free Fatty Acid

^۴ Total volatile basic nitrogen

^۱ Peroxide Value

^۲ Thiobarbituric acid

آبمقدار استریل به آن افزوده و کیسه جهت هموژنیزاسیون محتویات به دستگاه استومیکرو (مدل Inter-science 400 ساخت فرانسه) به مدت ۱ دقیقه منتقل شد. نمونه هموژن شده به روش رقیق سازی متوالی و روی پلیت های حاوی محیط کشت کانت آگار و به روش کشت سطحی و در دمای ۷ درجه سانتی گراد و به مدت ۱۰ روز کشت داده شد. شمارش باکتری های سرمادوست پلیت ها در روزهای صفر، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ انجام شد (Iran National Standardization Organization, 2004).

تجزیه و تحلیل داده ها
در تمامی موارد آنالیز روی سه تکرار برای هر تیمار انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ استفاده شد. معنی دار بودن نتایج حاصل از بررسی فاکتورهای مختلف با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵ بررسی شدند.

نتایج و بحث

مهم ترین ترکیبات اسانس لیموترش
آنالیز ترکیبات شیمیایی لیموترش ایرانی توسط دستگاه GC-MS در [جدول \(۱\)](#)، نشان داده شده است. ترکیبات غالب موجود شامل لیمونن ۳۸/۷ (درصد)، متانول ۱۱/۵ (درصد) و متیل اتیل (درصد ۶/۹۶) بودند. در مطالعه حاضر کارایی نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی و ژلاتین ماهی بر ویزگی های شیمیایی، میکروبی و حسی سوریمی کپور نقره ای موربررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج، لیمونن بیشترین ترکیب اسانس بود. Bourgou و همکاران (۲۰۱۲) لیمونن را با ۲۷/۶۳ درصد اصلی ترین ترکیب اسانس لیموترش گزارش کردند. لیمونن مونوترپن اسانس مرکبات است که دارای خاصیت ضد باکتریایی، ضد ویروسی و تولید کننده عطر و طعم است. نتایج [شکل \(۱\)](#) نشان داد که سایز نانوذرات از ۱۰ تا بالای ۱۰۰ نانومتر است. اما برای عدمه ذرات سایزی با میانگین $60/5 \pm 2/30$ نانومتر برآورد شد و توزیع اندازه نانوذرات ساخته شده، یکنواخت بود ([شکل \(۱\)](#)). نتایج بدست آمده از دستگاه زتابایزر (مدل Nano S90، ساخت انگلستان)، میزان بار ذرات را ۵۰-۵۰+ گزارش نموده است که میانگین پتانسیل زتای نانولیپوزوم ها بین ۳-۵/۲ تا ۵ میلی ولت نشان داده شد ([شکل \(۱\)](#)).

بخارهای تقطیر شده وارد محلول ۲ درصد اسید بوریک و ۲ قطره متیل رد به عنوان شناساگر شده و در پایان به وسیله اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال تیتر و به صورت میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه بیان شد. میزان بازهای AOAC، (۲۰۰۲):

رابطة (۴)

$14 \times \text{حجم اسید سولفوریک مصرفی} = \text{بازهای نیتروژن فرار}$

شمارش باکتری های هوایی

تعیین بار میکروبی طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۹۸۹۹ انجام شد (Iran National Standardization Organization, 2016). به این منظور ۵ گرم نمونه با ۴۵ میلی لیتر آب مقدار به کیسه استریل استومیکر منتقل و به صورت هموژن درآمدند. سپس نمونه تا رقت 10^{-5} میلی لیتر رقیق شد. ۱ میلی لیتر از هر رقت در پلیت حاوی محیط کشت کانت آگار (شرکت مرک، ساخت آلمان) قرار داده شد. بعد از ۱۰ دقیقه تمام پلیت ها وارونه و در انکوباتور به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۳۷ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. شمارش باکتری های در روزهای صفر، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ انجام شد.

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه ها به روش هدونیک و توسط ۱۵ نفر ارزیاب مرد و زن با میانگین سن ۴۱ سال آموزش دیده و در ۴ پارامتر رنگ، بافت، طعم و بو انجام شد. برای آماده سازی ۱/۵ درصد نمک به نمونه های سوریمی اضافه شد. سپس نمونه های سوریمی در داخل فویل آلومنیومی، به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۹۸ درجه سانتی گراد بخار پز شدند. بو، رنگ، بافت و طعم با مقیاس هدونیک با اصطلاحات توصیفی زیر رتبه بندی شدند (Jurjani et al., 2014): بافت (۵ دارای انسجام، ۱ خمیری)، رنگ (۵ بدون تغییر رنگ، ۱ کاملاً رنگ پریده)، طعم (۵ مطلوب، ۱ کاملاً نامطلوب) و بو (۵ مطبوع، ۱ کاملاً نامطبوع).

شمارش باکتری های سرمادوست

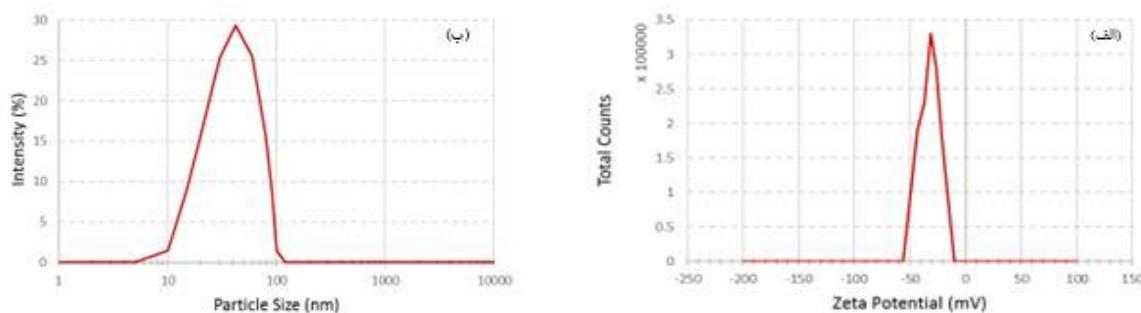
تحت شرایط استریل و زیر هود آزمایشگاهی ظروف حاوی نمونه را باز و ۵ گرم از نمونه سوریمی درون کیسه های پلاستیکی استریل قرار داده شد، سپس ۴۵ میلی لیتر

میزان آن در تیمار نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی با ۵ درصد ژلاتین اندازه‌گیری شد، که نشان می‌دهد با افزایش سطح ژلاتین میزان این پارامتر به شکل معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش یافت ($P < 0.05$)، (شکل ۲). پارامتر پراکسید (PV) با افزایش زمان نگهداری روندی افزایشی را تا روز ۱۲ در تمام تیمارها نشان داد ($P < 0.05$). در روز ۱۲، تیمار نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی با $6/71 \pm 0/33$ تیمار نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی با ۳ درصد ژلاتین، میلی‌اکیوالان در کیلوگرم بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی با ۳ درصد ژلاتین، بالاترین میزان این پارامتر ($P < 0.05$) و تیمار نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۵ درصد ژلاتین با $4/16 \pm 0/09$ میلی‌اکیوالان در کیلوگرم کمترین میزان پراکسید را داشت ($P < 0.05$)، (شکل ۳-الف).

جدول ۱- مهم‌ترین ترکیبات شیمیایی تشکیل‌دهنده اسانس لیموترش (*Citrus latifolia*)

ترکیبات	درصد از اسانس	شاخص بازداری
لیمونن	۳۸/۷	۹/۷۰۸
متیل‌اتیل	۶/۹۶	۱۰/۶۵۸
متانول	۱۱/۵	۱۵/۵۳۹

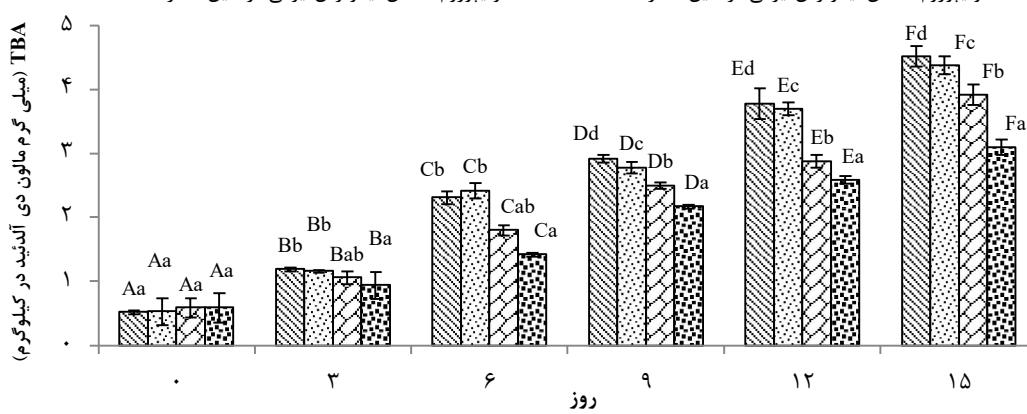
تأثیر نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی و ژلاتین بر پارامترهای کیفی سوریمی در طول دوره ۱۵ روزه، پایین‌ترین میزان پارامتر کیفی سوریمی در روز صفر (۰/۵۲۰ تا ۰/۵۹۰ میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدئید در کیلوگرم) و بالاترین میزان این پارامتر در روز ۱۵ (۳/۱۰۰ تا ۴/۵۲۰ میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدئید در کیلوگرم) اندازه‌گیری شد. این پارامتر در روزهای ۹، ۱۲ و ۱۵ بین ۴ تیمار اختلاف معنی‌داری داشت و پایین‌ترین



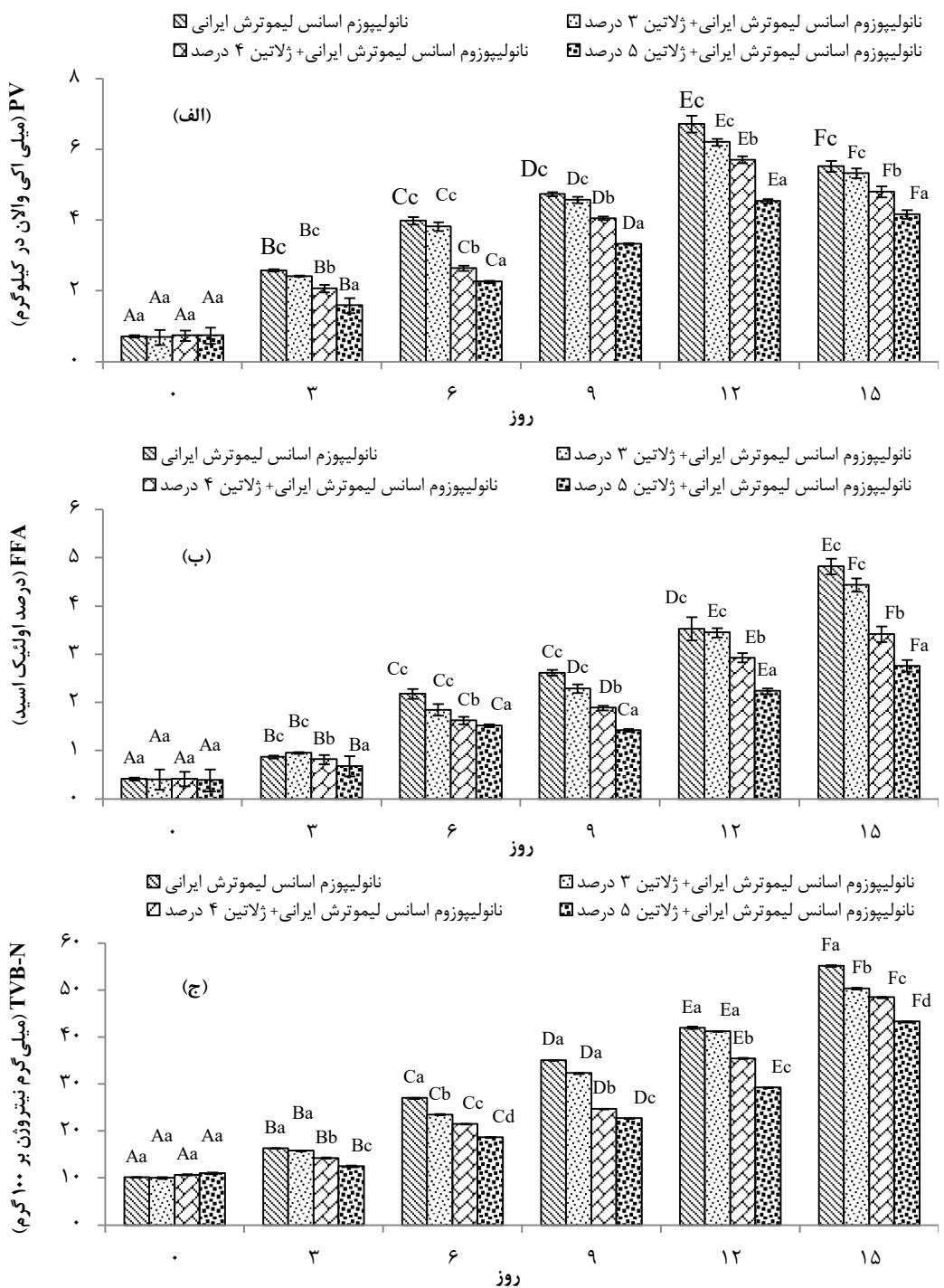
شکل ۱- پتانسیل زتای نمونه‌های (الف) نانولیپوزوم و (ب) نتایج اندازه‌پراکندگی

■ نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی
■ نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی + ژلاتین ۳ درصد
■ نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی + ژلاتین ۴ درصد

■ نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی + ژلاتین ۳ درصد
■ نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی + ژلاتین ۵ درصد



شکل ۲- تأثیر نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی و ژلاتین بر پارامتر TBA (میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدئید در کیلوگرم) سوریمی. حروف بزرگ متغیر، بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین روزهای نمونه‌برداری و حروف کوچک متغیر، بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.



شکل ۳- تأثیر نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی و ژلاتین بر پارامتر (الف) PV، (ب) FFA و (ج) TVB-N در سوریمی. حروف بزرگ متفاوت، بیانگر وجود اختلاف معنی دار بین روزهای نمونه برداری و حروف کوچک متفاوت، بیانگر وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

لیموترش ایرانی حاوی ۵ درصد ژلاتین، با اختلاف معنی دار با سایر تیمارها کمترین میزان FFA را داشت ($P<0.05$). در روز ۱۵، تیمار نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی با $۴/۸۲\pm 0.08$ درصد اولئیک اسید بالاترین و تیمار نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۵ درصد ژلاتین با

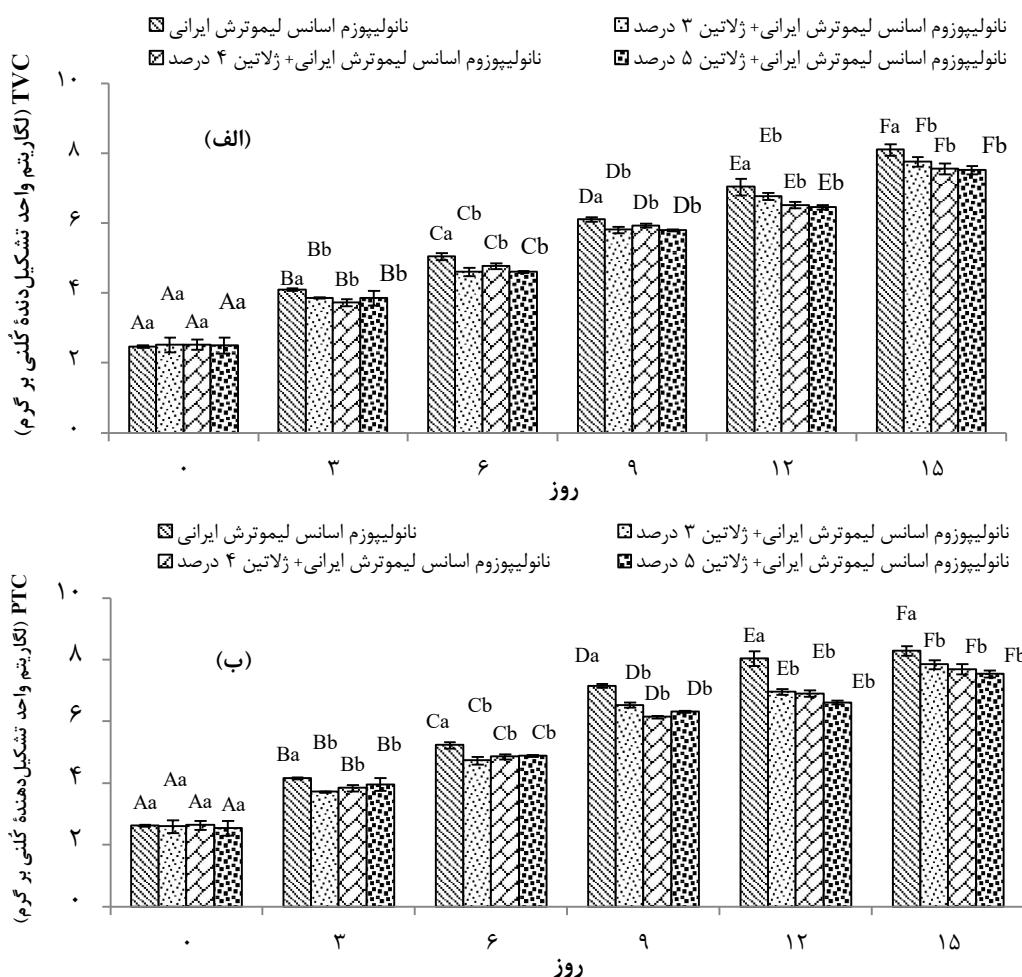
در طول ۱۵ روز بررسی، میزان اسیدهای چرب آزاد در سوریمی کپور نقره ای، در دو تیمار نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی و نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۳ درصد ژلاتین بدون اختلاف معنی دار با یکدیگر بالاترین مقدار را نشان داد ($P<0.05$). تیمار نانولیپوزوم اسانس

مقادیر مختلف ژلاتین اختلاف معنی‌داری نداشت ($P>0.05$)، (شکل ۴-الف).

علاوه بر روند افزایش شمار باکتری‌های سرمادوست در هر ۴ تیمار با افزایش زمان نگهداری، نتایج نشان دادند که بالاترین میزان باکتری‌های سرمادوست در تیمار نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی بدون ژلاتین اندازه‌گیری شد. میزان باکتری‌های سرمادوست در تیمارهای نانولیپوزوم دارای ژلاتین اختلاف معنی‌داری نداشت ($P>0.05$)، (شکل ۴-ب). نتایج این مطالعه نشان داد میزان پراکسید نمونه‌های سوریمی طی نگهداری در یخچال تا روز ۱۲ روند افزایشی داشت و پس از آن کاهش یافت. نتایج نشان داد بالاترین سطح پراکسید در تیمار نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی بدون ژلاتین ثبت شد و افزایش سطح ژلاتین، میزان پراکسید را کاهش داد و کمترین میزان پراکسید در سوریمی در دو غلظت ۴ و ۵ درصد ژلاتین اندازه‌گیری شد.

مقدار $2/76\pm0.22$ درصد اوئیک اسید پایین‌ترین میزان این پارامتر را داشت ($P<0.05$)، (شکل ۳-ب).

میزان بازهای نیتروژنی فرار روندی افزایشی را در تمام تیمارها تا روز ۱۵ نگهداری داشت (شکل ۳-ج). در روز ۱۵، هر ۴ تیمار در میزان TVB-N با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند ($P<0.05$) و بالاترین میزان این پارامتر در تیمار ۴ (نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۵ درصد ژلاتین)، $43/30\pm0.07$ میلی‌گرم ازت در 100 گرم) در روز ۱۵ اندازه‌گیری شد. کمترین میزان این پارامتر در تیمار (نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۵ درصد ژلاتین)، $2/76\pm0.22$ میلی‌گرم ازت در 100 گرم) در روز ۱۵ اندازه‌گیری شد ($P<0.05$). روند افزایشی شمارش کلی باکتری با افزایش زمان نگهداری در هر ۴ تیمار معنی‌داری بود و در روز ۱۵ به بالاترین مقدار رسید (شکل ۳-ج). بار باکتریابی نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی در مقایسه با سه تیمار دارای ژلاتین، بیشتر بود ($P<0.05$) اما مقادیر بار باکتریابی در تیمارهای دارای



شکل ۴- مقایسه میانگین (الف) شمارش کلی باکتریابی (TVC) و (ب) میزان باکتری‌های سرمادوست (PTC) در سوریمی حاوی نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی و ژلاتین. حروف بزرگ متفاوت، بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین روزهای نمونه‌برداری و حروف کوچک متفاوت، بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

ژلاتین، زمینه کاهش اکسیداسیون را ایجاد کرد. میزان این پارامتر در تمامی تیمارها روند افزایشی در طول ۱۵ روز نگهداری داشت. روند افزایش این شاخص در طول دوره نگهداری، ناشی از افزایش آهن آزاد و سایر پراکسیدانها در بافت ماهی است (de Azevedo Gomes *et al.*, 2003). این افزایش در مطالعه های Taghizadeh Andevarei و Rezaei (۲۰۱۳) و Nowzari (۲۰۱۲) و همکاران (۲۰۱۵) نیز گزارش شده است.

اسیدهای چرب آزاد از تجزیه تری گلیسریدها تشکیل شده است و این تبدیل ها هم از طریق واکنش های شیمیایی و هم از طریق هیدرولیز آنزیمی و به واسطه آبکافت چربی انجام می پذیرد (Aubourg *et al.*, 2004) و این تجزیه در طول زمان نگهداری ادامه پیدا می کند که در مطالعه حاضر نیز مشاهده شد. در مطالعه Ahmadi و همکاران (۲۰۱۶) افزایش میزان اسیدهای چرب آزاد در کل دوره نگهداری را نشان دهنده فعالیت آنزیم های هیدرولیتیک دانستند. در مطالعه حاضر کمترین میزان اسیدهای چرب در تیمارهای نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۴ و ۵ درصد ژلاتین و بیشترین میزان این پارامتر در تیمار بدون ژلاتین اندازه گیری شد. Jridi و همکاران (۲۰۱۴) قدرت کاهنده گی ژلاتین هیدرولیز شده را مرتبط با غلظت آن دانستند که این امر با توجه به کمترین میزان پراکسید، تیوباربیتوريک اسید و اسیدهای چرب آزاد در تیمار نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۴ و ۵ درصد ژلاتین با یافته های مطالعه حاضر هم خوانی دارد. در آبزیان، حد قابل قبول اسیدهای چرب آزاد ۵ درصد اولئیک اسید تعیین شده است که با توجه به نتایج، در تیمارهای نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی دارای ۴ و ۵ درصد ژلاتین تا روز ۱۵ و در دو تیمار نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی دارای ۳ درصد ژلاتین و تیمار نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی تا روز ۱۲ در محدوده مجاز برای این پارامتر قرار داشتند. حضور اسانس لیموترش و نیز اکسیداسیون اسیدهای چرب را می توان به وجود پیتیدهای حاوی آمینو اسیدهای بازی در ژلاتین مرتبط دانست که به عنوان پذیرنده الکترون رادیکال های آزاد در هنگام اکسیداسیون اسیدهای چرب عمل کرده و اکسیداسیون را کاهش می دهد (Mousavipour *et al.*, 2021).

مکانیسم فعالیت ضد میکروبی اسانس های روغنی نظری لیموترش، حمله این ترکیبات به فسفولیپیدهای موجود در دیواره سلولی و به دنبال آن افزایش نفوذ پذیری و نشت

Kalteh و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تأثیر پوشش خوراکی ژلاتین بر کیفیت فینگر کپور نقره ای ثابت کردند که میزان پراکسید به طور معنی دار کمتر از تیمار شاهد بود که علت آن را ناشی از وجود باندهای هیدروژنی در ژلاتین عنوان کردند. در مطالعه Taghizadeh Andevarei و Rezaei (۲۰۱۲) میزان پراکسید در فیله های بدون پوشش ژلاتینی به شکل معنی داری کمتر از فیله های بدون پوشش بود و علت آن را به دلیل ممانعت پوشش ژلاتینی از تماس اکسیژن با سطح محصول گزارش کردند. شاخص پراکسید در آبزیان بین صفر تا ۲ میلی اکی والان در کیلوگرم بسیار مطلوب، ۲ تا ۵ میلی اکی والان در کیلوگرم خوب، ۵ تا ۸ میلی اکی والان در کیلوگرم قابل پذیرش و ۸ تا ۱۰ میلی اکی والان در کیلوگرم غیرقابل پذیرش است (Erkan *et al.*, 2010). براساس نتایج، دو تیمار سوریمی نانولیپوزوم اسانس لیموترش ۴ و ۵ درصد ژلاتین تا روز ۱۵ در محدوده خوب قرار داشتند. تیوباربیتوريک اسید شاخصی برای سنجش میزان اکسیداسیون چربی هاست و میزان محصولات ثانویه اکسیداسیون به ویژه آلدیدهای، کتون ها، الكل ها، هیدروکربن ها و اسیدهای آلی را نشان می دهد که از شکستن هیدروپراکسیدها ایجاد می شوند. پیشنهاد شده است که میزان TBA بسته به نوع محصول تهیه شده از گونه آبزی بین ۲ تا ۴ میلی گرم مalon دی آلدید در کیلوگرم گوشت ماهی می تواند، تغییر کند (Zhang *et al.*, 2014). تیمارهای نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی دارای ۴ و ۵ درصد ژلاتین تا روز ۱۵ و دو تیمار نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی دارای ۳ درصد ژلاتین و تیمار نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی تا روز ۱۲ در محدوده مجاز برای این پارامتر قرار داشتند. حضور اسانس لیموترش و نیز ژلاتین در تیمارها از جمله دلایل پایین نگهداشتن میزان تیوباربیتوريک در هر ۴ تیمار و همکاران (۲۰۱۵) پوشش ژلاتین توانست میزان اسید در مطالعه Kalteh و همکاران (۲۰۱۳) استفاده از پوشش کیتوزان ژلاتین منجر به کاهش میزان تیوباربیتوريک اسید فیله های قزل آلای رنگین کمان در یخچال شد. در تمامی این مطالعه ها پوشش ژلاتین به واسطه وجود باندهای هیدروژنی به عنوان محافظ اکسیژن عمل کرده و میزان اکسیداسیون را کاهش می دهد. در مطالعه حاضر نیز اثرات سینرژیستی اسانس لیموترش در کنار ژلاتین به واسطه فعالیت آنتی اکسیدانی لیموترش و نیز پوشش دهنده گی

مکانیسم احتمالی ژلاتین اثر سینرژیستی با انسانس و نanolipozoom و ممانعت از نفوذ پذیری گاز اکسیژن است. اثر پوشش ژلاتین همراه با انسانس دارچین، کمترین میزان Rezaei و Taghizadeh Andevari (۲۰۱۲) در بررسی باکتری هوایی و باکتری‌های سرمادوست در مقایسه با تیمارهای منفرد حاصل شد. انسانس‌های گیاهی عموماً انتظار بیولوژیکی ناپایدار هستند، قابلیت انحلال کمی در آب دارند و پراکنش آنها بسیار نامتناصر و تقریباً غیر مؤثر است (Khedri & Roomiani, 2019). از این‌رو، مکانیسم‌های Nanolipozoom از چند طریق سبب افزایش ماندگاری مواد غذایی می‌شود: کنترل فرایند آزادسازی انسانس (Hosseini et al., 2013)، افزایش انحلال انسانس در آب (Wu et al., 2012)، افزایش و به تعادل رساندن فعالیت ضدبакتری (Iannitelli et al., 2011) که در این مطالعه نمونه‌های سوریمی Nanolipozoom انسانس لیموترش ایرانی دارای ژلاتین در مقایسه با نمونه‌های سوریمی Nanolipozoom انسانس فاقد ژلاتین در انتشار ذرات انسانس موفق‌تر بودند. اضافه کردن پوشش ژلاتینی خاصیت ضدمیکروبی Nanolipozoom انسانس را افزایش می‌دهد. فعالیت ضدبакتری انسانس لیموترش ایرانی در این‌جا با فعالیت لیمونون برای جلوگیری از دکربوکسیلاز آمینواسیدها در سلول‌های هدف می‌باشد.

اندازه‌گیری بازهای نیتروژنی فرار یک شاخص کیفی است که نشانگر میزان فساد، تجزیه و شکستن پروتئین‌ها بوده و به واسطه فعالیت میکروبی و آنزیم‌های درونی خود ماهی افزایش می‌یابد. از این‌رو، روند آن باید با نتایج مشاهده شده در مرور پارامتر بار باکتریابی هم‌خوانی داشته باشد که با توجه به نتایج مطالعه حاضر، با افزایش زمان نگهداری و با کاهش سطح ژلاتین میزان آن افزایش یافت. ۳۰ تا ۳۵ میلی‌گرم نیتروژن بهاری ۱۰۰ گرم نمونه گوشت یا فواروردهای آن به عنوان حداقل میزان قابل قبول بازهای نیتروژنی فرار تعیین شده است که افزایش آن ممکن است بدلیل برخی فرایندهای آنزیمی مانند اکسیداسیون آمین، تخریب نوکلئوتید و آمیناتسیون اسیدآمینه آزاد باشد (Hosseini et al., 2013). در مطالعه حاضر، در تیمارهای سوریمی Nanolipozoom انسانس لیموترش ایرانی به همراه ۵ درصد ژلاتین تا روز ۱۲، تیمار Nanolipozoom انسانس لیموترش ایرانی به همراه ۳ و ۴ درصد ژلاتین تا روز ۹ و تیمار Nanolipozoom انسانس لیموترش ایرانی تا روز ۶ در محدوده مجاز برای این پارامتر قرار داشتند. به این ترتیب تیمار ۵ ماندگاری سوریمی را به میزان ۶ روز در مقایسه با تیمار ۱ افزایش داد

سیتوپلاسم و خروج ATP (Burt, 2004) به دلیل وجود ترکیبات فنولی (نظیر لیمونن در لیموترش در مطالعه حاضر) است که سبب واکنش بین ترکیبات مختلف انسانس و آنزیم‌های دیواره سلولی (Emiroğlu et al., 2010) نیز می‌شوند و بر عملکرد ضدمیکروبی این ترکیبات نیز مؤثر است که این فعالیت ضدمیکروبی با توجه به استاندارد ۷ لگاریتم واحد تشکیل دهنده کلنجی بر گرم کمیسیون بین‌المللی مشخصات میکروبیولوژی مواد غذایی (ICMSF) بار باکتریابی کل تا روز ۹ و در مرور بار باکتری‌های سرمادوست، تا روز ۶ در تیمار Nanolipozoom انسانس لیموترش بدون ژلاتین در محدوده استاندارد قرار داشت و در تیمارهای دارای ژلاتین بار باکتریابی کل و سرمادوست تا روز ۱۲ در محدوده مجاز قرار داشت. بار باکتریابی در مطالعه Rezaei و Taghizadeh Andevari (۲۰۱۲) در مرور اثر پوشش ژلاتین و دارچین بر فیله ماهی در روز ۱۵ برای تمام نمونه‌ها در محدوده مجاز قرار داشت که مدت زمان بیشتری را در مقایسه با مطالعه حاضر نشان می‌دهد. نوع انسانس و شرایط استخراج آن تأثیر بسیاری بر نتایج دارد. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد ترکیبات فنولی نظیر لیمونون با تغییر هدایت الکتریکی دیواره سلولی باکتری، سرعت تراوش الکتروولیت‌های کوچک به خارج سلول باکتری را افزایش داده و سبب مرگ سلول می‌شود (Azhdarzadeh & Hojjati, 2016). مقدار باکتری‌های هوایی و سرمادوست، در هر ۴ تیمار در طول دوره نگهداری، افزایشی معنی‌داری داشت ($P < 0.05$) و بالاترین میزان باکتری در تیمارهای Nanolipozoom لیموترش دارای ژلاتین و بدون ژلاتین در روز ۱۵ اندازه‌گیری شد. در بررسی تأثیر استفاده از ژلاتین در کاهش بار میکروبی، مقایسه بین تیمارها، نشان داد که حضور ژلاتین سبب کاهش بار میکروبی در سوریمی کبیر نقره‌ای شد، اما افزایش سطح ژلاتین تأثیر معنی‌داری روی میزان باکتری‌های هوایی و شمارش کلی باکتری‌های سرمادوست نداشت ($P > 0.05$). Jeon و همکاران (۲۰۰۲) بیان نمودند که پوشش ژلاتین می‌تواند به عنوان محافظتی در برابر هوا عمل کرده و به این طریق از فعالیت باکتری‌های هوایی و کپک‌ها بکاهد. Kalteh و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند ترکیب پوشش ژلاتینی به همراه مواد ضدبакتریابی و آنتی‌اکسیدانی به منظور افزایش ماندگاری فیش‌فینگرهای توصیه می‌شود.

^۱ International Commission on Microbiological Specifications for Foods

نیتروژنی را در تیمارهای پوشش داده شده با ژلاتین و دارچین در مقایسه با نمونه کنترل گزارش کردند.

تأثیر نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی و ژلاتین بر پارامترهای حسی سوریمی با افزایش زمان نگهداری، امتیاز رنگ نمونه های سوریمی کپور نقره ای در تمام تیمارها کاهش معنی دار داشت کپور نقره ای در افزایش سطح ژلاتین امتیاز داده شده به رنگ افزایش معنی داری در نمونه های سوریمی نداشت ($P > 0.05$). (جدول ۲).

که این موضوع را می توان با افزایش پوشش دهی ژلاتین مرتبط دانست. مکانیسم عمل پوشش ژلاتین در کاهش TVB-N صرفاً در حالت هم افزایی با اسانس لیموترش و مانع از نفوذ اکسیژن و باکتری های هوایی بوده، زیرا سوخت و ساز آمینو اسیدها ناشی از فعالیت میکروب ها در سوریمی منجر به تجمع آمونیوم، موناتیل آمین، Devi *et al.*, (۲۰۱۲) در تری اتیل آمین و سایر بازهای فرار می شود (Rezaei Taghizadeh Andevari ۲۰۱۰). بررسی تأثیر پوشش ژلاتین در ترکیب با اسانس دارچین بر ماندگاری فیله قزلآلای رنگین کمان، کاهش بازهای

جدول ۲- مقایسه میانگین امتیاز داده شده به پارامتر رنگ سوریمی تحت تأثیر نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی و ژلاتین

تیمار						
صفر						
زمان (روز)	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی بدون ژلاتین	$4/56 \pm 56/33$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa				
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۳ درصد ژلاتین	$4/48 \pm 0/16$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa				
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۴ درصد ژلاتین	$4/73 \pm 0/15$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa				
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۵ درصد ژلاتین	$4/80 \pm 0/12$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa				

* اعداد به صورت میانگین \pm انحراف معیار نمایش داده شده است. حروف بزرگ متفاوت، بیانگر وجود اختلاف معنی دار بین روزهای نمونه برداری و حروف کوچک متفاوت، بیانگر وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین امتیاز داده شده به پارامتر بو و طعم سوریمی تحت تأثیر نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی و ژلاتین

تیمار						
صفر						
زمان (روز)	۱۵	۱۲	۹	۶	۳	
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی بدون ژلاتین	$4/51 \pm 0/21$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa				
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۳ درصد ژلاتین	$4/32 \pm 0/17$ Ca	$4/71 \pm 0/15$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa			
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۴ درصد ژلاتین	$4/39 \pm 0/21$ Ca	$4/77 \pm 0/13$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa			
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۵ درصد ژلاتین	$4/42 \pm 0/35$ Ca	$4/86 \pm 0/24$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa			
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی بدون ژلاتین	$4/21 \pm 0/17$ Ca	$4/47 \pm 0/34$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa			
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۳ درصد ژلاتین	$4/55 \pm 0/13$ Ea	$4/70 \pm 0/16$ Ca	$4/71 \pm 0/17$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa		
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۴ درصد ژلاتین	$4/73 \pm 0/15$ Da	$4/81 \pm 0/16$ Da	$4/32 \pm 0/17$ Ca	$4/71 \pm 0/15$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa	
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۵ درصد ژلاتین	$4/63 \pm 0/21$ Ea	$4/78 \pm 0/15$ Da	$4/39 \pm 0/21$ Ca	$4/77 \pm 0/13$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa	
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی بدون ژلاتین	$4/25 \pm 0/4$ Db	$4/60 \pm 0/3$ Eb	$4/28 \pm 0/4$ Db	$4/21 \pm 0/17$ Ca	$4/47 \pm 0/34$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۳ درصد ژلاتین	$4/40 \pm 0/3$ Ea	$4/61 \pm 0/15$ Da	$4/55 \pm 0/06$ Da	$4/30 \pm 0/21$ Ca	$4/65 \pm 0/12$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۴ درصد ژلاتین	$4/78 \pm 0/15$ Fa	$4/67 \pm 0/15$ Ea	$4/73 \pm 0/15$ Da	$4/38 \pm 0/31$ Ca	$4/78 \pm 0/22$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۵ درصد ژلاتین	$4/67 \pm 0/15$ Fa	$4/67 \pm 0/15$ Ea	$4/73 \pm 0/15$ Da	$4/38 \pm 0/31$ Ca	$4/78 \pm 0/22$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی بدون ژلاتین	$4/21 \pm 0/17$ Ca	$4/47 \pm 0/34$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa			
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۳ درصد ژلاتین	$4/35 \pm 0/16$ Ca	$4/71 \pm 0/17$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa			
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۴ درصد ژلاتین	$4/73 \pm 0/15$ Fa	$4/65 \pm 0/13$ Ea	$4/70 \pm 0/16$ Ca	$4/71 \pm 0/17$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa	
نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۵ درصد ژلاتین	$4/78 \pm 0/15$ Fa	$4/67 \pm 0/15$ Ea	$4/73 \pm 0/15$ Da	$4/38 \pm 0/31$ Ca	$4/78 \pm 0/22$ Ba	$5/00 \pm 0/00$ Aa

* اعداد به صورت میانگین \pm انحراف معیار نمایش داده شده است. حروف بزرگ متفاوت، بیانگر وجود اختلاف معنی دار بین روزهای نمونه برداری و حروف کوچک متفاوت، بیانگر وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین امتیازداده شده به پارامتر بافت سوریمی تحت تأثیر نanolipozom اسانس لیموترش ایرانی و ژلاتین

زمان (روز)							تیمار
۱۵	۱۲	۹	۶	۳	صفر		
۱/۰۱±۰/۰۳ ^{Fd}	۱/۵۰±۰/۱۱ ^{Eb}	۲/۷۰±۰/۱۹ ^{Db}	۳/۷۸±۰/۱۱ ^{Cb}	۴/۳۵±۰/۴۱ ^{Ba}	۵/۰۰±۰/۰۰ ^{Aa}	نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی بدون ژلاتین	
۱/۳۲±۰/۰۷ ^{Fc}	۲/۳۴±۰/۱۶ ^{Ea}	۳/۱۱±۰/۲۳ ^{Da}	۴/۲۷±۰/۱۸ ^{Ca}	۴/۷۱±۰/۱۷ ^{Ba}	۵/۰۰±۰/۰۰ ^{Aa}	نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۳ درصد ژلاتین	
۱/۴۵±۰/۰۱ ^{Fb}	۲/۶۵±۰/۲۵ ^{Ea}	۳/۲۱±۰/۱۴ ^{Da}	۴/۲۵±۰/۲۶ ^{Ca}	۴/۷۸±۰/۲۰ ^{Ba}	۵/۰۰±۰/۰۰ ^{Aa}	نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۴ درصد ژلاتین	
۱/۷۸±۰/۰۸ ^{Fa}	۲/۷۰±۰/۲۰ ^{Ea}	۳/۴۵±۰/۲۲ ^{Da}	۴/۳۱±۰/۲۲ ^{Ca}	۴/۸۵±۰/۱۰ ^{Ba}	۵/۰۰±۰/۰۰ ^{Aa}	نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۵ درصد ژلاتین	

* اعداد بهصورت میانگین \pm انحراف معیار نمایش داده شده است. حروف بزرگ متفاوت، بیانگر وجود اختلاف معنی دار بین روزهای نمونه برداری و حروف کوچک متفاوت، بیانگر وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

از موارد مهمی که باید در یک پوشش دهی مدنظر قرار گیرد، تأثیری است که روی ویژگی های حسی نظیر بو، رنگ، طعم و مزه و بافت ماده اصلی دارد. کاهش معنی دار کیفیت حسی در هر ۴ تیمار سوریمی نanolipozom اسانس دارای ژلاتین و نیز فاقد ژلاتین قابل مشاهده بود. از نظر کیفی خضور ژلاتین با افزایش زمان سبب حفظ کیفیت سوریمی در مقایسه با تیمار فاقد ژلاتین شد. این بهبود کیفیت حسی در انتهای دوره نگهداری مشهودتر بود. در واقع نبود ژلاتین در نمونه شاهد، سبب کاهش رطوبت نمونه ها در طول زمان می شود که علاوه بر کاهش وزن موجب کاهش پروتئین های محلول، افزایش تغییرات اکسیداسیونی، تغییر ماهیت پروتئین، تغییرات رنگ و درنتیجه آفت کیفیت محصول می شود (*Nemati et al., 2009*). در واقع رشد باکتری ها و افزایش فعالیت آنها، سبب افزایش شدید بوی ماهی و محصولات تولید شده از آن را به دنبال دارد که با توجه به نتایج، پوشش نanolipozom اسانس و ژلاتین با کنترل فرایند اکسیداسیون و رشد میکروبی توانست میزان و سرعت فساد سوریمی را کاهش دهد. *Pourashouri* و همکاران (۲۰۱۴) عنوان کردند که ژلاتین ماهی به علت خصوصیات امولسیون کنندگی و تشکیل پوشش خوب، سدی مناسب در برابر اکسیداسیون است. همچنین زمانی که ژلاتین با اسانس ترکیب می شود، ساختار هلیکس سه گانه ژلاتین با حل کردن اسانس درون خود، سطح صاف تری را فراهم می آورد که پذیرش توسط مصرف کننده را افزایش می دهد (*Nemati et al., 2009*). *Yao* و همکاران (۲۰۱۷) استفاده از ترکیباتی نظیر ژلاتین و نیز کیتوزان در تولید پوشش های یکپارچه، محکم و با

امتیازداده شده به پارامتر بو در سوریمی در طول ۱۵ روز نگهداری در هر ۴ تیمار کاهش یافت. در هر ۴ تیمار بالاترین امتیاز از نظر بو به روز صفر (۵) و کمترین امتیاز به روز ۱۵، $(1/۳۰-1/۸۲)$ تعلق داشت ($P<0.05$). در روز ۱۵ نگهداری، تیمار نanolipozom اسانس لیموترش ایرانی کمترین امتیاز $(1/۳۰\pm 0.07)$ و تیمار نanolipozom اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۵ درصد ژلاتین ($1/۸۲\pm 0.12$) بالاترین امتیاز را داشت ($P<0.05$), (جدول ۳). کمترین امتیازداده شده به طعم نمونه های سوریمی در روز ۱۵ نمونه برداری $-1/۸۲-1/۳۰$ ثبت شد. از روز ۹ به بعد، تیمارهای سوریمی مؤثر از نanolipozom اسانس لیموترش ایرانی و ژلاتین در مقایسه با تیمار نanolipozom اسانس لیموترش، از نظر طعم امتیاز بالاتری داشتند ($P<0.05$), (جدول ۳).

براساس امتیازداده شده به پارامتر بافت در سوریمی کپور نقره ای تحت تأثیر نanolipozom اسانس لیموترش ایرانی با افزایش زمان نگهداری کاهش معنی داری داشت ($P<0.05$) و از امتیاز ۵ در روز صفر، به $1/۷۸$ در تیمار نanolipozom اسانس لیموترش ایرانی حاوی ۵ درصد ژلاتین در روز ۱۵ رسید. مقایسه بین تیمارها روند افزایش امتیازداده شده با افزایش سطح ژلاتین را تأیید کرد. امتیاز بافت در روز ۳ نگهداری بین سه تیمار دارای ژلاتین اختلاف معنی داری نداشت ($P>0.05$) اما در روز ۶، ۹ و ۱۲ تیمارهای سوریمی حاوی نanolipozom اسانس لیموترش ایرانی و ژلاتین در مقایسه با تیمار بدون ژلاتین امتیاز بافت بالاتری داشتند ($P<0.05$). در روز ۱۵ بین ۴ تیمار اختلاف معنی دار وجود داشت و تیمار نanolipozom حاوی ۵ درصد ژلاتین بالاترین امتیاز بافت را به دست آورد ($P<0.05$), (جدول ۴).

لیموترش حاوی ۳ و ۴ درصد ژلاتین تا روز ۹ و تیمار نانولیپوزوم اسانس لیموترش بدون ژلاتین تا روز ۶ قابلیت مصرف داشتند. به این ترتیب تیمار ۵، سوریمی را در ۶ روز ماندگاری در مقایسه با تیمار کنترل افزایش داد.

تشکر و قدردانی

در اینجا بر خود لازم می دانیم از حمایت های معنوی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز قدردانی نماییم.

مشارکت نویسندها

سحر اسمی پور نورآبادی: جمع آوری داده ها، نوشتن پیش نویش مقاله، نظارت بر مطالعه، آنالیز داده ها؛ لاله رومیانی: ارائه ایده پژوهشی، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده ها، بازبینی و اصلاح مقاله، تأیید نسخه نهایی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندها، هیچ گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

سطحی صاف و یکشکل بسیار کارآمد توصیف کرده و عنوان نمودند که این پوشش ها قادر هرگونه حفره یا منفذی بوده و این امر مانع نفوذ هوا و بهدبال آن کاهش اکسیداسیون و کیفیت خواهد شد. چنین نتیجه های در مطالعه Poverenov و همکاران (۲۰۱۴) و Jeon و همکاران (۲۰۰۲) درمورد پوشش ژلاتین و عدم تبادل گازهای CO_2/O_2 و درنتیجه جلوگیری از اکسیداسیون و کاهش کیفیت نیز ذکر شده است.

نتیجه گیری

کاهش میزان باکتری و ویژگی های بافتی سوریمی یکی از مهم ترین جنبه های قابل پذیرش بودن آن از طرف مصرف کنندگان است. نتایج این مطالعه نشان داد استفاده از نانولیپوزوم اسانس لیموترش ایرانی حاوی ژلاتین، به عنوان یکی از بیوپلیمرهایی که می تواند به طور گسترش در صنعت غذا استفاده شود، توانست از تغییرات میکروبی و حسی سوریمی جلوگیری کرده و بار باکتریایی سوریمی را در طول دوره نگهداری پایین نگه دارد. به این ترتیب سوریمی حاوی نانولیپوزوم اسانس لیموترش به همراه ۵ درصد ژلاتین تا روز ۱۲، تیمارهای نانولیپوزوم اسانس

منابع

- Ahmadi, A., Hoseini, S. M., Seyed Mahdi, O., & Rajab Zade, E. (2016). Effects of Persian gum and extract Basil(*Ocimum basilicum*) coating on quality of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during storage in Freezing(-18 °C). *Journal of Marine Science and Technology*, 15(3), 105-115.. <https://doi.org/10.22113/jmst.2016.43645> (in Persian)
- Alivand, N., & Roomiani, L. (2019). Effect of gamma irradiation on the shelf-life of vacuum-packaged silver carp surimi in 4° C. *Sustainable Aquaculture and Health Management Journal*, 5(2), 67-82. <http://doi.org/10.29252/ijaah.5.2.67>
- AOAC. (2002). Official method 965.33, Peroxide value of oils and fats. *Official methods of analysis of AOAC international, 17th ed.* AOAC International Gaithersberg, MD.
- Aubourg, S. P., Pérez-Alonso, F., & Gallardo, J. M. (2004). Studies on rancidity inhibition in frozen horse mackerel (*Trachurus trachurus*) by citric and ascorbic acids. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106(4), 232-240. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200400937>
- Azhdarzadeh, F., & Hojjati, M. (2016). Chemical composition and antimicrobial activity of leaf, ripe and unripe peel of bitter orange (*Citrus aurantium*) essential oils. *Nutrition and Food Sciences Research*, 3(1), 43-50. <https://doi.org/10.18869/acadpub.nfsr.3.1.43>
- Bourgou, S., Rahali, F. Z., Ourghemmi, I., & Saïdani Tounsi, M. (2012). Changes of peel essential oil composition of four Tunisian citrus during fruit maturation. *The Scientific World Journal*, 2012. <https://doi.org/10.1100/2012/52859>
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*, 94(3), 223-253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>

- Cui, H., Yang, M., Shi, C., Li, C., & Lin, L. (2022). Application of xanthan-gum-based edible coating incorporated with Litsea cubeba essential oil nanoliposomes in salmon preservation. *Foods*, 11(11), 1535. <https://doi.org/10.3390/foods11111535>
- de Azevedo Gomes, H., Da Silva, E. N., do Nascimento, M. R. L., & Fukuma, H. T. (2003). Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. *Food chemistry*, 80(3), 433-437.
- Dehghan, H., & Roomiani, L. (2020). Antimicrobial activity of nanoclay films enriched with citrus aurantium essential oil against indicator foodborne pathogens in fishery products. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 14(4), 103-111. (in Persian)
- Devi, K. P., Nisha, S. A., Sakthivel, R., & Pandian, S. K. (2010). Eugenol (an essential oil of clove) acts as an antibacterial agent against *Salmonella typhi* by disrupting the cellular membrane. *Journal of ethnopharmacology*, 130(1), 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.04.025>
- Emiroğlu, Z. K., Yemiş, G. P., Coşkun, B. K., & Candogán, K. (2010). Antimicrobial activity of soy edible films incorporated with thyme and oregano essential oils on fresh ground beef patties. *Meat science*, 86(2), 283-288. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.016>
- Erkan, N., Üretener, G., & Alpas, H. (2010). Effect of high pressure (HP) on the quality and shelf life of red mullet (*Mullus surmellatus*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(2), 259-264.
- Hosseini, S. F., & Gómez-Guillén, M. C. (2018). A state-of-the-art review on the elaboration of fish gelatin as bioactive packaging: Special emphasis on nanotechnology-based approaches. *Trends in Food Science & Technology*, 79, 125-135. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.022>
- Hosseini, S. F., Zandi, M., Rezaei, M., & Farahmandghavi, F. (2013). Two-step method for encapsulation of oregano essential oil in chitosan nanoparticles: preparation, characterization and in vitro release study. *Carbohydrate polymers*, 95(1), 50-56. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.02.031>
- Iannitelli, A., Grande, R., Di Stefano, A., Di Giulio, M., Sozio, P., Bessa, L. J., . . . Cellini, L. (2011). Potential antibacterial activity of carvacrol-loaded poly (DL-lactide-co-glycolide)(PLGA) nanoparticles against microbial biofilm. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(8), 5039-5051.
- Iran National Standardization Organization. (2004). *Stuffs - Enumeration of psychrotrophic Microorganisms - Test method, (INSO No. 2629, 1st Revision)*. <https://standard.inso.gov.ir/StandardView.aspx?Id=12844> (in Persian)
- Iran National Standardization Organization. (2016). *Microbiology of food and animal feeding stuffs-General requirements and guidance for microbiological examinations, (INSO No. 9899, 1st Edition)*. <https://standard.inso.gov.ir/StandardView.aspx?Id=43546> (in Persian)
- Jeon, Y.-J., Kamil, J. Y., & Shahidi, F. (2002). Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and Atlantic cod. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(18), 5167-5178. <https://doi.org/10.1021/jf011693l>
- Jridi, M., Lassoued, I., Nasri, R., Ayadi, M. A., Nasri, M., & Souissi, N. (2014). Characterization and potential use of cuttlefish skin gelatin hydrolysates prepared by different microbial proteases. *BioMed research international*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/461728>
- Jurjani, S., Qalichi, A., Hedayati Fard, M., & Roomiani, L. (2014). Investigating the chemical changes and sensory characteristics of common carp fish burger during frozen storage at -18°C. *Fisheries*, 8, 56-43.
- Kalteh, S., Alizadeh doughikollaee, E., & Yousef elahi, M. (2015). Effect of edible gelatin coating on the quality of fish finger of Hypophthalmichthys molitrix during refrigerated storage. *Journal of Food Science & Technology* (2008-8787), 12(48). (in Persian)
- Khedri, N., & Roomiani, L. (2019). Effects of zataria multiflora essential oil nanoemulsion on chemical, microbial and sensory properties of silver carp fillets. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 14(3), 63-74. <http://nsft.sbm.ac.ir/article-1-2647-en.html> (in Persian)
- Kuley, E., Kuscu, M. M., Durmus, M., & Ucar, Y. (2021). Inhibitory activity of Co-microencapsulation of cell free supernatant from *Lactobacillus plantarum* with propolis extracts towards fish spoilage bacteria. *LWT*, 146, 111433. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111433>

- Marand, S. A., Almasi, H., Amjadi, S., Alamdar, N. G., & Salmasi, S. (2023). Ixiolirion tataricum mucilage/chitosan based antioxidant films activated by free and nanoliposomal fennel essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 230, 123119. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.123119>
- Mousavipour, N., Babaei, S., Moghimipour, E., Moosavi-Nasab, M., & Ceylan, Z. (2021). A novel perspective with characterized nanoliposomes: Limitation of lipid oxidation in fish oil. *LWT*, 152, 112387. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112387>
- Nemati, M., Shabanpour, B., Shabani, A., & Gholizadeh, M. (2009). The effect of cold storage on lipid quality and sensory evaluation of fish burgers made from Carp (*Cyprinus carpio*) surimi and red meat. *Journal of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 16(Special Issue 1-A). <https://www.sid.ir/paper/356373/en> (in Persian)
- Nowzari, F., Shábanpour, B., & Ojagh, S. M. (2013). Comparison of chitosan–gelatin composite and bilayer coating and film effect on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food chemistry*, 141(3), 1667-1672. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.022>
- Pearson, D. (1997). *Laboratory technic in food analysis*, Butter Worth. London, UK. 256-270.
- Pourashouri, P., Shabanpour, B., Razavi, S. H., Jafari, S. M., Shabani, A., & Aubourg, S. P. (2014). Oxidative stability of spray-dried microencapsulated fish oils with different wall materials. *Journal of aquatic food product technology*, 23(6), 567-578. <https://doi.org/10.1080/10498850.2012.738357>
- Pouryousef, N., Ahmady, M., Shariatifar, N., Jafarian, S., & Shahidi, S.-A. (2022). The effects of essential oil *Mentha pulegium* L. and nisin (free and nanoliposome forms) on inoculated bacterial in minced silver carp fish (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(5), 3935-3945. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01514-y>
- Poverenov, E., Rutenberg, R., Danino, S., Horev, B., & Rodov, V. (2014). Gelatin-chitosan composite films and edible coatings to enhance the quality of food products: Layer-by-layer vs. blended formulations. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 3319-3327. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1333-7>
- Taghizadeh Andevari, G., & Rezaei, M. (2012). Effect of gelatin coatings on chemical, microbial and sensory properties of refrigerated rainbow trout fillet (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of food science and technology (Iran)*, 9(37), 67-76. <http://fsct.modares.ac.ir/article-7-6061-fa.html> (in Persian)
- Ucar, Y., Özogul, Y., Özogul, F., Durmuş, M., & Köşker, A. R. (2020). Effect of nisin on the shelf life of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fillets stored at chilled temperature (4±2 °C). *Aquaculture International*, 28, 851-863. <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00512-5>
- Wu, Y., Luo, Y., & Wang, Q. (2012). Antioxidant and antimicrobial properties of essential oils encapsulated in zein nanoparticles prepared by liquid–liquid dispersion method. *LWT-Food Science and Technology*, 48(2), 283-290. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.03.027>
- Xia, S., & Xu, S. (2005). Ferrous sulfate liposomes: preparation, stability and application in fluid milk. *Food research international*, 38(3), 289-296. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.04.010>
- Yao, Y., Ding, D., Shao, H., Peng, Q., & Huang, Y. (2017). Antibacterial activity and physical properties of fish gelatin-chitosan edible films supplemented with D-limonene. *International Journal of Polymer Science*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/1837171>
- Zhang, Z., Vriesekoop, F., Yuan, Q., & Liang, H. (2014). Effects of nisin on the antimicrobial activity of D-limonene and its nanoemulsion. *Food chemistry*, 150, 307-312. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.160>
- Zhou, P., & Regenstein, J. M. (2005). Effects of alkaline and acid pretreatments on Alaska pollock skin gelatin extraction. *Journal of food science*, 70(6), c392-c396. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb11435.x>

The Effect of Gelatin and Nanoliposome Citrus (*Citrus latifolia*) Essential Oil on the Quality Characteristics of Surimi

Sahar Esmipour Norabadi¹, Laleh Roomiani^{1,2*}

1-Department of Food Science and Technology, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

2- Department of Fisheries, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

* Corresponding author (l.roomiani@iauahvaz.ac.ir)

Abstract

In the present study, the effect of gelatin with the nanoliposome citrus (*Citrus latifolia*) essential oil on microbial, chemical and sensory characteristics of silver carp surimi for 15 days in 4°C was assessed. The investigated treatments included surimi containing citrus essential oil nanoliposome without gelatin (1), nanoliposome citrus essential oil and 3% gelatin (2), nanoliposome citrus essential oil and 4% gelatin (3) and nanoliposome citrus essential oil and 5% gelatin (4) was evaluated on days zero, 3, 6, 9, 12 and 15. The results showed that in the analysis of citrus essential oil, limonene was the dominant compound with 38.7%. The treatments of surimi containing nanoliposome citrus essential oil in combination with gelatin compared to treatment 1 caused a significant reduction of peroxide (PV), volatile nitrogenous bases (TVB-N), thiobarbituric acid (TBA) and free fatty acids (FFA) ($P>0.05$). The count of total aerobic bacteria in the gelatin-free treatment reached 7.04 Log CFU/100 g on the twelfth day, which exceeded the allowed limit, but in the gelatin-containing treatments, it reached 6.76 Log CFU/100 g on the twelfth day (6.46-6.76 CFU/100 g), which was within the permissible limit. Regarding the sensory parameters, the trend of decreasing quality with increasing storage time was visible in all 4 treatments, but the parameters of color, smell and taste of nanoliposome citrus essential oil with gelatin did not differ significantly from each other ($P<0.05$). The results showed that surimi treatment containing nanoliposome citrus essential oil with 5% gelatin increased the shelf life of surimi for six days compared to nanoliposome citrus essential oil treatment without gelatin.

Keywords: *Citrus latifolia* essential oil, Fish gelatin, Nanoliposome, Surimi

