اثر پوشش مرکب فعال حاوی عصاره سرخارگل (*Echinacea purpurea* L. Moench) بر ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان (*Oncorhynchuus mykiss*) طی دوره نگهداری در شرایط سرد

مجتبی قربانی[۱]، داریوش خادمی شورمستی[۲*]، یاسمن فهیم دژبان[۳]

۱- کارشناس ارشد، گروه کشاورزی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

۲- استادیار، گروه کشاورزی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

۳- استادیار، گروه شیلات، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

* نویسنده مسئول: dkhademi@gmail.com

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۳/۲۸، پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۴/۳۰

چکیده

به منظور بررسی تأثیر پوشش مرکب فعال بر پایه کربوکسی‌متیل سلولز بر ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلا رنگین کمان (*Oncorhynchuus mykiss*) طی دوره نگهداری در دمای یخچال، آزمایشی به مدت ۱۲ روز با ۵ تیمار شامل فیله‌های فاقد پوشش (شاهد)، دارای پوشش کربوکسی‌متیل سلولز ۱ ٪، پوشش کربوکسی‌متیل سلولز- اسید اولئیک ۱ ٪ ، پوشش کربوکسی‌متیل سلولز- اسید اولئیک- عصاره سرخارگل (۰/۵ ٪ یا ۱ ٪) و ۳ تکرار اجرا شد. در فواصل زمانی هر ۳ روز آزمایشات شیمیایی (PV، TBARS و TVN) و میکروبی (TVC و PTC) بر روی فیله‌ها انجام شد. نتایج نشان داد اسید اولئیک اثر حفاظتی پوشش کربوکسی‌متیل سلولز را بهبود بخشید. ضمن اینکه تأثیر ضداکسیدانی و ضدباکتریایی عصاره سرخارگل وابسته به غلظت بود. در پایان دوره نگهداری، کمترین مقادیر PV (۳/۰±۹۰/۱۱ meq/Kg)، TBARS (۱/۰±۲۴/۲۷ mg MDA/Kg)، TVN (۱±/۸۳ mg/100g)، TVC (۲۱/۹۰ ۵/۱۰ ۰±/۱۰ log cfu/g) و PTC (۵/۲۳ ۰±/۰۶ log cfu/g) در فیله‌های حاوی پوشش مرکب فعال کربوکسی‌متیل سلولز- اسید اولئیک- عصاره ۱ ٪ سرخارگل دیده شد ($P<0.05$). بنابراین می‌توان از پوشش مرکب کربوکسی‌متیل سلولز- اسید اولئیک- عصاره ۱ ٪ سرخارگل به‌عنوان بسته‌بندی فعال جهت حفظ کیفیت و افزایش زمان ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین کمان طی نگهداری کوتاه مدت در دمای یخچال استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: اسید اولئیک، پوشش چند سازه‌ای، سرخارگل، فیله ماهی، کربوکسی‌متیل سلولز

مقدمه

کیفیت گوشت ماهی و فرآورده‌های دریایی بازتابی از شرایط و شاخص‌های فیزیکی، میکروبی و شیمیایی اولیه و طی دوره نگهداری آن‌هاست. برای حفظ ویژگی‌های تغذیه‌ای و حسی ماهی از روش‌های مختلف نگهداری و انواع نگهدارنده‌های شیمیایی استفاده شده است (۱). با توجه به مخاطرات زیست‌محیطی و تمایل مصرف‌کنندگان به استفاده از نگهدارنده‌های طبیعی به‌جای انواع سنتزی، استفاده از زیست‌پلیمرهای خوراکی با زیست‌کافتی بالا برپایه چندقندی‌ها، پروتئین‌ها و چربی‌ها به‌عنوان جایگزین‌های ترکیبات سنتزی حاصل از مشتقات نفتی مورد توجه قرار گرفته است. یکی از مهم‌ترین چندقندی‌هایی که در تهیه پوشش‌های خوراکی مورد استفاده قرار می‌گیرند، سلولز و مشتقات آن از جمله کربوکسی‌متیل سلولز (CMC) هستند که از استخلاف شدن گروه‌های کربوکسی متیل به‌جای برخی از گروه‌های هیدروکسیل بدست می‌آید. پوشش‌های چندقندی به‌دلیل ماهیت قطبی اکثر واحدهای سازنده آن‌ها ماهیت آبدوستی داشته و در مقابل بخار آب بازدارندگی ضعیفی دارند (۲). یکی از مؤثرترین روش‌های کاهش نفوذپذیری زیست‌پلیمرها نسبت به رطوبت، ترکیب‌کردن آنها با اسیدهای چرب است (۳). نشان داده شد که اسید اولئیک می‌تواند به‌طور مؤثری خواص آب‌گریزی فیلم‌های CMC را افزایش داده، خواص نرم‌کنندگی مناسبی بر روی فیلم نشان دهد (۴ و ۵).

از جمله مزایای پوشش‌های خوراکی نسبت به انواع سنتزی این است که این نوع پوشش‌ها می‌توانند تحت عنوان بسته‌بندی فعال، به‌عنوان حامل افزودنی‌ها و ترکیبات مختلف مانند ضد اکسیدان‌ها و آنتی‌بیوتیک‌ها عمل کنند (۶). از آنجایی که بکارگیری کنترل نشده افزودنی‌ها، احتمال ایجاد مسمومیت و برهم‌کنش آن‌ها با ترکیب موادغذایی را به‌همراه دارد، استفاده از آن‌ها در ترکیب پوشش‌های خوراکی فعال با نرخ رهایش کنترل شده مواد مؤثره می‌تواند در جهت رفع نگرانی‌ها و افزایش ماندگاری محصول بدون تأثیر منفی بر خصوصیات حسی آن‌ها مفید واقع شود (۷). از سوی دیگر تمایل به استفاده از ترکیبات طبیعی از جمله ترکیبات گیاهی به‌عنوان جایگزین نگهدارنده‌های سنتزی و شیمیایی افزایش یافته است. تأثیر ضد اکسیدانی و آنتی‌بیوتیکی مطلوب لفاف‌های خوراکی فعال بر پایه کربوکسی‌متیل سلولز همراه با عصاره مرزه بر فیله ماهی شعری معمولی (۸) و عصاره نعنا بر فیله ماهی کپور معمولی (۹) در شرایط سرد گزارش شد.

سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.Moench) گیاهی علفی چندساله متعلق به تیره میناسانان (Asteraceae) است. ترکیبات شیمیایی معمول موجود در این گیاه شامل آلکامیدها، چندقندی‌ها، لیپوپروتئین‌ها، بتائین، سسکویی‌ترپن‌ها، پلی‌استیلن، ساپونین‌ها و ترکیبات فنلی (اکیناسین و سایر مشتقات اسید کافئیک و اسید شیکوریک) می‌باشند. ترکیبات فنلی دارای اثر ضد اکسیدانی و آنتی‌بیوتیکی هستند (۱۰). نشان داده شد که سطوح مختلف عصاره سرخارگل نرخ اکسیداسیون را به تأخیر انداخت و در مقایسه با BHA در کنترل رشد قارچ‌ها و اکسیداسیون چربی مؤثرتر بود (۱۱). بررسی خواص آنتی‌بیوتیکی اسانس سرخارگل نشان داد که اسانس این گیاه می‌تواند به‌عنوان جایگزین مناسب برای آنتی‌بیوتیک‌های شیمیایی که مقاومت میکروبی به آن‌ها رو به افزایش است، به کار رود (۱۲).

با توجه به محدود بودن مطالعات مرتبط با آثار آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌باکتریایی عصاره سرخارگل از یک سو و بررسی کارایی پوشش خوراکی فعال حاوی این عصاره از سوی دیگر، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی اثرات پوشش فعال چندسازه‌ای بر پایه کربوکسی‌متیل سلولز- اسید اولئیک غنی شده با عصاره سرخارگل به‌عنوان یک بسته‌بندی نوین زیست تخریب‌پذیر جایگزین انواع سنتزی جهت افزایش ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلا رنگین کمان طی دوره نگهداری در دمای یخچال اجرا شد.

مواد و روش‌ها

مواد

کربوکسی‌متیل سلولز از شرکت سیگما آلدریچ (امریکا)، گلیسرول، اسید اولئیک و سایر مواد شیمیایی و محیط‌های کشت مورد نیاز با درجه خلوص تجزیه‌ای نیز از شرکت مرک (آلمان) تهیه شد. ماهی از بازار ماهی‌فروشان ساری خریداری و در شرایط کاملاً بهداشتی و رعایت زنجیره سرد به آزمایشگاه منتقل شد. عصاره الکلی سرخارگل با ظاهری به رنگ قهوه‌ای تیره، pH برابر ۵/۷، چگالی ۱/۰۷ و درجه الکلی صفر از شرکت زردبند تهران خریداری شد. میزان اسید کافئیک با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی با کارایی بالا ۲/۸۶ میلی‌گرم در میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد.

تهیه محلول‌های پوششی

محلول‌های پوششی به روش پیشنهادی قنبرزاده و الماسی تهیه شد (۱۳). بر حسب تیمارهای آزمایشی، مقدار ۱۰ گرم کربوکسی‌متیل سلولز با غلظت ۱٪ اسید اولئیک، ۰/۲ گرم توئین ۸۰ به‌عنوان امولسیفایر و گلیسرول (۳۰ ٪ وزنی/ وزنی مواد زیست‌پلیمر) در ۱ لیتر حلال (مخلوط اتانول ۳۴ ٪ و آب مقطر ۶۶ ٪) حل شد. جهت انحلال کامل، محلول به مدت ۱۰ دقیقه روی گرم‌کننده مجهز به هم‌زن مغناطیسی در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از خنک‌شدن محلول تا دمای اتاق، عصاره سرخارگل با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ درصد (حجمی/حجمی) به محلول‌های پایه اضافه شد و به مدت ۴ دقیقه هم زده شد.

پوشش‌دهی و تیمارهای آزمایشی

ماهی‌ها با وزن تقریبی ۳۰±۴۰۰ گرم پس از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا با آب قابل شرب شستشو و سپس عملیات سر و دم زنی، فلس‌کنی، تخلیه شکمی و شستشوی مجدد انجام شد. از هر ماهی ۲ فیله تهیه و بر اساس تیمارهای آزمایشی در گروه‌های مختلف قرار گرفتند. پوشش‌دهی به روش غوطه‌وری انجام شد. بدین‌ترتیب که فیله‌ها ابتدا به‌مدت ۱ دقیقه در محلول‌های تهیه شده غوطه‌ور و از محلول خارج شدند. پس از گذشت ۲ دقیقه، غوطه‌وری در محلول‌ها تکرار شد. در مورد فیله‌های تیمار شاهد، غوطه‌وری با آب مقطر انجام شد. برای خشک‌کردن فیله‌ها، پس از فرآیند آب‌چک، به‌مدت ۵ ساعت تحت جریان ملایم هوا روی صفحات مشبک استریل قرار داده شدند و تا تشکیل پوشش بر روی فیله‌ها باقی ماندند (۱۴). پس از خشک‌شدن پوشش، تیمارها شامل فیله‌های فاقد پوشش (شاهد)، دارای پوشش کربوکسی‌متیل سلولز ۱ ٪ (CMC)، دارای پوشش CMC حاوی غلظت ۱٪ اسید اولئیک (CMC-Ole)، و تیمارهای CMC-Ole غنی‌شده با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ ٪ عصاره سرخارگل (CMC-Ole-Ext)، در مجموع ۶ تیمار به صورت جداگانه در کیسه‌های پلی‌اتیلنی استریل قرار گرفته و به یخچال منتقل شده و به‌مدت ۱۲ روز در دمای ۱±۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و به‌فاصله هر ۳ روز نمونه‌گیری شده و مورد ارزیابی میکروبی و شیمیایی قرار گرفتند.

آزمون میکروبی

جهت ارزیابی میکروبی پس از تهیه رقت‌های اعشاری، از هر رقت ۱ میلی‌لیتر برای کشت باکتری‌ها به‌روش پورپلت به محیط کشت پلت کانت آگار (PCA) اضافه شد. برای شمارش باکتری‌های کل و باکتری‌های سرماگرا پلت‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت دردمای ۳۷ درجه سانتیگراد و ۱۰ روز در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. شمارش به صورت log cfu/g گزارش گردید (۱۵).

آزمون‌های شیمیایی

برای اندازه‌گیری عدد پراکسید مقدار ۲۰ میلی‌لیتر از فاز زیرین دکانتوری که از آن جهت استخراج چربی ماهی استفاده شد، به ارلن مایر منتقل و با ۲۵ میلی‌لیترمخلوط اسیداستیک و کلروفرم مخلوط شد، سپس یدورپتاسیم اشباع، آب مقطر و محلول نشاسته ۱ درصد اضافه شد. بعد از مخلوط‌شدن، عمل تیتراسون با تیوسولفات سدیم تا بی‌رنگ شدن ادامه یافت و نتایج بر اساس میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم بافت ماهی بیان گردید. جهت اندازه‌گیری شاخص اسید تیوباربیتوریک مقدار ۲۰۰ گرم از نمونه چرخ شده فیله ماهی به بالن انتقال سپس با ۱-بوتانل به حجم رسانده شد. ۱۲/۵ میلی‌لیتر از محلول فوق به لوله‌های دردار منتقل و به آن معرف تیوباربیتوریک اسید افزوده شد. مقدار جذب در حضور شاهد آب مقطر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۰ نانومتر قرائت گردید. نتایج بر اساس میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدئید در کیلوگرم بافت ماهی بیان گردید (۱۶). به‌منظور اندازه‌گیری مواد ازته فرار از دستگاه کلدال (۷۴۰ – بخشی، ایران) و روش تیتراسیون استفاده گردید. نتایج بر اساس میزان مواد ازته فرار برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم فیله محاسبه گردید (۱۷).

تجزیه و تحلیل آماری

در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و ۳ تکرار، داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ به‌روش آنالیز واریانس دو طرفه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج

بار باکتریایی کل و باکتری‌های سرماگرا

نتایج تأثیر نوع پوشش خوراکی مورد استفاده بر میانگین بار میکروبی کل و باکتری‌های سرماگرا فیله‌های ماهی که در جداول ۱ و ۲ آمده نشان داد؛ در تمامی گروه‌ها با گذشت

زمان نگهداری، شمار باکتری کل و باکتری سرماگرا به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<0.05$).

جدول ۱- اثر پوشش خوراکی مرکب بر پایه کربوکسی‌متیل سلولز بر میانگین تغییرات بار میکروبی کل (log cfu/g) فیله ماهی قزل‌آلا رنگین کمان طی دوره نگهداری در یخچال (n=۳: انحراف معیار ± میانگین)

تیمار	زمان نگهداری در دمای یخچال (روز)				
	صفر	۳	۶	۹	۱۲
C	۱/۰±۴۷/۰۵ ^{D}	۳/۰±۹۳/۱۱ ^{aC}	۵/۰±۱۰/۲۷ ^{aB}	۶/۰±۷۰/۱۰ ^{aA}	۷/۰±۲۵/۰۸ ^{aA}
CMC	۱/۰±۵۰/۱۱ ^{D}	۳/۰±۷۳/۰۹ ^{abC}	۴/۰±۷۵/۱۷ ^{bB}	۵/۰±۳۳/۲۷ ^{bAB}	۶/۰±۵۲/۱۲ ^{bA}
CMC+Ole	۱/۰±۴۷/۰۹ ^{D}	۳/۰±۷۵/۱۲ ^{abC}	۴/۰±۵۵/۱۳ ^{bB}	۵/۰±۱۵/۱۴ ^{bcAB}	۵/۰±۸۰/۲۳ ^{bA}
CMC+Ole+Ext 0.5	۱/۰±۴۳/۰۴ ^{D}	۳/۰±۶۰/۰۸ ^{bcC}	۴/۰±۲۰/۰۵ ^{cB}	۵/۰±۰۰/۰۹ ^{bcA}	۵/۰±۶۷/۱۰ ^{bA}
CMC+Ole+Ext 1	۱/۰±۴۴/۰۳ ^{D}	۳/۰±۵۵/۱۰ ^{cC}	۴/۰±۱۱/۰۹ ^{cB}	۴/۰±۳۰/۰۷ ^{cAB}	۵/۰±۱۰/۱۰ ^{cA}

حروف نامشابه بزرگ در هر سطر و حروف نامشابه کوچک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار است ($p<0.05$). C: شاهد (فاقد پوشش)، CMC: پوشش کربوکسی‌متیل سلولز ۱ ٪، Ole: اسید اولئیک، Ext: عصاره سرخارگل

جدول ۲- اثر پوشش خوراکی مرکب بر پایه کربوکسی‌متیل سلولز بر میانگین تغییرات باکتری‌های سرماگرا (log cfu/g) فیله ماهی قزل‌آلا رنگین کمان طی دوره نگهداری در یخچال (n=۳: انحراف معیار±میانگین)

تیمار	زمان نگهداری در دمای یخچال (روز)				
	صفر	۳	۶	۹	۱۲
C	۲/۰±۷۳/۰۴ ^{E}	۴/۰±۱۰/۰۶ ^{aD}	۶/۰±۴۰/۱۱ ^{aC}	۷/۰±۱۰/۰۹ ^{aB}	۸/۰±۲۳/۱۸ ^{aA}
CMC	۲/۰±۷۰/۰۴ ^{D}	۳/۰±۸۳/۰۷ ^{aC}	۶/۰±۵۰/۰۷ ^{bB}	۶/۰±۶۰/۱۳ ^{bB}	۷/۰±۷۳/۱۲ ^{bA}
CMC+Ole	۲/۰±۷۲/۰۴ ^{D}	۳/۰±۵۳/۰۷ ^{bC}	۵/۰±۷۰/۱۰ ^{bB}	۵/۰±۹۲/۲۱ ^{cB}	۶/۰±۶۷/۰۹ ^{cA}
CMC+Ole+Ext 0.5	۲/۰±۷۲/۰۵ ^{D}	۳/۰±۴۷/۱۰ ^{bC}	۵/۰±۱۱/۱۰ ^{cB}	۵/۰±۳۰/۰۶ ^{dAB}	۶/۰±۲۰/۱۰ ^{dA}
CMC+Ole+Ext 1	۲/۰±۷۰/۰۳ ^{D}	۳/۰±۳۵/۰۹ ^{bC}	۳/۰±۹۵/۱۰ ^{dBC}	۴/۰±۴۰/۰۹ ^{eB}	۵/۰±۲۳/۰۶ ^{eA}

حروف نامشابه بزرگ در هر سطر و حروف نامشابه کوچک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار است ($p<0.05$). C: شاهد (فاقد پوشش)، CMC: پوشش کربوکسی‌متیل سلولز ۱ ٪، Ole: اسید اولئیک، Ext: عصاره سرخارگل

استفاده از پوشش خوراکی، از روز ششم تا پایان دوره نگهداری به‌طور معنی‌داری شمار بار میکروبی کل و باکتری‌های سرماگرا را کاهش داد ($P<0.05$). استفاده از اسید اولئیک در پوشش کربوکسی‌متیل سلولز تأثیر معنی‌داری بر کارایی پوشش مرکب در کاهش شمار باکتری‌های سرماگرا داشت ($P<0.05$). استفاده از عصاره سرخارگل نیز در روندی وابسته به غلظت، به‌طور معنی‌داری در کارایی پوشش خوراکی مرکب مؤثر بود ($P<0.05$). بدین‌ترتیب که در طی مدت نگهداری، کمترین تعداد باکتری کل (۵/۰±۱۰/۱۰) و باکتری سرماگرا (۵/۰±۲۳/۰۶) در فیله‌های ماهی حاوی پوشش مرکب کربوکسی‌متیل سلولز- اسید اولئیک- عصاره سرخارگل ۱ درصد دیده شد.

عدد پراکسید (PV)

تغییرات عدد پراکسید فیله‌ها در تیمارهای مختلف طی دوره نگهداری در یخچال که در جدول ۳ آمده نشان داد تا روز نهم دوره نگهداری، در تمام گروه‌ها روند افزایشی معنی‌داری داشت ($P<0.05$). این روند افزایشی در تیمار شاهد تا روز پایانی دوره ادامه داشت و بالاترین عدد پراکسید در

فیله‌های این گروه دیده شد. تغییرات عدد پراکسید در فیله-های پوشش داده شده از روز نهم تا پایان دوره از نظر آماری معنی‌دار نبود.

جدول ۳- اثر پوشش خوراکی مرکب بر پایه کربوکسی‌متیل سلولز بر میانگین تغییرات عدد پراکسید (meq/Kg) فیله ماهی قزل‌آلا رنگین کمان طی دوره نگهداری در یخچال (n=۳: انحراف معیار±میانگین)

	زمان نگهداری در دمای یخچال (روز)				
تیمار	صفر	۳	۶	۹	۱۲
C	۰/۰±۸۷/۰۳ ^{E}	۱/۰±۶۷/۰۴ ^{aD}	۲/۰±۹۰/۱۱ ^{aC}	۵/۰±۶۷/۰۶ ^{aB}	۸/۱±۲۳/۱۸ ^{aA}
CMC	۰/۰±۸۸/۰۲ ^{D}	۱/۰±۶۰/۰۴ ^{aC}	۲/۰±۲۳/۰۹ ^{bB}	۵/۰±۱۵/۱۲ ^{bA}	۶/۰±۹۰/۵۹ ^{bA}
CMC+Ole	۰/۰±۸۵/۰۰ ^{C}	۱/۰±۵۱/۰۵ ^{abB}	۲/۰±۳۰/۰۶ ^{bB}	۴/۰±۴۰/۰۶ ^{cdA}	۵/۰±۳۳/۸۸ ^{cA}
CMC+Ole+Ext 0.5	۰/۰±۸۳/۰۱ ^{C}	۱/۰±۴۰/۰۷ ^{bB}	۱/۰±۹۰/۰۰ ^{bcB}	۳/۰±۶۷/۰۹ ^{dA}	۵/۰±۰۰/۶۵ ^{dA}
CMC+Ole+Ext 1	۰/۰±۸۴/۰۳ ^{C}	۱/۰±۴۱/۰۷ ^{bB}	۱/۰±۷۲/۰۸ ^{cB}	۳/۰±۱۰/۰۳ ^{eA}	۳/۰±۹۰/۱۱ ^{eA}

حروف نامشابه بزرگ در هر سطر و حروف نامشابه کوچک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار است ($p<0.05$). C: شاهد (فاقد پوشش)، CMC: پوشش کربوکسی‌متیل سلولز ۱ ٪، Ole: اسید اولئیک، Ext: عصاره سرخارگل

در تمام بازه‌های زمانی مورد بررسی، استفاده از پوشش خوراکی موجب کاهش عدد پراکسید فیله‌ها شد. در پایان دوره نشان داده شد که استفاده از اسید اولئیک و به‌خصوص سطوح مختلف عصاره سرخارگل موجب بهبود کارایی پوشش کربوکسی‌متیل سلولز در کاهش عدد پراکسید شد. بدین ترتیب که کمترین مقدار عدد پراکسید (۳/۰±۹۰/۱۱) در پایان دوره نگهداری در فیله‌های حاوی پوشش مرکب کربوکسی‌متیل سلولز- اسید اولئیک حاوی سطوح مختلف عصاره سرخارگل دیده شد ($P<0.05$).

شاخص اسید تیوباربیتوریک اسید (TBA)

بررسی روند تغییرات میانگین شاخص اسید تیوباربیتوریک در گروه‌های مختلف نشان داد این شاخص تحت تأثیر معنی‌دار زمان نگهداری قرار گرفت (جدول ۴). در همه‌ی گروه‌ها، با افزایش زمان نگهداری، این شاخص به‌صورت خطی افزایش یافت و بیشترین مقدار عددی در روز پایانی نگهداری دیده شد ($P<0.05$). از سوی دیگر روند صعودی این شاخص در فیله‌های فاقد پوشش نسبت به فیله‌های پوشش‌دهی شده سرعت بیشتری داشته و در روز پایانی دوره نگهداری، بالاترین مقدار عددی این شاخص در فیله‌های گروه شاهد دیده شد.

همچنین داده‌های جدول ۴ نشان داد تیمارهای آزمایشی به‌طور معنی‌داری بر این شاخص مؤثر بود. در روز پایانی دوره نگهداری مشخص شد گرچه افزودن اسید اولئیک به پوشش کربوکسی‌متیل سلولز تأثیری بر کارایی آن نداشت اما بکارگیری عصاره سرخارگل به‌ویژه غلظت ۱ درصد آن به‌طور معنی‌داری موجب بهبود آن شد به طوری‌که کمترین مقدار عددی این شاخص در فیله‌هایی دیده شد که حاوی پوشش کربوکسی‌متیل سلولز- اسید اولئیک- عصاره سرخارگل ۱ درصد بودند ($P<0.05$).

مجموع ترکیبات ازته فرار (TVN)

داده‌های جدول ۵ نشان داد تغییرات میانگین مجموع ترکیبات ازته فرار تحت تأثیر معنی‌دار زمان نگهداری و نوع پوشش خوراکی قرار گرفت. در تمامی گروه‌های آزمایشی، این شاخص به موازات گذشت زمان نگهداری، افزایش معنی‌داری یافت. سرعت روند صعودی این شاخص در فیله‌های فاقد پوشش نسبت به گروه‌های تیمار شده بیشتر بود ($P<0.05$). از سوی دیگر بکارگیری پوشش خوراکی بر پایه کربوکسی‌متیل سلولز نیز به‌طور معنی‌داری بر مجموع ترکیبات ازته فرار فیله‌های ماهی نگهداری شده مؤثر بود. به‌طور کلی استفاده از پوشش خوراکی موجب

کاهش مقدار عددی این شاخص شد. نشان داده شد در روزهای پایانی نگهداری، کارایی پوشش کربوکسی‌متیل سلولز با بکارگیری اسید اولئیک به‌طور معنی‌داری بهبود یافت. در عین حال افزوده شدن عصاره سرخارگل به‌خصوص در غلظت ۱ درصد به پوشش خوراکی مرکب مذکور موجب بهبود بیشتر کارایی آن شد به نحوی‌که کمترین مقدار این شاخص در فیله‌هایی دیده شده که حاوی پوشش مرکب کربوکسی‌متیل سلولز- اسید اولئیک- عصاره سرخارگل ۱ درصد بودند ($P<0.05$).

جدول ۴- اثر پوشش خوراکی مرکب بر پایه کربوکسی‌متیل سلولز بر میانگین تغییرات شاخص اسید تیوباربیتوریک (mg MDA/Kg) فیله ماهی قزل‌آلا رنگین کمان طی دوره نگهداری در یخچال (n=۳: انحراف معیار±میانگین)

تیمار	زمان نگهداری در دمای یخچال (روز)				
	صفر	۳	۶	۹	۱۲
C	۰/۰±۲۳/۰۱ ^{D}	۱/۰±۰۳/۰۴ ^{aC}	۱/۰±۶۰/۱۸ ^{aC}	۲/۰±۷۳/۱۱ ^{aB}	۳/۰±۵۰/۵۷ ^{aA}
CMC	۰/۰±۲۰/۰۲ ^{D}	۰/۰±۹۰/۰۵ ^{aC}	۱/۰±۴۳/۱۹ ^{abB}	۲/۰±۵۱/۲۸ ^{bB}	۳/۰±۱۳/۲۹ ^{bA}
CMC+Ole	۰/۰±۲۲/۰۰ ^{D}	۰/۰±۸۸/۰۴ ^{abC}	۱/۰±۳۵/۱۱ ^{bC}	۲/۰±۲۷/۱۲ ^{cB}	۲/۰±۲۰/۳۱ ^{cA}
CMC+Ole+Ext 0.5	۰/۰±۲۱/۰۱ ^{D}	۰/۰±۸۳/۰۶ ^{abC}	۱/۰±۲۷/۱۶ ^{bcC}	۲/۰±۰۰/۳۹ ^{dB}	۱/۰±۶۵/۵۵ ^{dA}
CMC+Ole+Ext 1	۰/۰±۲۰/۰۳ ^{C}	۰/۰±۸۰/۰۰ ^{bB}	۱/۰±۱۰/۰۹ ^{cB}	۱/۰±۸۵/۱۵ ^{dA}	۱/۰±۲۴/۲۷ ^{dA}

حروف نامشابه بزرگ در هر سطر و حروف نامشابه کوچک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار است ($p<0.05$). C: شاهد (فاقد پوشش)، CMC: پوشش کربوکسی‌متیل سلولز ۱ ٪، Ole: اسید اولئیک، Ext: عصاره سرخارگل

جدول ۵- اثر پوشش خوراکی مرکب بر پایه کربوکسی‌متیل سلولز بر میانگین تغییرات مجموع ترکیبات ازته فرار (mg/100g) فیله ماهی قزل‌آلا رنگین کمان طی دوره نگهداری در یخچال (n=۳: انحراف معیار±میانگین)

تیمار	زمان نگهداری در دمای یخچال (روز)				
	صفر	۳	۶	۹	۱۲
C	۱۰/۰±۲۰/۷۵ ^{E}	۱۴/۲±۴۰/۸۰ ^{aD}	۱۶/۲±۲۰/۷۳ ^{aC}	۲۰/۳±۵۱/۰۱ ^{aB}	۲۶/۴±۳۰/۰۵ ^{aA}
CMC	۱۰/۰±۲۰/۶۳ ^{E}	۱۴/۱±۰۰/۷۳ ^{abD}	۱۵/۰±۷۰/۹۰ ^{bC}	۱۹/۲±۶۰/۹۵ ^{bB}	۲۴/۳±۰۰/۰۰ ^{bA}
CMC+Ole	۱۰/۰±۱۰/۹۰ ^{E}	۱۴/۱±۱۰/۶۵ ^{abD}	۱۵/۰±۳۰/۸۰ ^{bC}	۱۸/۱±۹۰/۶۶ ^{cB}	۲۳/۱±۳۰/۹۵ ^{cA}
CMC+Ole+Ext 0.5	۱۰/۰±۱۰/۴۵ ^{E}	۱۳/۰±۸۰/۷۲ ^{bcD}	۱۴/۱±۶۰/۸۰ ^{cC}	۱۸/۲±۰۰/۷۳ ^{dB}	۲۲/۱±۷۵/۵۵ ^{cA}
CMC+Ole+Ext 1	۱۰/۰±۱۰/۵۷ ^{E}	۱۳/۰±۷۰/۶۵ ^{cC}	۱۴/۰±۱۰/۷۵ ^{dC}	۱۷/۱±۸۰/۸۰ ^{dB}	۲۱/۱±۹۰/۸۳ ^{dA}

حروف نامشابه بزرگ در هر سطر و حروف نامشابه کوچک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار است ($p<0.05$). C: شاهد (فاقد پوشش)، CMC: پوشش کربوکسی‌متیل سلولز ۱ ٪، Ole: اسید اولئیک، Ext: عصاره سرخارگل

بحث

بار باکتریایی کل اولیه تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله شرایط بهداشتی و آلودگی‌های افراد و لوازم مورد استفاده حین انتقال و تهیه فیله قرار می‌گیرد. بار باکتریایی کل نمونه‌ها در آغاز آزمایش کمتر از ۲ log cfu/g بود که بیانگر کیفیت بهداشتی نسبتاً مطلوب فیله‌ها بود. از سویی کمیته بین‌المللی تعیین ویژگی‌های میکروبیولوژی مواد غذایی، ۷ log cfu/g را حد مجاز میزان بار باکتریایی کل در ماهی خام تعیین کرده است. فساد ماهی طی دوره نگهداری یک فرآیند پروتئین‌کافت پیش‌رونده است که غالباً توسط فعالیت باکتری‌های سرماگرا و به میزان کمتر فعالیت آنزیمی رخ می‌دهد (۱۸). الگوی تغییرات میانگین

تعداد باکتری کل و سرماگرا مشابه و افزایشی بود. در حالی‌که تعداد باکتری کل در فیله‌های فاقد پوشش در روز پایانی نگهداری بیش از حد مجاز بود، استفاده از پوشش خوراکی بر پایه کربوکسی‌متیل سلولز موجب افزایش ۶-۳ روزه زمان نگهداری فیله‌ها در دمای یخچال شد. استفاده از عصاره سرخارگل به‌خصوص در غلظت ۱ درصد در ترکیب پوشش خوراکی مرکب موجب بهبود کارایی پوشش و به حداقل رساندن شمار جمعیت میکروبی فیله‌ها شد. در تحقیقات متعددی همسو با نتایج این آزمایش نشان داده شد که عصاره اتانولی سرخارگل دارای اثر آنتی‌بیوتیکی قوی بر ریزاندامگان‌ها، به‌خصوص سویه‌های گرم مثبت بود. ضمن اینکه با افزایش غلظت عصاره مصرفی این ویژگی نیز فزونی یافت (۱۲ و ۱۹). فعالیت آنتی‌باکتریایی سرخارگل (اکیناسه) در درجه اول به وجود یکی از مشتقات اسید کافئیک یعنی اکیناکوزید نسبت داده می‌شود. همچنین ترکیبات پلی‌استیلنی حاصل از ریشه سرخارگل نیز فعالیت مهاری قوی علیه *سودوموناس* و *اشریشیا کلی* نشان دادند (۲۰). علاوه بر فعالیت آنتی‌بیوتیکی عصاره سرخارگل، اثر هم‌افزایی عصاره با اجزای پوشش خوراکی مرکب بر پایه کربوکسی‌متیل سلولز نیز بر افزایش کارایی آن مؤثر بود. نشان داده شد فیله‌های ماهی قزل‌آلای حاوی پوشش کربوکسی‌متیل سلولز غنی‌شده با اسانس آویشن شیرازی و عصاره هسته انگور دارای حداقل تعداد بار میکروبی کل، باکتری‌های اسید لاکتیک و *سودوموناس* بودند (۲۱).

هیدروپراکسیدها محصولات اولیه اکسیداسیون چربی‌ها هستند که با اندازه‌گیری عدد پراکسید ارزیابی می‌شوند. مقادیر بیشتر از ۲۰-۱۰ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم عدد پراکسید نشانه‌ای از اکسیداسیون چربی‌هاست. شدت روند افزایش عدد پراکسید در تمامی فیله‌ها تا روز نهم دوره نگهداری به‌دلیل نرخ بالاتر تشکیل پراکسیدها نسبت به تجزیه آنها به محصولات ثانویه اکسیداسیون طی این بازه زمانی است. کاهش شدت روند افزایشی طی روزهای پایانی نیز به‌دلیل واکنش‌های ثانویه اکسیداسیون و تولید ترکیبات کربونیلی و فرار است که میزان تولید آنها با شاخص اسید تیوباربیتوریک قابل اندازه‌گیری و ارزیابی است. همان‌طوری‌که دیده شد افزودن اسید اولئیک به کربوکسی‌متیل سلولز، کارایی آن را در کاهش عدد پراکسید بهبود بخشید. نشان داده شد که اسید اولئیک می‌تواند به‌طور مؤثری خواص فیلم کربوکسی‌متیل سلولز را افزایش دهد (۶). ضمن اینکه کمترین مقدار عدد پراکسید در روز پایانی دوره نگهداری در فیله‌های پوشش‌دار حاوی سطوح مختلف عصاره سرخارگل دیده شد. عصاره‌های الکلی سرخارگل از دو دسته مواد شیمیایی طبیعی شامل آلکامیدهای چربی‌دوست و مشتقات اسید کافئیک محلول در آب تشکیل شده‌اند. مشتقات اسید کافئیک ضداکسیدان‌های مؤثری در سامانه‌های تولید رادیکال‌های آزاد هستند (۲۰). ظرفیت بالقوه ضداکسیدانی عصاره سرخارگل به‌طور مستقیم با محتوای بالای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدهای آن در ارتباط است. ترکیبات فنلی ساختارهای شیمیایی مهمی با توانایی‌های احیاءکنندگی دارند که تأثیرات قابل توجهی در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد نشان می‌دهند. آنتی‌اکسیدان‌ها با اهدای یک اتم هیدروژن یا الکترون آزاد باعث تشکیل ترکیبات پایدار می‌شوند، یا ممکن است از طریق شلاته‌کردن یون‌های فلزی (عوامل پرواکسیداسیون) یا فرونشاندن اکسیژن یگانه با حذف پراکسید، اثر مثبت خود را در جلوگیری از فساد اعمال کنند (۲۲).

از شاخص اسید تیوباربیتوریک جهت تعیین پیشرفت اکسیداسیون چربی استفاده می‌شود. حد مجاز مصرف گوشت ماهی از نظر میزان این شاخص ۳-۲ میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید در کیلوگرم گوشت در نظر گرفته می‌شود (۲۳). بر این اساس تمامی تیمارهای پوشش‌دار حاوی اسید اولئیک و سطوح مختلف عصاره، تا انتهای دوره نگهداری سالم باقی ماند، در حالی‌که در فیله‌های گروه شاهد و دارای پوشش کربوکسی‌متیل سلولز، نگهداری به ۹ روز محدود شد. لیپیدها به‌دلیل خاصیت بازدارندگی در مقابل نفوذ رطوبت و اکسیژن در ساختار لفاف‌های مرکب سبب کند شدن فرآیند اکسندگی نیز می‌شوند. مقدار عددی این شاخص در طی دوره نگهداری با روند افزایشی مواجه بود. افزایش این شاخص طی دوره نگهداری در شرایط سرد ممکن است ناشی از هیدروژن‌زدایی جزیی بافت ماهی و افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب

غیراشباع نیز باشد (۲۴). استفاده از عصاره سرخارگل به‌ویژه در غلظت بالاتر به‌دلیل محتوای بالاتر ترکیبات فنلی، موجب کاهش معنی‌دار مقدار عددی این شاخص شد. نشان داده شد که استفاده از اسانس‌های گیاهی در پوشش چندسازه‌ای کربوکسی متیل سلولز به‌طور معنی‌داری موجب کاهش مقدار عددی شاخص اسید تیوباربیتوریک گوشت ران مرغ در مقایسه با گروه شاهد (بدون پوشش) و دارای پوشش ساده CMC شد (۹ و ۲۵).

پروتئین‌های گوشت تحت تأثیر فعالیت باکتریایی و آنزیمی تجزیه می‌شوند که نتیجه آن تولید تری‌متیل آمین، دی‌متیل آمین، آمونیاک و سایر ترکیب‌های نیتروژنی فرار می‌باشد. مجموع بازهای نیتروژنی فرار، یکی از شاخص‌های اصلی بیان کننده کیفیت غذاهای دریایی محسوب می‌شود که توسط باکتری‌های مولد فساد، آنزیم‌های اتولایتیک، آمین‌زدایی اسیدهای آمینه و نوکلئوتیدها تولید می‌شود (۱۷). بالاترین حد مجاز برای بازهای ازته فرار، ۲۵ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم گوشت تعیین شده است (۲۶). نتایج نشان داد زمان نگهداری فیله‌های گروه شاهد به ۹ روز محدود شد در حالی‌که فیله‌های پوشش‌دار تا پایان دوره نگهداری سالم باقی ماندند. کمترین مقدار عددی این شاخص در فیله ماهی‌های دارای پوشش مرکب حاوی غلظت بالاتر عصاره سرخارگل دیده شد. کمتر بودن میزان بازهای ازته فرار در این تیمار نسبت به سایر تیمارها را می‌توان به‌دلیل کاهش جمعیت باکتری تیمارهای مذکور و یا کاهش توانایی اکسایشی باکتری‌ها در جدا کردن آمین‌ها از ترکیب‌های نیتروژنی غیر پروتئینی و یا هر دو عامل نسبت داد که می‌تواند در نتیجه اثر آنتی‌بیوتیکی عصاره بر باکتری‌های موجود در فیله باشد. با افزایش غلظت عصاره به‌دلیل افزایش ترکیب‌های فنلی اثر آنتی‌بیوتیکی آن نیز افزایش یافت (۲۷).

در تطابق با یافته‌های این آزمایش، طی سالیان اخیر مطالعات زیادی در رابطه با بررسی تأثیر ضداکسیدانی و آنتی‌بیوتیکی گیاهان دارویی در پوشش خوراکی مرکب بر پایه کربوکسی‌متیل سلولز انجام شد. احمدی و خادمی شورمستی گزارش کردند اسید اولئیک اثر حفاظتی پوشش کربوکسی‌متیل سلولز را بهبود بخشید و بکارگیری عصاره نعنا دشتی در بالاترین سطح مورد استفاده موجب کاهش شاخص اسید تیوباربیتوریک و مجموع ترکیبات ازته فرار فیله ماهی کپور معمولی در شرایط سرد شد (۹). نشان داده شد که فیله‌های ماهی شعری معمولی با پوشش کربوکسی‌متیل سلولز حاوی ۱/۵ ٪ عصاره مرزه بطور معنی‌داری کمترین میزان شاخص‌های فساد چربی، رشد باکتریایی و مجموع ترکیبات ازته فرار را نسبت به نمونه شاهد داشت (۸). همچنین نشان داده شد که استفاده از عصاره چای ترش معمولی و ریزپوشانی شده در پوشش CMC به‌طور معنی‌داری موجب کاهش عدد پراکسید، شاخص اسید تیوباربیتوریک و مجموع ترکیبات ازته فرار ناگت‌های مرغ طی دوره نگهداری در شرایط سرد شد (۲۸).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد استفاده از پوشش خوراکی کربوکسی‌متیل سلولز موجب افزایش ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلا رنگین کمان طی دوره نگهداری در یخچال شد. همچنین افزودن اسید اولئیک به پوشش مذکور موجب بهبود خواص مکانیکی و در نتیجه خواص حفاظتی آن در برابر فساد اکسیداتیو و باکتریایی شد. از سوی دیگر به‌دلیل محتوای ترکیبات فنلی، بکارگیری عصاره سرخارگل به‌ویژه در سطوح غلظتی بالاتر در ترکیب پوشش فعال مرکب خوراکی بر پایه کربوکسی‌متیل سلولز موجب تأخیر در فساد شیمیایی و میکروبی فیله‌ها شد. لذا استفاده از پوشش خوراکی چندسازه‌ای کربوکسی‌متیل سلولز- اسید اولئیک- عصاره ۱ ٪ سرخارگل به‌عنوان یک بسته‌بندی نوین زیست‌تخریب‌پذیر جهت افزایش زمان ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلا رنگین کمان طی دوره نگهداری کوتاه مدت در دمای یخچال توصیه می‌شود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از حوزه معاونت پژوهش و فنآوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه به ویژه سرکار خانم مهندس

لیلا اسماعیلی زعفرانی، کارشناس محترم آزمایشگاه، که در انجام بخشی از تحقیق حاضر همکاری داشتند، صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایند.

Refrences

1. El-Deen G, El-Shamery MR. Studies on contamination and quality of fresh fish meats during storage. Academic Journal of Biological Science. 2010; 2: 65-74.

2. Khademi Shurmasti D. Cellulose derivatives as edible film and coating; Characteristics and effect on the quality and shelf life of animal, poultry and aquatic products. Iranian Journal of Food Science and Technology. 2020; 121 (18): 349-364. [In Persian].

3. Callegarin F, Quezada Gallo JA, Debeaufort F, Voilley A. Lipids and Biopackaging. Journal of American Oil Chemists Society. 1997; 74: 1183-1192.

4. Ghanbarzadeh B, Almasi H. Investigating of physical properties of carboxymethyl cellulose-oleic acid composite biodegradable edible films. Journal of Food Science and Technology. 2009; 6(2): 35-42. [In Persian].

5. Sharifi A.A, Khademi Shurmasti D, Effect of carboxymethyl cellulose-based nanocomposite coating on internal quality and eggshell morphology during storage at ambient temperature. Journal of Quality and Durability of Agricultural and Food Products. 2022; 1(2): 1-13. [In Persian].

6. Ghanbarzadeh B, Pezeshki Najafabadi A, Almasi H. Antimicrobial edible films for food packaging. Journal of food Sciences and Technology. 2011; 8(1):123-135. [In Persian].

7. Ranjbaryan S, Rezazadeh Bari M, Almasi H, Amiri S. Effect of sodium caseinate based nanocomposite active films and coatings containing cinnamon essential oil on the quality improving and shelf life extension of chicken fillets. Journal of food Sciences and Technology. 2017; 71(14):171-184. [In Persian].

8. Baghlani N, Hosseini SM, Jafarpour SA, Mousavi SM, Khodanazary A. Effect of carboxymethyl cellulose edible coating enriched with *Satureja hortensis* extract on the biochemical, microbial and sensory characteristics of refrigerated *Lethrinus nebulosus* fillets. Journal of Food Science and Technology. 2018; 78(15): 191-203. [In Persian].

9. Ahmadi Z, Khademi Shurmasti D. Effects of *Mentha spicata* L. extract in carboxymethyl cellulose-oleic acid composite coating on the shelf life of fish fillets during cold storage. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 2020; 36(5): 724-733. [In Persian].

10. Aarland RC, Bañuelos-Hernández AE, Fragoso-Serrano M, Del Carmen Sierra-Palacios E, Díaz de León-Sánchez F, Pérez-Flores LJ, Rivera-Cabrera F, Mendoza-Espinoza JA. Studies on phytochemical, antioxidant, anti-inflammatory, hypoglycaemic and antiproliferative activities of *Echinacea purpurea* and Echinacea angustifolia extracts. Pharmaceutical Biology. 2017; 55: 649-656.

11. Sabouri Z, Barzegar M, Sahari MA, Naghdi Badi H. Antioxidant and antimicrobial potential of *Echinacea purpurea* extract and its effect on extension of cake shelf life. Journal of Medicinal Plants. 2012; 11(43): 28-40. [In Persian].

12. Izadi Z, Sorooshzadeh A, Modarres Sanavi SAM, Esna-Ashari M, Davoodi P. Investigation on antimicrobial effects of essential oil of purple coneflower (*Echinacea purpurea* L.) and identification of its chemical compounds. Iranian South Medi-

20. Tharun G, Ramana G, Sandhya R, Shravani M. Phytochemical and Pharmacological Review on *Echinacea*. Journal of Pharmacy Research. 2017; 11(3): 249-256.

21. Raeisi M, Tajik H, Aliakbarlu J, Mirhosseini SH, Hashem Hosseini SM. Effect of carboxymethyl cellulose-based coatings incorporated with *Zataria multiflora* Boiss essential oil and grape seed extract on the shelf life of rainbow trout fillets. LWT - Food Science and Technology. 2015; 64:-898-904.

22. Wojdylo A, Oszmianski J, Czemerys R. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. Food Chemistry. 2007; 105: 940–949.
Doi:10.1016/j.foodchem.2007.04.038.

23. Fan W, Sun J, Chen Y, Qiu J, Zhang Y, Ch Y. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. Journal of Food Chemistry. 2009; 115: 66-70.

24. Dragoev S, Kiosev D, Danchev S, Joncheva I, Genov N. Study on oxidative processes in frozen fish. Bulgarian Journal of Agriculture Science. 1998; 4: 55-65.

25. Jannatiha N, Shojaee-Aliabadi S, Moslehishad M, Hashemi Moosavi M, Moslemi M, Mosleh N, Andacheh F, Ferdowsi R. Carboxymethyl cellulose film incorporating *Satureja khuzistanica* and *Zataria multiflora* essential oils for extending the shelf life of chicken legs. Journal of Medicinal Plants and By-products. 2020; 2: 235-248.

26. Arashisara S, Hisara O, Kayab M, Yanik T. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorynchus mykiss*) fillets. International Journal of Food Microbiology. 2004; 97: 209–214.
Doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.05.024

cal Journal. 2014; 17(1): 58-69. [In Persian].

13. Ghanbarzadeh B, Almasi H. Physical properties of edible emulsified based on carboxymethyl cellulose and oleic acid. International Journal of Biological Macromolecules. 2011; 48: 44-49.

14. Jeon YJ, Kamil JY, Shahidi F. Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and Atlantic cod. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 2002; 50: 5167-5178.

15. Shavisi N, Khanjari A, Basti AA, Misaghi A, Shahbazi Y. Effect of PLA films containing *propolis* ethanolic extract, cellulose nanoparticle and *Ziziphora clinopodioides* essential oil on chemical, microbial and sensory properties of minced beef. Meat Science. 2017; 124: 95-104.
Doi:10.1016/j.meatsci.2016.10.015

16. Egan H, Kirk RS, Sawyer R. Pearson's Chemical Analysis of Food, 9th Edition Longman Scientific and Technica. 1997; pp: 609-634.

17. Ojagh SM, Rezaei M, Razavi SH, Hosseini SMH. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. Food Chemistry. 2010; 120: 193-8.

18. Sallam KI. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. Food Control. 2007; 18(5): 566-575. Doi:10.1016/j.foodcont.2006.02.002.

19. Izadi Z, Mirazi N. Antioxidant and the antimicrobial activities of aqueous and ethanolic extracts of purple coneflower (*Echinacea purpurea* L.) against some gram positive and gram negative bacteria. Armaghane-danesh. 2020; 25(2):162-180. [In Persian].

27. Burt S. Essential oils: their antibacterial propertied and potential application in foods-a review. International Journal of Food Microbiology. 2004; 94(3): 223-253.

28. Bahrami Feridoni S, Khademi Shurmasti D. Effect of the nanoencapsulated sour tea (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract with carboxymethyl cellulose on quality and shelf life of chicken nugget. Food Science and Nutrition. 2020; DOI: 10.1002/fsn3.1656.

Effect of Active Composite Coating Enriched with *Echinacea Purpurea* L. Moench Extract on the Shelf life of *Oncorhynchuus Mykiss* Fillet during Cold Storage

Mojtaba Ghorbani[1], Dariush khademi Shurmasti[2*], Yasaman Fahim Dezhban[3]
1- Msc, Department of Agriculture, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran
2- Assistant Professor, Department of Agriculture, savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran
3- Assistant Professor, Department of Fisheries, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran
* Corresponding Author: dkhademi@gmail.com
Received: 18/6/2023, Accepted: 21/7/2023

Abstract
To investigate the effect of active composite coating carboxymethyl cellulose-based on the shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchuus mykiss*) fillet during at refrigerator temperature storage, an experiment for 12 days with 5 treatments including uncoated (control), carboxymethyl cellulose 1%, carboxymethyl cellulose-oleic acid 1%, carboxymethyl cellulose-oleic acid-Echinacea extract (0.5% or 1%) and 3 replications was carry out. Chemical (PV, TBARS and TVN) and microbial (TVC and PTC) tests were performed on the fillets every 3 days. The results showed that oleic acid improved the protective effect of carboxymethyl cellulose coating. The antioxidant and antibacterial effect of Echinacea extract was concentration dependent. At the end of the storage period, the lowest values of PV (3.90±0.11 meq/kg), TBARS (1.24±0.27 mg MDA/kg), TVN (21.90±1.83 mg/100g), TVC (5.10±0.10 log cfu/g) and PTC (5.23±0.06 log cfu/g) were found in fillets containing active composite coating of carboxymethyl cellulose-oleic acid-1% Echinacea extract ($P < 0.05$). Therefore, the composite coating of carboxymethyl cellulose-oleic acid-1% Echinacea extract can be used as an active packaging to maintain the quality and increasing the shelf life of rainbow trout fillets during short-term storage at refrigerator temperature.

Keywords: Oleic acid, Composite coating, *Echinacea purpurea*, Fish fillet, Carboxymethyl cellulose