

(مقاله پژوهشی)

## تأثیر پوشش نگهدارنده خوراکی کیتوزان حاوی اسانس مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) بر ماندگاری ماهی قزل آلاهی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در یخچال

سمیرا جدی<sup>۱</sup>، سکینه یگانه<sup>۲\*</sup>، سید علی جعفرپور<sup>۳</sup>، محمود ناصری<sup>۴</sup>

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۲-استادیار، گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۳-دانشیار، گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۴-استادیار، بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۲۶

### چکیده

به منظور افزایش کیفیت و ماندگاری مواد غذایی روش های مختلفی در صنایع غذایی به کار می رود، در این تحقیق اثر پوشش نگهدارنده خوراکی کیتوزان و اسانس مرزنجوش بر شاخص های شیمیایی و میکروبی فیله قزل آلاهی رنگین کمان در دمای ۴ درجه سانتی گراد مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور، محلول آبی کیتوزان ۲ درصد در دو تیمار فاقد اسانس مرزنجوش و ۰/۵ درصد اسانس آماده شده و نمونه های فیله در محلول های تهیه شده غوطه ور شده و سپس در دمای  $4 \pm 1$  درجه سانتی گراد قرار گرفتند. فیله های بدون محافظ (شاهد) و فیله های دارای پوشش با فاصله زمانی ۷ روزه (روزهای صفر، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز) مورد آزمایش های شیمیایی (TVN, TBA, PV) و میکروبی (باکتری های سرماگرا و سودوموناس ها) قرار گرفتند. در بررسی نتایج مشخص شد که نمونه های پوششی کیتوزان دارای اسانس مرزنجوش، بار باکتریایی و شاخص های فساد کمیتری را نشان داده و اثر بازدارندگی بهتری نشان دادند و بعد از آن تیمار پوششی ۲ درصد کیتوزان قرار داشت. با توجه به نتایج این تحقیق به دلیل محدودیت استفاده از آنتی اکسیدان های مصنوعی و تمایل مصرف کنندگان به آنتی اکسیدان های طبیعی می توان ۰/۵ درصد اسانس مرزنجوش را به عنوان یک آنتی اکسیدان موثر همراه با پوشش کیتوزان جهت افزایش ماندگاری فیله ماهی قزل آلاهی رنگین کمان در دمای ۴ درجه سانتی گراد معرفی نمود.

واژه های کلیدی: قزل آلاهی رنگین کمان، کیتوزان، اسانس مرزنجوش، ماندگاری

## ۱-مقدمه

منابع پروتئین دریایی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اقلام تأمین‌کننده پروتئین حیوانی در سبد غذایی ملت‌ها، سابقه بس طولانی دارد. گوشت ماهی با دارا بودن اسیدهای چرب غیراشباع نوع امگا-۳ و همچنین اسیدهای آمینه ضروری باقابلیت هضم بالا، کلسیم، فسفر و ویتامین‌های محلول در چربی، منبع غذایی سالمی در رژیم غذایی جوامع شهری محسوب می‌شود. قزل‌آلای رنگین‌کمان دارای ارزش غذایی بالایی بوده و تولید آن از دهه ۱۹۵۰ به‌طور تصاعدی در سراسر دنیا، افزایش یافته است. بر اساس سالنامه آماری سازمان شیلات ایران میزان تولید این ماهی به بیش از ۱۳۱۰۰۰ تن در سال ۱۳۹۱ و به ۱۴۰۰۰۰ تن در سال ۱۳۹۲ در کشور رسیده است (۱). از آن جایی که محصولات غذایی در مناطقی دورتر از محل تولیدشان به فروش می‌رسند، لازم است که عمر ماندگاری این محصولات افزایش یابد (۱۰). برای افزایش ماندگاری مواد غذایی روش‌های سنتی مختلفی در صنایع غذایی به کار می‌رود، برای مثال نگهداری در سرما و یا به صورت منجمد روش مناسبی برای نگهداری ماهیان است، اما نمی‌تواند به‌طور کامل مانع واکنش‌های میکروبی و شیمیایی که منجر به کاهش کیفیت ماهی می‌شوند، گردد (۱۷). ترکیبات فرار حاصل از اکسیداسیون و واکنش هیدرولیتیک چربی‌ها (هیدروپراکسیدها، آلدئیدها، کتون‌ها، اسیدهای چرب و...) مشخصات بو، طعم، رنگ، بافت، ارزش غذایی و به‌طور کلی کیفیت ماهی را دستخوش تغییر می‌کنند و باعث عدم مطلوبیت برای مصرف‌کنندگان می‌شوند (۲۳). از این رو برای بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری این فرآورده‌ها در مدت نگهداری، به‌طور متداول، آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند هیدروکسی‌آنیزول بوتیل‌ه<sup>۱</sup> و هیدروکسی‌تولون بوتیل‌ه<sup>۲</sup>، عوامل کلاته‌کننده و ترکیبات ضد میکروبی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۷). اما امروزه با توجه به وجود عوارض استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی اثرات نامطلوب آن‌ها مانند اثر جهش‌زایی، ایجاد مسمومیت و سرطان‌زایی استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های

طبیعی مانند ترکیبات پلی‌فنل موجود در گیاهان که آثار محافظتی در برابر بیماری‌های مزمن، سرطان، بیماری‌های قلبی-عروقی و جهش‌زایی دارند، توصیه می‌شود (۲۵). از آن جایی که مهم‌ترین دلیل فساد، رشد میکروبی روی سطح فرآورده غذایی است، به کار بردن عوامل ضد میکروبی در بسته‌بندی می‌تواند سبب به تأخیر انداختن یا حتی جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌های عامل فساد شده و در نتیجه باعث افزایش مدت‌زمان ماندگاری و بهبود ایمنی فرآورده‌ی غذایی شود (۱۱). فیلم‌های ضد میکروبی می‌توانند مدت‌زمان ماندگاری غذا و سلامت آن را از طریق ممانعت رشد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و عامل فساد با افزایش فاز تأخیری و یا کاهش سرعت رشد آن‌ها، افزایش دهند. از طرفی قابلیت فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی برای کند کردن نفوذ رطوبت، اکسیژن، مواد فرار و محلول را می‌توان با افزودن موادی مانند آنتی‌اکسیدان‌ها، مواد ضد میکروبی، مواد رنگی، طعم‌دهنده‌ها، ادویه‌ها و ... در ساختار فیلم، افزایش داد (۲). مبارزه با مشکل افزایش زباله‌های ناشی از مواد بسته‌بندی، اخیراً مطالعات در زمینه‌ی به‌کارگیری فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی که موادی زیست‌تخریب‌پذیر و سازگار با محیط‌زیست هستند را افزایش داده است (۲). کیتوزان یکی از بهترین زیست‌بسپارهایی است که تاکنون برای تهیه فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به کار رفته است. که از N-استیل‌زدایی قلیایی جزئی کیتین به دست می‌آید، کیتین عموماً در اسکلت خارجی یا محافظ پوشش سخت‌پوستان دریایی یافت می‌شود، این ماده به‌عنوان یک منبع مهم تجدیدپذیر و دومین پلیمر زیستی طبیعی فراوان بعد از سلولز است (۳۸). در مولکول کیتوزان تعداد زیادی گروه‌های آمین و هیدروکسید وجود دارد. این ساختار منجر به توانایی بالقوه کیتوزان در تشکیل کمپکس‌های قوی با فلزات می‌شود (۴۳). توانایی کیتوزان در اتصال به یون‌های فلزی مانند مس، کروم، روی، وانادیوم و آهن به اثبات رسیده است (۲۴). کیتوزان به دلیل خواص تشکیل روکش و خواص منحصر به فرد افزایش ویسکوزیته به محض آبگیری، قابلیت

## ۲- مواد و روشها

### ۲-۱- تهیه محلول کیتوزان و کیتوزان حاوی اسانس مرزنجوش

کیتوزان به شکل پودر (شرکت سیگما) تهیه شد و اسانس مرزنجوش از شرکت گیاه-اسانس گرگان خریداری شد. پس از تهیه محلول ۱٪ حجمی - حجمی اسیداستیک، ۰/۲ گرم از کیتوزان با جرم مولکولی پائین به ۱۰۰ سی سی محلول اسیداستیک یک درصد اضافه شده، سپس به تدریج ۲ گرم کیتوزان با جرم مولکولی بالا به محلول اسیداستیک در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد افزوده شد و عمل هم زدن به آرامی انجام شد تا کیتوزان به طور کامل حل شود. پس از ۳ ساعت کیتوزان در اسیداستیک حل شده و محلولی به رنگ قهوه‌ای کم‌رنگ تشکیل گردید. در این مرحله گلیسرول به میزان ۱/۵ سی سی به عنوان نرم کننده افزوده شد، بعد از ۳۰ دقیقه محلول مورد نظر به دلیل وجود ناخالصی با کاغذ واتمن ۳ تحت خلاء صاف گردید. قبل از افزودن اسانس، توئین ۸۰ به عنوان امولسی‌فایر به میزان ۰/۲ درصد به محلول کیتوزان اضافه شده و جهت پخش یکنواخت امولسی‌فایر درون محلول هم زدن تا ۳۰ دقیقه ادامه یافت. در نهایت محلول به عنوان فیلم پوشش‌دهنده مورد استفاده قرار گرفت (۳۳). محلول کیتوزان - مرزنجوش با افزودن مقدار ۰/۵ درصد از اسانس مرزنجوش به محلول پایه کیتوزان تهیه شد.

### ۲-۲- آماده‌سازی نمونه

ماهی قزل‌آلا با وزن حدود ۴۰۰-۵۵۰ گرم بعد از خرید از مزرعه پرورش قزل‌آلا در شیراز با جعبه‌های محتوی یخ به آزمایشگاه منتقل شد. پس از سر و دم‌زنی و جداسازی پوست و استخوان در دمای اتاق از هر ماهی ۲ فیله تهیه شد. بخشی از فیله‌ها بدون محافظ (شاهد) و بخشی، با محلول کیتوزان ۲ درصد و محلول کیتوزان ۲ درصد و اسانس ۰/۵ درصد تیمار شده و به روش غوطه‌وری در محلول قرار داده شد، از محلول خارج شده و به مدت چند دقیقه در مجاورت هوا قرار گرفت تا فیلم نگهدارنده روی فیله تشکیل شود پس از شکل‌گیری پوشش‌ها هر تیمار سه تکرار تهیه شد (۲). سپس نمونه‌ها در یخچال نگهداری شده و آزمایش‌های زیر

استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی به‌ویژه به عنوان پوشش و یا روکش خوراکی را دارا است. برای روکش‌های کیتوزان تعدادی از خواص کاربردی شامل: خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و نفوذناپذیری در برابر عبور اکسیژن گزارش شده است (۴۲). استفاده از اسانس‌های طبیعی به دلیل محتوای گروه‌هایی از ترکیبات پلی‌فنلیک به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کند، از تشکیل رادیکال‌های آزاد جلوگیری کرده و موجب حفظ ویژگی‌های گوشت ماهی می‌شود. گیاه (*Origanum vulgare L.*) با نام مرزنجوش وحشی یا اروپایی که در ایران نیز پراکنش وسیعی یافته است، گیاهی معطر از خانواده‌ی نعنائیان (*Labiatae*) می‌باشد، که از دیرباز در غذاهای سنتی بعنوان عطر و طعم‌دهنده و در طب سنتی بعنوان گیاه دارویی پرخاصیت کاربرد فراوانی دارد. مطالعات محققان مختلف نشان داده است که اسانس این گیاه، دارای فعالیت‌های ضد میکروبی و ضد اکسیدانی می‌باشد (۱۳، ۱۴، ۱۵). ترکیبات مؤثره‌ی موجود در اسانس مرزنجوش وحشی ترکیبات فنلی تیمول، کارواکرول، رزمارینیک اسید و ترپنوئیدهای تقویت‌کننده‌ی اثر آن‌ها ارتوسایمن، گاماترینین و لینالول می‌باشد که محققان بیشترین عملکرد آنتی‌باکتریالی و آنتی‌اکسیدانی آن را به تیمول و کارواکرول نسبت داده‌اند (۱۲). اثر آنتی‌میکروبی اسانس این گیاه بر تعداد زیادی از باکتری‌ها به ویژه باکتری‌های پاتوژنیک و مولد فساد در مواد غذایی به اثبات رسیده است (۹، ۲۷، ۳۵). مطالعاتی در ارتباط با تأثیر فیلم پوششی کیتوزان (۲، ۶، ۴۲، ۱۷، ۷، ۴۰) و اسانس‌های گیاهی مرزنجوش (۴۵) به طور مجزا در ماندگاری انواعی از ماهیان انجام شده است، اما تحقیقی در ارتباط استفاده از این دو به صورت مکمل انجام نشده است. لذا به منظور افزایش فرهنگ تازه‌خوری فرآورده‌های شیلاتی، هدف از این مطالعه بررسی کارآیی استفاده از پوشش نگهدارنده کیتوزان حاوی اسانس مرزنجوش در بهبود ماندگاری ماهی قزل‌آلا و رنگین کمان در طول دوره نگهداری در یخچال می‌باشد.

در فواصل زمانی صفر، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز روی ماهی‌های تیمار و شاهد انجام گرفت.

### ۳-۲-۳- آزمایش‌های شیمیایی

#### ۳-۲-۱- اندازه‌گیری پراکسید (PV)<sup>۱</sup>

۱۵ گرم از گوشت بدون استخوان ماهی خوب میکس شده، در دکانتور قرار داده شد، سپس ۶۰ سی سی کلروفرم (شارلو) و بعد ۶۰ سی سی متانول (مرک) به آن افزوده شد. پس از ۱۲-۲۴ ساعت، ۳۶ سی سی آب مقطر به نمونه افزوده شده و به مدت ۱-۲ ساعت استراحت داده شد تا ۳ فاز تشکیل شود. با دقت، ۲۰ سی سی از فاز پایین، درون ارلن انتقال یافته، ۲۵ سی سی اسیداستیک (Applichem) کلروفرمی (نسبت کلروفرم به اسیداستیک ۳:۲) به آن افزوده شد. سپس ۰/۵ سی سی محلول یدور پتاسیم (مرک) اشباع، ۳۰ سی سی آب مقطر به محتویات ارلن اضافه شده، به مدت ۱ دقیقه استراحت داده شد و بعد مقدار ۰/۵ سی سی معرف نشاسته ۱٪ به آن افزوده شد و درب ارلن را گذاشته، محلول به شدت تکان داده شد. ید آزاد شده، باعث تغییر رنگ محلول شد که با محلول تیوسولفات ۰/۰۱ نرمال (مرک)، تیترا شد (۱۶). سپس با استفاده از رابطه زیر، میزان پراکسید محاسبه گردید.

$$PV = \frac{100 \times \text{نرمالیه} \times \text{حجم مصرفی تیوسولفات}}{\text{وزن نمونه روغن}}$$

#### ۳-۲-۲- اندازه‌گیری تیوباربتوریک اسید (TBA)<sup>۲</sup>

۲۰۰ میلی گرم از نمونه گوشت میکس شده، به بالن ۲۵ سی سی انتقال یافته، با ۱- بوتانول به حجم رسانده شد. ۵ سی سی از این محلول به لوله فالکون خشک درب‌دار انتقال یافت و ۵ سی سی معرف TBA (که از انحلال ۲۰۰ میلی گرم پودر TBA در ۱۰۰ سی سی حلال ۱-بوتانول و صاف کردن بوسیله کاغذ صافی به دست آمد) به آن افزوده شد. بعد لوله‌ها در بن ماری با دمای ۹۵°C، به مدت ۲ ساعت قرار

1-Peroxide Value

2-Thiobarbituric Acid

گرفتند. سپس در دمای محیط سرد شدند و بعد با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، میزان جذب (As) آنها در ۵۳۰ نانومتر در مقابل شاهد آب مقطر (Ab) خوانده شد. با استفاده از رابطه زیر، میزان TBA (بر حسب میلی گرم مالون دی‌آلدئید در هر کیلوگرم از بافت ماهی) مورد محاسبه قرار گرفت (۳۱).

$$TBA = \frac{(As - Ab) \times 50}{100}$$

#### ۳-۳-۲- اندازه‌گیری بازهای ازته فرار (TVB-N)<sup>۳</sup>

ابتدا ۱۰ گرم از گوشت میکس شده ماهی و ۲ گرم اکسید منیزیم در یک بالن کلدال توزین شد. سپس ۳۰۰ سی سی آب مقطر، ۲ تا ۳ قطره اکتانول (به عنوان ضد کف) و تعدادی ساچمه شیشه‌ای نیز به محتویات بالن افزوده شد. سپس سیستم کلدال نصب شده و در زیر لوله خروجی سیستم، ارلنی حاوی ۲۵ سی سی اسیدبوریک ۲ درصد دارای ۲-۳ قطره معرف متیل‌رد قرار گرفت به طوری که سر لوله خروجی کاملاً درون محلول ارلن بود تا پس از برقراری جریان آب سرد و روشن کردن هیتر و جوشیدن محتویات بالن کلدال، گازهای متصاعد شده که معرف بازهای ازته فرار هستند در محلول درون ارلن جمع‌آوری شوند که به صورت تغییر رنگ محلول از ارغوانی به سبز روشن نمودار شد. در نهایت این محلول با اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال تیترا شد تا رنگ محلول مجدداً ارغوانی شود. با قرار دادن میزان اسید مصرفی جهت تیتراسیون در رابطه زیر، بازهای ازته فرار بر حسب میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه ماهی محاسبه شد (۲۰).

$$TVB-N = 14 \times \text{حجم اسیدسولفوریک مصرفی}$$

3-Total Volatile Basic Nitrogen

**۲-۳-۴- شمارش باکتری‌های سرماگرا<sup>۱</sup> (TPC)**

برای شمارش باکتری‌های سرماگرا (TPC) از نمونه‌های تهیه‌شده، از محیط تریپتیک سوی آگار (TSA) استفاده شد. ۱/۰ میلی‌لیتر از نمونه‌های تهیه‌شده، بر روی محیط کشت به‌طور سطحی پخش شده و پلیت‌های مربوط به باکتری‌های سرماگرا بعد از ۱۰ روز انکوباسیون در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد شمارش شدند (۲۸).

**۲-۳-۵- شمارش سودوموناس‌ها<sup>۲</sup>**

برای شمارش سودوموناس‌ها از محیط کشت ستریمید آگار استفاده‌شده و از رقت‌های تهیه‌شده مقداری مشخصی از آن به صورت سطحی در محیط کشت ستریمید آگار کشت داده شد و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت انکوبه شد. باکتری‌های رشدیافته بر روی محیط نشان‌دهنده‌ی جنس سودوموناس بودند (۲۸).

**۲-۴- تجزیه و تحلیل آماری**

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تیمار و هر تیمار سه تکرار انجام شد. به منظور تجزیه و تحلیل مقادیر کمی به دست آمده از آزمایش‌ها پس از کنترل نرمال بوده داده‌ها با استفاده از آزمون (Shapiro-Wilk) به صورت آزمایش فاکتوریل با بررسی اثر اسانس مرزنجوش کیتوزان در سه سطح (صفر-صفر، صفر-۲ درصد و ۲-۰/۵ درصد) و در ۴ زمان (صفر، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز) به روش آنالیز واریانس دو طرفه (Two-Way ANOVA) انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون آماری دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شد. از نرم‌افزار SPSS ۲۲ برای آنالیز آماری و از نرم‌افزار Excel برای رسم نمودارها استفاده گردید.

**۳- نتایج****۳-۱- پراکسید**

میزان پراکسید با افزایش زمان نگهداری در همه تیمارها افزایش یافت ( $P < 0/05$ ، جدول ۱)، به طوری که میزان

پراکسید از  $0/02 \pm 0/86$  در زمان صفر نگهداری تا  $0/23 \pm 0/56$  میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم چربی در روز ۱۴ نگهداری، در تیمار شاهد افزایش یافت و در تیمارهای پوششی کیتوزان و کیتوزان-اسانس از  $0/00 \pm 0/86$  و  $0/01 \pm 0/88$  در زمان صفر نگهداری به  $0/12 \pm 0/23$  و  $0/03 \pm 0/78$  در روز ۱۴ نگهداری، افزایش یافت. میزان پراکسید تیمارهای مختلف در روز صفر نگهداری فاقد اختلاف معنی‌دار بودند ( $P > 0/05$ )، اما با گذشت ۲۱ روز نگهداری، عدد پراکسید تفاوت معنی‌داری در بین تیمارها از خود نشان داد، به طوری که میزان پراکسید در تمامی زمان‌های نگهداری در تیمار پوششی کیتوزان-اسانس مرزنجوش کمترین میزان را نشان داد و بعد از آن تیمار پوششی کیتوزان قرار داشت ( $P < 0/05$ ). آنالیز واریانس دو طرفه نشان داد که اثر تیمار، زمان و اثر متقابل تیمار و زمان نگهداری بر شاخص پراکسید معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ).

**۲-۳- میزان تیوباریتوریکت‌اسید**

میزان TBA در تمامی تیمارها با افزایش زمان نگهداری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ( $P < 0/05$ ، جدول ۲)، به طوری که میزان آن در نمونه‌های شاهد از  $0/63 \pm 0/01$  میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید در هر کیلوگرم از بافت ماهی در روز صفر نگهداری تا  $0/04 \pm 0/51$ ، در روز ۱۴ نگهداری افزایش یافت، در تیمارهای پوششی کیتوزان و تیمار پوششی کیتوزان-اسانس مرزنجوش این میزان به ترتیب از  $0/01 \pm 0/63$  و  $0/08 \pm 0/63$  میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید در هر کیلوگرم از بافت ماهی در روز صفر نگهداری تا  $0/22 \pm 0/13$  و  $0/09 \pm 0/24$  در روز ۱۴ نگهداری افزایش یافت. میزان TBA در پایان زمان نگهداری، بین تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت ( $P < 0/05$ ). به طوری که در تیمار پوششی کیتوزان-اسانس مرزنجوش کمترین میزان را نشان داد و بعد از آن تیمار پوششی کیتوزان قرار داشت ( $P < 0/05$ ). در روزهای صفر، ۷ و ۲۱ بین تیمارهای کیتوزان و کیتوزان-اسانس تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ( $p > 0/05$ ). آنالیز واریانس دو طرفه نشان داد که اثر تیمار، زمان و اثر متقابل

به ترتیب  $3/63 \pm 0/09$ ،  $3/48 \pm 0/07$  و  $3/41 \pm 0/02$  لگاریتم تعداد کلونی گرم نمونه بود و در روز ۱۴ نگهداری، این میزان در فیله شاهد به  $7/40 \pm 0/06$  لگاریتم تعداد کلونی در گرم نمونه بود و در فیله پوششی کیتوزان به  $6/22 \pm 0/10$  لگاریتم تعداد کلونی در گرم نمونه بود، اما در نمونه پوششی کیتوزان و اسانس مرزنجوش این میزان به  $7/74 \pm 0/08$  لگاریتم تعداد کلونی در گرم نمونه افزایش پیدا کرد. به طوری که نمونه‌های پوششی با کیتوزان - مرزنجوش بار باکتریایی کمتری داشتند ( $P < 0/05$ ). آنالیز واریانس دو طرفه نشان داد که اثر تیمار، زمان و اثر متقابل تیمار و زمان نگهداری بر شاخص باکتری‌های سرماگرا معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ).

### ۳-۴-۲- باکتری‌های سودوموناس

در شمارش میزان اولیه این باکتری‌ها در روز صفر نگهداری در فیله شاهد و فیله‌های تیمار شده تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد (جدول ۵،  $P > 0/05$ ). با گذشت زمان تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای مختلف مشاهده شده به طوری که مقدار سودوموناس‌ها در روز صفر در فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان از حدود  $2/27 \pm 0/16$  لگاریتم تعداد کلونی در گرم نمونه در فیله شاهد تا حدود  $5/88 \pm 0/21$  لگاریتم تعداد کلونی در گرم نمونه در روز ۱۴ افزایش یافت، در حالی که این میزان در تیمار پوششی کیتوزان در روز ۱۴، حدود  $4/91 \pm 0/24$  مشاهده شد و کمترین میزان سودوموناس‌ها مربوط به تیمار پوششی کیتوزان و اسانس به میزان  $4/31 \pm 0/06$  لگاریتم تعداد کلونی در گرم نمونه بود ( $P < 0/05$ ). آنالیز واریانس دو طرفه نشان داد که اثر تیمار، زمان و اثر متقابل تیمار و زمان نگهداری بر شاخص باکتری‌های سودوموناس معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ).

تیمار و زمان نگهداری بر شاخص TBA معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ).

### ۳-۳- میزان بازهای ازته فرار

میزان TVB-N با گذشت زمان نگهداری به طور معنی‌داری در همه تیمارها افزایش یافت ( $P < 0/05$ ، جدول ۳)، به طوری که میزان آن از  $10/23 \pm 0/34$  در زمان صفر نگهداری تا  $38/21 \pm 0/59$  میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه ماهی در روز ۱۴ نگهداری، در تیمار شاهد افزایش یافت و این میزان در تیمارهای پوششی کیتوزان و کیتوزان-اسانس از  $10/17 \pm 0/04$  و  $10/12 \pm 0/05$  میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه ماهی در زمان صفر نگهداری به  $26/43 \pm 0/09$  و  $23/75 \pm 0/62$  در روز ۱۴ نگهداری، افزایش یافت. میزان TVB-N در تیمارهای مختلف روز صفر نگهداری فاقد اختلاف معنی‌دار بودند ( $P > 0/05$ )، اما در سایر روزهای نگهداری تفاوت معنی‌داری در بین تیمارها از خود نشان داد ( $P < 0/05$ ). به طوری که میزان بازهای ازته فرار در تمامی زمان‌های نگهداری در تیمار پوششی کیتوزان - اسانس مرزنجوش کمترین میزان را نشان داد و بعد از آن تیمار پوششی کیتوزان قرار داشت. آنالیز واریانس دو طرفه نشان داد که اثر تیمار، زمان و اثر متقابل تیمار و زمان نگهداری بر شاخص TVB-N معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ).

### ۳-۴-۳- شاخص‌های میکروبی

#### ۳-۴-۱- باکتری‌های سرماگرا

میزان باکتری‌های سرماگرا در طول دوره نگهداری افزایش یافت، همچنین میزان باکتری‌های سرماگرا در بین تیمارها دارای تفاوت معنی‌دار بود (جدول ۴،  $P < 0/05$ ). به طوری که میزان اولیه این باکتری‌ها در روز صفر نگهداری، برای تیمارهای شاهد (فاقد پوشش)، کیتوزان و کیتوزان-اسانس

جدول ۱- مقادیر پراکسید (میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم چربی) در تیمارهای مختلف فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان (شاهد، فیله با پوشش کیتوزان و فیله با پوشش کیتوزان-اسانس مرزنجوش) در زمان نگهداری در یخچال.

زمان				تیمار
روز ۲۱	روز ۱۴	روز ۷	روز صفر	
۵/۵۶±۰/۰۲ <sup>Cc</sup>	۵/۵۷±۰/۰۹ <sup>Cd</sup>	۳/۵۰±۰/۳۸ <sup>Bb</sup>	۰/۸۶±۰/۰۲ <sup>Aa</sup>	فاقد پوشش (شاهد)
۴/۱۰±۰/۱۰ <sup>Bc</sup>	۴/۲۳±۰/۱۲ <sup>Bc</sup>	۳/۱۷±۰/۰۶ <sup>ABb</sup>	۰/۸۶±۰/۰۰ <sup>Aa</sup>	کیتوزان
۳/۵۰±۰/۳۷ <sup>Ac</sup>	۳/۷۸±۰/۰۳ <sup>Ad</sup>	۲/۷۸±۰/۳۶ <sup>Ab</sup>	۰/۸۸±۰/۰۱ <sup>Ba</sup>	کیتوزان - اسانس
P value				
				تیمار
				زمان
				زمان × تیمار

داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار می‌باشند. حروف متفاوت کوچک و بزرگ به ترتیب نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار در هر سطر و ستون است ( $P < 0.05$ ).

جدول ۲- مقادیر تیوباریتوریک‌اسید (میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید در هر کیلوگرم از بافت ماهی) در تیمارهای مختلف فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان (شاهد، فیله با پوشش کیتوزان و فیله با پوشش کیتوزان-اسانس مرزنجوش) در زمان نگهداری در یخچال.

زمان				تیمار
روز ۲۱	روز ۱۴	روز ۷	روز صفر	
۵/۵۵±۰/۲۸ <sup>Bd</sup>	۴/۵۱±۰/۰۴ <sup>Cc</sup>	۲/۵۰±۰/۰۶ <sup>Ab</sup>	۰/۶۳±۰/۰۱ <sup>Aa</sup>	فاقد پوشش (شاهد)
۴/۳۷±۰/۰۴ <sup>Ad</sup>	۳/۱۳±۰/۲۲ <sup>Bc</sup>	۲/۲۴±۰/۰۳ <sup>Ab</sup>	۰/۶۳±۰/۰۱ <sup>Aa</sup>	کیتوزان
۴/۲۸±۰/۰۷ <sup>Ad</sup>	۲/۲۴±۰/۰۹ <sup>Ac</sup>	۲/۰۰±۰/۲۳ <sup>Ab</sup>	۰/۶۳±۰/۰۸ <sup>Aa</sup>	کیتوزان - اسانس
P value				
				تیمار
				زمان
				زمان × تیمار

داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار می‌باشند. حروف متفاوت کوچک و بزرگ به ترتیب نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار در هر سطر و ستون است ( $P < 0.05$ ).

جدول ۳- مقادیر بازهای ازته فرار (میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه ماهی) در تیمارهای مختلف فیله قزل آلابی رنگین کمان (شاهد، فیله با پوشش کیتوزان و فیله با پوشش کیتوزان-اسانس مرزنجوش) در زمان نگهداری در یخچال.

زمان				تیمار
روز ۲۱	روز ۱۴	روز ۷	روز صفر	
۶۴/۲۲±۱/۵۳ <sup>Cd</sup>	۳۸/۲۱±۰/۵۹ <sup>Cc</sup>	۲۰/۷۶±۰/۵۹ <sup>Cb</sup>	۱۰/۳۴±۰/۲۳ <sup>Aa</sup>	فاقد پوشش (شاهد)
۳۸/۹۲±۲/۴۹ <sup>Bd</sup>	۲۶/۴۳±۰/۰۹ <sup>Bc</sup>	۱۶/۸۶±۰/۱۸ <sup>Bb</sup>	۱۰/۱۷±۰/۰۴ <sup>Aa</sup>	کیتوزان
۳۴/۰۱±۱/۸۰ <sup>Ad</sup>	۲۳/۷۵±۰/۶۲ <sup>Ac</sup>	۱۴/۲۲±۰/۱۱ <sup>Ab</sup>	۱۰/۱۲±۰/۰۵ <sup>Aa</sup>	کیتوزان - اسانس
P value				
				تیمار
				زمان
				زمان × تیمار

داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار می‌باشند. حروف متفاوت کوچک و بزرگ به ترتیب نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار در هر سطر و ستون است ( $P < 0.05$ ).

جدول ۴: میزان باکتری‌های سرماگرا (لگاریتم تعداد کلونی در گرم نمونه) در تیمارهای مختلف فیله قزل آلابی رنگین کمان (شاهد، فیله با پوشش کیتوزان و فیله با پوشش کیتوزان-اسانس مرزنجوش) در زمان نگهداری در یخچال.

زمان				تیمار
روز ۲۱	روز ۱۴	روز ۷	روز صفر	
۹/۴۰±۰/۱۶ <sup>Cd</sup>	۷/۴۰±۰/۰۶ <sup>Cc</sup>	۵/۶۲±۰/۱۲ <sup>Cb</sup>	۳/۶۳±۰/۰۹ <sup>Ba</sup>	فاقد پوشش (شاهد)
۷/۴۶±۰/۱۰ <sup>Bd</sup>	۶/۲۲±۰/۱۰ <sup>Bc</sup>	۴/۳۹±۰/۰۷ <sup>Bb</sup>	۳/۴۸±۰/۰۷ <sup>Aa</sup>	کیتوزان
۶/۹۹±۰/۱۴ <sup>Ad</sup>	۵/۷۴±۰/۰۸ <sup>Ac</sup>	۴/۰۹±۰/۰۲ <sup>Ab</sup>	۳/۴۱±۰/۰۲ <sup>Aa</sup>	کیتوزان - اسانس
P value				
				تیمار
				زمان
				زمان × تیمار

داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار می‌باشند. حروف متفاوت کوچک و بزرگ به ترتیب نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار در هر سطر و ستون است ( $P < 0.05$ ).



جدول ۵- میزان باکتری‌های سودوموناس (لگاریمت تعداد کلونی در گرم نمونه) در تیمارهای مختلف فیله قزل‌آلای رنگین کمان (شاهد، فیله با پوشش کیتوزان و فیله با پوشش کیتوزان-اسانس مرزنجوش) در زمان نگهداری در یخچال.

تیمار	زمان			
	روز صفر	روز ۷	روز ۱۴	روز ۲۱
فاقد پوشش (شاهد)	۲/۲۷±۰/۱۶ <sup>Aa</sup>	۴/۶۹±۰/۱۳ <sup>Bb</sup>	۵/۸۸±۰/۲۱ <sup>Cd</sup>	۸/۱۰±۰/۲۴ <sup>Bd</sup>
کیتوزان	۲/۲۱±۰/۰۴ <sup>Aa</sup>	۳/۳۷±۰/۰۵ <sup>ABb</sup>	۴/۹۱±۰/۲۴ <sup>Bc</sup>	۶/۵۱±۰/۰۸ <sup>Ad</sup>
کیتوزان-اسانس	۲/۲۵±۰/۰۴ <sup>Aa</sup>	۳/۲۰±۰/۰۶ <sup>Ab</sup>	۴/۳۱±۰/۰۶ <sup>Ad</sup>	۶/۲۶±۰/۰۳ <sup>Ad</sup>
P value				
تیمار	۰۰۰			
زمان	۰۰۰			
زمان × تیمار	۰۰۰			

داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار می‌باشند. حروف متفاوت کوچک و بزرگ به ترتیب نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در هر سطر و ستون است ( $P < 0.05$ ).

#### ۴- بحث

##### ۴-۱- پراکسید

پیشرفت تندشدن در ماهی ناشی از اکسیداسیون چربی‌های موجود در بافت‌ها است. اندازه‌گیری پراکسید جهت تعیین محصولات اولیه اکسیداسیون چربی (هیدروپراکسیدها) به کار می‌رود و تولید آن تغییری در ویژگی‌های حسی ماهی ایجاد نمی‌کند، اما ممکن است منجر به ایجاد مخاطراتی برای مصرف‌کننده گردد (۳۴). در این مطالعه مقدار پراکسید در روز صفر در همه تیمارها ناچیز بود و با گذشت زمان در همه تیمارها افزایش یافت. میزان پراکسید در بین تیمار شاهد و تیمار پوششی کیتوزان ۲ درصد و تیمار پوششی کیتوزان ۲ درصد و اسانس ۰/۵ درصد به جز روز صفر در سایر روزها تفاوت معنی‌داری داشتند ( $P < 0.05$ ). افزایش مقادیر پراکسید حاکی از توسعه تندی و فساد در طول زمان نگهداری ماهیان در یخچال بوده و کاهش آن در انتهای دوره نگهداری احتمالاً به دلیل پیروی از مکانیسم مونومولکولار و بی‌مولکولار و تبدیل پراکسید به ترکیبات ثانویه اکسیداسیونی (کربونیل‌ها و ترکیبات فرار) می‌باشد. واکنش‌های ثانویه اکسیداسیون از جمله واکنش با پروتئین‌های قابل‌حل در نمک و تولید ترکیبات کربونیلی نظیر استالددید، پروپیونالدید، استون و اسیدهای چرب فرار نظیر اسید کاپروئیک، اسید پروپوئیک و گازهای فرار نیز

می‌توانند دلایل چنین کاهش‌هایی باشند (۳). در بین تیمارهای مورد مطالعه، تیمار شاهد بیشترین میزان پراکسید را از خود نشان داد و کمترین میزان پراکسید در روز ۲۱ مربوط به تیمار پوششی کیتوزان - اسانس، در زمان نگهداری در یخچال بود. زرگر و همکاران (۱۳۹۰)، در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر پوشش نگهدارنده خوراکی کازئینات سدیم غنی‌شده با اسانس آویشن شیرازی (با غلظت صفر، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ درصد) بر کیفیت و ماندگاری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نگهداری‌شده در یخچال پرداختند (۴). طبق نتایج به دست آمده در پایان مدت ذخیره‌سازی نمونه‌های دارای اسانس با تفاوت معنی‌دار دارای سطح پایین‌تری از پراکسید نسبت به دو تیمار شاهد و کازئینات سدیم بودند ( $P < 0.05$ ). Ozogul و Uçar (۲۰۱۳)، در بررسی اثرات آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌باکتریایی عصاره‌های مرزنجوش، چای سبز، مریم‌گلی و برگ‌بو با دوز ۰/۳ و ۰/۶ درصد بر کیفیت برگر ماهی منجمد ماکرل (*Scomber japonicus*) دریافتند که تمام عصاره‌ها به جز عصاره مریم‌گلی مانع از اکسیداسیون برگر ماهی شده و پس از ۶ ماه از ذخیره‌سازی، تفاوت معنی‌دار در میزان پراکسید در هر دو غلظت از عصاره‌ها به جز عصاره‌ی برگ‌بو و مریم‌گلی مشاهده شد (۳۶). مطالعات محققان مختلف نشان داده است که اسانس گیاه مرزنجوش، دارای فعالیت‌های آنتی‌میکروبی و آنتی-

بازده محصول بیشتری نسبت به فیله‌های فاقد پوشش نشان دادند.

#### ۴-۲- تیوباریتوریک اسید

تیوباریتوریک اسید به طور گسترده به عنوان شاخص میزان اکسیداسیون ثانویه چربی مورد استفاده قرار می‌گیرد و ناشی از وجود مواد واکنش‌دهنده با TBA حاصل از مرحله دوم اتواکسیداسیون است که طی آن، پراکسید اب هموادی مثل آلدئیدها و کتون‌ها اکسید می‌شوند (۱۸). طبق گزارش Aubourg (۲۰۰۱) از آن جا که مالون آلدئیدها می‌توانند با سایر ترکیبات بدن ماهی واکنش دهند، مقدار TBA ممکن است نشان‌دهنده درجه واقعی اکسید شدن چربی‌ها نباشد. چنین ترکیباتی می‌توانند شامل آمین‌ها، نوکلئوتیدها و اسید نوکلئیک، پروتئین‌ها، فسفولیپیدها و دیگر آلدئیدهای تولیدی در پایان اکسیداسیون چربی باشند. چنین رویکردی در بسیاری از ماهیان دیده شده است (۴۱). در این تحقیق میزان اولیه TBA،  $0/63$  میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید در هر کیلوگرم از بافت ماهی بود، در تمامی تیمارها با افزایش زمان نگهداری به طور معنی‌داری افزایش یافت به طوری که میزان آن در روز ۱۴ نگهداری در یخچال در نمونه‌های شاهد، کیتوزان و کیتوزان-اسانس به ترتیب  $0/04 \pm 4/51$ ،  $0/22 \pm 3/13$  و  $0/09 \pm 2/24$  میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید در هر کیلوگرم از بافت ماهی به دست آمد. روند افزایش این شاخص در طول مدت نگهداری ممکن است به دلیل افزایش آهن آزاد و دیگر پراکسیدان‌ها در ماهیچه باشد، روند افزایشی هیدروپراکسیدها نیز می‌تواند دلیلی بر این امر باشد (۱۹). در تمامی زمان‌های نگهداری تیمار پوششی کیتوزان - اسانس مرزنجوش کمترین میزان TBA را نشان داد و بعد از آن تیمار پوششی کیتوزان قرار داشت که باعث کاهش میزان TBA نسبت به تیمار شاهد (فیله بدون محافظ) در طی ۲۱ روز نگهداری در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  شد. اما با این وجود کاهش میزان تیوباریتوریک اسید در بعضی از روزهای نگهداری ممکن است به دلیل کاهش هیدروپراکسیدها و واکنش بین مالون آلدئید با انواع ترکیبات یا اجزاء موجود در عضلات از جمله پروتئین‌ها، اسیدهای

اکسیدانی می‌باشد (۱۳، ۱۴، ۱۵). بیشترین عملکرد آنتی‌باکتریایی و آنتی‌اکسیدانی آن را به تیمول و کارواکرول نسبت داده‌اند (۱۲، ۴۴). بررسی پوشش خوراکی کیتوزان ۱ و ۲ درصد در تغییرات کیفیت روغن سردین در شرایط سرد نشان داد که پوشش‌های خوراکی کیتوزان در مهار رشد باکتریها مؤثر بوده و تشکیل TVB-N و فرایندهای اکسیداسیون را به طور معنی‌داری کاهش دادند (۳۰). اجاق و همکاران (۱۳۸۹)، در مطالعه‌ای تأثیر استفاده از پوشش نگهدارنده کیتوزان (۲ درصد) غنی شده با اسانس دارچین (صفر،  $0/4$ ،  $0/8$ ،  $1/5$  و ۲ درصد) را بر کیفیت و ماندگاری فیله سرد شده ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در یخچال مورد بررسی قرار دادند (۲)، آنالیزهای میکروبی، مکانیکی و فیزیکی در فواصل زمانی ۴ روز تا روز ۱۶ نشان داد که تیمارهای پوششی مخصوصا تیمارهای با پوشش اسانس تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد داشت، بنابراین مشخص شد افزایش اسانس به کیتوزان به عنوان پوشش خوراکی موجب بهبود عملکرد این پوشش بر ماندگاری قزل‌آلای رنگین کمان شد. Jeon و همکاران (۲۰۰۲)، اثر کیتوزان با ۳ و اسکوزیته متفاوت ۱۴، ۵۷ و ۳۶۰ سانتی‌پوآز با وزن مولکولی متناظر ۶۶۰، ۹۶۰ و ۱۸۰۰ کیلودالتون را در افزایش ماندگاری فیله‌های ماهی کاد اطلسی *Gadus morhua* و هرنینگ *Clupea harengus* تا پایان ۱۲ روز نگهداری در دمای یخچال مطالعه کردند (۲۴). پوشش کیتوزانی به شکل معنی‌داری اکسیداسیون چربی، فساد شیمیایی و رشد میکروارگانیسم‌ها را در هر دو ماهی در مقایسه با نمونه‌های فاقد پوشش، کاهش داد Sathivel و همکاران (۲۰۰۷)، در بررسی اثرات کیتوزان به عنوان پوشش خوراکی بر کیفیت فیله‌های سالمون صورتی پوست‌زدایی شده (*Oncorhynchus gorbucha*) در طی ۳ و ۸ ماه نگهداری در انجماد، گزارش کردند که پوشش‌های کیتوزانی از کاهش رطوبت فیله‌ها به میزان حدود ۵۰ درصد در مقایسه با فیله‌های فاقد پوشش (شاهد) جلوگیری کرده و در تأخیر اکسیداسیون چربی مؤثر بودند (۴۲). همچنین فیله‌های پوشش داده شده با کیتوزان پس از انجمادزدایی

#### ۴-۳- بازهای ازته فرار

TVB-N از ترکیبات مختلف از جمله آمونیاک، متیل آمین، دی متیل آمین و همچنین تری متیل آمین تشکیل شده است که محصولات به دست آمده از فعالیت باکتری های عامل فساد آنزیم های درونی است (۳۹) و اغلب به عنوان یک شاخص برای فساد ماهی استفاده می شود. Özyurt و همکاران (۲۰۰۹) ماهی و محصولات ماهی را بر اساس شاخص TVB-N به چهار گروه شامل ۱- تا ۲۵ میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه ماهی: کیفیت عالی، ۲- تا ۳۰ میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه ماهی: کیفیت خوب، ۳- تا ۳۵ میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه ماهی: محدودیت مصرف، ۴- بالای ۳۵ میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه ماهی: فاسد طبقه بندی کردند (۳۷). نویسندگان مختلف گزارش کرده اند که حد قابل قبول برای ماهی تازه، ۳۰ میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه ماهی است (۲۲). در تحقیق حاضر میزان بازهای ازته فرار با گذشت زمان نگهداری در همه تیمارها افزایش یافت، به طوری که میزان بازهای ازته فرار از  $0.23 \pm 0.34$  میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه ماهیدر زمان صفر نگهداری تا  $0.59 \pm 0.21$  در روز ۱۴ نگهداری، در تیمار شاهد افزایش یافت و این میزان در تیمارهای پوششی کیتوزان و کیتوزان-اسانس از  $0.04 \pm 0.17$  و  $0.05 \pm 0.12$  میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه ماهیدر زمان صفر نگهداری به  $0.09 \pm 0.43$  و  $0.62 \pm 0.75$  در روز ۱۴ نگهداری، افزایش یافت. در تمامی زمان های نگهداری تیمار پوششی کیتوزان-اسانس مرزنجوش کمترین میزان را نشان داد و تا روز ۱۴ نگهداری در تیمار پوششی کیتوزان و تیمار پوششی کیتوزان-اسانس از سطح قابل قبول بازهای ازته فرار در گوشت ماهی (۳۰ میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه ماهی) فراتر نرفت. مقادیر پائین تر TVB-N در تیمار پوششی حاوی اسانس را می توان به خواص آنتی باکتریایی حاصل از ترکیبات فنلی کارواکرول و تیمول نسبت داد (۴۴). مقدار TVB-N در فیله قزل آلائی رنگین کمان دارای پوشش کازئینات سدیم و کازئینات سدیم حاوی اسانس آویشن در زمان نگهداری در یخچال، کمتر از تیمار فاقد پوشش

آمین و گلیکوژن باشد که علی رغم افزایش فساد ماهی باعث کاهش مقادیر مالون آلدهید و متعاقباً کاهش تیوباربتوریک اسید می شود (۱۹). مقدار TBA در دو تیمار دارای پوشش در طول دوره نگهداری پائین تر از حدی است که در آن طعم فساد مشخص گردد (کمتر از ۵ میلی گرم مالون دی آلدهید در هر کیلوگرم از بافت ماهی). به نظر می رسد استفاده از اسانس های طبیعی مانند مرزنجوش به دلیل محتوای گروه هایی از ترکیبات پلی فنلی که به عنوان آنتی اکسیدان عمل می کند، از تشکیل رادیکال های آزاد جلوگیری می کند و با نقش محافظتی از اکسیداسیون چربی ها باعث حفظ ویژگی های گوشت ماهی می شود (۱۴). زرگر (۱۳۹۳) با بررسی تأثیر پوشش نگهدارنده خوراکی کازئینات سدیم غنی شده با اسانس آویشن شیرازی (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ درصد) بر کیفیت و ماندگاری ماهی قزل آلائی رنگین کمان نگهداری شده در یخچال نیز مشاهده کردند که در پایان مدت ذخیره سازی، تیمار شاهد بالاترین مقادیر TBA را نسبت به سایر تیمارها داشت و تیمار کازئینات سدیم محتوی ۱٪ اسانس کمترین مقدار را نسبت به سایر تیمارها داشت (۴، ۵). Bensid و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه ای به بررسی اثر عصاره های آویشن، مرزنجوش و میخک بر پارامترهای کیفی ماهی کولی (Engraulis encrasicolus) در طول ذخیره سازی در یخ پرداختند (۸). طبق این نتایج مقدار TBA در گروه شاهد، در هر روز از مدت ذخیره سازی بالاتر از ( $P < 0.05$ ) ماهی کولی ذخیره شده در یخ با عصاره مرزنجوش بود، بنابراین مشخص شد، سطوح بالای محتوای کل ترکیبات فنلی عصاره ی پونه کوهی و میخک، می تواند در تأخیر پراکسیداسیون لیپیدی و از این رو به دست آوردن مقدار کمتر TBA نقش داشته باشد (۳۲). فیلم ها و پوشش های خوراکی قابلیت کند کردن نفوذ رطوبت، اکسیژن، مواد فرار و محلول را دارند که از این مسیر می توانند در کاهش اکسیداسیون موثر باشند، همچنین می توان این خصوصیات را با افزودن موادی مانند آنتی اکسیدان ها، مواد ضد میکروبی، مواد رنگی، طعم دهنده ها، ادویه ها و ... در ساختار فیلم، افزایش داد (۳۳).

#### ۴-۴- شاخص‌های میکروبی (باکتری‌های سرماگرا و سودوموناس‌ها)

اسانس مرزنجوش به خاطر مشتقات فنلی مانند کارواکرول و تیمول دارای فعالیت ضد میکروبی گسترده‌ای می‌باشد و یکی از مؤثرترین اسانس‌ها در رابطه با کنترل رشد میکروارگانیسم‌ها به حساب می‌آید. مطابق با یافته‌های Kurita و Koike (۱۹۸۳) اثر آنتی‌میکروبی اسانس مرزنجوش مربوط به فنل، الکل‌ها، آلدئیدها، کتونها، استرها و هیدروکربن‌های موجود در ترکیبات آن است (۲۶). باکتری‌های سرمادوست گرم منفی گروه اصلی میکروارگانیسم‌های عامل فساد ماهی نگهداری شده در دماهای سرد هستند (۶). باکتری‌های سرماگرا و عمدتاً گونه‌های سودوموناس آنزیم‌های لیپاز و فسفولیپاز تولید می‌کنند که سبب افزایش اسیدهای چرب آزاد می‌شوند. حد مجاز این باکتری‌ها در طول دوره ذخیره‌سازی ۷ (لگاریتم تعداد کلونی در گرم نمونه) است (۲۱). در مطالعه‌ی حاضر تعداد باکتری‌های سرماگرا و سودوموناس با افزایش زمان نگهداری افزایش یافت. همچنین میزان باکتری‌های سرماگرا در بین تیمارها دارای تفاوت معنی‌دار بود و با افزایش زمان نگهداری به طور معنی‌داری افزایش یافت ( $P < 0.05$ ). در روز ۱۴ نگهداری، این میزان در فیله شاهد به  $7/40 \pm 0.06$  لگاریتم تعداد کلونی در گرم نمونه که بالاتر از حد مجاز توصیه شده برای ماهی خام بود و در فیله پوششی کیتوزان  $6/22 \pm 0.10$  لگاریتم تعداد کلونی در گرم نمونه افزایش یافت، اما در نمونه پوششی کیتوزان و اسانس مرزنجوش این میزان به حدود  $5/74 \pm 0.08$  لگاریتم تعداد کلونی در گرم نمونه افزایش پیدا کرد. میزان اولیه باکتری‌های سودوموناس در روز صفر نگهداری در فیله شاهد و فیله‌های تیمار شده  $2/27 \pm 0.16$  لگاریتم تعداد کلونی در گرم نمونه بود که تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. باگذشت زمان مقدار سودوموناس‌ها در روز صفر در فیله قزل‌آلادر فیله شاهد تا حدود  $5/88 \pm 0.21$  لگاریتم تعداد کلونی در گرم نمونه در روز ۱۴ افزایش یافت، درحالی‌که این میزان در تیمار پوششی کیتوزان حدود  $0/24 \pm 4/91$  مشاهده شد و کمترین میزان

گزارش شد، به طوری که در روز ۱۶ نگهداری در تیمار شاهد و کازئینات سدیم بیش از حد مجاز، اما در تیمارهای حاوی اسانس آویشن این میزان کمتر از حد مجاز به دست آمد و با توجه به اینکه در تیمار شاهد و تیمار پوششی کازئینات هر دو خارج از محدوده‌ی مجاز بودند، دلیل این امر را به خواص آنتی‌باکتریایی آویشن نسبت دادند (۴)، Bensid و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی اثر عصاره‌های آویشن، مرزنجوش و میخک بر پارامترهای کیفی ماهی کولی (*Engraulis encrasicolus*) در طول ذخیره‌سازی در یخ گزارش کردند (۸) که مقدار TVB-N برای ماهی‌های کولی ذخیره‌شده در یخ با عصاره آویشن، مرزنجوش و میخک پس از ۱۲ روز قابل قبول (کمتر از ۳۰ میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه ماهی) بود و دارای اختلاف معنی‌دار با تیمار شاهد بود ( $P < 0.05$ ). نتایج تحقیق موسوی‌نسب و همکاران (۱۳۹۲) نیز نشان داد که اسانس فلفل سیاه و کیتوزان اثر سینرژیستی فراوانی در کاهش شمارش باکتری‌های کل، باکتری‌های سرمادوست، باکتری‌های اسیدلاکتیک و اینتروباکترها دارند. همچنین این دو ترکیب منجر به کاهش میزان بازهای ازته فرار در نمونه‌های پوشش‌دار شدند (۶). Ramezani و همکاران (۲۰۱۵)، گزارش کردند که پوشش کیتوزان و نانوکیتوزان برای حفاظت از فیله ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد موثر بود، البته نانوکیتوزان فعالیت ضد میکروبی بالاتر از کیتوزان نشان داد و توانایی بیشتری در مهار مقادیر TVB\_N در طول دوره نگهداری در یخچال داشت، غوطه‌ورسازی فیله‌های کپور در محلول کارواکرول/تیمول، موجب افزایش ماندگاری فیله از ۴ روز به حداقل ۱۲ روز گردید و مقادیر برای فیله‌های کپور غوطه‌ور شده در محلول  $0/5(7/7)$  درصد تیمول و کارواکرول، بعد از ۱۲ روز نگهداری در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد ۳۰ میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه ماهی‌گزارش کردند (۴۰)، در حالیکه تیمار شاهد تنها بعد از ۴ روز به این مقدار رسید (۲۹).

### ۵- نتیجه گیری

با توجه به تقاضای مصرف کنندگان برای دسترسی به مواد غذایی با کیفیت بالا و نگرانی آن‌ها به دلایل مشکلات ناشی از مصرف نگهدارنده‌های مصنوعی و نیز نگرانی‌های زیست‌محیطی ناشی از تجمع پلیمرهای مصنوعی، تکنولوژی استفاده از پوشش‌های زیست‌تخریب‌پذیر با خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی بالا می‌تواند جایگزین مناسبی باشد. با توجه به تحقیق حاضر می‌توان گفت اضافه کردن ۰/۵ درصد اسانس مرزنجوش به پوشش کیتوزان به دلیل داشتن خواص آنتی‌باکتریایی و آنتی‌اکسیدانی موجب بهبود پارامترهای بیوشیمیایی و میکروبی در طول دوره ۲۱ روزه نگهداری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نگهداری شده در دمای یخچال می‌گردد، به طوری که روند فساد بیوشیمیایی و میکروبی در فیله‌های پوشش داده شده با کیتوزان غنی شده با ۰/۵ درصد اسانس مرزنجوش نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت و پس از آن تیمار پوششی ۲ درصد کیتوزان بدون اسانس در شرایط بهتری نسبت به شاهد قرار داشت.

### ۶- منابع

۱. آمارنامه دریایی ایران، ۱۳۹۴. معاونت علمی و فناوری ستاد توسعه فناوری و صنایع دانش بنیان دریایی. ۱۰۶ص.
۲. اجاق، س.م. ۱۳۸۹. تأثیر استفاده از پوشش نگهدارنده کیتوزان غنی شده با اسانس دارچین بر کیفیت و ماندگاری فیله سرد شده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ( *Oncorhynchus mykiss* ). رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی. دانشگاه تربیت مدرس. ۱۰۷ صفحه
۳. اعتمادی، ح. ۱۳۸۷. پتانسیل آنتی‌باکتریایی و آنتی‌اکسیدانی عصاره رزماری ( *Rosmarinus officinalis* ) در افزایش عمر ماندگاری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ( *Oncorhynchus mykiss* )، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره ۵، شماره ۴، ص ۶۷-۷۷

سودوموناس مربوط به تیمار پوششی کیتوزان و اسانس به میزان  $4/31 \pm 0/06$  لگاریتم تعداد کلونی در گرم نمونه بود. نمونه‌های پوششی با کیتوزان- مرزنجوش بار باکتریایی کمتری داشتند و اثر بازدارندگی بهتری نشان دادند. زرگر (۱۳۹۰) در بررسی تأثیر پوشش نگهدارنده خوراکی کازئینات سدیم غنی شده با اسانس آویشن شیرازی بر کیفیت و ماندگاری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نگهداری شده در یخچال گزارش کردند که در پایان مدت ذخیره‌سازی (۲۰ روز)، شمارش باکتری‌های کل دو تیمار کازئینات محتوی ۰/۵ و ۱ درصد اسانس آویشن، با اختلاف معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها قرار داشتند (۴). در بررسی اثرات آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌باکتریایی عصاره‌های مرزنجوش، چای سبز، مریم‌گلی و برگ بو با دوز ۰/۳ و ۰/۶ درصد بر کیفیت برگ ماهی منجمد ماکرل ( *Scomber japonicus* ) مشخص شد که شمارش باکتری‌های کل در برگ ماهی برای همه تیمارهای حاوی اسانس در طول دوره ذخیره‌سازی از حد مجاز تجاوز نمی‌کند. در میان تیمارهای حاوی اسانس نیز تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ( $P < 0/05$ ) و به طور کلی در میان عصاره‌ها، عصاره مرزنجوش (۰/۶ درصد) در کنترل رشد میکروارگانیسم‌ها موثرتر بود. در این تحقیق استفاده از عصاره در دوز ۰/۶ درصد نسبت به دوز ۰/۳ درصد، منجر به رشد پایین‌تر باکتری در برگ ماهی شد. تعداد باکتری‌های سرماگرا (TPC) نیز در تیمارهای برگ ماهی حاوی عصاره مرزنجوش (۰/۶ درصد) و پس از آن عصاره چای سبز ۰/۶ درصد کاهش بیشتری را نشان داده است ( $P < 0/05$ ; ۳۶). مطالعه‌ی اجاق و همکاران (۱۳۸۹)، با استفاده از پوشش نگهدارنده کیتوزان غنی شده با اسانس دارچین در غلظت‌های کیتوزان (۲ درصد) و اسانس (۰، ۰/۴، ۰/۸ و ۱/۵ درصد) بر کیفیت و ماندگاری فیله سرد شده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان داد که تیمارهای پوششی مخصوصاً تیمارهای با پوشش اسانس تفاوت معنی‌داری از نظر آنالیزهای میکروبی، با تیمار شاهد داشتند (۲).

- in Food Science and Nutrition*, 44(4):223-237.
12. Didry, N., Dubreuil, L. and Pinkas, M. 1993. Antibacterial activity of thymol, carvacrol and cinnamaldehyde alone or in combination." *Journal Article*, 48: 301-304.
  13. Dorman, H.J.D. and Deans S.G. 2000. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*, 88: 308-316.
  14. Dragland, S., Senoo, H., Wake, K., Holte, K. and Blomhoff, R. 2003. Several Culinary and Medicinal Herbs Are Important Sources of Dietary Antioxidants. *Human Nutrition and Metabolism*, 133: 1286-1290.
  15. Economou, K.D., Oreopoulou, V. and Thomopoulos C.D. 1991. Antioxidant activity of some plant extracts of the family labiatae. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 68 (2): 109-113.
  16. Egan, H., Kirk, R.S. and Sawyer, R. 1997. Pearson's chemical analysis of food, 9th Edition Longman Scientific and Technica, pp: 609-634.
  17. Fan, W., Sun, J., Chen, Y., Qiu, J., Zhang, Y., and Chi, Y. 2009. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. *Food Chemistry*, 115(1): 66-70.
  18. Fernández-Saiz, P., Sánchez, G., Soler, C., Lagaron, J.M. and Ocio, M.J. 2013. Chitosan films for the microbiological preservation of refrigerated sole and hake fillets. *Food Control*, 34(1): 61-68.
  19. Gomes, H.A., Silva, E.N., Nascimento, M.R.L. and 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: 433 – 437.
  20. Goulas, A.E. and Kontominas, M.G. 2005. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry*, 93(3): 511-520.
  21. Hamzeh, A. and Rezaei, M. 2011. Antioxidant and antibacterial effects of زرگر، م. ۱۳۹۰، تأثیر پوشش نگهدارنده خوراکی کازئینات سدیم غنی‌شده با اسانس آویشن شیرازی بر کیفیت و ماندگاری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نگهداری‌شده در یخچال، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ۷۲ صفحه.
  ۵. زرگر، م.، یگانه، س.، رضوی، س.ه. و اجاق، م. ۱۳۹۳. تأثیر پوشش خوراکی کازئینات سدیم بر کیفیت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگهداری در یخچال. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره ۴۴، دوره ۱۱، ص ۸۱-۷۱.
  ۶. موسوی‌نسب، م.، گلمکانی، م.ت.، ضیایی، ا.، عزیزی‌نیا، م.، شاد، ا. و یوسف‌آباد، م.ح. ۱۳۹۲. اثر پوشش تهیه‌شده از کیتوزان و اسانس فلفل سیاه بر خصوصیات میکروبی و فیزیکوشیمیایی ماهی کپور معمولی. بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، ۶ صفحه
  7. Aider, M. 2010. Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry: Review. *LWT-Food Science and Technology*, 43: 837-842.
  8. Bensid, A., Ucar, Y., Bendeddouche, B. and Özogul, F. 2014. Effect of the icing with thyme, oregano and clove extracts on quality parameters of gutted and beheaded anchovy (*Engraulis encrasicolus*) during chilled storage. *Food chemistry*, 145: 681-686.
  9. Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94: 223-253.
  10. Cagri, A., Ustunol, Z. and Ryser, E.T. 2004. Antimicrobial edible films and coatings. *Journal of Food Protection*, 67(4): 833-848.
  11. Cha, D.S. and Chinnan, M.S. 2004. Biopolymer-based antimicrobial packaging: a review. *Critical Reviews*

- during chilled storage. *Food Hydrocolloids*, 26(1): 167-174.
31. Namulema, A., Muyonga, J.H. and Kaaya A.N. 1999. Quality deterioration in frozen Nile perch (*Lates niloticus*) stored at -13 and -27°C, *Food Research International*, 32: 151-156.
  32. Negi, P.S. 2012. Plant extracts for the control of bacterial growth: Efficacy, stability and safety issues for food application. *International Journal of Food Microbiology*, 156(1): 7-17 .
  33. Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H. and Hosseini S.M.H. 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 120: 193-198.
  34. Olafsdottir, G., Martinsdóttir, E., Oehlenschläger, J., Dalgaard, P., Jensen, B., Undeland, I., et al., 1997. Methods to evaluate fish freshness in research and industry. *Trends in Food Science & Technology*, 8(8): 258-265.
  35. Oussalah, M., Caillet, S., Saucier, L. and Lacroix, M. 2007. Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli*, *Salmonella Typhimurium*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. *Food Control*, 18(5): 414-420.
  36. Ozogul, Y. and Uçar, Y. 2013. The effects of natural extracts on the quality changes of frozen chub mackerel (*Scomber japonicus*) burgers. *Food and Bioprocess Technology*, 6(6): 1550-1560.
  37. Özyurt, G., Kuley, E., Özkütük, S. and Özogul, F. 2009. Sensory, microbiological and chemical assessment of the freshness of red mullet (*Mullus barbatus*) and goldband goatfish (*Upeneus moluccensis*) during storage in ice. *Food chemistry*, 114(2): 505-510.
  38. Peniche, C., Argüelles-Monal, W. and Goycoolea, F.M. 2008. Chitin and chitosan: major sources, properties and applications. Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources, 517-542.
  - sodiumalginate coating enriched with thyme essential oil on rainbow trout fillets during refrigerated storage. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 6(3): 11-20.
  22. Harpaz, S., Glatman, L., Drabkin, V. and Gelman, A. 2003. Effects of herbal essential oils used to extend the shelf life of freshwater-reared Asian sea bass fish (*Lates calcarifer*). *Journal of Food Protection*, 66(3): 410-417.
  23. Higdon, J.V. and Frei, B. 2003. Tea catechins and polyphenols: health effects, metabolism, and antioxidant functions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(1): 89-143
  24. Jeon, Y.J., Kamil, J.Y. and 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.
  25. Kaitaranta, J.K. 1992. Control of lipid oxidation in fish oil with various antioxidative compounds. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 69(8): 810-813.
  26. Kurita, N. and Koike, S. 1983. Synergistic antimicrobial effect of ethanol, sodium chloride, acetic acid and essential oil components. *Agricultural and Biological Chemistry*, 47(1): 75-67.
  27. López, P., Sanchez, C., Batlle, R. and Nerin, C. 2007. Vapor-Phase Activities of Cinnamon, Thyme, and Oregano Essential Oils and Key Constituents against Foodborne Microorganisms. *Food Chemistry*, 55(11): 4348-4356.
  28. Mac Faddin, J.F. 1997. Biochemical tests for identification of medical bacteria, Williams & Wikins Co. pp. 312.
  29. Mahmoud, B.S.M., Yamazaki, K., Miyashita, K., Shin, S. and Suzuki, T. 2004. Bacterial microflora of carp (*Cyprinus carpio*) and its shelf-life extension by essential oil compounds. *Food Microbiology*. 21: 657 – 666.
  30. Mohan, C.O., Ravishankar, C.N., Lalitha, K.V. and Srinivasa Gopal, T.K. 2012. Effect of chitosan edible coating on the quality of double filleted Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*)

- (*Oncorhynchus gorbuscha*) fillets during frozen storage. *Journal of Food Engineering*, 83(3): 366-373.
43. Wang, C. and Shelef, L.A. 1992. Behavior of *Listeria monocytogenes* and the spoilage microflora in fresh cod fish treated with lysozyme and EDTA. *Food microbiology*, 9(3): 207-213.
  44. Yanishlieva, N.V., Marinova, E.M., Gordon, M.H. and Raneva, V.G. 1999. Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems. *Food Chemistry*, 64(1): 59-66.
  45. Yasin, N. M. N. and Abou-Taleb, M. 2007. Antioxidant and antimicrobial effects of marjoram and thyme in coated refrigerated semi fried mullet fish fillets. *World J. Dairy Food Sci*, 2: 1-9.
  39. Rahimabadi, E.Z. and Divband, M. 2012. The effects of coating and *Zataria multiflora* Boiss essential oil on chemical attributes of silver carp fillet stored at 4°C. *International food research journal*, 19(2): 685-690.
  40. Ramezani, Z., Zarei, M. and Raminnejad, N. 2015. Comparing the effectiveness of chitosan and nanochitosan coatings on the quality of refrigerated silver carp fillets. *Food Control*, 51: 43-48.
  41. Rezaei, M. and Hosseini, S.F. 2008. Quality assessment of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during chilled storage. *Journal of Food science*, 73(6): 93-96.
  42. Sathivel, S., Liu, Q., Huang, J. and Prinyawiwatkul, W. 2007. The influence of chitosan glazing on the quality of skinless pink salmon



(Original Research Paper)  
**Effect of Chitosan Coating incorporated with Marjoram Essential oil (*Origanum vulgare* L.) on Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Shelf life During Refrigerated Storage**

Samira Jeddi<sup>1</sup>, Sakineh Yeganeh<sup>2\*</sup>, Seyed Ali Jafarpour<sup>2</sup>, Mahmood Naseri<sup>3</sup>

1-MSc Graduated, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Agricultural and Natural Resources University, Sari, Iran.

2-Assistant Professor, Department of Fisheries, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Agricultural and Natural Resources University, Sari, Iran.

3-Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Agricultural and Natural Resources University, Sari, Iran.

4-Assistant Professor, Department of Natural resources and Environmental Engineering, Faculty of Agricultural, Shiraz University, Shiraz, Iran.

Received:16/07/2016

Accepted:21/02/2017

**Abstract**

In order to enhance quality and shelf life of food materials, different methods were applied in food industry. In this study, the effect of chitosan (C) coating incorporated with marjoram essential oils (EO) on chemical and microbial parameters of rainbow trout fillets were studied at 4 °C. For this purpose, aqueous solution of C 2% (w/w) was provided in the form of two treatments: C without essential oil (EO) and with concentration 0.5% (v/w) of Marjoram EO, then applied as a coating on the fillet. All samples were stored in the refrigerator (4±1°C) for 20 days. The fillet without coating (control) and coated fish samples were analyzed periodically each 7 days of storage time (0, 7, 14 and 21 days) for chemical (PV, TBA, TVB-N) and microbial (*Psychrophilic* and *Pseudomonas* bacteria). The results indicated that coated samples with C incorporated with marjoram EO had the lowest bacterial load and rancidity indices and showed a better inhibition effect followed by coated fillet with C 2% without EO. Due to the limitation of synthetic antioxidant usage and consumer tendency to natural antioxidants, 0.5% marjoram EO can be introduced as an efficient antioxidant as well as chitosan coating for increasing the rainbow trout fillet shelf life in the food industry.

**Keywords:** Rainbow Trout, Chitosan, Marjoram Essential Oils, Shelf life

---

\*Corresponding Author: [skjeganeh@gmail.com](mailto:skjeganeh@gmail.com)

