



## اثرات ضد اکسیداسیونی پوشش خوراکی آلزینات سدیم به همراه ویتامین C بر کیفیت فیله ماهی قزل آلاهی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در خلال نگهداری در یخچال

الناز نامی خسمخی<sup>۱\*</sup>، اسحق زکی پور رحیم آبادی<sup>۲،۳</sup>، علی اصغر خانی پور<sup>۴</sup>

۱- کارشناسی ارشد رشته فراوری محصولات شیلاتی، دانشگاه زابل

۲- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل

۳- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

۴- دانشیار، پژوهشکده آبی پروری آبهای داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندر انزلی، ایران

دریافت: ۹۴/۰۴/۲۲ پذیرش: ۹۵/۰۳/۲۳

\*نویسنده مسئول مقاله: elnaz\_nami67@yahoo.com

### چکیده

اثرات ضد اکسیداسیونی پوشش زیستی آلزینات سدیم حاوی ویتامین C برای افزایش زمان نگهداری فیله ماهی قزل آلاهی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در سه تیمار به ترتیب، کنترل (C)، آلزینات سدیم ۱/۵٪ (A)، آلزینات سدیم ۱/۵٪ حاوی ۵٪ ویتامین C (A+Vc) بررسی شد. تیمارهای تحقیق به صورت دوره ای تحت آزمایش های ترکیبات تقریبی (رطوبت، پروتئین، چربی، خاکستر، pH) و آزمایش های فساد شیمیایی و اکسیداسیون شامل مجموع بازهای نیتروژنه فرار (TVB-N)، شاخص پراکسید (PV)، تیوباریوتیک اسید (TBA) و اسیدهای چرب آزاد (FFA) قرار گرفتند. بر اساس نتایج آماری، میزان pH، TVB-N، PV، TBA و FFA در تیمار A+Vc در طول دوره نگهداری در یخچال به طور معنی داری ( $P < 0.05$ ) کمتر از تیمارهای C و A بود. افزایش معنی داری در این شاخص ها در هر سه تیمار با افزایش زمان نگهداری در یخچال مشاهده گردید ( $P < 0.05$ ). نتایج بیانگر برتری کیفیت تیمارهای دارای پوشش نسبت به تیمار شاهد بود. و پوشش آلزینات سدیم حاوی ویتامین C بدلیل خاصیت آنتی اکسیدانی ویتامین C باعث کاهش اکسیداسیون فیله ماهی قزل آلاهی رنگین کمان در طی نگهداری در شرایط سرد ( $1 \pm 4^{\circ}C$ ) شد.

## واژگان کلیدی: آلزینات سدیم، ویتامین C، فزل آلای رنگین کمان، زمان ماندگاری

## مقدمه

فراورده‌های حاصل از ماهیان جزء غذاهای بسیار فسادپذیر است و نسبت به سایر غذاهای گوشتی سریع‌تر فاسد می‌شوند (Rezaei et al., 2008 ; Fan et al., 2009). ماهیان با وجود ارزش غذایی بالایی که دارند در برابر فساد اکسیداتیو بسیار حساس هستند و ویژگی‌های کیفی آنها در طول نگهداری در اثر فساد باکتریایی و اکسیداتیو کاهش می‌یابد (Mexis et al., 2009). با توجه به افزایش تقاضا برای محصولات شیلاتی، برای جلوگیری از فساد و کاهش کیفیت آنها لازم است مراحل نگهداری و عمل‌آوری محصول پس از صید به‌درستی انجام شود (Berkel et al., 2004). با توجه به تغییرات کیفی ماهیان هنگام نگهداری به روش سرد کردن محیط، کاربرد مواد طبیعی که قابلیت تجزیه هم دارند، در حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری ضرورت می‌یابد (Ojagh et al., 2012). فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی همانند نگهدارنده‌ها سبب جلوگیری از رشد میکروب‌ها و فساد در سطح محصول می‌شوند و جانشین خوبی برای آنها می‌باشند (Seifzade et al., 2011). ترکیبات آنتی‌اکسیدانی را می‌توان در ترکیب با پوشش‌ها و یا فیلم‌ها برای افزایش مدت تماس ماده نگهدارنده با محصول و در نتیجه افزایش ماندگاری آن استفاده کرد (Ojagh et al., 2012). فزل آلای رنگین کمان مانند سایر گونه‌های ماهیان چرب، به‌طور ویژه‌ای به تغییرات اکسیداسیون و فساد کیفی طی مدت نگهداری حساس است (Rezaei and Hamze, 2011). کاهش کیفیت در ماهیان چرب در مرحله اول به دلیل فعالیت میکروارگانیسم‌ها و اکسیداسیون چربی‌ها می‌باشد (Rezaei and Hosseini, 2008).

تاکنون، تشکیل فیلم و ویژگی‌های آن درباره پلی‌ساکاریدهایی مثل نشاسته و مشتقات آن، صمغ‌های گوناگون میکروبی و گیاهی، کیتوزان، پکتین‌ها و آلزینات بررسی شده است (Cho and Dreher, 2001). آلزینات از جلبک‌های قهوه‌ای به‌دست می‌آید و مانند نشاسته و سلولز یک پلی‌ساکارید است که از ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ عدد واحدهای ساختمانی تشکیل شده و دارای دو بخش نسبتاً سخت و منعطف است (Cho and Dreher, 2001). قابلیت تشکیل ژل، افزایش استحکام بافت‌ها، پایدارکنندگی و قابلیت تشکیل فیلم از خواص کاربردی آلزینات است (Cho and Dreher, 2001). وقتی لایه نازکی از ژل یا محلول آلزینات خشک شود، فیلم یا پوششی تشکیل می‌شود که می‌تواند باعث حفظ ظرفیت نگهداری آب، محافظت در برابر فساد میکروبی و مقاومت در برابر اکسیداسیون شود (Cho and Dreher, 2001). توانایی بالای آلزینات در تشکیل فیلم امکان استفاده از آن را به‌عنوان یک پوشش غذایی مناسب فراهم کرده است؛ البته حضور و همراهی ترکیبات ضدباکتریایی و ضداکسیداسیونی، زمینه افزایش خواص نگهدارندگی آن را فراهم می‌کنند. ویتامین C به‌عنوان یک ضداکسیدان طبیعی شناخته شده است و در ممانعت از اکسیداسیون چربی‌ها و آنزیم‌ها نقش مهمی دارد و نشان‌دهنده یک پتانسیل مثبت به‌عنوان نگهدارنده و ضداکسیدان در صنایع غذایی به‌ویژه در نگهداری گوشت است (Yongling et al., 2011). ویتامین C اکسیژن را به دام می‌اندازد و سبب کاهش اکسیژن و رادیکال آزاد کربن می‌گردد و در نتیجه به شکل دهیدرو آسکوربیک<sup>۱</sup> اسید در می‌آید (Gregory, 1996).

فراوانی مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دهه اخیر سبب شده است تا در برخی مناطق تولید قزل‌آلا به حالت اشباع برسد. قزل‌آلای رنگین‌کمان مانند سایر گونه‌های ماهیان چرب به‌طور ویژه‌ای به تغییرات اکسیداسیون و فساد کیفی طی مدت نگهداری حساس است. افزایش زمان ماندگاری محصولات شیلاتی از ضروریات و دغدغه‌های متخصصان شیلاتی می‌باشد و با توجه به افزایش آگاهی‌ها نسبت به به‌کارگیری از ترکیبات طبیعی و ایمن به‌منظور حفظ سلامت مصرف‌کنندگان، بسیاری از تحقیقات به استفاده از این مواد سالم و امن سوق داده شده‌اند. در این راستا، نظر به فراوانی تولید و عرضه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در کشور، این ماهی به‌عنوان گونه مورد مطالعه انتخاب شد و اثرهای ترکیب پوشش آلژینات‌سدیم با ویتامین C در نگهداری این ماهی ارزیابی گردید.

#### مواد و روش‌ها

۲۰ عدد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به وزن  $50 \pm 50$  گرم به‌صورت زنده تهیه و همراه با یخ به آزمایشگاه مرکز تحقیقات فراوری آبزیان منتقل شد. پس از سر زنی، تخلیه امعا و احشا و استخوان‌گیری ماهیان، از هر ماهی ۲ فیله به وزن  $10 \pm 150$  گرم برای انجام آزمایش‌های مختلف آماده گردید. برای تهیه پوشش خوراکی از آلژینات‌سدیم تجاری (Sigma, A.2033)، استفاده شد. محلول آلژینات‌سدیم از طریق انحلال ۱۵ گرم پودر آلژینات‌سدیم در ۱ لیتر آب مقطر (محلول ۱/۵ درصد آلژینات‌سدیم) و همچنین محلول آلژینات‌سدیم ۱/۵ درصد حاوی ۵ درصد ویتامین C (Merck, Germany) همراه با هم زدن و گرمای ملایم ( $50 \pm 55$  درجه سانتی‌گراد) تهیه شدند (Lu et al., 2009). با توجه به مطالعات انجام شده در گذشته، چون ۵ درصد ویتامین C دارای تأثیر بهتری بود، از این مقدار استفاده گردید. از آنجا که پوشش آلژینات‌سدیم شکننده است، ۲ درصد

گلیسرول (شرکت مرک، آلمان) نیز به‌عنوان نرم‌کننده<sup>۲</sup> به محلول‌ها اضافه شد (Rojas-Grau et al., 2007). همزمان محلول ۲ درصد کلریدکلسیم (شرکت مرک، آلمان) هم به‌صورت جداگانه تهیه شد. فیله‌ها به‌مدت ۱ دقیقه در محلول‌ها در دمای اتاق غوطه‌ور شدند، سپس آنها را از محلول‌ها خارج کرده و به‌مدت ۳۰ ثانیه اجازه داده شد تا آب چک انجام شود و پس از آن به‌مدت ۳۰ ثانیه در محلول ۲ درصد کلریدکلسیم در دمای اتاق غوطه‌ور شدند تا پیوند متقاطع القا شود (Yu et al., 2008). سپس نمونه‌ها به‌مدت ۱۵ روز در یخچال قرار داده شدند و آزمایش‌های شیمیایی شامل رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر با روش (AOAC, 2005) در دو زمان صفر و روز ۱۵ انجام شدند و همچنین اندازه‌گیری pH و آزمایش‌های فساد شیمیایی شامل مجموعه بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N) با روش (parvane, 2004)، شاخص پراکسید (PV) با روش (AOAC, 2005)، شاخص تیوباریتوریک اسید (TBA) و اسیدهای چرب آزاد (FFA) با روش (Natseba et al., 2005) به‌صورت دوره‌ای (هر ۳ روز یک‌بار) انجام شدند.

#### تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد. ابتدا طبیعی بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف (Kolomogorav- Smirnov) و سپس همگنی واریانس داده‌ها با آزمون لون (Leven) انجام گردید که نتایج این آزمون‌ها برای آنالیز آماری داده‌های مربوط به تیمارهای آزمایش استفاده شد. برای بررسی تأثیر همزمان زمان و پوشش خوراکی بر شاخص‌ها در تیمارهای مورد نظر و بررسی وجود یا نبود اختلاف معنادار بین مقادیر حاصل از هر شاخص در زمان‌های ۰، ۳، ۶، ۹ و ۱۵ روز

نگهداری از روش تجزیه واریانس یک طرفه (one way ANOVA) و همچنین برای مقایسه میانگین‌ها در مواردی که اثر کلی تیمارها معنادار شناخته شد، از آزمون دانکن استفاده گردید. گفتنی است که در تمامی مراحل تجزیه و تحلیل، خطای مجاز برای میزان ۵ درصد در نظر گرفته شد.

**نتایج** محتوای رطوبت، چربی، پروتئین و خاکستر فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با سه تیمار شاهد، آلزینات‌سدیم و آلزینات‌سدیم حاوی ویتامین C در روزهای صفر و ۱۵، طی نگهداری در یخچال در جدول ۱ آورده شد.

**جدول ۱ مقادیر رطوبت، چربی، پروتئین و خاکستر اندازه‌گیری شده فیله‌های پوشش‌دهی شده قزل‌آلای در نمونه‌های مختلف در روزهای صفر و ۱۵.**

زمان (روز)	C (شاهد)	A (آلزینات‌سدیم)	A+Vc (آلزینات‌سدیم و ویتامین C)
زمان صفر	رطوبت ۷۱/۴۱ ± ۰/۰۲ <sup>Ba</sup>	رطوبت ۷۱/۶۰ ± ۰/۱۳ <sup>ABa</sup>	رطوبت ۷۱/۹۵ ± ۰/۲۱ <sup>Aa</sup>
پس از ۱۵ روز	رطوبت ۷۱/۲۶ ± ۰/۰۴ <sup>Cb</sup>	رطوبت ۷۱/۷۸ ± ۰/۰۲ <sup>Ba</sup>	رطوبت ۷۲/۰۰ ± ۰/۱۴ <sup>Aa</sup>
زمان صفر	چربی ۶/۸۹ ± ۰/۰۲ <sup>Ba</sup>	چربی ۷/۱۶ ± ۰/۰۱ <sup>Aa</sup>	چربی ۷/۲۰ ± ۰/۰۰۱ <sup>Aa</sup>
پس از ۱۵ روز	چربی ۶/۰۴ ± ۰/۰۸ <sup>Bb</sup>	چربی ۶/۲۷ ± ۰/۰۸ <sup>Ab</sup>	چربی ۶/۴۵ ± ۰/۰۶ <sup>Ab</sup>
زمان صفر	پروتئین ۱۹/۹۰ ± ۰/۰۹ <sup>Aa</sup>	پروتئین ۲۰/۰۳ ± ۰/۱۴ <sup>Aa</sup>	پروتئین ۲۰/۵۰ ± ۰/۰۷ <sup>Aa</sup>
پس از ۱۵ روز	پروتئین ۱۹/۹۳ ± ۰/۰۷ <sup>Aa</sup>	پروتئین ۲۰/۰۴ ± ۰/۰۹ <sup>Aa</sup>	پروتئین ۲۰/۶۳ ± ۰/۰۶ <sup>Aa</sup>
زمان صفر	خاکستر ۱/۶۸ ± ۰/۰۲ <sup>Aa</sup>	خاکستر ۱/۶۸ ± ۰/۰۲ <sup>Aa</sup>	خاکستر ۱/۷۰ ± ۰/۰۰۱ <sup>Aa</sup>
پس از ۱۵ روز	خاکستر ۱/۶۸ ± ۰/۰۲ <sup>Aa</sup>	خاکستر ۱/۷۱ ± ۰/۰۲ <sup>Aa</sup>	خاکستر ۱/۷۲ ± ۰/۰۶ <sup>Aa</sup>

اعداد داخل جدول بیانگر میانگین و انحراف معیار (Mean ± SD) سه تکرار است. حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنادار بین تیمارها در سطح ۵ درصد ( $p < 0/05$ ) می‌باشند و حروف کوچک متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنادار طی نگهداری در یخچال در سطح ۵ درصد ( $p < 0/05$ ) را نشان می‌دهد.

نتایج ارزیابی آنالیز تقریبی نشان داد که میزان رطوبت، چربی، پروتئین و خاکستر در تیمار C (کنترل)، A (آلزینات‌سدیم) و A+Vc (آلزینات‌سدیم و ویتامین C) تفاوت معناداری نشان ندادند ( $p < 0/05$ ). افزایش جزئی رطوبت در تیمارهای پوشش‌دار می‌تواند ناشی از تأثیر محلول پوشش خوراکی باشد و افزایش جزئی چربی

می‌تواند به دلیل استفاده از گلیسرول در ترکیب پوشش خوراکی باشد. با توجه به جدول ۱، در بررسی تأثیر زمان نگهداری مشاهده می‌شود پس از ۱۵ روز میزان رطوبت کاهش و میزان چربی افزایش یافت.

pH: نتایج pH در تیمارهای مختلف و در طی روزهای نگهداری در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

**جدول ۲ تغییرات pH اندازه‌گیری شده فیله‌های پوشش‌دهی شده قزل‌آلای در نمونه‌های مختلف طی نگهداری در یخچال**

زمان	C (شاهد)	A (آلزینات‌سدیم)	A+Vc (آلزینات‌سدیم و ویتامین C)
.	۵/۶۶ ± ۰/۰۱ <sup>Ac</sup>	۵/۵۹ ± ۰/۰۰ <sup>Bf</sup>	۴/۹۸ ± ۰/۰۱ <sup>Cf</sup>

زمان	C (شاهد)	A (آلژینات سدیم)	A+Vc (آلژینات سدیم و ویتامین C)
۳	۵/۷۴ ± ۰/۰۱ <sup>Ac</sup>	۵/۶۹ ± ۰/۰۰ <sup>Bc</sup>	۵/۱۰ ± ۰/۰۲ <sup>Cc</sup>
۶	۵/۷۷ ± ۰/۱۹ <sup>Ac</sup>	۵/۸۳ ± ۰/۰۲ <sup>Ad</sup>	۵/۲۲ ± ۰/۰۱ <sup>Cd</sup>
۹	۶/۶۴ ± ۰/۰۲ <sup>Ab</sup>	۶/۵۳ ± ۰/۰۲ <sup>Bc</sup>	۵/۷۳ ± ۰/۰۲ <sup>Cc</sup>
۱۲	۶/۵۸ ± ۰/۰۱ <sup>Ab</sup>	۶/۷۴ ± ۰/۰۱ <sup>Ab</sup>	۶/۰۲ ± ۰/۰۳ <sup>Cb</sup>
۱۵	۶/۸۶ ± ۰/۰۱ <sup>Aa</sup>	۶/۸۲ ± ۰/۰۱ <sup>Ba</sup>	۶/۱۲ ± ۰/۰۱ <sup>Ca</sup>

اعداد داخل جدول بیانگر میانگین و انحراف معیار (Mean ± SD) سه تکرار است. حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنادار بین تیمارها در سطح ۵ درصد ( $p < 0/05$ ) می‌باشند و حروف کوچک متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنادار طی نگهداری در یخچال در سطح ۵ درصد ( $p < 0/05$ ) را نشان می‌دهد.

در ارزیابی میزان pH مشخص شد که مقادیر pH در تیمار A+Vc در تمامی روزهای اندازه‌گیری به‌طور معناداری کمتر از تیمار C و A بوده است ( $p < 0/05$ ). همچنین نتایج نشان داد مقدار pH در طول دوره نگهداری برای همه تیمارها با گذشت زمان، ابتدا کاهش و سپس افزایش معناداری یافته است ( $p < 0/05$ ).  
مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N): نتایج TVB-N در تیمارهای مختلف و در طی روزهای نگهداری در جدول ۳ مشاهده می‌شود.

جدول ۳ TVB-N اندازه‌گیری شده (mgN/100g) فیله‌های پوشش‌دهی شده قزل‌آلا در نمونه‌های مختلف طی نگهداری در یخچال

زمان	C (شاهد)	A (آلژینات سدیم)	A+Vc (آلژینات سدیم و ویتامین C)
۰	۱۲/۲۰ ± ۰/۱۱ <sup>Bf</sup>	۱۲/۷۵ ± ۰/۰۷ <sup>Ae</sup>	۱۰/۲۰ ± ۰/۲۸ <sup>Cd</sup>
۳	۱۴/۳۰ ± ۰/۴۲ <sup>Ac</sup>	۱۲/۲۰ ± ۰/۲۸ <sup>Be</sup>	۱۰/۸۰ ± ۰/۲۳ <sup>Cd</sup>
۶	۱۶/۳۰ ± ۰/۴۲ <sup>Ad</sup>	۱۴/۵۰ ± ۰/۴۲ <sup>Bd</sup>	۱۲/۱۰ ± ۰/۱۴ <sup>Cc</sup>
۹	۱۹/۴۰ ± ۰/۲۸ <sup>Ac</sup>	۱۵/۶۰ ± ۰/۴۲ <sup>Bc</sup>	۱۳/۷۰ ± ۰/۱۴ <sup>Cb</sup>
۱۲	۲۴/۲۰ ± ۰/۲۸ <sup>Ab</sup>	۱۶/۳۰ ± ۰/۴۲ <sup>Bb</sup>	۱۴/۱۰ ± ۰/۱۴ <sup>Cb</sup>
۱۵	۲۸/۴۰ ± ۰/۲۸ <sup>Aa</sup>	۱۸/۴۵ ± ۰/۰۷ <sup>Ba</sup>	۱۵/۵۰ ± ۰/۲۸ <sup>Ca</sup>

اعداد داخل جدول بیانگر میانگین و انحراف معیار (Mean ± SD) سه تکرار است. حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنادار بین تیمارها در سطح ۵ درصد ( $p < 0/05$ ) می‌باشند و حروف کوچک متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنادار طی نگهداری در یخچال در سطح ۵ درصد ( $p < 0/05$ ) را نشان می‌دهد.

با توجه به جدول ۳، نتایج آنالیز آماری نشان‌دهنده وجود اثر متقابل معنادار بین زمان و تیمارهای دارای پوشش بود. به همین دلیل، مقایسه میانگین‌ها در تیمارهای مختلف طی مدت نگهداری به‌صورت مجزا انجام شد. به‌طور کلی، نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها به این صورت است که با توجه به جدول ۳، با گذشت زمان مقادیر TVB-N در همه تیمارها طی مدت زمان نگهداری افزایش معناداری یافت، ولی این افزایش در تیمار C با شدت بیشتری همراه بود به‌طوری که در روز ۱۵ دارای بیشترین مقدار ( $28/40 \pm 0/28$ ) بود. تیمارهای دارای پوشش، A و A+Vc از مقدار TVB-N کمتری برخوردار بودند، به‌طوری که تیمار A در روز ۱۵ به محدوده استاندارد رسید (Sawyei, 1991)، اما تیمار A+Vc، در روز ۱۵ با میانگین  $15/50 \pm 0/28$  با کیفیت مناسب حفظ شده و تیمارها از نظر آماری اختلاف معنادار نشان دادند ( $p < 0/05$ ).

پراکساید (PV): نتایج PV در تیمارهای مختلف و در طی روزهای نگهداری در جدول ۴ مشاهده می‌شود.  
**جدول ۴: PV (میلی اکی والان اکسیژن در ۱۰۰۰ گرم چربی) اندازه‌گیری شده فیله‌های پوشش‌دهی شده قزل‌آلا در نمونه‌های مختلف طی نگهداری در یخچال**

زمان	C (شاهد)	A (آلژینات سدیم)	A+Vc (آلژینات سدیم و ویتامین C)
۰	۰/۰۳ ± ۰/۰۱ Af	۰/۰۲ ± ۰/۰۲ Af	۰/۰۱ ± ۰/۰۲ Af
۳	۰/۹۱ ± ۰/۰۲ Ae	۰/۷۳ ± ۰/۰۲ Be	۰/۶۰ ± ۰/۰۱ Ce
۶	۲/۳۷ ± ۰/۰۳ Ad	۱/۷۰ ± ۰/۱۲ Bd	۱/۰۵ ± ۰/۰۱ Cd
۹	۴/۲۱ ± ۰/۰۲ Ac	۳/۰۰ ± ۰/۱۴ Bc	۱/۷۵ ± ۰/۰۱ Cc
۱۲	۵/۱۰ ± ۰/۱۴ Ab	۴/۰۹ ± ۰/۰۱ Ab	۲/۸۱ ± ۰/۰۲ Bb
۱۵	۸/۵۰ ± ۰/۵۶ Aa	۷/۰۵ ± ۰/۰۱ Ba	۴/۴۸ ± ۰/۰۲ Ca

اعداد داخل جدول بیانگر میانگین و انحراف معیار (Mean ± SD) سه تکرار است. حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنادار بین تیمارها در سطح ۵ درصد ( $p < 0/05$ ) می‌باشند و حروف کوچک متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنادار طی نگهداری در یخچال در سطح ۵ درصد ( $p < 0/05$ ) را نشان می‌دهد.

با توجه به جدول ۴، نتایج آنالیز آماری مقادیر عدد پراکساید حاکی از آن بود که اثر پوشش‌ها، زمان و اثر متقابل هر سه معنادار بودند ( $p < 0/05$ ). با گذشت زمان در همه تیمارها میزان عدد پراکساید افزایش یافت، به طوری که این افزایش در تیمار C با شدت بیشتری همراه بود ( $p < 0/05$ ). مقایسه بین تیمارهای مختلف طی مدت نگهداری نشان داد که روند افزایش در تیمار A+Vc نسبت به سایر تیمارها

کندتر بود به طوری که با دیگر تیمارها اختلاف معناداری ( $p < 0/05$ ) داشت.

تیوباریتوریک اسید (TBA): نتایج TBA در تیمارهای مختلف و در طی روزهای نگهداری در جدول ۵ مشاهده می‌شود.

**جدول ۵: TBA (میلی‌گرم مالون آلدنید بر کیلوگرم چربی) اندازه‌گیری شده فیله‌های پوشش‌دهی شده قزل‌آلا در نمونه‌های مختلف طی نگهداری در یخچال**

زمان	C (شاهد)	A (آلژینات سدیم)	A+Vc (آلژینات سدیم و ویتامین C)
۰	۰/۱۲ ± ۰/۰۳ Af	۰/۱۴ ± ۰/۰۲ Af	۰/۰۱ ± ۰/۰۱ Bf
۳	۰/۸۹ ± ۰/۰۴ Ae	۰/۶۰ ± ۰/۰۱ Be	۰/۴۱ ± ۰/۰۱ Ce
۶	۱/۶۱ ± ۰/۰۲ Ad	۰/۹۶ ± ۰/۰۱ Bd	۰/۵۲ ± ۰/۰۱ Cd
۹	۲/۶۹ ± ۰/۰۲ Ac	۱/۲۶ ± ۰/۰۲ Bc	۰/۸۲ ± ۰/۰۱ Cc
۱۲	۳/۱۰ ± ۰/۰۱ Ab	۱/۸۱ ± ۰/۰۲ Bb	۱/۰۰ ± ۰/۰۱ Cb
۱۵	۳/۴۱ ± ۰/۰۲ Aa	۲/۲۲ ± ۰/۰۳ Ba	۱/۴۹ ± ۰/۰۱ Ca

اعداد داخل جدول بیانگر میانگین و انحراف معیار (Mean ± SD) سه تکرار است. حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنادار بین تیمارها در سطح ۵ درصد ( $p < 0/05$ ) می‌باشند و حروف کوچک متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنادار طی نگهداری در یخچال در سطح ۵ درصد ( $p < 0/05$ ) را نشان می‌دهد.

با توجه به جدول ۵، با گذشت زمان در تمامی تیمارها مقادیر عدد تیوباریتوریک اسید به‌طور معناداری افزایش یافت ( $p < 0/05$ )، ولی این افزایش در تیمار C سریع‌تر از سایر تیمارها بود. کمترین مقدار تیوباریتوریک اسید مربوط

به تیمار A+Vc بود که با سایر تیمارها اختلاف معناداری نشان داد ( $p < 0/05$ ).  
 اسیدهای چرب آزاد (FFA): نتایج FFA در تیمارهای مختلف و در طی روزهای نگهداری در جدول ۶ مشاهده می‌شود.

**جدول ۶ FFA (درصد اسید اولئیک) اندازه‌گیری شده فیله‌های پوشش‌دهی شده قزل‌آلا در نمونه‌های مختلف طی نگهداری در یخچال**

زمان	C (شاهد)	A (آلژینات سدیم)	A+Vc (آلژینات سدیم و ویتامین C)
۰	$0/81 \pm 0/02^{Af}$	$0/73 \pm 0/04^{Bf}$	$0/64 \pm 0/05^{Cf}$
۳	$1/14 \pm 0/02^{Ae}$	$1 \pm 0/07^{Be}$	$0/91 \pm 0/02^{Ce}$
۶	$1/91 \pm 0/11^{Ad}$	$1/19 \pm 0/07^{Bd}$	$0/99 \pm 0/02^{Cd}$
۹	$2/31 \pm 0/04^{Ac}$	$1/4 \pm 0/12^{Bc}$	$1/14 \pm 0/04^{Cc}$
۱۲	$2/53 \pm 0/01^{Ab}$	$1/9 \pm 0/13^{Bb}$	$1/21 \pm 0/02^{Cb}$
۱۵	$3/52 \pm 0/01^{Aa}$	$2/32 \pm 0/03^{Ba}$	$1/9 \pm 0/04^{Ca}$

اعداد داخل جدول بیانگر میانگین و انحراف معیار (Mean  $\pm$  SD) سه تکرار است. حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف بیانگر اختلاف معنادار بین تیمارها در سطح ۵ درصد ( $p < 0/05$ ) می‌باشند و حروف کوچک متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنادار طی نگهداری در یخچال در سطح ۵ درصد ( $p < 0/05$ ) را نشان می‌دهد.

رطوبت قزل‌آلای رنگین‌کمان را حفظ کند. مطالعات نشان داده‌اند که پوشش‌ها و فیلم‌های آلژینات به همراه  $CaCl_2$  سبب افزایش مقاومت بافت نسبت به نفوذ آب در آن می‌شود، اما پوشش‌های آلژینات در افزایش نفوذپذیری بخار و در نتیجه کاهش رطوبت نقش دارند (Rhim, 2004).

**چربی:** افزایش مقاومت نمونه پوشش داده شده نسبت به نمونه بدون پوشش به دلیل افزایش چربی سبب بهبود کیفیت پوشش آلژینات می‌شود (Rojas-Grau et al., 2007). در بررسی اثر زمان نگهداری، کاهش چربی پس از ۱۵ روز، همزمان با افزایش رطوبت همراه است. از آنجا که ۸۰ درصد از وزن فیله متعلق به آب و چربی است، تفاوت در درصد آب بر چربی عضلات مؤثر است و محتوای آن تغییر می‌کند (Razavi Shirazi, 2001). آلژینات سدیم نمی‌تواند عامل پیشگیری کننده‌ای در اکسیداسیون چربی باشد، زیرا پوشش آلژینات به‌طور کامل از توزیع گاز

با توجه به جدول ۶، با گذشت زمان در تمامی تیمارها مقادیر اسیدهای چرب آزاد به‌طور معناداری افزایش یافت ( $p < 0/05$ )، ولی این افزایش در تیمار C با شدت بیشتری نسبت به سایر تیمارها بود. مقایسه بین تیمارهای مختلف طی مدت نگهداری نشان داد که کمترین مقدار اسیدهای چرب آزاد مربوط به تیمار A+Vc بود، به‌طوری که با سایر تیمارها اختلاف معناداری داشت ( $p < 0/05$ ).

#### بحث

**رطوبت:** تشکیل ژل به‌وسیله آلژینات سدیم در جلوگیری از کاهش رطوبت در نمونه‌های پوشش‌دار مؤثر است (Krochta et al., 1996). پوشش‌های پلی‌ساکاریدی چون آبدوست هستند، سبب جذب بیشتر رطوبت شده و از انتقال رطوبت جلوگیری می‌کنند (Cutter, 2006). آلژینات سدیم به‌عنوان یک پوشش خوراکی تأثیر اندکی در کاهش رطوبت دارد، اما به‌صورت جداگانه نمی‌تواند

می‌باشد (Ruiz-Capillas and Moral, 2001). کاهش pH در تیمار A+Vc ممکن است به دلیل تجزیه گلیکوژن باشد، اما برخی از محققان علت این امر را انحلال CO<sub>2</sub> در نمونه فیله‌های ماهی می‌دانند (Manju et al., 2007). همچنین دلیل دیگر کاهش pH در تیمار A+Vc نسبت به تیمارهای C و A، ویژگی اسیدی اسکوربیک اسید (ویتامین C) و نفوذ آن در بافت است که با جلوگیری از رشد میکروبی و مهار فعالیت پروتئازها سبب بهبود کیفیت فیله قزل‌آلا نسبت به سایر تیمارها می‌شود (Fan et al., 2009). نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق Yongling و همکاران (۲۰۱۱)، Ojagh و همکاران (۲۰۱۲) و Mexis و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد.

**مجموع بازهای فرار نیتروژن (TVB-N):** TVB-N به‌طور عمومی مرتبط با فعالیت و فساد میکروبی می‌باشد (Kykkidou et al., 2009). به این صورت که بازهای فرار جدا شدن آمین‌ها از اسیدهای آمینه توسط آنزیم‌های میکروبی تولید می‌شوند (Muratore and Licciradello, 2005). همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده شد، میزان TVB-N طی دوره نگهداری در همه تیمارها افزایش یافت که این افزایش در تیمار C شدت بیشتری داشت؛ فعالیت‌های باکتریایی و آنزیمی دلیل افزایش شاخص TVB-N طی مدت زمان نگهداری می‌باشند (Sallam, 2007). میزان TVB-N در تیمارهای پوشش‌دهی شده کمتر از تیمار شاهد بوده است که می‌تواند به دلیل، افزایش حفظ رطوبت در نمونه‌ها و جلوگیری از تأثیر آن بر تشکیل اسیدهای چرب آزاد و دناتوره شدن پروتئین باشد (Coles et al., 2005). اما کم بودن TVB-N در تیمار A+Vc را می‌توان به کاهش سریع جمعیت باکتری‌ها و یا کاهش ظرفیت باکتری برای دامیناسیون اکسیداتیو از ترکیبات نیتروژن غیرپروتئینی و یا هر دو، نسبت داد (Banks et al.,

جلوگیری نمی‌کند، اما این پوشش می‌تواند در طول نگهداری سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های لیپولیتیک شود (Jeong et al., 1990). جلوگیری از تجزیه چربی به‌وسیله آنزیم‌ها ممکن است سبب افزایش نگهداری فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان در خلال نگهداری در یخچال شود.

**پروتئین:** نگهدارنده‌ها می‌توانند از مهاجرت مولکول‌های آب از پروتئین جلوگیری کنند و در نتیجه به شکل طبیعی سبب حفظ پروتئین در طول نگهداری شوند (Yoon and Lee, 1990). آلزینات به‌عنوان پلی آنیون به‌راحتی با کاتیون واکنش نشان می‌دهد، و پلی کاتیون‌هایی تولید می‌کند که یک ساختار به‌نام جعبه تخم‌مرغ دارد، زمانی که شبکه‌ای از حفرهای مشابه شکل گرفت، شبکه پروتئین را بیشتر از قبل حفظ می‌کند (Mortazavi, 2006). بنابراین، پوشش آلزینات سدیم از تخریب پروتئین موجود در آب جلوگیری می‌کند.

**خاکستر:** نمونه‌های پوشش‌دار به دلیل تأثیر آلزینات سدیم و نفوذ این پوشش خوراکی در بافت ممکن است یک نرخ بالاتر از خاکستر را نشان دادند (khanedan, 2011).

**pH:** تجزیه ترکیبات نیتروژنی در طول نگهداری ماهی منجر به افزایش pH گوشت می‌شود که بخشی از این افزایش ممکن است مرتبط با تولید ترکیبات آلكالین از قبیل آمونیاک و تری متیل آمین، به دلیل تجزیه پروتئینی باشد که نشانگر رشد باکتری‌ها، کاهش کیفیت و در نهایت فساد ماهی است (Gram and Huss, 1996; Mohan et al., 2008). با توجه به جدول ۲، روند تغییرات pH در زمان‌های مختلف برای تیمارها نشان می‌دهد که در ابتدا مقادیر pH کاهش و پس از آن افزایش یافته است. افزایش pH با افزایش زمان ماندگاری به دلیل تولید ترکیبات بازهای نیتروژنه فرار از قبیل آمونیاک و تری متیل آمین به‌وسیله باکتری‌های مولد فساد در ماهی



Ojagh و همکاران (۲۰۰۴)، Rostamzad و همکاران (۲۰۱۰) و Pourashoori و همکاران (۲۰۰۹) است. میزان تیوباریوتیک اسید (TBA): به منظور ارزیابی درجه اکسیداسیون لیپید در ماهیان به طور وسیعی از شاخص TBA استفاده می شود که میزان محصولات ثانویه اکسیداسیون به ویژه آلدئیدها و کتونها را نشان می دهد (Jeon et al., 2002; Sallam, 2007). همان طور که در جدول ۵ مشاهده شد، میزان TBA در تمامی تیمارها افزایش یافت که افزایش میزان TBA در طول دوره را می توان به اکسیداسیون لیپید و تولید متابولیت های فرار در حضور اکسیژن مربوط دانست (Chidanandaiah and Sanyal, 2009). کم بودن TBA در تیمار حاوی پوشش آلزینات سدیم را می توان به ممانعت پوشش از نفوذ اکسیژن ربط داد (Lu et al., 2009). اما کم بودن TBA برای تیمار آلزینات سدیم حاوی ویتامین C را می توان به اثر ضد اکسیداسیونی ویتامین C و همچنین اثر هم افزایی (synergistic) پوشش آلزینات سدیم و ویتامین C مربوط دانست (Kostaki et al., 2009). نتایج این تحقیق مطابق نتایج تحقیقات Chidanandaiah و Sanyal (۲۰۰۹)، Lu و همکاران (۲۰۰۹)، Yongling و همکاران (۲۰۱۱) و Rezaei و Hamze (۲۰۱۱) است.

نتایج PV و TBA نشان می دهد که این پوشش ها دارای اثر آنتی اکسیدانی هستند و پوشش آلزینات سدیم حاوی ویتامین C، اثر آنتی اکسیدانی بیشتری نسبت به پوشش آلزینات سدیم دارد.

میزان اسیدهای چرب آزاد (FFA): با این که تشکیل FFA به تنهایی باعث کاهش ارزش تغذیه ای نمی شود، اما ارزیابی آن در بررسی فساد ماهی مهم است ( ; et al., 2007 Losada Lugasia et al., 2007). FFA در مقایسه با مولکول های چربی بزرگ تر (یعنی تری گلیسرید و Seifzade با تحقیق حاضر (1980). تحقیق حاضر با تحقیق Seifzade و همکاران (۲۰۱۱)، Yongling و همکاران (۲۰۱۱) و Ojagh و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد.

میزان پراکساید (PV): افزایش میزان PV یکی از مهم ترین عوامل کاهش کیفیت، تغییرات چربی است. بین عوامل اکسایار و ضد اکسیداسیونی که واکنش های اکسیداتیو چربی را در کنترل خود دارند، تعادلی وجود دارد. اما پس از صید و با گذشت زمان تعادل فوق به هم خورده و فساد اکسیداتیو آغاز می شود (Vidya and Srikar, 1996). اکسیداسیون لیپیدهای حساس در بدن ماهی در مرحله اول منجر به تشکیل پراکسیدها و در ادامه منجر به شکل گیری آلدئیدها و کتونها می شود (Huss, 1995). همان طور که در جدول ۴ مشاهده شد، میزان پراکساید طی دوره نگهداری برای همه تیمارها افزایش یافت. افزایش خطی میزان PV در تیمارها طی نگهداری به دلیل تولید مجدد پراکساید در تمام طول دوره نگهداری می باشد. در این رابطه Seifzadeh و همکاران (۲۰۱۱) در به کارگیری پوشش آلزینات سدیم بر روی کیلکای معمولی (*Clupeonella delitula*) به نتایج مشابهی دست یافتند. اما این افزایش PV در تیمار C شدت بیشتری داشت و اختلاف بین تیمارها معنادار بود ( $p < 0/05$ ). حضور پوشش خوراکی به عنوان عامل کارآمد در جلوگیری از نفوذ اکسیژن شناخته شده است. پوشش خوراکی به عنوان یک مانع بین فیله و محیط اطراف عمل می کند و نفوذ اکسیژن محیط از طریق سطح به درون فیله را کاهش می دهد (Miller and Krochta, 1997) و از اکسیداسیون چربی نیز جلوگیری می کند. کمترین میزان پراکساید در انتهای دوره به تیمار A+Vc مربوط بود که دلیل آن را می توان به خواص آنتی اکسیدانی آلزینات سدیم و ویتامین C و اثر هم افزایی (Synergist) آنها ربط داد. نتایج این تحقیق مطابق نتایج تحقیقات

## منابع

**AOAC (Association of Official Analytical Chemists International). 2005.** Official methods of analysis. 18th ed. Maryland: AOAC INTERNATIONAL.

**Banks, H., Nickelson, R. and Finne, G. 1980.** Shelf life studies on carbon dioxide packaged finfish from Gulf of Mexico. *Journal of Food Science*, 45: 157-162.

**Berkel, B. M., Boogaard, B. V. and Heijnen, C. 2004.** Preservation of Fish and Meat. Digigrafi, Wageningen, Netherlands, 55:16-18.

**Coles, R., McDowell, D. and Kirwan, B. 2005.** Food packaging technology. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 241-254.

**Cutter, C. N. 2006.** Opportunities for bio-based packaging Technologies to improve the quality and safety of fresh and further processed muscle foods. *Journal of Meat Science*, 74: 131-142.

**Chidanandaiah, Keshri, R. C. and Sanyal, M. K. 2009.** Effect of sodium alginate coating with preservatives on the quality of meat paties during refrigerated ( $4 \pm 1^\circ\text{C}$ ) storage. *Journal of Muscle Foods*, 20: 275-292.

**Cho, S. S. and Dreher, M. L. 2001.** Handbook of dietary fiber. New York. Press, 150p

**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.

**Gregory, J. F. 1996.** Vitamins. In: Fennema, R. (eds). *Food chemistry*, New York: Marcel Dekker, pp: 531-616.

**Gram, L. and Huss, H. H. 1996.** Microbiological spoilage of fish and fishproducts. *Journal of Food Microbiology*. 33: 121-137.

**Huss, H. H. 1995.** Quality and quality changes in fresh fish, *Food and Agriculture Organization, Rome*. pp: 11. 51-72, 130-131.

**Jeong, B. Y., Oshima, T., Koizumi, C. and Kanou, Y. 1990.** Lipid deterioration and its inhibition of Japanese oyster (*crasostera gigas*) during frozen storage. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56(12): 2083-2091.

فسفولپید) کوچک‌تر و سرعت اکسیداسیون آن بیشتر است (Losada et al., 2007; Lugasia et al., 2007). براساس نتایج به‌دست آمده (جدول ۶) میزان اسیدهای چرب آزاد با گذشت زمان در همه تیمارها افزایش یافت که این افزایش در تیمار شاهد شدت بیشتری داشت. در مقایسه بین تیمارها طی گذشت زمان تا روز ۱۵، اختلاف معناداری بین تیمارها مشاهده شد ( $p < 0/05$ ). به‌طوری که تیمار آلزینات‌سدیم حاوی ویتامین C دارای کمترین میزان FFA در طول دوره بود. البته تیمار آلزینات‌سدیم کمتر از تیمار شاهد بود و اختلاف بین تیمارها معنادار بود ( $p < 0/05$ ). این موضوع بیانگر آن است که دو تیمار ذکر شده از لحاظ تأثیرگذاری در روند کاهش و به تأخیر انداختن هیدرولیز چربی مشابه هم عمل کرده‌اند و اثر یکسانی دارند. در مطالعه Rezaei و همکاران طی مدت ۲۰ روز نگهداری قزل‌آلای رنگین‌کمان، میزان FFA به‌طور معناداری افزایش یافت (Rezaei et al., 2008). در مطالعات دیگر Kolakowska و همکاران نیز طی مدت نگهداری میزان FFA افزایش یافت (Kolakowska et al., 2006). شکل‌گیری FFA طی نگهداری کوتاه مدت به‌علت کاتالیز شدن چربی‌ها توسط آنزیم‌های داخلی (عمدتاً لیپاز و فسفولپاز) صورت می‌گیرد (Losada et al., 2007). نتایج تحقیق حاضر با نتایج مطالعات ذکر شده مطابقت دارد.

تجزیه و تحلیل داده‌های این تحقیق نشان داد که پوشش خوراکی آلزینات‌سدیم سبب کاهش فساد شیمیایی و اکسیداسیونی می‌گردد و اضافه شدن ویتامین C به پوشش آلزینات‌سدیم باعث افزایش خواص ضداکسیداسیونی پوشش شده است، به‌طوری که روند فساد اکسیداسیونی در فیله‌های پوشش‌دار را به‌طور معناداری به تعویق انداخته است.

- Manju, S., Srinivasa Gopal, T. K. and Jose. L. 2007.** Nucleotide degradation of sodium acetate and potassium sorbatedip treated and vacuum packed Black Pomfret (*Parastromateus niger*) and Pearlsport (*Eetroplus suratensis*) during chill storage. *Food Chemistry*, 102: 699-706.
- Mexis, S. F., Chouliara, E. and Kontominas, M. G. 2009.** Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf-lif extension of rainbow trout fillets stored at 4°C. *Food Microbiology*, 26: 598-605.
- Miller, K. S. Chiang, M. T. and Krochta, J. M. 1997.** "Heat curing of whey protein films", *Jurnal of Food Science*, 62(6):1189-1193.
- Mohan, C. O., Ravishankar, C. N. and Srinivasagopal, K. 2008.** Effect of O2 scavenger on the shelf-life of catfish (*Pangasius sutchi*) steaks during chilled storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 88: 442-448.
- Mortazavi, A. 2006.** Modern technologies of foodstuff industries, Vajegane Kherad publications. 343P.
- Muratore, G. and Licciredello, F. 2005.** Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on the shelf life of liquid-smoked swordfish (*Xiphias gladius*) slices. *Journal of Food Science*, 70: 359-363.
- Natseba, A., Lwalinda, I., Kakura, E., Muyanja, C. and Muyonga, J. H. 2005.** Effect of pre-freezing icing during on quality changes in frozen Nile perch (*Lates niloticus*). *Food Research International*, 38: 467-474.
- Ojagh, M., Sahari, M and Rezai, M. 2004.** Effect of natural antioxidant on quality kilka fish (*Clupeonella cultiventris caspia*) in the storage on ice. *Iranian Journal of Marine Sciences*, 3(4):1-7. (Abstarct in English)
- Ojagh, S. M., Rezaei, M., Razavi, S. H. and Hosseini, S. M. H. 2006.** Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon of whole- and gutted Rainbow Trout during storage in ice. *Acta Ichthyologica Piscatoria*, 36: (1): 39-47.
- Ojagh, M., Rezaei, M., Razavi, H. and Hoseini, M. 2012.** The effect of edible coating antimicrobial in increasing the durability of rainbow trout. *Iranian Journal of Food Sciences and Technology*, 9(34): 13-23. (Abstarct in English)
- Jeon, Y. J., Kamil, J. Y. V. A. and Shahidi, F. 2002.** Chitosan as edible invisible film forquality preservation of herring and Atlantic cod. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 5167-5178.
- Khanehdan, N. 2011.** Study of different concentration of sodium alginate as a coating film on the shelf- life of frozen dressed kilka (*Clupeonella cultriventris*). *Journal of American Science*, 7: 513-518.
- Kolakowska, A., Zienkiewicz, L., Domiszewski, Z. and Bienkiewicz, G. 2006.** Lipid changes and quality of whole of whole- and gutted Rainbow Trout during storage in ice. *Acta Ichthyologica Piscatoria*, 36 (1): 39-47.
- Kostaki, M., Giatrakou, V., Savvaidis, I. N. and Kontominas, M. G. 2009.** Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Jurnal of Food Microbiol*, 26: 475-482.
- Krochta, J. M., German, J. B. and McCarthy, M. J. 1996.** Edible films for preventing loss of quality in frozen fish, California sea grant. *Biennial Report of Completed Projects*, Azad University of Lahijan. pp: 73-78. (In Persian)
- Kykkidou, S., Giatrakou, V., Papavergou, A., Kontominas, M. G. and Savvaidis, I. N. 2009.** Effect of thyme essential oil and packaging treatments on fresh Mediterranean swordfish fillets during storage at 4°C. *Food Chemistry*, 115: 169-75.
- Losada, V., Barros-Velazquez, J. P. and Aubourg, S. 2007.** Rancidity development in frozen pelagic fish: influence of slurry ice as preliminary chilling treatment. *LWT-Food Science and Technology*; 40: 991-9.
- Lugasia, A., Losadab, V., Hovari, J., Lebovicsa, V., Jakoczic, I. and Aubourg S. 2007.** Effect of pre-soaking whole pelagic fish in a plant extract on sensory and biochemical changes during subsequent frozen storage. *LWT-Food Science and Technology*; 40: 930-6.
- Lu, F., Liu, D. H. and Ye, X. Q. 2009.** Alginate-calcium coating incorporating nisin and EDTA maintains the quality of fresh northern snakehead (*Channa argus*) fillets stored at 4°C. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89: 848-854.

- vacuum packaging on lipid oxidation in frozen Persian sturgeon fillets. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 9(2): 279-292.
- Ruiz-Capillas, C. and Moral, A. 2001.** Residual effect of CO<sub>2</sub> on hake (*L. Merluccius merluccius*) stored in modified and controlled atmospheres. *European Food Research and Technology*, 212: 413- 420.
- Sallam, K. I. 2007.** Antimicrobial and antioxidation effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. *Food Control*, 18: 566-575.
- Seifzade, M., Motalebi, A. A. and Mazloomi, M. 2011.** Effect of Time cover with Sodium alginate coating on quality and shelf- life of frozen fish kilka (*Clupidae delicatula*). *Iranian Journal of Marine Science*, 1(10): 65-70. (In persian)
- Seifzade, M., Motalebi, A. A. and Mazloomi, M. 2011.** Effect of sodium alginate on bacterial, chemical and sensory characteristics in packaged common Kilka (*Clupeonellia delitula*). *Iranian fisheries national fish processing center*, 1-6.
- Vidya Sager Reddy, G. and Srikar, L. N. 1991.** Preprocessing ice storage effects on functional properties of fish mince protein. *Journal of Food Science*, 56: 965-968.
- Yongling, S., Lei, L., Huixing, S., Juan, Y. and yongkang, L. 2011.** Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control*, 22: 608-615.
- Yoon, K. S. and Lee, C. M. 1990.** Cryoprotectant effects in surimi and Sumimi/mince-based extruded productts. *Journal of Food Science*, 55(5): 1210-1216.
- Yu, X. L., Li, X. B., Xu. X. L and Zhou, G. H. 2008.** Coating with sodium alginate and its effects on the functional properties and structure of frozen pork. *Journal of Muscle Foods*; 19: 333-351.
- Olafsdottir, G., Martinsdottir, E., Oehlenschlager, J., Dalgaard, P., Jensen, B. and undeland, I. 1997.** Method to evaluate fish freshness in research and industry. *Trend Food Science and Technology*, 8: 258-265.
- Pacheco-Aguilar, R., Lugo-Sanchez, M. E. and Robles-Burgueno, M. R. 2000.** Post-mortem biochemical and functional characteristic of Monterey sardine muscle stored at 0 °C, *Journal of Food Science*, 65: 40-47.
- Parvane, V. 2004.** Quality control and chemical experiments of food,. Tehran University, Press, 325p.
- Pourashoori, P., shabanpour, B., Daghighrouhi, J. and shabani, A. 2009.** Oxidative and hydrolytic fat in catfish (*Silurus glanis*) during frozen storage. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 4(15): 107-114. (Abstarct in English)
- Razavi Shirazi, H. 2001.** Technology of marine products' processing (2). Nghsh Mehr Publications, Iran, 292P.
- Rezaei, M., Hosseini, S. F., Ershad Langrudi, H., Safari, R. and Hossein, S. V. 2008.** Effect of delayed icing on quality changes of iced rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Chemistry*, 106: 1161-1165.
- Rezaei, M. and Hamze, M. T. 2011.** Antioxidant and antibacterial effects of sodium alginate coating enriched with thymeessential oil on rainbow trout fillets during refrigerated storage. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 6(3): 11-20. (Abstarct in English)
- Rhim, J. W. 2004.** Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 37(3), 323-330.
- Rojas-Grau, M. A., Tapia, M. S., Rodriquez, F. J., Carmona, A. J. and Martin-Belloso, O. 2007.** Alginate and gellan based edible coatings as support of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apple. *Food Hydrocolloids*, 12: 55-68.
- Rojas-Grau, M. A., Tapia, M. S., Rodri guez, F. J., Carmona, A. J. and Martin-Belloso, O. 2007.** Alginate and gellanbased edible coatings as carriers of antibrowning. *Food Hydrocolloids*, 21: 118-27.
- Rostamzad, H., Shabanpour, B., Kashaninejad, M. and Shabani, A. 2010.** Inhibitory impacts of natural antioxidants (ascorbic and citric acid) and



---

## Effect of antioxidant sodium alginate edible coatings containing vitamin C on rainbow trout fillets during refrigerated storage

Elnaz Nami Khasmakhi<sup>1\*</sup>, Eshagh Zakipour Rahimabadi<sup>2,3</sup>, Ali Asghar Khanipour<sup>4</sup>

1- University of Zabol, Faculty of Natural Resources, Fish Products and Processing

2- University of Zabol, Faculty of Natural Resources, University of Zabol- Iran

3- Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowme SARA, 1144, Guilan, Iran

4- Associate Prof, Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran

Received: 13.07.2015 Accepted: 12.06.2016

\*Corresponding author : elnaz\_nami67@yahoo.com

---

### Abstract

The antioxidant effect of sodium alginate coating containing vitamin C was examined on prolongation of the shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. The treatments included control group without any additive (C), sodium alginate 1.5% (A), sodium alginate 1.5% containing 5% Vitamin C (A+Vc). The treatments underwent periodic tests of proximate composition (moisture, protein, fat, ash and pH), chemical decays and oxidation tests, including total volatile base nitrogen (TVB -N), peroxide value (PV), tiubarbutic acid (TBA) and free fatty acids (FFA). Based on the statistical analyses, pH, TVB-N, PV, TBA and FFA in A+Vc were significantly ( $p < 0.05$ ) lower than C and A during storage in refrigerator. Significant increases were observed in all mentioned indices in all the treatments in correlation with the duration of storage time in refrigerator ( $p < 0.05$ ). The coated treatments maintained better quality in comparison to the control group and treatment 3 (sodium alginate containing vitamin C) reduced oxidation of rainbow trout fillets during storage in cold condition ( $4 \pm 1^\circ\text{C}$ ).

**Keywords:** Sodium alginate, Vitamin C, rainbow trout, Shelf life