اثرات شیوه بسته‌بندی تحت خلاء و افزودنی‌ها بر پایداری اکسیداتیو فیله منجمد بدون پوست قزل آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

عبدالله انصاری اردلی[a]، بهاره شعبانپور[b]، معظمه کردجزی[c]*، سید مهدی اجاق[d]، آریا باباخانی لشکان[e]

[a] کارشناسی ارشد فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[b] استاد گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[c] استادیار گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[d] دانشیار گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[e] استادیار گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی گیلان، رشت، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۵/۲۰

چکیده

مقدمه: محققین همواره به دنبال راهکارهایی برای حفظ کیفیت ماهیان هستند. در این تحقیق نیز اثرات استفاده از دو نوع بسته‌بندی (معمولی و تحت خلاء) و افزودنی شامل عصاره پونه کوهی و سدیم تری پلی‌فسفات ۲ درصد به تنهایی و در ترکیب با یکدیگر بر کیفیت فیله بدون پوست ماهی قزل آلای رنگین کمان طی ۶ ماه نگهداری در ۱۸- درجه سانتی‌گراد به صورت ماهانه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها: این تحقیق شامل ۵ گروه بود. نمونه‌برداری در زمان صفر و ماه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ به منظور تعیین تغییرات برخی پارامترهای شیمیایی (تیوباربیتوریک اسید، اسیدهای چرب آزاد و ظرفیت نگهداری آب)، حسی و آنالیز بافت انجام شد.

یافته ها: نتایج آزمایشات شیمیایی، بیانگر عملکرد بهتر بسته‌بندی معمولی همراه با سدیم تری‌پلی‌فسفات و ترکیب آن با پونه کوهی در کاستن از اندیس تیوباربیتوریک اسید، همچنین تاثیر خوب آنها و بسته‌بندی تحت خلاء در میزان کاهش اسیدهای چرب آزاد نسبت به نمونه شاهد بود. میزان آبچک حاصل از فیله ماهی در گروه سدیم تری‌پلی‌فسفات کمتراز گروه ترکیب بود. گروههای سدیم تری پلی فسفات، ترکیب و تحت خلاء در فاکتورهای تیوباربیتوریک اسید، اسیدهای چرب آزاد و ظرفیت نگهداری آب نسبت به گروه شاهد و پونه کوهی بهتر بودند ($p<۰/۰۵$) و از لحاظ ارزیابی حسی نیز این ۳ گروه افت کیفی کمتری نسبت به گروه پونه کوهی و شاهد داشتند.

نتیجه گیری: با توجه به نتایج تحقیق حاضر، استفاده از پلی فسفات به عنوان افزودنی همراه با بسته‌بندی تحت خلاء و نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد تا مدت زمان ۶ ماه، در حفظ کیفیت فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان مؤثر بوده و توصیه می گردد.

واژه های کلیدی: *افزودنی، اکسیداسیون، بسته بندی، قزل آلای رنگین‌کمان*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: kordjazi.m@gmail.com

مقدمه

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان یکی از مطلوب‌ترین ماهیان پرورشی در ایران است که تقاضای مصرف آن در حال افزایش است. با توجه به افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان، به طور کلی تقاضا برای ماهی تازه نسبت به ماهی منجمد افزایش یافته است (Duun and Rustad, 2008).

قابلیت فساد پذیری بالای ماهیان سبب شده تا حفظ کیفیت ماهی تازه، یکی از مسائل مهم صنعت ماهی و مصرف‌کنندگان باشد (Arashisar *et al*., 2004). در این رابطه توجه به عمر ماندگاری محصول یعنی دوره زمانی که یک محصول غذایی، تحت وضعیت نگهداری مشخص، برای مصرف مناسب و سالم است، مهم می‌باشد. بدین منظور روش‌های متفاوتی مثل سردسازی محصول بلافاصله پس از صید، نگهداری در یخ (Himelbloom *et al*., 1994)، بسته‌بندی در خلاء و اتمسفر تغییر یافته (Fernandez *et al*., 2009)، استفاده از مواد ضد میکروبی مثل اسیدهای آلی و نمک آن‌ها (Al-Dagal and Bazaraa, 1999; Mannju *et al*., 2007)، همچنین استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و مصنوعی (Fernandez *et al*., 2009; Weilmeier and Regenstein, 2004) برای افزایش عمر ماندگاری محصولات دریایی و حفظ کیفیت ماهی به کار برده شده است.

یکی از افزودنی‌های مورد استفاده برای نگهداری ماهیان به صورت منجمد، ترکیبات فسفاته می‌باشند. فسفات‌ها به عنوان افزودنی‌های غذایی سالم در صنعت ماهی و غذاهای دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، زیرا باعث حفظ خصوصیات عملکردی پروتئین عضله ماهی، در طی عمل‌آوری می‌گردند. استفاده از فسفات‌ها در غذاهای دریایی موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب بافت ماهیچه می‌گردد (Channg and Regenstein, 1997; Turan *et al*., 2003). از دیگر روش‌ها برای حفظ کیفیت غذاهای دریایی استفاده از عصاره‌های مختلف گیاهی است. پونه کوهی گیاهی پایا و همیشه سبز است که علاوه بر دارا بودن اثرات درمانی، به عنوان ادویه طعم‌دهنده کاربرد دارد. ترکیب اصلی اسانس این گیاه فنل‌هایی مثل کارواکرول و تیمول است (Tainter and Grenis, 2001). پونه کوهی و آویشن شیرازی بیشترین فعالیت آنتی باکتریایی دارند و کارواکرول در این دو گیاه مهمترین ترکیب ضد سمیت قارچ است. اسانس‌ها علاوه بر خواص آنتی باکتریایی و آنتی‌اکسیدانی، روی طعم، مزه و بهبود بافت موثرند (Burt, 2004).

بنابراین با توجه به ضرورت بسته‌بندی در طی آماده‌سازی غذا و تقاضای گسترده در تهیه مواد غذایی بسته‌بندی شده از جمله آبزیان، همچنین خصوصیات کاربردی که برای پلی‌فسفات و عصاره پونه کوهی ذکر شد، در این تحقیق سعی شده نوع بسته‌بندی ماهی و مقایسه این افزودنی‌ها به شکل جداگانه و ترکیبی، طی ۶ ماه نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد بر میزان فساد ناشی از اکسیداسیون انجام گیرد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۱۸ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی ۴۰۰ گرم در دی ماه سال ۱۳۹۲، از بازار ماهی‌فروشان شهر گرگان خریداری، تخلیه شکمی و فیله شده، سپس در جعبه‌های یونولیت همراه با یخ به آزمایشگاه فرآوری آبزیان واقع در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شده، سپس با آب شستشو گردیده و در طول مراحل آماده‌سازی در یخ نگهداری شدند. محلول‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل عصاره پونه کوهی ۲ درصد، پلی‌فسفات ۲ درصد و ترکیبی از عصاره پونه کوهی و پلی فسفات هر کدام به مقدار ۲ درصد، بودند. بخشی از فیله‌ها در بسته‌های معمولی و بخشی دیگر تحت خلاء در بسته‌هایی از جنس پلی‌اتیلن با دانسیته کم و دارای ضخامت ۷۵ میکرومتر بسته‌بندی شدند. گروههای تحقیق حاضر به شرح زیر تهیه گردیدند: گروه اول یا شاهد (فیله ماهی + بسته‌بندی معمولی)، گروه دوم (فیله ماهی + عصاره پونه کوهی ۲ درصد + بسته‌بندی معمولی)، گروه سوم (فیله ماهی + پلی فسفات ۲درصد + بسته‌بندی معمولی)، گروه چهارم (فیله ماهی + ترکیب ۱:۱ عصاره پونه کوهی ۲ درصد و پلی فسفات ۲ درصد + بسته‌بندی معمولی) و گروه پنجم (فیله ماهی + بسته‌بندی تحت خلاء). گروه دوم، سوم و چهارم به مدت ۵ دقیقه به صورت غوطه‌ور در محلول مربوط قرار گرفتند. همه گروه‌ها پس از بسته‌بندی، در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ماه

نگهداری گردیدند و نمونه‌برداری در زمان‌های ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ ماه به منظور تعیین تغییرات پارامترهای شیمیایی و حسی انجام شد.

- اندازه‌گیری اندیس تیوباربیتوریک اسید

۲۰۰ میلی‌گرم از نمونه گوشت ماهی در یک بالن حجمی ۲۵ میلی‌لیتری قرار گرفته و با ۱- بوتانول به حجم رسانده شد، سپس بالن‌ها به مدت ۲ دقیقه هم زده شده، ۵ میلی‌لیتر از این محلول به لوله‌های خشک دربدار انتقال یافت و به هر کدام از بالن‌ها ۵ میلی‌لیتر معرف تیوباربیتوریک اسید[1] اضافه گردید. (معرف TBA با استفاده از حل کردن ۲۰۰ میلی‌گرم از پودر TBA در ۱۰۰ میلی‌لیتر حلال ۱- بوتانول آماده شد). لوله‌های دربدار در حمام آبی با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲ ساعت قرار گرفتند. سپس مقدار جذب نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در ۵۳۰ نانومتر خوانده شد. مقدار TBA بر حسب میلی‌گرم مالونآلدهید در کیلوگرم بافت ماهی و بر اساس رابطه زیر به دست آمد (Egan *et al*., 1997).

$$TBA = \frac{(AF-AB)\times 50}{200}$$ رابطه (۱)

AF= جذب نمونه همراه با معرف TBA، AB= جذب معرف TBA در مقابل آب مقطر

- اندازه‌گیری اسیدهای چرب آزاد

۱۵۰-۳۰ گرم نمونه به ۲۵۰ میلی‌لیتر کلروفرم افزوده شد و با یک همزن مکانیکی به مدت ۲ تا ۳ دقیقه مخلوط گردید. سپس توسط کاغذ صافی بزرگ فیلتر شده، محلول حاصل را مجدد از یک کاغذ صافی حاوی مقدار اندکی سولفات سدیم خشک عبور داده و بعد محلول موردنظر (محلول A) برای محاسبه اسید چرب آزاد[2] استفاده گردید:

۱- مقدار چربی در محلول: ۱۰ سی سی از محلول به دست آمده را داخل ظرف وزن شده ریخته تا حلال زیر هود تبخیر شود. سپس در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت خشک نموده و وزن گردید، این وزن را برای محاسبات بعدی استفاده شد.

۲- الکل ۹۵ درصد به میزان ۲۵ سی سی جدا و سپس ۲-۳ قطره معرف فنل‌فتالئین افزوده شد، بعد با ۲-۱ قطره هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال خنثی گردید (رنگ پوست پیازی). سپس این محلول به ۲۵ سی سی از محلول A اضافه شده تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد گرم گردید و پس از آن با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تیتر شد (Egan *et al*., 1997).

$$FA = \frac{\text{حجم سود مصرفی}\times 2/28\times 100}{\text{وزن نمونه روغن}\times 1000}$$ رابطه (۲)

- اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب

حدود ۵ گرم نمونه به صورت دقیق توزین گردید و کاملاً درون یک عدد کاغذ صافی واتمن شماره ۱ پیچیده شد، سپس به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و با دور g ۳۰۰۰ (نیروی نسبی[3]) سانتریفوژ گردید. نمونه مجدد توزین شده و میزان ظرفیت نگهداری آب با محاسبه رطوبت باقی‌مانده تعیین گردید (Himonides *et al*., 1999).

$$\mathrm{WHC}\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{kg}} = \left[(1-\frac{\mathrm{Mw}}{\mathrm{Ms}})\times 1000\right]$$ رابطه (۳)

MS= وزن ابتدایی نمونه به گرم، MW= وزن خارج شده از نمونه به گرم بعد از سانتریفیوژ

- آنالیز پروفیل بافت

آنالیز پروفیل بافت (TPA) با استفاده از دستگاه بافت سنج مدل (LFRA 4500, Brookfield, USA) به دست آمد. بدین منظور از پروب استوانه ای TA11/1000 با قطر ۲۰ میلی متر، سرعت ۰/۸ میلی متر بر ثانیه، مقدار فشردگی برابر ۲۵ درصد و تعداد سیکل برابر با ۲ روی نمونه ای از بافت بدون استخوان ماهی با ابعاد ۱ سانتیمتر مربع استفاده شد. فاکتورهای محاسبه شده عبارت از سختی و چسبندگی می باشد. آزمایشات بافت سنجی توسط دستگاه بافت سنج مدل (LFRA 4500, Brookfield, USA) انجام شد.

- ارزیابی حسی نمونه خام و نمونه پخته

ارزیابی نمونه‌ها توسط ۵ نفر از دانشجویان رشته شیلات آشنا با ماهی قزل‌آلا و تغییرات فسادی آن به عنوان ارزیاب حسی انجام گرفت. این کار با ارزیابی ۵ امتیازی

[1] Thiobarbituric Acid (TBA) [2] Free Fatty Acid (FFA) [3] Relative Centrifugal Force (RCF)

صورت گرفت: مقبولیت کلی (۵، قابل قبول؛ ۱، غیر قابل قبول). برای نمونه‌های پخته، گروه‌های ماهی به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۹۸ درجه بخارپز شدند و ارزیابی طعم (۵، مطبوع؛ ۱، کاملا نامطبوع) و بو (۵، مطبوع؛ ۱، کاملا نامطبوع) در نمونه ها انجام شد (Ojagh *et al.*, 2010).

- رنگ‌سنجی

فیله ماهی در زمان‌های آنالیز با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج Lovibond (CAM-system 500) مورد بررسی قرار گرفت. متغیر L^* برای بیان شاخص روشنایی از ۰ (بعد سیاهی) تا ۱۰۰ (بعد سفیدی)، شاخص a^* برای بیان بعد قرمزی–سبزی ($+a^*$ نشان دهنده قرمزتر و $-a^*$ نشان دهنده سبزتر) و b^* برای بیان بعد زرد– آبی ($+b^*$ نشان دهنده زردتر و $-b^*$ نشان دهنده آبی تر) می‌باشد.

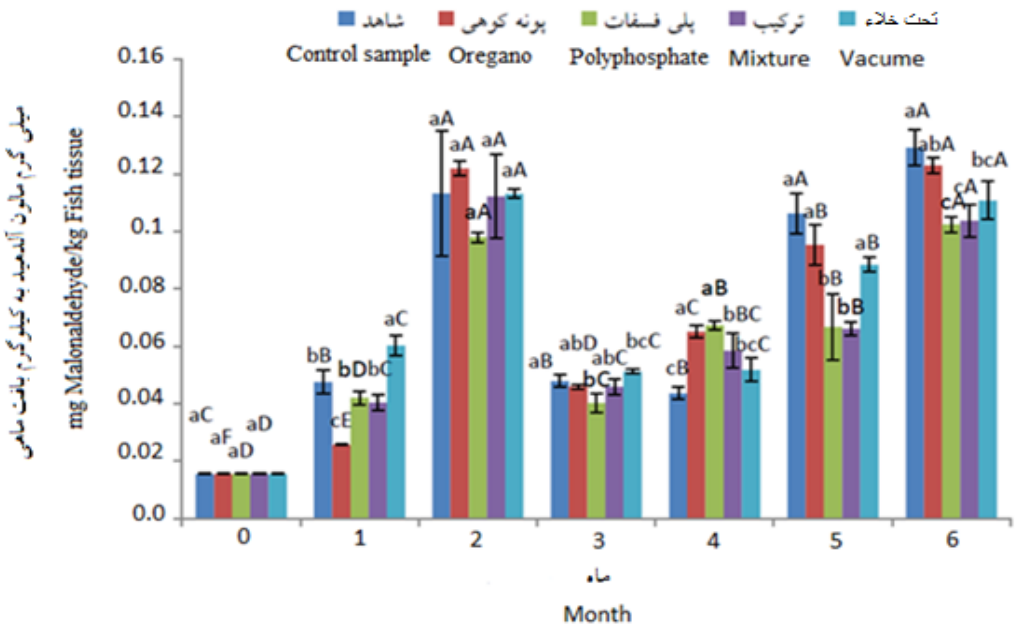
- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 انجام گرفت. جهت بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در اثر استفاده از نوع بسته‌بندی و افزودنی در زمان‌های مختلف بر فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان بین مقادیر حاصل از آنالیز یک‌طرفه آنووا در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد و مقایسه معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح (α =۰/۰۵) انجام پذیرفت.

یافته ها

- اندیس تیو باربیتوریک اسید

در نمودار ۱ تغییرات مقدار تیوباربیتوریک اسید فیله ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان در گروه‌های مختلف، طی زمان نگه‌داری در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد آورده شده است. به‌طوری‌که مشاهده می‌شود میزان تیوباربیتوریک اسید از زمان ابتدایی تا روز پایانی روندی صعودی برای همه گروه‌ها داشته است و در پایان دوره میزان اندیس تیوباربیتوریک اسید برای هر یک از گروه‌ها اختلاف معنی‌داری نسبت به زمان اولیه خود داشت، در پایان دوره شش ماهه میزان تیوباربیتوریک اسید در گروه شاهد و پونه کوهی نسبت به دیگر گروه‌ها بیشتر بوده و اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) داشتند. از لحاظ آماری گروه‌های پلی‌فسفات، ترکیب و تحت خلاء در این فاکتور اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.



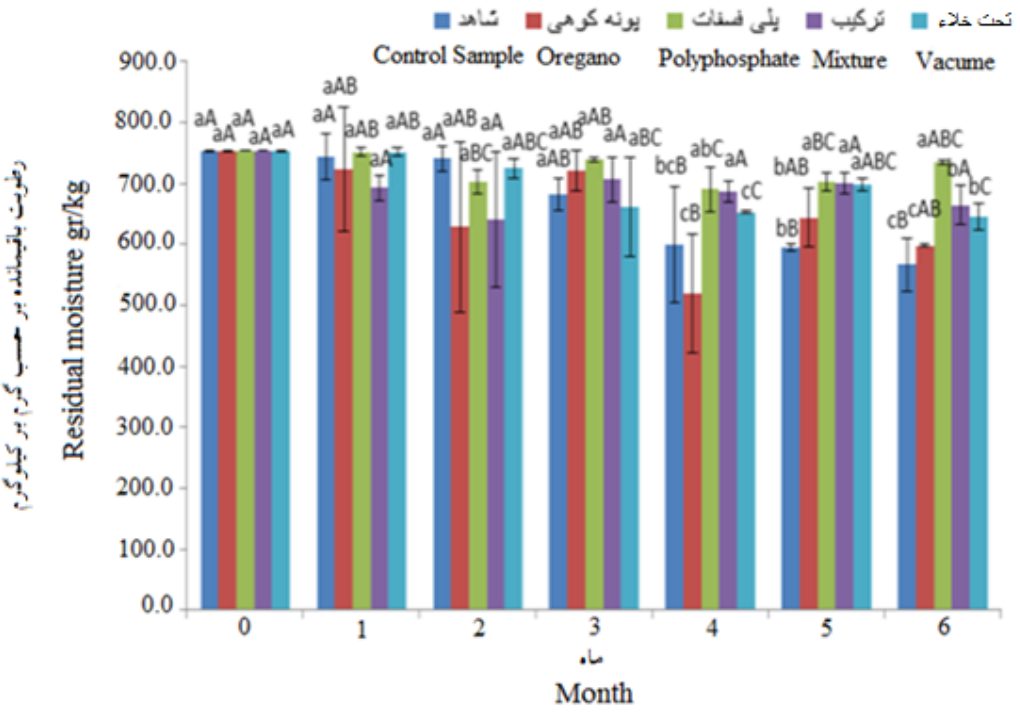
نمودار ۱- تغییرات میزان اندیس TBARs در طول ٦ ماه نگهداری در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد، (a-c) مقایسه تغییرات گروهها در هر زمان، (A-B) مقایسه تغییرات هر گروه در طول دوره نگهداری

- ظرفیت نگهداری آب

در نمودار ۲ تغییرات مقدار ظرفیت نگهداری آب فیله ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان در گروه‌های مختلف، طی زمان نگهداری در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد آورده شده است. همان‌طور که نمودار ۲ نشان می‌دهد طی دوره زمانی میزان توانایی نگه‌داری آب در تمام گروه‌ها کاهش یافت و در پایان دوره شش ماهه اختلاف معنی‌دار ($p<0/05$) بین گروه‌ها مشاهده شد و فیله گروه شده با پلی‌فسفات توانست میزان بیشتری آب در خود نگه دارد.

- ارزیابی حسی

طبق جدول ۱، در ارزیابی مقبولیت کلی اختلاف معنی‌دار بود. این فاکتور که یک نمره کلی است که به خصوصیات حسی فیله داده شده است در گروه ترکیب نسبت به بقیه گروهها نمره بالاتری داشت. مقایسه آماری برای این گروه در طول زمان به این صورت بود که فقط گروه ترکیب اختلاف معنی‌داری بین زمان اول و پایان دوره وجود نداشت.



نمودار۲- نمودار تغییرات میزان ظرفیت نگهداری آب در طول ٦ ماه نگهداری در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد، (a-c) مقایسه تغییرات گروه‌ها در هر زمان، (A-C) مقایسه تغییرات هر گروه در طول دوره نگهداری

جدول ۱- جدول مقبولیت کلی در نمونه خام طی ٦ ماه

تیمار/ زمان نگهداری (ماه)	0	1	2	3	4	5	6
1	5 ± 0^{aA}	3 ± 0.7^{aB}	3 ± 0.7^{cB}	2.8 ± 0.44^{bB}	2.6 ± 0.54^{bB}	3.2 ± 0.81^{bcB}	2.6 ± 0.54^{cB}
2	5 ± 0^{aA}	3.2 ± 0.44^{aB}	3.8 ± 0.44^{bcB}	3.8 ± 0.44^{aB}	3.2 ± 0.44^{abB}	3.8 ± 0.44^{bB}	3 ± 0.44^{bcB}
3	5 ± 0^{aA}	3.8 ± 0.44^{aB}	4.2 ± 0.44^{abAB}	4 ± 0.7^{aB}	3.6 ± 0.54^{aB}	4.4 ± 0.7^{abBA}	3.2 ± 0.54^{aB}
4	5 ± 0^{aA}	4 ± 0.54^{aA}	4.6 ± 0.54^{aA}	4.4 ± 0.54^{aA}	4 ± 0.7^{aA}	4.2 ± 0.54^{aA}	3.2 ± 0.54^{abA}
5	5 ± 0^{aA}	3.8 ± 0.89^{aAB}	3.6 ± 0.5^{abcB}	3.75 ± 0.5^{aAB}	3.6 ± 0.54^{aB}	3.75 ± 0.54^{abcB}	3.5 ± 0.54^{abcB}

(a-c) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها در هر زمان، (A-B) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها در طول دوره نگه‌داری. عدد ۱ معرف گروه شاهد، ۲ پونه کوهی، ۳ پلی‌فسفات، ۴ ترکیب پلی‌فسفات و پونه‌کوهی و ۵ تحت خلاء می‌باشد.

در این ارزیابی به فاکتورهای بو و طعم توسط پنل نمره داده شد. طبق جداول ۲ و ۳ از نظر آماری مقایسه گروه‌ها در هر زمان در پایان دوره اختلاف معنی‌داری فقط در فاکتور بو وجود داشت که نمونه شاهد از بقیه افت کیفی بیشتری پیدا کرد.

- رنگ‌سنجی

در جدول ۴، تغییرات رنگ فیله ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان طی زمان نگهداری در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد آورده شده است. با توجه به جدول، فاکتور L* که بیان‌کننده بعد روشنایی است در همه نمونه‌ها با گذشت زمان کاهش پیدا کرد ولی در نهایت بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. مقایسه آماری نشان داد که برای فاکتور L* همه گروه‌ها اختلاف معنی‌داری در طول زمان نسبت به زمان اولیه خود داشتند.

تغییرات فاکتور a* (بعد قرمزی- سبزی) و فاکتور b* (بعد زرد- آبی) به ترتیب در جداول ۵ و ۶ قرار گرفته است.

- بافت سنجی

با توجه به جدول ۷ مقایسه سختی، گروه‌ها در هر زمان با یکدیگر از زمان صفر تا ۳، پلی‌فسفات نسبت به بقیه سختی بالاتری دارد اما از این زمان به بعد تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها وجود ندارد. مقایسه اثر زمان بر سختی نشان می‌دهد گروه‌های شاهد و پونه‌کوهی در هیچ زمانی تفاوت معنی‌داری نداشتند و عدد سختی ثابتی داشتند.

تغییرات بافت، فاکتور چسبندگی، در جدول ۸ ارائه گردیده است.

جدول ۲- جدول طعم در نمونه پخته طی ٦ ماه

تیمار/ زمان نگهداری (ماه)	0	1	2	3	4	5	6
1	5 ± 0^{aA}	4 ± 0.7^{aABC}	4.2 ± 0.83^{aAB}	4 ± 1^{ABC}	3.6 ± 0.54^{aABC}	2.8 ± 0.83^{aABC}	2.6 ± 0.54^{aC}
2	5 ± 0^{aA}	3.8 ± 0.7^{aB}	4 ± 0.7^{aAB}	4.2 ± 0.44^{aB}	3.8 ± 0.44^{aB}	4 ± 0.7^{aAB}	3.4 ± 0.54^{aB}
3	5 ± 0^{aA}	3.6 ± 0.54^{aBC}	4.4 ± 0.89^{aAB}	4.2 ± 0.44^{aABC}	4 ± 0^{aABC}	4.4 ± 0.89^{aAB}	3.2 ± 0.44^{aC}
4	5 ± 0^{aA}	4.2 ± 0.83^{aAB}	4.2 ± 0.83^{aAB}	4.2 ± 0.44^{aAB}	4.2 ± 0.44^{aAB}	4 ± 0.7^{aAB}	3.2 ± 0.44^{aB}
5	5 ± 0^{aA}	4.6 ± 0.54^{aAB}	3.4 ± 0.54^{aCD}	4.2 ± 0.44^{aABC}	3.6 ± 0.54^{aBCD}	3.6 ± 0.89^{aBCD}	3 ± 0.7^{aD}

(a-c) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها در هر زمان، (A-B) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها در طول دوره نگه‌داری. عدد ۱ معرف گروه شاهد، ۲ پونه کوهی، ۳ پلی‌فسفات، ۴ ترکیب پلی‌فسفات و پونه‌کوهی و ۵ تحت خلاء می‌باشد.

جدول ۳- جدول بودر نمونه پخته طی ٦ ماه

تیمار/ زمان نگهداری (ماه)	0	1	2	3	4	5	6
1	4 ± 0^{aA}	4 ± 0.7^{aA}	3.6 ± 0.54^{aA}	3.6 ± 0.54^{aA}	4 ± 0^{aA}	3.2 ± 0.83^{aAB}	2.4 ± 0.54^{bB}
2	4 ± 0^{aA}	4.4 ± 0.54^{aA}	3.8 ± 1.09^{aA}	3.8 ± 0.44^{aA}	3.8 ± 0.83^{aA}	3.8 ± 1.09^{aA}	3.2 ± 0.44^{aA}
3	4 ± 0^{aA}	4 ± 1^{aA}	4.2 ± 1.09^{aA}	4 ± 0.7^{aA}	4.2 ± 0.83^{aA}	4.2 ± 1.09^{aA}	3 ± 0^{aA}
4	4 ± 0^{aAB}	4.8 ± 0.44^{aA}	3.8 ± 0.83^{aAB}	4.2 ± 0.44^{aAB}	4.4 ± 0.54^{aAB}	3.8 ± 0.54^{aAB}	3.4 ± 0.54^{aB}
5	4 ± 0^{aA}	4 ± 0.7^{aA}	3.8 ± 0.83^{aA}	4.2 ± 0.83^{aA}	4 ± 0.7^{aA}	3.8 ± 0.83^{aA}	3 ± 0^{aA}

(a-b) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها در هر زمان، (A-B) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها در طول دوره نگه‌داری عدد ۱ معرف گروه شاهد، ۲ پونه کوهی، ۳ پلی‌فسفات، ۴ ترکیب پلی‌فسفات و پونه‌کوهی و ۵ تحت خلاء می‌باشد.

جدول ٤- تغییرات فاکتور L* (بعد روشنایی) طی ٦ ماه

تیمار/ زمان نگهداری (ماه)	L_0	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
1	70 ± 9.6^{ABCa}	62.6 ± 2.78^{BCa}	70.56 ± 5.94^{ABCa}	85.1 ± 5.54^{Aa}	72.8 ± 8.08^{ABa}	78.56 ± 3^{ABa}	53.7 ± 4.35^{Ca}
2	71.96 ± 3.1^{Aa}	68.46 ± 0.61^{Aa}	70.6 ± 5.1^{Aa}	78.43 ± 8.69^{Aa}	63.8 ± 9.09^{Aa}	76.1 ± 5.79^{Aa}	44.73 ± 3.05^{Ba}
3	70.36 ± 1.2^{ABa}	61.43 ± 4.91^{Ba}	67.2 ± 2.28^{Ba}	72.16 ± 0.35^{ABa}	64.83 ± 4.78^{Ba}	79.6 ± 4.75^{Aa}	44.16 ± 5.5^{Ca}
4	74.1 ± 3.1^{ABa}	62.5 ± 2.55^{BCa}	69.93 ± 2.01^{ABCa}	80.36 ± 3.21^{Aa}	76.2 ± 7.85^{ABa}	82.5 ± 2.38^{Aa}	56.9 ± 8.5^{Ca}
5	65.2 ± 3.05^{Ca}	65.2 ± 3.05^{Ca}	70.56 ± 3.75^{BCa}	76.73 ± 0.96^{ABa}	72.56 ± 25.82^{ABCa}	79.9 ± 2.28^{Aa}	48.1 ± 2.28^{Da}

(a) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه ها در هر زمان، (A-D) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها در طول دوره نگه‌داری. عدد ۱ معرف گروه شاهد، ۲ پونه کوهی، ۳ پلی‌فسفات، ۴ ترکیب پلی‌فسفات و پونه‌کوهی و ۵ تحت خلاء می‌باشد.

جدول ۵- تغییرات فاکتور a^* (بعد قرمزی - سبزی) طی ٦ ماه

تیمار/ زمان نگهداری (ماه)	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
1	8.3 ± 0.11^{aA}	8.13 ± 0.11^{aA}	9.26 ± 1.22^{aA}	6.93 ± 2.51^{aA}	7.46 ± 2.05^{aA}	7.46 ± 1.55^{aA}	5.9 ± 0.8^{bA}
2	5.9 ± 0.51^{aA}	5.93 ± 0.51^{aA}	9.53 ± 1.66^{aA}	7.2 ± 1.5^{aA}	10 ± 3.74^{aA}	8.26 ± 1.55^{aA}	9.53 ± 0.46^{aA}
3	6.8 ± 1.08^{aA}	6.8 ± 1.08^{aA}	8.5 ± 1.17^{aA}	10 ± 0.92^{aA}	9.2 ± 1.22^{aA}	6.66 ± 1.32^{aA}	9.2 ± 1.84^{abA}
4	7.7 ± 0.62^{aA}	7.7 ± 0.62^{aA}	8.13 ± 0.86^{aA}	7.73 ± 0.4^{aA}	6.9 ± 1.96^{aA}	5.9 ± 2.11^{aA}	5.9 ± 0.98^{bA}
5	6.23 ± 4.02^{aA}	6.23 ± 4.02^{aA}	8.5 ± 1.17^{aA}	8 ± 0.56^{aA}	7.23 ± 0.46^{aA}	6.43 ± 0.46^{aA}	8.5 ± 1.96^{abA}

(a) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها در هر زمان، (A-D) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها در طول دوره نگه‌داری. عدد ۱ معرف گروه شاهد، ۲ پونه کوهی، ۳ پلی‌فسفات، ۴ ترکیب پلی‌فسفات و پونه‌کوهی و ۵ تحت خلاء می‌باشد.

جدول ٦- تغییرات فاکتور b^* (بعد زرد - آبی) طی ٦ ماه

تیمار/ زمان نگهداری (ماه)	B_0	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6
1	3 ± 0.43^{abB}	3.23 ± 0.46^{aB}	4 ± 1.96^{aAB}	6.93 ± 1.62^{aA}	3.76 ± 0.46^{aB}	4 ± 0.92^{abAB}	1.46 ± 0.46^{abB}
2	2 ± 0.76^{abB}	3.5 ± 1.38^{aAB}	5.63 ± 0.46^{aA}	3.23 ± 1.84^{aAB}	4 ± 1.22^{aBB}	3.23 ± 0.92^{abAB}	2.46 ± 0.4^{aA}
3	2.5 ± 0.5^{abBCD}	2.2 ± 0.86^{aCD}	4.83 ± 1.22^{aAB}	4.3 ± 1.38^{aABC}	3.5 ± 0.8^{aBCD}	6.16 ± 0.46^{aA}	1.2 ± 0^{bD}
4	1.9 ± 0.65^{bA}	1.73 ± 0.46^{aA}	3.5 ± 1.38^{aA}	4.56 ± 1.66^{aA}	4 ± 2.3^{aA}	5.36 ± 2.01^{abA}	1.79 ± 0.46^{abA}
5	3.56 ± 0.6^{aABC}	1.96 ± 0.75^{bBC}	5.1 ± 1.38^{aA}	5.1 ± 0.8^{aA}	3.76 ± 0.46^{aAB}	2.73 ± 1.32^{bABC}	1.2 ± 0^{bC}

(a) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها در هر زمان، (A-D) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها در طول دوره نگه‌داری. عدد ۱ معرف گروه شاهد، ۲ پونه کوهی، ۳ پلی‌فسفات، ۴ ترکیب پلی‌فسفات و پونه‌کوهی و ۵ تحت خلاء می‌باشد.

جدول ۷- تغییرات بافت، فاکتور سختی طی ٦ ماه

تیمار/ زمان نگهداری (ماه)	0	1	2	3	4	5	6
1	303.6 ± 71.5^{bA}	265 ± 24.26^{BA}	226.3 ± 48.71^{bA}	313 ± 54.45^{aA}	298 ± 83.45^{aA}	448 ± 224.73^{aA}	279 ± 42.85^{aA}
2	278.5 ± 68^{bA}	371.16 ± 46^{abA}	467 ± 120.81^{aA}	416 ± 126.88^{aA}	192 ± 23.26^{aA}	304 ± 74.26^{aA}	358 ± 57^{aA}
3	514 ± 80.85^{aAB}	658.33 ± 153.46^{aA}	213 ± 36.66^{bC}	283 ± 46.18^{aBC}	263 ± 120.99^{aBC}	275 ± 101.2^{aBC}	217 ± 90^{aBC}
4	193.66 ± 47^{bAB}	293.66 ± 36.6^{bB}	196 ± 11.65^{bB}	480 ± 127.45^{aA}	190 ± 19.93^{aB}	264 ± 128.5^{aB}	229 ± 27.78^{aB}
5	285 ± 85.86^{bAB}	25.5 ± 11.65^{bAB}	156 ± 21.65^{bB}	273 ± 2^{aAB}	198 ± 63.3^{aAB}	508 ± 272.19^{aA}	225 ± 67.39^{aAB}

(a-b) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها در هر زمان، (A-C) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها در طول دوره نگه‌داری. عدد ۱ معرف گروه شاهد، ۲ پونه کوهی، ۳ پلی‌فسفات، ۴ ترکیب پلی‌فسفات و پونه‌کوهی و ۵ تحت خلاء می‌باشد.

جدول ۸- تغییرات بافت، فاکتور چسبندگی طی ٦ ماه

تیمار/ زمان نگهداری (ماه)	0	1	2	3	4	5	6
1	-33.6 ± 0.58^{aA}	-34.84 ± 1.7^{aA}	-26.9 ± 5.99^{aA}	-24.2 ± 2.3^{aA}	-29.4 ± 8.4^{aA}	-32.3 ± 7.3^{aA}	-31 ± 3.82^{aA}
2	-31 ± 4^{aAB}	-38.05 ± 5.6^{aB}	26.34 ± 4.39^{aAB}	-28 ± 0.9^{aAB}	-25.6 ± 4.5^{aA}	-33 ± 4.9^{aAB}	32.3 ± 4.1^{aAB}
3	-31 ± 3.36^{aA}	-24.46 ± 6.3^{aA}	-28.89 ± 2.11^{aA}	-26.25 ± 3.6^{aA}	-22.2 ± 0.9^{aA}	-33.3 ± 8.8^{aA}	31.53 ± 3.75^{aA}
4	-30.91 ± 1.8^{aA}	26.36 ± 3.83^{aA}	-28.89 ± 2.11^{aA}	-26.8 ± 4.2^{aA}	-24.6 ± 2.1^{aA}	-32.1 ± 7.2^{aA}	-26.4 ± 3.1^{aA}
5	-30.9 ± 10.9^{aA}	26.36 ± 3.83^{aA}	-25.23 ± 3.68^{aA}	26.59 ± 3.66^{aA}	-23.4 ± 6.4^{aA}	-24.4 ± 0.8^{aA}	-24.9 ± 3.8^{aA}

(a) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها در هر زمان، (A-B) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها در طول دوره نگه‌داری
عدد ۱ معرف گروه شاهد، ۲ پونه کوهی، ۳ پلی‌فسفات، ۴ ترکیب پلی‌فسفات و پونه‌کوهی و ۵ تحت خلاء می‌باشد

بحث

تیوباربیتوریک اسید یکی از شاخص‌های اندازه‌گیری اکسیداسیون چربی‌ها بر اساس محتوی مالون‌آلدهید می‌باشد. مالون‌آلدهید از هیدروپروکسیدها تشکیل می‌شود که حاصل واکنش اسیدهای چرب با اکسیژن می‌باشد (Fernandez *et al*., 1997; Kostaki *et al*., 2009). تغییرات تیوباربیتوریک اسید فیله‌های گروه شده ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان *O. mykiss* در طول ۶ ماه نگهداری

در فریزر در شکل ۱ آورده شده است. میزان تیوباربیتوریک اسید در زمان صفر برای همه گروه ها ۰/۰۱۵ میلی‌گرم مالون‌الدهید به ازای هر کیلوگرم گوشت ماهی بود که مرور زمان این میزان افزایش یافت و در پایان دوره ۶ ماهه برای همه گروه‌ها به بالای ۰/۱ رسید به این معنی که میزان تیوباربیتوریک اسید برای هر یک از گروه ها در طول زمان افزایش یافت و در انتهای دوره نسبت به زمان صفر اختلاف معنی‌دار بود در نتیجه میزان مالون‌الدهید در بافت گوشت افزایش پیدا کرد. اما با مقایسه میزان همه گروه‌ها در انتهای دوره گروه‌های پلی فسفات و ترکیب پلی فسفات و پونه کوهی میزان عددی کمتری را بازگو می‌کنند که نشان می‌دهد پلی فسفات تاثیر خوبی روی کاهش تیوباربیتوریک اسید فیله گذاشته است. این نتیجه با مشاهدات Calder (۲۰۰۳) روی لابستر تیمار شده با سدیم تری‌پلی‌فسفات همخوانی داشت، همچنین با نتایج Weilmeier and Regenstein (۲۰۰۴) که با اضافه کردن سدیم تری‌پلی‌فسفات در ماهیان قزل‌آلا و ماکرل به دست آمد مطابقت دارد. می‌توان گفت سدیم تری‌پلی‌فسفات توانست خواص آنتی‌اکسیدانی خوبی از خود نشان دهد. لازم به ذکر است گروه تحت خلاء از لحاظ آماری با دو گروه ذکر شده اختلاف معنی‌داری نداشت که علت آن عدم یا کاهش قابل توجه ورود و واکنش اکسیژن با اسیدهای چرب آزاد بود. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که استفاده توام از این دو روش بسته‌بندی می‌تواند به کاهش میزان تیوباربیتوریک اسید کمک کند و در نتیجه به حفظ بهتر و هر چه بیشتر کیفیت فیله منجر شود.

ماهی به طور طبیعی دارای میزان زیادی اسیدهای چرب غیراشباع نظیر اسید ایکوزاپنتانوئیک و اسید دکوزاهگزانوئیک می‌باشد که فواید زیادی برای سلامتی انسان دارند (Steffens, 1997). وجود مقدار زیاد این اسیدهای چرب، ماهی قزل‌آلا را برای فساد اکسیداتیو مستعد ساخته است (Yildiz *et al*., 2006). آنزیم‌های هیدرولیز کننده چربی با تأثیر بر چربی ماهیان، میزان اسیدهای چرب آزاد را در آن‌ها افزایش می‌دهند (Shewfelt, 1981; Silva and Ammerman, 1993). اگرچه اسیدهای چرب آزاد را به عنوان عامل مستقیم افت کیفیت بیان نمی‌کنند، اما افزایش مقادیر آن باعث افزایش اکسیداسیون چربی به دلیل میل ترکیبی زیاد این اسیدها با اکسیژن، پیشرفت طعم نامطلوب، ایجاد تغییرات بافتی بر اثر دناتوره شدن پروتئین و در نهایت کاهش کیفیت محصول می‌گردد (Rezaei *et al*., 2006). میزان تغییرات اسیدهای چرب آزاد فیله‌های گروه شده ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان *O. mykiss* در طول ۶ ماه نگهداری در فریزر در شکل ۲ آورده شده است. میزان اسیدهای چرب آزاد در زمان صفر برای تمامی گروه‌ها یکسان بود، که با گذشت زمان میزان آن برای همه گروه‌ها افزایش یافت. اما این افزایش میزان اسیدهای چرب آزاد در طول زمان برای گروههای ترکیب و تحت خلاء اختلاف معنی‌داری نداشت. در پایان دوره مقایسه میزان اسیدهای چرب آزاد بین همه گروه‌ها بدین گونه بود که گروه‌های پلی فسفات، ترکیب پلی فسفات و پونه کوهی و گروه تحت خلاء نسبت به نمونه شاهد میزان اسیدهای چرب آزاد کمتری داشتند. روند افزایشی اسیدهای چرب آزاد در این دوره با نتایج Jain و همکاران (۲۰۰۷) که بر روی ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) طی ۶ ماه نگهداری در فریزر انجام شد مطابقت دارد که در آن با گذشت زمان میزان اسیدهای چرب آزاد هم افزایش یافت (Khorramgah and Rezaei, 2012).

توانایی گوشت در حفظ میزان آب طبیعی خود را ظرفیت نگهداری آب می‌گویند (Offer and Trinick, 1983). مکانیسم اثر پلی فسفات‌ها در ظرفیت نگهداری آب به این صورت است که پلی فسفات‌ها با کاتیون‌های دو ظرفیتی متصل به پروتئین ماهیچه تشکیل کمپلکس می‌دهند و مانع از ایجاد اتصال‌های عرضی میان رشته‌های پروتئینی می‌شوند، در چنین حالتی دفع الکترواستاتیکی میان رشته‌های پروتئینی با سهولت بیشتری صورت می‌گیرد که این حالت باعث فاصله گرفتن رشته‌ها به یکدیگر می‌شود که به این وسیله می‌توانند مقدار آب بیشتری جذب و در خود حفظ نمایند (فاطمی، ۱۳۸۷) و این عمل برای پروتئین‌های گوشت مفید است. تغییرات ظرفیت نگهداری آب فیله‌های گروه شده ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان *O. mykiss* در طول ۶ ماه نگهداری در فریزر در شکل ۳ آورده شده است. در این آزمایش توانایی نگهداری آب در فیله ماهی تحت اثر نوع افزودنی و بسته‌بندی مقایسه شد که طی گذشت زمان برای همه گروه‌ها به جز گروه ترکیب کاهش یافت. به‌طوری که گروه ترکیب از زمان صفر تا پایان دوره اختلاف معنی‌داری در میزان ظرفیت نگهداری

آب نداشت. در مقایسه گروه‌ها در هر زمان این نتیجه بدست آمد که در پایان دوره ۶ ماهه در گروه پلی فسفات میزان آب از دست رفته از فیله کمتر بود. اما گروه‌های تحت خلا و ترکیب پلی فسفات و پونه کوهی اختلاف معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد و پونه کوهی داشتند. در نتیجه می‌توان گفت که سدیم تری‌پلی‌فسفات توانسته است از میزان آبچک حاصل از فیله در طول نگهداری بکاهد که موجب حفظ کیفیت فیله می‌گردد. نتایج این تحقیق با مطالعه Thorarinsdottir و همکاران (۲۰۰۱) که بر روی ماهی کاد نمک‌سود (*gadus morhua*) انجام شد مطابقت نداشت چون افزودن پلی فسفات در ماهی کاد ظرفیت نگه‌داری آب را بهبود نداد. ولی نتایج این تحقیق با مطالعه Bilgelow و Lee (۲۰۰۷) که با تزریق سدیم تری‌پلی‌فسفات ۲ درصد همراه سایر نگه‌دارنده‌ها چون سوربیتول، پروتئین سویا و سدیم آلژینات، به فیله ماهی *Urophycis chuss* توانایی جذب آب را بهبود داده بود مطابقت داشت.

ارزیابی حسی به عنوان یکی از روش‌های سنجش کیفیت ماهیان طی دوره نگهداری در مطالعات محققین از جمله Kilinic و همکاران (۲۰۰۷) آمده و از آن به عنوان روشی مناسب جهت برآورد کیفیت ماهی نام برده می‌شود. مطابق با نتایج نشان داده شده در جدول ۱ مقایسه گروهها در هر زمان با یکدیگر نشان می‌دهد که در نمونه‌های خام در فاکتور مقبولیت کلی اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها وجود دارد. در فاکتور مقبولیت کلی گروه شاهد و پونه کوهی نسبت به بقیه گروه‌ها امتیاز کمتری کسب کرد که این نتیجه با گزارش Arkoudelos و همکاران (۲۰۰۷) روی فیله ماهی ماکرل بسته‌بندی شده تحت خلا و معمولی، منطبق بود. مقایسه امتیاز هر یک از گروه‌ها در طول دوره به این صورت بود که در فاکتور بافت در گروه تحت خلاء تغییری ایجاد نشد، امتیاز فاکتور بو در گروه ترکیب و پلی فسفات ثابت بود. از لحاظ کلی هم گروه ترکیب در پایان دوره نسب به زمان اول تغییری نداشت که با نتایج Kilinik و همکاران (۲۰۰۹) که روی فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان غوطه‌ور در محلول سدیم دی فسفات و سدیم تری فسفات بود و طعم و بوی آن را بهبود داد مطابقت داشت.

مقایسه امتیازات در نمونه پخته در طول زمان با یکدیگر نشان می دهد در فاکتور طعم اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. در فاکتور بو گروه شاهد امتیاز کمتری کسب کردند که طبق نتایج بدست آمده در مقادیر ظرفیت نگهداری آب، این دو گروه آب کمتری را در بافت خود نگه داشتند که باعث شد بافت افت کیفی بیشتری از لحاظ حسی داشته باشد. و هچنین میزان تیوباربیتوریک اسید و اسید بالاتر گروه شاهد را می توان به امتیاز پایین این گروه در ارزیابی حسی نسبت داد. در مجموع می توان گفت گروه‌های پلی فسفات، ترکیب و تحت خلاء از لحاظ ارزیابی حسی بهتر از دو گروه دیگر هستند.

رنگ یکی از مهم‌ترین فاکتورهای مورد استفاده در ارزیابی کیفی ماهی و فرآورده‌های آن است (Pacheco-Aguilar *et al*., 2000). تغییرات رنگ فیله‌های گروه شده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان *O. mykiss* در طول ۶ ماه نگهداری در فریزر در جداول ۴، ۵ و ۶ آورده شده است. مقادیر گروه‌ها در فاکتور L^* که بیان‌کننده بعد روشنایی است اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها نشان نداد. در مقایسه گروه‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند ولی مقایسه اثر زمان بر روی هر گروه نشان داد میزان روشنایی همه گروه‌ها کاهش پیدا کرد. در بررسی میزان تیوباربیتوریک اسید، اسیدهای چرب آزاد و ظرفیت نگهداری آب مشخص شد که همه گروه‌ها در این سه فاکتور که نشان‌دهنده اکسید شدن و دناتوره شدن پروتئین می‌باشند افت داشتند که احتمال به دلیل کاهش روشنایی فیله طی نگهداری می‌باشد اما میزان روشنایی گروه پونه کوهی دارای نوسانات کمتری نسبت به سایر گروهها بود که با نتایج حاصل از میزان تیوباربیتوریک اسید، اسیدهای چرب آزاد و ظرفیت نگهداری آب همخوانی ندارد چرا که این گروه از لحاظ فاکتورهای ذکر شده نسبت به گروه‌های پلی فسفات، ترکیب و تحت خلاء افت کیفی بیشتری داشت و این افت دارای اختلاف معنی‌داری بود. بررسی فاکتور a^* نشان دهنده عدم وجود تغییرات معنی دار در این فاکتور طی زمان است. در مقایسه گروه در هر زمان با یکدیگر، گروه‌های ترکیب و شاهد عدد پایین‌تری را نسبت به بقیه گروه‌ها نشان می‌دهند، از سوی دیگر هر چه میزان اکسیداسیون هموگلوبین بیشتر باشد فاکتور a^* هم بیشتر است که این نتیجه طبق نتایج حاصل از تیوباربیتوریک اسید برای گروه

ترکیب همخوانی دارد ولی برای گروه پلی فسفات صدق نمی‌کند و همچنین برای گروه شاهد قابل توجیه نیست. در فاکتور b^* که نشان دهنده بعد زردی- آبی است، در اکثر زمان‌ها تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده نشد همچنین در اثر زمان هم در گروه ترکیب اختلاف معنی‌داری در میزان این فاکتور وجود نداشت.

مهم‌ترین ویژگی‌های گوشت، ظاهر، آبدار بودن، طعم و بافت ماهی است. بافت یکی از مهم‌ترین متغیرهای کیفی گوشت ماهی است و در صنایع فرآوری آبزیان اهمیت زیادی دارد (Hyldig and Nielsen, 2001; Jain *et al*., 2007). بافت ماهی خام را می‌توان به وسیله روش‌های مختلف و با استفاده از دستگاه‌های ارزیابی بافت، مورد سنجش قرار داد (Alasalvar *et al*., 2001) ارزیابی سختی و خاصیت ارتجاعی، اغلب متغیرهای اصلی در سنجش بافت هستند (Alasalvar *et al*., 2001; Jain *et al*., 2007). تغییرات بافتی فیله های گروه شده ماهی قزل آلا رنگین کمان *Onchorhyncus myksis* در طول ۶ ماه نگهداری در فریزر در جداول ۷ و ۸ آورده شده است. مقایسه گروه‌ها با یکدیگر در فاکتور سختی و چسبندگی تفاوت معنی داری را نشان نداند، در مقایسه اثر زمان روی هر گروه هم تغییری در هیچکدام از گروه وجود نداشت. کاهش توانایی نگهداری آب در فیله و در پی آن اکسیداسیون چربی و دناتوره شدن پروتئین می توانند بر روی سختی و چسبندگی فیله تاثیر گذار باشد. با توجه به اینکه میزان ظرفیت نگهداری آب در گروه‌های شاهد و پونه کوهی در مقایسه با بقیه گروه‌ها کمتر بود و اینکه میزان سختی و چسبندگی در گروه‌ها تفاوت معنی داری نداشت لذا نتایج حاصل از این دو آزمایش با یکدیگر همخوانی نداشتند بنابراین میتوان گفت که احتمالا کاهش ظرفیت نگهداری آب در فیله بر روی سختی و چسبندگی موثر نبود یا اینکه کاهش آب فیله در شرایط انجماد آنقدر زیاد نبود که روی این دو فاکتور تاثیرگذار باشد. نتایج آزمایش‌های شیمیایی که در ۶ ماه نگهداری در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد انجام پذیرفت، بیانگر عملکرد بهتر بسته‌بندی معمولی همراه با سدیم تری‌پلی‌فسفات و همچنین ترکیب آن با پونه کوهی در میزان کاستن از اندیس تیوباربیتوریک-اسید، همچنین تاثیر خوب آن‌ها و بسته‌بندی تحت خلاء در میزان کاهش اسیدهای چرب آزاد نسبت به نمونه شاهد بود. پلی فسفات توانست ظرفیت نگهداری آب موجود در بافت را نیز نسبت به دیگر گروه‌ها حفظ کند و میزان آب بیشتری را در بافت گوشت تا انتهای دوره نگه دارد. از نظر ارزیابی حسی نیز گروه بسته‌بندی شده معمولی با پلی فسفات و ترکیب و گروه تحت خلاء اختلاف معنی‌داری نداشتند و نسبت به نمونه شاهد و پونه کوهی از کیفیت بهتری برخوردار بودند.

نتیجه‌گیری

در کل می‌توان گفت استفاده از پلی فسفات به عنوان افزودنی همراه با بسته‌بندی تحت خلاء و نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد در حفظ کیفیت فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان مؤثر است.

منابع

فاطمی، ح. (۱۳۸۷). شیمی مواد غذایی. شرکت سهامی انتشار.۴۸۰ ص.

Al-Dagal, M. M. & Bazaraa, W. A. (1999). Extension of shelf life of whole and peeled shrimp whih organic acid salts and bifidobacteria. Journal of Food Protection, 62 (1), 51-56.

Alasalvar, C., Taylor, K. D. A., Oksuz, A., Garhwaite, T., Alexis, M. N. & Grigorakis K. (2001). Freshness assessment of cultured sea bream (*Sparus aurata*) by chemical, physical and sensory methods. Journal of Chemistry, 72 (1), 33-40.

Arashisar, S., Hisar, O., Kaya, M. & Yanik, T. (2004). Efects of modified atmosphere and (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. Journal of Food Miccrobiology, 97 (2), 209-214.

Arkoudelos, J., Stamatis, N. & Samaras, F. (2007). Quality attributes of farmed eel (Anguilla anguilla) stored under air, vacuum and modified atmosphere packaging at 0 ^{o}C. Food Microbiology, 24 (7-8), 728-735.

Bilgelow, W. & Lee, C. M. (2007). Evaloation of varius infused cryoprotective ingredients for their freeze-thaw stabilizing and texture improving properties in frozen red hake muscle. Journal of Food Science, 72 (1), 56-64.

Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. International Journal of Food Microbiology, 94, 223–253.

Calder, B. L. (2003). The use of polyphosphates to maintain yield and quality of whole cooked, cryogenically frozen lobster (*Homarus americanus*) and the sorbitol and tecopherol to maintain quality of whole cooked, cryogenically frozen crab (*Cancer irroratus*). A thesis presented for Ph.D degree in Fisheries. The University of MAINE. 87 p.

Channg, C. C. & Regenstein, J. M. (1997). Water uptake, protein solubility and protein changes of Cod mince stored on ice as affected by polyphpsphates. Journal of Food Science, 62 (2), 305-309.

Duun, A. S. & Rustad, T. (2008). Quality of superchilled vacuum packed Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets stored at -1.4 and -3.6 C^0. Journal of Food Chemistry, 106 (1), 122-131.

Egan, H., Kirk, R. S. & Sawyer, R. (1997). Pearson's chemical Analysis of Foods. 9th edition, Churchill Livingtone, Edingburgh, Scotland, UK, pp. 609-643.

Fernandez, J., Perez-Alvarez, I. A. & Fernandez-Lopez, J. A. (1997). Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. Journal of Food Chemistry, 59 (3), 345-353.

Fernandez, K., Aspe, E. & Roeckel, M. (2009). Shelf-life extension on fillets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) using natural additives, superchiling and modified atmosphere packaging. Journal of Packaging Technology and Science, 20 (11), 1036-1042.

Hyldig, G. & Nielsen, D. (2001). A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle. Journal of Texture Studies, 32 (3), 219-242.

Himelbloom, B. H., Crapo, CH., Brown, E. K. & Babbitt, J. K. R. (1994). Pink salmon (*Oncorhynchus mykiss*) quality during ice chilled seawater storage. Journal of food Quality, 17 (3), 197-210.

Himonides, A., Taylor, K. A. & Knowels, M. J. (1999). The improved whitening of cod and haddock flaps using hydrogen peroxide. Journal of the Science of Food and Aagriculture, 79 (6), 845-850.

Jain, D., Pathare, P. B. & Manikantan, M. R. (2007). Evaluation of texture parameters of Rohu fish (*Labeo rohita*) during iced storage. Journal of Food Engineering, 81 (2), 336-340.

Khorramgah, M. & Rezaei, M. (2012). Chemical and sensory changes of kutum (*Rutilus frisii kutum*) during frozen storage (-18 ° C). Journal of Food Science and Technology, 9 (37), 101-107.

Kilinic, B., Cakli, S., Ddincer, T. & Cadum, A. (2007). Effect of phosphate treatment on the quality of frozen-thawed fish species. Journal of muscle Foods, 20 (4), 377-391.

Kilinic, B., Cakil, S., Csdum, A. & Sen, B. (2009). Effect f phosphate dip treatments on chemical, microbioical, color, textural, and sensory changes of rainbow trout (*Onchoryncus mykiis*) fillets during refrigerated storage. Journal of Food Product Technology, 18, 108-119.

Kostaki, M., Giatrakou, V., Savvaidis, I. N. & 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. Journal of Food Microbiology, 26 (5), 475-482.

Mannju, S., Jose, l., Srinivasa Gopal, T. K., Ravishankar, C. N. & Lalitha, K. V. (2007). Effects of sodium acetate dip treatment and vacuum-pakagin on chemical, microbiological, textural and sensory chenges of pearlspot (*Eroplus suratensis*) during chill storage. Journal of Food chemistry, 102 (1), 27-35.

Masniyom, P., Soottawat, B. & Visessanguan, W. (2005). Cambination effect of phosphate and modified atomosphere on quality and shelf-life extension of refrigerated seabass slices. Journal of Food Science and Technology, 38 (7), 745-756.

Offer, G. & Trinick, T. (1983). On the mechanism of water holding in meat: The Swelling and Shrinking of Myofibrils. Journal of Meat Science, 8 (4), 245-281.

Ojagh, S. M., Rezaie, M., Razavii, S. H. (2010). Effect of chitosan coating enriched with cinamon essential oil on shelf life and quality of refrigerated Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillet. A thesis presented for Ph. D degree in Fisheries. Tarbiat Modarres University, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences. 105 p. (In Persian)

Pacheco-Aguilar, R., Lugo-Sanchez, M. E. & Robles-Burgueno, M. R. (2000). Postmortem biochemical characteristic of Monterey sardine muscle stored at ^oC. Journal of Food Science, 65 (1), 40-47.

Shewfelt, R. L. (1981). Fish muscle lipolysis-A review. Journal of Food Biochemistry, 5 (2), 79-100.

Silva, J. L. & Ammerman, G. R. (1993). Composition, lipid change, and sensory evaluation of two sizes of channel catfish

during frozen storage. Journal of Applied Aquaculture, 2 (2), 39-50.

Steffens, W. (1997). Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. Journal of Aquaculture, 151 (1), 97-119.

Tainter, D. R. & Grenis, A. T. (2001). Spices and Seasonings: A Food Technology Handbook. 2nd Edition, New York, 256 p.

Thorarinsdottir, K. A., Arason, S., Bogason, S. G. & Kristbergsson, K. (2001). Effect of phpsphate on yield, Quality and water- holding capacity in the processing of salted cpd (*Gadus morhua*). Journal of Food chemistry and Toxicology, 66 (6), 821-826.

Turan, H., Kaya, Y. & erkoyuncu, J. (2003). Effect of Glazing, packaging and phosphate treatments on drip lossin Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) during frozen storage. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 3, 105-109.

Weilmeier, D. M. & Regenstein, J. M. (2004). Antioxidant properties of phosphates and other additives during the storage of raw mackerel and lake trout. Journal of Food Science, 69 (2), 102-108.

Yildiz, M., Sener, E. & Gun, H. (2006). Effect of refrigerated storage on fillet lipid quality of rainbown trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed a diet containing different levels of dl α-tocopherol acetate. Turk Journal of veterinary animal science, 30 (1), 143-150.