

## اثر بسته‌بندی‌های مختلف بر کیفیت فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) هنگام نگهداری در یخچال

محمدعلی خانلر<sup>۱</sup>، ابراهیم علیزاده دوغیکلانی<sup>۲\*</sup>، سیدولی حسینی<sup>۳</sup>

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۲. دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۳. دانشیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۲/۱۴ تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۹/۱۰

### چکیده

به دلیل مستعد بودن و فساد سریع آبزیان خوراکی، فناوری‌های زیادی برای افزایش ماندگاری آن‌ها توسعه یافته‌اند. در این پژوهش تاثیر بسته‌بندی‌های اتمسفر تغییر یافته (دی‌اکسید کربن ۴۰ درصد و نیتروژن ۶۰ درصد)، تحت خلأ و اتمسفر هوا روی تغییرات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان هنگام نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی-گراد) مورد مطالعه قرار گرفت. فراسنجه‌های شیمیایی (مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N) و تیوباربیتوریک اسید (TBA))، فیزیکی (pH، آبچلینگ و رنگ‌سنجی) و میکروبی (شمارش باکتری‌های کل (TVC) و باکتری‌های سرماگرا (PTC)) در روزهای صفر، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که بسته‌بندی فیله‌ها با اتمسفر تغییر یافته به مدت ۱۵ روز موجب حفظ خواص کیفی و فیزیکی فیله‌ها گردید. در حالی که خواص کیفی و فیزیکی نمونه‌های شاهد پس از ۶ روز به شدت کاهش یافت ( $P < 0.05$ ). رشد بار میکروبی نمونه‌های بسته‌بندی شده در اتمسفر تغییر یافته در مقایسه با دو نوع بسته‌بندی دیگر کندتر بود ( $P < 0.05$ ). نتایج کیفیت بهتر نمونه‌های بسته‌بندی شده در اتمسفر تغییر یافته را نسبت به بسته‌بندی تحت خلأ و هوا در پایان دوره نگهداری نشان داد.

واژگان کلیدی: بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته، قزل‌آلای رنگین‌کمان، رنگ‌سنجی، زمان ماندگاری.

## ۱. مقدمه

افزایش تقاضا برای غذاهای دریایی تازه رو به افزایش است، این در حالی است که برای پاسخگویی به تقاضای مصرف کنندگان برای غذاهای تازه، افزایش زمان ماندگاری گوشت، مرغ و ماهی تازه هنگام نگهداری در یخچال مورد استقبال بیشتری قرار گرفته است (Chouliara et al., 2008). یکی از روش های افزایش زمان ماندگاری، به کارگیری روش های مناسب بسته بندی می باشد. جلوگیری از اکسیداسیون چربی، حفظ تازگی، تنوع مصرف، سهولت در انبارداری، سهولت در حمل و نقل از اهداف مهم بسته بندی آبیان است. بسته بندی در اتمسفر تغییر یافته شامل بسته بندی محصولات غذایی در یک محیط نفوذناپذیر و به طور معمول با ترکیب گازهای دی اکسید کربن، نیتروژن و اکسیژن با درصد کمتر است (Yam et al., 2005)، که به عنوان مکمل برای روش های قدیمی مورد استفاده قرار می گیرد و باعث طولانی شدن زمان ماندگاری مواد غذایی می شود (Arritt et al., 2007). گاز نیتروژن در بسته بندی اتمسفر تغییر یافته غالباً جایگزین اکسیژن می شود تا از آثار مضر آن از جمله اکسیداسیون چربی ها و رشد میکروب های هوازی ممانعت به عمل آورد. گاز دی اکسید کربن از اهمیت بالاتری در مخلوط گازهای مصرفی در بسته بندی اتمسفر تغییر یافته حاوی ماهی برخوردار است. زیرا این گاز دارای خاصیت ضد میکروبی بوده و از فعالیت بسیاری از باکتری های عامل فساد جلوگیری می کند. در بسته بندی تحت خلأ نیز، محصول با فیلم غیرقابل نفوذ به اکسیژن احاطه شده و بعد از تخلیه هوا به طور محکمی دوخته می شود (Arashisar et al., 2004). این بسته بندی به طور وسیعی در صنعت غذا به علت تأثیر در کاهش واکنش های اکسیداسیونی در محصول به نسبت هزینه پایین آن استفاده می شود (Vaclavik and Christian, 2014). بررسی ماهی قزل آلابی رنگین کمان پرورشی بسته بندی شده با اتمسفر تغییر یافته و تحت خلأ نشان داد که کمترین میزان اکسیداسیون چربی طی زمان نگهداری در بسته بندی با اتمسفر تغییر یافته مشاهده گردید (Cakli et al., 2006). همچنین باکتری های سرمادوست در فیله های بسته بندی شده با اتمسفر تغییر یافته ( $60\% +$ )

رشد کمتری داشتند (Yilmaz et al., 2009). نتایج ارزیابی شیمیایی، میکروبی و حسی ماهی ساردین (*Sardina pilchardus*) بسته بندی شده با اتمسفر تغییر یافته و تحت خلأ طی ۱۵ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی گراد نشان داد که زمان ماندگاری ماهی ساردین در شرایط بسته بندی با اتمسفر تغییر یافته ۱۲ روز، بسته بندی تحت خلأ ۹ روز و در هوا ۳ روز می باشد (Özogul et al., 2004). مقایسه تأثیر بسته بندی تحت خلأ و اتمسفر تغییر یافته ( $50\% \text{CO}_2 + 50\% \text{N}_2$ ) بر تغییرات میکروبی، فیزیولوژیکی و حسی ماهی ماکرل (*Scomber colias japonicus*) در دماهای ۳ و ۶ درجه سانتی گراد نشان داد که بسته بندی با اتمسفر تغییر یافته نسبت به بسته بندی تحت خلأ و هوا موجب افزایش زمان ماندگاری می شود (Stamatis and Arkoudelos, 2007).

با توجه به آمارهای منتشر شده از سوی سازمان جهانی خواربار و کشاورزی (FAO)، در حالی که میلیون ها انسان در جهان با مشکل گرسنگی دست و پنجه نرم کرده و هر ساله بخش مهمی از تولید غذای جهان، یک سوم از مواد غذایی تولید شده توسط انسان (بر مبنای محتوای کالریک آن)، در زنجیره توزیع، برداشت و مصرف به هدر می رود. ۲۰ میلیون تن از ۱/۳ میلیارد تن مواد غذایی و محصولات کشاورزی تولیدی در جهان که طی یک سال از بین می رود مربوط به ماهی می باشد. همچنین تخمین زده می شود که تولید این حجم از غذای هدر رفته در هر سال متضمن کشت در ۱۹۸ میلیون کیلومتر مربع از اراضی کشاورزی کره زمین، صرف ۱۷۳ میلیارد متر مکعب آب شیرین، مصرف ۲۸ میلیون تن کود شیمیایی و تولید گازهای گلخانه ای به میزان ۳۳۰۰ تا ۵۶۰۰ میلیون مترمکعب (معادل دی اکسید کربن) است (Pirani and Arafat, 2014). بنابراین استفاده از روش های نوین برای نگهداری مواد غذایی از جمله ماهی ضروری به نظر می رسد. بنابراین این تحقیق به منظور یافتن بهترین روش بسته بندی برای حفظ کیفیت فیله قزل آلابی رنگین کمان طی نگهداری در یخچال و با هدف دستیابی به روشی برای افزایش زمان ماندگاری فیله قزل آلابی رنگین کمان انجام شده است.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲. تهیه ماهی و تیمارها

۶۳ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تازه با وزن متوسط  $40.0 \pm 5.0$  گرم و طول متوسط  $27 \pm 2$  سانتی-متر از یکی از مزارع پرورش ماهی در نزدیکی شهر کرج انتخاب شدند و در جعبه‌های یونولیت به همراه پودر یخ به آزمایشگاه فرآوری آبزیان دانشگاه تهران (واحد پروری کشاورزی و منابع طبیعی کرج) انتقال داده شدند. ماهی‌ها ابتدا با آب تمیز شسته شده و سپس فیله گردیدند. برای بسته‌بندی فیله‌ها از کیسه‌های سه لایه (LDPE/EVOH/LDPE) با ضخامت ۱۱۰ میکرومتر (ترکیب ۱۰۰ میکرومتر پلی‌اتیلن با دانسیته پایین و ۱۰ میکرومتر اتیلن وینیل‌الکل) که از شرکت نادیا پلاستیک آریا خریداری شده بود استفاده گردید. بسته‌های حاوی فیله‌ماهی برای تخلیه هوا درون دستگاه بسته‌بندی (Henkelman model 200A) قرار گرفت. سپس برای بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته مخلوطی از گازهای ( $O_2:CO_2:N_2$ ) با نسبت (۶۰:۴۰:۰) به درون بسته‌ها تزریق گردید و به همراه بسته‌های تحت خلأ دوخت گردید. فیله‌های حاوی اتمسفر هوا به‌عنوان شاهد بسته‌بندی گردید. سپس فیله‌های بسته‌بندی شده در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری و فراسنجه‌های شیمیایی، فیزیکی و میکروبی در روزهای ۰، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ اندازه‌گیری شدند. تمامی آزمایش‌ها با سه تکرار انجام گرفت. ارزیابی نمونه‌ها در زمان صفر یعنی پیش از بسته‌بندی (فیله تازه) و پس از بسته‌بندی (فیله تیمار شده) به فواصل زمانی هر سه روز یک بار انجام گردید.

### ۲.۲. اندازه‌گیری pH

۵ گرم نمونه به ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید و به مدت ۳۰ ثانیه در یک مخلوط‌کن هموژن شد. سپس pH نمونه‌ها با pH دیجیتالی با استانداردهایی در pH ۴ و ۷ اندازه‌گیری گردید (Sallam et al., 2007).

### ۳.۲. اندازه‌گیری آبچلینگ (Drip loss)

فیله‌های تهیه‌شده به‌وسیله ترازوی دیجیتالی با

دقت ۰/۰۰۱ قبل از بسته‌بندی توزین گردید. سپس در روزهای ۰، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ پس از نگهداری فیله‌ها از بسته خارج و مجدد توزین گردید (Santos et al., 2013).

### ۴.۲. اندازه‌گیری مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N)

۱۰ گرم گوشت چرخ شده ماهی را همراه با ۲ گرم اکسید منیزیم و ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر داخل بالن کدال ریخته، سپس چند عدد پرل شیشه‌ای به همراه اکتان نرمال (ضد کف) به آن اضافه گردید. سپس بالن را به دستگاه وصل کرده و به آن حرارت داده شد. در انتهای دستگاه یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی-لیتری نیز حاوی ۲۵ میلی‌لیتر از محلول اسیدبوریک ۲٪ (۲ گرم اسید بوریک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به حجم رسانده) به همراه چند قطره معرف متیل رد (۰/۱) گرم متیل رد در ۱۰۰ میلی‌لیتر اتانول به حجم رسانده) قرار داده شد. عمل تقطیر تا گذشت ۳۰ دقیقه از زمان جوشش مواد درون بالن، یا جمع شدن حدود ۱۲۵ میلی‌لیتر مایع در ارلن مایر ادامه یافت. عمل تیتراسیون این محلول توسط اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال تا جایی ادامه می‌یابد که اسید بوریک دوباره قرمز شود. مقدار TVB-N به‌صورت میلی‌گرم در صد گرم گوشت ماهی با توجه به رابطه زیر محاسبه شد (AOAC, 2005).

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

### ۵.۲. اندازه‌گیری تیوباریتوریک اسید (TBA)

۱۰ گرم نمونه چرخ شده ماهی را در یک بطری ریخته و سپس با ۳۵ میلی‌لیتر اسید پر کلریک آن را به حجم رسانده شد. سپس ۵ میلی‌لیتر از محلول فوق را داخل لوله‌های آزمایش ریخته و داخل سانتریفوژ به مدت ۱۰ دقیقه در دور ۴۰۰۰ قرار داده شد. ۵ میلی‌لیتر از مخلوط فوق به لوله‌های خشک درب دار ریخته و به آن ۵ میلی‌لیتر از معرف TBA اضافه گردید. لوله‌های درب دار در حمام آب با دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفته و پس از آن در دمای محیط سرد شدند. سپس جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتری در ۵۳۲ نانومتر در مقابل شاهد قرائت

جدول ۱- میزان مجموع بازهای نیتروژنی فرار (میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت ماهی)، تیوباربتوریک اسید (میلی گرم مالون دی آلدئید در کیلوگرم گوشت) بسته بندی های مختلف فیله قزل آلائی رنگین کمان طی نگهداری در یخچال (۴°C).

شاخص	تیمار	زمان (روز)						
		صفر	۳	۶	۹	۱۲	۱۵	۱۸
مجموع بازهای نیتروژنی فرار	اتمصرف تغییر یافته	۱۱/۳±/۰/۰Ac	۹/۸±/۰/۰۷Bb	۵/۶±/۱/۹۸Aa	۱۴±/۹۵ABbc	۱۸/۳±/۰/۹۹Acd	۲۱±/۵۹۴Ad	۳۲/۳±/۰/۹۹Be
	تحت خلأ	۱۱/۳±/۰/۰Ab	۸/۴±/۰/۹۹ABa	۷/۴±/۰/۹۹Ba	۱۰/۷۳±/۰/۹۹ABb	۱۹/۶±/۰/۹۹Ac	۳۵/۷±/۱/۴۸Be	۲۶/۱۳±/۱/۹۸Ad
	اتمصرف هوا	۱۱/۳±/۰/۰Ab	۹/۱۳±/۰/۵۶Ba	۱۱/۲۶±/۳/۹۶Bb	۲۲/۳±/۰/۹۹Cc	۶۶/۶±/۴/۹۵Bd	۸۴±/۰/۹۹Ce	۱۱۳/۴±/۰/۹۹Cf
	اتمصرف تغییر یافته	۰/۲۷±/۰/۱۵Aa	۰/۹۱±/۰/۰Ab	۰/۹۱±/۰/۰۱Bb	۱/۲۸±/۰/۰۹Bc	۱/۱۸±/۰/۰۳Ac	۰/۸۳±/۰/۰۲Ab	۰/۷۰±/۰/۰۷Ab
	تحت خلأ	۰/۳۷±/۰/۱۵Aa	۱/۳۳±/۰/۰۳Cd	۰/۶۵±/۰/۰۴Ab	۰/۸۹±/۰/۰۶Ac	۱/۳۵±/۰/۴۶Ad	۰/۸۲±/۰/۰۶Ac	۰/۸۵±/۰/۰۷Ac
	اتمصرف هوا	۰/۲۷±/۰/۱۵Aa	۰/۹۹±/۰/۰۵Bb	۱/۵۶±/۰/۰۵Cc	۱/۷۳±/۰/۱۵Bd	۲/۸۳±/۰/۲۴Be	۱/۶۹±/۰/۱۳Bcd	۱/۴۹±/۰/۰۷Bc

مجموع بازهای نیتروژنی فرار

تیوباربتوریک اسید

اعداد بیانگر میانگین  $\pm$  انحراف معیار ۳ تکرار می باشد.

حروف متفاوت بزرگ (A, B, C) در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار ( $P < 0.05$ ) بین تیمارهای مختلف می باشد.  
حروف کوچک متفاوت (a, b, c, d, e, f) در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی دار ( $P < 0.05$ ) در زمان های مختلف می باشد.

سفیدی)، شاخص  $a^*$  برای بیان بعد قرمزی-سبزی ( $a^*$  نشان دهنده قرمز تر و  $-a^*$  نشان دهنده سبز تر) و  $b^*$  برای بیان بُعد زرد-آبی ( $b^*$  نشان دهنده زرد تر و  $-b^*$  نشان دهنده آبی تر) می باشد (Wrolstad and Smith, 2010).

## ۷.۲. فراسنجه های میکروبی

۱۰ گرم نمونه گوشت فیله در ۹۰ میلی لیتر سرم فیزیولوژی مخلوط و همگن گردید. متعاقب آن رقت های مورد نیاز تهیه گردید. ۱ میلی لیتر از نمونه های تهیه شده به روش پور پلت در محیط پلیت کانت

گردید (Salih et al., 1987).

## ۶.۲. رنگ سنجی (IMG-Pardazesh)

برای سنجش رنگ از روش استاندارد کمیسیون بین المللی روشنایی استفاده گردید. برای ایجاد شرایط یکسان در تصویربرداری، از یک صفحه داخلی با پوشش کاملاً سیاه مجهز به لامپ فلئورسنت ۲۰ وات با زاویه تابش نور ۴۵ درجه و زاویه صفر دوربین (Canon, Japan) نسبت به نمونه استفاده گردید. با استفاده از نرم افزار image tools میزان  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  در ۱۰ نقطه از هر نمونه مورد بررسی قرار گرفت. شاخص  $L^*$  برای بیان بعد روشنایی (۰ (بُعد سیاهی) تا ۱۰۰ (بُعد

جدول ۲- میزان pH و آبچلینگ (درصد) بسته‌بندی‌های مختلف فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگهداری در یخچال (۴°C).

شاخص	تیمار	زمان (روز)					
		۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳
pH	یافتن	۶/۵۲±۰/۰۱Bc	۶/۴۲±۰/۰۲Ab	۶/۶۳±۰/۰۲Ad	۶/۸۲±۰/۰۱Bd	۵/۱۶±۰/۰۲Aa	۷/۴±۰/۰۰Bf
	تحت خلأ	۶/۳۷±۰/۰۱Aa	۶/۴۲±۰/۰۱Aa	۶/۶۷±۰/۰۱Bb	۶/۷۱±۰/۰۲Ab	۶/۷۱±۰/۰۱Bb	۶/۸۲±۰/۰۱Abc
	اتمسفر هوا	۷/۵۱±۰/۰۹Ce	۷/۰۵±۰/۰۴Bbcd	۷/۲۵±۰/۰۴Cd	۷/۰۸±۰/۰۲Ccd	۶/۷۲±۰/۰۲Ba	۶/۸۳±۰/۰۱Aab
	یافتن	۶/۲۸±۰/۰۹Ce	۴/۹۲±۰/۱۳Bd	۳/۹۹±۰/۰۹Bc	۳/۴۴±۰/۰۵Ac	۳/۰۷±۰/۰۶Ab	۳/۰۶±۰/۰۷Aa
	تحت خلأ	۳/۱۵±۰/۱۴Ac	۳/۸۵±۰/۰۴Ac	۳/۲۵±۰/۰۲Aab	۳/۴۲±۰/۰۴Ad	۴/۳۲±۰/۰۶Bf	۳/۵۵±۰/۰۳۹Ba
	اتمسفر هوا	۴/۵۴±۰/۰۳۵Bcd	۵/۱۱±۰/۰۳Cd	۴/۰۵±۰/۰۲Bc	۳/۱۲±۰/۰۳۵Ab	۲/۸۹±۰/۰۱۴Ab	۳/۳۷±۰/۰۴ABa

اعداد بیانگر میانگین ± انحراف معیار ۳ تکرار می‌باشد. حروف متفاوت بزرگ (A, B, C) در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) بین تیمارهای مختلف می‌باشد. حروف کوچک متفاوت (a, b, c, d, e, f) در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) در زمان‌های مختلف می‌باشد.

ANOVA) استفاده شد. در صورت وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها از آزمون دانکن در سطح معنی‌دار پنج درصد استفاده شد. تجزیه تحلیل آماری داده‌های حاصله با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد.

### ۳. نتایج

#### ۱.۳. فراسنجه‌های شیمیایی

میزان TVB-N فیله‌های بسته‌بندی شده با اتمسفر هوا در روز هجدهم نسبت به بسته‌بندی MAP و تحت خلأ به طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بالاتر بوده است (جدول ۱). همچنین میزان TVB-N اتمسفر هوا در روز هجدهم با سایر روزها تفاوت معنی‌داری داشته

آگار قرار گرفت. در صورت نیاز (بالا بودن تعداد باکتری‌ها در یک پلیت) رقیق‌سازی نمونه‌ها در محلول سرم فیزیولوژیک انجام گردید. پلیت‌های کشت داده شده برای شمارش باکتری‌های کل (TVC) بعد از ۴۸ ساعت گرمخانه گذاری در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد (Silbernagel *et al.*, 2005) و پلیت‌های مربوط به باکتری‌های سرماگرا (PTC) بعد از ۱۰ روز گرمخانه گذاری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد شمارش شدند (Hovda *et al.*, 2007).

#### ۸.۲. روش آماری

پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، برای بررسی تأثیر تیمارها و زمان نگهداری از طرح کاملاً تصادفی و تجزیه واریانس یک طرفه (One-way



جدول ۳- ادامه.

۲۷/۵۵±۲/۱۴Be	۲۲/۹۵±۳/۰۵Acd	۳۳/۳۳±۵/۱۵Acd	۱۷/۵۵±۴/۳۲Abc	۱۷/۴۳±۳/۶۳Abc	۱۶/۲۹±۲/۳۳Bb	۸/۱۲±۲/۴۳Aa	b*
۵/۲۸±۱/۹۶Aa	۴/۰۵±۱/۰۶Aa	۹/۲۱±۴/۰۰Abc	۵/۹۸±۱/۸۹Aa	۶/۸۳±۱/۱۱Bab	۱۱/۳۳±۳/۱۴Bc	.	ΔE

اتمسفرف هوا

اعداد بیانگر میانگین ± انحراف معیار ۳ تکرار می باشد.

حروف متفاوت بزرگ (A, B, C) در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار ( $P < 0.05$ ) بین تیمارهای مختلف می باشد. حروف کوچک متفاوت (a, b, c, d, e) در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی دار ( $P < 0.05$ ) در زمان های مختلف می باشد.

### ۳.۳. فراسنجه های میکروبی

جمعیت میکروبها به طور لگاریتمی در همه تیمارها با گذشت زمان افزایش یافت (جدول ۴). بیشترین میزان TVC برای نمونه های تحت خلأ و در روز هجدهم مشاهده شده است که عملکرد این اتمسفر با اتمسفر هوا یکسان بوده و همچنین نتایجی که برای روز هجدهم در این اتمسفر به دست آمده با میزان TVC آن در سایر روزها تفاوت معنی داری ( $P < 0.05$ ) داشته است. همچنین کمترین میزان TVC نیز متعلق به MAP در روز سوم بوده است. روند افزایشی یکسانی برای همه تیمارها در میزان PTC مشاهده گردید. به طوری که میزان آن در همه تیمارها در روز هجدهم به طور معنی داری ( $P < 0.05$ ) بیشتر از سایر روزها بوده است (جدول ۴).

### ۴. بحث و نتیجه گیری

در روزهای اولیه نگهداری جمعیت باکتری های مختلف در فاز پایه قرار دارند و سرعت رشد کمی دارند، پس از این مرحله، فاز رشد نمایی به سرعت موجب افزایش تعداد باکتری ها می شود (Arashisar et al., 2004). بنابراین میزان TVB-N که به دلیل واکنش های آنزیمی، شیمیایی و اتولیتیک تولید می شود به طور قابل توجهی افزایش می یابد (Bono and Badalucco, 2012). در مطالعه حاضر این افزایش در تمامی تیمارها مشاهده می گردد، ولی در تیمار اتمسفر هوا از همه بیشتر است. در این تحقیق، افزایش مقدار TVB-N، با افزایش pH و بار باکتری های سرمادوست به خصوص در نمونه های بسته بندی شده در اتمسفر هوا در ارتباط بود. با توجه به این که حد مجاز TVB-N در

است ( $P < 0.05$ ). مقادیر TBA فیله قزل آلائی رنگین- کمان بسته بندی شده در اتمسفر هوا، خلأ و MAP طی دوره نگهداری در همه تیمارها به صورت تدریجی افزایش یافت (جدول ۱). بیشترین میزان TBA برای اتمسفر هوا و در روز دوازدهم مشاهده شده است که عملکرد این اتمسفر برای روز دوازدهم با میزان TBA آن در سایر روزها اختلاف معنی داری داشته است ( $P < 0.05$ ). همچنین تفاوت معنی داری ( $P < 0.05$ ) بین میزان TBA بسته بندی تحت خلأ با بسته بندی MAP تا روز ۹ مشاهده گردید.

### ۲.۳. فراسنجه های فیزیکی

نتایج داده های جدول ۲ حاکی از آن است که تأثیر نوع بسته بندی بر تغییرات pH از نظر آماری معنی دار است. به طوری که بیشترین میزان pH برای اتمسفر هوا و در روز هجدهم مشاهده گردید و با pH آن در سایر روزها تفاوت معنی داری داشت ( $P < 0.05$ ). میزان آبچلینگ در تمامی تیمارها طی نگهداری افزایش یافت. به طوری که بیشترین و کمترین آن به ترتیب در تیمارهای اتمسفر تغییر یافته (۶/۲۸) و تحت خلأ (۳/۱۵) در انتهای دوره مشاهده گردید (جدول ۲). تغییرات رنگ تیمارهای مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که تمامی شاخص های رنگ تحت تاثیر بسته بندی های مختلف قرار گرفتند. با افزایش زمان نگهداری شاخص  $L^*$  در اتمسفر تغییر یافته نسبت به تیمارهای دیگر به طور معنی داری ( $P < 0.05$ ) افزایش یافت. همچنین بیشترین تغییرات نیز در بسته بندی اتمسفر تغییر یافته مشاهده گردید.

جدول ۴- شمارش باکتری های کل و سرماگرا (Log cfu/g) در بسته بندی های مختلف فیله قزل آلاهی رنگین کمان طی نگهداری در یخچال (۴°C).

شماره	تیمار	زمان (روز)					
		۱۸	۱۵	۱۲	۹	۶	۳
شماره کل باکتری های کل	اتمسفر تغییر یافته	۷/۶۲±۰/۰۸Af	۷/۹۳±۰/۰۳Ag	۶/۶۴±۰/۰۷Ae	۶/۳۲±۰/۰۴Bd	۵/۶۴±۰/۰۷Ac	۳/۶۱±۰/۰۶Aa
	تحت خلأ	۸/۷۵±۰/۰۲Bg	۷/۹۶±۰/۰۱Bf	۷/۴۳±۰/۰۰Be	۵/۹۰±۰/۰۱۲Ad	۵/۴۱±۰/۰۱۲Ac	۳/۸۴±۰/۰۷Bb
	اتمسفر هوا	۸/۲۲±۰/۰۱۱Be	۸/۴۱±۰/۰۰۵Cf	۸/۵۱±۰/۰۰۲Cg	۷/۷۴±۰/۰۰۸Cd	۷/۰۵±۰/۰۱۸Bc	۳/۴۲±۰/۰۰۵Aa
شماره سرماگرا	اتمسفر تغییر یافته	۸/۲۱±۰/۰۰۹Ae	۷/۸۴±۰/۰۰۴Af	۷/۱۷±۰/۰۰۳Ad	۶/۲۴±۰/۰۰۴Bc	۶/۳۵±۰/۰۰۷Bc	۴/۷۸±۰/۰۰۵Aa
	تحت خلأ	۸/۱۴±۰/۰۰۴Ag	۸/۰۴±۰/۰۰۲Bf	۷/۰۷±۰/۰۰۳Ae	۵/۹۸±۰/۰۰۷Ad	۵/۰۹±۰/۰۰۷Ac	۴/۸۳±۰/۰۰۸Ab
	اتمسفر هوا	۸/۱۱±۰/۰۰۱Ae	۸/۱۳±۰/۰۰۲Ce	۷/۰۷±۰/۰۰۲Ac	۹/۰۱±۰/۰۰۷Cf	۷/۵۱±۰/۰۰۰Cd	۶/۰۳±۰/۰۰۷Bb

اعداد میانگین ± انحراف معیار ۳ تکرار می باشد.

حروف متفاوت بزرگ (A, B, C) در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار ( $P < 0.05$ ) بین تیمارهای مختلف می باشد.

حروف کوچک متفاوت (a, b, c, d, e, f, g) در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی دار ( $P < 0.05$ ) در زمان های مختلف می باشد.

آن ها محسوب می گردد (Guillén et al., 2004). میزان TBA در اتمسفر هوا بالاتر از تیمارهای تغییر یافته (MAP) و تحت خلأ بود. همچنین فقدان گاز O<sub>2</sub> در تیمارهای تحت خلأ و تغییر یافته (MAP) باعث شد که شاخص TBA طی ۱۸ روز نگهداری در محدوده قابل قبول TBA ماهی که بین ۱ تا ۲ میلی گرم مالون آلدئید در کیلوگرم گوشت ماهی است باشد. روند افزایشی این شاخص در طول مدت نگهداری ممکن است به دلیل افزایش آهن آزاد و دیگر پراکسیدان در ماهیچه باشد. همچنین، آلدئیدها به عنوان محصول ثانویه اکسیداسیون از تجزیه هیدروپراکسیدها ایجاد می شوند. تجزیه ترکیبات نیتروژنی در طول دوره نگهداری

ماهی ۳۰ تا ۳۵ میلی گرم در ۱۰۰ گرم گوشت ماهی است. در روز هجدهم بالاترین میزان TVB-N در اتمسفر هوا (۱۱۳/۴) میلی گرم در ۱۰۰ گرم گوشت ماهی مشاهده گردید. بنابراین تیمارهای بسته بندی شده در اتمسفر هوا و تحت خلأ به ترتیب تا روز ۹ و ۱۲ قابلیت مصرف داشتند. با توجه به بالا بودن میزان TVB-N بسته بندی تحت خلأ نسبت به اتمسفر تغییر یافته می توان نتیجه گیری کرد که ایجاد شرایط خلأ به تنهایی نمی تواند موجب توقف تولید مجموع بازهای فرار گردد (Choubert and Baccaunaud, 2006). اکسیداسیون چربی در ماهیان، به دلیل دارا بودن مقادیر بالای اسید چرب غیراشباع دارای اهمیت فراوان بوده و از عوامل اساسی نامطلوب شدن طعم و مزه در



درجه حرارت بستگی دارد که ممکن است در نوع عملکرد بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته، اثرات ترکیبی و مختلفی را ایجاد نماید (Torrieri et al., 2006).

رنگ یکی دیگر از فاکتورهای کیفی است که بر بازارپسندی ماهی نقش مهمی ایفا می‌کند. تغییرات رنگ ماهی از نشانه‌های افت کیفی محصول محسوب می‌شود. تغییرات بیشتر طی نگهداری منجر به افت کیفیت محصول می‌گردد. نتایج این مطالعه نشان داد که روشنایی فیله بسته‌بندی شده در اتمسفر هوا سریع‌تر از دیگر بسته‌بندی‌ها افت کرد. طی دوره نگهداری شاخص  $a^*$  در فیله‌های بسته‌بندی شده تحت خلأ و اتمسفر هوا کاهش یافت. این در حالی بود که در اتمسفر تغییر یافته شاخص  $a^*$  افزایش یافت. همچنین شاخص  $b^*$  در طول دوره نگهداری در همه تیمارها افزایش یافت. به دلیل توزیع نابرابر هموگلوبین در فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان گستره شاخص  $L^*$  (۵۰/۱۵ تا ۶۹/۵۸)،  $a^*$  (۰/۸۳ تا ۶/۴۵) و  $b^*$  (۸/۱۲ تا ۲۷/۵۵) فیله ماهی طی زمان نگهداری متفاوت است (جدول ۳). لازم به ذکر است که رنگ گوشت آزادماهیان یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی آن می‌باشد (Duan et al., 2010). نتایج به وضوح نشان داد که رنگ فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان بسته‌بندی شده با اتمسفر تغییر یافته و خلأ طی زمان نگهداری بهتر از اتمسفر هوا بوده است. رنگ محصول به دلیل ارتباط مستقیم این ویژگی با انتخاب مصرف کننده دارای اهمیت می‌باشد. گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با سفیدی آن به رسمیت شناخته شده است و فیله در طول مدت نگهداری به خصوص در اتمسفر هوا در روزهای ابتدایی به رنگ شیری و مایل به رنگ زرد می‌باشد (Choubert and Baccaunaud, 2006). با علت افزایش شاخص  $L^*$  در اتمسفر تغییر یافته می‌تواند به علت اسیدی شدن عضلات به علت انحلال  $CO_2$ ، دنا توره شدن پروتئین‌های سارکوپلاسمیک که موجب تبدیل آن‌ها به پروتئین‌های نامحلول می‌شود و موجب شفافیت و ظاهر سفیدتر گوشت می‌گردد (Ruff et al., 2002). از طرفی فیله‌های بسته‌بندی شده با اتمسفر هوا تیره‌تر و زرد گردید (کاهش سطح  $a^*$  و افزایش سطح  $b^*$ ). pH عضله که خود به سطح گلیکوزن در لحظه مرگ ماهی مرتبط است به طور قابل توجهی با ویژگی‌های رنگ عضله در ارتباط است (Roth et al., 2009).

ماهی منجر به افزایش pH گوشت می‌گردد که بخشی از این افزایش ممکن است مرتبط با تولید ترکیبات آلکالین از قبیل آمونیاک به دلیل تجزیه پروتئینی بوده که نشانگر رشد باکتری‌ها، کاهش کیفیت و در نهایت فساد ماهی باشد. ارزیابی روش‌های مختلف بسته‌بندی ماهی باس دریایی نشان داد که نمونه‌های بسته‌بندی شده در هوا بیشترین مقادیر pH را دارا بودند (Torrieri et al., 2006). در انتهای دوره نگهداری تحقیق حاضر با توجه به جدول ۲ نیز میزان pH در تیمارهای بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته و تحت خلأ تفاوت معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) را با فیله‌های بسته‌بندی شده با اتمسفر هوا نشان دادند. با توجه به این که بیشتر ماهیان دارای مقادیر اندک کربوهیدرات (کمتر از ۰/۵ درصد) در بافت ماهیچه‌ای خود هستند، بعد از مرگ ماهی، مقدار اسیدلاکتیک تولید شده در نتیجه واکنش گلیکولیز، کم شده و pH گوشت ماهی بعد از مرحله جمود نعشی افزایش می‌یابد (Hemre et al., 2002). این پدیده از خصوصیات ویژه و مهم مرتبط با گوشت ماهیان می‌باشد (Macé et al., 2013).

مطالعه انجام شده بر روی ماهی پهن خوراکی بسته‌بندی شده با اتمسفر تغییر یافته نشان داد که میزان آپچلینگ در تمام نمونه‌های اتمسفر تغییر یافته افزایش یافت. شایان ذکر است علاوه بر تأثیر باکتری‌ها،  $CO_2$  نیز بر ظرفیت نگهداری آب عضله تأثیر منفی دارد. با توجه به غلظت  $CO_2$  و درجه حرارت، وسعت این اثر در گونه‌های مختلف متفاوت می‌باشد (Santos et al., 2013). در این تحقیق بیشترین میزان آپچلینگ در تیمار اتمسفر تغییر یافته و در روز هجدهم مشاهده گردید که این مقدار با سایر روزهای نگهداری تفاوت معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) داشته است. میزان آپچلینگ تیمارهای اتمسفر تغییر یافته با اتمسفر هوا تا روز ۱۲ تفاوت معنی‌داری نداشت ولی با تیمار تحت خلا تفاوت معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) داشت. تجزیه اسیدکربنیک و وجود ترکیبات آمونیومی که در اثر فساد باکتریایی تولید می‌شوند، موجب کاهش pH گوشت ماهی و تبع آن کاهش ظرفیت نگهداری آب پروتئین و افزایش آپچلینگ در تیمارها می‌گردد که خود معیار مهمی برای کیفیت گوشت ماهی است. همچنین اثر  $CO_2$  در از دست دادن آب به جنس و گونه ماهی، قرار گرفتن در معرض دی‌اکسید کربن و

اتمسفر تغییر یافته رشد میکروبی را محدود و گونه‌های غالب میکروارگانیزم‌ها را تغییر می‌دهد. باکتری‌های *Pseudomonas SSP.* اصلی‌ترین میکروارگانیزم مؤثر در فساد و تجزیه پروتئین‌های ماهی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد شناخته شده است (Emborg *et al.*, 2005). اتمسفر تغییر یافته در جلوگیری از رشد میکروارگانیزم‌ها در ماهی تن مؤثر بوده و CO<sub>2</sub> به عنوان عامل آنتی‌باکتریال عمل می‌کند و به دلیل جابه‌جایی همه یا مقداری از O<sub>2</sub> در متابولیسم باکتریایی نرخ رشد میکروارگانیزم‌ها کاهش می‌یابد (Sivertsvik *et al.*, 2002). تاثیر بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته (۶۰٪ CO<sub>2</sub> و ۴۰٪ O<sub>2</sub>) بر ماهی نقطه مروارید (pearl spot) طی نگهداری در یخچال نشان داد که این بسته‌بندی منجر به مهار رشد آئروموناس و انتروباکتریاسه شده و همچنین رشد باکتری‌های سرماگرا و باکتری‌های تولیدکننده H<sub>2</sub>S از جمله شوانلا و سودوموناس را کاهش می‌دهد (Ravi Sankar *et al.*, 2008).

با توجه به نتایج تحقیقات انجام شده در زمینه انواع بسته‌بندی‌های گوشت مشخص می‌گردد که میزان افزایش قابلیت نگهداری گوشت ماهی با استفاده از بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته بستگی به یک‌سری از عواملی همچون میزان pH اولیه گوشت ماهی، بار میکروبی اولیه، جنس پوشش‌های بسته‌بندی، فرمول‌های متنوع گازها و درجه حرارت نگهداری دارد. بنابراین با در نظر گرفتن همه عوامل ذکر شده و مقایسه یافته‌های مطالعه حاضر با نتایج مطالعات دیگر پژوهشگران می‌توان استنتاج نمود که بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته با ۴۰٪ دی‌اکسیدکربن می‌تواند زمان ماندگاری فیله قزل‌آلابی رنگین کمان نگهداری شده در یخچال (۴°C) را نسبت به بسته‌بندی تحت خلأ و هوا افزایش دهد.

رابطه قابل توجهی بین pH و سطوح a\* و b\* با فیله بسته‌بندی شده با هوا وجود داشت که این رابطه در بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته مشاهده نگردید (Santos *et al.*, 2013).

یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های تکنولوژی روش‌های بسته‌بندی در اتمسفر تغییر یافته و تحت خلأ اثر بر رشد گروه‌های مختلف میکروارگانیزم به دلیل تغییر سطح اکسیژن در محیط پیرامون غذا است. با توجه به اکسیداسیون چربی، حذف O<sub>2</sub> نسبت به حضور CO<sub>2</sub> با غلظت بالا از اهمیت بیشتری برخوردار است. به‌طور کلی میکروارگانیزم‌های هوازی به CO<sub>2</sub> حساس‌اند. در نتیجه، بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته می‌تواند فساد ماهی را به تأخیر بیندازد (Özogul *et al.*, 2004). به‌طوری‌که عملکرد تیمار اتمسفر تغییر یافته بر میزان باکتریای کل در روز سوم به‌طور معنی‌داری با روزهای دیگر متفاوت بوده است. مدت زمان نگهداری فیله قزل‌آلابی رنگین کمان تحت تأثیر درجه حرارت و اتمسفر می‌باشد (Arashisar *et al.*, 2004). حداکثر رشد باکتری‌ها در ساردین نگهداری شده در هوا و پس از آن در بسته‌های تحت خلأ و پایین‌ترین سطح تعداد باکتری در نمونه‌های اتمسفر تغییر یافته به دلیل تأخیر در فاز رشد تکثیر باکتری‌ها مشاهده گردید (Özogul *et al.*, 2004).

بیشترین میزان PTC برای اتمسفر هوا و در روز نهم مشاهده شده است که نشان‌دهنده تفاوت آن با سایر اتمسفرها می‌باشد. دی‌اکسید کربن با کنترل باکتری‌های سرماگرا، هوازی و گرم منفی منجر به تأخیر افتادن فساد در غذاهای دریایی تازه می‌شود. برای رسیدن به حداکثر کنترل میکروبی در بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته باید درجه حرارت نگهداری محصولات در پایین‌ترین حد ممکن قرار بگیرد. چون با افزایش درجه حرارت، حلالیت دی‌اکسید کربن کاهش پیدا می‌کند. حضور CO<sub>2</sub> در بسته‌بندی با

## References

- AOAC., 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International (18th edn.). MD, Gaithersburg, USA Association of Official Analytical Chemistry.
- Arashisar, Ş., Hisar, O., Kaya, M., Yanik, T., 2004. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *International Journal of Food Microbiology*, 97(2), 209-214.
- Arritt, F.M., Eifert, J.D., Jahnecke, M.L., Pierson, M.D., Williams, R.C., 2007. Effects of modified atmosphere packaging on toxin production by *Clostridium botulinum* in raw aquacultured summer flounder fillets (*Paralichthys dentatus*). *Journal of Food Protection*, 70(5), 1159-1164.

- Bono, G., Badalucco, C., 2012. Combining ozone and modified atmosphere packaging (MAP) to maximize shelf-life and quality of striped red mullet (*Mullus surmuletus*). *LWT-Food Science and Technology*, 47(2), 500-504.
- Cakli, S., Kilinc, B., Dincer, T., Tolasa, S., 2006. Comparison of the shelf lives of map and vacuum packaged hot smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *European Food Research and Technology*, 224(1), 19-26.
- Choubert, G., Baccaunaud, M., 2006. Colour changes of fillets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) fed astaxanthin or canthaxanthin during storage under controlled or modified atmosphere. *LWT-Food Science and Technology*, 39(10), 1203-1213.
- Chouliara, E., Badeka, A., Savvaidis, I., Kontominas, M.G., 2008. Combined effect of irradiation and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of chicken breast meat: microbiological, chemical and sensory changes. *European Food Research and Technology*, 226(4), 877-888.
- Duan, J., Jiang, Y., Cherian, G., Zhao, Y., 2010. Effect of combined chitosan-krill oil coating and modified atmosphere packaging on the storability of cold-stored lingcod (*Ophiodon elongates*) fillets. *Food Chemistry*, 122(4), 1035-1042.
- Emborg, J., Laursen, B.G., Dalgaard, P., 2005. Significant histamine formation in tuna (*Thunnus albacares*) at 2°C - effect of vacuum-and modified atmosphere-packaging on psychrotolerant bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 101(3), 263-279.
- Guillén, M.D., Ruiz, A., Cabo, N., 2004. Study of the oxidative degradation of farmed salmon lipids by means of Fourier transform infrared spectroscopy. Influence of salting. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(12), 1528-1534.
- Hemre, G.I., Mommsen, T.P., Kroghdahl, Å., 2002. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. *Aquaculture Nutrition*, 8(3), 175-194.
- Hovda, M.B., Sivertsvik, M., Lunestad, B.T., Lorentzen, G., Rosnes, J.T., 2007. Characterisation of the dominant bacterial population in modified atmosphere packaged farmed halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) based on 16S rDNA-DGGE. *Food microbiology*, 24(4), 362-371.
- Macé, S., Joffraud, J.J., Cardinal, M., Malcheva, M., Cornet, J., Lalanne, V., Chevalier, F., Sérot, T., Pilet, M.F., Dousset, X., 2013. Evaluation of the spoilage potential of bacteria isolated from spoiled raw salmon (*Salmo salar*) fillets stored under modified atmosphere packaging. *International Journal of Food Microbiology*, 160(3), 227-238.
- Özogul, F., Polat, A., Özogul, Y., 2004. The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*). *Food Chemistry*, 85(1), 49-57.
- Pirani, S.I., Arafat, H.A., 2014. Solid waste management in the hospitality industry: A review. *Journal of Environmental Management*, 146(15), 320-336.
- Ravi Sankar, C.N., Lalitha, K.V., Jose, L., Manju, S., Gopal, T.K.S., 2008. Effect of packaging atmosphere on the microbial attributes of pearlspot (*Etroplus suratensis* Bloch) stored at 0-2°C. *Food Microbiology*, 25(3), 518-528.
- Roth, B., Foss, A., Imsland, A.K., 2009. Relationship between muscle pH and flesh color of Atlantic halibut. *Journal of Food Science*, 74(3), S123-S125.
- Ruff, N., Fitzgerald, R.D., Cross, T.F., Kerry, J.P., 2002. Comparative composition and shelf-life of fillets of wild and cultured turbot (*Scophthalmus maximus*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture International*, 10(3), 241-256.
- Salih, A.M., Smith, D.M., Price, J.F., Dawson, L.E., 1987. Modified extraction 2-thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry. *Poultry Science*, 66(9), 1483-1488.
- Sallam, Kh.I., Ahmed, A.M., Elgazzar, M.M., Eldaly, E.A., 2007. Chemical quality and sensory attributes of marinated Pacific saury (*Cololabis saira*) during vacuum-packaged storage at 4°C. *Food Chemistry*, 102(4), 1061-1070.
- Santos, J., Lisboa, F., Pestana, N., Casal, S., Alves, M.R., Oliveira, M.B.P.P., 2013. Shelf life assessment of modified atmosphere packaged Turbot (*Psetta maxima*) fillets: Evaluation of microbial, physical and chemical quality parameters. *Food and Bioprocess Technology*, 6(10), 2630-2639.
- Silbernagel, K.M., Jechorek, R.P., Kaufer, A.L., Johnson, R.L., Aleo, V., Brown, B., Buen, M., Buresh, J., Carson, M., Franklin, J., Ham, P., Humes, L., Husby, G., Hutchins, J., Jechorek, R., Jenkins, J., Kaufer, A., Kexel, N., Kora, L., Lam, L., Lau, D., Leighton, S., Loftis, M., Luc, S., Martin, J., Nacar, I., Nogle, J., Park, J., Schultz, A., Seymore, D., Smith, C., Smith, J., Thou, P., Ulmer, M., Voss, R., Weaver, V., 2005. Evaluation of the VIDAS Listeria (LIS) immunoassay for the detection of Listeria in foods using demi-Fraser and Fraser enrichment broths, as modification of AOAC Official Method 999.06 (AOAC Official Method 2004.06). *Journal of AOAC International*, 88(3), 750-760.
- Sivertsvik, M., Jeksrud, W.K., Rosnes, J.T., 2002. A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products – significance of microbial growth, activities and safety. *International Journal of Food Science and Technology*, 37(2), 107-127.
- Stamatis, N., Arkoudelos, J., 2007. Quality assessment of *Scomber colias japonicus* under modified atmosphere and vacuum packaging. *Food Control*, 18(4), 292-300.
- Torrieri, E., Cavella, S., Villani, F., Masi, P., 2006. Influence of modified atmosphere packaging

- on the chilled shelf life of gutted farmed bass (*Dicentrarchus labrax*). *Journal of Food Engineering*, 77(4), 1078-1086.
- Vaclavik, V.A., Christian, E.W., 2014. Essentials of Food Science. Springer, New York, 495 p.
- Wrolstad, R.E., Smith, D.E., 2010. Color analysis. Ch. 32. In: Nielsen SS (ed) Food analysis, 4th edn. Springer, New York. 586p.
- Yam, K.L., Takhistov, P.T., Miltz, J., 2005. Intelligent packaging: concepts and applications. *Journal of Food Science*, 70(1), R1-R10.
- Yilmaz, M., Ceylan, Z.G., Kocaman, M., Kaya, M., Yilmaz, H., 2009. The effect of vacuum and modified atmosphere packaging on growth of *Listeria* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *Journal of Muscle Foods*, 20(4), 465-477.