شیلات، مجله منابع طبیعی ایران

دوره ۷۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶

صفحات ۲۷۳-۲۶۲

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

محمدعلی خانلر[۱]، ، ابراهیم علیزاده دوغیکلائی*[۲]، سیدولی حسینی[۳]

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.

۲.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 به‌مدت ۱۵ روز موجب حفظ خواص کیفی و فیزیکی فیله‌ها گردید. در حالی که خواص کیفی و فیزیکی نمونه‌های شاهد پس از ۶ روز به‌شدت کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). رشد بار میکروبی نمونه‌های بسته‌بندی شده در اتمسفر تغییر یافته در مقایسه با دو نوع بسته‌بندی دیگر کندتر بود ($P<۰/۰۵$). 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 تغییریافته، قزل‌آلای رنگین‌کمان، رنگ سنجی، زمان ماندگاری.**

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۸۹۱۵۸۳۸۰۹۴۶+ ایمیل: alizadeh@uoz.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

۱. مقدمه

افزایش تقاضا برای غذاهای دریایی تازه رو به افزایش است، این در حالی است که برای پاسخگویی به تقاضای مصرف‌کنندگان 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 روش‌های افزایش زمان ماندگاری، به‌کارگیری روش‌های مناسب بسته‌بندی می‌باشد. جلوگیری از اکسیداسیون چربی، حفظ تازگی، تنوع مصرف، سهولت در انبارداری، سهولت در حمل‌ونقل از اهداف مهم بسته‌بندی آبزیان است. بسته‌بندی در اتمسفر تغییر یافته شامل بسته-بندی محصولات غذایی در یک محیط نفوذناپذیر و به طور معمول با ترکیب گازهای دی‌اکسید کربن، نیتروژن و اکسیژن با درصد کمتر است (Yam *et al.*, 2005)، که به‌عنوان مکمل برای روش‌های قدیمی مورد استفاده قرار می‌گیرد و باعث طولانی شدن زمان ماندگاری مواد غذایی می‌شود (Arritt *et al.*, 2007). گاز نیتروژن در بسته‌بندی اتمسفر تغییریافته غالباً جایگزین اکسیژن می‌شود تا از آثار مضر آن از جمله اکسیداسیون چربی‌ها و رشد میکروب‌های هوازی ممانعت به‌عمل آورد. گاز دی‌اکسید کربن از اهمیت بالاتری در مخلوط گازهای مصرفی در بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته حاوی ماهی برخوردار است. زیرا این گاز دارای خاصیت ضد میکروبی بوده و از فعالیت بسیاری از باکتری‌های عامل فساد جلوگیری می‌کند. در بسته‌بندی تحت خلأ نیز، محصول با فیلم غیرقابل نفوذ به اکسیژن احاطه شده و بعد از تخلیه هوا به طور محکمی دوخته می‌شود (Arashisar *et al.*, 2004). این بسته‌بندی به‌طور وسیعی در صنعت غذا به علت تأثیر در کاهش واکنش‌های اکسیداسیونی در محصول به نسبت هزینه پایین آن استفاده می‌شود (Vaclavik and Christian, 2014). بررسی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی بسته‌بندی شده با اتمسفر تغییریافته و تحت خلأ نشان داد که کمترین میزان اکسیداسیون چربی طی زمان نگهداری در بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته مشاهده گردید (Cakli *et al.*, 2006). همچنین باکتری‌های سرمادوست در فیله‌های بسته‌بندی شده با اتمسفر تغییر یافته (۶۰٪ + N_2 ۴۰٪ CO_2) رشد کمتری داشتند (Yilmaz *et al.*, 2009). نتایج ارزیابی شیمیایی، میکروبی و حسی ماهی ساردین (*Sardina pilchardus*) بسته‌بندی شده با اتمسفر تغییریافته و تحت خلأ طی ۱۵ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نشان داد که زمان ماندگاری ماهی ساردین در شرایط بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته ۱۲ روز، بسته‌بندی تحت خلأ ۹ روز و در هوا ۳ روز می‌باشد (Özogul *et al.*, 2004). مقایسه تأثیر بسته‌بندی تحت خلأ و اتمسفر تغییر یافته (۵۰٪ N_2 +۵۰٪ CO_2) بر تغییرات میکروبی، فیزیولوژیکی و حسی ماهی ماکرل (*Scomber colias japonicus*) در دماهای ۳ و ۶ درجه سانتی‌گراد نشان داد که بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته نسبت به بسته‌بندی تحت خلأ و هوا موجب افزایش زمان ماندگاری می‌شود (Stamatis and Arkoudelos, 2007).

با توجه به آمارهای منتشر شده از سوی سازمان جهانی خواربار و کشاورزی (FAO)، درحالی که میلیون‌ها 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 به‌هدر می‌رود. ۲۰ میلیون تن از ۱/۳ میلیارد تن مواد غذایی و محصولات کشاورزی تولیدی در جهان که طی یک سال از بین می‌رود مربوط به ماهی می باشد. همچنین تخمین زده می‌شود که تولید این حجم از غذای هدر رفته در هر سال متضمن کشت در ۱۹۸ میلیون کیلومتر مربع از اراضی کشاورزی کره زمین، صرف ۱۷۳میلیارد متر مکعب آب شیرین، مصرف ۲۸ میلیون تن کود شیمیایی و تولید گازهای گلخانه‌یی به میزان ۳۳۰۰ تا ۵۶۰۰ میلیون مترمکعب (معادل دی‌اکسید کربن) است (Pirani and Arafat, 2014). بنابراین استفاده از روش‌های نوین برای نگهداری مواد غذایی از جمله ماهی ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین این تحقیق به‌منظور یافتن بهترین روش بسته‌بندی برای حفظ کیفیت فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگهداری در یخچال و با هدف دستیابی به روشی برای افزایش زمان ماندگاری فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. تهیه ماهی و تیمارها

۶۳ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تازه با وزن متوسط ۵۰±۴۰۰ گرم و طول متوسط ۲±۲۷ سانتی‌متر 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 پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج) انتقال داده شدند. ماهی ها ابتدا با آب تمیز شسته شده و سپس فیله گردیدند. برای بسته‌بندی فیله ها از کیسه‌های سه لایه (LDPE/EVOH/LDPE) با ضخامت ۱۱۰ میکرومتر (ترکیب ۱۰۰ میکرومتر پلی‌اتیلن با دانسیته پایین و ۱۰ میکرومتر اتیلن وینیل الکل) 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 بسته بندی اتمسفر تغییر یافته مخلوطی از گازهای (O_2 :CO_2 :N_2) با نسبت (۶۰: ۴۰: ۰) به درون بسته‌ها تزریق گردید و به‌همراه بسته های تحت خلأ دوخت گردید. فیله‌های حاوی اتمسفر هوا به‌عنوان شاهد بسته بندی 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 اندازه گیری 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 کلدال 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 میلی‌لیتری نیز حاوی ۲۵ میلی لیتر از محلول اسیدبوریک ۲٪ (۲ گرم اسید بوریک در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر به حجم رسانده) به همراه چند قطره معرف متیل رد (۰/۱ گرم متیل رد در ۱۰۰ میلی لیتر 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 = میزان اسیدسولفوریک مصرفی×۱۴

۵.۲. اندازه‌گیری تیوباربیتوریک 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 قرارگرفته و پس از آن در دمای محیط سرد شدند. سپس جذب نمونه ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتری در ۵۳۲ نانومتر در مقابل شاهد قرائت

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- میزان مجموع بازهای نیتروژنی فرار (میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت ماهی)، تیوباربیتوریک اسید (میلی‌گرم مالون دی آلدئید در کیلوگرم گوشت) بسته‌بندی‌های مختلف فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگهداری در یخچال (۴°C).

شاخص	تیمار	زمان (روز) صفر	۳	۶	۹	۱۲	۱۵	۱۸
مجموع بازهای نیتروژنی فرار	اتمسفر تغییر یافته	۱۱/۲±۰/۰۰Ac	۹/۸±۰/۰۷Bb	۵/۶±۱/۹۸Aa	۱۴±۴/۹۵ABbc	۱۸/۲±۰/۹۹Acd	۲۱±۵/۹۴Ad	۳۲/۲±۰/۹۹Be
	تحت خلأ	۱۱/۲±۰/۰۰Ab	۸/۴±۰/۹۹ABa	۷/۴۶±۰/۹۹Ba	۱۰/۷۳±۰/۹۹ABb	۱۹/۶±۰/۹۹Ac	۳۵/۷±۱/۴۸Be	۲۶/۱۳±۱/۹۸Ad
	اتمسفر هوا	۱۱/۲±۰/۰۰Ab	۹/۱۳±۰/۵۶Ba	۱۱/۲۶±۳/۹۶Bb	۲۲/۴±۰/۹۹Cc	۶۶/۶±۴/۹۵Bd	۸۴±۰/۹۹Ce	۱۱۳/۴±۰/۹۹Cf
تیوباربیتوریک اسید	اتمسفر 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	۰/۲۷±۰/۱۵Aa	۱/۳۳±۰/۰۳Cd	۰/۶۵±۰/۰۴Ab	۰/۸۹±۰/۰۶Ac	۱/۳۵±۰/۴۶Ad	۰/۸۲±۰/۶۰Acd	۰/۸۵±۰/۰۷Ac
	اتمسفر هوا	۰/۲۷±۰/۱۵Aa	۰/۹۹±۰/۰۵Bb	۱/۵۶±۰/۰۵Cc	۱/۷۳±۰/۵۵Bd	۲/۸۳±۰/۲۴Be	۱/۶۹±۰/۱۳Bcd	۱/۴۹±۰/۰۷Bc

اعداد بیانگر میانگین ± انحراف معیار ۳ تکرار می‌باشد.
حروف متفاوت بزرگ (A, B, C) در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵) بین تیمارهای مختلف می‌باشد.
حروف کوچک متفاوت (a, b, c, d, e, f) در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵) در زمان‌های مختلف می‌باشد.

گردید (Salih *et al.*, 1987).

۶.۲. رنگ‌سنجی (IMG-Pardazesh)

برای سنجش رنگ از روش استاندارد کمیسیون بین‌المللی روشنایی استفاده گردید. برای ایجاد شرایط یکسان در تصویربرداری، از یک صفحه داخلی با پوشش کاملا 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 نرم‌افزار 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 سفیدی)، شاخص a^* برای بیان بعد قرمزی-سبزی (a^*+ نشان‌دهنده قرمزتر و a^*- نشان‌دهنده سبزتر) و b^* برای بیان بُعد زرد-آبی (b^*+ نشان‌دهنده زردتر و b^*- نشان‌دهنده آبی‌تر) می‌باشد (Wrolstad and Smith, 2010).

۷.۲. فراسنجه‌های میکروبی

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

Archive of SID

www.SID.ir

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

شاخص	تیمار	زمان (روز)						
		صفر	۳	۶	۹	۱۲	۱۵	۱۸
pH	اتمسفر تغییر یافته	۷±۰/۲۸Ad	۷/۴۱±۰/۰۰Bf	۵/۱۶±۰/۰۲Aa	۶/۸۲±۰/۰۱Bd	۶/۶۳±۰/۰۲Ad	۶/۴۲±۰/۰۲Ab	۶/۵۲±۰/۰۱Bc
	تحت خلأ	۷±۰/۲۸Ac	۶/۸۲±۰/۰۱Abc	۶/۷۱±۰/۰۱Bb	۶/۷۱±۰/۰۲Ab	۶/۶۷±۰/۰۱Bb	۶/۴۲±۰/۰۱Aa	۶/۳۷±۰/۰۱Aa
	اتمسفر هوا	۷±۰/۲۸Abc	۶/۸۳±۰/۰۱Aab	۶/۷۲±۰/۰۲Ba	۷/۰۸±۰/۰۳Ccd	۷/۲۵±۰/۰۴Cd	۷/۰۵±۰/۰۴Bbcd	۷/۵۱±۰/۰۹Ce
آبچلینگ	اتمسفر تغییر یافته	۰	۲/۰۶±۰/۰۷Aa	۳/۰۷±۰/۰۶Ab	۳/۴۴±۰/۵۰Ac	۳/۹۹±۰/۰۹Bc	۴/۹۲±۰/۱۳Bd	۶/۲۸±۰/۰۹Ce
	تحت خلأ	۰	۲/۵۵±۰/۳۹Ba	۴/۳۲±۰/۰۶Bf	۳/۴۲±۰/۰۴Ad	۲/۲۵±۰/۰۲Aab	۳/۸۵±۰/۰۴Ae	۳/۱۵±۰/۱۴Ac
	اتمسفر هوا	۰	۲/۳۷±۰/۰۴ABa	۲/۸۹±۰/۱۴Ab	۳/۱۲±۰/۲۵Ab	۴/۰۵±۰/۰۲Bc	۵/۱۱±۰/۰۳Cd	۴/۵۴±۰/۳۵Bcd

اعداد بیانگر میانگین ± انحراف معیار ۳ تکرار می‌باشد.
حروف متفاوت بزرگ (A, B, C) در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<$ ۰/۰۵) بین تیمارهای مختلف می‌باشد.
حروف کوچک متفاوت (a, b, c, d, e, f) در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<$ ۰/۰۵) در زمان‌های مختلف می‌باشد.

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 پلیت های 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 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<$۰/۰۵) بالاتر بوده است (جدول ۱). همچنین میزان TVB-N اتمسفر هوا در روز هجدهم با سایر روزها تفاوت معنی‌داری داشته

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳- تغییرات رنگ در بسته‌بندی‌های مختلف فیله قزل آلای رنگین‌کمان طی نگهداری در یخچال (۴°C).

تیمار	شاخص	زمان (روز) صفر	۳	۶	۹	۱۲	۱۵	۱۸
تحت خلأ	L*	۶۲/۵۵±۴/۳۵Bb	۵۶/۳۵±۲/۷۵Aa	۵۹/۷۶±۳/۱۱Bab	۵۳/۲۵±۳/۰۱Aa	۵۵/۷±۲/۴۲Aa	۵۶/۷۴±۳/۰۲Aa	۶۰/۴۵±۲/۰۳ABab
	a*	۱/۳±۰/۰۸Aa	۴/۸۵±۱/۳۳Ac	۱/۰۷±۰/۸۰Aa	۲/۱±۰/۹۸Aab	۲/۷±۱/۲۳Aab	۳/۵۴±۰/۶۲Ab	۴/۸۵±۱/۱۵Ac
	b*	۱۸/۳۵±۶/۰۷Ac	۲۴/۰۵±۵/۱۳Ad	۱۹/۸۲±۳/۲Ac	۱۹/۳±۴/۱۱Ac	۱۳/۹±۴/۲۱Aab	۸/۱۲±۲/۰۳Aa	۱۱±۳/۱۱ABa
	ΔE	۹/۶۶±۳/۷۶Aa	۶/۶۷±۲/۳۴ABa	۹/۰۹±۳/۸۶Aa	۶/۳۲±۲/۴۱Aa	۵/۹۰±۱/۰۸Ba	۵/۵۴±۱/۳۲Aa	۰
تیمار	شاخص	صفر	۳	۶	۹	۱۲	۱۵	۱۸
انتسفر تغییر یافته	L*	۵۶/۷۴±۲/۲۸Ab	۵۶/۸۷±۲/۳۴Ab	۵۵/۸۵±۲/۱۲Ab	۵۰/۱۵±۲/۰۳Aa	۵۴/۲±۱/۳۴Ab	۵۶/۷۸±۲/۵۶Ab	۶۹/۵۸±۳/۱۸Bc
	a*	۳/۵۴±۱/۰۲Ab	۵/۴۱±۱/۰۱Ab	۵/۹۶±۰/۲۴Bc	۶/۴۵±۲/۱۱Bc	۲/۳±۰/۱۱Ba	۲/۳۲±۰/۷۵Aab	۴/۸۷±۱/۳۵ Cbc
	b*	۸/۱۲±۳/۲۸Aa	۱۴±۴/۱۴ABb	۱۵/۲۹±۴/۲۰Ab	۱۵/۸۵±۵/۳۳Ab	۱۷/۶±۳/۷۲Ab	۲۶/۳۱±۶/۰۱Ac	۱۶/۸۷±۴/۱۰Ab
	ΔE	۰	۶/۷۹±۰/۱۴Ac	۲/۵۲±۰/۳۱Aa	۵/۷۴±۰/۱۱Ab	۸/۸۸±۱/۳۸Acd	۱۰/۹۷±۲/۳۱Bd	۱۶/۵۳±۲/۷۵Be
انتسفر هوا	L*	۵۶/۷۴±۳/۲۰Ab	۵۷/۳۳±۲/۴۶ABb	۵۷/۴۵±۳/۴۶Ab	۵۱±۲/۰۱Aa	۵۶/۹۵±۲/۰۱Ab	۶۲/۲۹±۳/۲۳Bc	۵۹/۷۵±۳/۰۳Abc

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- ادامه.

اتمسفر هوا	b*	۸/۱۲±۲/۴۳Aa	۱۶/۲۹±۳/۷۳Bb	۱۷/۴۳±۲/۶۳Abc	۱۷/۵±۴/۳۲Abc	۲۳/۳۳±۵/۱۵Acd	۲۲/۹۵±۳/۰۵Acd	۲۷/۵۵±۲/۱۴Be
	ΔE	۰	۱۱/۳۲±۳/۱۴Bc	۶/۸۲±۱/۱۱Bab	۵/۹۸±۱/۸۹Aa	۹/۲۱±۴/۰۰Abc	۴/۰۵±۱/۰۶Aa	۵/۲۸±۱/۹۶Aa

اعداد بیانگر میانگین ± انحراف معیار ۳ تکرار می‌باشد.
حروف متفاوت بزرگ (A, B, C) در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<$ ۰/۰۵) بین تیمارهای مختلف می‌باشد.
حروف کوچک متفاوت (a, b, c, d, e) در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<$ ۰/۰۵) در زمان‌های مختلف می‌باشد.

است ($P<$۰/۰۵). مقادیر TBA فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان بسته‌بندی شده در اتمسفر هوا، خلأ و MAP طی دوره نگهداری در همه‌ی تیمارها به‌صورت تدریجی افزایش یافت (جدول ۱). بیشترین میزان TBA برای اتمسفر هوا و در روز دوازدهم مشاهده شده است که عملکرد این اتمسفر برای روز دوازدهم با میزان TBA آن در سایر روزها اختلاف معنی‌داری داشته است ($P<$۰/۰۵). همچنین تفاوت معنی‌داری ($P<$۰/۰۵) بین میزان TBA بسته‌بندی تحت خلأ با بسته‌بندی MAP تا روز ۹ مشاهده گردید.

۲.۳. فراسنجه‌های فیزیکی

نتایج داده‌های جدول ۲ حاکی از آن است که تأثیر نوع بسته‌بندی بر تغییرات pH از نظر آماری معنی‌دار است. به‌طوری‌که بیشترین میزان pH برای اتمسفر هوا و در روز هجدهم مشاهده گردید و با pH آن در سایر روزها تفاوت معنی‌داری داشت ($P<$۰/۰۵). میزان آبچلینگ در تمامی تیمارها طی نگهداری افزایش یافت. به‌طوری‌که بیشترین و کمترین آن به‌ترتیب در تیمارهای اتمسفر تغییر یافته (۶/۲۸) و تحت خلا (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 شاخص‌های رنگ تحت تاثیر بسته‌بندی‌های مختلف قرار گرفتند. با افزایش زمان نگهداری شاخص L^* در اتمسفر تغییر یافته نسبت به تیمارهای دیگر به‌طور معنی‌داری ($P<$۰/۰۵) افزایش یافت. همچنین بیشترین تغییرات نیز در بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته مشاهده گردید.

۳.۳. فراسنجه‌های میکروبی

جمعیت میکروب‌ها به‌طور لگاریتمی در همه تیمارها با گذشت زمان افزایش یافت (جدول ۴). بیشترین میزان TVC برای نمونه‌های 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 به‌دست آمده با میزان TVC آن در سایر روزها تفاوت معنی‌داری ($P<$۰/۰۵) داشته است. همچنین کمترین میزان TVC نیز متعلق به MAP در روز سوم بوده است. روند افزایشی یکسانی برای همه تیمارها در میزان PTC مشاهده گردید. به‌طوری‌که میزان آن در همه تیمارها در روز هجدهم به‌طور معنی‌داری ($P<$۰/۰۵) بیشتر از سایر روزها بوده است (جدول ۴).

۴. بحث و نتیجه گیری

در روزهای اولیه نگهداری جمعیت باکتری‌های مختلف در فاز پایه قرار دارند و سرعت رشد کمی دارند، پس از این مرحله، فاز رشد نمایی به سرعت موجب افزایش تعداد باکتری‌ها می‌شود (Arashisar *et al.*, 2004). بنابراین میزان TVB-N که به‌دلیل واکنش‌های آنزیمی، شیمیایی و اتولیتیک تولید می‌شود به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد (Bono and Badalucco, 2012). در مطالعه حاضر این افزایش در تمامی تیمارها مشاهده می‌گردد، ولی در تیمار اتمسفر هوا از همه بیشتر است. در این تحقیق، افزایش مقدار TVB-N، با افزایش pH و بار باکتری‌های سرمادوست به‌خصوص در نمونه‌های بسته‌بندی شده در اتمسفر هوا در ارتباط بود. با توجه به این‌که حد مجاز TVB-N در

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۴- شمارش باکتری‌های کل و سرماگرا (Log cfu/g) در بسته‌بندی‌های مختلف فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگهداری در یخچال (۴°C).

شاخص	تیمار	زمان (روز) صفر	۳	۶	۹	۱۲	۱۵	۱۸
باکتری‌های کل	اتمسفر تغییر یافته	۳/۴۲±۰/۰۵Ab	۲/۶۱±۰/۰۶Aa	۵/۶۴±۰/۰۷Ac	۶/۳۲±۰/۰۴Bd	۶/۶۲±۰/۰۷Ae	۷/۹۳±۰/۰۳Ag	۷/۶۲±۰/۰۸Af
	تحت خلأ	۳/۴۲±۰/۰۵Aa	۳/۸۴±۰/۰۷Bb	۵/۴۱±۰/۱۲Ac	۵/۹۰±۰/۱۲Ad	۷/۴۳±۰/۰۰Be	۷/۹۶±۰/۰۱Bf	۸/۷۵±۰/۰۲Bg
	اتمسفر هوا	۳/۴۲±۰/۰۵Aa	۵/۶۵±۰/۰۴Cb	۷/۰۵±۰/۱۸Bc	۷/۷۴±۰/۰۱Cd	۸/۵۱±۰/۰۳Cg	۸/۴۱±۰/۰۵Cf	۸/۲۲±۰/۱۱Be
باکتری‌های سرماگرا	اتمسفر تغییر یافته	۲/۳۸±۰/۰Aa	۴/۷۸±۰/۵۸Ab	۶/۳۵±۰/۰۷Bc	۶/۲۴±۰/۰۴Bc	۷/۱۷±۰/۴۳Ad	۷/۸۴±۰/۰۴ Af	۸/۲۱±۰/۰۹Ae
	تحت خلأ	۲/۳۸±۰/۰Aa	۴/۸۲±۰/۰۸Ab	۵/۰۹±۰/۰۷Ac	۵/۹۸±۰/۰۷Ad	۷/۰۷±۰/۰۳Ae	۸/۰۴±۰/۰۲Bf	۸/۱۴±۰/۰۴Ag
	اتمسفر هوا	۲/۳۸±۰/۰Aa	۶/۰۳±۰/۰۷Bb	۷/۵۱±۰/۰۰Cd	۹/۰۱±۰/۰۷Cf	۷/۰۷±۰/۰۲Ac	۸/۱۳±۰/۰۲Ce	۸/۱۱±۰/۰۱Ae

اعداد بیانگر میانگین ± انحراف معیار ۳ تکرار می‌باشد.
حروف متفاوت بزرگ (A, B, C) در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بین تیمارهای مختلف می‌باشد.
حروف کوچک متفاوت (a, b, c, d, e, f, g) در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) در زمان‌های مختلف می‌باشد.

ماهی ۳۰ تا ۳۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم گوشت ماهی است. در روز هجدهم بالاترین میزان TVB-N در اتمسفر هوا (۱۱۳/۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم گوشت ماهی) مشاهده گردید. بنابراین تیمارهای بسته‌بندی 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 می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ایجاد شرایط خلأ به تنهایی نمی‌تواند موجب توقف تولید مجموع بازهای فرار گردد (Choubert and Baccaunaud, 2006).

اکسیداسیون چربی در ماهیان، به‌دلیل دارا بودن مقادیر بالای اسید چرب غیراشباع دارای اهمیت فراوان بوده و از عوامل اساسی نامطلوب شدن طعم و مزه در آن‌ها محسوب می‌گردد (Guillén *et al.*, 2004). میزان TBA در اتمسفر هوا بالاتر از تیمارهای تغییر یافته (MAP) و تحت خلأ بود. همچنین فقدان گاز O_2 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 میلی‌گرم مالون آلدئید در کیلوگرم گوشت ماهی است باشد. روند افزایشی این شاخص در طول مدت نگهداری ممکن است به‌دلیل افزایش آهن آزاد و دیگر پراکسیدان در ماهیچه باشد. همچنین، آلدئیدها به‌عنوان محصول ثانویه اکسیداسیون از تجزیه هیدروپراکسیدها ایجاد می‌شوند.

تجزیه ترکیبات نیتروژنی در طول دوره نگهداری

Archive of SID

www.SID.ir

ماهی منجر به افزایش pH گوشت می‌گردد که بخشی از این افزایش ممکن است مرتبط با تولید ترکیبات آلکالین از قبیل آمونیاک به‌دلیل 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 تغییریافته و تحت خلأ تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) را با فیله‌های بسته‌بندی شده با اتمسفر هوا نشان دادند. با توجه به این‌که 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 آبچلینگ 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 آبچلینگ در تیمار اتمسفر تغییر یافته و در روز هجدهم مشاهده گردید که این مقدار با سایر روزهای نگهداری تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) داشته است. میزان آبچلینگ تیمارهای اتمسفر تغییر یافته با اتمسفر هوا تا روز ۱۲ تفاوت معنی‌داری نداشت ولی با تیمار تحت خلا تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) 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 آبچلینگ 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 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 اُفت 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 به‌ذکر 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 تغییریافته و خلأ طی زمان نگهداری بهتر از اتمسفر هوا بوده است. رنگ محصول به‌دلیل 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 به‌خصوص در اتمسفر هوا در روزهای ابتدایی به‌رنگ شیری و مایل به رنگ زرد می‌باشد (Choubert and Baccaunaud, 2006). با علت افزایش شاخص L^* در اتمسفر تغییر یافته می‌تواند به‌علت اسیدی شدن عضلات به‌علت انحلال CO_2، دناتوره 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 بسته‌بندی‌شده با اتمسفر هوا تیره‌تر و زرد گردید (کاهش سطح a^* و افزایش سطح b^*). pH عضله که خود به سطح گلیکوژن در لحظه مرگ ماهی مرتبط است به طور قابل‌توجهی با ویژگی‌های رنگ عضله در ارتباط است (Roth *et al.*, 2009).

Archive of SID

www.SID.ir

رابطه قابل توجهی بین pH و سطوح a^* و b^* با فیله بسته‌بندی‌شده 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 میکروارگانیسم به دلیل تغییر سطح اکسیژن در محیط پیرامون غذا است. با توجه به اکسیداسیون چربی، حذف O_2 نسبت به حضور CO_2 با غلظت بالا از اهمیت بیشتری برخوردار است. به‌طورکلی میکروارگانیسم‌های هوازی به CO_2 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 معنی-داری با روزهای دیگر متفاوت بوده است. مدت زمان نگهداری فیله قزل‌آلای 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 خلا 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 می باشد. 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_2 در بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته رشد میکروبی را محدود و گونه‌های غالب میکروارگانیسم‌ها را تغییر می‌دهد. باکتری‌های *Pseudomonas* SSP. اصلی‌ترین میکروارگانیسم 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 میکروارگانیسم‌ها در ماهی تن مؤثر بوده و CO_2 به عنوان عامل آنتی‌باکتریال عمل می‌کند و به‌دلیل جابه‌جایی همه یا مقداری از O_2 در متابولیسم باکتریایی نرخ رشد میکروارگانیسم‌ها کاهش می‌یابد (Sivertsvik *et al.*, 2002). تاثیر بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته (۶۰٪ CO_2 و ۴۰٪ O_2) 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_2S ازجمله 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 تغییریافته 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 تغییریافته با ۴۰٪ دی اکسیدکربن می‌تواند زمان ماندگاری فیله قزل‌آلای رنگین کمان نگهداری شده در یخچال (۴°C) را نسبت به بسته‌بندی تحت خلأ و هوا افزایش دهد.

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 (*Oncorynchus mykiss*) fillets. *International Journal of Food Microbiology*, 97(2), 209-214.

Arritt, F.M., Eifert, J.D., Jahncke, 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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 lifes of map and vacuum packaged hot smoked rainbow trout (*Onchoryncus 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., Krogdahl, 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

Archive of SID

www.SID.ir

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.

Archive of SID

www.SID.ir