مقاله علمی – پژوهشی:

اثر بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده و اسانس رازیانه بر رشد باکتری‌های هوازی و بی‌هوازی و خواص کیفی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تازه

مرضیه ببری[۱]، نازنین زند [*۱]

[*]n_zand2008@yahoo.com

۱ – گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین – پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

تاریخ دریافت: مرداد ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: دی ۱۴۰۰

چکیده

در این مطالعه اثر غلظت‌های مختلف سه نوع مخلوط گازی (دی‌اکسیدکربن، نیتروژن و اکسیژن) و نیز شرایط تحت خلاء و بسته‌بندی معمولی، در ۳ نوع پوشش قابل انعطاف ۴ لایه همراه با اسانس رازیانه برای افزایش زمان ماندگاری ماهی قزل‌آلا تازه در شرایط دمایی یخچال ۴ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت. بسته‌بندی بدون تزریق گاز و اسانس با ۴ نوع بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده با ترکیبات گازی شامل ۱) ۲۵ درصد N_2 + ۷۵ درصد CO_2، ۲) ۷۵ درصد N_2 + ۲۵ درصد CO_2، ۳) ۴۸ درصد N_2 + ۴۸ درصد CO_2 +۴ درصد O_2 و ۴) تحت خلأ، به همراه تزریق اسانس رازیانه یا بدون اسانس به میزان ۲ درصد وزنی بودند، مقایسه گردید. برای بسته‌بندی نمونه‌های ماهی از پوشش‌های چند لایه، PET12/AL7 /OPP20/ LLD90 ، PET12 /AL7/PET 12/LLD 100 و PET12/AL7 /PA15/ LLD 90 استفاده شد. نمونه‌های بسته‌بندی شده، طی ۲۰ روز در روزهای مختلف ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ مورد آزمون‌های شمارش باکتری‌های هوازی و باکتری‌های بی‌هوازی، تغییرات pH، اندازه‌گیری مقادیر پراکسید و بازهای نیتروژنی فرار و خواص حسی قرار گرفتند. آزمایش‌ها نشان داد ترکیب گازی ۷۵ درصد CO_2 همراه اسانس رازیانه و بسته‌بندی با پوشش ۴ لایه PET12/AL7 /PA15/ LLD 90 (۱۲۳ میکرون) حاوی پلی آمید با نفوذپذیری و عبور بخار آب کمتر به رغم ضخامت کمتر، برای ماندگاری ماهی قزل آلا تا ۲۰ روز بهتر بود و تأثیر مطلوبی بر کنترل رشد میکروبی ، کنترل خواص شیمیایی و ارزیابی حسی (رنگ، بو، مزه، ظاهر و بافت) نمونه‌ها گذاشت که به دلیل خاصیت ضد میکروبی این دو عامل ارزیابی شد.

لغات کلیدی: بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح شده، ماهی قزل آلا تازه، پوشش‌های انعطاف‌پذیر چند لایه، اسانس رازیانه

[*]نویسنده مسئول

مقدمه

ماهی قزل آلا از مهم‌ترین ماهیان پرورشی ایران محسوب می‌گردد که از بازارپسندی بالایی برخوردار است و این امر به علت خصوصیات تغذیه‌ای عالی و قیمت مناسب و نیز قابلیت دسترسی آسان به این نوع ماهی می‌باشد. ماهی یکی از فسادپذیرترین مواد غذایی به‌حساب می‌آید و از گوشت‌نشخوارکنندگان سریع‌تر فاسد می‌شود. بالا بودن میزان آب، بالا بودن میزان اسید آمینه آزاد، کمتر بودن بافت‌های پیوندی، داشتن مقدار بیشتر اسیدهای چرب غیر اشباع و فعالیت‌های آنزیمی بیشتر از جمله عوامل مؤثر در فساد سریع‌تر ماهی در مقایسه با سایر غذاهای گوشتی است. چنانچه بلافاصله پس از صید و مرگ ماهی به صورت مناسبی نگهداری آن صورت نگیرد، به دلیل فعالیت‌های میکروبی و تغییرات سریع بیوشیمیایی و آنزیمی در ماهیچه‌های آن به‌سرعت تجزیه و فساد آن گسترش می‌یابد (سلمانی‌جلودار و همکاران، ۱۳۸۸). تغییرات در پروتئین‌ها از تغییرات عمده در محصولات دریایی صید شده است. پس از صید ماهی، تجزیه ماهیچه‌ها به‌وسیله پروتئازهایی[1] مانند کالپین[2]، کاتبسین[3] آغاز می‌شود. کولاژن[4] از بافت‌های پیوندی مقاوم به‌حساب می‌آید، اما در نگهداری طولانی مدت ماهی و محصولات شیلاتی در شرایط نگهداری سرد، با تغییراتی که در آنها صورت می‌گیرد، نرمی نامطلوب گوشت دیده می‌شود (Erkan *et al.*, 2006). از دیگر تغییراتی که در محصولات دریایی ضمن نگهداری رخ می‌دهد، تغییر در چربی‌هاست که تجزیه آنزیمی لیپیدها، از جمله این تغییرات است. ماهیچه‌های ماهی حاوی مقدار زیادی چربی‌های زنجیره بلند دارای اسیدهای چرب دارای چند باند غیر اشباع بوده که ضمن فرایند و نگهداری در معرض اکسایش هستند در این خصوص حضور یون‌های فلزی هم به تسریع اکسایش در غذاهای دریایی کمک می‌کند. با پیشرفت اکسایش چربی‌ها و شکستن هیدرو پراکسیدها، ترکیبات کربنیل و الکلی با وزن مولکولی کم، حاصل می‌شوند که بر خصوصیات کیفی محصول مانند رنگ، بافت، مزه و بو اثر می‌گذارند. ترکیب شدن پروتئین‌ها با چربی‌های اکسید شده نیز سبب ایجاد رنگدانه‌های زرد رنگ می‌شود آنزیم‌های لیپوکسیژناز[5] و پراکسیداز[6] موجب اکسیژنه شدن اسیدهای چرب دارای چند باند غیر اشباع شده و آنها را به هیدروپراکسید تبدیل می‌کنند. حضور اکسیژن کنار محصول، نور، دما، فعالیت آبی از عوامل مؤثر در اکسایش چربی‌ها هستند (Gimenez *et al.*, 2002). افزایش سطح علم بهداشت مواد غذایی و امنیت فراورده‌های پروتئینی مختلف اعم از تازه و فرآیند شده و نیاز برای تولید با حداقل هزینه‌ها و تأمین خواسته‌های مشتریان، صنعت بسته بندی مواد غذایی را به‌خصوص در مورد انواع گوشت‌ها و فرآورده‌های آن به‌سرعت گسترش و توسعه داده است. هر چند که پیشرفت اصلی در این زمینه درخصوص مواد بسته‌بندی و سیستم‌های آن بوده، اما اصول این علم ثابت باقی مانده است. روش‌های بسته‌بندی قدیمی، با تغییرات جدید به‌کار خود ادامه می‌دهند که علت تنوع در مشخصات محصولات جدید و تأمین نیازهای اساسی بسته‌بندی این فرآورده‌ها است. در این راستا، هر روش بسته‌بندی که بازده کیفی بالاتری را فراهم نماید، مورد استقبال قرار خواهد گرفت (Kerry *et al.*, 2006). در دو دهه اخیر به دلیل بالا رفتن قیمت محصولات غذایی خام، کارگر، انرژی و مهار شدید استفاده از برخی نگهدارنده‌ها و افزودنی‌ها، تمایل به استفاده از ترکیب گازی و اسانس‌ها و عصاره‌های طبیعی با خاصیت ضد میکروبی برای نگهداری غذا افزایش یافته است و نیز در دسترس بودن پوشش‌های بسته‌بندی چند لایه جدید با دامنه وسیعی از خصوصیات فیزیکی و وسایل بسته‌بندی قابل تغییر، توانسته است توجه صنعت بسته‌بندی غذا را به این فناوری جلب کند (Sanhya, 2010). با وجود این‌که انجماد ماهی یکی از بهترین روش‌های نگهداری ماهی در مقابل فساد است، اما همیشه مناسب‌ترین روش جهت نگهداری ماهی به‌شمار نمی‌آید. امروزه تقاضای مصرف برای فرآورده‌های غذایی از جمله ماهی قزل آلا به صورت تازه نسبت به غیر منجمد بسیار

1- Protease
2- Calpine
3- Catbesin
4- Collagen
5- Lipoxygenase
6 Peroxidase

مورد توجه مصرف‌کنندگان قرار گرفته است. بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییر یافته MAP[1]، عمدتاً از طریق ممانعت از فعالیت میکروارگانیسم‌ها و جلوگیری از واکنش‌های اکسایش، سبب افزایش عمر ماندگاری محصولات غذایی از جمله ماهی و فراورده‌های دریایی می‌شوند. نوع محصول، میزان چربی، میزان آلودگی میکروبی اولیه، نوع گازهای مصرفی در اتمسفر بسته، نسبت حجم محصول به حجم گازهای درون بسته و دمای نگهداری به عنوان عمده‌ترین عوامل مؤثر بر عمر نگهداری فراورده‌های شیلاتی تازه بسته‌بندی شده می‌باشند و به این شکل عمر ماندگاری طی زمان نگهداری افزایش می‌یابد (Ozogul *et al*., 2004). این تأثیر در مورد باکتری‌های عامل فساد هوازی و بی‌هوازی به دلیل طولانی شدن فاز تأخیر در مراحل رشد و تکثیر آنها صورت می‌گیرد. عمر ماندگاری ماهی در این بسته‌بندی در شرایط نگهداری سرد، در مقایسه با ماهی نگهداری شده در اتمسفر معمولی در همان شرایط دمایی، حدود ۲-۱/۵ برابر افزایش می‌یابد (Charles *et al*., 2006). اسانس‌های گیاهی به عنوان دسته مهمی از ترکیبات ضدمیکروبی طبیعی دارای ظرفیت مناسبی برای استفاده در انواع مواد غذایی جهت مقابله با میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و عامل فساد می‌باشند. این ترکیبات، عصاره‌های فرار و معطری هستند که از بخش‌های مختلف گیاهان شامل گل، دانه، غنچه، برگ و ریشه به‌دست می‌آیند. به دلیل ویژگی‌های شناخته شده زیستی و طعم‌دهندگی عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی، این دسته از ترکیبات در میان پرمصرف‌ترین مواد افزودنی در انواع مواد غذایی محسوب می‌شوند (میثاقی و همکاران، ۱۳۹۷). بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده، به معنی جایگزین کردن هوای موجود در بسته با مخلوطی از گازهای متفاوت است و به طور معمول مخلوطی از دی اکسید کربن، نیتروژن و اکسیژن است. در بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده، عمل اصلاح ترکیب فضای داخلی یک بسته به منظور بهبود عمر مفید محصول مورد نظر می‌باشد. به همین منظور فضای خالی درون بسته‌بندی ابتدا خلأ می‌شود و سپس ترکیب گازهای مورد نظر، تحت فشار جایگزین این فضا می‌گردد. این بسته‌بندی به ظاهر روش بسیار ساده‌ای است، اما خالی کردن هوای داخل بسته و جایگزین کردن آن با ترکیبی از گازها در عمل پیچیدگی‌های تکنیکی زیادی هم دارد. تعیین نسبت گازها و نگهداشتن این اتمسفر درون بسته‌بندی و اطراف ماده غذایی چندان ساده نیست و در برخی موارد غیر ممکن است. در مورد یک بسته‌بندی پیش‌بینی تغییرات آتی و در واقع، قابل پیش‌بینی بودن این تغییرات تأثیر بسیار زیادی در تخمین عمر ماندگاری دارد (Caleb *et al*., 2012). رازیانه گیاهی است علفی، معطر و چند ساله، از خانواده Aplaceae و تیرهٔ چتریان (*Foeniculum vulgare*) با ارتفاع حدود ۲۱ متر، ساقه‌های قائم، استوانه‌ای، منشعب و سبز رنگ است. تمام اندام‌های رازیانه حاوی اسانس است و مقدار آن در قسمت‌های مختلف گیاه متفاوت است. اسانس رازیانه دارای قند و لعاب، مقدار کمی تانن، روغن ثابت لیماراز و موادی چون فلاندرن، لیمونن، دیپنتن، کامفن پینتن، متیل چاویکول، آنیسیک اسید، تیموها، یدروکینون، انیستونو و ویتامین A نیز می‌باشد (Singh *et al*., 2006). اثر ضد باکتریایی عصاره اتانولی رازیانه، به‌گونه‌ای است که تا حدود اندکی بر مهار رشد باسیلوس سوبتیلیس و اثر مهار کننده قابل توجهی بر رشد اشریشیاکلی داشته و نیز فعالیت ضد کاندیدایی دانه رازیانه، به صورت قوی در مقالات گزارش شده است. حضور ترکیبات فنولی و اسیدهای چرب مانند اسید اولییک، اسید لینولِیک و اسید پالمیتیک در قسمتهای مختلف آن می‌تواند در فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی این اسانس مؤثر باشد (Rather *et al*., 2016). باکتری‌های هوازی موجود در گوشت ماهی شامل اشرشیاکلی، سالمونلا، سودوموناس، اسینتو باکتر، موراکسلا، آلکالیجنس، استرپتوکوکوس لوکونوستوک، باسیلوس، اکرومو باکترو میکرو کوکوس می‌باشند که برخی با کاهش اکسیژن سبب بی رنگ شدن گوشت ماهی خام در محیطی با هوای کافی می‌گردند. باکتری‌های بی هوازی مانند باکتری‌های اسید

1- Modified Atmosphere Packaging

لاکتیک، باسیلوس سرئوس و کلستردیوم نیز در گوشت ماهی موجود می‌باشند (Kamenik, 2013). خطر بالقوهٔ میکروب بی‌هوازی و سرمادوست کلستریدیوم بوتولینوم، فقط با کنترل دقیق دمای و نیز بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییر یافته در مراحل مختلف از زمان بسته بندی تا زمان مصرف ماهی، می‌تواند آنرا ایمن سازد که تحقیقات دامنه داری در این زمینه‌ها ضروری است تا بتوان با استفاده از مزیت‌های این روش‌های بسته‌بندی، افزایش عمر انبارداری محصولات دریایی را با کنترل میکروب‌های بیماری زا و تولید سم به‌وسیله آنها را تأمین کرد (Erkan *et al.*, 2006). هدف از این تحقیق تعیین اثر بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده در نوع پوشش‌های مختلف ۴ لایه انعطاف‌پذیر، غیر قابل نفوذ به گازها همراه با به‌کارگیری اسانس رازیانه جهت کنترل رشد باکتری‌های هوازی و بی‌هوازی، تغییرات pH، مقادیر پراکسید و بازهای نیتروژنی فرار و خواص حسی (رنگ، بو، مزه، ظاهروبافت) طی ۲۰ روز بر مدت ماندگاری ماهی قزل آلا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی و تولید و بسته بندی ماهی قزل آلا

مواد اولیه: ۲۰ کیلو ماهی قزل‌آلای تازه با وزن هر کدام حدود ۵۰۰ گرمی (۴۰ عدد) از یکی از فروشگاه‌های تهران خریداری شد. ماهی خریداری شده بلافاصله تمیز (جداسازی سر و دم و فلس‌ها) و به قطعات کوچک‌تر تقسیم گردید. ۱۵ کیلوگرم گوشت ماهی قزل‌آلا به‌دست آمده به وزن‌های ۵۰ گرمی تقسیم و آماده بسته‌بندی گردید. محیط‌های کشت مورد نیاز (BHI، PE2، CMM،PCA) از شرکت کیوبلنت (کانادا)، لفاف‌های بسته‌بندی از شرکت پلاستیک ماشین الوان و اسانس رازیانه از شرکت دهلر (آلمان)، تهیه گردید.

تولید و بسته بندی نمونه‌ها: کلیه ماهی‌های قزل‌آلا با وزن‌های ۵۰ گرمی(اندازه قطعات ۵×۵) تقسیم شده و به آزمایشگاه بیو فیزیک گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران منتقل و پس از کنترل دما، نمونه‌ها آماده بسته‌بندی گردید و درون سه نوع پوشش انعطاف پذیر ۴ لایه، پس از تزریق اسانس رازیانه با سرنگ استریل به میزان ۲ درصد وزنی نمونه (WP/W s)، قرار داده شد و برای تزریق گاز و دوخت بسته به دستگاه بسته‌بندی منتقل گردید. سپس با دستگاه بسته بندی اتمسفر اصلاح شده (شرکتHENKELMAN مدل A200، ساخت کشور آلمان) با ۵ نوع گاز، G1 (۷۵ درصد دی‌اکسیدکربن + ۲۵ درصد نیتروژن)،G2 (۲۵ درصد دی‌اکسیدکربن + ۷۵ درصد نیتروژن)، G3 (۴۸ درصد دی‌اکسیدکربن + ۴۸ درصد نیتروژن+ ۴ درصد اکسیژن) و G4 (خلاء) و G5 بسته‌بندی شاهد (بدون تزریق گاز)، پس از تخلیه هوا درون پوشش‌های انعطاف‌پذیر ۴ لایه، در ۳ سطح P1، P2 و P3 (حاوی لایه‌های مختلف پلی استر، آلومینیم، پلی پروپیلن جهت داده شده، پلی‌آمید و پلی اتیلن خطی با دانسیته کم) بسته‌بندی گردیدند و بلافاصله به آزمایشگاه محل نگهداری در دانشکده کشاورزی واحد ورامین –پیشوا انتقال یافت و در دمای یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری گردید و در مدت زمان ۲۰ روز Z1-Z4 طی روزهای پنجم، دهم، پانزدهم و بیستم، نمونه‌ها از محل نگهداری خارج شده و سپس به آزمایشگاه کنترل کیفیت واحد جهت انجام آزمون‌های میکروبی و آزمایشگاه کوثر جهت آزمون‌های شیمیایی مربوطه (حمایت شرکت پلاستیک ماشین الوان) انتقال داده شدند. خصوصیات پوشش‌های مورد استفاده مطابق با نتایج محققان در جدول ۱ ارائه شده است (Zand and Mailova, 2010 a,b).

آزمون‌های میکروبی

شمارش کلی باکتری‌های هوازی مزوفیل در محیط کشت CMM[1] & PCA[2]

شمارش کلی میکروارگانیسم‌های هوازی با استفاده از محیط کشت‌های PCA و CMM به روش کشت سطحی و گرمخانه‌گذاری در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت با توجه به استاندارد ملی به شماره ۲ و ۱-۵۲۷۲ انجام شد. برای این منظور، ۱ گرم نمونه ماهی قزآلا در زیر

1- Cooked Meat Media

2- Plate Count Agar

هود میکروبی در آزمایشگاه وزن و در ۱۰ میلی‌لیتر محلول رینگر له شد و به محیط کشت غنی کننده CMM ۱۰ میلی‌لیتر اضافه گردید و به مدت سه روز در انکوباسیون ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد. سپس یک‌سری ۶ تایی لوله حاوی آب مقطر استریل با افزودن ۱ میلی‌لیتر از نمونه به لوله شماره ۱ سریال رقت تهیه و به روش پور پلیت در محیط کشت PCA کشت داده شد و به مدت ۳ روز در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد جهت شمارش کلی میکروارگانیسم‌های هوازی انکوبه گردید. از دستگاه کلنی کانتر جهت شمارش تعداد میکروارگانیسم‌ها استفاده شده است (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۳).

جدول ۱: خصوصیات سه نوع پوشش ۴ لایه مورد استفاده در تحقیق

Table 1: Analytical characteristics of 3 types of 4-layer containers used in this research

نمونه	لایه	ضخامت فیلم (µ)	ضخامت درزبندی فیلم	درصد عبور اکسیژن (ml/m2.day)	درصد عبور آب (g/m2.day)
PET/AL/PET/LLD	۱۲/۷/۱۲/۱۰۰	۱۳۱	۶۱/۰۳	۰	۰/۰۸۹
PET/AL/PA/LLD	۱۲/۷/۱۵/۹۰	۱۲۳	۶۰/۳۳	۰	۰/۰۲۷
PET/AL/OPP/LLD	۱۲/۷/۲۰/۹۰	۱۲۹	۵۹/۱۱	۰	۰/۱۸۶

PET: Poly Ethylene Terephthalate; OPP: Oriented Poly Propylene; PA: Poly Amid; LLD: Liner Low Density Poly Ethylene; AL: Aluminum

شمارش کلی باکتری‌های بی‌هوازی مزوفیل در محیط کشت BHI[1] & PE2[2]

شمارش کلی میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی با استفاده از محیط کشت‌های BHI و PE2 به روش کشت سطحی و گرمخانه‌گذاری در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت با توجه به استاندارد ملی به شماره‌های ۲ و ۱-۵۲۷۲ انجام شد. برای این منظور، ۱ گرم نمونه ماهی قزآلا در زیر هود میکروبی در آزمایشگاه وزن و در ۱۰ میلی‌لیتر محلول رینگر له شد و به محیط کشت غنی کننده ۱۰ میلی‌لیتر PE2اضافه گردید و به مدت سه روز در انکوباسیون ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد. سپس یک سری ۶ تایی لوله حاوی آب مقطر استریل با افزودن ۱ میلی‌لیتر از نمونه به لوله شماره ۱ سریال رقت تهیه شد و با روش پور پلیت در محیط کشت BHI کشت داده شد. سپس در آون خلاء (بی‌هوازی) ۳۷ درجه سانتی‌گراد و با خلاء به مدت ۳ روز جهت شمارش کلی میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی نگهداری شد. از دستگاه کلنی کانتر جهت شمارش تعداد میکروارگانیسم‌ها استفاده شده است (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۳).

آزمون‌های شیمیایی

آزمون شیمیایی- استخراج چربی و اندازه‌گیری میزان پراکسید (PV)

استخراج چربی با روش کلروفرم متانول، با توجه به استاندارد ملی به شماره ۹۷۱۴ انجام شد. برای این منظور، مقدار ۱۵ گرم نمونه ماهی قزل‌آلا وزن و به همراه ۶۰ میلی‌لیتر متانول در دکانتور ریخته و یکنواخت گردید و سپس ۳۰ میلی‌لیتر کلروفرم افزوده و در دکانتور تکان داده شده پس از ۵ دقیقه دوباره ۳۰ میلی لیتر کلروفرم به دکانتور اضافه شده و مدت ۲۴ ساعت در این حالت قرار گرفت تا چربی استخراج شود. بعد از ۲۴ ساعت برای جداسازی فازها ۳۶ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. بعد از ۲ ساعت فاز زیرین در بالن سرسمباده‌ای جمع شده و در روتاری قرار گرفت تا حلال آن تبخیر گردد و فقط روغن باقی بماند. سپس نمونه روغن در یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتر وزن گردید و حدود ۲۵

1- Brain Heart Infusion

2- Pepton yeast extract bromocresol purple broth

میلی‌لیتر از محلول یدور پتاسیم اشباع، ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته ۱ درصد به محتویات ارلن اضافه شد. مقدار ید آزاد شده با محلول تیوسیولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال تیتر گردیده و با توجه به معادله ذیل میزان پراکسید (PV) محاسبه شد (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۱؛ Egan and Sawyer, 1997):

PV= (وزن نمونه روغن) / ۱۰۰۰ × (حجم تیوسولفات مصرفی × نرمالیته)

آزمون شیمیایی- اندازه‌گیری میزان کل بازهای نیتروژنی فرار (TVN)

اندازه گیری میزان کل بازهای نیتروژنی فرارTVB-N ، با توجه به استاندارد ملی به شماره ۹۷۱۴ انجام شد. برای این منظور، مقدار ۱۰ گرم نمونه ماهی قزل آلا وزن و به همراه ۲ گرم اکسید منیزیم (کاتالیزور)، ۲ قطره ضد کف و ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به بالن کلدال اضافه گردید. درون ارلن ۲۵ میلی‌لیتر اسید بوریک ۲ درصد و ۲ قطره متیل رد ریخته شد و تا زمانیکه حجم بالن به ۱۰۰ میلی لیتر رسید با اسید سولفوریک ۰/۱ تیتر شد و مطابق فرمول ذیل میزان TVB-N محاسبه گردید (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۱؛ Egan and Sawyer, 1997):

TVB-N= (وزن نمونه) / ۱۰۰ × (حجم اسید مصرفی × ۱/۴)

آزمون شیمیایی-اندازه‌گیری pH

دستگاه pH متر (شرکت Metron، ساخت کشور سوئیس) برای اندازه‌گیری pH در مواد اسیدی و (OH-) در مواد قلیایی به‌کار گرفته شد. در روش اندازه‌گیری pH، با توجه به استاندارد ملی به شماره ۲۳۲۶ دستگاه pH متر ابتدا با محلول‌های تامپون ۴ و ۷ تنظیم شد. الکترود pH متر را پس از تنظیم مستقیم در ماهی قزل آلا فرو برده به‌طوری‌که حباب حساس pH متر کاملاً داخل نمونه ماهی قرار گیرد (حداقل ۴۵ ثانیه الکترود) سپس pH روئیت شده و ثبت گردید (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۶).

ارزیابی حسی (ظاهر، بافت، مزه، بو، رنگ)

به منظور ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های ماهی قزل آلا روش حواس پنج گانه (هدونیک ۵ نقطه‌ای) استفاده گردید. ارزیابی در روزهای ۵، ۱۰، ۱۶ و ۲۰ برای هر ۵ نوع بسته‌بندی که بر اساس ویژگی‌های حسی (ظاهر، رنگ، بافت، مزه و بو) و با استفاده از یک رتبه‌بندی به صورت ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به‌ترتیب برای بسیار خوب، خوب، متوسط، بد، بسیار بد انجام گردید (Goulas and Kontominas, 2007). داوران حسی امتیاز مشخصی را نسبت به حداکثر امتیازی که در فرم‌های ارزشیابی ارائه شده مشخص شده بود، را برای نمونه‌های ماهی قزل آلا تعیین کردند. در این رابطه از ۱۰ نفر ارزیاب آموزش دیده محدوده سنی ۳۵-۲۲ سال (دانشجویان آموزش دیده) کمک گرفته شد (Dawood, 1995). ارزیابی حسی تحت شرایط مشابه نور و دمایی انجام گرفت که این شرایط طی همه دوره آزمایش‌ها ثابت بودند. امتیازدهی با مقیاس ۱ الی ۵ (۱ بهترین امتیاز و ۵ بدترین امتیاز) در این روش در محدوده تغییرات، صرفاً تا زمان خروج ماهی قزل آلا از حالت بو و طعم طبیعی (به عنوان فساد درجه اول) و یا رسیدن به بوی غیرقابل قبول (به عنوان فساد درجه دوم) مبنای ارزیابی قرار داده شد. در مورد مزه نمونه، ماهی روی سیخ‌های کبابی مقداری حرارت داده شد (Nielsen and Hyldig, 2004).

روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این پژوهش کلیه آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار طراحی و انجام شد. سه فاکتور مستقل شامل الف: نوع لفاف انعطاف پذیر چند لایه (فاکتور P) در ۳ سطح P1 تا P3، ب: شرایط بسته‌بندی (فاکتور G) در ۵ سطح G1 تا G5 و ج: زمان نگهداری (فاکتور Z) در ۴ سطح ۱۵،۱۰،۵ و ۲۰ روز، بر رشد باکتری‌های هوازی و بی‌هوازی،pH، PV، TVN و خواص حسی ماهی قزل آلا مورد بررسی قرار گرفت. داده‌ها پس از جمع‌آوری، مرتب شده و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد و با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام پذیرفت.

نتایج

نتایج آزمون‌های میکروبی

شمارش کلی باکتری‌های هوازی مزوفیل: نتایج شمارش کلی باکتری‌های هوازی نمونه‌های ماهی قزل آلا بسته‌بندی شده همراه اسانس رازیانه تحت شرایط مختلف اتمسفر اصلاح شده و پوشش‌های مختلف ۴ لایه انعطاف‌پذیر در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج طی مدت زمان نگهداری، روند رشد باکتری‌های هوازی برای کلیه تیمارها افزایشی بوده است و افزایش معنی‌دار در شمارش کلی باکتری‌های هوازی در روزهای ۵، ۱۰ و ۱۵ وجود داشت که در روز بیستم افزایش معنی‌دار با شدت بالاتری حاصل گردید ($p\leq$۰/۰۵). مطابق با جدول مقایسه میانگین شمارش کلی باکتری‌های هوازی و بررسی داده‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن مشخص گردیدکه در روز بیستم نگهداری بیشترین تعداد شمارش باکتری‌های هوازی (logcfu/ml ۸/۹۰۰) متعلق به تیمار P3G5 بسته‌بندی بدون تزریق گاز و پوشش ۴ لایه ۱۲۹ میکرون بود. کمترین تعداد شمارش باکتری‌های هوازی (logcfu/ml ۳/۶۳۴) را تیمار P2G1 بسته‌بندی تحت شرایط ۷۵ درصدگاز CO_2 و ۲۵ درصدگاز N_2 و پوشش ۴ لایه ۱۲۳ میکرون در روز پنجم نگهداری به‌خود اختصاص داده است. با توجه به نتایج تجزیه واریانس شمارش کلی باکتری‌های هوازی (جدول ۷) نتایج آزمایش‌ها نشان دادند که نوع لفاف‌های انعطاف‌پذیر، شرایط بسته‌بندی و زمان نگهداری و نیز کلیه اثرات متقابل دو جانبه و سه جانبه تفاوت کاملاً معنی‌داری بر شمارش باکتری‌های هوازی ماهی‌های بسته‌بندی شده داشتند ($p<$۰/۰۱).

جدول ۲: مقایسه میانگین شمارش کلی باکتری‌های هوازی (log cfu/ml) ماهی قزل‌آلا بسته بندی شده همراه اسانس رازیانه تحت اتمسفر اصلاح شده و پوشش‌های انعطاف پذیر ۴ لایه

Table 2: Results of total aerobic bacteria count (log cfu/ml) of fresh rainbow trout packed in different flexible multilayer films under modified atmospheres and fennel essential oil

تیمار	روز ۵	روز ۱۰	روز ۱۵	روز ۲۰
P1G1	٤/۳۹۷±۰/۰۰۰^{h}	٤/۸٦٤±۰/۰۳۳^{g}	٥/٤٥۰±۰/۰٤٥^{k}	٦/٤٥۰±۰/۰٤٥^{g}
P2G1	۳/٦۳٤±۰/۰٥٥^{j}	٤/۲٥۹±۰/۱۲۰^{i}	٤/۸۸۳±۰/۰۳۳^{m}	٥/۰۸٥±۰/۱٥۷^{i}
P3G1	٤/۸۳٤±۰/۰۱۸^{e}	٥/۲٥۹±۰/۱۲۰^{f}	٦/۸٦٤±۰/۰۳۳^{g}	۷/۸٦٤±۰/۰۳۳^{e}
P1G2	٤/۷۸۸±۰/۰٤۱^{ef}	٥/۲٥۹±۰/۱۲۰^{f}	٦/٤۲٤±۰/۰٤٥^{h}	٦/۸٥۳±۰/۰٤٥^{f}
P2G2	۳/۸٦٤±۰/۰۳۳^{i}	٤/٦٦٦±۰/۰٥٥^{h}	٥/٤٦٥±۰/۱۱۷^{k}	٥/٦۳٤±۰/۰٥٥^{h}
P3G2	٥/۳۲۳±۰/۱۲۸^{c}	٥/۸٦٤±۰/۰۳۳^{de}	۷/۸۳٤±۰/۰۱۸^{c}	۸/٤٦٥±۰/۱۱۷^{bc}
P1G3	٤/٦۰۲±۰/۰۰۰^{g}	٥/۳۰۱±۰/۰۰۰^{f}	٦/۱۸٥±۰/۰۱٦^{i}	٦/۷۸۹±۰/۰۲۰^{f}
P2G3	۳/۸٤٥±۰/۰۰۰^{i}	٤/٦۰۲±۰/۰۰۰^{h}	٥/۱۸٥±۰/۰۱٦^{l}	٥/٥۹٤±۰/۰۱۲^{h}
P3G3	٥/۰٦٦±۰/۰۲۱^{d}	٥/۸۱۲±۰/۰۰۰^{e}	۷/۸٤٥±۰/۰۰۰^{c}	۸/۳٦۰±۰/۰۳۲^{cd}
P1G4	٤/۸۸۳±۰/۰۳۳^{e}	٥/۹۹٤±۰/۱٥۷^{cd}	۷/۳۲۳±۰/۱۲۸^{f}	۸/۲٥۹±۰/۱۲۰^{d}
P2G4	٤/۷۱۲±۰/۰۲۳^{f}	٤/۸٦٤±۰/۰۳۳^{g}	٥/۷٤۰±۰/۰۰۰^{j}	٦/٤۷۷±۰/۰۰۰^{g}
P3G4	٥/٦۳٤±۰/۰٥٥^{b}	٦/۸۲۳±۰/۰۱۸^{b}	۸/۳۲۳±۰/۱۲۸^{b}	۸/۸٤۲±۰/۰٥۲^{a}
P1G5	٥/۳۲۳±۰/۱۲۸^{c}	٦/۷٦٤±۰/۰٤۱^{b}	۷/٦٦٦±۰/۰٥٥^{d}	۸/۷۸۸±۰/۰٤۱^{a}
P2G5	٤/۸۸۳±۰/۰۳۳^{e}	٦/۰۸٥±۰/۱٥۷^{c}	۷/٤٥۰±۰/۰٤٥^{e}	۸/٥۱۸±۰/۰۷۲^{b}
P3G5	٦/٦۳٤±۰/۰٥٥^{a}	۷/۸٦٤±۰/۰۳۳^{a}	۸/٥۱۸±۰/۰۷۲^{a}	۸/۹۰۰±۰/۰٥٤^{a}

مقادیر دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارند ($p>$۰/۰٥).

Different letters showed a significant difference in each of the four columns ($p\leq0.05$)

شمارش کلی باکتری‌های بی‌هوازی مزوفیل: نتایج شمارش کلی باکتری‌های بی‌هوازی نمونه‌های ماهی قزل آلا بسته‌بندی شده همراه اسانس رازیانه تحت شرایط مختلف اتمسفر اصلاح شده و پوشش‌های مختلف ۴ لایه انعطاف پذیر در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به نتایج، طی مدت زمان نگهداری، روند رشد باکتری‌های بی‌هوازی برای کلیه تیمارها یکسان و در این مدت در تمامی تیمارها روند افزایشی معنی‌دار داشت ($p\leq$۰/۰۵). با توجه به جدول، مقایسه میانگین شمارش باکتری‌های بی‌هوازی و بررسی داده‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن مشخص گردید که در روز بیستم نگهداری بیشترین تعداد شمارش باکتری‌های بی‌هوازی (۵/۷۵۲ logcfu/ml) متعلق به تیمار P3G5 بسته‌بندی بدون تزریق گاز و پوشش ۴ لایه ۱۲۹ میکرون بود. کمترین تعداد شمارش باکتری‌های بی‌هوازی (۲/۹۲۰ logcfu/ml) را تیمار P2G1 بسته‌بندی تحت شرایط ۷۵ درصدگاز CO_2 و ۲۵ درصدگاز N_2 و پوشش ۴ لایه ۱۲۳ میکرون در روز پنجم نگهداری به‌خود اختصاص داده است. با توجه به جدول تجزیه واریانس شمارش باکتری‌های بی‌هوازی (جدول ۷) نتایج آزمایش‌ها نشان دادند که نوع لفاف‌های انعطاف‌پذیر، شرایط بسته‌بندی و زمان نگهداری و نیز کلیه اثرات متقابل دو جانبه و سه جانبه تفاوت کاملاً معنی‌داری بر شمارش باکتری‌های بی‌هوازی ماهی بسته‌بندی شده داشتند ($p<$۰/۰۱).

جدول ۳: مقایسه میانگین شمارش کلی باکتری‌های بی هوازی(log cfu/ml) ماهی قزل آلا بسته بندی شده همراه اسانس رازیانه تحت اتمسفر اصلاح شده و پوشش‌های انعطاف پذیر ۴ لایه

Table 3: Results of total anaerobic bacteria count (log cfu/ml) of fresh rainbow trout packed in different flexible multilayer films under modified atmospheres and fennel essential oil

تیمار	روز ۵	روز ۱۰	روز ۱۵	روز ۲۰
P1G1	۳/۶۱۶±۰/۰۶۳^{c}	۳/۶۸۲±۰/۰۵۰^{e}	۳/۸۰۰±۰/۰۳۸^{f}	٤/۳۳۱±۰/۰۷۱^{ef}
P2G1	۲/۹۲۰±۰/۰۲۹^{e}	۳/۰۵٤±۰/۱۷۳^{h}	۳/۲۵۵±۰/۰۰۰^{i}	۳/۳۹۷±۰/۰۰۰^{j}
P3G1	۳/۷۶۵±۰/۰۲۱^{bc}	۳/۸۶٤±۰/۰۳۳^{d}	۳/۹۳۷±۰/۰۲۹^{de}	٤/۳۵۰±۰/۰۸۲^{def}
P1G2	۳/۷٤۰±۰/۰۰۰^{bc}	۳/۸٤۲±۰/۰۶۲^{d}	۳/۹۲۰±۰/۰۲۹^{de}	٤/۵۸۰±۰/۰۶۳^{c}
P2G2	۳/۰۶۰±۰/۰۹۲^{de}	۳/۲۰۸±۰/۰۸۱^{fg}	۳/٤۸۳±۰/۱٤۷^{h}	۳/۵۸۰±۰/۰۶۳^{h}
P3G2	۳/۸۲۷±۰/۰۵۸^{bc}	۳/۹۲۰±۰/۰۲۹^{d}	۳/۹۸٤±۰/۰۲۶^{d}	٤/۶۶۸±۰/۰۲۶^{c}
P1G3	۳/۶۶۶±۰/۰۵۵^{bc}	۳/۷۲۵±۰/۰٤۵^{e}	۳/۸٤۰±۰/۰۳۱^{ef}	٤/٤۰۵±۰/۰۶۷^{de}
P2G3	۲/۹۸۳±۰/۰۵۰^{de}	۳/۱۲۵±۰/۱۱٤^{gh}	۳/۲۹۹±۰/۰٤۳^{i}	۳/۳۹۷±۰/۰۰۰^{i}
P3G3	۳/۷۸۹±۰/۰۲۰^{bc}	۳/۸۷٤±۰/۰۲۹^{d}	۳/۹۳۷±۰/۰۲۹^{de}	٤/٤٤۱±۰/۰۸۶^{d}
P1G4	۳/۹۰۳±۰/۰۰۰^{bc}	٤/۱۱۳±۰/۰۰۰^{c}	٤/۶۶۸±۰/۰۲۶^{c}	۵/۲۲۱±۰/۰۲۹^{b}
P2G4	۳/۲۰۸±۰/۰۸۱^{d}	۳/۲۷۰±۰/۰۲۶^{f}	۳/۵۳۱±۰/۰۱۲۸^{h}	٤/۲۲۱±۰/۰۲۹^{g}
P3G4	۳/۷۸۰±۰/۵۷۷^{bc}	٤/۸۸۰±۰/۰۰۹^{a}	۵/٤۹۹±۰/۰۳۸^{b}	۵/۶۶۸±۰/۰۲۶^{a}
P1G5	۳/۹۳۷±۰/۰۲۹^{b}	٤/۳۰۲±۰/۰۸۲^{b}	٤/۶۹۷±۰/۰٤۳^{c}	۵/۳۰۲±۰/۰۸۲^{b}
P2G5	۳/۲۵۵±۰/۰۰۰^{d}	۳/۲۷۰±۰/۰۲۶^{f}	۳/۶٤۵±۰/۰۹۸^{g}	٤/۲۹۹±۰/۰٤۳^{fg}
P3G5	۴/۲۵۵±۰/۰۰۰^{a}	٤/۹۲۰±۰/۰۲۹^{a}	۵/۶۱۶۸±۰/۰۶۳^{a}	۵/۷۵۲±۰/۰۲۱^{a}

مقادیر دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارند ($p>$۰/۰۵).

Different letters showed a significant difference in each of the four columns ($p\leq0.05$)

نتایج آزمون‌های شیمیایی

میزان پراکسید: نتایج میزان PV نمونه‌های ماهی قزل آلا بسته‌بندی شده همراه اسانس رازیانه تحت شرایط مختلف اتمسفر اصلاح شده و پوشش‌های مختلف ۴ لایه انعطاف‌پذیردر جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به نتایج در طی مدت زمان نگهداری، میزان پراکسید در تمامی تیمارها روند افزایشی معنی‌دار داشت ($p\leq$۰/۰۵). با توجه به جدول مقایسه میانگین PV و بررسی داده‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن مشخص گردید که در روز بیستم نگهداری بیشترین میزان پراکسید ۱۱/۱۷۱ متعلق به تیمار P3G5 بسته‌بندی شاهد و پوشش ۴ لایه ۱۲۹ میکرون بود. کمترین میزان پراکسید ۰/۹۹۵ را تیمارP2G1 بسته بندی تحت ۷۵ درصدگاز CO_2 و ۲۵ درصدگاز N_2 و پوشش ۴ لایه ۱۲۳ میکرون در روز پنجم نگهداری به‌خود اختصاص داده بود. با توجه به جدول تجزیه واریانس مقدار PV (جدول ۷) نتایج آزمایش‌ها نشان دادند که نوع لفاف‌های انعطاف‌پذیر، شرایط بسته‌بندی و زمان نگهداری و نیز کلیه اثرات متقابل دو جانبه نیز تفاوت کاملاً معنی‌داری بر مقادیر پراکسید بسته‌بندی شده داشتند ($p<$۰/۰۱). اثر متقابل سه جانبه (نوع لفاف‌های انعطاف پذیر×شرایط بسته بندی× زمان نگهداری) تفاوت معنی‌داری بر مقادیر پر اکسید ماهی قزل آلا بسته‌بندی شده نداشت ($p>$۰/۰۵).

جدول ۴: مقایسه میانگین میزان پراکسید ماهی قزل آلا بسته بندی شده همراه اسانس رازیانه تحت اتمسفر اصلاح شده و پوشش‌های انعطاف پذیر ۴ لایه

Table 4: Results of PV of fresh rainbow trout packed in different flexible multilayer films under modified atmospheres and fennel essential oil

تیمار	روز ۵	روز ۱۰	روز ۱۵	روز ۲۰
P1G1	۲/۴۶۵±۰/۰۵۵^{f}	۲/۸۰۱±۰/۰۴۵^{f}	۵/۲۵۸±۰/۰۴۵^{e}	۶/۲۴۸±۰/۰۸۸^{ef}
P2G1	۰/۹۹۵±۰/۰۳۵^{i}	۱/۲۳۶±۰/۰۷۲^{i}	۳/۳۲۶±۰/۰۰۰^{i}	۴/۱۶۹±۰/۰۰۰^{i}
P3G1	۳/۳۷۹±۰/۰۲۶^{d}	۳/۶۱۶±۰/۰۲۰^{d}	۶/۶۴۱±۰/۰۳۵^{d}	۷/۸۳۳±۰/۱۰۱^{de}
P1G2	۳/۳۵۱±۰/۰۰۰^{de}	۳/۵۵۹±/۰۵۸^{de}	۶/۶۰۵±۰/۰۳۵^{de}	۷/۶۲۸±۰/۰۵۵^{d}
P2G2	۱/۸۴۲±۰/۰۹۶^{g}	۲/۳۳۶±۰/۰۷۷^{h}	۵/۴۳۶±۰/۰۰۰^{g}	۶/۶۱۹±۰/۰۵۵^{h}
P3G2	۳/۳۸۹±۰/۰۲۳^{d}	۳/۶۴۸±۰/۰۳۵^{d}	۶/۶۲۰±۰/۰۱۶^{d}	۶/۱۵۳±۰/۰۳۱^{c}
P1G3	۲/۶۷۰±۰/۰۶۱^{ef}	۳/۳۰۷±۰/۰۴۰^{f}	۵/۳۳۱±۰/۰۳۲^{e}	۶/۳۲۸±۰/۰۷۸^{de}
P2G3	۱/۲۳۹±۰/۰۴۵^{hi}	۱/۹۷۶±۰/۰۲۶^{ih}	۳/۷۳۶±۰/۰۵۲^{h}	۵/۳۹۵±۰/۰۷۲^{i}
P3G3	۳/۳۷۲±۰/۰۳۶^{d}	۳/۶۴۹±۰/۰۱۷^{de}	۶/۵۵۹±۰/۰۳۵^{d}	۷/۴۸۸±۰/۰۹۲^{d}
P1G4	۳/۴۸۶±۰/۰۰۰^{c}	۴/۴۲۶±۰/۰۰۰^{c}	۷/۳۸۳±۰/۰۳۱^{c}	۹/۴۵۸±۰/۰۲۶^{b}
P2G4	۲/۴۷۶±۰/۰۷۷^{g}	۳/۹۹۴±۰/۰۰۰^{d}	۶/۵۸۹±۰/۰۰۰^{d}	۸/۰۰۶±۰/۰۲۶^{g}
P3G4	۳/۹۸۸±۰/۰۰۰^{b}	۵/۷۰۶±۰/۰۰۰^{a}	۷/۵۶۲±۰/۰۲۱^{c}	۱۱/۱۰۵±۰/۰۳۱^{a}
P1G5	۳/۷۰۴±۰/۰۳۵^{c}	۵/۰۸۱±۰/۱۰۱^{b}	۸/۴۲۹±۰/۰۴۰^{b}	۹/۵۶۹±۰/۱۰۱^{b}
P2G5	۳/۱۶۱±۰/۱۰۱^{e}	۴/۳۴۹±۰/۰۰۰^{d}	۷/۶۲۷±۰/۰۵۵^{c}	۸/۵۱۹±۰/۰۲^{c}
P3G5	۴/۲۵۴±۰/۰۰۰^{a}	۵/۷۵۱±۰/۰۳۵^{a}	۹/۹۶۴±۰/۰۵۵^{a}	۱۱/۱۷۱±۰/۰۲۶^{a}

مقادیر دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارند ($p>$۰/۰۵).

Different letters showed a significant difference in each of the four columns ($p\leq0.05$)

میزان کل بازهای نیتروژنی فرار: نتایج مقدار TVN نمونه‌های ماهی قزل‌آلا بسته‌بندی شده همراه اسانس رازیانه تحت شرایط مختلف اتمسفر اصلاح شده و پوشش‌های مختلف ۴ لایه انعطاف پذیر در جدول ۵ ارائه شده است. با توجه به نتایج، طی مدت زمان نگهداری، مقدار TVN در تمامی تیمارها روند افزایشی معنی‌دار داشت

($p\leq$۰/۰۵). با توجه به جدول مقایسه میانگین مقدار TVN و بررسی داده‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن مشخص گردیدکه در روز بیستم نگهداری بیشترین مقدار بازهای فرار نیتروژنی ۳۱/۶۷۳ متعلق به تیمار P3G5 بسته بندی شاهد و پوشش ۴ لایه ۱۲۹ میکرون بود. کمترین مقدار بازهای فرار نیتروژنی ۱۱/۹۰۰ را تیمار P2G1 بسته بندی تحت ۷۵ درصدگاز CO_2 و ۲۵ درصدگاز N_2 و پوشش ۴ لایه ۱۲۳ میکرون در روز پنجم نگهداری به‌خود اختصاص داده بود. با توجه به جدول تجزیه واریانس مقدار TVN (جدول ۷) نتایج آزمایش‌ها نشان دادند که نوع لفاف‌های انعطاف‌پذیر، شرایط بسته‌بندی و زمان نگهداری و نیز کلیه اثرات متقابل دو جانبه نیز تفاوت کاملاً معنی‌داری بر مقادیر بازهای فرار نیتروژنی ماهی قزل آلا بسته‌بندی شده داشتند ($p<$۰/۰۱). اثر متقابل سه جانبه (نوع لفاف‌های انعطاف‌پذیر× شرایط بسته‌بندی × زمان نگهداری) تفاوت معنی‌داری بر مقادیر بازهای فرار نیتروژنی ماهی قزل آلا بسته‌بندی شده نداشت ($p>$۰/۰۵).

جدول ۵: مقایسه میانگین میزان کل بازهای نیتروژنی فرار ماهی قزل آلا بسته بندی شده همراه اسانس رازیانه تحت اتمسفر اصلاح شده و پوشش‌های انعطاف پذیر ۴ لایه

Table 5: Results of TVB-N of fresh rainbow trout packed in different flexible multilayer films under modified atmospheres and fennel essential oil

تیمار	روز ۵	روز ۱۰	روز ۱۵	روز ۲۰
P1G1	۱۳/۵۳۲±۰/۰۵۵^{f}	۱۵/۸۷۱±۰/۰۴۵^{f}	۲۱/۴۸۰±۰/۰۴۵^{e}	۲۵/۷۹۶±۰/۰۸۸^{ef}
P2G1	۱۱/۹۰۰±۰/۰۳۵^{i}	۱۴/۰۵۶±۰/۰۷۲^{i}	۱۹/۲۸۰±۰/۰۰۰^{i}	۲۳/۷۴۳±۰/۰۰۰^{i}
P3G1	۱۴/۵۳۸±۰/۰۲۶^{d}	۱۶/۸۱۸±۰/۰۲۰^{d}	۲۲/۸۳۷±۰/۰۳۵^{d}	۲۷/۶۳۷±۰/۱۰۱^{de}
P1G2	۱۲/۹۸۶±۰/۰۰۰^{de}	۱۶/۳۶۹±/۰۵۸^{de}	۲۲/۷۸۷±۰/۰۳۵^{de}	۲۷/۴۸۸±۰/۰۵۵^{d}
P2G2	۱۲/۹۸۶±۰/۰۹۶^{g}	۱۴/۱۵۳±۰/۰۷۷^{h}	۲۱/۵۵۸±۰/۰۰۰^{g}	۲۶/۲۶۵±۰/۰۵۵^{h}
P3G2	۱۴/۴۷۲±۰/۰۲۳^{d}	۱۶/۵۴۲±۰/۰۳۵^{d}	۱۹/۳۲۴±۰/۰۱۶^{d}	۲۸/۴۹۵±۰/۰۳۱^{c}
P1G3	۱۳/۷۶۳±۰/۰۶۱^{ef}	۱۶/۱۸۷±۰/۰۴۰^{f}	۲۱/۴۵۹±۰/۰۳۲^{e}	۲۶/۰۵۸±۰/۰۷۸^{de}
P2G3	۱۲/۱۰۸±۰/۰۴۵^{hi}	۱۴/۸۱۷±۰/۰۲۶^{ih}	۲۱/۱۶۷±۰/۰۵۲^{h}	۲۴/۹۸۱±۰/۰۷۲^{i}
P3G3	۱۴/۴۳۰±۰/۰۳۶^{d}	۱۶/۵۶۶±۰/۰۱۷^{de}	۲۲/۷۳۵±۰/۰۳۵^{d}	۲۷/۲۳۶±۰/۰۹۲^{d}
P1G4	۱۴/۵۴۵±۰/۰۰۰^{c}	۱۷/۳۵۱±۰/۰۰۰^{c}	۲۳/۶۴۳±۰/۰۳۱^{c}	۲۹/۵۸۳±۰/۰۲۶^{b}
P2G4	۱۳/۵۷۴±۰/۰۷۷^{g}	۱۷/۱۰۹±۰/۰۰۰^{d}	۲۲/۷۳۳±۰/۰۰۰^{d}	۲۷/۹۳۲±۰/۰۲۶^{g}
P3G4	۱۵/۱۴۱±۰/۰۰۰^{b}	۱۹/۵۱۰±۰/۰۰۰^{a}	۲۳/۸۴۶±۰/۰۲۱^{c}	۳۱/۲۴۳±۰/۰۳۱^{a}
P1G5	۱۴/۷۶۷±۰/۰۳۵^{c}	۱۸/۰۲۵±۰/۱۰۱^{b}	۲۴/۸۸۴±۰/۰۴۰^{b}	۲۹/۵۹۳±۰/۱۰۱^{b}
P2G5	۱۴/۲۳۸±۰/۱۰۱^{e}	۱۷/۲۴۷±۰/۰۰۰^{d}	۲۳/۹۵۴±۰/۰۵۵^{c}	۲۸/۴۴۷±۰/۰۵۲^{c}
P3G5	۱۵/۲۲۴±۰/۰۰۰^{a}	۱۸/۹۱۸±۰/۰۳۵^{a}	۲۶/۲۸۸±۰/۰۵۵^{a}	۳۱/۶۷۳±۰/۰۲۶^{a}

مقادیر دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارند ($p>$۰/۰۵).

Different letters showed a significant difference in each of the four columns ($p\leq0.05$)

میزان تغییرات pH: نتایج میزان pH نمونه‌های ماهی قزل آلا بسته‌بندی شده همراه اسانس رازیانه تحت شرایط مختلف اتمسفر اصلاح شده و پوشش‌های مختلف ۴ لایه انعطاف پذیردر جدول ۶ ارائه شده است .با توجه به نتایج طی مدت زمان نگهداری، روند تغییرات pH طی مدت زمان نگهداری برای تیمارهای P1G5 ، P2G5 و P3G5 یکسان بوده است ($p\geq$۰/۰۵). همان‌گونه که مشاهده می‌گردد، pH ماهی‌های بسته‌بندی شده در تیمارهای مذکور پس از ۲۰ روز نگهداری افزایش معنی‌داری داشته است ($p\leq$۰/۰۵). در سایر تیمارهای حاوی اتمسفر اصلاح شده و خلأ pH ماهی‌های بسته‌بندی شده در روز دهم افزایش یافته است و از روز ۲۰-۱۵ نگهداری، کاهش جزئی و معنی‌دار مشاهده شد ($p\leq$۰/۰۵). بیشترین میزانpH (۶/۷۶۳) متعلق به میانگین تیمارهای P3G5 بسته‌بندی بدون تزریق گاز و

پوشش ۴ لایه ۱۲۹ میکرون بود. کمترین میزان pH (۵/۷۴) متعلق به میانگین تیمارهای P2G1 شرایط ۷۵ درصدگاز CO_2 و ۲۵ درصدگاز N_2 با پوشش ۴ لایه ۱۲۳ میکرون به‌خود اختصاص داده بودند. با توجه به جدول تجزیه واریانس pH (جدول ۷) نتایج آزمایش‌ها نشان دادند که نوع لفاف‌های انعطاف‌پذیر، شرایط بسته‌بندی و زمان نگهداری تفاوت کاملاً معنی‌داری بر pH ماهی‌های بسته‌بندی شده نشان دادند ($p<0/01$). اثر متقابل دو جانبه (نوع لفاف‌های انعطاف پذیر × زمان نگهداری) تفاوت معنی‌داری بر pH ماهی‌های بسته‌بندی نداشت ($p>0/05$). اما سایر اثرات متقابل دو جانبه تفاوت معنی‌داری بر pH ماهی بسته‌بندی شده نشان دادند ($p<0/01$). اثر متقابل سه جانبه (نوع لفاف‌های انعطاف‌پذیر× شرایط بسته‌بندی× زمان نگهداری) تفاوت معنی‌داری بر pH ماهی بسته‌بندی شده نداشت ($p>0/05$).

جدول ۶: مقایسه میانگین میزان pH ماهی قزل آلا بسته بندی شده همراه اسانس رازیانه تحت اتمسفر اصلاح شده و پوشش‌های انعطاف‌پذیر ۴ لایه

Table 6: Results of pH of fresh rainbow trout packed in different flexible multilayer films under modified atmospheres and fennel essential oil

تیمار	روز ۵	روز ۱۰	روز ۱۵	روز ۲۰
P1G1	۵/۶۸±۰/۰۱^{fgh}	۵/۵۹۳±۰/۰۲^{f}	۵/۸۶±۰/۰۰^{h}	۵/۶۶± ۰/۰۱^{g}
P2G1	۵/۶۶±۰/۰۱^{gh}	۵/۸۹±۰/۰۱^{g}	۵/۸۳±۰/۰۱^{i}	۵/۶۱± ۰/۰۱^{h}
P3G1	۵/۷۰±۰/۰۱^{f}	۵/۹۵±۰/۰۱^{f}	۵/۸۷±۰/۰۰^{h}	۵/۶۷± ۰/۰۱^{g}
P1G2	۵/۷۷±۰/۰۱^{cd}	۶/۱۵±۰/۰۰^{b}	۵/۹۶±۰/۰۱^{e}	۵/۹۲± ۰/۰۱^{def}
P2G2	۵/۷۵±۰/۰۱^{de}	۶/۱۲±۰/۰۱^{c}	۵/۹۳±۰/۰۰^{fg}	۵/۹۱± ۰/۰۱^{ef}
P3G2	۵/۸۰±۰/۰۲^{c}	۶/۱۷±۰/۰۱^{b}	۵/۹۷±۰/۰۱^{de}	۵/۹۳± ۰/۰۱^{de}
P1G3	۵/۶۹±۰/۰۲^{fg}	۶/۰۹±۰/۰۱^{de}	۵/۹۵±۰/۰۱^{ef}	۵/۹۱± ۰/۰۱^{def}
P2G3	۵/۶۸±۰/۰۲^{fgh}	۶/۰۹±۰/۰۱^{e}	۵/۹۱±۰/۰۱^{g}	۵/۹۰± ۰/۰۱^{f}
P3G3	۵/۷۳±۰/۰۱^{e}	۶/۰۹±۰/۰۲^{b}	۵/۹۷±۰/۰۰^{de}	۵/۹۳± ۰/۰۱^{def}
P1G4	۵/۶۹±۰/۰٤^{fg}	۵/۹۴±۰/۰۱^{f}	۵/۹۵±۰/۰۱^{ef}	۵/۹۳± ۰/۰۱^{def}
P2G4	۵/۶۵±۰/۰۱^{h}	۵/۹۰±۰/۰۱^{g}	۵/۹۳±۰/۰۱^{fg}	۵/۹۰± ۰/۰۱^{f}
P3G4	۵/۷۴±۰/۰۱^{de}	۵/۹۵±۰/۰۱^{f}	۵/۹۸±۰/۰۱^{d}	۵/۹٤± ۰/۰۰^{d}
P1G5	۵/۹٤±۰/۰۱^{b}	۶/۱۵±۰/۰۲^{b}	۶/٤۳±۰/۰۱^{b}	۶/۶۶± ۰/۰۱^{b}
P2G5	۵/۹۱±۰/۰۱^{b}	۶/۱۲±۰/۰۱^{cd}	۶/۳۹±۰/۰۲^{c}	۶/۶۱± ۰/۰۰^{c}
P3G5	۵/۹۷±۰/۰۱^{a}	۶/۱۹±۰/۰۱^{a}	۶/٤۷±۰/۰۱^{a}	۶/۷۲± ۰/۰٤^{a}

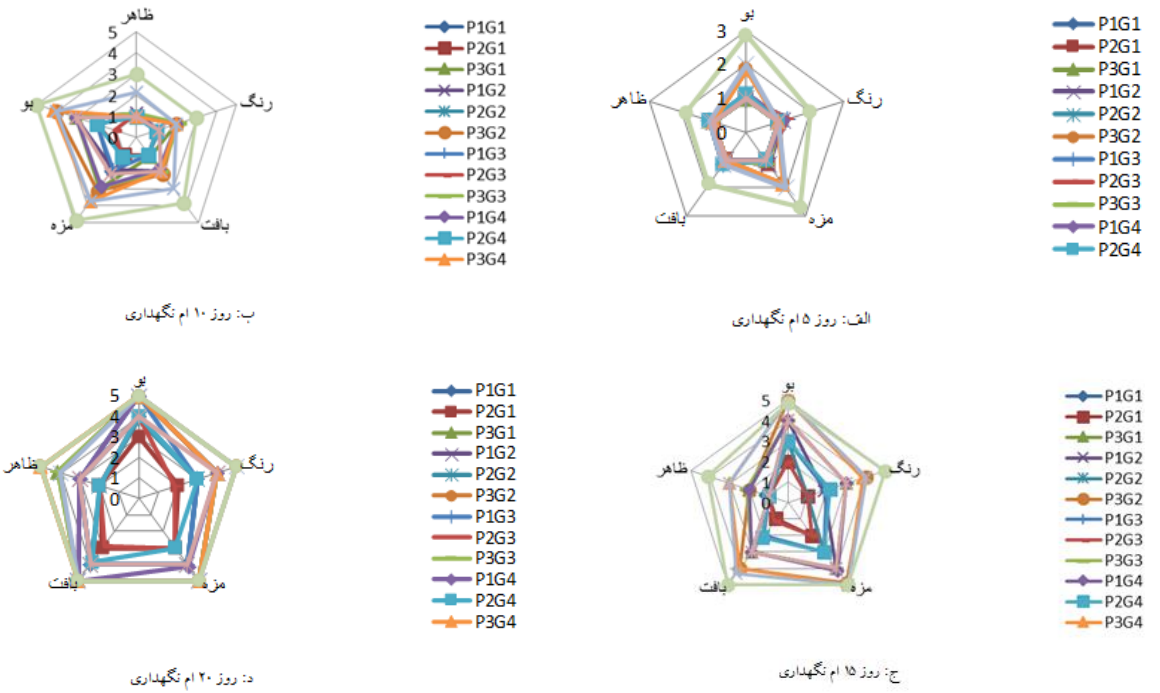
مقادیر دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری ندارند ($p>0/05$).

Different letters showed a significant difference in each of the four columns ($p\leq0.05$)

نتایج آزمون‌های فیزیکی-ارزیابی حسی

نتایج مقایسه تیمارهای مختلف نشان داد که با توجه به نوع لفاف‌های انعطاف‌پذیر، شرایط بسته‌بندی و زمان نگهداری در ماهی قزل‌آلا بسته‌بندی شده اثرات قابل قبولی بر خصوصیات حسی ظاهر، بافت، مزه، بو و رنگ داشت. با توجه به شکل ۱ همان‌طوری‌که ملاحظه گردید، نتایج اثر متقابل دو جانبه (نوع لفاف‌های انعطاف‌پذیر × زمان نگهداری) بر صفات حسی در روزهای ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ نشان داد که تیمار نمونه بسته‌بندی شده در پوشش ۴ لایه ۱۲۹ میکرون حاوی یک لایه پلی پروپیلن بدترین و کمترین و تیمار نمونه

بسته‌بندی شده با ۴ لایه ۱۲۳ میکرون حاوی یک لایه پلی‌آمید بهترین و بیشترین اثر را بر حفظ خواص حسی گذاشتند. از سویی، نتایج اثر متقابل دو جانبه (ترکیب گازی × زمان نگهداری) بر صفات حسی در روزهای ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ حالت شاهد (بسته‌بندی بدون تزریق گاز) بیشترین و بدترین امتیاز ارزیابی حسی و ترکیب گاز G1 کمترین امتیاز ارزیابی حسی و بهترین اثر را روی صفات حسی به خود اختصاص داد. نتایج اثر متقابل دو جانبه (ترکیب گازی × نوع لفاف‌های انعطاف پذیر)، بر صفات حسی نشان داد که نمونه بسته بندی شده در پوشش ۴ لایه ۱۲۹ میکرون و بدون تزریق گاز کمترین و بدترین اثر و نمونه بسته بندی شده در ۴ لایه ۱۲۳ میکرون به همراه ترکیب گاز G1 بیشترین و بهترین اثر را بر خواص حسی گذاشتند.



شکل ۱: ارزیابی خواص حسی ماهی قزل آلا نگهداری شده تحت اتمسفر اصلاح شده و اسانس رازیانه در انواع لفاف‌های انعطاف پذیر طی روزهای مختلف (الف: روز ۵ ام نگهداری ب: روز ۱۰ ام نگهداری ج: روز ۱۵ ام نگهداری د: روز ۲۰ ام نگهداری)

Fig 1- Results of sensory properties of fresh rainbow trout stored in different flexible multilayer films under modified atmospheres and fennel essential oil

مدت ماندگاری ماهی قزل آلا تازه درلفاف ۴ لایه ۱۲۳ میکرون تحت شرایط ترکیبات گازی G1، G3 وG2 ، ۲۰، ۱۹ و ۱۷ روز و تحت شرایط خلأ ۱۴روز و در نمونه شاهد ۹ روز بود. در لفاف ۴ لایه ۱۳۱ میکرون تحت شرایط ترکیبات گازی G1 ۱۸ روز و با ترکیب G3 و G2 ۱۶ روز و ۱۴ روز و تحت شرایط خلأ ۱۱ روز و در نمونه شاهد ۷ روز و همراه با لفاف ۴ لایه ۱۲۹ میکرون تحت شرایط ترکیب گازی G1 ۱۴ روز و تحت شرایط گازی G3 و G2 ۱۲ روز و ۱۱ روز و تحت شرایط خلأ ۱۰ روز و در نمونه شاهد ۷ روز گزارش شد (جدول ۷).

جدول ۷: تجزیه واریانس تأثیر لفاف‌های انعطاف‌پذیر، شرایط بسته‌بندی و زمان نگهداری بر تعداد باکتری‌های هوازی، تعداد باکتری‌های بی‌هوازی، PV، TVN و pH روی ماهی قزل آلا

Table 7: Analytical variances of effect of type of flexible multilayer films, packing conditions and storage times on total count of aerobic bacteria, total count of anaerobic bacteria, pH , PV and TVN of fresh rainbow trout

نوع منبع تغییرات	باکتری هوازی		باکتری بی هوازی		PV		TVN		pH	
(SOV)	(F)	(P)	(F)	(P)	(F)	(P)	(F)	(P)	(F)	(P)
اثر لفاف (P)	۹۶۹۹/۶۸۱**	۰/۰۰۰	۲۰۲۵/۱۵۲**	۰/۰۰۰	۲۶/۱۸۳۳**	۰/۰۰۰	۴۶۳/۳۵۱**	۰/۰۰۰	۱۸۹/۴۰۸**	۰/۰۰۰
اثر شرایط بسته‌بندی (G)	۴۲۷۳/۶۳۴**	۰/۰۰۰	۵۲۹/۶۳۲**	۰/۰۰۰	۹۷۱/۵۴۳**	۰/۰۰۰	۳۱۷/۶۵**	۰/۰۰۰	۵۵۱۶/۹۶۲**	۰/۰۰۰
اثر زمان نگهداری (Z)	۱۲۰۸۳/۳۷۴**	۰/۰۰۰	۷۹۲/۵۹۲**	۰/۰۰۰	۸۱۸/۴۱۳**	۰/۰۰۰	۳۱۳۲/۰۱۶**	۰/۰۰۰	۳۳۴۴/۰۶۰**	۰/۰۰۰
اثر متقابل (G×P)	۷۷/۲۵۳**	۰/۰۰۰	۴۵/۳۶۱**	۰/۰۰۰	۲۱/۳۰۱**	۰/۰۰۰	۳/۶۲۹**	۰/۰۰۲	۳/۶۹۹**	۰/۰۰۱
اثر متقابل (Z×P)	۱۸۴/۰۴۶**	۰/۰۰۰	۱۹/۲۲۲**	۰/۰۰۰	۱۶/۲۹۹**	۰/۰۰۰	۳۲/۱۱۴**	۰/۰۰۰	۰/۹۲۵ns	۰/۴۸۰
اثر متقابل (Z×G)	۶۲/۵۲۴**	۰/۰۰۰	۳۳/۹۲۵**	۰/۰۰۰	۲۲/۳۸۲**	۰/۰۰۰	۱۴/۰۰۸**	۰/۰۰۰	۷۹۴/۴۷۷**	۰/۰۰۰
اثرمتقابل (Z×G×P)	۸۶/۲۳۰**	۰/۰۰۰	۱۰/۰۴۸**	۰/۰۰۰	۰/۴۸۴ns	۰/۹۷۴	۰/۲۳۹ns	۰/۹۸۱	۱/۴۶۷ns	۰/۰۹۲

**: تفاوت کاملاً معنی دار (p<۰/۰۱) ، *: تفاوت معنی‌دار (۰/۰۱>p>۰/۰۵) ، ns: عدم معنی‌داری (p>۰/۰۵)

** significant difference (p≤0.01). * significant difference (0.05≤p≤0.01). ns: no significant difference (p≤0.01)

بحث

با توجه به نتایج می‌توان اظهار داشت تأثیر سه گانه ترکیب گازی همراه اسانس رازیانه، زمان و پوشش‌های مختلف ۴ لایه بر شمارش کلی باکتری‌های هوازی و بی‌هوازی نمونه‌های گوشت ماهی در کل تیمارهای روزهای ۱۵-۵ مورد آزمایش روند افزایشی، ولی کند داشته ولی در روز ۲۰ ام افزایش معنی‌دار با شدت بالاتری حاصل گردید به‌گونه‌ای که بیشترین شمارش میکروبی در این روز در نمونه بسته‌بندی شده ۴ لایه میکرون ۱۲۹ و بدون گاز بود. علت افزایش میکروب‌ها، امکان رشد و تکثیر باکتری با گذشت زمان و عدم استفاده از ترکیب گازی و پوشش مناسب (به رغم ضخامت بالا) به عنوان عامل بازدارنده است و کمترین شمارش در این روز در نمونه بسته‌بندی شده در ۴ لایه ۱۲۳ میکرون به همراه ترکیبات گاز G1 و نیز G3 و سپس نمونه بسته‌بندی شده در ۴ لایه ۱۳۱ میکرون به همراه ترکیب گاز G1 است که علت کاهش شمارش میکروبی نوع اتمسفر مطلوب‌تر (میزان دی اکسید کربن بالاتر) جهت میکروب‌کشی و عملکرد اسانس رازیانه همراه ترکیب گازی در افزایش عوامل ضد میکروبی است. فاکتورهای مذکور از تکثیر باکتری در فاز لگاریتمی جلوگیری کرده‌اند و فاز لگاریتمی را به‌شدت در کلیه نمونه‌های حاوی ترکیب گازی و اسانس نسبت به شاهد به تأخیر انداخته و رشد باکتری‌ها را در محدوده استاندارد قرار داده است. لفاف بسته‌بندی ۱۲۳ میکرون حاوی پلی آمید به رغم ضخامت کم‌تر قابلیت نفوذ پذیری بسیار کم به بخار آب و سایر گازها و خاصیت غیر قابل نفوذپذیری به اکسیژن توانسته به طور چشم‌گیری از رشد میکروبی جلوگیری کند. تأثیر سه‌گانه ترکیب گازی، زمان نگهداری و پوشش‌های مختلف بر میزان‌های PV و TVN در کل تیمارهای مورد آزمایش روند افزایشی ولی کند در روزهای پنجم و دهم داشت و در روزهای پانزدهم و بیستم افزایش با میزان بالاتری حاصل گردید به‌گونه‌ای که بیشترین مقادیر پراکسید و بازهای فرار نیتروژنی در روز بیستم در نمونه بسته‌بندی شده معمولی بود که علت آن عدم استفاده از ترکیب گازی و اسانس به عنوان عوامل بازدارنده است و کمترین مقادیر پراکسید و بازهای فرار نیتروژنی در روز بیستم در نمونه بسته‌بندی شده با اسانس رازیانه به همراه ترکیب گاز G1 و سپس نمونه بسته‌بندی شده با اسانس رازیانه به همراه ترکیب گاز G3 است که علت کنترل پر اکسید و بازهای فرار، نوع اتمسفر مطلوب با درصدهای بالاتر دی اکسید همراه اسانس رازیانه با اثر عملکرد قوی در کنترل خواص فیزیکوشیمیایی محصولات پروتیینی بود. تلفیق ترکیب گازی و اسانس رازیانه و استفاده

از بسته‌بندی حاوی پلی‌آمید، با قابلیت نفوذ ناپذیری میزان‌های PV و TVN را در محدوه استاندارد قرار داده و از فساد اکسیداتیو جلوگیری کرده است.

Vanderzantو همکاران (۲۰۰۰) در تحقیقی که بر مدت نگهداری استیک گوشت گاو با اتمسفر اصلاح شده در بسته‌های نفوذ پذیر به اکسیژن انجام دادند، گزارش کردند، گونه‌های سودوموناس و گونه‌های لاکتوباسیلوس، به‌ترتیب میکروفلورهای غالب در استیک‌های تحت اتمسفر اصلاح شده و خلأ بودند و عدم کنترل مناسب به‌وسیله پوشش‌های به‌کار رفته اثر اتمسفر تغییر یافته را کاهش داده است. Gill و همکاران (۲۰۰۲) طی تحقیقی اعلام کردند که در بسته‌بندی گوشت‌های فرآیند شده و تازه تحت اتمسفر اصلاح شده با دی اکسید کربن بالا و خلأ، با ایجاد امکان افزایش دوره نگهداری در دمای پایین، انقلابی در عرضه بسته‌بندی این فرآورده‌ها به‌وجود آورده است که با نتایج این تحقیق از نظر انتخاب نوع اتمسفر و کنترل خواص میکروبی و شیمیایی در افزایش عمر ماندگاری ماهی قزل‌آلا مطابقت داشت. Genigeorgis (۲۰۰۳) اثر اتمسفر اصلاح شده بر رشد میکروبی گوشت‌های تازه بسته‌بندی شده، نشان داد که به رغم پیش‌بینی و امکان رشد کلستریدیوم بوتولینوم، با تنظیم دقیق درجه حرارت در این فرآیند که جهت افزایش زمان نگهداری گوشت تازه انجام گردیده، شرایط جدید و غیر منتظره‌ای در مورد رشد کلستریدیوم در شرایط بی‌هوازی بر گوشت‌های تازه به‌وجود آمده است که با نتایج این تحقیق از نظرکنترل رشد بی هوازی‌ها مشابهت داشت. McMillin (۲۰۰۸) بیان داشت که عمر نگهداری قطعات گوشت گاو بسته‌بندی شده تحت خلأ و اتمسفر تغییر یافته با حداقل ۲۰ درصد دی اکسید کربن به بیش از یک هفته افزایش یافته است. این تأثیر در مورد باکتری‌های عامل فاسد هوازی و بی‌هوازی به دلیل طولانی شدن فاز تأخیر در مراحل رشد و تکثیر آنها صورت می‌گیرد. عمر ماندگاری انواع گوشت در این نوع بسته‌بندی در مقایسه با نمونه نگهداری شده در اتمسفر معمولی در همان شرایط دمایی، حدود ۲-۱/۵ برابر افزایش می‌یابد. Taylor (۲۰۰۸) نتیجه گرفت در انواع گوشت‌های قرمز و سفید و نیز فرآورده دریایی بسته‌بندی شده، با خلأ و اتمسفر اصلاح شده حاوی حداقل ۳۰ درصد دی اکسید کربن عمر ماندگاری ۳۰ درصد افزایش یافته است. در گوشت‌های بسته‌بندی شده با خلأ مقادیر جزئی از هوا باقی می‌ماند که این اکسیژن به‌راحتی به‌وسیله میکروارگانیسم‌های در حال رشد بر گوشت‌ها استفاده می‌شود. لذا، بسته‌بندی خلأ را برای فرآورده‌های دریایی با pH کمتر از ۶ محدود می‌گرداند. در این فرآورده‌ها، باکتری‌های مولد سولفید هیدروژن رشد می‌کنند و بوهای نامطلوب و سولفومیوگلوبین ایجاد شده که باعث سبز رنگ شدن گوشت می‌گردد. Irkin و Esmer (۲۰۱۰) رشد لیستریا مونو سیتوژنز را در گوشت سفید در بسته‌بندی‌های نفوذ پذیر، تحت خلاء و اتمسفر تغییر یافته حاوی ۸۰ درصدگاز CO_2 و ۲۰ درصدگاز N_2 بدون و به همراه ۰/۵ درصد اسانس برگ بو در ۴ درجه سانتی‌گراد بررسی نمودند. بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته به همراه و بدون اسانس روغنی بیشترین کاهش معنی‌دار را در آلودگی میکروبی داشت. ترکیب بسته‌بندی در خلاء و اسانس روغنی برگ بو تأثیر معنی‌داری علیه رشد *E. coli* در گوشت داشته است. هدایتی‌فر و اروجعلیان (۱۳۸۹) اثربسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده و خلأ را بر زمان ماندگاری فیله ماهی اوزون‌برون (*Acipenser stellatus*) در ۴ درجه سانتی‌گراد ارزیابی کردند. مخلوط‌های مختلفی از گازهای CO_2، O_2 و N_2 در غالب ۸ تیمار تحت بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده و خلأ استفاده شدند. ماهی‌ها داخل بسته‌هایی با آنالیز (LDPE/EVOH/LDPE) حاوی ۶۰ درصد CO_2 و ۴۰ درصد N_2 تا روز پانزدهم نگهداری سالم ماندند. نتایج نشان داد با افزایش میزان دی اکسیدکربن در بسته‌ها، جمعیت باکتریایی برای نمونه‌های بسته‌بندی شده تحت اتمسفر اصلاح شده کاهش یافته و عمر ماندگاری فیله افزایش یافته است. Bingol و Ergun (۲۰۱۱) اثر غلظت‌های مختلف دو گاز دی اکسید کربن و اکسیژن در بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح شده بر گوشت شترمرغ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که کیفیت این گوشت تحت ترکیب گازی حاوی اکسیژن نیز بهبود و مدت ماندگاری تا ۷ روز افزایش یافته و نیز تغییرات جزئی pH در گوشت تازه شتر مرغ تحت اتمسفر مشاهده شده است که با نتایج این تحقیق از نظر انتخاب اتمسفر حاوی اکسیژن در افزایش عمر

ماندگاری مشابهت داشت. ذوالفقاری و همکاران (۱۳۹۰) اثر نمک سود کردن و بسته‌بندی تحت خلأ را بر ماندگاری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بررسی و گزارش کردند که کل شاخص‌های شیمیایی و میکروبی و حسی طی دوره نگهداری افزایش معنی‌دار داشتند و رشد میکروبی در تیمار وکیوم نمک سود شده کمتر از سایر تیمارها بود. Hur و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی اثر بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته و خلاء بر ویژگی‌های کیفی گوشت گاو در مدت زمان ۲۱ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد پرداختند. نمونه‌های گوشت در سه گروه بسته‌بندی در معمولی، بسته بندی در خلاء و بسته‌بندی در اتمسفر تغییر یافته حاوی ۷۰ درصدگاز CO_2 و ۳۰ درصد گاز N_2 نگهداری شدند. ظرفیت نگهداری آب(WHC) در تیمار شاهد به طور معنی‌داری از سایر تیمارها کمتر بود و شمارش کلی باکتری‌ها به طور معنی‌داری در تیمارهای شاهد و خلأ نسبت به تیمار حاوی ۷۰ درصد CO_2 طی ۲۱ روز بیشتر بودند که با نتایج این تحقیق از نظر رشد باکتری‌ها و تعیین نوع پوشش مطلوب مشابهت داشت.

Gammariello و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از مواد ضدمیکروبی و اتمسفر تغییر یافته، افزایش زمان ماندگاری سوسیس تازه را بدون نگهدارنده بررسی کرد. نمونه‌ها با اتمسفر تغییر یافته حاوی ۷۰ درصد CO_2 و ۳۰ درصد N_2 بسته‌بندی شدند و در یخچال نگهداری گردیدند. نتایج نشان داد که افزایش عمر ماندگاری حدود ۱۸ روز بود که با تلفیق اتمسفر اصلاح شده با غلظت مناسب اسانس روغنی (۱/۲۵٪ رازیانه و ۲/۵٪ فلفل سیاه، ۲/۵٪ برگ بو و ۱/۲۵٪ جوز هندی) ایجاد شده است و با نتایج این تحقیق از نظر انتخاب نوع اسانس در افزایش عمر ماندگاری مطابقت داشت. Zand و همکاران (۲۰۱۶a) در پژوهشی اثرات متقابل بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده و لفاف‌های انعطاف‌پذیر چند لایه را بر مدل رشد لگاریتمی کلستریدیوم ماهی سفید دودی بررسی کردند. آزمون‌های میکروبی، در زمان‌های مختلف در طول ۶۰ روز نشان داد که غلظت CO_2 باعث افزایش عمر مفید ماهی سفید دودی شده است. همچنین آنها بیان نمودند بهترین شرایط از لحاظ مدت ماندگاری متعلق به ترکیب گازی ۷۰ درصد CO_2 و پوشش ۴ لایه (۱۳۱ میکرون) است.

با توجه به نتایج ارائه شده، بیشترین مقدار pH و اعداد ارزیابی‌های حسی در کل بسته بندی‌ها مربوط به نمونه‌های بدون گاز و در بسته‌بندی ۱۲۹ میکرون حاوی یک لایه پلی‌پروپیلن و کمترین مقدار pH و اعداد ارزیابی‌های حسی به‌ترتیب در G1 در بسته ۱۲۳ میکرون و سپس در بسته ۱۳۱ میکرون در طول مدت نگهداری بود. در واقع، نوع اتمسفر ترکیب گازی G1 و G 3 و پوشش P2 بهترین اثر را طی بیست روز بر تغییرات pH و خواص حسی داشته است. علت آن افزایش غلظت CO_2 در کنار استفاده از اسانس رازیانه است که موجب افزایش تولید اسیدکربنیک حاصل از ترکیب دی اکسید کربن با آب موجود در نمونه گردیده و نیز باعث کاهش pH ماهی قزل‌آلا در ترکیبات گاز G1 و G3 می‌گردد به‌طوری‌که ملاحظه شد میزان pH در این دو ترکیب گازی کمتر از سایر تیمارهای بسته‌بندی طی زمان نگهداری بود و لفاف چهار لایه حاوی پلی آمید به رغم ضخامت کمتر و با خاصیت نفوذ پذیری پایین سبب تشدید اثر گاز و اسانس بر این خواص شده است.

Newton و همکاران (۲۰۰۰) در تحقیقی که بر گوشت بره انجام دادند، مدت نگهداری گوشت بره در بسته‌بندی تحت خلأ کوتاه‌تر و در حدود ۸-۶ روز گزارش شد، زمان ماندگاری نمونه‌های گوشت بره که در اتمسفر اصلاح شده با ۲۰ درصد CO_2 نگهداری می‌شدند، ۵۰ درصد بیشتر از قطعاتی بود که در هوای معمولی نگهداری گردیدند. در چنین شرایطی که این محصول در معرض اکسیژن زیاد و ۲۰ درصد CO_2 قرار گرفت، پس از سه هفته رنگ آن قرمز روشن با لکه‌های قهوه‌ای شده و بوی آن تند گردید که با نتایج این تحقیق در انتخاب اتمسفر مناسب و کنترل خواص حسی مشابهت داشت. ذوالفقاری و همکاران (۱۳۹۰) بیان کردند نتایج ارزیابی‌های حسی بر فیله قزل آلا نمک سود شده در شرایط اتمسفر اصلاح شده (خلأ) حاکی از بهبود وضعیت این شاخص‌ها طی دوره نگهداری نسبت به گروه شاهد بود و نیز ارزیابی‌های حسی، تیمار نمک سود رقیق در حدود ۳ روز و تیمار وکیوم نمک سود حدود ۷ روز زمان ماندگاری فیله

قزل آلا در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد را افزایش داده است. Mol و همکاران (۲۰۱۴) اثرات بسته‌بندی در اتمسفر تغییر یافته بر بعضی از کیفیت‌های سوشی سالمون آماده خوردن را بررسی نمودند. سوشی سالمون درترکیبات گازی حاوی ۵۰ درصد CO_2 +۵۰ درصد N_2 و ۱۰۰ درصد CO_2 در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد برای ۶ روز مورد بررسی قرار گرفت. در مدت مطالعه نمونه شاهد کمترین و نمونه حاوی ۱۰۰ درصد CO_2 بهترین امتیاز ارزیابی حسی را به‌دست آورند. همچنین تعداد باکتری مزوفیل و سایکروفیل هوازی در نمونه‌های حاوی گاز کاهش معنی‌داری داشتند و میزان pHدر نمونه‌های ۱ و ۲، ۵/۷-۵/۲ در مدت زمان نگهداری باقی ماند. Zand و همکاران (۲۰۱۷و۲۰۱۶b) در پژوهشی‌های دیگری اثرات متقابل بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده و پوشش‌های پلیمری انعطاف‌پذیر ۳ و ۴ لایه را بر خواص حسی و pH ماهی سفید دودی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در زمان‌های مختلف در مدت دو ماه - بررسی کردند. ارزیابی‌های انجام شده نشان داد که غلظت بالاتر CO_2 باعث بهبود این شاخص‌ها و افزایش عمر مفید ماهی سفید دودی شده است. Marcinkowska و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی اثرات بسته‌بندی در اتمسفر تغییر یافته حاوی گاز دی اکسید کربن بالا و بسته‌بندی در خلاء بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ارزیابی حسی در سینه مرغ طی مدت زمان نگهداری ۱۵ روز پرداختند. نتایج نشان داد که طی مدت زمان نگهداری این روش باعث کنترل pH، کاهش آب تراوش‌شده و بهبود خواص حسی به‌خصوص رنگ در گوشت مرغ شد و مدت نگهداری و روش بسته‌بندی، اثرات معنی‌داری بر خواص فیزیکوشیمیایی و ارزیابی‌های حسی از سوی ارزیاب‌های متخصص داشت که با نتایج این تحقیق در ارزیابی حسی مطابقت داشت. Zand و Jabbari (۲۰۱۸) در تحقیقی بر گوشت تازه بلدرچین، به این نتیجه رسیدند که بسته‌بندی با پوشش‌های پلیمری چند لایه ، نفوذ ناپذیر به اکسیژن کمترین تغییرات pH را ایجاد نموده و این گوشت تا ۱۶ روز با حفظ خواص حسی نگهداری شده است که با نتایج این تحقیق در انتخاب پوشش مناسب جهت کنترل pH مشابهت داشت. Merlo و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی بر کیفیت ماهی سالمون تازه، تأثیر فیلم‌های کیتوزان با عصاره فلفل و ترکیب آن با اتمسفراصلاح شده حاوی ۱۰۰ در صد دی اکسیدکربن را بر خصوصیات کیفی فیله‌های ماهی سالمون در یخچال ۲ درجه سانتی‌گراد طی ۲۸ روز بررسی قرار کردند. فیله‌های ماهی سالمون از نظر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، میکروبیولوژیک و حسی ارزیابی شدند. نتایج نشان دادند تعداد باکتری‌های هوازی و بی‌هوازی و ارزیابی‌های حسی در این اتمسفر نتایج رضایت‌بخشی نسبت به شاهد داشته است که در حفظ کیفیت فیله ماهی سالمون هنگام نگهداری در یخچال موثرتر بوده است. Chan و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی بر ماهی قزل آلا تازه آتلانتیک تحت اتمسفر اصلاح شده حاوی ۶۰ درصد CO_2 و ۴۰ درصد N_2 و خلأ شاخص‌های خواص حسی، تغییرات pH و خصوصیات میکروبی، به مدت سه هفته مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که هر دو بسته‌بندی MAP و وکیوم، اثر قابل‌توجهی در حفظ این خواص در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد داشته و به طور موثری ماندگاری ماهی‌های خام را ۱/۵ برابر افزایش داده است.

نتیجه‌گیری کلی

بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده همراه اسانس رازیانه، برای کنترل فساد کافی نیست، اما روند فساد به تأخیر افتاده است. طبق شواهد شرایط تحت خلاء و ۲۵ درصد CO_2 بر مدت ماندگاری ماهی قزل آلا تأثیر کمی داشتند. درصد دی‌اکسید کربن بالاتر و اسانس به عنوان عوامل مهم ضد باکتریایی در این تحقیق گزارش شده و میزان تأثیر گاز بستگی به غلظت اولیه و نهایی گاز درون بسته و درجه حرارت نگهداری و جمعیت اولیه میکروبی داشته است. دی اکسید کربن مرحله تأخیر و زمان تکثیر باکتری‌های هوازی و بی‌هوازی را طولانی کرده و محیط را مقداری اسیدی می‌کند و این مسئله باعث کاهش رشد می‌گردد که البته این اثرات در کنار کاربرد اسانس رازیانه تشدید شده است. طبق نتایج بهترین شرایط نگهداری متعلق به نمونه‌های موجود در پوشش چهار لایه ۱۲۳ میکرون حاوی پلی آمید به رغم ضخامت کمتر تحت ترکیب گازی (۲۵ درصد N_2 و ۷۵ درصد CO_2) بود که تا ۲۰ روز عمر ماندگاری ماهی

قزل‌آلای رنگین‌کمان تازه را افزایش داد. در یک نگاه کلی، استفاده از این بسته‌بندی به همراه ترکیب گازی مذکور در کنار اسانس رازیانه برای ماندگاری ماهی قزل‌آلا در زمان طولانی‌تر با توجه به رشد میکروبی و تغییرات pH میزان پراکسید، میزان‌کل بازهای آزاد نیتروژنی و خواص حسی بهتر ارزیابی شد.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر با حمایت‌های اداره امور آزمایشگاه‌های گروه صنایع غذائی-پردیس کشاورزی دانشگاه تهران و گروه صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد واحد ورامین – پیشوا و شرکت‌های پلاستیک ماشین الوان ، پوشان پلاستیک و صنایع بسته‌بندی گاماپک انجام گرفته است که بدین‌وسیله از رئیس و کلیه کارشناسان واحدهای مذکور تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

ذوالفقاری، م.، شعبانپور، ب. و فلاح زاده. س.، ۱۳۹۰. اثر نمک سود کردن، بسته بندی در خلأ و تأثیر توأمان آنها بر ماندگاری فیله ماهی قزل آلای رنگین کمان طی نگه‌داری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، شماره ۴۴،۳۱،۸-۳۵.

سلمانی‌جلودار، ع.،پرویز. م،صفری،ر.، غرقی، ا.، ارشد، ر.، جلیلی، ح.، رفیع‌پور، ف.، صدریان، م. و غلامی‌پور. س.، ۱۳۸۸. بررسی استفاده از تکنیک بسته بندی در اتمسفر اصلاح شده در بهبود زمان ماندگاری ماهی قزل آلای تازه. مرکز ملی فرآوری آبزیان، مؤسسه تحقیقات شیلات ایران،۴۱ صفحه.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.۱۳۸۶. میکروبیولوژی مواد غذایی کنسرو شده – ویژگی‌ها و روش‌های آزمون، استاندارد ملی ایران، شماره ۲۳۲۶.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۷۱. گوشت تازه و فرآورده دریایی – ویژگی‌ها، استاندارد ملی ایران، شماره ۹۷۱۴.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.۱۳۹۳. روش جامع برای شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در ۳۰ درجه سلسیوس، استاندارد ملی ایران، شماره ۱-۵۲۷۲ و ۲-۵۲۷۲.

میثاقی، ع.، سعیدی، م.، نوری، ن. و رضایی گلستانی، م.ر.، ۱۳۹۷. مطالعه تأثیر اسانس پونه کوهی و عصاره اتانولی بره موم بر ویژگی‌های ضد باکتریایی و برخی ویژگی‌های فیزیکی فیلم‌های زیست تخریب پذیر پلی لاکتیک اسید، مجله سلامت و محیط زیست. فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، دوره ۱۱، شماره ۱، ۱۲۲-۱۱۱.

هدایتی فر، م. و اروجعلیان، ع.، ۱۳۸۹. افزایش زمان ماندگاری فیله ماهی اوزون برون تازه (*Acipenser stellatus*) در شرایط بسته بندی تحت اتمسفر اصلاح شده (MAP) و خلاء. مجله علمی شیلات ایران. شماره ۱۹، ۳،۱۴۰-۱۲۷.

Bingol, E.B. and Ergun, O., 2011. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on the microbiological quality and shelf life of ostrich meat. *Meat Science*, 774-785. DOI:10.1016/j.meatsci.2011.03.013.

Caleb, O.J., Opara, U.L. and Witthuhn, C.R., 2012. Modified atmosphere packaging of pomegranate fruit and arils: a review. *Journal of Food and Bioprocess Technology*, 5: 15–30. DOI:10.1007/s11947-011-0525-7.

Chan, S.S., Skare, M., Rotabakk, B.T., Sivertsvik, M., Lerfall, J., Løvdal, T. and Roth, B., 2021. Evaluation of physical and instrumentally determined sensory attributes of Atlantic salmon portions packaged in modified atmosphere and vacuum skin. *LWT-Food Science and Technology*, 146:111404. DOI:10.1016/j.lwt.2021.111404.

Charles, F., Sanchez, J. and Gontard, N., 2006. Absorption kinetics of oxygen and carbon. dioxide scavengers as part of active modified atmosphere packaging. *Journal of Food Engineering*, 72: 1-7.

Dawood, A.A., 1995. Physical and sensory characteristics of Najdi-camel meat. *Meat Science*, 39(1): 59-69. DOI: 10.1016/0309-1740(95)80007-7.

Egan, H.K.R.S. and Sawyer, R., 1997. Pearson's Chemical Analysis of Food.9 th. Longman Scientific and Technical Inc., London, England,9:609-34.

Erkan, N., Ozden, O., Alakavuk, D.U., Yildirim, S.Y. and Inugur, M., 2006. Spoilage and shelf life of sardines (Sardina pilchardus) packed in modified atmosphere. *European Food Research Technology*, 222:667- 673.

Gammariello, D, Incoronato, A.L., Conte, A. and DelNobile, M.A., 2015. Use of Antimicrobial Treatments and Modified Atmosphere to Extend the Shelf Life of Fresh Sausages. *Food Processing & Technology*, 6(6):1-7. DOI: 10.4172/2157-7110.1000456.

Genigeorgis, C.A., 2003. Microbial and safety implication of the use of modified atmospheres to extend the storage life of fresh meat and fish. *International Journal of Food Microbiology*, 1:237-251.

Gill, C.O., Harrison, J.C.L. and Penney, N., 2002. The storage life of chicken carcass packaged under carbon dioxide. *Food Microbiology*, 11:151-158.

Gimenez, B., Roncales, P. and Beltran, J.A., 2002. Modified atmosphere packaging of filleted rainbowtrout. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 84:1154–59.

Goulas, A.E. and Kontominas, M.G., 2007. Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (Sparus aurata), Biochemical and sensory attributes. *Journal of Food Chemistry*, 100:287–296. DOI:10.1016/j.foodchem.2005.09.045.

Hur, S.J., Jin, S.K., Park, J.H., Jung, S.W. and Lyu, H.J., 2013. Effect of Modified Atmosphere Packaging and Vacuum Packaging on Quality Characteristics of Low Grade Beef during Cold Storage. *Asian-Australia Journal Animal Science*, 26(12):1781–1789. DOI: 10.5713/ajas.2013.13225.

Irkin, R. and Esmer, O.K., 2010. Control of Listeria monocytogenes in ground chicken breast meat under aerobic, vacuum and modified atmosphere packaging conditions with or without the presence of bay essential oil at 4°C. *Food Science Technology*, 16: 285-290. DOI:10.3136/FSTR.16.285.

Kamenik, J., 2013. The microbiology of meat spoilage: A Review. *Maso-International*, 1: 3-10.

Kerry, J., Grady, M. and Hogan, S., 2006. Current and potential utilization of active and intelligent packaging systems for meat and muscle- based products, A review. *Meat Science*, 74:113-130. DOI: 10.1016/j.meatsci.2006.04.024 .

Marcinkowska-Lesiak, M., Zdanowska-Sąsiadek, Z., Stelmasiak, A., Damaziak, K., Mchalczuk, M., Poławska, E., Wyrwisz, J. and Wierzbicka, A., 2016. Effect of packaging method and cold-storage time on chicken meat quality. *CyTA - Journal of Food*, 14(1): 41-46. DOI: 10.1080/19476337.2015.1042054.

McMillin, K.W., 2008. Where is MAP going? A review and future potential of modified atmosphere for meat. *Meat Science*, 80:43-65. DOI: 10.1016/j.meatsci.2008.05.028.

Merlo, T.C., Contreras-Castillo, C.J., Saldana, E., Barancelli, G.V., Dargelio, M.D.B., Yoshida, C.M.P., Junior, E.E.R., Massarioli, A. and Venturini, A.C., 2019. Incorporation of pink pepper residue extract into chitosan film combined with a modified atmosphere packaging: Effects on the shelf life of salmon fillets. *Food Research International*, 125:108633. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.108633.

Mol, S., Ucok Alakavuk, D. and Ulusoy, S., 2014. Effects of modified atmosphere packaging on some quality attributes of a ready-to-eat salmon sushi. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13, 2, 394-406.

Newton, K.G., Harrison, J.C.L. and Smith, K.M., 2000. The effect of storage in various gaseous atmospheres on the micro flora of lamb chops held at 10°C. *Journal of Applied Bacteriology*, 43:53-59.

Nielsen, D. and Hyldig, G., 2004. Influence of handling procedures and biological factors on the QIM evaluation of whole herring (*Clupea harengus* L.). *Food Research International*, 37:975–983. DOI:10.1016/j.foodres.2004.06.006.

Ozogul, F., Polata, A. and Ozogul, 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. DOI: 10.1016/j.foodchem.2003.05.006.

Rather, M.A., Dar, B.A., Sofi, S.N., Bhat, B.A., Qurishi, M.A. 2016. Foeniculum vulgare: A comprehensive review of its traditional use, photochemistry, pharmacology, and safety. *Arabian Journal of Chemistry*, 9(2):1574–1583. DOI:10.1016/j.arabjc.2012.04.011.

Sanhya, M., 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *Journal of LWT - Food Science and Technology*, 43: 381-392. DOI: 10.1016/j.lwt.2009.05.018.

Singh, G.S., Maurya, M.P. and Lampasona, C., 2006. Chemical constituents, antifungal and antioxidative potential of Foeniculum vulgare volatile oil and its acetone extract. *Food Control*, 17:745-752. DOI:10.1016/J.FOODCONT.2005.03.010.

Taylor, A.A., 2008. Packaging fresh meat. In: Developments in Meat Science, 3rd ed. Lawrie, R. (ed). Elsevier Applied Science Publishers, London.

Vanderzant, C., Hanna, M.O., Ehlers, J.G., Savel, J.W., Smith, G.C., Griffin, D.B., Terrell, R.N., Lind, K.D.A. and Galloway,

D.E., 2000. Centralized packaging of beef lion steaks with different Oxygen-barrier films: Microbiological characteristics. *Journal of Food Science*, 47:1070-1079.

Zand, N. and Jabbari, S., 2018. Effect of Modified atmosphere packaging and multi-layer flexible films on pH of fresh quail meat. *Microbiology Research Journal International*, 20(5):1-11. DOI:10.9734/MRJI/2017/29564.

Zand, N. and Mailova, E., 2010a. Combined packaging material flexible packs characteristics dependence on changes of components composition and quantity. *Processing of Engineering Academy of Armenia*, 7(1):129-132 (In Russian).

Zand, N. and Mailova, E., 2010b. The strength of the weld seams of flexible packages depending on the sealing mode. *Journal of Agro Science*, 1-2: 73-77 (In Russian).

Zand, N., Sakian Mohammadi, A. and Eshaghi, M.R., 2016a. Influence of MAP and multi-layer flexible pouches on clostridium count of smoked kutum fish (*Rutilus kutum*). *Journal of International Medical Research & Health Sciences*, 5(11): 191-198.

Zand, N., Sakian Mohammadi, A. and Eshaghi, M.R., 2016b. Effect of modified atmosphere packaging and multi-layer flexible films on sensory evaluation of smoked kutum fish (Rutilus frisii kutum). *Der Pharma Chemica*, 8(19): 600-607.

Zand, N., Sakian Mohammadi, A. and Eshaghi, M.R., 2017. Effect of modified atmosphere packaging and multi-layer flexible films on pH of smoked kutum fish (*Rutilus kutum*). *International journal of Aquatic Science*, 5(11): 34-40.

Effect of modified atmosphere packaging and fennel essential oil on the growth of aerobic and anaerobic bacteria's and quality properties of fresh rainbow trout

Babri M.[1]; Zand N.[1*]

[*]n_zand2008@yahoo.com

1-Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran

Abstract

In this study, the effect of different concentrations of three gas mixtures (carbon dioxide, nitrogen, oxygen), as well as vacuum conditions, and ordinary packagings in 3 types of flexible 4-layer films, containing fennel essential oil were evaluated for extending shelf life of fresh rainbow trout fish at 4^0C. Ordinary conditions as control samples, were compared with four kinds of modified atmosphere packaging 1)75% CO_2+25% N_2, 2) 25% CO_2+75% N_2, 3)% 48CO_2+48% N_2+4% O_2 and 4) under vacuum condition, along with injection fennel essential oil(2% WE/Ws), and samples without essential oil. Fish samples were packaged in different flexible multi-layer films, PET12/AL7/OPP20/LLD90, PET12/AL7/PET 12/LLD100 , and PET12/AL7/PA15/LLD90, under MAP. The microbial aerobics and anaerobic counts and the pH changes, determination of peroxide content, total volatile nitrogen, and sensory properties of samples were performed on the packaged samples at different 5, 10, 15, 20 days. The experiments revealed that the gas composition of 75% CO_2 combined with fennel essential oil due to high antimicrobial properties of these factors, and 4-layer PET12/AL7 /PA15/ LLD 90(123 μ) along with poly amid as a low water vapor transmission rate containers in spite of less thickness, were used to maintain the long-term of (20 days) fresh trout fish and had a desire effect on controlling microbial growth and chemical properties, and sensory evaluation of samples(odor, color, texture, appearance, and taste) were observed better.

Keywords: Modified atmosphere packaging, Fresh rainbow trout, Flexible multi-layer films, Fennel essential oil

[*]Corresponding author