



Effect of Chitosan Coating and Piper nigrum Essential Oil on Shelf Life of Grass Carp Fillet in Modified Atmosphere Packaging

ARTICLE INFO

Article Type

Original Research

Authors

Pilehram S.¹ MSc,
Roomiani L.* PhD,
Taddayoni M.¹ PhD

How to cite this article

Pilehram S, Roomiani L, Taddayoni M. Effect of Chitosan Coating and Piper nigrum Essential Oil on Shelf Life of Grass Carp Fillet in Modified Atmosphere Packaging. Journal of Fisheries Science and Technology. 2018;7(3):167-174.

*Fisheries Department, Agriculture & Natural Resources Faculty, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

¹Food science & Technology Department, Agriculture & Natural Resources Faculty, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

*Correspondence

Address: Islamic Azad University, Farhangshahr Square, Golestan Highway, Ahvaz, Iran. Postal Code: 6134937333

Phone: +98 (61) 33348361

Fax: -

l.roomiani@yahoo.com

Article History

Received: February 22, 2017

Accepted: August 11, 2018

ePublished: September 22, 2018

ABSTRACT

Aims As a polycation polysaccharide, chitosan is produced by deacetylation of chitin. Chitosan is a non-toxic, decomposable, and biocompatible substance that has antimicrobial properties. The aim of this study was to investigate the effect of chitosan coating and *Piper nigrum* essential oil on shelf life of grass carp in modified atmosphere packaging (MAP) at the refrigerator temperature (4°C).

Materials & Methods In this experimental study, *Piper nigrum* and grass carp were used. After immersion of the samples into *Piper nigrum* and chitosan essential oil, samples were packed with MAP. The treatments consisted of control treatment (no coating and essential oil), first treatment (0.1% essential oil), second treatment (0.5% essential oil), and third treatment (1% essential oil of *Piper nigrum* with chitosan coating). The chemical parameters, including peroxide value (PV), thiobarbituric acid (TBA), total volatile basic nitrogen (TVB-N), free fatty acid (FFA) and pH and total viable count (TVC) of mesophilic bacteria were evaluated at the intervals of days 0, 3, 6, 9, 12, and 15. Two-way ANOVA and least significant difference (LSD) tests were used.

Findings Changes of pH and FFA progressively increased during the time of storage for all treatments. In all treatment, the level of PV did not exceed higher than the level of limit (mEq/kg). The lowest changes of TBA and TVB-N were related to 1% treatment of *P. nigrum* essential oil that were significant different with other treatments ($p < 0.05$). TVC of the samples was significantly between treatments during storage ($p < 0.05$).

Conclusion The use of chitosan coating and 1% of *Piper nigrum* essential oil increases shelf life of grass carp fillet at refrigerator temperature to 9 days.

Keywords Chitosan; *Piper nigrum* Essential Oil; *Ctenopharyngodon idella*

CITATION LINKS

[1] Shelf life extension of Atlantic pomfret ... [2] Effect of modified atmosphere and vacuum packaging ... [3] Use of essential oils in bioactive edible coatings ... [4] Essential oils: Their antibacterial properties and ... [5] Application of edible coating with essential ... [6] Chemical and sensory properties of black ... [7] Combined use of cinnamon essential oil and ... [8] Effect of potassium sorbate and ... [9] Microbiological and chemical quality of ground beef ... [10] Pearson's chemical analysis of ... [11] Quality control and the chemical analysis ... [12] The effects of rosemary extract combination ... [13] Effect of rosemary extract, chitosan ... [14] Combined chitosan-thyme treatments with ... [15] Effect of pomegranate juice dipping and chitosan coating ... [16] Evaluation of different factors affecting ... [17] Effect of antimicrobial coating on ... [18] Plant essential oils and allied volatile fractions as multifunctional ... [19] Combined effect of MAP and thyme essential oil on the ... [20] Effect of packaging with Chitosan ... [21] Antioxidant and antibacterial ... [22] Enhancement of the storage quality of frozen bonito ... [23] Effect of advanced chilling methods on lipid ... [24] The increase of shelf-life of frozen Kilka ... [25] Antibacterial activity of selected fatty acids ... [26] Physical properties and antioxidant activity ... [27] Combined effect of an oxygen absorber and oregano ... [28] A chitosan-based coating with or without clove oil extends ... [29] Application of gelatin coating incorporated with cinnamon ... [30] Hyperspectral imaging for food quality analysis and ... [31] Hyperspectral imaging for food quality ... [32] Effect of phosphate dip treatment on chemical ... [33] Effect of vacuum packaging on the quality ... [34] Development and evaluation of a novel biodegradable ... [35] Studies on a-tocopherol acetate as an antioxidant ... [36] Quality changes in frozen whole ... [37] Effect of sodium alginate coating enriched ... [38] Antimicrobial activity of methyl ... [39] Microbiological, chemical and sensory assessment ... [40] Quality and quality changes in ... [41] The effect of chitosan coating contained ... [42] Antimicrobial activity of chitosan enriched ... [43] Chitosan kills bacteria through cell membrane ... [44] Chitosan dipping or oregano oil treatments ...

تاثیر پوشش کیتوزان و اسانس فلفل سیاه بر ماندگاری فیله کپور علف‌خوار در بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته

سمیه پیلهرام MSc

گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

لاله رومیانی PhD

گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

مهرنوش تدینی PhD

گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

چکیده

اهداف: کیتوزان به عنوان پلی ساکاریدی پلی کاتیونی، به دنبال استیل زدایی از کیتین تهیه می شود. کیتوزان یک ماده غیرسمی، تجزیه پذیر و زیست سازگار است که خواص ضد میکروبی دارد. هدف پژوهش حاضر بررسی تاثیر پوشش کیتوزان و اسانس فلفل سیاه (*Piper nigrum*) بر ماندگاری فیله کپور علف‌خوار در روش بسته بندی اتمسفر تغییر یافته (MAP) در دمای یخچال بود.

مواد و روش ها: در پژوهش تجربی حاضر، فلفل سیاه و ماهی کپور علف‌خوار استفاده شدند. پس از آغشته کردن نمونه ها به اسانس فلفل سیاه و کیتوزان، بسته بندی نمونه ها با روش اتمسفر اصلاح شده صورت پذیرفت. تیمارها شامل تیمار شاهد (بدون پوشش و اسانس)، تیمار اول (۱٪ اسانس)، تیمار دوم (۵٪ اسانس) و تیمار سوم (۱٪ اسانس فلفل سیاه با پوشش کیتوزان) بودند. شاخص های شیمیایی شامل پراکسید، تیوباربیتوریک اسید، بازهای نیتروژنی فرار، اسید چرب آزاد، pH و شاخص میکروبی میزان باکتری های مزوفیل در فواصل صفر، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ روز ارزیابی شدند. آزمون های تحلیل واریانس دوطرفه و حداقل اختلاف معنی دار (LSD) به کار رفتند.

یافته ها: تغییرات pH و میزان اسیدهای چرب آزاد در تمامی تیمارها در طول دوره روندی صعودی داشت. در تمامی تیمارها میزان پراکسید از سطح مجاز (۱۰ میلی اکی والان در کیلوگرم) بالاتر نرفت. کمترین تغییرات تیوباربیتوریک اسید و بازهای نیتروژنی فرار به تیمار ۱٪ اسانس فلفل سیاه مربوط بود که با سایر تیمارها تفاوتی معنی دار داشت ($p < 0.05$). میزان باکتری های مزوفیل بین تیمارها در طول دوره نگهداری تفاوت معنی داری نشان داد ($p < 0.05$).

نتیجه گیری: استفاده از محلول پوششی کیتوزان همراه با اسانس فلفل سیاه در غلظت ۱٪ موجب افزایش ماندگاری فیله کپور علف‌خوار در دمای یخچال به مدت ۹ روز می شود.

کلیدواژه ها: کیتوزان، اسانس فلفل سیاه، کپور علف‌خوار

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۲۰

*نویسنده مسئول: l.roomiani@yahoo.com

مقدمه

غذا از مهم ترین فاکتورهای ضروری برای رشد و بقا است و در عین حال هیچ غذایی وجود ندارد که به تنهایی بتواند سلامت انسان را تامین کند. غذاهای دریایی به دلیل غنی بودن از نظر پروتئین ها، ویتامین های محلول در چربی و اسیدهای چرب غیراشباع امگا ۳ توجه زیادی را به خود معطوف کرده اند، زیرا این ترکیبات اهمیت زیادی در رژیم غذایی بشر دارند و در پیشگیری بسیاری از بیماری ها، کنترل آنها و کمک به بهبود اختلالات و عوارض مختلف نقش مهم و سازنده ای به عهده دارند [1]. اما فرآورده های دریایی بسیار فسادپذیر هستند و معمولاً سریع تر از غذاهای گوشتی دیگر فاسد می شوند [2].

اخیراً پوشش های خوراکی با توجه به نتایج امیدوارکننده ای که در زمینه حفظ مواد غذایی به دست آورده اند، مورد توجه بیشتری

هستند [3]. کیتوزان به عنوان پلی ساکاریدی پلی کاتیونی، به دنبال استیل زدایی از کیتین تهیه می شود. منبع عمده و تجاری کیتین پوسته سخت پوستان است. کیتوزان یک ماده غیرسمی، تجزیه پذیر و زیست سازگار است که خواص ضد میکروبی دارد. اثر ضد میکروبی کیتوزان ناشی از گروه های آمینی با بار مثبت است. این گروه ها با غشای سلولی میکروارگانیسم ها (این غشاها بار منفی دارند) واکنش می دهند و در نهایت منجر به نشت اجزا پروتئینی و سایر اجزا درون سلولی میکروارگانیسم ها می شوند [4]. اسانس ها، مایعات روغنی آروماتیک هستند که از بخش های مختلف گیاه مانند گل، جوانه، برگ، میوه، شاخه، دانه، چوب و ریشه تهیه می شوند. اسانس های گیاهی را روغن های اتری یا فرار نیز می گویند که از مهم ترین نگهدارنده های طبیعی هستند [4] و در اندام های مختلف گیاهان یافت می شوند. درواقع اسانس ها مخلوطی از مواد مختلف با ترکیبات شیمیایی بسیار متفاوت از یکدیگر هستند و بوی بسیار قوی دارند [5].

فلفل سیاه (*Piper nigrum*) گیاه بومی جنوب هند و از خانواده فلفلی ها (Piperaceae) است. کشت فلفل سیاه به دلیل میوه آن است که معمولاً به صورت خشک و به عنوان یک ادویه و چاشنی استفاده می شود. فلفل سیاه یک گیاه معطر دارویی حاوی اسانس هایی با خواص مشخص مثل فعالیت های ضد میکروبی است و خاصیت آنتی اکسیدانی آن نیز تایید شده است [6]. در سال های اخیر کاربرد روش بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP) برای نگهداری غذاهای دریایی بسیار اهمیت یافته است [7]. تکنولوژی اصلاح شده در کاهش رشد میکروارگانیسم ها و فساد آزیمی موثر است و عمر ماندگاری غذاهای دریایی نگهداری شده در این نوع بسته بندی افزایش می یابد [5]. این تاثیر در باکتری های هوازی به دلیل طولانی شدن فاز تاخیر در مراحل رشد آنها صورت می گیرد. بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده به معنی بسته بندی یک محصول فسادپذیر در هوایی است که تغییر یافته و ترکیب آن با ترکیب هوای معمولی متفاوت است. پس از ایجاد این ترکیب نسبت هر یک از اجزا ثابت می ماند و طی نگهداری کنترل بیشتر اعمال نمی شود [8]. در این نوع بسته بندی انتخاب ترکیب گاز شامل گازهای معمول مثل اکسیژن، نیتروژن و دی اکسید کربن به محصول غذایی مورد بسته بندی بستگی دارد [1]. طبق آمار سازمان شیلات ایران در سال ۱۳۹۵، کپورماهیان به دلیل سرعت رشد بالا، پرورش آسان، نرخ راندمان غذای بالا و ارزش غذایی خوب از مهم ترین گونه های پرورشی در تمام جهان محسوب می شوند، به طوری که میزان تولید آنها در سال ۱۳۹۵ به ۲۰۱۰۹۷ تن رسید.

هدف پژوهش حاضر بررسی تاثیر پوشش کیتوزان و اسانس فلفل سیاه بر ماندگاری فیله کپور علف‌خوار (*Ctenopharyngodon idella*) در روش بسته بندی با اتمسفر تغییر یافته در شرایط دمای یخچال بود.

مواد و روش ها

در پژوهش تجربی حاضر، گیاه فلفل سیاه توسط پژوهشکده گیاهان دارویی دانشگاه تهران خریداری شد. پس از شناسایی، اسانس گیری با روش تقطیر با بخار آب و استفاده از دستگاه کلونجر صورت پذیرفت و اسانس ها در ظرف تیره در دمای ۴°C تا زمان مصرف نگهداری شدند.

ماهی کپور علف‌خوار تازه از یک استخر پرورش ماهی خریداری شد. ماهی ها به صورت فیله هایی با وزن ۳۰ گرم تهیه و شسته شدند و

برای تعیین بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N) [11] ۱۰ گرم نمونه گوشت ماهی به صورت یکنواخت در بالن حاوی ۲ گرم منیزیم اکسید و ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و سنگ جوش قرار داده شد. بخارات تقطیر شده وارد محلول ۲٪ بوریک اسید حاوی چند قطره معرف (متیل‌رد و بروموکرزول سبز) شدند و در پایان تیتراژ آن توسط اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال صورت گرفت.

برای اندازه‌گیری اسیدچرب آزاد (FFA) [10] ابتدا ۲۵ میلی‌لیتر الکل ۹۶٪ خنثی‌شده (با چند قطره سود ۰/۱ نرمال و افزودن چند قطره محلول فنل‌فتالئین ۱٪) به ۲۵ میلی‌لیتر کلروفرم استخراجی (از فیله چرخ‌شده) اضافه و با سود ۰/۱ نرمال تیتراژ شد. در زمان تیتراژ سیاه محلول به‌طور مداوم تکان داده شد و تیتراژ سیاه تا ظهور نقطه پایان عمل (ایجاد رنگ صورتی) ادامه یافت. نتایج به‌صورت درصد اولئیک اسید در چربی کل بیان شد.

برای تعیین بار میکروبی (شاخص میکروبی میزان باکتری‌های مزوفیل؛ TVC) [12] ۱۰ گرم نمونه با ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر به کیسه استریل استومیکر منتقل شد و توسط دستگاه استومیکر ۴۰۰ (Seward؛ انگلستان) به مدت ۲۴ دقیقه به صورت یکنواخت درآمد. سپس نمونه تا رقت 10^{-5} در میلی‌لیتر رقیق شد. یک میلی‌لیتر از هر رقت در پلیت قرار گرفت و محیط کشت پلیت‌کانت‌آگار (PCA؛ مرک؛ آلمان) به آن افزوده شد. هر پلیت به منظور توزیع همگن نمونه به دقت تکان داده شد و بعد از چند دقیقه همه پلیت‌ها وارونه و در انکوباتور به مدت ۴۸ ساعت با دمای 37°C قرار گرفتند. بعد از ۴۸ ساعت همه کلونی‌ها شمارش و به صورت لگاریتم واحد تشکیل کلونی بر گرم ($\log \text{cfu/g}$) محاسبه شدند. در تمام مراحل آزمایش وسایل مورد استفاده قبل از به‌کارگیری با استفاده از شعله و الکل ۷۰٪ استریل شدند.

پس از بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، برای بررسی تأثیر پوشش بر کیفیت محصول و همین‌طور تأثیر زمان نگهداری، آزمون تحلیل واریانس دوطرفه و به‌منظور بررسی تفاوت معنی‌دار بین تیمارها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) استفاده شد.

یافته‌ها

در بررسی میزان تغییرات pH، در روز ششم، دوازدهم و پانزدهم، بین نمونه شاهد و تیمار حاوی ۱٪ اسانس فلفل سیاه در بسته‌بندی MAP اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p < 0/05$). تغییرات pH در همه تیمارها روندی صعودی داشت. در نمونه شاهد بالاترین میزان pH در بسته‌بندی MAP، در روز پانزدهم ($6/53 \pm 0/04$) بود و پایین‌ترین میزان آن در روز صفر در تیمار ۱٪ اسانس ($6/12 \pm 0/05$) به دست آمد (نمودار ۱).

تغییرات PV در همه تیمارها روندی صعودی نشان داد، در روز پانزدهم تفاوت معنی‌داری بین تیمار ۰/۵٪ و ۱٪ اسانس و پوشش خوراکی کیتوزان مشاهده شد ($p < 0/05$). بیشترین میزان پراکسید در تیمار دوم در روز پانزدهم بود (نمودار ۲).

بین نمونه شاهد و تمام تیمارها در میزان TBA در روزهای صفر و سوم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0/05$). در روز نهم بین نمونه شاهد و تیمار ۱٪ و ۰/۵٪ و ۱٪ اسانس فلفل سیاه و پوشش خوراکی کیتوزان در بسته‌بندی MAP اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p < 0/05$; نمودار ۳). بالاترین میزان TBA در نمونه شاهد در روز پانزدهم به دست آمد (نمودار ۳).

تغییرات TVB-N در فیله‌های ماهی حاوی پوشش کیتوزان و

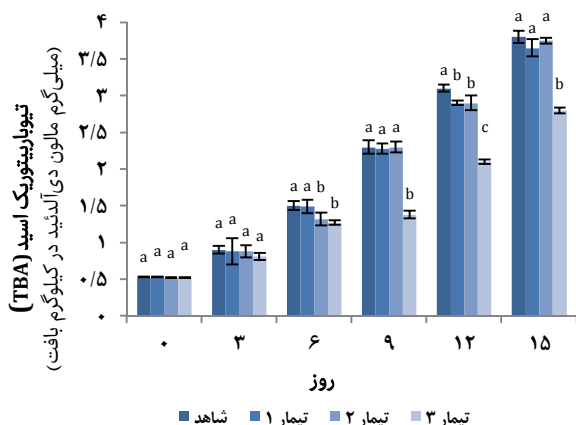
سپس روی صفحه مشبک قرار گرفتند تا آب آنها خارج شود. پوشش کیتوزان ۲٪ با وزن مولکولی ۴۵۰ کیلودالتون، با درجه دی‌استیلاسیون ۸۵٪ (سیگما؛ ایالات متحده) با استفاده از استیک اسید ۱٪ تهیه و پس از هموژنیزاسیون محلول، به‌منظور پوشش‌دادن نمونه‌ها در ظروف مخصوص ریخته شد. تیمارهای مورد نظر با پوشش کیتوزان و اسانس فلفل سیاه (۰/۱، ۰/۵، ۱٪) به مدت یک دقیقه پوشش‌دهی و قبل از بسته‌بندی در مجاورت هوا خشک شدند.

بسته‌بندی نمونه‌ها با روش اتمسفر اصلاح‌شده: پس از آغشته‌ساختن نمونه‌ها به اسانس فلفل سیاه و کیتوزان، فیله‌ها به کمک دستگاه بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده، بسته‌بندی شدند. ترکیب گازی شامل ۴۵٪ دی‌اکسیدکربن، ۵۰٪ نیتروژن و ۵٪ اکسیژن بود. بسته‌بندی در کیسه‌های نایلونی سه‌لایه با ابعاد 40×20 سانتی‌متر که لایه میانی آن از جنس پلی‌وینیلیدن (PVDC) و دو لایه خارجی آن از جنس پلی‌اتیلن (PE) بود، با دستگاه مدل A300/16 (Multivac؛ آلمان) انجام شد. در این روش ابتدا هوای داخل بسته تخلیه و سپس با تزریق مخلوطی از گازها به داخل بسته، سر کیسه‌ها به‌طور اتوماتیک توسط دستگاه دوخته می‌شود. برای بسته‌بندی فیله‌ها در خلأ، ابتدا فشار داخلی بسته به صفر میلی‌متر جیوه رسید، سپس عمل دوخت به سرعت به‌طور اتوماتیک انجام شد. فیله‌ها پس از بسته‌بندی در جعبه‌های فوم پلی‌استایرن همراه با یخ پودری قرار گرفتند، سپس به آزمایشگاه منتقل و به مدت ۱۵ روز در دمای یخچال نگهداری شدند. آزمایشات با سه تکرار و در فواصل زمانی صفر، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ دوره نگهداری به‌منظور تعیین پارامترهای کیفی (شیمیایی و میکروبی) صورت پذیرفتند.

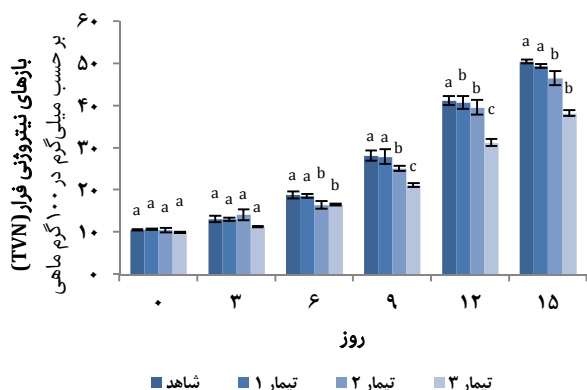
برای اندازه‌گیری pH از روش به‌کاررفته توسط سلام و همکاران [9] استفاده شد. مقدار ۲ گرم نمونه گوشت ماهی از هر تیمار به ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و به مدت ۳۰ ثانیه توسط دستگاه همگن‌ساز همگن شد و pH نمونه‌ها با دستگاه pH متر دیجیتالی مدل Metrohm ۷۳۱ (Metrohm؛ سوئیس) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

برای اندازه‌گیری پراکسید (PV) از روش به‌کاررفته توسط لیگان و همکاران [10] استفاده شد. میزان ۲۰ سی‌سی از فاز پایینی دکانتوری (از این فاز برای استخراج چربی ماهی استفاده می‌شد) به دقت به ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری سر سمباده‌ای منتقل و حدود ۲۵ سی‌سی محلول اسیداستیک کلروفرمی (نسبت کلروفرم به اسید استیک ۳:۲) به محتویات ارلن اضافه شد. سپس ۰/۵ سی‌سی از محلول یدوریتاسیم اشباع، ۳۰ سی‌سی از آب مقطر و ۰/۵ سی‌سی محلول نشاسته ۱٪ به مجموعه اضافه و مقدار ید آزاد شده با محلول تیوسولفات سدیم ۰/۱ نرمال تیتراژ شد.

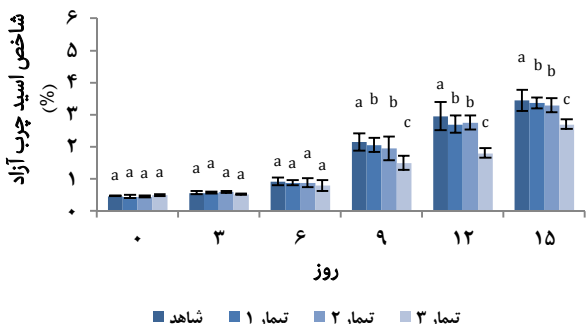
به‌منظور اندازه‌گیری تیوباربیتوریک اسید (TBA) [11] ۵ گرم از فیله به‌همراه ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول تری‌کلرواستیک اسید ۱۰٪ در یک بشر ۲۵۰ میلی‌لیتری به‌طور کامل یکنواخت شد. سپس محلول یکنواخت‌شده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ عبور داده شد و محلول صاف‌شده دوباره به کمک محلول تری‌کلرواستیک اسید ۱۰٪ به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید. سپس ۳ میلی‌لیتر از محلول صاف‌شده به‌همراه ۳ میلی‌لیتر محلول تیوباربیتوریک اسید ۰/۲ مولار در یک لوله آزمایش در پیچ‌دار با هم مخلوط شدند و به مدت ۴۵ دقیقه در 100°C قرار گرفتند. پس از این مدت و خنک‌شدن نمونه‌ها میزان جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۳۲ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد.



نمودار ۳) میزان تغییرات TBA در تیمارهای مختلف محلول پوششی خوراکی کیتوزان و اسانس فلفل سیاه در بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته (MAP) بر فیله کپور علف‌خوار در دمای یخچال، تیمار شاهد: بدون پوشش و اسانس؛ تیمار ۱: محلول پوششی کیتوزان و ۱٪ اسانس فلفل سیاه؛ تیمار ۲: محلول پوششی کیتوزان و ۵٪ اسانس فلفل سیاه؛ تیمار ۳: محلول پوششی کیتوزان و ۱٪ اسانس فلفل سیاه (حروف کوچک غیرهمنام نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ است)



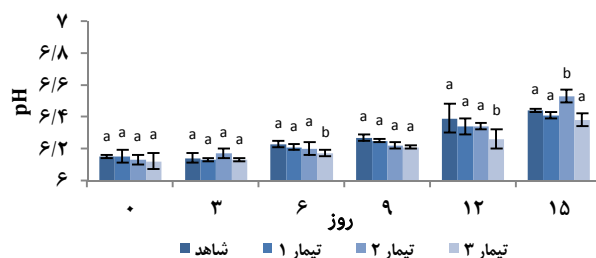
شکل ۴) میزان تغییرات TVN در تیمارهای مختلف محلول پوششی خوراکی کیتوزان و اسانس فلفل سیاه در بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته (MAP) بر فیله کپور علف‌خوار در دمای یخچال، تیمار شاهد: بدون پوشش و اسانس؛ تیمار ۱: محلول پوششی کیتوزان و ۱٪ اسانس فلفل سیاه؛ تیمار ۲: محلول پوششی کیتوزان و ۵٪ اسانس فلفل سیاه؛ تیمار ۳: محلول پوششی کیتوزان و ۱٪ اسانس فلفل سیاه (حروف کوچک غیرهمنام نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ است)



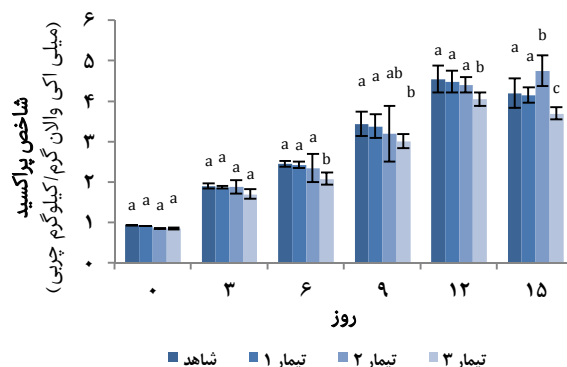
نمودار ۵) میزان تغییرات FFA در تیمارهای مختلف محلول پوششی خوراکی کیتوزان و اسانس فلفل سیاه در بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته (MAP) بر فیله کپور علف‌خوار در دمای یخچال، تیمار شاهد: بدون پوشش و اسانس؛ تیمار ۱: محلول پوششی کیتوزان و ۱٪ اسانس فلفل سیاه؛ تیمار ۲: محلول پوششی کیتوزان و ۵٪ اسانس فلفل سیاه؛ تیمار ۳: محلول پوششی کیتوزان و ۱٪ اسانس فلفل سیاه (حروف کوچک غیرهمنام نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ است)

اسانس، در همه تیمارها روندی صعودی داشت. بالاترین و پایین‌ترین میزان TVB-N در بسته‌بندی MAP حاوی اسانس فلفل سیاه و محلول پوششی خوراکی کیتوزان در نمونه شاهد در روز پانزدهم (450.5 ± 0.43 میلی‌گرم) و در روز صفر در تیمار ۱ اسانس (93 ± 0.13 میلی‌گرم) در ۱۰۰ گرم گوشت ماهی به دست آمد (نمودار ۴).

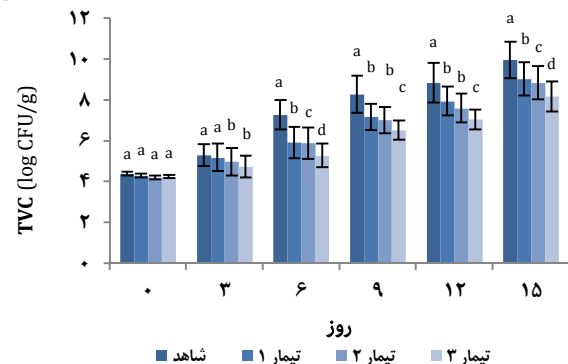
از نظر تغییرات FFA در روزهای نهم، دوازدهم و پانزدهم بین نمونه شاهد و تیمارهای حاوی ۱٪ و ۵٪ و ۱٪ اسانس فلفل سیاه و محلول پوششی خوراکی کیتوزان در بسته‌بندی MAP اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p < 0.05$). تغییرات FFA در تیمارها روند افزایشی داشت و بیشترین میزان FFA در بسته‌بندی MAP حاوی اسانس فلفل سیاه و محلول پوششی خوراکی کیتوزان در نمونه شاهد در روز پانزدهم (350.33 ± 0.33 ٪) و کمترین میزان آن در روز صفر در تیمار ۱ (0.33 ± 0.03 ٪) به دست آمد (نمودار ۵). از نظر تغییرات TVC در روز سوم، ششم، نهم و پانزدهم بین نمونه شاهد و تیمارهای حاوی ۵٪ و ۱٪ اسانس فلفل سیاه و محلول پوششی خوراکی کیتوزان در بسته‌بندی MAP اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p < 0.05$). بیشترین و کمترین میزان TVC در تیمارها در نمونه شاهد در روز پانزدهم 966 ± 0.90 لگاریتم واحد تشکیل کلونی بر گرم و در روز صفر در تیمار ۱ 42 ± 0.8 لگاریتم واحد تشکیل کلونی بر گرم به دست آمد (نمودار ۶).



نمودار ۱) میزان تغییرات pH در تیمارهای مختلف محلول پوششی خوراکی کیتوزان و اسانس فلفل سیاه در بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته (MAP) بر فیله کپور علف‌خوار در دمای یخچال، تیمار شاهد: بدون پوشش و اسانس؛ تیمار ۱: محلول پوششی کیتوزان و ۱٪ اسانس فلفل سیاه؛ تیمار ۲: محلول پوششی کیتوزان و ۵٪ اسانس فلفل سیاه؛ تیمار ۳: محلول پوششی کیتوزان و ۱٪ اسانس فلفل سیاه (حروف کوچک غیرهمنام نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ است)



نمودار ۲) میزان تغییرات PV در تیمارهای مختلف محلول پوششی خوراکی کیتوزان و اسانس فلفل سیاه در بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته (MAP) بر فیله کپور علف‌خوار در دمای یخچال، تیمار شاهد: بدون پوشش و اسانس؛ تیمار ۱: محلول پوششی کیتوزان و ۱٪ اسانس فلفل سیاه؛ تیمار ۲: محلول پوششی کیتوزان و ۵٪ اسانس فلفل سیاه؛ تیمار ۳: محلول پوششی کیتوزان و ۱٪ اسانس فلفل سیاه (حروف کوچک غیرهمنام نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ است)



نمودار ۶ میزان تغییرات TVC در تیمارهای مختلف محلول پوششی خوراکی کیتوزان و اسانس فلفل سیاه در بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته (MAP) بر فیله کپور علف‌خوار در دمای یخچال، تیمار شاهد: بدون پوشش و اسانس؛ تیمار ۱: محلول پوششی کیتوزان و ۱٪ اسانس فلفل سیاه؛ تیمار ۲: محلول پوششی کیتوزان و ۵٪ اسانس فلفل سیاه؛ تیمار ۳: محلول پوششی کیتوزان و ۱٪ اسانس فلفل سیاه (حروف کوچک غیرهمنام نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $p < 0.05$ است)

بحث

هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر پوشش کیتوزان و اسانس فلفل سیاه بر ماندگاری فیله کپور علف‌خوار در روش بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته در شرایط دمای یخچال بود.

طبق مطالعات استفاده از کیتوزان همراه با اسانس‌های روغنی با جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها، به تأخیر انداختن اکسیداسیون و بهبود ویژگی‌های کیفی، ماندگاری محصولات غذایی را افزایش می‌دهد. این موضوع با استفاده از عصاره رزماری همراه با کیتوزان در سوسیس خوک [13]، استفاده از اسانس میخک با کیتوزان در محصولات ماکیان پخته‌شده [14] و اسانس آویشن شیرازی همراه با کیتوزان روی گوشت سینه مرغ [15] ثابت شده است.

کیتوزان در pHهای زیر ۶ پلی‌کاتیونیک است که به دلیل تراکم بالای گروه‌های آمین موجود در پلیمر، به راحتی با پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدهای آنیونی، اسیدهای چرب و فسفولیپیدها واکنش می‌دهد. ثابت شده است که فعالیت ضد میکروبی کیتوزان در pHهای پایین‌تر به دلیل یونیزه شدن گروه‌های آمین بیشتر است [16]. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان pH در طول دوره نگهداری در همه تیمارها روندی افزایشی داشت. میزان pH بالاتر از ۷ در فیله ماهیان فساد را نشان می‌دهد [17]. در پژوهش حاضر میزان pH در طول دوره نگهداری از حد مجاز تعیین شده فراتر نرفت، نتیجه این پژوهش با نتایج حاصل از مطالعات جاق و همکاران [17] و پاتل [18] همخوانی داشت. همچنین میزان افزایش pH در تیمار ۱٪ اسانس فلفل سیاه روند کندتری نسبت به سایر تیمارها داشت. افزایش میزان pH در نمونه شاهد می‌تواند در نتیجه تولید بازهای فرار مانند آمونیاک و تری‌متیل‌آمین باشد که ناشی از فعالیت آنزیم‌های میکروبی یا اندوژن‌ها مانند پروتئازها و لیپاز است که منجر به افزایش بازهای فرار طی نگهداری می‌شود [19]. نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات مولایی/آقای و همکاران [20] که اثر پوشش کیتوزان و اسانس سیر بر خصوصیات شیمیایی گوشت مرغ را بررسی کردند و همچنین با نتایج مطالعات جاق و همکاران [17] و حمزه و رضایی [21] همخوانی نشان داد. آنها pH کمتر نمونه‌های حاوی اسانس و کیتوزان را به دلیل ذکر شده مربوط می‌دانستند.

برای تعیین محصولات اولیه اکسیداسیون چربی‌ها، شاخص

پراکسید اندازه‌گیری می‌شود. هیدروپراکسیدها، محصول اولیه اکسیداسیون چربی‌ها، اسیدها و اسیدهای چرب چندغیراشباعی هستند [22]. پراکسید ترکیب ناپایداری است که در نهایت به مالون‌آلدئید تبدیل می‌شود، این ماده می‌تواند با آمینواسید اتصال عرضی برقرار کند که نتیجه آن تولید پیوندهای آمیدین است [23]. همچنین اکسیداسیون چربی یک مشکل اصلی در غذاهای دریایی به‌ویژه غذاهای با چربی بالا است که به ایجاد بو و طعم نامطلوب منجر می‌شود [21]. تغییرات PV فیله کپور علف‌خوار در تیمارهای مختلف طی نگهداری در یخچال از روز سوم به بعد افزایش معنی‌داری را نشان داد ولی این افزایش در تیمار شاهد با شدت بیشتری همراه بود. حد مجاز پراکسید در فیله ماهی برای مصرف انسانی ۱۰ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم اکسین عنوان شده است [23]. نتایج به‌دست‌آمده در فیله کپور علف‌خوار در بسته‌بندی MAP در پژوهش حاضر پایین‌تر از استاندارد اعلام‌شده بود که با نتایج مطالعه خنری/احمد/باد و همکاران [24] با موضوع بررسی اثر آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی بر افزایش زمان ماندگاری کیلکای معمولی منجمد و مطالعه حمزه و رضایی [21] با موضوع اثر ضد اکسیداسیون و ضدباکتریایی پوشش آلژینات سدیم به همراه اسانس آویشن بر فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان نگهداری‌شده در یخچال، مطابقت داشت. در مطالعه کو/تار و همکاران [25] فیلم کیتوزان حاوی استیک‌اسید و پروپیونیک، سینام‌آلدئید و اسیدلوریک موجب افزایش ماندگاری فرآورده‌های گوشتی به‌وسیله بازداشتن فعالیت آنزیم‌ها و *سراسیا/لیکوفاشینس (Serratia liquefaciens)*، شد. اسانس‌های گیاهی غنی از ترکیبات فنولیک هستند و در پوشش‌ها اثرات بازدارندگی نشان داده‌اند. فعالیت آنتی‌اکسیدانی کیتوزان با روش احیای رادیکال آزاد DPPH) به واسطه به‌دام‌انداختن رادیکال‌های DPPH در اثر واکنش گروه‌های آمین آزاد کیتوزان با رادیکال‌های آزاد به‌منظور تشکیل رادیکال‌های ماکرومولکول پایدار و در نتیجه گروه‌های آمونیم شکل‌یافته توسط جذب یون هیدروژن بیان شده است [26]. شاخص TBA به‌منظور ارزیابی درجه اکسیداسیون چربی در ماهیان به‌طور وسیعی کاربرد دارد. به کم این شاخص میزان مالون‌دی‌آلدئید اندازه‌گیری می‌شود [9]. در مرحله دوم اتواکسیداسیون با اکسید شدن هیدروپراکسیدها به آلدئید و کتون، مالون‌دی‌آلدئید تشکیل می‌شود. محصولات ثانویه اکسیداسیون طعم و بوی نامطلوبی را در محصول ایجاد می‌کنند [27]. تغییرات TBA فیله کپور علف‌خوار در تیمارهای مختلف طی نگهداری در یخچال نشان داد که از روز سوم به بعد میزان تیوباربتوریک‌اسید افزایش یافت ولی این افزایش در تیمار شاهد با شدت بیشتری همراه بود، به‌طوری که در روز پانزدهم بیشترین میزان را داشت. تیمار حاوی ۱٪ اسانس فلفل سیاه و پوشش خوراکی کیتوزان کمترین مقدار TBA را در طول دوره نشان داد. براساس مطالعه کجینگ [28] پوشش ۲٪ کیتوزان به‌تنهایی و نیز تیمار ۲٪ کیتوزان با ۱/۵٪ اسانس میخک توانست شاخص‌های شیمیایی و میکروبی سوسیس‌های خوک پخته‌شده را پایین‌تر از حد مجاز نگه دارد که با نتایج مطالعات حمزه و رضایی [21] و تقی‌زاده و رضایی [29] همسو است. میزان ۲ میلی‌گرم مالون‌آلدئید در کیلوگرم گوشت ماهی به‌عنوان حداکثر مقدار TBA برای داشتن طعم قابل قبول ماهی در نظر گرفته شده است [30]. در پژوهش حاضر میزان TBA در تیمار شاهد، ۱٪ و ۵٪ اسانس فلفل سیاه و کیتوزان در بسته‌بندی MAP در دمای یخچال در روز نهم و در تیمار ۱٪ اسانس فلفل سیاه

در روز دوازدهم، از حد استاندارد تعیین شده فراتر رفت.

مواد ازته فرار یکی از شاخص‌های کیفیت فرآورده‌های شیلاتی هستند که برای ارزیابی فساد باکتریایی ماهیان و فعالیت‌های آنزیمی استفاده می‌شوند. شاخص TVB-N معمولاً شامل نری‌متیل‌آمین و آمونیاک است که بر اثر فساد باکتریایی تولید می‌شود و مقدار آن اغلب به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی و ماندگاری محصولات شیلاتی به کار می‌رود^[31, 32]. طبق نتایج پژوهش حاضر با افزایش دوره نگهداری در تمامی تیمارها میزان بازهای نیتروژنی فرار افزایش یافت و روند افزایش در تیمار ۱٪ اسانس فلفل سیاه کندتر از سایر تیمارها بود. افزایش مقدار مواد ازته به فعالیت باکتری‌های موجود در گوشت و همچنین آنزیم‌های اتولیکی موجود در خود گوشت ماهی ارتباط دارد. حد قابل قبول بیان شده برای شاخص TVB-N برای ماهی نیز ۳۰ تا ۳۵ میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه بیان شده است^[33]. براساس استاندارد اعلام شده در این پژوهش میزان TVB-N در تیمار شاهد، ۰/۱٪ و ۰/۵٪ اسانس فلفل سیاه و کیتوزان در بسته‌بندی MAP در دمای یخچال در روز دوازدهم به ترتیب به ۴۱/۱۵، ۴۰/۷۱ و ۳۹/۵۳ میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه و در تیمار ۱٪ اسانس فلفل سیاه در روز ۱۵ به ۳۸/۲۰ میلی‌گرم رسید که از حد استاندارد تعیین شده فراتر رفت که با نتایج حاصل از مطالعات /جاق و همکاران^[34] و تقی‌زاده و رضایی^[29] مطابقت دارد. کیتوزان به دلیل داشتن خواص تشکیل روکش و منحصر به فرد مانند افزایش ویسکوزیته به محض آبگیری، قابلیت استفاده در بسته‌بندی مواد را دارد. برای روکش‌های کیتوزان تعدادی از خواص کاربردی شامل خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و نفوذناپذیری در برابر عبور اکسیژن گزارش شده است^[34]. اکسیداسیون چربی یکی از مهم‌ترین دلایل فساد گوشت و کاهش کیفیت آن است که سبب کاهش ارزش غذایی می‌شود^[35]. در اثر اکسیداسیون چربی، هیدروپراکسیدها تولید می‌شوند که در اثر واکنش با دیگر مولکول‌ها موجب از بین رفتن رنگ و ایجاد بوی نامطلوب می‌شوند^[36].

با توجه به نتایج تمامی تیمارها با گذشت دوره نگهداری میزان اسیدچرب آزاد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین مقدار اسیدهای چرب آزاد در روز پانزدهم و در تیمار شاهد مشاهده شد و این شاخص در تیمار پوشش فیلم خوراکی کیتوزان و ۱٪ اسانس فلفل سیاه به‌طور معنی‌داری روند کندتری نسبت به سایر تیمارها داشت که با نتایج حمزه و رضایی^[21] و خزری/حمد/باد^[24] همسو است. میزان استاندارد پراکسید در ماهی تازه تا ۵ میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم چربی گزارش شده است، بنابراین با اندازه‌گیری میزان پراکسید تولیدی می‌توان به تازه و قابل مصرف بودن یا نبودن گوشت پی‌برد^[22].

در پژوهش حاضر میزان FFA در تمام تیمارها در کل طول دوره نگهداری از حد استاندارد تعیین شده فراتر رفت که با نتایج حاصل از مطالعات حیدری و همکاران^[37] با بررسی اثر پوشش آلژینات سدیم غنی شده با اسانس پونه بر کیفیت فیله کپور سرگنده، و آریایی و همکاران^[38] با موضوع تاثیر پوشش فیلم خوراکی متیل سلولز همراه با اسانس اناریجه روی فیله فیتوفاگ، مطابقت دارد. به‌طور کلی اسانس‌های گیاهان به دلیل وجود ترکیبات فنولی، جاذب اکسیژن نیستند ولی از تشکیل رادیکال‌های آزاد اسیدهای چرب جلوگیری می‌کنند، در نتیجه پروسه اتواکسیداسیون در روغن یا چربی دیرتر رخ می‌دهد^[37].

رشد میکروب‌ها یکی از عوامل اصلی فساد مواد غذایی است^[39].

حد اکثر میزان قابل قبول شمارش کلی باکتری‌های هوازی مزوفیل برای ماهیان آب شیرین توسط کمیته بین‌المللی مشخصات میکروبی غذا ۷ لگاریتم واحد تشکیل کلونی بر گرم پیشنهاد شده است^[40]. در پژوهش حاضر با گذشت زمان نگهداری میزان بار باکتریایی کل فیله‌ها افزایش یافت، البته این افزایش در تیمار شاهد شدیدتر بود و در انتهای دوره بیشترین بار باکتریایی را داشت. این میزان در تیمار شاهد در روز ششم به ۷/۲۸ لگاریتم واحد تشکیل کلونی بر گرم و در تیمارهای ۰/۱٪ و ۰/۵٪ اسانس فلفل سیاه در روز نهم به ترتیب به ۷/۱۷ و ۷/۰۱ لگاریتم واحد تشکیل کلونی بر گرم و در تیمار ۱٪ اسانس فلفل سیاه در روز دوازدهم به ۷/۰۴ لگاریتم واحد تشکیل کلونی بر گرم رسید، که از حد استاندارد تعیین شده فراتر رفتند. نتایج پژوهش حاضر با نتایج به دست آمده توسط شرفتی-چالشتوری و همکاران^[41] که اثر پوششی کیتوزان همراه با اسانس لیمو بر کیفیت ماهی قزل‌آلا را بررسی کردند و همچنین مطالعه حیدری و همکاران^[37] که به بررسی اثر آلژینات سدیم حاوی اسانس نعناع وحشی (Mentha longifolia) بر کیفیت فیله ماهی کپور سرگنده در طول نگهداری در دمای ۴°C پرداختند، همسو است.

پوشش‌ها و فیلم‌های کیتوزان نه تنها روی باکتری‌های گرم مثبت و منفی تاثیر دارند بلکه روی مخمرها و کپک‌ها نیز موثرند^[42]. فعالیت ضد میکروبی کیتوزان ناشی از شارژ مثبتی است که با شارژ منفی ماکرومولکول‌های سطح سلول میکروب در تعامل است^[26]. کیتوزان می‌تواند روی سطح سلول به‌صورت غشایی پلیمری باشد که از ورود مواد مغذی به داخل سلول جلوگیری کند یا به‌عنوان سدی در مقابل اکسیژن باشد که از رشد باکتری‌های هوازی جلوگیری می‌نماید^[43]. پترو و همکاران^[44] نشان دادند که ترکیب پونه کوهی (۰/۲۵٪ وزنی/حجمی) با کیتوزان (۱/۵٪ وزنی/حجمی) میزان باکتری‌های هوازی را ۴-۳ لوگ کاهش داد. در حالی که هر کدام از آنها توانست به تنهایی ۲-۱ لوگ از رشد باکتری‌ها بکاهد.

در پژوهش حاضر طبق نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌های شیمیایی و میکروبی، اسانس فلفل سیاه خاصیت ضد باکتریایی در شرایط آزمایشگاهی داشت، از طرفی خاصیت ضد باکتریایی اسانس با پوشش فیلم خوراکی کیتوزان، سبب بهبود وضعیت میکروبی فیله‌های ماهی کپور علف‌خوار در بسته‌بندی MAP در دمای یخچالی شد که می‌توان ترکیب مذکور را به‌عنوان یک پوشش در بسته‌بندی MAP در صنایع تبدیلی غذایی معرفی نمود.

در ارتباط با نتایج کاربردی پژوهش حاضر برای افزایش ماندگاری فیله ماهی در شرایط یخچالی باید در نظر داشت که بخشی از این اثربخشی به دلیل کاربرد بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته است. بنابراین علی‌رغم افزایش هزینه‌های مرتبط با بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته، این امر از نظر کاهش ضایعات فرآورده‌های شیلاتی، ممانعت از کاهش ارزش تغذیه‌ای و افزایش بهره‌وری اقتصادی تحت شرایط نگهداری یخچالی حایز اهمیت است. بنابراین بهینه‌سازی شرایط بسته‌بندی مناسب، استفاده از پوشش‌های ایمن و ترکیبات زیست فعال برای افزایش ماندگاری محصولات شیلاتی هم‌زمان با کاهش هزینه‌های تولید در مطالعات بعدی ضروری به نظر می‌رسد.

نتیجه‌گیری

استفاده از محلول پوششی کیتوزان همراه با اسانس فلفل سیاه در غلظت ۱٪ موجب افزایش ماندگاری فیله کپور علف‌خوار در دمای

tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4 °C. *Meat Sci.* 2007;76(1):172-81.

14- Giatrakou V, Ntzimani A, Savvaidis IN. Combined chitosan-thyme treatments with modified atmosphere packaging on a ready-to-cook poultry product. *J Food Prot.* 2010;73(4):663-9.

15- Bazargani-Gilani B, Aliakbarlu J, Tajik H. Effect of pomegranate juice dipping and chitosan coating enriched with *Zataria multiflora* Boiss essential oil on the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2015;29:280-7.

16- Hosseini-Jad M, Jafari SM. Evaluation of different factors affecting antimicrobial properties of chitosan. *Int J Biol Macromol.* 2016;85:467-75.

17- Ojagh SM, Rezaei M, Razavi SH, Hosseini SMH. Effect of antimicrobial coating on shelf-life extension of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Sci Technol.* 2012;9(34):13-23. [Persian]

18- Patel S. Plant essential oils and allied volatile fractions as multifunctional additives in meat and fish-based food products: a review. *Food Addit Contam.* 2015;32(7): 1049-64.

19- Kostaki M, Giatrakou V, Savvaidis IN, Kontominas MG. Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquaculture sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Food Microbiol.* 2009;26(5):475-82.

20- Molaee Aghaee E, Kamkar A, Akhondzadeh Basti A, Khanjari A, Kontominas M. Effect of packaging with Chitosan biodegradable films formulated with Garlic essential oil (*Allium sativum* L.) on chemical properties of chicken fillet. *J Health Environ.* 2015;8(3):379-90. [Persian]

21- Hamzeh A, Rezaei M. Antioxidant and antibacterial effects of sodium alginate coating enriched with thyme essential oil on rainbow trout fillets during refrigerated storage. *Iran J Nutr Sci Food Technol.* 2011;6(3):11-20. [Persian]

22- Lin CC, Lin CS. Enhancement of the storage quality of frozen bonito fillets by glazing with tea extracts. *Food Control.* 2005;16(2):169-75.

23- Losada V, Barros-Velázquez J, Gallardo JM, Auborg SP. Effect of advanced chilling methods on lipid damage during sardine (*Sardina pilchardus*) storage. *Eur J Lipid Sci Technol.* 2004;106(12):844-50.

24- Khezri Ahmadabad M, Rezaei M, Ojagh SM, Babakhani Lashkan A. The increase of shelf-life of frozen Kilka (*Clupeonella cultriventris*) using natural antioxidants. *J Manag Sys.* 2012;1(1):27-39. [Persian]

25- Quattara B, Simard RE, Holley RA, Piette GJ, Bégin A. Antibacterial activity of selected fatty acids and essential oils against six meat spoilage organisms. *Int J Food Microbiol.* 1997;37(2-3):155-62.

26- Siripatrawan U, Harte BR. Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract. *Food Hydrocoll.* 2010;24(8):770-75.

27- Mexis L, Chouliara E, Kontomias MG. Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf life extension of rainbow trout fillets stored at 4 degrees C. *Food Microbiol.* 2009;26(6):598-605.

28- Lekjing S. A chitosan-based coating with or without clove oil extends the shelf life of cooked pork sausages in refrigerated storage. *Meat Sci.* 2016;111:192-7.

29- Taghizadeh Andevvari GH, Rezaei M. Application of gelatin coating incorporated with cinnamon essential oil

تشکر و قدردانی: نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از حوزه معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز به دلیل فراهم کردن امکانات آزمایشگاهی برای انجام این پژوهش تشکر و قدردانی نمایند.

تأییدیه اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

سهم نویسندگان: سمیه پیله‌رام (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه (۱۰٪)؛ لاله رومیانی (نویسنده دوم)، پژوهشگر اصلی/روشناس/نگارنده بحث (۵۰٪)؛ مهرنوش تدینی (نویسنده سوم)، پژوهشگر کمکی/تحلیلگر آماری (۴۰٪)

منابع مالی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

- 1- Perez-Alonso F, Aubourg SP, Rodriguez O, Barros-Velazquez J. Shelf life extension of Atlantic pomfret (*Brama brama*) fillets by package in under a vacuum-skin system. *Eur Food Res Technol.* 2004;218(4):313-7.
- 2- Stamatis N, Arkoudelos JS. Effect of modified atmosphere and vacuum packaging on microbial, chemical and sensory quality indicators of fresh, filleted *Sardina pilchardus* at 3°C. *J Food Sci Agric.* 2007;87(6):1164-71.
- 3- Sánchez-González L, Vargas M, González-Martínez C, Chiralt A, Cháfer M. Use of essential oils in bioactive edible coatings: A review. *Food Eng Rev.* 2011;3(1):1-16.
- 4- Burt S. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—A review. *Int J Food Microbiol.* 2004;94(3):223-53.
- 5- Ju J, Xie Y, Guo Y, Cheng Y, Qian H, Yao W. Application of edible coating with essential oil in food preservation. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2018;1-62.
- 6- Pino J, Rodriguez-Feo G, Borges P, Rosado A. Chemical and sensory properties of black pepper oil (*Piper nigrum* L.). *Mol Nutr Food Res.* 1990;34(6):555-60.
- 7- Van Haute S, Raes K, Devlieghere F, Sampeers I. Combined use of cinnamon essential oil and MAP/vacuum packaging to increase the microbial and sensorial shelf life of lean pork and salmon. *Food Packag Shelf Life.* 2017;12:51-8.
- 8- Yesudhasan P, Srinivasa Gopal TV, Ravishankar CN, Lalitha KV, Ashok Kumar K. Effect of potassium sorbate and modified atmosphere packaging on the shelf-life extension of seer fish (*Scomberomorus commerson*) steaks during iced storage. *J Food Biochem.* 2010;34(2):339-424.
- 9- Sallam KI, Samejima K. Microbiological and chemical quality of ground beef treated with sodium lactate and sodium chloride during refrigerated storage. *Lebenson Wiss Technol.* 2004;37(8):865-71.
- 10- Egan H, Kirk RS, Sawyer R. Pearson's chemical analysis of foods. 8th Edition, New York: Churchill Livingstone;1981. p. 834.
- 11- Parvaneh V. Quality control and the chemical analysis of food. 4th Edition. Tehran: University of Tehran Publication; 1998. pp: 250-325.
- 12- Uçak I, Özogul Y, Durmuş M. The effects of rosemary extract combination with vacuum packing on the quality changes of Atlantic mackerel fish burgers. *Int J Food Technol.* 2011;46(6):1157-63.
- 13- Georgantelis D, Ambrosiadis I, Katikou P, Blekas G, Georgakis SA. Effect of rosemary extract, chitosan and α-

alginate coating enriched with horsemint (*Mentha longifolia*) essential oil on the quality of bighead carp fillets during storage at 4°C. *Food Sci Nutr*. 2015;3(3):188-94.

38- Ariaii P, Tavakolipour H, Rezaei M, Elhami Rad A. Antimicrobial activity of methyl cellulose based edible film enriched with *Pimpinella affinis* oil on the Hypophthalmichthys molitrix fillet under refrigerator storage condition. *J proc preserv*. 2013;5(1):13-26. [Persian]

39- Chytiri S, Chouliara I, Savvaidis IN, Kontominas MG. Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquaculture Rainbow trout. *Food Microbiol*. 2004;21(2):157-65.

40- Huss HH. Quality and quality changes in fresh fish [Internet]. Rome: FAO; 1995. [cited 2016 Dec 14]. Available from: <http://www.fao.org/docrep/V7180E/V7180E00.HTM>

41- Sharafati Chaleshtori R, Taghizadeh M, Miri S, Asadi Z, Abdipour M, Shiri V. The effect of chitosan coating contained lemon essential oil on microbial quality of rainbow trout. *J Food Microbiol*. 2015;2(2):7-19. [Persian]

42- Ali A, Noh NM, Mustafa MA. Antimicrobial activity of chitosan enriched with lemongrass oil against anthracnose of bell pepper. *Food Packag Shelf Life*. 2015;3:56-61.

43- Liu H, Du Y, Wang X, Sun L. Chitosan kills bacteria through cell membrane damage. *Int J Food Microbiol*. 2004;95(2):147-55.

44- Petrou S, Tsiraki M, Gitrakou V, Savvaidis IN. Chitosan dipping or oregano oil treatments, singly or combined on modified atmosphere packaged chicken breast meat. *Int J Food Microbiol*. 2012;156(3):264-71.

on shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet in refrigerated storage. *Iran Fisch Sci Res Inst*. 2012;21(1):13-24. [Persian]

30- Sun DW, editor. *Hyperspectral imaging for food quality analysis and control*. Amsterdam: Elsevier; 2010. p. 471.

31- Masniyom P, Soottawat B, Visessanguan W. Combination effect of phosphate and modified atmosphere on quality and shelf-life extension of refrigerated seabass slices. *LTW Food Sci Technol*. 2005;38(7):745-56.

32- Kilinc B, Cakli S, Cadun A, Sen B. Effect of phosphate dip treatment on chemical, microbiological, color, textural and sensory changes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during refrigerated storage. *J Food Produc Technol*. 2009;18(1):108-19.

33- Jeya Shakila R, Jeyasekaran G, Vijayalakshmi SK. Effect of vacuum packaging on the quality characteristics of seer fish (*Scomberomorus commersonii*) chunks during refrigerated storage. *J Food Sci Technol*. 2005;42(5):438-43.

34- Ojagh SM, Rezaei M, Razavi SH, Hosseini SMH. Development and evaluation of a novel biodegradable film made from chitosan and cinnamon essential oil with low affinity toward water. *Food Chem*. 2010;122(1):161-6.

35- Sahoo J, kawasra RK, Hooda S. Studies on a-tocopherol acetate as an antioxidant in chicken mince on its quality during refrigerated storage. *J Food Sci Technol*. 2004;41(3):240-43.

36- Karaçam H, Boran M. Quality changes in frozen whole and gutted anchovies during storage at -18°C. *Int J Food Sci Technol*. 1996;31:527-31.

37- Heydari R, Bavandi S, Javadian SR. Effect of sodium