



Evaluation of Color and Tissue of Rainbow Trout Fillet by Chitosan Edible Coating Incorporated with Marjoram Essential Oil during Refrigerated Storage

ARTICLE INFO

Article Type

Original Research

Authors

Jeddi S.¹ MSc,
Jafarpour A.* PhD,
Yeganeh S.¹ PhD,
Naseri M.² PhD

How to cite this article

Jeddi S, Jafarpour A, Yeganeh S, Naseri M. Evaluation of Color and Tissue of Rainbow Trout Fillet by Chitosan Edible Coating Incorporated with Marjoram Essential Oil during Refrigerated Storage. Journal of Fisheries Science and Technology. 2018;7(1): 33-39.

*Fishery Department, Animal Sciences and Fishery Faculty, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

¹Fishery Department, Animal Sciences and Fishery Faculty, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

²Food industry Department, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

Correspondence

Address: Fishery Department, Animal Sciences and Fishery Faculty, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Phone: +98 (11) 33687574

Fax: +98 (11) 33687565

a.jafarpour@sanru.ac.ir

Article History

Received: February 26, 2017

Accepted: May 23, 2017

ePublished: March 20, 2018

ABSTRACT

Aims With regard to increasing the consumption of seafood in fresh form, the present study was conducted with the aim of investigating color and tissue of Rainbow Trout fillet by chitosan edible coating incorporated with marjoram essential oil during refrigerated storage.

Materials & Methods This experimental study was conducted as factorial experiment with completely randomized design. Three fillets without coating were treated with 2% chitosan solution and 2% chitosan solution+0.5% of the essential oil and were examined three times for each treatment. The color and tissue properties were evaluated after 0, 7, 14, and 21 days. The data were analyzed by SPSS 22 software, using two-way ANOVA, and Duncan's Multiple Range Test.

Findings There was no significant difference in the composition of moisture, ash, protein, and total fat between 0 and 21 days at refrigeration temperature. The amount of cold bacteria increased during the storage time and was significantly different in different treatments ($p < 0.05$). The initial number of bacteria showed no significant difference on day 0 between control fillet and treated fillet ($p > 0.05$), but with time, this difference became significant ($p > 0.05$). Fillets treated with chitosan and essential oil resulted in better elastic state and, consequently, better fillet quality compared to the control. The use of 2% chitosan preserved these indices in the fillet without any significant change compared to the control ($p < 0.05$).

Conclusion Coating Rainbow Trout fillet with marjoram essential oil increases its antimicrobial and antioxidant properties and significantly improves the quality of the color and tissue of the fillets of this fish during refrigerated storage.

Keywords Rainbow Trout; Chitosan; Marjoram Essential Oil; Tissue; Color

CITATION LINKS

[1] Antimicrobial edible films and ... [2] Preservation of Fish and ... [3] Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen ... [4] Tea catechins and polyphenols: Health effects, metabolism and ... [5] Effect of refrigerated storage on fillet lipid quality of rainbowtrout ... [6] Influence of cod freshness on the salting, drying ... [7] Edible films and coatings for meat ... [8] Several culinary and medicinal herbs are important sources of ... [9] The antioxidative and antibacterial effect of origanum ... [10] Biodiversity of plant species in Tehran megalopolis: A history of Tehran with references to ... [11] Edible antimicrobial films based on chitosan ... [12] Chitin and chitosan: Major sources, properties and application. In: Belgacem MN, Gandini A, editors. Monomers, polymers and composites ... [13] Physical, mechanical and antibacterial properties of alginate film: Effect of the crosslinking ... [14] The effect of maintenance cover of chitosan and Origanum Vulgare ... [15] The effects of chitosan enriched with cinnamom essence on frozen oncorhynchus mykiss ... [16] Official Methods of Analysis of AOAC ... [17] A rapid method of total lipid extraction and ... [18] Biochemical tests for identification of medical ... [19] Rheological characteristics and microstructure of common carp (cyprinus carpio) surimi and ... [20] Synergistic antimicrobial effect of ethanol, sodium chloride, acetic acid ... [21] Antioxidant and antibacterial effects ... [22] Effects of Sodium Caseinate edible coating on quality of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) processing by-products via isoelectric solubilization/precipitation ... [23] The effect of coating prepared from chitosan and black pepper essential ... [24] The effects of natural extracts on the quality ... [25] Active film from chitosan incorporating ... [26] Applications of chitosan for improvement ... [27] Essential oils: Their antibacterial ... [28] Surimi ... [29] Surimi and Surimi ... [30] Textural effects of ... [31] The gloss of edible coatings as affected by surfactants .. [32] Effect of chitosan on gelling properties ...

بررسی ویژگی‌های بافتی و رنگ فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با استفاده از پوشش خوراکی کیتوزان حاوی اسانس مرزنجوش در طول دوره نگهداری در یخچال

سمیرا جدی MSc

گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

سیدعلی جعفرپور PhD

گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

سکینه یگانه PhD

گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

محمود ناصری PhD

گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

چکیده

اهداف: در راستای افزایش مصرف تازه‌خوری فرآورده‌های شیلاتی، هدف پژوهش حاضر بررسی ویژگی‌های بافتی و رنگ فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با پوشش خوراکی کیتوزان حاوی اسانس مرزنجوش در طول دوره نگهداری در یخچال بود.

مواد و روش‌ها: پژوهش تجربی حاضر به صورت آزمایش فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی انجام شد. سه تیمار فیله‌های ماهی بدون پوشش، با محلول ۲٪ کیتوزان و محلول ۲٪ کیتوزان+۵٪ اسانس مرزنجوش آماده و برای هر تیمار سه تکرار، آزمایش شدند. پس از شکل‌گیری پوشش در روزهای صفر، ۷، ۱۴، ۲۱ و ویژگی‌های بافتی و رنگی ارزیابی شدند. تحلیل داده‌ها با آنالیز واریانس دوطرفه، آزمون چنددامنه‌ای دانکن و نرم‌افزار SPSS 22 انجام شد.

یافته‌ها: آنالیز تقریبی رطوبتی، خاکستر، پروتئین و چربی کل بین روز صفر و ۲۱ نگهداری در دمای یخچال تفاوت معنی‌داری نشان نداد. میزان باکتری‌های سرماگرا در طول دوره نگهداری افزایش یافت و در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌دار داشت ($p < 0.05$). شمارش میزان اولیه باکتری‌ها در روز صفر بین فیله شاهد و فیله‌های تیمار شده تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($p > 0.05$) ولی با گذشت زمان این تفاوت معنی‌دار شد ($p < 0.05$). فیله‌های تیمار شده با کیتوزان و اسانس منجر به حفظ حالت کشسانی بهتر و در نتیجه کیفیت بهتر بافت فیله در مقایسه با شاهد شدند. به‌کاربردن ۲٪ کیتوزان موجب حفظ این شاخص‌ها در فیله بدون تغییر محسوس نسبت به شاهد شد ($p > 0.05$).

نتیجه‌گیری: پوشش دهی فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان با اسانس مرزنجوش موجب افزایش خواص ضد میکروبی و ضد اکسیداسیونی آن می‌شود و به‌طور معنی‌داری کیفیت شاخص‌های رنگ و بافت فیله این ماهی را در طول نگهداری در یخچال حفظ می‌کند.

کلیدواژه‌ها: ماهی قزل‌آلای، پوشش خوراکی کیتوزان، اسانس مرزنجوش، بافت، رنگ

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۰۸

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۰۲

*نویسنده مسئول: a.jafarpour@sanru.ac.ir

مقدمه

از آنجایی که امروزه محصولات غذایی در مناطقی دورتر از محل تولیدشان به فروش می‌رسند، لازم است عمر ماندگاری این محصولات افزایش یابد. غذاهای آماده مصرف، اغلب در معرض آلودگی سطحی هستند که موجب کاهش ماندگاری آنها می‌شود [1]. ماهی یکی از منابع مهم و باارزش پروتئین، چربی و انرژی است. در این میان چربی ماهیان منبع مهمی از اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه و ترکیبات W3 به‌طور عمده دوکوساهگزانوئیک اسید و ایکوساپنتانوئیک اسید است [2]. فرآورده‌های حاصل از ماهیان جزء غذاهایی با فسادپذیری بالا هستند و نسبت به سایر غذاهای گوشتی سریع‌تر فاسد می‌شوند [3].

مجله علوم و فنون شیلات

با توجه به افزایش تقاضای محصولات شیلاتی، برای جلوگیری از فساد و کاهش کیفیت آنها باید مراحل نگهداری و عمل‌آوری محصول پس از صید به‌درستی انجام شود [2]. ترکیبات فزاد حاصل از اکسیداسیون و واکنش هیدرولیتیک چربی‌ها (هیدروپراکسیدها، آلدئیدها، کتون‌ها، اسیدهای چرب و غیره) مشخصات بو، طعم، رنگ، بافت، ارزش غذایی و به‌طور کلی کیفیت ماهی را دستخوش تغییر کرده و موجب عدم مطلوبیت برای مصرف‌کنندگان می‌شود [4]. وجود مقادیر زیاد اسیدهای چرب، ماهی قزل‌آلای را برای فساد اکسیداتیو مستعد می‌سازد [5]. از آنجایی که ماهی تازه نسبت به ماهی منجمد [6] تحت توجه بیشتری است، می‌توان با افزودن نگهدارنده‌های طبیعی به گوشت ماهی از فساد آن جلوگیری کرد. به‌علاوه تمایل زیادی درباره توسعه دانش و استفاده از پوشش‌های طبیعی و حاوی مواد ضد میکروبی در حفظ کیفیت گوشت و افزایش ماندگاری آن وجود دارد که ناشی از آگاهی و علاقه‌مندی به مصرف غذاهای طبیعی و سالم است [7].

تاکنون از بین تمام اسانس‌های گیاهی استفاده شده، اسانس مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) توجه خاصی را به خود جلب کرده است [8، 9]. ترکیب شیمیایی اسانس گیاه مرزنجوش وحشی برحسب محل رویش، متفاوت بوده و شامل هیدروکربور معطر یک‌حلقوی به نام آلفاترپین، تیمول، روغن و مواد دیگر با ویژگی‌های گندزایی است. وزن مخصوص آن در گرمای ۱۵°C بین ۰/۹۱۷ و ۰/۹۴ است [10]. از سویی دیگر کیتوزان از استیل‌زدایی کیتین، یکی از فراوان‌ترین پلیمرهای طبیعی به دست می‌آید [11]. این ماده به‌عنوان یک منبع مهم تجدیدپذیر و دومین پلیمر زیستی طبیعی فراوان پس از سلولز است [12]. ترکیب عوامل نگهدارنده طبیعی با فیلم‌ها موجب می‌شود این عوامل به‌آرامی به سطح غذا آزاد شده و اثر آنها برای مدت طولانی‌تری باقی می‌ماند [13]. با توجه به مطالب فوق و حساسیت بالای گوشت ماهیان در برابر فساد می‌توان از ترکیب کیتوزان و اسانس مرزنجوش برای ایجاد پوششی با خواص ضدباکتریایی و ضداکسیدانی استفاده کرد تا بتوان محصولی با کیفیت‌تر به دست مصرف‌کنندگان رساند. از سویی دیگر اغلب مطالعات انجام‌شده فلور میکروبی و شاخص‌های شیمیایی و بیوشیمیایی تیمارهای متاثر از استفاده پوشش‌های خوراکی را بررسی کرده‌اند، در حالی که روی سایر شاخص‌های بیوفیزیکی از قبیل رنگ فیله و ویژگی‌های بافتی آن مطالعه‌ای انجام نشده است این شاخص‌ها می‌توانند از عوامل مهم بازاریابی این گونه فرآورده‌ها باشند. بنابراین در این مطالعه علاوه بر شاخص‌های بیوشیمیایی و میکروبی که داده‌های آن در مقاله جداگانه‌ای به چاپ رسیده است [14]. دو ویژگی مهم رنگ و بافت فیله‌های پوشش‌داده‌شده با فیلم کیتوزان به‌صورت جداگانه و به‌همراه اسانس مرزنجوش در طول دوره نگهداری در یخچال بررسی شده است.

پژوهش حاضر با هدف بررسی ویژگی‌های بافتی و رنگ فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با استفاده از پوشش خوراکی کیتوزان حاوی اسانس مرزنجوش در طول دوره نگهداری در یخچال انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش تجربی حاضر به‌صورت آزمایش فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی انجام شد. کیتوزان به شکل پودر (سیگما؛ ایالات متحده) و با درجه استیل‌اسیون ۸۶٪ تهیه و اسانس مرزنجوش (شرکت گیاه-اسانس؛ گرگان؛ ایران) خریداری شد. پس از تهیه محلول ۱٪

دوره ۷، شماره ۱، زمستان ۱۳۹۶

مربوط به باکتری‌های سرماگرا پس از ۱۰ روز انکوباسیون در دمای ۴°C شمارش شدند [18].

شمارش سودوموناس‌ها: محیط کشت ستریمیدآگار برای شمارش سودوموناس‌ها به کار رفت و از رقت‌های تهیه شده مقداری مشخصی از آن به صورت سطحی در محیط کشت ستریمیدآگار کشت و در دمای ۳۰°C به مدت ۲ ساعت انکوبه شدند. باکتری‌های رشد یافته روی محیط نشان‌دهنده جنس سودوموناس بودند [18].

آنالیز پروفایل بافت: با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری بافت مدل CT3 (BROOK FIELD؛ ایلات متحده) مجهز به یک پروب استوانه‌ای TA25/1000* 50/8 (بروکفیلد؛ ایالات متحده) انجام شد. سه برش (بین باله دم و آخرین باله شکمی) از هر تیمار (۴۰ میلی‌متر طول، ۳۰ میلی‌متر عرض و ۱۲ میلی‌متر ضخامت) تهیه و در روزهای صفر، ۷، ۱۴ و ۲۱ از نظر شاخص‌های بافتی مانند سختی، کشسانی، پیوستگی و قابلیت جویدن ارزیابی شدند [19].

رنگ‌سنجی: رنگ‌سنجی با دستگاه رنگ‌سنج انجام شد. پس از عکس‌برداری اولیه مقادیر L^* ، a^* و b^* که به ترتیب بیانگر روشنایی (L)، قرمزی (a) و زردی (b) هستند، با دستگاه مجهز به رایانه مدل MAH 3000 و سنسور CTH 2432 (شرکت طب البرز ایرانا؛ شیراز؛ ایران) اندازه‌گیری شد و رنگ نمونه‌های فیله بدون محافظ (شاهد)، فیله حاوی کیتوزان ۲٪ و فیله حاوی کیتوزان ۲٪+اسانس ۰/۵٪ مورد آزمون قرار گرفت. شاخص سفیدی (Whiteness) از رابطه زیر محاسبه شد [19]:

$$Whiteness = 100 - [(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

به منظور بررسی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی از آنالیز واریانس دوطرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ استفاده شد. داده‌ها با نرم‌افزار آماری SPSS 22 تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها

آنالیز تقریبی رطوبت، خاکستر، پروتئین و چربی کل برای فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان بین روز صفر و ۲۱ نگهداری در دمای یخچال تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱).

جدول ۱) میانگین آماری آنالیز تقریبی فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان

ترکیبات اندازه‌گیری شده	روز صفر	روز ۲۱
پروتئین	۱۹/۰۳ ± ۰/۲۰	۱۸/۰۸ ± ۰/۱۸
چربی	۷/۶۱ ± ۰/۴۷	۷/۵۹ ± ۰/۷۲
رطوبت	۷۰/۵۳ ± ۳/۱۱	۷۰/۷۰ ± ۲/۰۵
خاکستر	۲/۵۳ ± ۰/۱۷	۲/۹۳ ± ۰/۰۴

میزان باکتری‌های سرماگرا در طول دوره نگهداری افزایش یافت، همچنین میزان باکتری‌های سرماگرا در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌دار داشت ($p < 0.05$ ؛ نمودار ۱). به طوری که میزان اولیه این باکتری‌ها در روز صفر نگهداری، برای همه تیمارها حدود 7.07×10^7 CFU/g (لگاریتم تعداد کلونی در گرم نمونه) بود و در روز ۱۴ نگهداری، این میزان در فیله شاهد به 7.05×10^9 CFU/g رسید که بالاتر از حد مجاز توصیه شده برای ماهی خام ($7 \log$ CFU/g) و در فیله پوششی کیتوزان 7.01×10^6 CFU/g بود، اما در نمونه پوششی کیتوزان و اسانس مرزنجوش این میزان حدود 7.03×10^5 CFU/g شد و نسبت به فیله شاهد کاهش یافت. به طوری که نمونه‌های پوششی با

حجمی - حجمی اسیداستیک، ۲/۰ گرم از کیتوزان با وزن مولکولی پایین (۳۰ تا ۳۲ کیلوالتون) به ۱۰۰ سی‌سی محلول اسیداستیک ۱٪ اضافه و سپس به آهستگی ۲ گرم کیتوزان با وزن مولکولی متوسط (۷۵ کیلوالتون)، به محلول اسیداستیک در دمای ۴۰°C افزوده و از یک همزن شیشه‌ای برای انحلال کیتوزان استفاده شد. کیتوزان پس از ۳ ساعت در اسیداستیک حل و محلولی به رنگ قهوه‌ای کم‌رنگ تشکیل شد. در این مرحله گلیسرول به میزان ۰/۷۵ میلی‌لیتر بر گرم کیتوزان به محلول اضافه شد، از گلیسرول به عنوان ماده بهبوددهنده برای شکل‌گیری و جلوگیری از شکنندگی پوشش استفاده شد. پس از ۳۰ دقیقه محلول مورد نظر به دلیل وجود ناخالصی با کاغذ واتمن ۳ تحت شرایط خلا صاف شد. پیش از افزودن اسانس، توئین ۸۰ به عنوان امولسی‌فایر به میزان ۰/۰۲٪ حجمی - حجمی به محلول کیتوزان اضافه شد. در نهایت پس از ۳۰ دقیقه هم‌زدن امولسی‌فایر درون محلول پخش شد و محلول به عنوان پوشش‌دهنده به کار رفت [15]. محلول کیتوزان - مرزنجوش با افزودن مقدار ۰/۵٪ حجمی - حجمی اسانس مرزنجوش به محلول پایه کیتوزان اضافه و در دمای ۴۰°C به آرامی با استفاده از یک مخلوط‌کن درون محلول توزیع شد.

ماهی قزل‌آلا با وزن حدود ۴۰۰ تا ۵۵۰ گرم پس از خرید از مزرعه پرورش قزل‌آلا در شیراز با جعبه‌های محتوی یخ به آزمایشگاه منتقل و پس از سر و دم‌زنی و جداسازی پوست و استخوان در دمای اتاق (۲۵°C) از هر ماهی ۲ فیله تهیه شد. بخشی از فیله‌ها بدون محافظ (شاهد) و بخشی با محلول کیتوزان ۲٪ و محلول کیتوزان ۲٪+اسانس ۰/۵٪ تیمار و به روش غوطه‌وری در محلول قرار داده شد، از محلول خارج شده و به مدت ۳۰ دقیقه در مجاورت هوا قرار گرفت تا پوشش ننگ‌دارنده روی فیله تشکیل شود. پس از شکل‌گیری پوشش از هر تیمار سه تکرار تهیه [15] و سپس نمونه‌ها در یخچال روی سینی‌های پلاستیکی به ترتیب چیده شدند و آزمایش‌های زیر در فواصل زمانی صفر، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز، روی ماهی‌های تیمار و شاهد انجام گرفت.

در این تحقیق سه تیمار و برای هر تیمار سه تکرار آزمایش شدند. **آنالیز تقریبی:** آنالیز تقریبی شامل اندازه‌گیری رطوبت، خاکستر، پروتئین، چربی کل نمونه بود که براساس روش استاندارد صورت گرفت [16]. برای تعیین میزان رطوبت، ۵ گرم نمونه تا زمانی که وزن آن ثابت شود، در آن ۱۰۵°C قرار داده شد. برای اندازه‌گیری خاکستر، ۰/۵ گرم نمونه به مدت ۴۸ ساعت در آن ۶۵°C و سپس درون بوته چینی در کوره الکتریکی و در دمای ۵۵۰°C، به مدت ۵ ساعت قرار گرفت تا زمانی که سوزانده شد و خاکستر آن بر جای ماند. اندازه‌گیری پروتئین کل به شیوه کلدال و با استفاده از ضریب تبدیل ۶/۲۵ صورت گرفت. چربی کل نیز به شیوه استخراج با کلروفورم/متانول اندازه‌گیری شد [17]. بدین‌منظور ابتدا فاز پایینی مواد نه‌نشین‌شده درون دکانتور که در بخش اندازه‌گیری پراکسید ذکر خواهد شد، در ارلن ریخته شد و روی هیتر با حرارت ملایم قرار گرفت تا حلال پریده و چربی بر جای بماند. مجدد ارلن که اینبار حاوی چربی بود وزن شده و از اختلاف آنها، چربی کل محاسبه شد.

آنالیز میکروبی

شمارش باکتری‌های سرماگرا: برای شمارش باکتریایی نمونه‌ها، ابتدا ۱۰ گرم نمونه گوشت در شرایط استریل با ۹۰ میلی‌لیتر محلول نمک طعام ۰/۸۵٪ با کمک همزن هم‌وزن شد. این محلول برای تهیه رقت‌های متوالی و شمارش باکتری‌های سرماگرا در محیط TSA (تریپتیک‌سوی آگار) به کار رفت. ۱/۰ میلی‌لیتر از نمونه‌های تهیه شده، روی محیط کشت به طور سطحی پخش شده و پلیت‌های

تیمار حاوی ۲٪ کیتوزان کمترین تغییرات رنگ از لحاظ شاخص‌های روشنایی، قرمزی، زردی و در نهایت سفیدی با تیمار شاهد را داشت و نسبت به تیمار حاوی ۵٪ اسانس نیز کارایی بالاتری داشت (جدول ۳).

جدول ۲) میانگین آماری شاخص‌های بافتی فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در سه گروه تیماری مختلف

گروه‌های تیماری مختلف	سختی (g)	به هم پیوستگی (بدون واحد)	خاصیت کشسانی (میلی‌متر)
شاهد (فیله بدون پوشش)			
روز صفر	۱۳۵/۵۰±۲/۷۸ ^{de}	۰/۳۱±۰/۰۱ ^{cd}	۰/۶±۰/۰۳ ^{ef}
روز ۷	۱۵۵/۳۰±۸/۹۰ ^d	۰/۳۱±۰/۰۱ ^{cd}	۰/۷۶±۰/۰۴ ^{cd}
روز ۱۴	۱۱۰/۸۳±۶/۸۲ ^{ef}	۰/۴۲±۰/۰۴ ^b	۰/۶۳±۰/۰۶ ^{ef}
روز ۲۱	۸۸/۵۰±۵/۲۶ ^f	۰/۴۳±۰/۰۵ ^b	۰/۵۶±۰/۰۲ ^f
فیله با پوشش کیتوزان ۲٪			
روز صفر	۱۳۳/۰۲±۳/۰۰ ^{de}	۰/۳۲±۰/۰۳ ^{cd}	۰/۶۷±۰/۰۶ ^{de}
روز ۷	۲۴۶/۸۳±۲۵ ^c	۰/۴۰±۰/۰۴ ^c	۰/۷۶±۰/۰۵ ^{bcd}
روز ۱۴	۲۶۷/۶۶±۲۵/۹۰ ^c	۰/۵۳±۰/۰۱ ^a	۰/۹۵±۰/۰۱ ^a
روز ۲۱	۳۲۱/۰۰±۵/۴۰ ^b	۰/۶۳±۰/۰۲ ^a	۰/۸۷±۰/۰۱ ^a
فیله با پوشش کیتوزان ۲٪ و اسانس ۵٪			
روز صفر	۱۷۴/۶۶±۲۳/۲۲ ^e	۰/۳۳±۰/۰۱ ^{bcd}	۰/۷۴±۰/۰۴ ^d
روز ۷	۲۷۳/۵۰±۱۸/۵۰ ^c	۰/۲۸±۰/۰۲ ^d	۰/۸۶±۰/۰۴ ^{ab}
روز ۱۴	۲۷۸/۵۰±۱۹/۶۷ ^c	۰/۵۴±۰/۰۷ ^a	۰/۸۵±۰/۰۴ ^{abc}
روز ۲۱	۳۵۸/۱۶±۳۳/۹۰ ^b	۰/۵۴±۰/۰۳ ^a	۰/۹۵±۰/۰۷ ^a

حروف متفاوت بالانویس شده بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح خطای آزمون ۰/۰۵ در هر ستون دربار هر شاخص به صورت مجزا است.

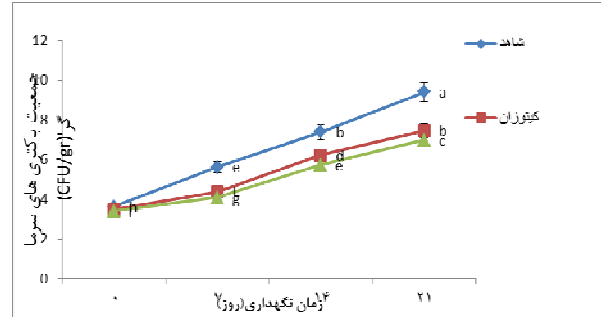
جدول ۳) میانگین آماری شاخص‌های رنگ‌سنجی فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در سه گروه تیماری مختلف

گروه‌های تیماری مختلف	روشنایی (L)	قرمزی (a)	زردی (b)	سفیدی (Whiteness)
شاهد (فیله بدون محافظ)				
روز صفر	۳۵/۱۲±۰/۵۴ ^{da}	۲۳/۵۶±۳/۱۲ ^{bc}	۲۳/۹۷±۴/۲۳ ^{bcd}	۳۳/۴۶±۳/۹۲ ^{bc}
روز ۷	۴۱/۴۵±۳/۳۱ ^{bc}	۳۰/۹۱±۲/۷۰ ^a	۳۱/۰۰±۲/۰۸ ^a	۲۶/۷۳±۲/۹۱ ^{def}
روز ۱۴	۴۶/۳۷±۳/۵۷ ^b	۲۲/۴۴±۲/۱۶ ^{bcd}	۲۴/۴۰±۲/۰۸ ^{bcd}	۳۲/۵۰±۲/۰۴ ^{bc}
روز ۲۱	۴۲/۷۰±۳/۳۹ ^{bc}	۱۸/۹۷±۱/۵۰ ^d	۲۴/۳۰±۱/۶۵ ^{bcd}	۳۶/۱۶±۰/۸۵ ^b
فیله با پوشش کیتوزان ۲٪				
روز صفر	۳۲/۶۱±۳/۵۸ ^{ef}	۲۲/۳۳±۳/۰۸ ^{bcd}	۲۲/۲۵±۳/۳۶ ^d	۲۲/۸۳±۱/۱۰ ^f
روز ۷	۴۱/۹۴±۴/۴۴ ^{bc}	۲۶/۱۳±۰/۵۷ ^b	۲۸/۶۸±۳/۱۸ ^{ab}	۳۰/۰۰±۲/۴۹ ^{cde}
روز ۱۴	۴۴/۵۶±۴/۵۹ ^{bc}	۲۰/۸۱±۱/۲۹ ^{cd}	۲۵/۷۰±۲/۷۵ ^{bcd}	۳۲/۱۲±۰/۲۴ ^{bc}
روز ۲۱	۳۴/۱۵±۰/۵۲ ^{de}	۲۳/۹۸±۱/۴۷ ^{bc}	۲۳/۱۳±۰/۲۸ ^{cd}	۲۶/۲۰±۰/۵۱ ^{ef}
فیله با پوشش کیتوزان ۲٪ و اسانس ۵٪				
روز صفر	۳۸/۸۴±۳/۷۱ ^{cd}	۱۹/۰۳±۰/۹۴ ^d	۲۱/۰۰±۰/۶۳ ^d	۳۲/۳۶±۳/۸۴ ^{bc}
روز ۷	۶۰/۵۰±۲/۱۶ ^a	۱۷/۷۲±۳/۳۶ ^e	۲۷/۴۸±۲/۲۵ ^{abc}	۴۹/۶۶±۲/۵۵ ^a
روز ۱۴	۳۲/۷۲±۳/۱۱ ^{ef}	۲۳/۴۶±۳/۵۷ ^{bcd}	۲۲/۷۷±۲/۴۱ ^{cd}	۲۴/۹۵±۳/۱۶ ^f
روز ۲۱	۲۷/۹۶±۱/۷۰ ^f	۲۲/۶۲±۱/۳۰ ^{bcd}	۲۱/۳۰±۱/۲۴ ^d	۳۰/۹۶±۱/۹۰ ^{cd}

حروف متفاوت بالانویس شده بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح خطای آزمون ۰/۰۵ در هر ستون دربار هر شاخص به صورت مجزا است.

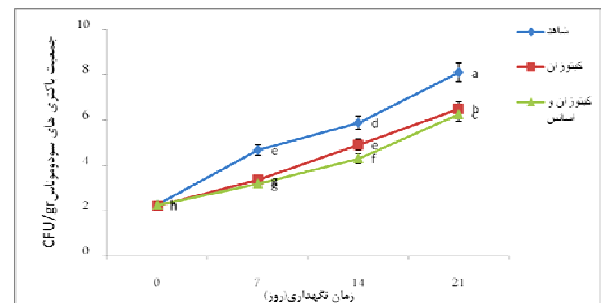
بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی ویژگی‌های بافتی و رنگ فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با استفاده از پوشش خوراکی کیتوزان حاوی اسانس مرزنجوش در طول دوره نگهداری در یخچال انجام شد. اسانس مرزنجوش به دلیل مشتقات فنلی مانند کارواکرول و تیمول فعالیت ضد میکروبی گسترده‌ای دارد و یکی از موثرترین اسانس‌ها در کنترل رشد میکروارگانیسم‌ها محسوب می‌شود. طبق یافته‌های کوریتا و کویک^[20] اثر ضد میکروبی اسانس مرزنجوش به فنل، الکل‌ها، آلدئیدها، کتون‌ها، استرها و هیدروکربن‌های موجود در



نمودار ۱) میزان باکتری‌های سرماگرا در فیله شاهد، فیله پوشش‌داده‌شده با کیتوزان ۲٪ و فیله پوشش‌داده‌شده با کیتوزان ۲٪ و اسانس ۵٪ در طول زمان نگهداری در یخچال حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار در هر روز نگهداری را نشان داد (p<۰/۰۵).

شمارش میزان اولیه این باکتری‌ها در روز صفر نگهداری در فیله شاهد و فیله‌های تیمار شده حدود $2/24 \pm 0/04 \log CFU/g$ بود، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد ($p > 0/05$; نمودار ۲).



نمودار ۲) میزان باکتری‌های سودوموناس در فیله شاهد، فیله پوشش‌داده‌شده با کیتوزان ۲٪ و فیله پوشش‌داده‌شده با کیتوزان ۲٪ و اسانس ۵٪ در طول زمان نگهداری در یخچال حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار در هر روز نگهداری را نشان می‌دهد (p<۰/۰۵).

با گذشت زمان این تفاوت معنی‌دار شد ($p > 0/05$) به طوری که مقدار سودوموناس‌ها در روز صفر در فیله قزل‌آلا از حدود $2/27 \pm 0/16 \log CFU/g$ در فیله شاهد تا حدود $5/88 \pm 0/22 \log CFU/g$ در روز ۱۴ افزایش یافت، در حالی که این میزان در تیمار پوششی کیتوزان حدود $4/91 \pm 0/24 \log CFU/g$ مشاهده شد و کمترین میزان سودوموناس‌ها مربوط به تیمار پوششی کیتوزان و اسانس $4/31 \pm 0/06 \log CFU/g$ بود.

با گذشت زمان در تیمار شاهد از روز صفر تا روز ۲۱، پارامتر به هم پیوستگی متناسب با شاخص سختی در تمامی روزها افزایش یافت این روند در تیمار حاوی کیتوزان و تیمار حاوی اسانس نیز مشاهده شد، با این تفاوت که میزان این افزایش در این تیمارها در روز ۲۱ نگهداری به طور معنی‌داری بالاتر از تیمار شاهد بود. در تیمار شاهد به هم پیوستگی افزایش یافت (جدول ۲).

بر اساس نتایج رنگ‌سنجی، شاخص روشنایی در تیمار شاهد با گذشت زمان از روز صفر تا ۷ افزایش معنی‌داری نشان داد، اما از روز ۷ تا ۲۱ تغییر مشهودی در روشنایی مشاهده نشد. با اضافه کردن ۲٪ کیتوزان تقریباً روند مشابهی با تیمار شاهد مشاهده شد.

با اضافه کردن ۵٪ اسانس به تیمار حاوی ۲٪ کیتوزان میزان روشنایی از روز صفر تا روز ۷ نگهداری به طور بسیار معنی‌داری افزایش پیدا کرد که دلیل آن به رنگ شیرین ایجاد شده در محلول استفاده شده برای پوشش فیله‌ها مربوط بود، از این رو همین روند در خصوص شاخص سفیدی فیله‌ها نیز مشاهده شد. در نهایت

بررسی ویژگی‌های بافتی و رنگ فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با استفاده از پوشش خوراکی کیتوزان حاوی اسانس مرزنجوش در طول دوره نگهداری در یخچال ۳۷ (صفر، ۰/۴، ۰/۸، ۱/۵، ۲٪) بر کیفیت و ماندگاری فیله سرد شده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مشخص شد که تیمارهای پوششی به‌ویژه تیمارهایی با پوشش اسانس تفاوت معنی‌داری از نظر آنالیزهای میکروبی، با تیمار شاهد داشتند. در خصوص نحوه مکانیزم عمل ضد میکروبی کیتوزان و اسانس می‌توان بیان کرد که از آنجایی که روکش کیتوزان به شکل جامد است، تنها از رشد میکروارگانیسم‌هایی که در تماس مستقیم با قسمت‌های فعال کیتوزان هستند، جلوگیری می‌شود و کیتوزان قادر به نفوذ و انتشار در محیط جامد مجاور نیست. بنابراین افزودن اسانس موجب نفوذ و انتشار ترکیبات ضد میکروبی به داخل روکش شد^[15]. با توجه به نتایج به‌دست آمده در خصوص اثر سینرژیستی تنها نظر بر احتمال وجود این اثر است. پوشش طبیعی کیتوزان بی‌پولی‌ساکارید غیرسمی و طبیعی و قابل تجزیه بوده و پتانسیل لازم برای استفاده به‌عنوان ترکیبی ضد میکروبی را دارد. کیتوزان موجب شلاته شدن یون‌های خاصی در لایه لیپولی‌ساکاریدی دیواره خارجی باکتری‌ها شده یا به‌واسطه نیروهای الکترواستاتیکی بین گروه‌های NH_3^+ در کیتوزان و گروه‌های با بار منفی در سطح سلول، پیوند ایجاد می‌کند. در هر دو حالت، تراوایی غشای سلولی افزایش یافته و ترکیبات مهم سلولی موجود در باکتری خارج و باکتری از بین می‌رود^[25].

نگهداری ماهی در یخچال در مدت طولانی موجب تغییر در طعم و بافت شده و آن را غیرقابل مصرف می‌کند که عمدتاً به دلیل رشد میکروبی سریع میکروارگانیسم‌های ماهی یا مواد سرایت‌شده، ایجاد می‌شود^[27]. ظاهر و رنگ از شاخص‌های کیفی پذیرش محصول هستند. رنگ در فیله ناشی از عملکرد دو رنگدانه میوگلوبین و هموگلوبین است که به‌دلیل مشکلات ناشی از مصرف نگهدارنده‌های مصنوعی و نیز نگرانی‌های زیست‌محیطی ناشی از تجمع پلیمرهای مصنوعی، کمپسیون بین‌المللی CIE روشی را برای اندازه‌گیری رنگ ارایه داده است^[15].

بر اساس نتایج پژوهش حاضر با گذشت زمان در تیمار شاهد از روز صفر تا ۲۱ شاخص به‌هم‌پیوستگی متناسب با شاخص سختی در تمامی روزها افزایش می‌یابد، این روند در تیمار حاوی کیتوزان و تیمار حاوی اسانس نیز مشاهده شد. در حالی که در فیله‌های تیمار شده با کیتوزان و اسانس، ویژگی کشسانی با گذشت زمان به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. باید توجه کرد که افزایش شاخص سختی در آزمون آنالیز پروفایل بافت همواره به معنی بهبود بافت نیست، بلکه با توجه به ماهیت نمونه آزمایشی قابل تفسیر است. در این مطالعه افزایش سختی به احتمال خیلی زیاد مربوط به کاهش رطوبت نمونه‌ها و افزایش سفتی آن^[28] در طول دوره نگهداری و همچنین خشک شدن پوشش سطح نمونه بود. بنابراین نرم‌شدگی بافت نمونه‌ها به‌دلیل فعالیت‌های میکروبی تحت تاثیر عوامل مذکور بوده و نتوانست همبستگی لازم با شاخص‌های بافت را نشان دهد. از این رو می‌توان بیان کرد که تیمار کیتوزان و تیمار حاوی اسانس هر دو موجب حفظ کیفیت بافت شدند. با توجه به اینکه در تیمار شاهد به‌هم‌پیوستگی افزایش یافت، توجه به این نکته ضروری است که شاخصی مانند به‌هم‌پیوستگی بافت نشان‌دهنده کیفیت باندهای پروتئینی در بافت نمونه است نه تعداد باندهای پروتئینی^[29]، بنابراین در برآورد کیفیت یک نمونه علاوه بر توجه به شاخص استحکام بافت که حاصل ضرب دو پارامتر نیرو و مسافت است، توجه به شاخص مسافت (معرف شاخص به‌هم‌پیوستگی) اهمیت ویژه‌ای دارد. اما در خصوص نمونه شاهد در این مطالعه نمی‌توان افزایش این شاخص را به حفظ

ترکیبات آن مربوط است. باکتری‌های سرماگرا و عمدتاً گونه‌های سودوموناس، آنزیم‌های لیپاز و فسفولیپاز تولید می‌کنند که موجب افزایش اسیدهای چرب آزاد می‌شوند. حد مجاز این باکتری‌ها در طول دوره ذخیره‌سازی $\log \text{CFU/g}$ است^[21].

در مطالعه حاضر تعداد باکتری‌های سرماگرا و سودوموناس با افزایش زمان نگهداری افزایش یافت. همچنین میزان باکتری‌های سرماگرا بین تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت و با افزایش زمان نگهداری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در روز ۱۴ نگهداری، این میزان در فیله شاهد به $\log \text{CFU/g}$ 7.4 ± 0.6 که بالاتر از حد مجاز توصیه‌شده برای ماهی خام بود و در فیله پوششی کیتوزان $\log \text{CFU/g}$ 6.22 ± 0.10 افزایش یافت، اما در نمونه پوششی کیتوزان و اسانس مرزنجوش این میزان به حدود $\log \text{CFU/g}$ 5.74 ± 0.08 افزایش پیدا کرد. میزان اولیه باکتری‌های سودوموناس در روز صفر نگهداری در فیله شاهد و فیله‌های تیمار شده $\log \text{CFU/g}$ 7.27 ± 0.16 بود که تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. با گذشت زمان مقدار سودوموناس‌ها در روز صفر در فیله قزل‌آلا در تیمار شاهد تا حدود $\log \text{CFU/g}$ 5.88 ± 0.21 در روز ۱۴ افزایش یافت، در حالی که این میزان در تیمار پوششی کیتوزان حدود $\log \text{CFU/g}$ 4.91 ± 0.24 مشاهده شد و کمترین میزان سودوموناس مربوط به تیمار پوششی کیتوزان و اسانس به میزان $\log \text{CFU/g}$ 4.31 ± 0.06 بود. نمونه‌های پوششی با کیتوزان-مرزنجوش بار میکروبی کمتری داشتند^[22].

اثر ضد اکسیدانی و ضد میکروبی اسانس مرزنجوش تحت تاثیر ترکیبات فنلی بسیار آن شامل تیمول، کارواکرول، رزمارینیک اسید و ترپنوبیدهای تقویت‌کننده اثر آنها ارتوسایمن و گاماترپیننولینالول است که محققان بیشترین عملکرد ضد اکسیدانی و ضد میکروبی آن را به تیمول و کارواکرول نسبت داده‌اند. اثر نگهدارندگی این گیاه از پلی‌فنول است که به‌طور عمده مربوط به خواص آنتی‌میکروبی و مهار برخی از فعالیت‌های آنزیمی و همچنین توانایی مهار رادیکال آزاد و در نتیجه پیشگیری از اکسیداسیون چربی است^[9].

باکتری‌های سرما دوست گرم منفی گروه اصلی میکروارگانیسم‌های عامل فساد ماهی نگهداری‌شده در دماهای سرد هستند^[23].

بررسی تاثیر پوشش نگهدارنده خوراکی کاربئنات سدیم غنی‌شده با اسانس آویشن شیرازی بر کیفیت و ماندگاری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نگهداری‌شده در یخچال نشان داد که در پایان مدت ذخیره‌سازی (۲۰روز)، شمارش باکتری‌های کل دو تیمار کاربئنات محتوی ۰/۵ و ۱٪ اسانس آویشن، با اختلاف معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود. با بررسی اثرهای ضد اکسیدانی و ضد باکتریایی عصاره‌های مرزنجوش، چای سبز، مریم‌گلی و برگ‌بو با دوز ۰/۳ و ۰/۶٪ بر کیفیت برگرمای منجمد ماکرل (*Scomber japonicus*) مشخص شد شمارش باکتری‌های کل در برگرمای برای همه تیمارهای حاوی اسانس در طول دوره ذخیره‌سازی از حد مجاز تجاوز نمی‌کند. میان تیمارهای حاوی اسانس نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($p < 0.05$) و به‌طور کلی در میان عصاره‌ها، عصاره مرزنجوش (۰/۶٪) در کنترل رشد میکروارگانیسم‌ها موثرتر بود. در این تحقیق استفاده از عصاره در دوز ۰/۶٪ نسبت به دوز ۰/۳٪، منجر به رشد پایین‌تر باکتری در برگرمای شد. تعداد باکتری‌های سرماگرا نیز در تیمارهای برگرمای حاوی عصاره مرزنجوش (۰/۶٪) و پس از آن عصاره چای سبز ۰/۶٪ کاهش بیشتری را نشان داد^[24].

در مطالعه /حاجی^[15]، با استفاده از پوشش نگهدارنده کیتوزان غنی‌شده با اسانس دارچین در غلظت‌های کیتوزان (۲٪) و اسانس

کیتوزان کاهش یافت، به طوری که میزان زردی در تیمار حاوی کیتوزان به طور معنی‌داری پایین‌تر از تیمار شاهد بود.

نتیجه‌گیری

پوشش‌دهی فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان با اسانس مرزنجوش موجب افزایش خواص ضد میکروبی و ضد اکسیداسیونی آن می‌شود و به طور معنی‌داری کیفیت شاخص‌های رنگ و بافت فیله این ماهی را در طول نگهداری در یخچال حفظ می‌کند.

- تشکر و قدردانی:** موردی از سوی نویسندگان بیان نشده است.
تاییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان بیان نشده است.
تعارض منافع: موردی از سوی نویسندگان بیان نشده است.
سهم نویسندگان: موردی از سوی نویسندگان بیان نشده است.
منابع مالی: موردی از سوی نویسندگان بیان نشده است.

منابع

- 1- Cagri A, Ustunol Z, Ryser ET. Antimicrobial edible films and coatings. *J Food Prot.* 2004;67(4):833-48.
- 2- Berkel BM, Boogaard BV, Heijnen C. Preservation of Fish and Meat. Guijt J, Kat-Reynen C, translators. Goffau-Markusse M, editor. Wageningen: Agromisa Foundation; 2004. pp. 16-8.
- 3- Fan W, Sun J, Chen Y, Qiu J, Zhang Y, Chi Y. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. *Food Chem.* 2009;115(1):66-70.
- 4- Higdon JV, Frei B. Tea catechins and polyphenols: Health effects, metabolism and antioxidant functions. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2003;43(1):89-143.
- 5- Yildiz M, Şener E, Gün H. Effect of refrigerated storage on fillet lipid quality of rainbow trout fed a diet containing different levels of dl α -tocopherol acetate. *Turk J Vet Anim Sci.* 2006;30:143-50.
- 6- Barat JM, Gallart-Jornet L, Andrés A, Akse L, Carlehög M, Skjerdal OT. Influence of cod freshness on the salting, drying and desalting stages. *J Food Eng.* 2006;73(1):9-19.
- 7- Embuscado ME, Huber KC. Edible films and coatings for meat and poultry. In: Embuscado ME, Huber KC. Edible films and coatings for food applications. Berlin: Springer Science & Business Media; 2009. pp. 245-68. source=gbs_navlinks_s
- 8- Dragland S, Senoo H, Wake K, Holte K, Blomhoff R. Several culinary and medicinal herbs are important sources of dietary antioxidants. *J Nutr.* 2003;133(5):1286-90.
- 9- Pourmolaei F, Yeganeh S, Jaafarpour A. The antioxidative and antibacterial effect of origanum vulgare essential oil on surimi shelf life during frozen storage. 2017;70(1):44-59. [Persian]
- 10- Ghahreman A, Attar F. Biodiversity of plant species in Tehran megalopolis: A history of Tehran with references to changes in vegetation. 1st Volume. Tehran: Tehran University press; 2000. [Persian]
- 11- Coma V, Martial-Gros A, Garreau S, Copinet A, Salin F, Deschamps A. Edible antimicrobial films based on chitosan matrix. *J Food Sci.* 2002;67(3):1162-9.
- 12- Peniche C, Arguelles-Monal W, Goycoolea FM. Chitin and chitosan: Major sources, properties and application. In: Belgacem MN, Gandini A, editors. Monomers, polymers and composites from renewable resources. Netherland: Elsevier; 2008. pp. 517-42.
- 13- Benavides S, Villalobos-Carvajal R, Reyes JE. Physical, mechanical and antibacterial properties of alginate film:

کیفیت باندهای پروتئینی عضله نسبت داد، زیرا تمامی آزمون‌های انجام‌شده با این امر متناقض هستند. در حالی که در فیله‌های تیمار شده با کیتوزان و اسانس، خاصیت کشسانی با گذشت زمان به طور معنی‌دار افزایش یافت. بنابراین می‌توان بیان کرد که تیمار کیتوزان و تیمار حاوی اسانس هر دو موجب حفظ کیفیت بافت شدند.

نتایج پژوهش حاضر مشابه یافته‌های *اعتمادیان* و همکاران^[30] است در پژوهش آنها ویژگی‌های بافتی فیله‌های ماهی سفید (*Rutilus kutum*) غنی‌شده با سدیم‌تری‌پلی‌فسفات و تتراسدیم‌پیروفسفات طی نگهداری در یخ بررسی شد. در این روش از غلظت ۲٪ برای غوطه‌وری فیله‌ها استفاده شد و پس از قراردادن در بسته‌های زیپ‌کیپ در یخچال قرار گرفتند، سپس به مدت ۱۵ روز در فواصل زمانی ۳ روز ویژگی‌های بافتی آنها شامل سختی، چسبندگی، نیروی چسبندگی، ویژگی صمغی و ارتجاعی و قابلیت جویدن آنها با دستگاه آنالیز بافت اندازه‌گیری شد، نتایج نشان داد که بین نوع نگهدارنده‌ها تفاوت معنی‌داری نیست، اما نسبت به نمونه‌های شاهد تفاوت کاملاً مشهود بود.

رنگ گوشت ناشی از عملکرد دو عامل رنگدانه‌های گوشت (عمدتاً میوگلوبین و هموگلوبین) و ویژگی پراکندگی نور است. احساسی که به وسیله تحریکات عصبی با تماشای رنگ گوشت و فرآورده‌های گوشتی به بیننده دست می‌دهد در تصمیم‌گیری خرید این فرآورده غذایی بسیار موثر است. از این رو متخصصان بازاریابی فرآورده‌های گوشتی گزارش کردند که اسامی رنگ‌ها با احساسی که در افراد ایجاد می‌کند، مطابقت نمی‌کند؛ بنابراین سنجش رنگ‌ها با دستگاه‌های رنگ‌سنج را توصیه کردند. امروزه به منظور اندازه‌گیری رنگ‌ها از روش‌هایی تعیین‌شده توسط کمیسیون بین‌المللی روشنایی CIE استفاده می‌شود. با روش‌های فوق نوع رنگ مربوط به طول موج است و همچنین اشباعیت یا روشنایی رنگ که مربوط به خالص بودن آن یعنی یک طول موج معین یا ترکیب آن با سایر طول موج‌ها خواهد بود، سنجیده می‌شود^[9].

با توجه به نتایج حاصل از آنالیز شاخص‌های رنگی، شاخص روشنایی در تیمار شاهد با گذشت زمان از روز صفر تا ۷ افزایش معنی‌داری نشان داد اما از روز ۷ تا ۲۱ تغییر مشهودی در روشنایی مشاهده نشد. با اضافه کردن ۲٪ کیتوزان تقریباً روند مشابهی با تیمار شاهد مشاهده شد. با اضافه کردن ۵٪ اسانس به تیمار حاوی ۲٪ کیتوزان میزان روشنایی از روز صفر تا ۷ نگهداری به طور بسیار معنی‌داری افزایش پیدا کرد که دلیل آن به ایجاد رنگ شیری در محلول مورد استفاده برای پوشش فیله‌ها مربوط بود، در خصوص شاخص سفیدی فیله‌ها نیز همین مشاهده شد. براساس نتایج رنگ‌سنجی می‌توان بیان کرد که تیمار حاوی ۲٪ کیتوزان کمترین تغییرات رنگ را داشت و در این خصوص کارایی بالاتری دارد. روکش‌های پروتئینی با گذشت زمان به علت انجام واکنش مایلارد و در روکش‌های تولیدشده از لیپید به علت پدیده تندشدن، شدت رنگ تغییر خواهد کرد^[31]. روکش‌های تولیدشده از کیتوزان چنین مشکلاتی را ندارند بنابراین محصول بسته‌بندی‌شده در آنها با گذشت زمان ظاهر خود را بهتر حفظ می‌کند^[15]. نتایج به دست آمده درباره شاخص روشنایی و زردی، مشابه نتایج در مطالعه‌ای تحت عنوان اثر کیتوزان بر خواص ژل، اکسیداسیون چربی و بار میکروبی ژل سوریمی ساخته‌شده از گربه ماهی آفریقایی است^[32]، طبق نتایج این پژوهشگران، با افزایش غلظت کیتوزان میزان شاخص روشنایی در ژل سوریمی افزایش و پس از آن شروع به کاهش کرد، علاوه بر این میزان شاخص زردی با افزایش غلظت

- 2014;11(44):71-81. [Persian]
- 23- Mousavinasab M, Golmakani MT, Zeyae A, Azizinia M. The effect of coating prepared from chitosan and black pepper essential oil on microbial and physicochemical properties of common carp. 21st National Congress of Food Science and Technology. Shiraz: Shiraz University. [Persian]
- 24- Ozogul Y, Uçar Y. The effects of natural extracts on the quality changes of frozen chub mackerel (*Scomber japonicus*) burgers. *Food Bioprocess Technol.* 2013;6(6):1550-60.
- 25- Siripatrawan U, Noipha S. Active film from chitosan incorporating green tea extract for shelf life extension of pork sausages. *Food Hydrocoll.* 2012;27(1):102-8.
- 26- No HK, Meyers SP, Prinyawiwatkul W, Xu Z. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A review. *J Food Sci.* 2007;72(5):R87-100.
- 27- Burt S. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. *Int J Food Microbiol.* 2004;94(3):223-53.
- 28- Lanier TC. *Surimi Technology*. Lanier TC, Lee CM, editors. New York: Taylor & Francis. pp. 123-63.
- 29- Park JW. *Surimi and Surimi Seafood*. 2nd Edition. Boca Raton: CRC Press; 2005; p. 923.
- 30- Etemadian Y, shaabanpoor B, Sadeghi A. Textural effects of (RutilusFrissiiKutum) fillets enriched with two different polyphosphate: Sodium triphosphate. Gorgan: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources; 2010. [Persian]
- 31- Trezza TA, Krochta JM. The gloss of edible coatings as affected by surfactants, lipids, relative humidity, and time. *J Food Sci.* 2000;65(4):658-62.
- 32- Amiza MA, Kang WC. Effect of chitosan on gelling properties, lipid oxidation, and microbial load of surimi gel made from catfish (*Clariasgariepinus*). *Int Food Res J.* 2013;20(4):1585-94.
- Effect of the crosslinking degree and oregano essential oil concentration. *J Food Eng.* 2012;110(2):232-39.
- 14- Jeddi S. The effect of maintenance cover of chitosan and Origanum Vulgare on quality and shelf life of rainbow trout during refrigerated storage [Dissertation]. Sari: Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University; 2015. [Persian]
- 15- Ojagh SM. The effects of chitosan enriched with cinnamon essence on frozen oncorhynchus mykiss fish Fillets [Dissertation]. Tehran: Tarbiat Modaress University; 2010. [Persian]
- 16- Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th Edition. Horwitz W, Latimer GW, editor. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists; 2006.
- 17- Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol.* 1959;37(8):911-7.
- 18- MacFaddin JF. *Biochemical tests for identification of medical bacteria*. Philadelphia: Williams & Wilkins Company; 1980. p. 312.
- 19- Jaafarpour A, Gorczyca EM. Rheological characteristics and microstructure of common carp (*Cyprinus carpio*) surimi and kamaboko gel. *J Food Sci.* 2009;4(3):172-9.
- 20- Kurita N, Koike Sh. Synergistic antimicrobial effect of ethanol, sodium chloride, acetic acid and essential oil components. *Agric Biol Chem.* 1983;47(1):67-75.
- 21- Rezaei M, Hamze A. Antioxidant and antibacterial effects of sodium alginate coating enriched with thymeessential oil on rainbow trout fillets during refrigerated storage. *Iran J Nutr Sci Food Technol.* 2011;6(3):11-20. [Persian]
- 22- Zargar M, Yeganeh S, Razavi HS, Ojagh MS. Effects of Sodium Caseinate edible coating on quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during storage in refrigerator temperature. *Iran J Food Sci Technol.*