Nova Biologica Reperta 6(2): 155-168 (2019)
Print ISSN: 2423-6330/Online ISSN: 2476-7115
https://nbr.khu.ac.ir; Kharazmi University Press

یافته‌های نوین در علوم زیستی
جلد ۶، شماره ۲، صفحات ۱۵۵ الی ۱۶۸ (۱۳۹۸)
انتشارات دانشگاه خوارزمی

اثر آلژینات استخراج شده از جلبک قهوه‌ای روی نگه‌داری تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

معظمه کردجزی، سید حجت میرصادقی و امید اسدی فارسانی
گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکدهٔ شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
مسئول مکاتبات: معظمه کردجزی، kordjazi@gau.ac.ir

چکیده. امروزه ماکروجلبک‌های قهوه‌ای به‌مثابهٔ یک منبع از ترکیبات مختلف غذایی و دارویی محسوب می‌شوند، همچنین تخم ماهی با وجود اسیدهای چرب غیراشباع و پروتئین بالایی که دارد، در برابر فساد بسیار حساس است. جهت به‌تعویق انداختن فساد محصولات تولیدی از تخم ماهی از نمک و نگه‌دارنده استفاده می‌شود. با توجه به اثر نامطلوب افزودنی‌های شیمیایی، استفاده از نگه‌دارنده‌های طبیعی بیشتر توصیه می‌شود. در این راستا به‌منظور دستیابی به غلظت بهینه آلژینات از تیمارهای مختلف آلژینات ۰/۱ درصد، ۰/۲ درصد، ۰/۳درصد، ۰/۴درصد و ۰/۵ درصد استفاده شد که براساس ارزیابی حسی آلژینات ۰/۲ درصد انتخاب شد. سپس از تیمار شاهد (فاقد نمک و آلژینات)، تیمار A_1 (تخم حاوی ٪۲/۵ نمک)، تیمار A_2 (تخم حاوی ۰/۲درصد آلژینات) و تیمار A_3 (تخم حاوی ترکیبی از نمک ۲/۵ درصد و آلژینات ۰/۲درصد) جهت بررسی اثر نگه‌دارنده‌ها در تخم ماهی استفاده شد. کیفیت تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگه‌داری در یخچال به‌صورت دوره‌ای در روزهای (۰، ۱۵، ۳۰ و ۴۵) بررسی شد. تیمار A_3 در نتایج شیمیایی، میکروبی و حسی تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($p\leq$۰/۰۵). نتایج این تحقیق مشخص کرد که استفاده از ترکیب نمک ۲/۵درصد و آلژینات ۰/۲درصد برای ایجاد طعمی مطلوب و افزایش ماندگاری تخم ماهی روش مناسبی است.

واژه‌های کلیدی. اسید چرب، پلی‌ساکارید جلبکی، شاخص‌های میکروبی، فاکتورهای فیزیکوشیمیایی، ماندگاری ماهی

The effect of alginate extracted from brown algae *Sargassum ilicifolium* on the shelf life of rainbow trout roe

Moazameh Kordjazi, Seyed Hojjat Mirsadeghi, & Omid Asadi Farsani
Seafood Processing Department, Faculty of Fisheries and Enviromental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
Correspondent author: Moazameh Kordjazi, kordjazi@gau.ac.ir

Abstract. Nowadays, brown macroalgae are considered to be a source of various nutritional and pharmaceutical compounds. In addition, fish roe is very susceptible to spoilage due to its high amount of protein and unsaturated fatty acids. In order to postpone the deterioration of roe-related products, salt and preservatives are utilized. Natural preservatives are recommended because of the adverse effects of chemical additives. Thus, different concentrations of pure alginate (0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%) were chose and then the 0.2% alginate was selected on the basis of the sensory evaluation of the results. Moreover, the treatments including control (salt-alginate-free), A_1 (containing 2.5% salt) A_2 (containing 0.2% alginate), A_3 (containing 2.5% salt and 0.2% alginate) were used to investigate their preservative effects on fish roe. The quality of rainbow trout roe was assessed within 0, 15, 30, 45 days at refrigerated storage. The treatment A_3 showed significant differences in microbial, chemical and sensory results compared with other treatments ($p\leq0.05$). According to the results, salting 2.5% and alginate 0.2% method gave good flavor and increased shelf life to the roe.

Keywords. algae polysaccharide, fatty acide, microbial indices, physicochemical factors, shelf-life

Received 04.12.2017/ Revised 22.05.2018/ Accepted 20.06.2018/ Published 01.08.2019

دریافت ۱۳۹۶/۰۹/۱۳/ اصلاح ۱۳۹۷/۰۳/۰۱/ پذیرش ۱۳۹۷/۰۳/۳۰/انتشار ۱۳۹۸/۰۵/۱۰

مقدمه

جلبک‌های دریایی، ۸۵ درصد از کل تولید جهانی گیاهان آبزی را تشکیل می‌دهند به همین دلیل به‌منزلهٔ یکی از بزرگترین تولید کنندگان دریا محسوب می‌شود (Meillisa *et al*., 2015). همچنین آنها یکی از منابع غنی از مواد معدنی، پروتئین، ویتامین، فیبرهای خوراکی و نیز دارای پلی‌ساکاریدهای عملگر مختلف و ضروری برای تغذیه انسان هستند (Sakthivel & Pandima, 2015).

آلژینات‌ها از پلیمرهای طبیعی جزء گروه پلی‌ساکاریدها هستند که خواص منحصربه‌فردی نشان می‌دهند. یکی از این خواص، قابلیت آلژینات در نگه‌داری و انتقال انواع داروها و مولکول‌های زیستی به‌منزلهٔ بستر و محلی مناسب است که کاربرد آنها را مثل پلیمر زیستی-پزشکی رونق بخشیده است. این پلی‌ساکارید استخراج شده از جلبک دریایی قهوه‌ای، از عوامل ژل ساز معمول مورد استفاده در صنایع غذایی است (Mancini & McHugh, 2000). جلبک‌های دریایی قهوه‌ای به دلیل داشتن آلژینات، در زمینه‌های زیادی چون مهندسی بافت، ریزپوشانی کردن ترکیبات غذا-دارو و تهیه داروهای خاص در علم پزشکی بکار می‌روند و از اهمیت اقتصادی زیادی برخوردارند (Sellimia *et al*., 2015).

در سال‌های اخیر به‌دلیل عدم مدیریت صحیح صید و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های انسانی، ذخایر ماهیان خاویاری دریای خزر و خاویار تولیدی از آنها کاهش یافته است. با توجه به این مساله و قیمت گزاف و عدم دسترسی راحت به این فرآورده، استحصال تخم و عمل‌آوری آن از دیگر گونه‌های ماهی مناسب به‌نظر می‌رسد (Majazi Amiri & Rezaei Tavabe, 2010; Bledsoe *et al*., 2003). تخم ماهی منبع غنی از اسیدهای چرب غیراشباع امگا-۳، خصوصا دوکوزاهگزانوئیک-اسید (DHA) و اکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) است. همچنین دارای پروتئین با اسید آمینه‌های ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی بوده که در درمان بسیاری از بیماری‌ها نقش دارند (Benjakul *et al*., 2011; Kirzek *et al*., 2011). تخم ماهی یک محصول جانبی با ارزش بوده که در حال حاضر با بهره‌گیری از شیوه‌های نوین آماده‌سازی، پرمصرف‌ترین محصول شیلاتی از منابع آبی در بسیاری از کشورها است (Lapa Guimaraes *et al*., 2011). در سال‌های اخیر تقاضا برای محصولات تخم ماهی به علت ارزش حسی و تغذیه‌ای در بازارهای داخلی و بین‌المللی افزایش یافته است (Bledsoe *et al*., 2003) که بیشتر به شکل دودی، کنسرو شده، فرآورده سوسیس مانند و نمک سود شده تولید می‌شود (Inanli *et al*., 2011). ماریناد از تخم ماهی تون هوور (*Thunnus tonggol*) در ایران به صورت آزمایشی تولید شد و تخم ماهیان استخوانی به ویژه ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) و ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) در سواحل جنوبی دریای خزر، با استفاده از آب‌نمک مورد فرآوری قرار می‌گیرد و یا بدون نمک در ترکیب با مواد دیگر در تهیه غذا استفاده می‌شود.

با توجه به نیاز روزمره بشر به استفاده از منابع تغذیه‌ای مختلف، کشف ظرفیت‌های جدید و ارزان قیمت مانند جلبک‌های خوراکی، می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. در سواحل جنوبی کشور ما، به خصوص در خلیج فارس، تعداد زیادی از گونه‌های متعلق به خانواده جلبک‌های قهوه‌ای وجود دارند که دارای قابلیت‌ها و پتانسیل‌های زیادی هستند که تحقیقات کمتری در زمینه استخراج مواد زیست فعال و کاربرد آنها انجام شده است. گونه جلبکی *Sargassum ilicifolium* از دسته جلبک‌های قهوه‌ای است که در سواحل شمالی خلیج فارس به وفور یافت می‌شود. با توجه به دسته‌بندی تحقیقات انجام شده و نیز اذعان به پتانسیل بالایی که جلبک‌های قهوه‌ای می توانند در توسعه تولیدات مواد غذایی و کاربردهایی در صنعت برای انسان، دام و آبزیان داشته باشند، همچنین افزایش نسبی تحقیقات در این زمینه در سال‌های اخیر، ضرورت انجام این پژوهش هویدا می‌شود.

مواد و روش

عصاره‌گیری

جلبک مورد استفاده در این تحقیق از سواحل کانی در جزیره قشم جمع‌آوری شد. پس از جمع‌آوری جلبک‌های دریایی، بلافاصله با آب دریا و سپس با آب شیرین شستشو داده شده و گل و لای و سایر مواد چسبیده به آن زدوده شد. جلبک‌های جمع-آوری شده به آزمایشگاه فرآوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل و تا انجام آزمایشات لازم در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. نمونه‌های خشک شده جلبک توسط آسیاب در آزمایشگاه به صورت پودر در آورده شدند. مقداری از پودر مورد نظر (حدود ۲۰ گرم) توزین شده و با ۴۰۰ میلی لیتر آب

مقطر مخلوط، در فلاسک ته‌گرد ۱۰۰۰ میلی‌لیتری قرار گرفتند و در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت روی دستگاه همزن مغناطیسی قرار داده شدند. پس از آن نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد با چرخش ۱۳۰۰۰g سانتریفیوژ شده، سپس مایع رویی جدا و مواد باقی‌مانده مجدداً با ۴۰۰ میلی لیتر آب مقطر در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت مخلوط شده، سپس نمونه‌ها را دوباره در ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه با چرخش ۱۳۰۰۰g سانتریفیوژ، و مایعات رویی جدا شد. در پایان آزمایش مایع رویی بدست آمده از هر دو مرحله مخلوط گشته، در مرحله بعد ۱ درصد دی‌کلرید کلسیم ($CaCl_2$) به مایع رویی اضافه و یک شب در یخچال نگه‌داری شد. پس از گذشت این دوره، نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با چرخش ۱۳۰۰۰g سانتریفیوژ شده و آلژینات جدا شد (Yang *et al.*, 2008).

تهیه تخم ماهی و تیمار کردن نمونه‌ها

آماده‌سازی نمونه‌ها

یک کیلوگرم تخم ماهی از تعدادی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی (*Oncorhynchus mykiss*) با میانگین وزنی ۲ کیلوگرم از شرکت قزل‌آلا پرور ساری واقع در شهرستان ساری استان مازندران تهیه شد. ماهیان پس از صید به‌وسیله آب کاملا بهداشتی شست‌وشو داده شدند تا موکوس سطح بدن به همراه آلودگی‌های سطحی کاهش یابد. ابتدا فشار کمی به ۳-۲ سانتی‌متر بالای سوراخ مخرج به منظور خروج فضولات وارد شد و پس از آن استحصال تخم با مالش محوطه شکمی صورت گرفت و داخل ظرف کاملا خشک و تمیز منتقل شد. تخم ماهی پس از یخ‌پوشی مناسب در یونولیت به آزمایشگاه مرکزی ساری واقع در شهر ساری منتقل شد. ابتدا تخم ماهی با آب جوشیده با دمای ۳ تا ۵ درجهٔ سانتی‌گراد حاوی ٪۱/۵ نمک خالص (Inanli *et al.*, 2011) به منظور استحکام بیشتر پوسته تخم، خروج لخته‌های خون، الیاف پیوندی و چربی به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه شستشو داده شد سپس آب مازاد طی انتقال تخم شسته شده روی الک مویی بهداشتی خارج شد (مدت زمان خروج آب مازاد ۱۰ تا ۲۰ دقیقه). پس از آماده‌سازی اولیه، برای تیماربندی در این مرحله، به ۴ قسمت تقریبا مساوی تقسیم شد. یک قسمت به عنوان تیمار شاهد (تخم خام بدون نمک و نگه‌دارنده) در نظر گرفته شد و بقیه تیمارها حاوی ۲/۵درصد نمک (A_1)، ۰/۲درصد آلژینات (A_2) و تخم حاوی ۲/۵درصد نمک با ۰/۲درصد آلژینات (A_3) بودند. بدین صورت که نمک به شکل یکنواخت به داخل ظرف حاوی تخم خام اضافه شد و نمک‌زنی به‌وسیله حرکات دورانی دست به‌نحوی که تمامی تخم با ماده افزودنی تماس یابد، انجام شد. پایان عملیات نمک‌زنی زمانی بود که شیره تخم‌ها غلیظ شده و جداره خارجی آن سفت شد. در این مرحله دانه‌های تخم نمک‌سود در مقابل ترکیدگی بین انگشتان مقاومت نشان می‌دادند سپس تخم نمک‌سودشده به الک مویی بهداشتی منتقل شد که با چند ضربه به الک و جابه‌جا شدن تخم نمک‌سود، خروج شورآب اضافی صورت گرفت. در این تحقیق عصاره آلژینات به‌صورت پودر خشک بلافاصله بعد از شورآب‌گیری به تخم نمک‌سود اضافه شد. تخم فرآوری شده در پایان، داخل قوطی‌های پلی‌اتیلنی ۲۰ گرمی (ضدعفونی‌شده با اشعه گاما) به تعداد ۴۸ قوطی برای ۴۸ نمونه (۳ تکرار، ۴ زمان، ۴ تیمار) منتقل شد. ظرف‌های پر شده روی سطح مسطح قرار داده شده و با کف دست فشاری به‌طور یکنواخت روی درب آنها وارد شد تا هوای داخل قوطی خارج شود (Mirsadeghi *et al.*, 2015).

نمونه‌برداری

پس از شماره‌گذاری، قوطی‌های پلاستیکی به‌مدت ۴۵ روز در دمای یخچال (۴±۱) درجهٔ سانتی‌گراد نگه‌داری شده و نمونه‌برداری به‌منظور بررسی فاکتورهای کیفی و اندازه‌گیری اسیدهای چرب طی روزهای ۰، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ در یخچال انجام شد.

اندازه‌گیری ترکیبات تقریبی

اندازه‌گیری پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر براساس روش پروانه، ۱۳۷۷ محاسبه شد (Parvaneh, 1998).

اندازه‌گیری pH

دو گرم نمونه با ۱۰ سی‌سی آب مقطر به مدت ۳۰ ثانیه با دستگاه هموژن شده سپس با دستگاه pH متر اندازه‌گیری می‌شود (Sallam *et al.*, 2004).

آزمایشات شیمیایی

اندازه‌گیری مجموع بازهای نیتروژنی فرار

ده گرم نمونه را در بالن تقطیر ۵۰۰ میلی‌لیتری قرار داده و ۲ گرم اکسید منیزیم و ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به همراه چند عدد سنگ جوش و کمی ضدکف به آن افزوده شد. بالن کلدال حرارت داده شد تا به مدت ۱۵ دقیقه به دمای جوش برسد. بخارهای خارج شده از بالن تقطیر مستقیما در اخل ارلن‌مایری که حاوی ۲۵ میلی‌لیتر

محلول اسیدبوریک ٪۲ و چند قطره معرق متیل رد بود، جمع شد تا اینکه حجم اسید بوریک و بخارهای میعان یافته در داخل آن به ۱۵۰ میلی‌لیتر برسد. رنگ اسید بوریک حاوی معرف متیل‌رد که در ابتدا به دلیل اسیدی بودن آن قرمز بود، با تجمع بخارهای حاصل از تقطیر به تدریج قلیایی شده و به رنگ سبز درآمد. در پایان، محلول حاصل از تجمع بخارهای تقطیر با اسیدسولفوریک ۰/۱ نرمال تا رسیدن به رنگ پوست پیازی تیتر شد. مقدار مواد ازته فرار برحسب میلی‌گرم در صد گرم نمونه طبق رابطهٔ ۵ به‌دست‌آمد (Parvaneh, 1998).

حجم مصرفی تیترات = مجموع

بازهای نیتروژنی فرار (میلی‌گرم / ۱۰۰ گرم نمونه)

اندازه‌گیری شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBA)

ده گرم از نمونه با ۹۷/۵ میلی‌لیتر آب مقطر طی دو مرحله مخلوط شد. ۲/۵ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک ۴ مولار برای رساندن pH آن به ۱/۵ اضافه شد و چند عدد سنگ جوش و چند قطره ضدکف اضافه شد. بالن حرارت داده شد و ۵۰ میلی‌لیتر مایع تقطیر در عرض ۱۰ دقیقه از زمان جوش جمع‌آوری شد. ۵ میلی‌لیتر از مایع تقطیر و ۴ میلی‌لیتر معرف TBA (اسید استیک گلاسیال (۹۰درصد) ۱۰۰میلی‌لیتر / 0/2883g TBA) به لوله آزمایش دربدار منتقل شد و به مدت ۳۰ دقیقه در آب ۱۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد حرارت داده شد. یک شاهد هم با استفاده از ۵ میلی‌لیتر آب‌مقطر و ۴ میلی‌لیتر معرف تهیه شد. سپس لوله‌ها در آب به مدت ۱۰ دقیقه سرد شد و جذب در مقابل شاهد در ۵۳۸ نانومتر با استفاده از cell ۲cm اندازه‌گیری شد (Igan *et al*., 1979).

(جذب خوانده شده)× ۷/۸=TBA(میلی‌گرم مالون‌دی آلدهید در کیلوگرم نمونه)

اندازه‌گیری بار میکروبی

برای شمارش کل باکتری‌ها در نمونه‌های تهیه شده، از محیط کشت تریپتیک سویا آگار (TSA) استفاده شد. بعد از تهیه محیط کشت، توسط میکروسمپلر، ۰/۱ میلی‌لیتر از نمونه‌های تهیه شده روی محیط کشت به‌طور سطحی پخش شد. در صورت بالا بودن تعداد باکتری‌ها در یک پلیت رقیق سازی نمونه‌ها تا لوگ ۶ در محلول سرم فیزیولوژی انجام می‌شد. پلیت‌های کشت داده شده برای شمارش کل باکتری‌ها بعد از ۲۴ ساعت انکوباسیون در دمای ۳۵ درجهٔ سانتی‌گراد شمارش شدند (Arashisara *et al*., 2004).

برای شمارش کپک و مخمر آماده‌سازی نمونه‌ها مشابه شمارش کلی باکتری‌ها بود با این تفاوت که در کشت کپک و مخمر از محیط کشت YGC آگار استفاده شد. پس از آماده‌سازی و بستن پلیت در دمای ۱±۲۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ روز در انکوباتور نگه‌داری و سپس شمارش انجام شد. تعداد کلنی‌های شمارش شده در عکس رقت اولیه ضرب شده و بر حسب لگاریتم تعداد کلنی‌های تشکیل شده در هر گرم نمونه (Logcfu/g2) بیان شد (Inanli *et al*., 2011).

ارزیابی حسی

اعضای ثابت ارزیاب به تعداد ۵ نفر انتخاب شدند. نحوه بررسی نمونه‌ها به آنها آموزش داده شد. نمونه‌های مربوط به هر تیمار، پس از باز شدن ظرف مربوطه توسط اعضای پانل، از نظر بو، رنگ، بافت، طعم و پذیرش کلی مورد رزیابی حسی قرار گرفت. براساس آزمون انجام شده، اعضای پانل برای ماندگاری نمونه‌ها از نظر شاخص‌های حسی رنگ، بو، بافت و طعم امتیاز دادند. این امتیازها براساس معیار سنجشی از ۱ تا ۵ (۱: بسیار بد، ۲: بد، ۳: متوسط، ۴: خوب، ۵: عالی) در نظر گرفته شده بود (Inanli *et al*., 2011).

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. بعد از سه بار تکرار هر آزمون، از نتایج میانگین و انحراف معیار گرفته شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ($p < ۰/۰۵$)، و برای تحلیل داده‌های حسی از آزمون‌های ناپارامتری کروسکال والیس و من‌ویتنی‌یو استفاده شد.

نتایج

نتایج حاصل از آزمایشات ترکیبات تقریبی

میزان پروتئین تا روز ۱۵ نگهداری کاهش معنی‌داری را نداشت ($p≥۰/۰۵$) اما با گذشت زمان و در پایان دوره نگه‌داری میزان پروتئین در تمامی تیمارها کاهش معنی‌داری یافت ($p≤۰/۰۵$). در روز ۳۰ و در پایان دوره نگه‌داری تیمار A_3 بیشترین میزان پروتئین را داشت که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($p≤۰/۰۵$). طبق نتایج مقدار چربی، این فاکتور در تمامی تیمارها طی زمان نگه‌داری کاهش معنی‌داری یافت ($p≤۰/۰۵$). در پایان دوره نگه‌داری تیمار A_3 بالاترین میزان چربی را داشت که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($p≤۰/۰۵$). در طی دوره نگه‌داری میزان رطوبت در تمامی تیمارها کاهش معنی‌داری یافت ($p≤۰/۰۵$). در پایان دوره نگه‌داری تیمار A_2 بالاترین میزان رطوبت

جدول ۱- تغییرات مقادیر پروتئین، چربی، رطوبت، خاکستر (درصد) و pH تیمارهای مختلف تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان طی ۴۵ روز نگه‌داری در یخچال.

Table 1. Protein, lipid, moisture, ash and pH changes (%) in different treatments of rainbow trout roe during 45 days of refrigerated storage.

پروتئین/ زمان	۰	۱۵	۳۰	۴۵
شاهد	۲۲/۰±۰۸/۱۸^{Ab}	۲۱/۸۴ ۰±/۳۳^{ABb}	۲۱/۱۶ ۰±/۲۱^{Bc}	۱۸/۷۶ ۰±/۳۴^{Cc}
A_1	۲۲/۰۲±۰/۱۶ ^{Ab}	۲۱/۸۶ ۰±/۲۲^{ABb}	۲۱/۵۱ ۰±/۱۲^{Bbc}	۲۱/۰۶ ۰±/۰۷^{Cb}
A_2	۲۲/۹۲ ۰±/۲۴ ^{Aa}	۲۲/۶۸ ۰±/۳۲^{Aa}	۲۱/۶۷ ۰±/۲۱^{Bb}	۲۰/۹۵ ۰±/۰۷^{Cb}
A_3	۲۳/۰۸ ۰±/۱^{Aa}	۲۲/۹۱ ۰±/۰۱^{Aa}	۲۲/۴۶ ۰±/۰۸^{Ba}	۲۱/۷۶ ۰±/۱۹^{Ca}
چربی/ زمان	۰	۱۵	۳۰	۴۵
شاهد	۱۴/۰±۲۵/۰۶^{Aa}	۱۴/۰۶ ۰±/۰۴^{Aa}	۱۳/۳۶ ۰±/۲۱^{Bb}	۱۲/۹۳ ۰±/۱۱^{Cb}
A_1	۰/۱۶±۱۴/۲۹ ^{Aa}	۱۴/۲۱ ۰±/۱۹^{Aa}	۱۳/۹۸ ۰±/۰۴^{Aa}	۱۳/۱۴ ۰±/۰۹^{Bb}
A_2	۱۴/۱۸ ۰±/۰۴ ^{Aa}	۱۴/۱۰ ۰±/۱۱^{Aa}	۱۳/۸۲ ۰±/۰۳^{Ba}	۱۳/۰۳ ۰±/۱۱^{Cb}
A_3	۱۴/۲۳ ۰±/۱۶^{Aa}	۱۴/۲۰ ۰±/۰۲^{Aa}	۱۳/۹۸ ۰±/۰۴^{Aa}	۱۳/۶۶ ۰±/۰۷^{Ba}
رطوبت/ زمان	۰	۱۵	۳۰	۴۵
شاهد	۵۸/۰±۹۶/۰۶^{Ab}	۵۸/۶۵ ۰±/۲^{Ab}	۵۷/۴۸ ۰±/۳۳^{Bc}	۵۶/۸۶ ۰±/۰۸^{Cc}
A_1	۰/۰۷±۵۸/۱۶ ^{Ac}	۵۸/۲۲ ۰±/۱^{Ac}	۵۷/۶۱ ۰±/۲۳^{Bbc}	۵۶/۰۶ ۰±/۰۷^{Cd}
A_2	۵۹/۲۵ ۰±/۰۷ ^{Aa}	۵۹/۱۵ ۰±/۰۶^{ABa}	۵۸/۹۶ ۰±/۶۳^{BCa}	۵۸/۸۹ ۰±/۰۹^{Ca}
A_3	۵۸/۱۷ ۰±/۰۸^{Ac}	۵۸/۱۶ ۰±/۰۷^{Ac}	۵۸/۰۹ ۰±/۰۱^{Ab}	۵۷/۹۱ ۰±/۰۴^{Bb}
خاکستر/ زمان	۰	۱۵	۳۰	۴۵
شاهد	۲/۰±۱۹/۰۲^{Ad}	۲/۱۵ ۰±/۰۱^{ABd}	۲/۰۹ ۰±/۰۴^{BCd}	۲/۰۸ ۰±/۰۱^{Dd}
A_1	۰/۰۶±۳/۹۶ ^{Ab}	۳/۹۱ ۰±/۰۸^{Ab}	۳/۶۹ ۰±/۰۱^{Bb}	۳/۷ ۰±/۰۱^{Bb}
A_2	۲/۶۸ ۰±/۰۴ ^{Ac}	۲/۵۸ ۰±/۰۲^{ABc}	۲/۴۸ ۰±/۰۹^{Bc}	۲/۴۶ ۰±/۰۴^{Bc}
A_3	۴/۲۰ ۰±/۰۷^{Aa}	۴/۰۸ ۰±/۰۴^{Aa}	۳/۹۶ ۰±/۰۲^{BCa}	۳/۸۹ ۰±/۰۱^{Ca}
pH/ زمان	۰	۱۵	۳۰	۴۵
شاهد	۶/۰±۲۷/۰۳^{Da}	۶/۸۲ ۰±/۱۰^{Ca}	۷/۱۶ ۰±/۰۷^{Ba}	۷/۴۳ ۰±/۰۲^{Aa}
A_1	۰/۰۷±۶/۰۶ ^{Cb}	۶/۲۲ ۰±/۰۳^{Bb}	۶/۳۸ ۰±/۰۴^{Bb}	۷/۰۶ ۰±/۰۷^{Aa}
A_2	۶/۲۰ ۰±/۰۱ ^{Ba}	۶/۲۷ ۰±/۰۳^{ABb}	۶/۴۶ ۰±/۰۶^{ABb}	۶/۵۷ ۰±/۲۴^{Ab}
A_3	۶/۱۷ ۰±/۰۳^{Ab}	۶/۲۰ ۰±/۲۱^{Ab}	۶/۲۸ ۰±/۰۴^{Ac}	۶/۴۵ ۰±/۰۷^{Ab}

داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند. (a-c) در هر ستون نشان دهنده تفاوت تیمارها در هر زمان و (A-C) در هر ردیف نشان دهنده تغییرات هر تیمار در طول زمان هستند. تخم حاوی ٪۲/۵ نمک (A_1)، تخم حاوی ٪۰/۲ آلژینات (A_2)، تخم حاوی ٪۲/۵ نمک و ٪۰/۲ آلژینات (A_3)

The data are expressed as mean of three replications ± standard deviation. (a-c) in each column indicates the difference in treatment at any time, and (A-C) in each row represents the variations of each treatment over time. Roe contain 2/5% Salt (A1), roe containing 0.2% alginate (A2), roe containing 2.5% salt and 0.2% alginate (A3).

را نشان داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($p\leq$۰/۰۵). در تمام طول دوره نگه‌داری بالاترین میزان خاکستر را تیمار A_3 نشان داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را داشت ($p\leq$۰/۰۵). در طول دوره نگه‌داری تیمار شاهد بالاترین میزان pH را نشان داد که در روز صفر با تیمارهای A_1 و A_3، در روز ۱۵ و ۳۰ نگه‌داری با همه تیمارها و در پایان دوره نگه‌داری با تیمار A_2 و A_3 اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($p\leq$۰/۰۵).

نتایج حاصل از آزمایشات شیمیایی و میکروبی

در روز صفر کمترین میزان TBA را تیمار شاهد نشان داد اما با گذشت زمان و از روز ۱۵ دوره نگه‌داری به بعد در تیمار شاهد و تیمار A_3 به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین میزان TBA مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را داشتند ($p\leq$۰/۰۵). در روز صفر نگه‌داری تیمار A_2 بیشترین میزان TVN-B را دارا بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($p\leq$۰/۰۵). اما از روز ۱۵ تا پایان دوره نگه‌داری تیمار شاهد و تیمار A_3 به ترتیب بیشترین و کمترین میزان TVN-B را داشتند که با سایر تیمارها این اختلاف معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵). تا روز ۱۵ نگه‌داری تیمارها اختلاف معنی‌داری را از نظر میزان TVC نشان ندادند ($p\geq$۰/۰۵)، اما از روز ۳۰ تا پایان دوره نگه‌داری بیشترین میزان TVC را تیمار شاهد دارا بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را از نظر میزان TVC نشان دادند ($p\leq$۰/۰۵). در پایان دوره نگه‌داری تیمار A_3 بهترین عملکرد را نشان داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت ($p\leq$۰/۰۵). در ابتدای دوره نگه‌داری و در زمان صفر شاهد کمترین میزان کپک و مخمر را نشان داد اما با گذشت زمان

جدول ۲- تغییرات مقادیر TBA (میلی‌گرم مالون‌دی آلدهید در کیلوگرم نمونه)، TVN-B (میلی‌گرم / ۱۰۰ گرم نمونه)، TVC (Logcfu/g2)، کپک و مخمر (Logcfu/g2) تیمارهای مختلف تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان طی ۴۵ روز نگه‌داری در یخچال.

Table 2. TBA (mg malonaldehyde/kg), TVN-B (mg/100g sample), TVC (Logcfu/g2), molds and yeast (Logcfu/g2) changes in different treatments of rainbow trout roe during 45 days of refrigerated storage.

TBA/ زمان	۰	۱۵	۳۰	۴۵
شاهد	۰/۰±۵۵/۰۴^{Da}	۰/۹۰ ۰±/۰۱^{Ca}	۷/۶۰ ۰±/۰۷^{Ba}	۸/۱۶ ۰±/۰۷^{Aa}
A_1	۰/۰۱±۰/۶۰ ^{Ca}	۰/۷۸ ۰±/۰۴^{Cab}	۱/۷۰ ۰±/۰۷^{Bb}	۴/۰۸ ۰±/۱۴^{Ab}
A_2	۰/۶۲ ۰±/۰۶ ^{Ca}	۰/۸۰ ۰±/۰۱^{Cb}	۱/۶۲ ۰±/۲۴^{Bb}	۳/۹۰ ۰±/۱۴^{Abc}
A_3	۰/۶۱ ۰±/۰۲^{Ca}	۰/۷۱ ۰±/۰۲^{Cc}	۱/۲۱ ۰±/۱۲^{Bc}	۳/۷۱ ۰±/۰۴^{Ac}
TVN-B/ زمان	۰	۱۵	۳۰	۴۵
شاهد	۵/۰±۲۱/۰۱^{Db}	۱۰/۰۶ ۰±/۰۷^{Ca}	۲۵/۱۵ ۰±/۰۷^{Ba}	۴۰/۸۳ ۰±/۱۲^{Aa}
A_1	۰/۰۱±۵/۱۰ ^{Db}	۷/۲۳ ۰±/۰۱^{Cb}	۱۸/۷۲ ۰±/۷۴^{Bb}	۳۲/۴۱ ۰±/۴۱^{Ab}
A_2	۵/۳۷ ۰±/۱۰ ^{Ca}	۷/۳۶ ۰±/۰۷^{Cb}	۱۷/۲۶ ۰±/۲۰^{Bc}	۳۱/۶۱ ۲±/۱۱^{Ab}
A_3	۵/۱۹ ۰±/۰۱^{Db}	۶/۹۸ ۰±/۰۴^{Cc}	۱۶/۰۸ ۰±/۰۹^{Bd}	۲۵/۱۴ ۰±/۰۲^{Ac}
TVC / زمان	۰	۱۵	۳۰	۴۵
شاهد	۰/۰±۲۰/۰۷^{Da}	۱/۲۰ ۰±/۰۱^{Ca}	۳/۳۱ ۰±/۱۳^{Ba}	۴/۸۳ ۰±/۱۲^{Aa}
A_1	۰/۰۱±۰/۱۹ ^{Da}	۰/۸۹ ۰±/۰۱^{Cb}	۱/۵۶ ۰±/۰۸^{Bb}	۳/۹۶ ۰±/۰۷^{Ab}
A_2	۰/۱۸ ۰±/۰۱ ^{Da}	۰/۸۴ ۰±/۱۲^{Cb}	۱/۴۶ ۰±/۱۸^{Bbc}	۴/۰۹ ۰±/۰۲^{Ab}
A_3	۰/۱۳ ۰±/۰۲^{Da}	۰/۷۰ ۰±/۰۷^{Cb}	۱/۱۶ ۰±/۰۷^{Bc}	۳/۳۲ ۰±/۱۰^{Ac}
کپک و مخمر/ زمان	۰	۱۵	۳۰	۴۵
شاهد	۰/۰±۱۰/۰۱^{Dc}	۱/۲۱ ۰±/۰۴^{Ca}	۲/۱۶ ۰±/۰۶^{Ba}	۳/۹۵ ۰±/۰۷^{Aa}
A_1	۰/۰۲±۰/۱۸ ^{Da}	۰/۵۸ ۰±/۰۴^{Cb}	۱/۲۶ ۰±/۰۵^{Bb}	۲/۳۰ ۰±/۱۳^{Ac}
A_2	۰/۱۱ ۰±/۰۱ ^{Dbc}	۰/۴۲ ۰±/۰۱^{Cc}	۱/۲۰ ۰±/۰۲^{Bb}	۳/۳۲ ۰±/۱۰^{Ab}
A_3	۰/۱۴ ۰±/۰۱^{Db}	۰/۳۱ ۰±/۰۵^{Cc}	۰/۹۶ ۰±/۰۷^{Bc}	۳/۱۷ ۰±/۰۴^{Ab}

داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند. (a-c) در هر ستون نشان دهنده تفاوت تیمارها در هر زمان و (A-D) در هر ردیف نشان دهنده تغییرات هر تیمار در طول زمان هستند. تخم حاوی ٪۲/۵ نمک (A_1)، تخم حاوی ٪۰/۲ آلژینات (A_2)، تخم حاوی ٪۲/۵ نمک و ٪۰/۲ آلژینات (A_3)

The data are expressed as mean of three replications ± standard deviation. (a-c) in each column indicates the difference in treatment at any time, and (A-C) in each row represents the variations of each treatment over time. Roe contain 2/5% Salt (A1), roe containing 0.2% alginate (A2), roe containing 2.5% salt and 0.2% alginate (A3).

و از روز ۱۵ نگه‌داری تیمار شاهد بالاترین میزان این شاخص را از خود نشان داد که این اختلاف با سایر تیمارها معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵).

نتایج ارزیابی حسی

طبق نتایج به‌دست‌آمده شاخص‌های مربوط به بافت، بو، رنگ و پذیرش کلی تمامی تیمارها در طی زمان نگه‌داری کاهش معنی‌داری یافت ($p\leq$۰/۰۵)، این کاهش در تیمار شاهد با سرعت بیشتری اتفاق افتاد. تا روز ۱۵ نگه‌داری میان تیمارها در تمامی شاخص‌های ذکر شده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p\geq$۰/۰۵). اما از روز ۳۰ نگه‌داری تیمار شاهد با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($p\leq$۰/۰۵). در پایان دوره نگه‌داری در شاخص‌های بافت، بو و پذیرش کلی تیمار A_3 و A_2 بهترین عملکرد را نشان دادند اما در شاخص رنگ فقط تیمار A_3 بهترین عملکرد را دارا بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد ($p\leq$۰/۰۵).

بحث

سرعت فساد پذیری بالا، اکسیداسیون و تغییر رنگ تخم ماهی سبب می‌شود تا دوره ماندگاری آن محدود باشد و برای افزایش زمان نگه‌داری آن از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. در این میان به استفاده از ضداکسیداسیون‌های طبیعی توجه شده است، لذا با توجه به مضرات ضداکسیداسیون‌های مصنوعی از جمله سرطان-زایی و افزایش آگاهی مردم، امروزه تصور منفی از نگه‌دارنده‌های شیمیایی به موادغذایی در مصرف کنندگان ایجاد شده است.

نتایج اندازه‌گیری ترکیبات تقریبی تیمارهای مختلف تخم ماهی قزل-آلای رنگین‌کمان طی مدت نگه‌داری در جدول ۱ آورده شده است. میزان پروتئین تخم خام در گونه‌های متفاوت خانواده آزاد ماهیان بین ۲۱ تا ۲۷ درصد بیان شده است (Beldose *et al*., 2013) که با نتایج اندازه‌گیری میزان پروتئین در مطالعه حاضر نزدیک است. میزان پروتئین تخم خام بعد از فرایند نمک سود کردن تغییر داشت به‌طوری که با تیمار شاهد این اختلاف معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵) اما با تیمارهای A_2 و A_3 اختلاف معنی‌داری نداشت ($p\geq$۰/۰۵) که با

جدول ۳- نتایج ارزیابی حسی تیمارهای مختلف تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان طی ۴۵ روز نگه‌داری در یخچال و جهت تعیین بهترین تیمار آلژینات در تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان.

Table 3. Sensory results of different treatments of rainbow trout roe during 45 days of refrigerated storage and for determination of the best alginate treatment rainbow trout roe.

فاکتور	تیمار/زمان	۰	۱۵	۳۰	۴۵
بافت	شاهد	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۲/۸۰ ۰±/۳۴^{Bc}	۲/۲۰ ۰±/۲۴^{Cc}
	A_1	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۴/۴۰ ۰±/۳۴^{Bb}	۳/۲۰ ۰±/۲۴^{Cb}
	A_2	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۴/۸۰ ۰±/۲۴^{Aa}
	A_3	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}
بو	شاهد	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۳/۶۰ ۰±/۳۳^{Bb}	۲/۶۰ ۰±/۲۴^{Cc}
	A_1	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۴/۴۰ ۰±/۳۳^{Ba}	۳/۶۰ ۰±/۲۴^{Cb}
	A_2	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۴/۶۰ ۰±/۳۳^{Aa}	۳/۸۰ ۰±/۱۴^{Bab}
	A_3	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۴/۴۰ ۰±/۲۴^{Ba}
رنگ	شاهد	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۳/۴۰ ۰±/۱۴^{Bc}	۲/۲۰ ۰±/۱۴^{Cc}
	A_1	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۳/۲۰ ۰±/۰۴^{Bb}
	A_2	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۴/۰۰ ۰±/۰۷^{Bb}	۳/۰۰ ۰±/۲۷^{Cb}
	A_3	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۴/۸۰ ۰±/۲۴^{Ba}
پذیرش کلی	شاهد	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۲/۸۰ ۰±/۲۴^{Bc}	۲/۴۰ ۰±/۲۵^{Bb}
	A_1	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۴/۸۰ ۰±/۲۴^{Ba}	۳/۰۰ ۰±/۳۴^{Ca}
	A_2	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۴/۰۰ ۰±/۳۸^{Bb}	۲/۷۰ ۰±/۲۴^{Ca}
	A_3	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۵/۰۰ ۰±/۰۰^{Aa}	۴/۶۰ ۰±/۲۴^{Aab}	۲/۸۰ ۰±/۱۸^{Ba}

داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند. (a-c) در هر ستون نشان‌دهندهٔ تفاوت تیمارها در هر زمان و (A-D) در هر ردیف نشان‌دهندهٔ تغییرات هر تیمار در طول زمان هستند. تخم حاوی ۲/۵درصد نمک (A_1)، تخم حاوی ۰/۲ درصد آلژینات (A_2)، تخم حاوی ۲/۵درصد نمک و ۰/۲درصد آلژینات (A_3).

The data are expressed as mean of three replications ± standard deviation. (a-c) in each column indicates the difference in treatment at any time, and (A-C) in each row represents the variations of each treatment over time. Roe contain 2/5% Salt (A1), roe containing 0.2% alginate (A2), roe containing 2.5% salt and 0.2% alginate (A3).

مطالعات (Sengor *et al*., 2002; Ozpolat & Patir, 2010; Inanli *et al*., 2011) مطابقت داشت. میزان پروتئین با گذشت زمان کاهش یافت به‌طوری که اختلاف میان تیمارها معنی‌دار بود که با مطالعات (Ozpolat & Patir, 2010; Mirsadeghi *et al*., 2015) هم‌خوانی داشت. میزان نمک فعالیت آنزیمی و باکتریایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد همچنین ترکیبات آلژینات از فعالیت میکروبی و پروتئازهای داخلی ممانعت کرده و در نهایت، مانع از شکسته شدن پروتئین می‌شود که هرچه میزان نگه‌دارنده‌ها بیشتر باشد فعالیت آنزیمی و باکتریایی کم‌تر و در نهایت کاهش پروتئین، کم‌تر است (Baydar *et al*., 2004; Luo *et al*., 2008; Fan *et al*., 2009; Al-Enazi & Naik, 2016). همچنین اختلاف یافته‌های این تحقیق با سایر تحقیقات ناشی از آماده‌سازی اولیه، میزان نمک، میزان و نوع نگه‌دارنده، روش عمل‌آوری و زمان و شرایط نگه‌داری نوع گونه مورد بررسی است. میزان چربی تخم در خانواده آزاد ماهیان ۸ تا ۲۵ درصد بیان شده است (Beldose *et al*., 2013) که مشابه مطالعه حاضر است.

میزان چربی تخم خام بعد از نمک سود کردن تغییر نیافت و اختلاف معنی‌دار نبود ($p\geq0/05$) ولی با گذشت زمان میزان چربی کاهش یافت و در روز ۳۰ و ۴۵ نگه‌داری تیمار شاهد با تیمارهای A_1، A_2 و A_3 اختلاف معنی‌داری را نشان دادند ($p\geq0/05$)، این نتایج با مطالعات (Sengor *et al*., 2002; Ozpolat *et al*., 2010) هم‌خوانی نداشت ولی با نتایج (Basby *et al*., 1998; Inanli *et al*., 2011) هم‌خوانی داشت، که احتمالا به‌دلیل استفاده از درصدهای متفاوت نمک و نگه‌دارنده است. مقادیر چربی مشاهده شده طی مدت نگه‌داری در تمامی تیمارها کاهش یافت که ممکن است ناشی از هیدرولیز چربی توسط فعالیت‌های آنزیمی باشد (Yasemen *et al*., 2005) اما وجود ترکیب نمک و نقشی که آلژینات به عنوان امولسیفایر داشته که ذرات روغن را در آب پخش و نگه‌داری می‌کند (Rioux *et al*., 2015; Fan *et al*., 2017)، در تیمار A_3 مانع از تغییرات زیاد چربی در طول دوره نگه‌داری شد. نتایج مطالعه حاضر با مطالعات مطابقت دارد (Inanli *et al*., 2011).

جدول٤- نتایج مربوط به اسیدهای چرب موجود در تخم ماهی قزل‌آلا طی نگه‌داری در یخچال.

Table 4. Fatty acids results in rainbow trout roe during refrigerated storage.

شاهد			
دوره نگه‌داری(روز)			
اسید چرب	۰	۱۵	۳۰
C14:0	۰/۸۲	۰/۶۰	۰/۴۲
C16:0	۱۴/۲۰	۱۰/۶۲	۷/۵۸
C17:0	۰/۷۰	۰/۴۵	۰/۳۲
C18:0	۴/۹۰	۲/۷۱	۱/۱۵
C24:0	۰/۶۱	۰/۲۹	۰/۱۵
Unknown	۰/۱۵	۰/۱۰	-
C16:1	۲/۸۲	۲/۲۳	۱/۰۵
C17:1	۰/۸۰	۰/۳۵	۰/۱۸
C18:1	۲۴/۳۰	۱۹/۱۳	۱۰/۰۳
C20:1n9	۲/۸۱	۱/۷۱	۰/۴۰
C24:1n9	۱/۶۲	۱/۲۰	۰/۴۰
unknown	-	-	۰/۲۰
C18:2n6	۶/۹۰	۶/۲۳	۳/۷۰
C18:3n6	۰/۸۷	۰/۶۰	۰/۲۰
C18:3n3	۰/۵۹	۰/۴۳	۰/۳۰
C20:2n6	۱/۳۶	۱/۱۶	۰/۷۴
C20:3n6	۱/۰۲	۰/۸۲	۰/۴۲
C20:3n3	۳/۹۱	۳/۲۲	۱/۲۶
C20:5n3	۳/۳۱	۳/۰۵	۱/۱۰
C22:6n3	۲۲/۲۰	۱۸/۶۰	۱۰/۲۸
unknown	۰/۳۲	۰/۲۰	۰/۵۲
A_3 تیمار			
دوره نگه¬داری(روز)			
C14:0	۰/۹۱	۰/۷۱	۰/۶۰
C16:0	۱۳/۰۵	۱۳/۱۴	۱۱/۱۱
C17:0	۰/۴۸	۰/۵۲	۰/۴۲
C18:0	۴/۷۵	۴/۷۱	۳/۶۱
C24:0	۰/۳۰	۰/۴۲	۰/۳۲
unknown	۰/۱۲	۰/۲	۰/۴۱
C16:1	۲/۶۰	۲/۳۰	۲/۱۰
C17:1	۰/۷۵	۰/۸۵	۰/۴۵
C18:1	۲۳/۱۳	۲۲/۵۰	۱۹/۵۱
C20:1n9	۲/۳۸	۲/۱۴	۱/۳۰
C24:1n9	۱/۴۷	۱/۵۷	۰/۵۷
unknown	۰/۳۰	۰/۶۵	۲۰/۱
C18:2n6	۶/۶۷	۵/۹۲	۵/۱۲
C18:3n6	۰/۷۰	۰/۷۵	۰/۲۲
C18:3n3	۰/۷۴	۰/۶۴	۰/۳۹
C20:2n6	۱/۱۶	۱/۰۰	۰/۱۰
C20:3n6	۱/۲۰	۱/۱۱	۰/۵۶
C20:3n3	۳/۵۶	۳/۵۸	۲/۷۶
C20:5n3	۳/۰۶	۳/۱۶	۲/۹۸
C22:6n3	۲۲/۰۹	۲۲/۰۰	۲۰/۰۶
unknown	۰/۰۲	۰/۹۰	۰/۸۰

تیمار A_2			
دوره نگه‌داری(روز)			
C14:0	۰/۷۹	۰/۷۱	۰/۶۰
C16:0	۱۳/۷۰	۱۳/۱۴	۱۱/۱۱
C17:0	۰/۷۲	۰/۵۲	۰/۴۲
C18:0	۴/۹۵	۴/۷۱	۳/۶۱
C24:0	۰/۶۰	۰/۴۲	۰/۳۲
unknown	-	۰/۲	۰/۴۱
C16:1	۲/۸۰	۲/۳۰	۲/۱۰
C17:1	۰/۸۲	۰/۸۵	۰/۴۵
C18:1	۲۴/۱۰	۲۲/۵۰	۱۹/۵۱
C20:1n9	۲/۷۱	۲/۱۴	۱/۳۰
C24:1n9	۱/۷۲	۱/۵۷	۰/۵۷
unknown	۰/۳۶	۰/۶۵	۱/۲۰
C18:2n6	۶/۹۵	۵/۹۲	۵/۱۲
C18:3n6	۰/۸۹	۰/۷۵	۰/۲۲
C18:3n3	۰/۵۷	۰/۶۴	۰/۳۹
C20:2n6	۱/۳۰	۱/۰۰	۰/۱۰
C20:3n6	۱/۰۴	۱/۱۱	۰/۵۶
C20:3n3	۳/۹۱	۳/۵۸	۲/۷۶
C20:5n3	۳/۶۱	۳/۱۶	۲/۹۸
C22:6n3	۲۲/۱۰	۲۲/۰۰	۲۰/۰۶
unknown	۱/۳۲	۰/۹۰	۰/۸۰
تیمار A_3			
دوره نگه‌داری(روز)			
C14:0	۰/۸۰	۰/۶۰	۰/۵۳
C16:0	۱۳/۱۸	۱۲/۴۸	۱۲/۱۲
C17:0	۰/۷۴	۰/۷۰	۰/۶۴
C18:0	۴/۳۴	۴/۱۱	۳/۲۲
C24:0	۰/۵۸	۰/۴۲	۰/۳۲
unknown	۰/۱۰	۱/۱۱	۲/۴۸
C16:1	۲/۵۲	۲/۴۸	۲/۴۰
C17:1	۰/۶۲	۰/۵۳	۰/۴۸
C18:1	۲۳/۱۶	۲۳/۲۰	۲۲/۷۸
C20:1n9	۲/۱۰	۲/۰۲	۱/۹۵
C24:1n9	۱/۵۵	۱/۵۰	۱/۳۷
unknown	۰/۱۴	۰/۱۲	۱/۲۰
C18:2n6	۶/۴۷	۶/۴۰	۵/۹۴
C18:3n6	۰/۸۴	۰/۷۹	۰/۶۳
C18:3n3	۰/۶۷	۰/۶۰	۰/۴۹
C20:2n6	۱/۲۰	۱/۱۵	۰/۹۰
C20:3n6	۱/۱۴	۱/۱۰	۰/۸۰
C20:3n3	۳/۵۸	۳/۵۰	۳/۱۴
C20:5n3	۳/۲۰	۳/۱۴	۳/۰۱
C22:6n3	۲۲/۰۹	۲۱/۶۰	۲۰/۲۸

رطوبت در تیمارهای مختلف در انتهای دوره نگه‌داری اختلاف معنی‌داری داشت ($p\leq$۰/۰۵) و اثر زمان و تیمار بر مقدار رطوبت تیمارهای مختلف معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵). در طی دوره نگه‌داری تیمار دارای ۰/۲٪ آلژینات (A_2) در مقایسه با سایر تیمارها میزان رطوبت بیشتری نشان داد زیرا پلی‌ساکاریدهای سولفاته توانایی اتصال به آب و تشکیل ژل را دارا هستند و با حفظ اتصال به رطوبت در ماده غذایی مانع از دست دادن رطوبت در ماده غذایی می‌شود (Al-Holy *et al*., 2005; Arianto & Bangun, 2016; Gupta *et al*., 2016; Asadi *et al*., 2017)، همچنین تیمار دارای نمک (A_1) کمترین میزان رطوبت را نشان داد. با ورود نمک به داخل تخم و خروج آب از آن میزان رطوبت در تیمار دارای نمک کاهش می‌یابد زیرا با دناتوره شدن پروتئین‌ها توانایی نگه‌داری آب از دست رفته و بنابراین مقدار رطوبت در تخم حاوی نمک کم می‌شود (Jittinandana *et al*., 2002). این نتایج با مطالعات (Sengor *et al*., 2002; Ozpolat & Patir, 2010; Inanli *et al*., 2011) هم‌خوانی دارد. افت تدریجی رطوبت تیمارهای مورد مطالعه در طول زمان نگه‌داری هم ناشی از دهیدراسیون اسمزی و دناتوره شدن پروتئین‌های تخم ماهی است (Baydar *et al*., 2004; Khavari *et al*., 2016).

میزان خاکستر تخم ماهی بعد از عمل‌آوری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p\leq$۰/۰۵). تغییرات میزان خاکستر در هر تیمار معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵) و همواره تیمار شاهد و تیمار A_3 به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار خاکستر را در طول دوره نگه‌داری نشان دادند زیرا تیمار A_3 نسبت به سایر تیمارها حاوی ترکیبی از نمک و آلژینات بود و این نگه‌دارندها توانایی تشکیل ژل و قابلیت تثبیت‌کنندگی که دارند، مانع تغییرات زیاد خاکستر در محصول در طی دوره نگه‌داری می‌شود (Rioux *et al*., 2015; Khavari *et al*., 2016). طی عمل‌آوری تخم همزمان با خروج آب از بافت، نمک به داخل بافت نفوذ می‌کند بنابراین با جذب نمک و نگه‌دارنده مقدار خاکستر افزایش می‌یابد (Gallart-Jornet *et al*., 2006). این نتایج با نتایج مطالعات (Sengor *et al*., 2002; Ozpolat & Patir, 2010; Inanli *et al*., 2011) هم‌خوانی دارد. تغییرات pH برای فرآورده‌های شیلاتی می‌تواند به‌عنوان یک شاخص فساد مانند TVN بکار رود (Alak, 2012). میزان این فاکتور در تیمار شاهد در ابتدای دوره ۶/۲۷ اندازه‌گیری شد که با سایر مطالعات مشابه هم‌خوانی نداشت (Inanli *et al*., 2011; Scano *et al*., 2013; Machado *et al*., 2016). این تفاوت می‌تواند به دلیل تفاوت در گونه مورد آزمایش، تیمارهای بکار رفته و تکنیک متفاوت عمل‌آوری باشد (Inanli *et al*., 2011). همچنین حضور گروه‌های میکروبی در محصول و تولید احتمالی آمین‌های بیوژن، در pH موثر بوده که می‌تواند ناشی از مواد خام اولیه و آلودگی در طول عمل‌آوری باشد (Scano *et al*., 2013). میزان pH تیمارهای A_1، A_2 و A_3 بعد از فرایند عمل‌آوری نسبت به pH شاهد کاهش یافت که ناشی از افزودنی‌هایی مثل نمک و آلژینات (Fan *et al*., 2009; Lapa Guimaraes *et al*., 2011; Yildiz, 2016) یا روش عمل‌آوری باشد. مقدار pH در طول زمان نگه‌داری روندی افزایشی یافت که این روند در تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری بیشتر بود، این روند افزایشی در تمامی تیمارها را می توان به خاطر افزایش تولید بازهای فرار مثل آمونیاک، تری متیل اکسید و فعالیت آنزیمی باکتری و آنزیمی درونی دانست (Fan *et al*., 2009). کمتر بودن میزان pH در تیمار دارای ۲/۵٪ نمک و ۰/۲٪ آلژینات (A_3) به دلیل خاصیت ضداکسیداسیونی و ضدباکتریایی آلژینات است به‌طوری که ترکیبات آلژینات از فعالیت میکروبی و پروتئازهای داخلی ممانعت کرده و در نهایت، مانع از شکسته شدن پروتئین و تولید آمین می‌شود (Baydar *et al*., 2004; Luo *et al*., 2008; Fan *et al*., 2009)، همچنین طی نمک‌زنی به علت افزایش قدرت یونی محلول داخل سلول‌ها pH کاهش یافت (Goulas & Kontominas, 2004). باکتری‌های مولد فساد با تولید ترکیبات قلیایی از قبیل آمونیاک، تری‌متیل‌آمین و بازهای آلی فرار باعث تغییرات pH شده که بر ظرفیت نگه‌داری آب در تخم ماهی تاثیر می‌گذارد و در نهایت منجر به تغییر ساختمان پروتئین می‌شود (Jittinandana *et al*., 2002; Goulas & Kontominas, 2004) که در طی دوره نگه‌داری در تیمار شاهد و A_1 مشهود است ولی در تیمارهای A_2 و A_3 با توجه به میزان و نوع نگه‌دارنده‌ها مانع از این فعالیت شد (Sallam *et al*., 2004). نتایج این تحقیق با نتایج مطالعات (Ozpolat & Patir, 2010) هم‌خوانی دارد. بنابراین اختلاف در یافته‌های این تحقیق و سایر تحقیقات ناشی از میزان نمک و نگه‌دارنده، روش عمل‌آوری، زمان و شرایط نگه‌داری و نوع گونه مورد بررسی است.

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، میزان تیوباربیتوریک اسید طی مدت زمان نگه‌داری در تمامی تیمارها افزایش معنی‌داری یافت ($p\leq$۰/۰۵). تیمار شاهد و تیمار A_3 به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین میزان TBA را نشان داده که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را داشتند ($p\leq$۰/۰۵). TBA شاخصی است که به‌طور گسترده برای ارزیابی میزان اکسیداسیون لیپید مورد استفاده قرار می‌گیرد (Yildiz, 2016) و یکی از تغییراتی است که سبب فساد محصول می‌شود (Inanli *et al*., 2011). طی مراحل ثانویه اکسیداسیون چربی، ترکیبات کربونیلی مانند آلدهیدها و کتون‌ها ظاهر می‌گردند. وجود چنین ترکیباتی در محصولات دریایی حاکی از پیشرفت اکسیداسیون چربی بوده و سبب تغییراتی در ویژگی‌های حسی ماهی از جمله بو و طعم می‌شود. افزایش قابل توجه میزان TBA در تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها در طول دوره نگه‌داری ناشی از تجزیه هیدروپراکسیدها و افزایش میزان آلدهیدها و تولید متابولیت‌های فرار و افزایش آهن آزاد و دیگر اکسیدان‌ها در حضور اکسیژن است ولی در تیمار A_1 به دلیل داشتن نمک، تیمار A_2 به دلیل داشتن آلژینات و به خصوص تیمار A_3 به دلیل وجود ترکیبی از نمک و آلژینات و خاصیت ضداکسیداسیونی و ضدباکتریایی آلژینات، مانع از اکسیداسیون ثانویه شده که تغییرات TBA نسبت به تیمار شاهد دیده می‌شود (Al-Enaz & Naik, 2016; Kim *et al*., 2017). نتایج مطالعه حاضر با تحقیقات (Inanli *et al*., 2011) مطابقت دارد. براساس نتایج بدست آمده، مقادیر TBA تیمار شاهد از روز ۳۰ نگه‌داری و تیمارهای A_1، A_2 و A_3 از روز ۴۵ نگه‌داری از حد قابل قبول پیشنهادی بیشتر بود. مجموع بازهای نیتروژنی فرار، شاخص میان تجزیه و شکست پروتئین‌ها است که مربوط به فعالیت‌های میکروبی و آنزیم‌های پروتئولیتیک است که دامنه وسیعی از ترکیبات همانند متیل‌آمین، دی‌متیل‌آمین، تری‌متیل‌آمین و آمونیاک را در بر می‌گیرد، به‌طوری که به عنوان شاخص‌های شیمیایی کنترل کیفیت است. مقدار آن طی نگه‌داری محصولات دریایی به دلیل فسادشان، افزایش می‌یابد و میزان آن به گونه و تغییرات پس از صید ماهی بستگی دارد. این فاکتور از نظر عددی با گذشت زمان افزایش یافت که افزایش مقدار بازهای آلی فرار با افزایش میزان pH و فعالیت باکتریایی و آنزیمی مرتبط است (Yilmaz *et al*., 2009). افزایش بار باکتریایی تیمار شاهد و A_1 را می‌توان دلیلی بر این مورد دانست. مجموع بازهای نیتروژنی فرار در تیمار A_3 کمتر از سایر تیمارها بود ($p\leq$۰/۰۵)، میزان نمک فعالیت آنزیمی و باکتریایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد همچنین آلژینات دارای خواص ضدباکتریایی، ضداکسیداسیونی و ضدمخمری است و در کنترل مولکول‌های زیستی فعال نقش دارند (Fan *et al*., 2009; Al-Enazi & Naik, 2016; Fan *et al*., 2017). این نتایج با مطالعات (Ozpolat & Patir, 2010; Kirzek *et al*., 2011) مطابقت دارد. بر اساس دسته‌بندی، میزان TVN-B تا ۲۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه نشان دهنده کیفیت خیلی خوب، تا ۳۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه خوب و تا ۳۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه قابل فروش و بیشتر از ۳۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه غیرقابل قبول است که بهترین زمان مصرف تیمار شاهد روز ۱۵، و در بقیه تیمارها روز ۳۰ است.

نتایج اندازه‌گیری TVC تیمارهای مختلف تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی مدت نگه‌داری در جدول ۲ آورده شده است. جمعیت بار میکروبی کل طی زمان نگه‌داری در تمامی تیمارها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. محققین شمارش کل باکتری‌های اولیه برای گونه‌های مختلف ماهیان آب شیرین (تیلاپیا، باس راه راه، قزل‌آلای رنگین‌کمان، سوف نقره‌ای) را 2-6 logcfu/g پیشنهاد کردند (Etemadi *et al*., 2008). میزان ابتدایی این باکتری‌ها در مطالعه حاضر پایین بود که نشان دهنده کیفیت بالای تخم ماهی تهیه شده از قزل‌آلای رنگین‌کمان است. در این تحقیق تیمار شاهد و تیمار A_3 بیشترین و کمترین جمعیت میکروبی کل را داشتند، علت کمتر بودن جمعیت میکروبی در تیمار A_3 احتمالا به دلیل اثر مهارکنندگی نمک و خواص ضداکسیداسیونی و ضدباکتریایی آلژینات با اثر بر واکنش‌های شیمیایی و میکروبی از طریق مکانیسم‌هایی چون دهیدراسیون و پلاسمولیز سلولی است (Al-Enazi & Naik, 2016; Fan *et al*., 2017; Kim *et al*., 2017). کاهش رطوبت و pH منجر به کاهش رشد میکروارگانیسم‌ها در تخم ماهی و افزایش عمر ماندگاری آن می‌شود، علاوه بر غلظت نمک، استفاده از نگه‌دارنده، درجه حرارت و مراحل مختلف عمل‌آوری تخم نمک سود مانند شستشو و غربال کردن هم روی میزان بار میکروبی کل تاثیر می‌گذارد (Safari & Yosefian, 2006)، این نتایج با مطالعات (Inanli *et al*., 2011) مطابقت دارد.

میزان کپک و مخمر طی زمان نگه‌داری در تمامی تیمارها افزایش معنی‌داری یافت. افزایش میزان کپک و مخمر در تخم ماهی منجر به تغییر خواص حسی و متعاقباً کاهش کیفیت محصول می‌شود. شناسایی عوامل محدود کننده رشد کپک و مخمر و بهینه‌سازی آن در رابطه با حفظ ایمنی محصول دارای اهمیت است (Safari & Yosefian, 2006). مقدار مجاز کپک و مخمر برای خاویار 2 logcfu/g گزارش شده است (Iran National Standard, 2005). بر این اساس حد قابل قبول پیشنهادی برای میزان کپک و مخمر در تیمار شاهد ۱۵ روز و برای تیمارهای A_1، A_2 و A_3 30 روز بود که این می‌تواند به دلیل اثر مهارکنندگی نمک و خواص ضداکسیداسیونی، ضدباکتریایی، ضدمخمری و قابلیت کنترل مولکول‌های زیستی آزاد ترکیبات آلژینات با اثر بر واکنش‌های شیمیایی و میکروبی از طریق مکانیسم‌هایی چون دهیدراسیون و پلاسمولیز سلولی، باشد. رعایت بهداشت در مراحل عمل‌آوری، زمان و شرایط نگه‌داری، توجه به ترکیب محصول تولیدی مانند غلظت نمک و میزان pH و همچنین استفاده از مواد نگه‌دارنده، تا حدودی آلودگی تخم نمک‌سود به کپک و مخمر را می‌تواند کاهش دهد (Fan *et al*., 2017; Kim *et al*., 2017). نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعه (Etemadi *et al*., 2005; Mirsadeghi *et al*., 2015) هم‌خوانی دارد.

نتایج ارزیابی حسی در جدول ۳ نشان داده شده است. رنگ نقش مهمی در ارزیابی کیفی محصول دارد. پذیرش محصولات غذایی تحت تاثیر ویژگی‌های ظاهری آن به ویژه رنگ است. رنگ تخم ماهی با توجه به نوع گونه ماهی، رژیم غذایی، سن و مرحله بلوغ متفاوت است (Beldose *et al*., 2003). رنگ تخم آزاد ماهیان از نارنجی روشن تا نارنجی تیره و قرمز تغییر می‌کند (Majazi Amiri & Rezaei Tavabe, 2010). رنگدانه‌های کاروتنوئیدی به شرایط عمل‌آوری مانند گرما و اکسیداسیون بسیار حساس هستند و اکسیداسیون لیپید می‌تواند موجب تغییرات شیمیایی و کاهش غلظت کارتنوئیدها و در نهایت منجر به رنگ‌بری تخم نمک‌سود شود (Birkeland *et al*., 2004). رطوبت هم با ایجاد شاخص‌های انکساری در ماتریکس مواد غذایی منجر به رنگ روشن‌تر می‌شود (Ozkan *et al*., 2003). طبق نتایج بدست آمده در جدول ۱۰ رنگ در تیمارهای مختلف تا روز ۱۵ نگه‌داری اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($p\geq$۰/۰۵) و تیمار شاهد از روز ۳۰ با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری پیدا کرد ($p\leq$۰/۰۵). تیمار شاهد تا روز ۳۰ نگه‌داری، اما تیمارهای A_1، A_2 و A_3 تا پایان مدت نگه‌داری قابل قبول بودند که بهترین عملکرد را از نظر شاخص‌های بافت، بو و رنگ تیمار A_3 از خود نشان داد. این امر احتمالا به دلیل خواص نگه‌دارندگی خوب نمک و آلژینات در کاهش و یا تاخیر فساد میکروبی و شیمیایی به ویژه اکسیداسیون چربی و تیوباربیتوریک اسید دانست. نتایج مطالعه حاضر با نتایج (Inanli *et al*., 2011; Mariutti *et al*., 2011) مطابقت دارد. کیفیت بافت نمونه‌ها با سرعت کمتری نسبت به رنگ و بو کاهش می‌یابد. ابتدای دوره نگه‌داری همه تیمارها دارای بافت محکم و سفت هستند اما در انتهای دوره به علت تغییر ماهیت پروتئین‌ها و کاهش ظرفیت نگه‌داری آب از کیفیت بافت کاسته می‌شود. طبق جدول ۱۰ پذیرش بافت در تیمارهای A_2 و A_3 تا پایان دوره نگه‌داری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p\geq$۰/۰۵) و در تیمار شاهد و A_1 تا روز ۱۵ نگه‌داری با تیمارهای A_2 و A_3 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p\geq$۰/۰۵). همچنین تیمار شاهد از نظر بافت تا روز ۱۵ نگه‌داری قابل قبول بود. بوی ماده غذایی نمایانگر کیفیت آن از نقطه نظر بهداشتی و سلامتی است. فرآورده نمک‌سود شده با میزان نمک زیاد، به دلیل اثر نگه‌دارندگی نمک بوی مطلوبی دارد. از نظر شاخص بو تیمارهای A_2 و A_3 تا پایان دوره نگه‌داری اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند ($p\geq$۰/۰۵)، تیمار شاهد تا روز ۱۵ و تیمار A_1 تا روز ۳۰ نگه‌داری با تیمارهای A_2 و A_3 اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند ($p\geq$۰/۰۵). همچنین تیمار شاهد از نظر شاخص بو از روز ۴۵ نگه‌داری قابل قبول نبود. عدم پذیرش بو و ایجاد بو نامناسب در اواخر دوره نگه‌داری در برخی از تیمارها می‌تواند ناشی از فعالیت میکروبی و فساد شیمیایی به ویژه اکسیداسیون چربی و بازهای نیتروژنی فرار باشد. همچنین پذیرش بو در سایر تیمارها تا پایان دوره نگه‌داری به دلیل خواص ضدمیکروبی و ضداکسیداسیونی نمک و آلژینات است که با مطالعه (Inanli *et al*., 2011; Mirsadeghi *et al*., 2015) مطابقت دارد. در بحث پذیرش کلی تیمارهای دارای نگه‌دارنده تا پایان دوره نگه‌داری اختلاف معنی‌داری باهم نشان ندادند ($p\geq$۰/۰۵) و مورد پذیرش بودند، اما تیمار شاهد از روز ۱۵ نگه‌داری با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد ($p\leq$۰/۰۵) و از روز ۳۰ نگه‌داری مورد پذیرش واقع نشد. طبق نتایج جدول تیمارهای آلژینات ٪۰/۱ و آلژینات

۰/۲٪ از نظر شاخص‌های طعم، بو و رنگ اختلاف معنی‌داری نشان نداند. از نظر شاخص بافت بهترین عملکرد را تیمار آلژینات ۰/۲٪ دارا بود که با سایر اختلاف معنی‌داری را نشان داد) $p\leq$۰/۰۵. تیمار آلژینات ۰/۴٪ از نظر شاخص بافت و تیمار آلژینات ۰/۵٪ از نظر شاخص‌های بافت، طعم و بو مورد پذیرش واقع نشدند که از نظر تمامی شاخص‌ها تیمار آلژینات ۰/۵٪ ضعیف‌ترین و تیمار آلژینات ۰/۲٪ بالاترین امتیاز را دارا بود. وجود نگه‌دارنده‌هایی مثل نمک و آلژینات مانع از فعالیت ارگانیسم‌ها شده که خود باعث کاهش دناتوره شدن پروتئین‌ها و در نتیجه کاهش از دست دادن آب و تغییر کمتر ویژگی‌های بافتی در برخی از تیمارهای مورد مطالعه شده است همچنین آلژینات با خاصیت ضداکسیداسیونی باعث به تاخیر انداختن فساد شیمیایی می‌شود که خود مانع از مشکلات بافتی می‌شود. نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های (Sallam *et al*., 2004; Inanli *et al*., 2011; Mirsadeghi *et al*., 2015; Asadi *et al*., 2017) همخوانی داشت.

طبق جدول ۴ مقادیر اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع در تمامی تیمارها در طی زمان نگه‌داری کاهش یافت که با مطالعات (Mirsadeghi *et al*., 2015) هم‌خوانی داشت اما با مطالعه (Mariutti *et al*., 2011) مغایرت داشت که می‌تواند به‌دلیل تفاوت در روش عمل‌آوری و میزان نمک باشد که میزان نمک زیاد باعث کاهش سایر گروه‌های اسیدچرب و افزایش اسید چرب اشباع می‌شود. در مطالعه حاضر در تخم نمک‌سود، کاهش جزیی اسیدچرب غیراشباع بعد از نمک‌زنی نسبت به تخم خام مشاهده شد که احتمالا به دلیل استفاده از نمک کم است زیرا نمک زیاد می‌تواند باعث کاهش گروه‌های اسیدچرب غیراشباع و افزایش اسیدچرب اشباع شود. نتایج مطالعه حاضر با مطالعه (Mariutti *et al*., 2011; Mirsadeghi *et al*., 2015) هم‌خوانی داشت. طبق نتایج بدست آمده از اسیدهای چرب چند غیراشباع، دکوزاهگزانوئیک‌اسید((C22:6(n3)) (DHA) بالاترین میزان را از خود نشان داد همچنین در اسیدهای چرب تک غیراشباع، اسید اولئیک (C18:1) بالاترین میزان را از خود نشان داد. اسید پالمتیک (C16:0) بالاترین میزان اسیدچرب اشباع را در میان تمامی تیمارها از خود نشان می‌دهد. به‌طور کلی در طی دوره نگه‌داری تیمار A_3 در مقایسه با سایر تیمارها بالاترین میزان این اسیدها را از خود نشان داد زیرا تیمار A_3 حاوی ترکیبی از نمک و آلژینات بود و آلژینات توانایی تشکیل ژل، خاصیت امولسیفایری، قابلیت تثبیت کنندگی و خاصیت ضداکسیداسیونی دارد و مانع تغییرات زیاد اسیدچرب محصول در طی دوره نگه‌داری می‌شود (Rioux *et al*., 2015; Khavari *et al*., 2016).

نتیجه‌گیری

نتایج تجزیه و تحلیل‌های شیمیایی نشان داد که به طور کلی پوشش آلژینات و نمک سبب کند شدن روند افزایشی شاخص‌های فساد اکسیداسیونی نسبت به تیمار شاهد شد. در انتهای دوره تیمار حاوی ترکیبی از نمک ۲/۵درصد و آلژینات ۰/۲درصد نسبت به سایر تیمارها در تمامی مقادیر شاخص‌های فساد، میزان کمتری داشت. در تمامی تیمارها افزایش بار میکروبی همراه با گذشت زمان وجود دارد، ولی این افزایش در تیمارهای حاوی نمک ۲/۵درصد و آلژینات ۰/۲درصد کندتر صورت می‌گیرد. نتایج ارزیابی حسی نیز بیانگر این مطلب است که تیمار آلژینات ۰/۲درصد به صورت کلی وضعیت بهتری نسبت به سایر تیمارها و به خصوص تیمار شاهد داشت. بنابراین، با فرآوری آسان‌تر، قیمت پایین‌تر و در دسترس بودن مواد و وسایل مورد نیاز جهت عمل‌آوری و نگه‌داری تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، نسبت به خاویار ماهیان خاویاری، می‌توان از هدر رفتن چنین منابع ارزشمندی جلوگیری کرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در انجام پژوهش قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

Alak, G. 2012. Effect of chitosan prepared in different solvents on quality parameters of mackerel fillets. – Asian J. Ani. Vet. Adv. 11: 2813-2816.

Al-Enazi, T.A. and Naik, A.V. 2016. Disinfection of alginate and addition silicon rubber-based impression materials. – Inter J. Stoma. Occlu. Med. 8: 44-48.

Al-Holy, M., Wang, Y., Tang, J. and Rasco, B. 2005. Dielectric properties of salmon (*Oncorhynchus keta*) and sturgeon (*Acipenser transmontanus*) caviar at radio frequency (RF) and microwave (MW) pasteurization frequencies. – J. Food Engin. 70: 564-570.

Arashisara, Ş., Hisara, O., Kaya, M. and Yanik, T. 2004. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorynchus mykiss*) fillets. – Inter J. Food Microb. 97: 209-214.

Arianto, A. and Bangun, H. 2016. Healing effect of alginate liquid against HCl-induced gastric mucosal lesions in rats. – Inter J. Pharm.Tech. Res. 9: 287-296.

Asadi Farsani, O., Kordjazi, M., Shabanpour, B., Ojagh, S.M. and Jamshidi, A. 2017. Effect of antioxidant properties of brown algae (*Iyengaria Stellata)* extract on the shelf-life and sensory properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet nugget during frozen storage. – Master's thesis. 80 p.

Basby, M., Jappesen, V.F. and Huss, H.H. 1998. Spoilage of lightly salted Lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) roe at 5 °C. – J. Aqua. Food Pro. Tech. 7: 23-34.

Baydar, N.G., Ozkan, G. and Sagdic, O. 2004. Total phenolic contents and antibacterial activities of grape (*Vitis vinifera*) extracts. – J. Food Con. 15: 335-339.

Benjakul, S., Intarasirisawat, R. and Visessanguan, W. 2011. Chemical compositions of the roes from skipjack, tongol and bonito. – J. Food Chem. 124: 1328-1334.

Birkeland, S., Haarstad, I. and Bjerkeng, B. 2004. Effects of salt curing procedure and smoking temperature on astaxanthin stability in smoked salmon. – J. Food Sci. 69: 198-203.

Bledsoe, G.E., Bledsoe, C.D. and Rasco, B. 2003. Caviar and fish roe products. – J. Criti. Rev. Food Sci. Nut. 43: 317-356.

Etemadi, H., Rezaei, M. and Abedian, A. 2008. Antioxidant and anti-bacterial potential of *Rosmarinus officinalis* extract in increasing the shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). – J. Food Sci. Tech. 5: 67-77.

Fan, W., Sun, J., Chen, Y., Qiu, J., Zhang, Y. and Chi, Y. 2009. Effects of chitosan coating on quality and shelf-life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during frozen storage. – J. Food Chem. 115: 66-70.

Fan, Y., Wu, Y., Fang, P. and Ming, Z. 2017. Facile and effective synthesis of adsorbent–utilization of yeast cells immobilized in sodium alginate beads for the adsorption of phosphorus in aqueous solution. – Wat. Sci. Tech. 75: 75-83.

Gallart-Jornet, L., Barat, J.M., Rustad, T., Erikson, U., Escriche, I. and Fito, P. 2006. Influence of brine concentration on Atlantic salmon fillet salting. – J. Food Engin. 80: 267-275.

Goulas, A.E. and Kontominas, M.G. 2004. Effect of salting and smoking method on the keepin quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*) biochemical and sensory attributes. – J. Food Chem. 93: 511-520.

Gupta, P., Adhikary, M., Christakiran, J.M., Kumar, M., Bhardwaj, N. and Mandal, B.B. 2016. Biomimetic, osteoconductive non-mulberry silk fiber reinforced tricomposite, scaffolds for bone tissue engineering. – ACS. Appl. Mat. Inter. 8: 30797-30810.

Igan, J.O., King, J.A., Pearson, A.M. and Gray, I.I. 1979. Influence of hemepigments, nitric and non-heme iron on development of warmed-over flavore (WOF) in cooked meat. – J. Agri. Food. 27: 830-842.

Inanli, A., Oksuztepe, G., Ozpolat, E. and Coban, O. 2011. Effect of acetic acid and different salt concentrations on the shelf life of caviar from Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). – J. Ani. Vet. Adv. 10: 3172-3178.

National Iranian Standard, 2005. Caviar - Specifications and test methods. 186, 27 p.

Jittinandana, S., Kenney, P.B., Slider, S.D. and Kiser, R.A. 2002. Effect of brine concentration and brining time on quality of smoked rainbow trout fillets. – J. Food Sci. 67: 2095-2099.

Khavari, A., Nyden, M., Weitz, D.A. and Ehrlicher, A.J. 2016. Composite alginate gels for tunable cellular microenvironment mechanics. – Sci. Rep. 6: 1-10.

Kim, J.H., Park, S., Kim, H., Kim, H.J., Yang, Y.H. and Kim, Y.H. 2017. Alginate/bacterial cellulose nanocomposite beads prepared using gluconacetobacter xylinus and their application in lipase immobilization. – Carbohydr. Polymer. 157: 137-145.

Kirzek, M., Vacha, F. and Pelikanova, T. 2011. Biogenic amines in carp roe (*Cyprinus carpio*) preserved by four different methods. – J. Food Chem. 126: 1493-1497.

Lapa Guimaraes, G., Trattner, S. and Pickova, J. 2011. Effect of processing on amine formation and the lipid profile of cod (*Gadus morhua*) roe. – J. Food Chem. 129: 716-723.

Luo, Y., Shen, H., Pan, D. and Bu, G. 2008. Gel properties of surimi from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) as affected by heat treatment soyporosolate. – J. Food hydrocoll. 22: 1513-1519.

Machado, T.M., Tabato, Y.A., Takahashi, N.S., Casarini, L.M., Neiva, C.R.P. and Henriques, M.B. 2016. Caviar substitute produced from roes of rainbow trout (*Oncorgynchus mykiss*). – Acta. Scie. Tech. 2: 233-240.

Majazi Amiri, B. and Rezaei Tavabe, K. 2010. In the translation of sturgeon and caviar. –Tehran University Press, 256 pp.

Mancini, F. and McHugh, T.H. 2000. Fruit-alginate interactions in novel restructured products. – Nahrung 44: 152-157.

Mariutti, L.R.B., Orlien, V., Bragagnolo, N. and Skibsted, L.H. 2011. Effect of sage and garlic on lipid oxidation in high-pressure processed chicken meat. – J. Food Res. Tech. 227: 337-344.

Meillisa, A., Woob, H.C. and Chun, B.S. 2015. Production of monosaccharidesand bio-active compounds derived from marine polysaccharides usingsubcritical water hydrolysis. – J. Food Chem. 171: 70-77.

Mirsadeghi, H., Alishahi, A.R., Shabanpour, B. and Safari, R. 2015. Fatty acid composition and qualitative changes of salted rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) roe during refrigerator storage. – Per. Sea. Sci. Tech. 1: 21-29.

Mirsadeghi, H., Alishahi, A.R., Shabanpour, B. and Safari, R. 2015. Effect of salt and water temperature on the qualitative changes of *Oncorhynchus mykiss* roe in refrigerated storage. – J. Fisher. Sci. Tech. 4: 93-104.

Ozkan, M., Kirca, A. and Cemeroglu, B. 2003. Effect of moisture content on CIE color values in dried apricots. – J. Europ. Food Res. Tech. 216: 217-219.

Ozpolat, E. and Patir, B. 2010. Changes in sensorial and chemical quality vacuumed of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) when producing caviars and storageing. – J. New World Sci. Acad. 5: 336-343.

Parvaneh, V. 1998. Quality control and chemical testing of food. – Tehran University Press, 332 p.

Rioux, L.E. and Turgeon, S.L. 2015. Seaweed carbohydrates. - In: tiwari, B.K., Troy, D. (Eds.), seaweed sustainability. Elsevier, San Diego. 141-192 pp.

Safari, R. and Yosefian, M. 2006. Changes in TVN (Total Volatile Nitrogen) and psycrotrophic bacteria in Persian sturgeon Caviar (*Acipenser persicus*) during processing and cold storage. – J. Appl. Ichthy. 22: 416-418.

Sakthivel, R. and Pandima D.K. 2015. Evaluation of physicochemical properties, proximate and nutritional composition of *Gracilaria edulis* collected from Palk Bay. – J. Food Chem. 174: 68-74.

Sallam, K.I., Ishioroshi, M. and Samejima, K. 2004. Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausage. – J. Food Sci. Tech. 37: 849-55.

Scano, P., Rosa, A., Pisano, M.B., Piras, C., Cosentino, S. and Dessi, M.A. 2013. Lipid components and water soluble metabolites in salted and dried tuna (*Thunnus thynnus* L.) roes. – Food Chem. 138: 2115-2121.

Sellimia, S., Younes, I., Ayed, H.B., Maalej, H., Montero, V., Rinaudo, M., Dahia, M., Mechichi, T., Hajji, M. and Nasri, M. 2015. Structural, physicochemical and antioxidant properties of sodiumalginte isolated from a Tunisian brown seaweed. – Inter. J. Bio. Macro. 72: 1358-1367.

Sengor, G.F., Cihaner, A., Erkan, N., Ozden, O. and Varlik, C. 2002. Caviar production from flathead grey mullet (*Mugil cephalus*) and the determination of its chemical composition and roe yield. – Turk. J. Vet. Ani. 26: 183-187.

Yang, C., Chung, D. and You, S. 2008. Determination of physicochemical properties of sulphated fucans from sporophyll of *Undaria pinnatifida* using light scattering technique. – Food Chem. 111: 503-507.

Yasemen, Y., Celik, M. and Akamca, E. 2005. Effects of brine concentration on shelf life of hot smoked tilapia (*Oreochromis niloticus*) stored at 4˚C. – Food Chem. 97: 244-247.

Yildiz, P.O. 2016. Effect of thyme and rosemary essential oils on the shelf-life of marinated rainbow trout. – J. Ani. Plant. Sci. 26: 665-673.

Yilmaz, M., Ceylan, Z.G., Kocaman, M., Kaya, M. and Yilmaz, H. 2009. The effect of vacuum and modified atmosphere packaging on growth of Listeria in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. – J. Musc. Food. 20: 465-477.

*****

How to cite this article:

Kordjazi, M., Mirsadeghi, S.H. and Asadi Farsani, O. 2019. The effect of alginate extracted from brown algae *Sargassum ilicifolium* on the shelf life of rainbow trout roe. – Nova Biol. Reperta 6: 155-168.

کردجزی، م.، میرصادقی، س. ح. و اسدی فارسانی، ا. ۱۳۹۸. اثر آلژینات استخراج شده از جلبک قهوه‌ای روی نگه‌داری تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان. – یافته‌های نوین در علوم زیستی ۶: ۱۶۸-۱۵۵.