

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

معظمه کردجزی، سید حجت میرصادقی و امید اسدی فارسانی

گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

مسئول مکاتبات: معظمه کردجزی، kordjazi@gau.ac.ir

چکیده. امروزه ماکرو جلبک‌های قهوه‌ای به‌مثابه 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، ۰/۳ درصد، ۰/۴ درصد 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 A₁ (تخم حاوی ۲/۵٪ نمک)، تیمار A₂ (تخم حاوی ۰/۲ درصد آلژینات) و تیمار A₃ (تخم حاوی ترکیبی از نمک ۲/۵ درصد و آلژینات ۰/۲ درصد) جهت بررسی اثر نگه‌دارنده‌ها در تخم ماهی استفاده شد. کیفیت تخم ماهی قزل‌آلای رنگین کمان طی نگهداری در یخچال به‌صورت دوره‌ای در روزهای (۰، ۱۵، ۳۰ و ۴۵) بررسی شد. تیمار A₃ در نتایج شیمیایی، میکروبی و حسی تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($p \leq 0.05$). نتایج این تحقیق مشخص کرد که استفاده از ترکیب نمک ۲/۵ درصد و آلژینات ۰/۲ درصد 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 Environmental 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 chosen 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), A₁ (containing 2.5% salt) A₂ (containing 0.2% alginate), A₃ (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 A₃ showed significant differences in microbial, chemical and sensory results compared with other treatments ($p \leq 0.05$). 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 acids, microbial indices, physicochemical factors, shelf-life

مقدمه

جلبک‌های دریایی، ۸۵ درصد از کل تولید جهانی گیاهان آبی را تشکیل می‌دهند به همین دلیل به منزله 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 منحصر به فردی نشان می‌دهند. یکی از این خواص قابلیت آلژینات در نگهداری و انتقال انواع داروها و مولکول‌های زیستی به منزله 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 به دلیل 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 به نظر می‌رسد (Majazi Amiri & Rezaei, 2003; Tavabe, 2010). تخم ماهی منبع غنی از اسیدهای چرب غیر اشباع امگا-۳، خصوصاً دو کوزاهگزانوئیک-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 زیست‌فعال 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 می‌توانند 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 جمع‌آوری 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

(A₁)، ۰/۲ درصد آلژینات (A₂) و تخم حاوی ۲/۵ درصد نمک با ۰/۲ درصد آلژینات (A₃) بودند. بدین صورت که نمک به شکل یکنواخت به داخل ظرف حاوی تخم خام اضافه شد و نمک‌زنی به وسیله حرکات دورانی دست به نحوی 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 ترکیب بین انگشتان مقاومت نشان می‌دادند سپس تخم نمک‌سود شده به الک مویی بهداشتی منتقل شد که با چند ضربه به الک و جابه‌جا شدن تخم نمک‌سود، خروج شور آب اضافی صورت گرفت. در این تحقیق عصاره آلژینات به صورت پودر خشک بلافاصله بعد از شور آب-گیری به تخم نمک‌سود اضافه شد. تخم فرآوری شده در پایان، داخل قوطی‌های پلی‌اتیلنی ۲۰ گرمی (ضد عفونی شده 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 به طور یکنواخت روی درب آنها وارد شد تا هوای داخل قوطی خارج شود (Mirsadeghi et al., 2015).

نمونه برداری

پس از شماره گذاری، قوطی‌های پلاستیکی به مدت ۴۵ روز در دمای یخچال (۱±۴) درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و نمونه-برداری به منظور بررسی فاکتورهای کیفی و اندازه گیری اسیدهای چرب طی روزهای ۰، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ در یخچال انجام شد.

اندازه گیری ترکیبات تقریبی

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

اندازه گیری pH

دو گرم نمونه با ۱۰ سی سی آب مقطر به مدت ۳۰ ثانیه با دستگاه هموزن شده سپس با دستگاه pH متر اندازه گیری می‌شود (Sallam et al., 2004).

آزمایشات شیمیایی

اندازه گیری مجموع بازهای نیتروژنی فرار

ده گرم نمونه را در بالن تقطیر ۵۰۰ میلی لیتری قرار داده و ۲ گرم اکسید منیزیم و ۳۰۰ میلی لیتر آب مقطر به همراه چند عدد سنگ جوش و کمی ضد کف به آن افزوده شد. بالن کلدال حرارت داده شد تا به مدت ۱۵ دقیقه به دمای جوش برسد. بخارهای خارج شده از بالن تقطیر مستقیماً در اخل ارلن مایری که حاوی ۲۵ میلی لیتر

مقطر مخلوط، در فلاسک ته گرد ۱۰۰۰ میلی لیتری 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 باقی مانده 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 سانتی-گراد 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 دی کلرید کلسیم (CaCl₂) 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

آماده سازی نمونه‌ها

یک کیلوگرم تخم ماهی از تعدادی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان 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 به وسیله آب کاملاً بهداشتی شست و شو داده شدند تا موکوس سطح بدن به همراه آلودگی‌های سطحی کاهش یابد. ابتدا فشار کمی به ۳-۲ سانتی متر بالای سوراخ مخرج به منظور خروج فضولات وارد شد و پس از آن استحصال تخم با مالش محوطه شکمی صورت گرفت و داخل ظرف کاملاً 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 درجه سانتی-گراد 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 شست و شو 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 آماده سازی اولیه، برای تیمار بندی در این مرحله، به ۴ قسمت تقریباً مساوی تقسیم شد. یک قسمت به عنوان تیمار شاهد (تخم خام بدون نمک و نگه-دارنده) در نظر گرفته شد و بقیه تیمارها حاوی ۲/۵ درصد نمک

محیط کشت YGC آگار استفاده شد. پس از آماده‌سازی و بستن پلیت در دمای 22 ± 1 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 ارزیابی 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 ($p < 0.05$)، و برای تحلیل داده‌های حسی از آزمون‌های پارامتری کروسکال والیس و من‌ویتنی‌یو استفاده شد.

نتایج

نتایج حاصل از آزمایشات ترکیبات تقریبی

میزان پروتئین تا روز ۱۵ نگهداری کاهش معنی‌داری را نداشت ($p \geq 0.05$) اما با گذشت زمان و در پایان دوره نگهداری میزان پروتئین در تمامی تیمارها کاهش معنی‌داری یافت ($p \leq 0.05$). 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 ($p \leq 0.05$). طبق نتایج مقدار چربی، این فاکتور در تمامی تیمارها طی زمان نگهداری کاهش معنی‌داری یافت ($p \leq 0.05$). در پایان دوره نگهداری تیمار A_3 بالاترین میزان چربی را داشت که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($p \leq 0.05$). در طی دوره نگهداری میزان رطوبت در تمامی تیمارها کاهش معنی‌داری یافت ($p \leq 0.05$). در پایان دوره نگهداری تیمار A_2 بالاترین میزان رطوبت

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 تیترا شد. مقدار مواد از ته فرار بر حسب میلی‌گرم در صد گرم نمونه طبق رابطه ۵ به دست آمد (Parvaneh, 1998).

حجم مصرفی تیترا = مجموع

بازهای نیتروژنی فرار (میلی‌گرم / ۱۰۰ گرم نمونه)

اندازه‌گیری شاخص تیوباریتوریک 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 ضد کف 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 (۹۰ درصد) ۱۰۰ میلی‌لیتر / 0/2883g TBA) به لوله آزمایش درب‌دار منتقل شد و به مدت ۳۰ دقیقه در آب ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. یک شاهد هم با استفاده از ۵ میلی‌لیتر آب مقطر 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 ۲cm cell اندازه‌گیری شد (Igan et al., 1979).

(جذب خوانده شده) $TBA = \frac{V}{V_0} \times$ (میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدهید 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 میکروسامپلر، ۰/۱ میلی‌لیتر از نمونه‌های تهیه شده روی محیط کشت به‌طور سطحی پخش شد. در صورت بالا بودن تعداد باکتری‌ها در یک پلیت رقیق‌سازی 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 درجه 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

جدول ۱- تغییرات مقادیر پروتئین، چربی، رطوبت، خاکستر (درصد) و pH تیمارهای مختلف تخم قزل‌آلای رنگین کمان 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.

| ۴۵ | ۳۰ | ۱۵ | ۰ | پروتئین/زمان |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------|
| ۱۸/۷۶ ± ۰/۳۴ ^{Cc} | ۲۱/۱۶ ± ۰/۲۱ ^{Bc} | ۲۱/۸۴ ± ۰/۳۳ ^{ABb} | ۲۲/۰ ± ۰/۱۸ ^{Ab} | شاهد |
| ۲۱/۰۶ ± ۰/۰۷ ^{Cb} | ۲۱/۵۱ ± ۰/۱۲ ^{Bbc} | ۲۱/۸۶ ± ۰/۲۲ ^{ABb} | ۲۲/۰۲ ± ۰/۱۶ ^{Ab} | A ₁ |
| ۲۰/۹۵ ± ۰/۰۷ ^{Cb} | ۲۱/۶۷ ± ۰/۲۱ ^{Bb} | ۲۲/۶۸ ± ۰/۳۲ ^{Aa} | ۲۲/۹۲ ± ۰/۲۴ ^{Aa} | A ₂ |
| ۲۱/۷۶ ± ۰/۱۹ ^{Ca} | ۲۲/۴۶ ± ۰/۰۸ ^{Ba} | ۲۲/۹۱ ± ۰/۰۱ ^{Aa} | ۲۳/۰۸ ± ۰/۱ ^{Aa} | A ₃ |
| ۴۵ | ۳۰ | ۱۵ | ۰ | چربی/زمان |
| ۱۲/۹۳ ± ۰/۱۱ ^{Cb} | ۱۳/۳۶ ± ۰/۲۱ ^{Bb} | ۱۴/۰۶ ± ۰/۰۴ ^{Aa} | ۱۴/۰ ± ۰/۲۵/۰۶ ^{Aa} | شاهد |
| ۱۳/۱۴ ± ۰/۰۹ ^{Bb} | ۱۳/۹۸ ± ۰/۰۴ ^{Aa} | ۱۴/۲۱ ± ۰/۱۹ ^{Aa} | ۰/۱۶ ± ۱۴/۲۹ ^{Aa} | A ₁ |
| ۱۳/۰۳ ± ۰/۱۱ ^{Cb} | ۱۳/۸۲ ± ۰/۰۳ ^{Ba} | ۱۴/۱۰ ± ۰/۱۱ ^{Aa} | ۱۴/۱۸ ± ۰/۰۴ ^{Aa} | A ₂ |
| ۱۳/۶۶ ± ۰/۰۷ ^{Ba} | ۱۳/۹۸ ± ۰/۰۴ ^{Aa} | ۱۴/۲۰ ± ۰/۰۲ ^{Aa} | ۱۴/۲۳ ± ۰/۱۶ ^{Aa} | A ₃ |
| ۴۵ | ۳۰ | ۱۵ | ۰ | رطوبت/زمان |
| ۵۶/۸۶ ± ۰/۰۸ ^{Cc} | ۵۷/۴۸ ± ۰/۳۳ ^{Bc} | ۵۸/۶۵ ± ۰/۲ ^{Ab} | ۵۸/۰ ± ۰/۹۶/۰۶ ^{Ab} | شاهد |
| ۵۶/۰۶ ± ۰/۰۷ ^{Cd} | ۵۷/۶۱ ± ۰/۲۳ ^{Bbc} | ۵۸/۲۲ ± ۰/۱ ^{Ac} | ۰/۰۷ ± ۵۸/۱۶ ^{Ac} | A ₁ |
| ۵۸/۸۹ ± ۰/۰۹ ^{Ca} | ۵۸/۹۶ ± ۰/۶۳ ^{Bca} | ۵۹/۱۵ ± ۰/۰۶ ^{ABa} | ۵۹/۲۵ ± ۰/۰۷ ^{Aa} | A ₂ |
| ۵۷/۹۱ ± ۰/۰۴ ^{Bb} | ۵۸/۰۹ ± ۰/۰۱ ^{Ab} | ۵۸/۱۶ ± ۰/۰۷ ^{Ac} | ۵۸/۱۷ ± ۰/۰۸ ^{Ac} | A ₃ |
| ۴۵ | ۳۰ | ۱۵ | ۰ | خاکستر/زمان |
| ۲/۰۸ ± ۰/۰۱ ^{Dd} | ۲/۰۹ ± ۰/۰۴ ^{BCd} | ۲/۱۵ ± ۰/۰۱ ^{ABd} | ۲/۰ ± ۰/۱۹/۰۲ ^{Ad} | شاهد |
| ۳/۷ ± ۰/۰۱ ^{Bb} | ۳/۶۹ ± ۰/۰۱ ^{Bb} | ۳/۹۱ ± ۰/۰۸ ^{Ab} | ۰/۰۶ ± ۳/۹۶ ^{Ab} | A ₁ |
| ۲/۴۶ ± ۰/۰۴ ^{Bc} | ۲/۴۸ ± ۰/۰۹ ^{Bc} | ۲/۵۸ ± ۰/۰۲ ^{ABc} | ۲/۶۸ ± ۰/۰۴ ^{Ac} | A ₂ |
| ۳/۸۹ ± ۰/۰۱ ^{Ca} | ۳/۹۶ ± ۰/۰۲ ^{BCa} | ۴/۰۸ ± ۰/۰۴ ^{Aa} | ۴/۲۰ ± ۰/۰۷ ^{Aa} | A ₃ |
| ۴۵ | ۳۰ | ۱۵ | ۰ | pH/زمان |
| ۷/۴۳ ± ۰/۰۲ ^{Aa} | ۷/۱۶ ± ۰/۰۷ ^{Ba} | ۶/۸۲ ± ۰/۱۰ ^{Ca} | ۶/۰ ± ۰/۲۷/۰۳ ^{Da} | شاهد |
| ۷/۰۶ ± ۰/۰۷ ^{Aa} | ۶/۳۸ ± ۰/۰۴ ^{Bb} | ۶/۲۲ ± ۰/۰۳ ^{Bb} | ۰/۰۷ ± ۶/۰۶ ^{Cb} | A ₁ |
| ۶/۵۷ ± ۰/۲۴ ^{Ab} | ۶/۴۶ ± ۰/۰۶ ^{ABb} | ۶/۲۷ ± ۰/۰۳ ^{ABb} | ۶/۲۰ ± ۰/۰۱ ^{Ba} | A ₂ |
| ۶/۴۵ ± ۰/۰۷ ^{Ab} | ۶/۲۸ ± ۰/۰۴ ^{Ac} | ۶/۲۰ ± ۰/۲۱ ^{Ab} | ۶/۱۷ ± ۰/۰۳ ^{Ab} | A ₃ |

داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند. 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 (A₁)، تخم حاوی ۰/۲٪ آلژینات (A₂)، تخم حاوی ۲/۵٪ نمک و ۰/۲٪ آلژینات (A₃)

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).

روز صفر نگهداری تیمار A₂ بیشترین میزان TVN-B را دارا بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی داری را نشان داد (p < ۰/۰۵). اما از روز ۱۵ تا پایان دوره نگهداری تیمار شاهد و تیمار A₃ به ترتیب بیشترین و کمترین میزان TVN-B را داشتند که با سایر تیمارها این اختلاف معنی دار بود (p < ۰/۰۵). تا روز ۱۵ نگهداری تیمارها اختلاف معنی داری را از نظر میزان TVC نشان ندادند (p > ۰/۰۵)، اما از روز ۳۰ تا پایان دوره نگهداری بیشترین میزان TVC را تیمار شاهد دارا بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی داری را از نظر میزان TVC نشان دادند (p < ۰/۰۵). در پایان دوره نگهداری تیمار A₃ بهترین عملکرد را نشان داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی داری داشت (p < ۰/۰۵). در ابتدای دوره نگهداری و در زمان صفر شاهد کمترین میزان کپک و مخمر را نشان داد اما با گذشت زمان

را نشان داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی داری را نشان داد (p < ۰/۰۵). در تمام طول دوره نگهداری بالاترین میزان خاکستر را تیمار A₃ نشان داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی داری را داشت (p < ۰/۰۵). در طول دوره نگهداری تیمار شاهد بالاترین میزان pH را نشان داد که در روز صفر با تیمارهای A₁ و A₃، در روز ۱۵ و ۳۰ نگهداری با همه تیمارها و در پایان دوره نگهداری با تیمار A₂ و A₃ اختلاف معنی داری را نشان داد (p < 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 A₃ به ترتیب بالاترین و پایین ترین میزان TBA مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی داری را داشتند (p < ۰/۰۵). در

جدول ۲- تغییرات مقادیر TBA (میلی گرم مالون دی آلدئید در کیلوگرم نمونه)، TVN-B (میلی گرم / ۱۰۰ گرم نمونه)، TVC (Logcfu/g²), کپک و مخمر (Logcfu/g²) تیمارهای مختلف تخم قزل آلائی رنگین کمان 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 | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| ۴۵ | ۳۰ | ۱۵ | ۰ |
| ۸/۱۶۰ ± ۰.۷ ^{Aa} | ۷/۶۰ ± ۰.۷ ^{Ba} | ۰/۹۰ ± ۰.۱ ^{Ca} | ۰/۰ ± ۵۵/۰.۴ ^{Da} |
| ۴/۰۸۰ ± ۰.۱۴ ^{Ab} | ۱/۷۰ ± ۰.۷ ^{Bb} | ۰/۷۸ ± ۰.۴ ^{Cab} | ۰/۰ ± ۰.۶ ^{Ca} |
| ۳/۹۰ ± ۰.۱۴ ^{Abc} | ۱/۶۲ ± ۰.۲۴ ^{Bb} | ۰/۸۰ ± ۰.۱ ^{Cb} | ۰/۶۲ ± ۰.۶ ^{Ca} |
| ۳/۷۱ ± ۰.۴ ^{Ac} | ۱/۲۱ ± ۰.۱۲ ^{Bc} | ۰/۷۱ ± ۰.۲ ^{Cc} | ۰/۶۱ ± ۰.۲ ^{Ca} |
| TVN-B/زمان | | | |
| ۴۵ | ۳۰ | ۱۵ | ۰ |
| ۴۰/۸۳ ± ۰.۱۲ ^{Aa} | ۲۵/۱۵ ± ۰.۷ ^{Ba} | ۱۰/۰۶ ± ۰.۷ ^{Ca} | ۵/۰ ± ۲۱/۰.۱ ^{Db} |
| ۳۲/۴۱ ± ۰.۴ ^{Ab} | ۱۸/۷۲ ± ۰.۷۴ ^{Bb} | ۷/۲۳ ± ۰.۱ ^{Cb} | ۰/۰ ± ۵/۱.۰ ^{Db} |
| ۳۱/۶۱ ± ۰.۱۱ ^{Ab} | ۱۷/۲۶ ± ۰.۲ ^{Bc} | ۷/۳۶ ± ۰.۷ ^{Cb} | ۵/۳۷ ± ۰.۱ ^{Ca} |
| ۲۵/۱۴ ± ۰.۲ ^{Ac} | ۱۶/۰۸ ± ۰.۹ ^{Bd} | ۶/۹۸ ± ۰.۴ ^{Cc} | ۵/۱۹ ± ۰.۱ ^{Db} |
| TVC/زمان | | | |
| ۴۵ | ۳۰ | ۱۵ | ۰ |
| ۴/۸۳ ± ۰.۱۲ ^{Aa} | ۳/۳۱ ± ۰.۱۳ ^{Ba} | ۱/۲۰ ± ۰.۱ ^{Ca} | ۰/۰ ± ۲۰/۰.۷ ^{Da} |
| ۳/۹۶ ± ۰.۷ ^{Ab} | ۱/۵۶ ± ۰.۸ ^{Bb} | ۰/۸۹ ± ۰.۱ ^{Cb} | ۰/۰ ± ۰.۱۹ ^{Da} |
| ۴/۰۹ ± ۰.۲ ^{Ab} | ۱/۴۶ ± ۰.۱۸ ^{Bbc} | ۰/۸۴ ± ۰.۱۲ ^{Cb} | ۰/۱۸ ± ۰.۱ ^{Da} |
| ۳/۳۲ ± ۰.۱ ^{Ac} | ۱/۱۶ ± ۰.۷ ^{Bc} | ۰/۷۰ ± ۰.۷ ^{Cb} | ۰/۱۳ ± ۰.۲ ^{Da} |
| کپک و مخمر/زمان | | | |
| ۴۵ | ۳۰ | ۱۵ | ۰ |
| ۳/۹۵ ± ۰.۷ ^{Aa} | ۲/۱۶ ± ۰.۶ ^{Ba} | ۱/۲۱ ± ۰.۴ ^{Ca} | ۰/۰ ± ۱۰/۰.۱ ^{Dc} |
| ۲/۳۰ ± ۰.۱۳ ^{Ac} | ۱/۲۶ ± ۰.۵ ^{Bb} | ۰/۵۸ ± ۰.۴ ^{Cb} | ۰/۰ ± ۰.۱۸ ^{Da} |
| ۳/۳۲ ± ۰.۱ ^{Ab} | ۱/۲۰ ± ۰.۲ ^{Bb} | ۰/۴۲ ± ۰.۱ ^{Cc} | ۰/۱۱ ± ۰.۱ ^{Dbc} |
| ۳/۱۷ ± ۰.۴ ^{Ab} | ۰/۹۶ ± ۰.۷ ^{Bc} | ۰/۳۱ ± ۰.۵ ^{Cc} | ۰/۱۴ ± ۰.۱ ^{Db} |

داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند. 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 (A₁)، تخم حاوی ۰/۲٪ آلژینات (A₂)، تخم حاوی ۲/۵٪ نمک و ۰/۲٪ آلژینات (A₃)

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 معنی دار بود ($p \leq 0.05$).

نتایج ارزیابی حسی

طبق نتایج به دست آمده شاخص‌های مربوط به بافت، بو، رنگ و پذیرش کلی تمامی تیمارها در طی زمان نگهداری کاهش معنی داری یافت ($p \leq 0.05$)، این کاهش در تیمار شاهد با سرعت بیشتری اتفاق افتاد. تا روز ۱۵ نگهداری میان تیمارها در تمامی شاخص‌های ذکر شده اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($p \geq 0.05$). اما از روز ۳۰ نگهداری تیمار شاهد با سایر تیمارها اختلاف معنی داری را نشان داد ($p \leq 0.05$). در پایان دوره نگهداری در شاخص‌های بافت، بو و پذیرش کلی تیمار A₂ و A₃ بهترین عملکرد را نشان دادند اما در شاخص رنگ فقط تیمار A₃ بهترین عملکرد را دارا بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی داری نشان داد ($p \leq 0.05$).

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 ضد اکسیداسیون‌های طبیعی توجه شده است، لذا با توجه به مضرات ضد اکسیداسیون‌های مصنوعی از جمله سرطان‌زایی و افزایش آگاهی مردم، امروزه تصور منفی از نگهدارنده‌های شیمیایی به مواد غذایی در مصرف کنندگان ایجاد شده است. نتایج اندازه‌گیری ترکیبات تقریبی تیمارهای مختلف تخم ماهی قزل‌آلائی رنگین کمان 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 به طوری که با تیمار شاهد این اختلاف معنی دار بود ($p \leq 0.05$) اما با تیمارهای A₂ و A₃ اختلاف معنی داری نداشت ($p \geq 0.05$) که با

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

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 نشان‌دهنده تفاوت تیمارها در هر زمان و (A-D) در هر ردیف نشان‌دهنده تغییرات هر تیمار در طول زمان هستند. تخم حاوی ۲/۵ درصد نمک (A₁)، تخم حاوی ۰/۲ درصد آلژینات (A₂)، تخم حاوی ۲/۵ درصد نمک و ۰/۲ درصد آلژینات (A₃).

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).

میزان چربی تخم خام بعد از نمک سود کردن تغییر نیافت و اختلاف معنی‌دار نبود ($p \geq 0.05$) ولی با گذشت زمان میزان چربی کاهش یافت و در روز ۳۰ و ۴۵ نگهداری تیمار شاهد با تیمارهای A₁، A₂ و A₃ اختلاف معنی‌داری را نشان دادند ($p \geq 0.05$)، 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 احتمالاً به دلیل استفاده از درصدهای متفاوت نمک و نگاه‌دارنده 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 نگاه‌داری می‌کند (Rioux *et al.*, 2015; Fan *et al.*, 2017)، در تیمار A₃ مانع از تغییرات زیاد چربی در طول دوره نگهداری شد. نتایج مطالعه حاضر با مطالعات مطابقت دارد (Inanli *et al.*, 2011).

مطالعات (Sengor *et al.*, 2002; Ozpolat & Patir, 2010; Inanli *et al.*, 2011) مطابقت داشت. میزان پروتئین با گذشت زمان کاهش یافت به طوری 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 نگاه‌دارنده‌ها 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 نگاه‌دارنده، روش عمل‌آوری و زمان و شرایط نگاه‌داری 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.

جدول ۴- نتایج مربوط به اسیدهای چرب موجود در تخم ماهی قزل آلا طی نگهداری در یخچال.
Table 4. Fatty acids results in rainbow trout roe during refrigerated storage.

| تیمار A _۲ | | | | شاهد | | | |
|----------------------|-------|-------|---------|----------------------|-------|-------|----------|
| دوره نگهداری (روز) | | | | دوره نگهداری (روز) | | | |
| ۰/۶۰ | ۰/۷۱ | ۰/۷۹ | C14:0 | ۳۰ | ۱۵ | ۰ | اسید چرب |
| ۱۱/۱۱ | ۱۳/۱۴ | ۱۳/۷۰ | C16:0 | ۰/۴۲ | ۰/۶۰ | ۰/۸۲ | C14:0 |
| ۰/۴۲ | ۰/۵۲ | ۰/۷۲ | C17:0 | ۷/۵۸ | ۱۰/۶۲ | ۱۴/۲۰ | C16:0 |
| ۳/۶۱ | ۴/۷۱ | ۴/۹۵ | C18:0 | ۰/۳۲ | ۰/۴۵ | ۰/۷۰ | C17:0 |
| ۰/۳۲ | ۰/۴۲ | ۰/۶۰ | C24:0 | ۱/۱۵ | ۲/۷۱ | ۴/۹۰ | C18:0 |
| ۰/۴۱ | ۰/۲ | - | unknown | ۰/۱۵ | ۰/۲۹ | ۰/۶۱ | C24:0 |
| ۲/۱۰ | ۲/۳۰ | ۲/۸۰ | C16:1 | - | ۰/۱۰ | ۰/۱۵ | Unknown |
| ۰/۴۵ | ۰/۸۵ | ۰/۸۲ | C17:1 | ۱/۰۵ | ۲/۲۳ | ۲/۸۲ | C16:1 |
| ۱۹/۵۱ | ۲۲/۵۰ | ۲۴/۱۰ | C18:1 | ۰/۱۸ | ۰/۳۵ | ۰/۸۰ | C17:1 |
| ۱/۳۰ | ۲/۱۴ | ۲/۷۱ | C20:1n9 | ۱۰/۰۳ | ۱۹/۱۳ | ۲۴/۳۰ | C18:1 |
| ۰/۵۷ | ۱/۵۷ | ۱/۷۲ | C24:1n9 | ۰/۴۰ | ۱/۷۱ | ۲/۸۱ | C20:1n9 |
| ۱/۲۰ | ۰/۶۵ | ۰/۳۶ | unknown | ۰/۴۰ | ۱/۲۰ | ۱/۶۲ | C24:1n9 |
| ۵/۱۲ | ۵/۹۲ | ۶/۹۵ | C18:2n6 | ۰/۲۰ | - | - | unknown |
| ۰/۲۲ | ۰/۷۵ | ۰/۸۹ | C18:3n6 | ۳/۷۰ | ۶/۲۳ | ۶/۹۰ | C18:2n6 |
| ۰/۳۹ | ۰/۶۴ | ۰/۵۷ | C18:3n3 | ۰/۲۰ | ۰/۶۰ | ۰/۸۷ | C18:3n6 |
| ۰/۱۰ | ۱/۰۰ | ۱/۳۰ | C20:2n6 | ۰/۳۰ | ۰/۴۳ | ۰/۵۹ | C18:3n3 |
| ۰/۵۶ | ۱/۱۱ | ۱/۰۴ | C20:3n6 | ۰/۷۴ | ۱/۱۶ | ۱/۳۶ | C20:2n6 |
| ۲/۷۶ | ۳/۵۸ | ۳/۹۱ | C20:3n3 | ۰/۴۲ | ۰/۸۲ | ۱/۰۲ | C20:3n6 |
| ۲/۹۸ | ۳/۱۶ | ۳/۶۱ | C20:5n3 | ۱/۲۶ | ۳/۲۲ | ۳/۹۱ | C20:3n3 |
| ۲۰/۰۶ | ۲۲/۰۰ | ۲۲/۱۰ | C22:6n3 | ۱/۱۰ | ۳/۰۵ | ۳/۳۱ | C20:5n3 |
| ۰/۸۰ | ۰/۹۰ | ۱/۳۲ | unknown | ۱۰/۲۸ | ۱۸/۶۰ | ۲۲/۲۰ | C22:6n3 |
| تیمار A _۳ | | | | تیمار A _۳ | | | |
| دوره نگهداری (روز) | | | | دوره نگهداری (روز) | | | |
| ۰/۵۳ | ۰/۶۰ | ۰/۸۰ | C14:0 | ۰/۶۰ | ۰/۷۱ | ۰/۹۱ | C14:0 |
| ۱۲/۱۲ | ۱۲/۴۸ | ۱۳/۱۸ | C16:0 | ۱۱/۱۱ | ۱۳/۱۴ | ۱۳/۰۵ | C16:0 |
| ۰/۶۴ | ۰/۷۰ | ۰/۷۴ | C17:0 | ۰/۴۲ | ۰/۵۲ | ۰/۴۸ | C17:0 |
| ۳/۲۲ | ۴/۱۱ | ۴/۳۴ | C18:0 | ۳/۶۱ | ۴/۷۱ | ۴/۷۵ | C18:0 |
| ۰/۳۲ | ۰/۴۲ | ۰/۵۸ | C24:0 | ۰/۳۲ | ۰/۴۲ | ۰/۳۰ | C24:0 |
| ۲/۴۸ | ۱/۱۱ | ۰/۱۰ | unknown | ۰/۴۱ | ۰/۲ | ۰/۱۲ | unknown |
| ۲/۴۰ | ۲/۴۸ | ۲/۵۲ | C16:1 | ۲/۱۰ | ۲/۳۰ | ۲/۶۰ | C16:1 |
| ۰/۴۸ | ۰/۵۳ | ۰/۶۲ | C17:1 | ۰/۴۵ | ۰/۸۵ | ۰/۷۵ | C17:1 |
| ۲۲/۷۸ | ۲۳/۲۰ | ۲۳/۱۶ | C18:1 | ۱۹/۵۱ | ۲۲/۵۰ | ۲۳/۱۳ | C18:1 |
| ۱/۹۵ | ۲/۰۲ | ۲/۱۰ | C20:1n9 | ۱/۳۰ | ۲/۱۴ | ۲/۳۸ | C20:1n9 |
| ۱/۳۷ | ۱/۵۰ | ۱/۵۵ | C24:1n9 | ۰/۵۷ | ۱/۵۷ | ۱/۴۷ | C24:1n9 |
| ۱/۲۰ | ۰/۱۲ | ۰/۱۴ | unknown | ۲۰/۱ | ۰/۶۵ | ۰/۳۰ | unknown |
| ۵/۹۴ | ۶/۴۰ | ۶/۴۷ | C18:2n6 | ۵/۱۲ | ۵/۹۲ | ۶/۶۷ | C18:2n6 |
| ۰/۶۳ | ۰/۷۹ | ۰/۸۴ | C18:3n6 | ۰/۲۲ | ۰/۷۵ | ۰/۷۰ | C18:3n6 |
| ۰/۴۹ | ۰/۶۰ | ۰/۶۷ | C18:3n3 | ۰/۳۹ | ۰/۶۴ | ۰/۷۴ | C18:3n3 |
| ۰/۹۰ | ۱/۱۵ | ۱/۲۰ | C20:2n6 | ۰/۱۰ | ۱/۰۰ | ۱/۱۶ | C20:2n6 |
| ۰/۸۰ | ۱/۱۰ | ۱/۱۴ | C20:3n6 | ۰/۵۶ | ۱/۱۱ | ۱/۲۰ | C20:3n6 |
| ۳/۱۴ | ۳/۵۰ | ۳/۵۸ | C20:3n3 | ۲/۷۶ | ۳/۵۸ | ۳/۵۶ | C20:3n3 |
| ۳/۰۱ | ۳/۱۴ | ۳/۲۰ | C20:5n3 | ۲/۹۸ | ۳/۱۶ | ۳/۰۶ | C20:5n3 |
| ۲۰/۲۸ | ۲۱/۶۰ | ۲۲/۰۹ | C22:6n3 | ۲۰/۰۶ | ۲۲/۰۰ | ۲۲/۰۹ | C22:6n3 |
| ۰/۸۰ | ۰/۹۰ | ۰/۰۲ | unknown | ۰/۸۰ | ۰/۹۰ | ۰/۰۲ | unknown |

مشابه هم‌خوانی نداشت (Inanli *et al.*, 2011; Scano *et al.*, 2016; Machado *et al.*, 2013). 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 بیوزن، در pH موثر بوده که می‌تواند ناشی از مواد خام اولیه و آلودگی در طول عمل‌آوری باشد (Scano *et al.*, 2013). میزان pH تیمارهای A₁، A₂ و A₃ بعد از فرایند عمل‌آوری نسبت به pH شاهد کاهش یافت که ناشی از افزودنی‌هایی مثل نمک و آلزینات (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 می‌توان به خاطر افزایش تولید بازهای فرار مثل آمونیاک، تری‌متیل‌اکسید 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٪ آلزینات (A₃) به دلیل خاصیت ضد اکسیداسیونی و ضدباکتریایی آلزینات است به‌طوری‌که ترکیبات آلزینات 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 A₁ مشهود است ولی در تیمارهای A₂ و A₃ 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.

رطوبت در تیمارهای مختلف در انتهای دوره نگهداری اختلاف معنی‌داری داشت ($p < 0.05$) و اثر زمان و تیمار بر مقدار رطوبت تیمارهای مختلف معنی‌دار بود ($p < 0.05$). در طی دوره نگهداری تیمار دارای ۰/۲٪ آلزینات (A₂) در مقایسه با سایر تیمارها میزان رطوبت بیشتری نشان داد زیرا پلی‌ساکاریدهای سولفات‌توانایی 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 (A₁) 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 ($p < 0.05$). تغییرات میزان خاکستر در هر تیمار معنی‌دار بود ($p < 0.05$) و همواره تیمار شاهد و تیمار A₃ به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار خاکستر را در طول دوره نگهداری نشان دادند زیرا تیمار A₃ نسبت به سایر تیمارها حاوی ترکیبی از نمک و آلزینات بود و این نگهدارنده‌ها 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

را می‌توان دلیلی بر این مورد دانست. مجموع بازهای نیتروژنی فرار در تیمار A₃ کمتر از سایر تیمارها بود ($p \leq 0.05$)، میزان نمک فعالیت آنزیمی و باکتریایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد همچنین آلژینات دارای خواص ضدباکتریایی، ضداکسیداسیونی و ضدخمیری 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 (تیلایا، باس راه راه، قزل‌آلای رنگین‌کمان، سوف نقره‌ای) را $2-6 \log_{cfu/g}$ 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 A₃ بیشترین و کمترین جمعیت میکروبی کل را داشتند، علت کمتر بودن جمعیت میکروبی در تیمار A₃ احتمالاً 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 & Inanli et al., 2006). این نتایج با مطالعات (Inanli et al., 2011) مطابقت دارد.

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، میزان تیوباریتوریک اسید طی مدت زمان نگه‌داری در تمامی تیمارها افزایش معنی‌داری یافت ($p \leq 0.05$). تیمار شاهد و تیمار A₃ به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین میزان TBA را نشان داده که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را داشتند ($p \leq 0.05$). 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 A₁ به دلیل داشتن نمک، تیمار A₂ به دلیل داشتن آلژینات و به خصوص تیمار A₃ 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 A₁، A₂ و A₃ 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 A₁

روز ۳۰ با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری پیدا کرد ($p \leq 0/05$). 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 احتمالاً به دلیل خواص نگه‌دارندگی خوب نمک و آلزینات در کاهش و یا تاخیر فساد میکروبی و شیمیایی به ویژه اکسیداسیون چربی و تیوباربتوریک 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 ($p \geq 0/05$) و در تیمار شاهد و A_1 تا روز ۱۵ نگه‌داری با تیمارهای A_2 و A_3 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p \geq 0/05$). 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 ($p \geq 0/05$)، 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 ($p \geq 0/05$). 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 ضد میکروبی و ضد اکسیداسیونی نمک و آلزینات 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 ($p \geq 0/05$) و مورد پذیرش بودند، اما تیمار شاهد از روز ۱۵ نگه‌داری با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد ($p \leq 0/05$) و از روز ۳۰ نگه‌داری مورد پذیرش واقع نشد. طبق نتایج جدول تیمارهای آلزینات ۰/۱٪ و آلزینات

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 ضد اکسیداسیونی، ضدباکتریایی، ضد مخمری و قابلیت کنترل مولکول‌های زیستی آزاد ترکیبات آلزینات 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 کاروتنوئیدها و در نهایت منجر به رنگ-بری 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 ($p \geq 0/05$) و تیمار شاهد از

توانایی تشکیل ژل، خاصیت امولسیفایری، قابلیت تثبیت کنندگی و خاصیت ضد اکسیداسیونی 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 ۲/۵ درصد و آلژینات ۰/۲ درصد 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 ۲/۵ درصد و آلژینات ۰/۲ درصد کندتر صورت می‌گیرد. نتایج ارزیابی حسی نیز بیانگر این مطلب است که تیمار آلژینات ۰/۲ درصد 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 عمل-آوری و نگهداری تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، نسبت به خاویار ماهیان خاویاری، می‌توان از هدر رفتن چنین منابع ارزشمندی جلوگیری کرد.

سپاسگزاری

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

۰/۲٪ از نظر شاخص‌های طعم، بو و رنگ اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. از نظر شاخص بافت بهترین عملکرد را تیمار آلژینات ۰/۲٪ دارا بود که با سایر اختلاف معنی‌داری را نشان داد (۰/۰۵٪ < p). 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 ارگانسیم‌ها شده که خود باعث کاهش دنا توره 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 ضد اکسیداسیونی 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 غیر اشباع 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 به دلیل 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 جزئی اسیدچرب غیر اشباع بعد از نمک‌زنی نسبت به تخم خام مشاهده شد که احتمالاً به دلیل استفاده از نمک کم است زیرا نمک زیاد می‌تواند باعث کاهش گروه‌های اسیدچرب غیر اشباع 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 غیر اشباع، د کوزاهگزانوئیک اسید (C22:6(n3)) (DHA) بالاترین میزان را از خود نشان داد همچنین در اسیدهای چرب تک غیر اشباع، اسید اولئیک (C18:1) بالاترین میزان را از خود نشان داد. اسید پالمیتیک (C16:0) بالاترین میزان اسیدچرب اشباع را در میان تمامی تیمارها از خود نشان می‌دهد. به طور کلی در طی دوره نگهداری تیمار A_۳ در مقایسه با سایر تیمارها بالاترین میزان این اسیدها را از خود نشان داد زیرا تیمار A_۳ حاوی ترکیبی از نمک و آلژینات بود و آلژینات

- 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 heme pigments, 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 monosaccharides and 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 psychrotrophic 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 sodiungalgin 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 رنگین-کمان. – یافته‌های نوین در علوم زیستی ۶: ۱۶۸-۱۵۵.