

اثر غلظت‌های مختلف نمک خالص و نمک مخلوط بر مدت ماندگاری تخم نمک‌سود قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) طی نگهداری در یخچال

بهاره شعبانپور^{۱*}، گلنار قربانیان^۲، سیدمهدی اجاق^۳، پرستو پورعاشوری^۴، سیدمصطفی عقیلی‌نژاد^۵

۱. استاد گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۳. دانشیار گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۴. استادیار گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۵. مربی مجتمع آموزش عالی کشاورزی و منابع طبیعی گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

* نویسنده مسئول مکاتبات: b_shabanpour@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۹۴/۳/۱۲ پذیرش نهایی: ۹۵/۱۰/۲۲)

چکیده

هدف این مطالعه بررسی اثرات نمک‌سود کردن تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با نمک خالص و مخلوط (۳/۵، ۴/۵ و ۵/۵ درصد) بر روی کیفیت و مدت ماندگاری این محصول بود. میزان بازهای نیتروژنی فرار (TVBN)، اکسیداسیون چربی (TBA) و ترکیبات تقریبی نمونه‌ها در طی دو ماه مورد بررسی قرار گرفتند. عمل‌آوری تخم سبب تغییر تقریبی ترکیبات نمونه‌ها در طی زمان گردید. در مقایسه با نمونه شاهد، تخم نمک‌سود شده دارای میزان بالاتری از محصولات حاصل از اکسیداسیون و مقادیر کمتر از بازهای نیتروژنی فرار بود. بیشترین میزان بازهای نیتروژنی فرار در تیمارهای نمک سود شده با نمک خالص مشاهده گردید، این میزان حدود ۴۳/۴۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه بود. میزان pH، جذب نمک و بازهای نیتروژنی و اکسیداسیون در طی نگهداری افزایش معنی‌داری داشتند ($p < 0.05$). با افزایش غلظت نمک از ۳/۵ به ۴/۵ و ۵/۵ درصد نمک مقدار اکسیداسیون و رطوبت و پروتئین افزایش و میزان بازهای نیتروژنی و pH کاهش یافت. به‌طور کلی افزودن نمک مخلوط به عنوان یک نگهدارنده سبب کاهش مقدار pH گردید و تأثیر قابل توجهی در حفظ کیفیت تخم نمک سود شده داشت.

واژه‌های کلیدی: تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان، نمک‌سود، کیفیت، ماندگاری

مقدمه

با توجه به طعم، کیفیت مناسب گوشت و غنی بودن این ماهی از اسیدهای چرب غیراشباع، مصرف‌کنندگان بسیاری را به خود اختصاص داده است. ایران یکی از بزرگترین تولیدکنندگان این ماهی پرورشی در جهان می‌باشد (Adeli and Baghaei, 2013). این ماهی از منابع تولید خاویار آزاد ماهیان در جهان محسوب می‌شود و به صورت تازه، پاستوریزه و یا همراه با نگهدارنده‌های شیمیایی به بازار عرضه می‌شود (Mojazi Amiri and Rezaei Tavabe, 2010). مطالعاتی بر روی تخم ماهی قزل‌آلا در داخل و خارج کشور انجام شده است. در مطالعه‌ای اثر نمک و دمای آب عمل‌آوری بر تغییرات کیفی تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی شد. محققان شستشوی تخم با آب جوشیده ۳ تا ۵ درجه سلسیوس و درصد نمک ۵/۱ درصد را بر خواص حسی و کیفی تخم مناسب دانستند (Mirsadeghi et al., 2015). بررسی اثر اسیداستیک بر خصوصیات میکروبی، شیمیایی و حسی خاویار قزل‌آلا در طی نگهداری در یخچال نشان داد که افزودن اسیداستیک به همراه نمک، بدون تغییر بر خواص حسی، مدت ماندگاری محصول را افزایش داد (Inanli et al., 2011). اثر بسته‌بندی تحت خلاء بر کیفیت خاویار قزل‌آلای رنگین‌کمان طی تقریباً سه ماه نگهداری در یخچال نشان داد که این نوع بسته‌بندی ماندگاری این محصول را تا ۸۴ روز حفظ می‌نماید (Ozpolat and Patir, 2010).

از مهمترین معایب این روش نگهداری، غلظت بالای نمک مورد استفاده می‌باشد. با توجه به آگاهی مردم نسبت به مضرات مصرف زیاد نمک، جهت جلوگیری یا به تعویق انداختن فساد در فرآورده حاصل از تخم ماهی با نمک کم یا مالاسول (Malasol)، از

دسترسی به غذای کافی و مطلوب و سلامت تغذیه‌ای از محورهای اصلی توسعه و سلامت در هر جامعه است. در این راستا افزایش سرانه مصرف آبزیان به لحاظ تأثیر بر اقتصاد و سلامتی انسان دارای اهمیت است (Inanli et al., 2011). تخم نمک‌سود شده ماهی یک غذای شیلاتی آماده مصرف می‌باشد که پس از استحصال تخم ماهی با اضافه کردن نمک و نگهدارنده تولید می‌گردد. این محصول منبع مهمی از اسیدهای چرب غیر اشباع، پروتئین با اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی است (Bledsoe et al., 2003; Al-Sayed Mahmoud et al., 2008). در سال‌های اخیر تقاضا برای محصولات تخم ماهی به علت ارزش حسی و تغذیه‌ای در بازارهای داخلی و بین‌المللی افزایش یافته است. معروف‌ترین تخم نمک سود از ماهیان خاویاری می‌باشد (Bledsoe et al., 2003). گسترش آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از فعالیت‌های انسانی، تخریب محل‌های تخم‌ریزی طبیعی و تغییر رژیم آبی رودخانه‌ای، صید بی‌رویه و غیرمجاز و عدم مدیریت صحیح صیادی موجب کاهش ذخایر ماهیان خاویاری دریای خزر و تولید خاویار از آن شده است (Moradi, 2003). لذا توجه به سایر گونه‌های آبزیان جهت استحصال تخم آن‌ها مورد توجه قرار گرفته است. در سواحل جنوبی دریای خزر تخمک ماهیان استخوانی به‌ویژه ماهی سفید و کفال طلائی با استفاده از آب نمک مورد فرآوری قرار می‌گیرد که در زمره محصولات مطلوب و بازارپسند محلی محسوب می‌شود (Taghiof et al., 2012; Pourashouri et al., 2015). قزل‌آلای رنگین‌کمان یکی از گونه‌های با ارزش تجاری است که

غلیظ شده و جداره خارجی آن‌ها سفت گردید و دانه‌های تخم نمک سود در مقابل ترکیب‌های مقاومت نشان داد. پس از عمل‌آوری نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی ۵۰ گرمی و ضدعفونی شده با آب کلردار پر شدند، هوا و شور آب خارج گردیدند (Moradi, 2003). قوطی‌ها به مدت دو ماه در دمای یخچال (۰°C ± ۱) نگهداری شدند و آزمایشات در روزهای ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ انجام شد.

- روش انجام آزمون‌های مختلف

مقدار رطوبت نمونه‌ها با در نظر گرفتن اختلاف وزن نمونه مشخص قبل و بعد از خشک کردن در آون (WTI Brindet 7200, Germany) با دمای 2 ± 103 درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت انجام شد. نتایج به صورت میزان رطوبت در ۱۰۰ گرم نمونه گزارش گردید. میزان چربی نمونه‌های خشک شده به کمک دستگاه سوکسله (416 SE, Gerhardt, Germany) و با استفاده از حلال پترولیوم اتر به مدت ۸ ساعت اندازه‌گیری شد. سنجش پروتئین به روش کلدال (40 VAP, Kjeldtherm, Germany) انجام گردید. بدین منظور نمونه، به همراه اسیدسولفوریک غلیظ، مخلوط کاتالیزور در بالن هضم ریخته شد و پس از ۳۰ دقیقه در دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و ۴۵ دقیقه در دمای ۴۱۰ درجه سلسیوس فرایند هضم صورت گرفت و در انتها مایعی بی‌رنگ در ته بالن باقی ماند. پس از انجام عمل هضم، نمونه به دستگاه تقطیر منتقل گردید. آب مقطر و سود به محلول اضافه شد و بخارات حاصل از تقطیر در ظرف حاوی اسید بوریک و چند قطره معرف وارد گردید و در پایان توسط اسید کلریدریک تیترا گردید. در پایان جهت تبدیل میزان نیتروژن به پروتئین از ضریب

نگهدارنده (طبیعی - مصنوعی) استفاده می‌شود (Mexis *et al.*, 2009). با توجه به مطالب بیان شده، از آنجایی که قزل‌آلای رنگین‌کمان جزء ماهیان پرورشی در کشور محسوب می‌شود. تولید تخم نمک‌سود از این ماهی و بررسی کیفیت آن ضروری به نظر می‌رسد. لذا این تحقیق به منظور تهیه تخم نمک‌سود از ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و دستیابی به غلظت بهینه نمک خالص و مخلوط برای افزایش مدت ماندگاری آن طی نگهداری در یخچال انجام گردید.

مواد و روش‌ها

- تهیه تخم نمک‌سود

تخم ماهی از تعدادی از ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان ماده در مرحله رسیدگی کامل، از یکی از مزارع پرورش ماهی تهیه شد. تخم پس از یخ‌پوشی مناسب به مرکز عمل‌آوری خاویار چالاشت جزیره آشوراده واقع در خلیج گرگان - استان گلستان منتقل گردید. تخم ماهی به منظور استحکام بیشتر پوسته تخم، خروج لخته‌های خون، الیاف پیوندی و چربی با آب سرد (۰°C ± ۵-۱) به مدت ۲-۳ دقیقه شستشو داده شد. آب مازاد روی الک مویی بهداشتی خارج گردید، سپس بخش از تخم خام بدون ماده افزودنی به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. تیمارهای A1، A2 و A3 به ترتیب با غلظت ۳/۵، ۴/۵ و ۵/۵ درصد وزن تخم خام با نمک خالص و تیمارهای B1، B2 و B3 به ترتیب با غلظت ۳/۵، ۴/۵ و ۵/۵ درصد وزن تخم خام با نمک مخلوط (۷۰/۸۷۲) گرم نمک خالص، ۴۰/۷۶ گرم بوراکس و ۹۰/۵۰ گرم اسید بوریک، با حرکات نوسانی دست نمک‌زنی شدند. پایان عملیات نمک‌زنی زمانی بود که شیره تخمک‌ها

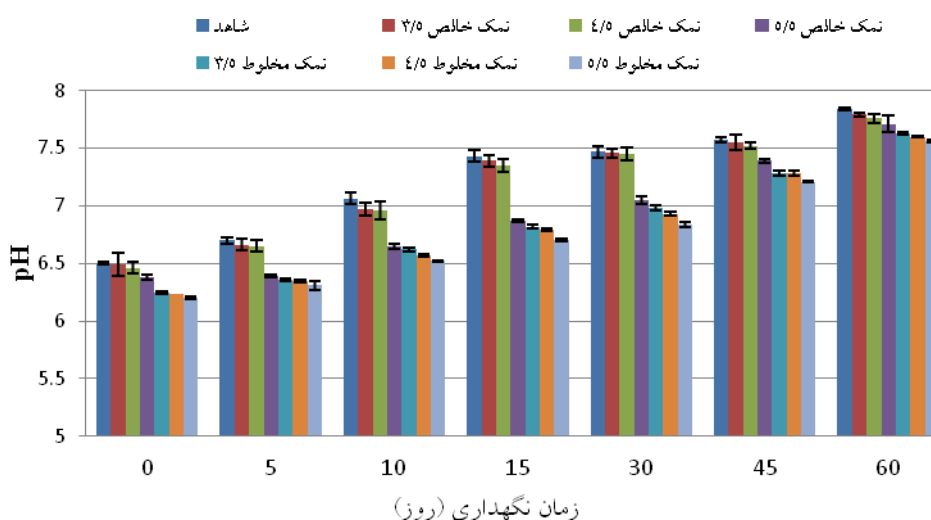
- تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از آزمون واحدهای خرد شده در زمان استفاده گردید و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ($\alpha=0/05$) برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. برای آنالیز داده‌های حسی از آزمون‌های ناپارامتری کروسکال والیس استفاده شد.

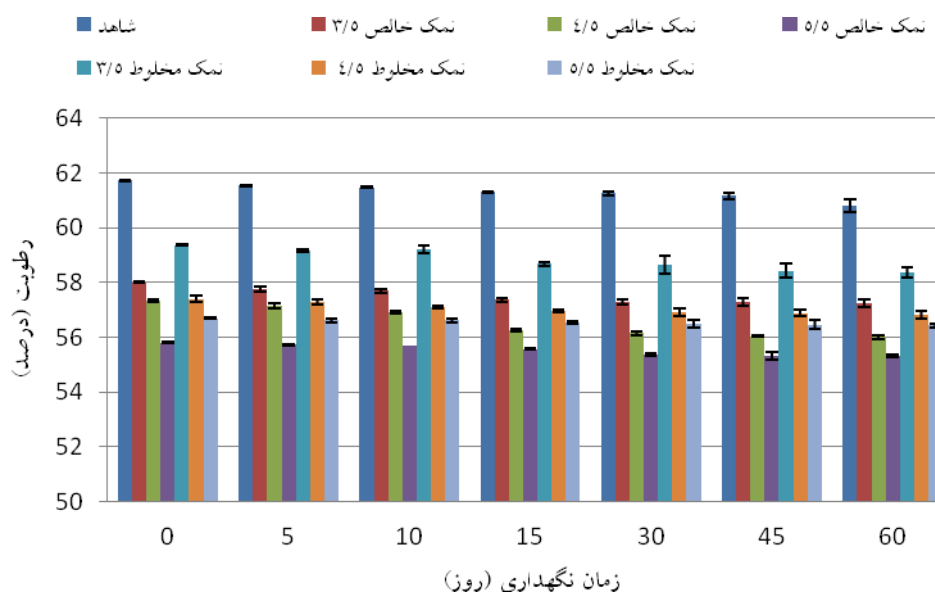
یافته‌ها

نتایج آنالیزهای شیمیایی و تغییر ترکیبات تقریبی تخم‌های نمک‌سود شده قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دو ماه نگهداری در دمای یخچال در نمودارهای (۱) تا (۸) آورده شده است. pH تخم نمک‌سود در بین تیمارهای مختلف و زمان‌های مختلف نگهداری تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($p < 0/05$). تیمار حاوی ۳/۵ درصد نمک خالص بیشترین میزان pH را در مقایسه با سایرین نشان داد.

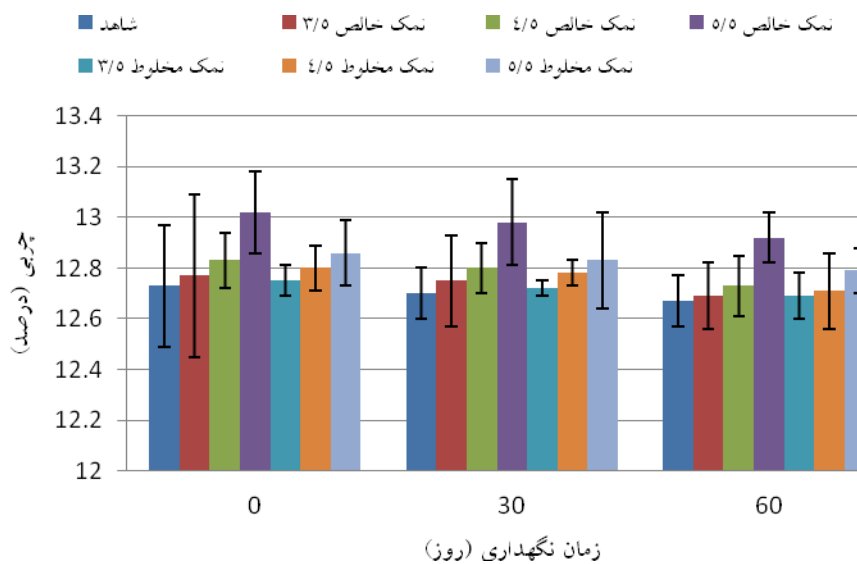
۶/۲۵ استفاده گردید. برای اندازه‌گیری میزان خاکستر، نمونه‌ها در کوره الکتريکی (Nabertherm, Controller B170, Germany) با حرارت ۵۰۰-۵۵۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. میزان خاکستر برحسب درصد گزارش گردید (Parvaneh, 2007). اندازه‌گیری نمک طبق روش موهر انجام شد. معرف کرومات پتاسیم به نمونه هموزن اضافه گردید و محلول حاصل با نیترات نقره ۰/۱ نرمال تیترو گردید (AOAC, 1995). مقدار pH نمونه‌های هموزن شده با آب مقطر به کمک دستگاه pH متر (Bechman ϕ 40, Krefeld, Germany) اندازه‌گیری شد (Jamalzad Fallah *et al.*, 2012) و مقدار بازهای نیتروژنی فرار به روش تقطیر کلدال مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این روش بخارهای حاصل از نمونه‌های حرارت داده شده در محلول اسید بوریک جمع شده و در انتها با اسید سولفوریک تیترو گردیدند. مقدار مواد ازته فرار برحسب میلی‌گرم درصد گرم نمونه گزارش گردید (Parvaneh, 2007).



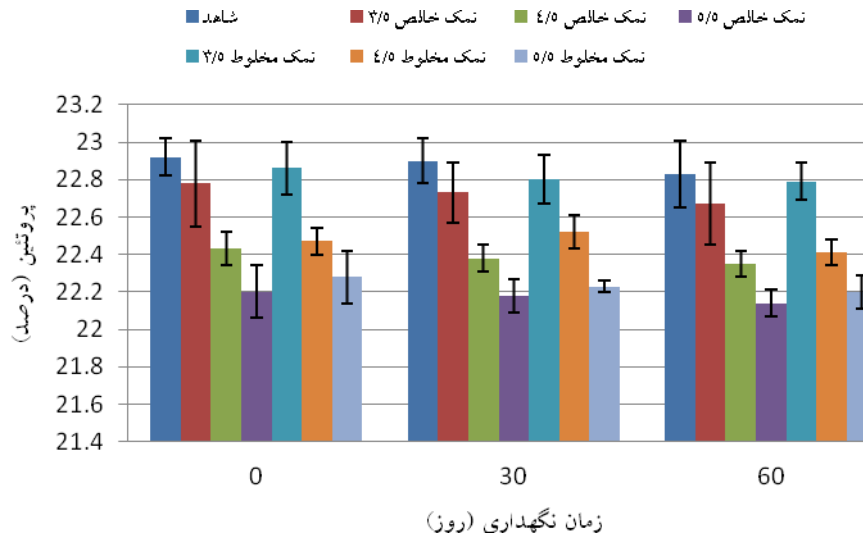
نمودار (۱) - تغییرات pH تخم نمک‌سود شده قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دو ماه نگهداری در دمای یخچال



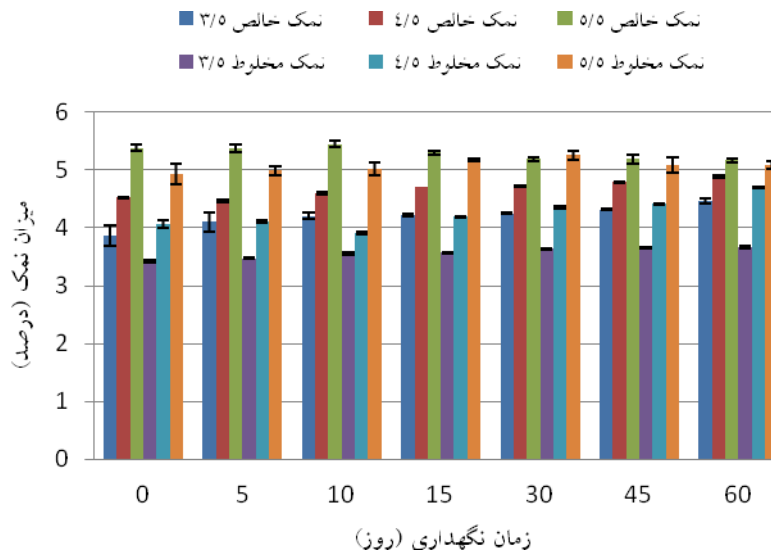
نمودار (۲) - تغییرات رطوبت تخم نمک‌سود شده قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دو ماه نگهداری در دمای یخچال



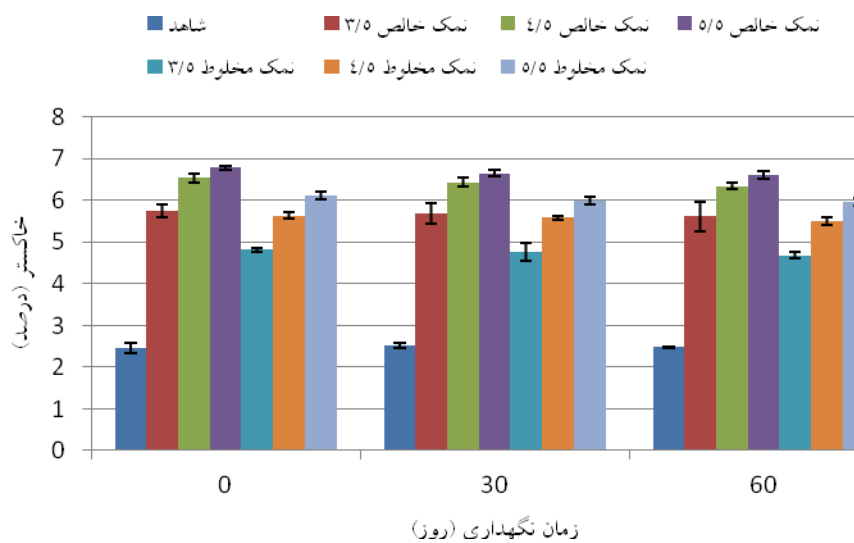
نمودار (۳) - تغییرات چربی تخم نمک‌سود شده قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دو ماه نگهداری در دمای یخچال



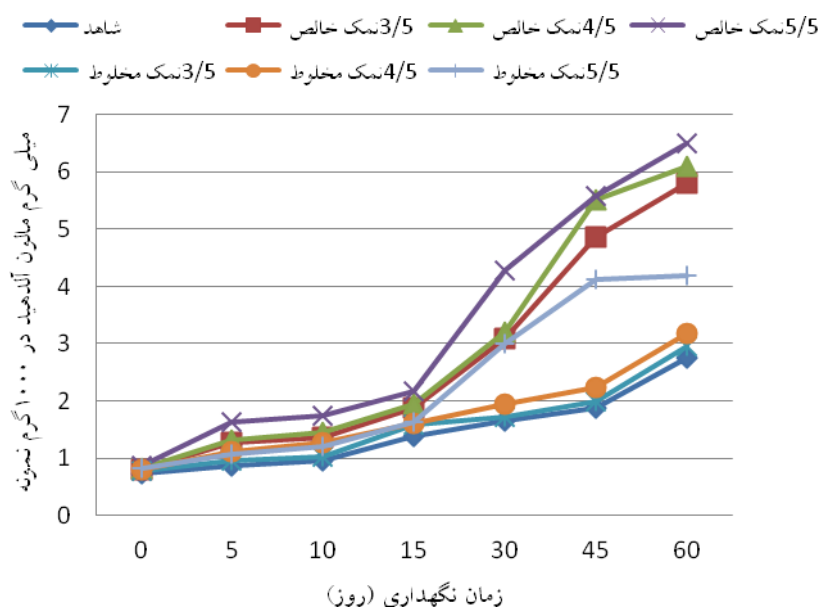
نمودار (۴) - تغییرات پروتئین در تخم نمک سود شده قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دو ماه نگهداری در دمای یخچال



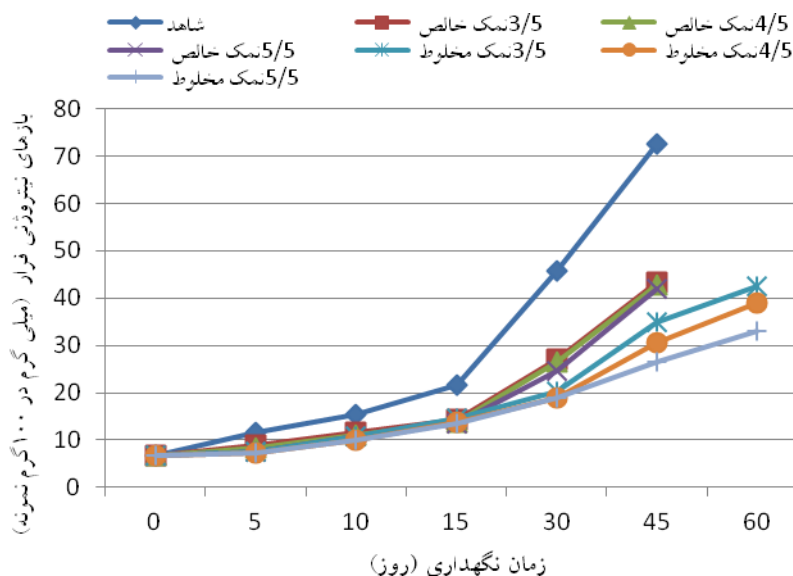
نمودار (۵) - تغییرات میزان جذب نمک در تخم نمک سود شده قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دو ماه نگهداری در دمای یخچال



نمودار (۶)- تغییرات میزان خاکستر در تخم نمک‌سود شده قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دو ماه نگهداری در دمای یخچال



نمودار (۷)- تغییرات مقدار مالون آلدئید در تخم نمک‌سود شده قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دو ماه نگهداری در دمای یخچال



نمودار (۸) - تغییرات مجموع بازهای نیتروآزول فرار تخم نمک‌سود شده قزل‌آلای رنگین‌کمان طی دو ماه نگهداری در دمای یخچال

بحث و نتیجه‌گیری

طبق نتایج به‌دست آمده مقایسه بین تیمارهای نمک خالص و نمک مخلوط نشان داد که pH نمونه‌های تیمار شده با نمک مخلوط تا یک ماه نگهداری pH کمتری نسبت به نمونه‌های تیمار شده با نمک خالص داشتند. پس از ۳۰ روز نگهداری pH تمامی تیمارها همانند نمونه‌های شاهد افزایش یافت. علت کاهش pH نمونه‌های نمک‌سود نسبت به تیمار شاهد، احتمالاً قدرت یونی محلول داخل سلول باشد (Goulas and Kontominas, 2005). افزایش معنی‌دار میزان pH طی نگهداری می‌تواند به دلیل تولید ترکیبات قلیایی از قبیل آمونیاک، تری‌متیل‌آمین و بازهای آلی فرار توسط باکتریهای عامل فساد دانست (Goulas and Kontominas, 2005). این نتایج با یافته‌های سایر مطالعات روی تخم نمک‌سود ماهی قزل‌آلا و روی تخم نمک‌سود ماهی کفال طلایی هم‌خوانی داشت (Inanli et al., 2010; 2011; Jamalzad Fallah et al., 2012).

تغییرات رطوبت تیمارهای مختلف در نمودار (۲) نشان می‌دهد که در بین نمونه‌های نمک سود شده، رطوبت کاهش یافت. ورود نمک به تخم خام و خروج آب سبب کاهش میزان رطوبت می‌گردد (Inanli et al., 2010). کاهش رطوبت را می‌توان ناشی از دناتوره شده پروتئین و از دست رفتن ظرفیت نگهداری آب دانست (Jittinandana et al., 2002). بیشترین میزان نمک و کمترین میزان رطوبت در تیمار ۵/۵ درصد نمک خالص مشاهده شد (نمودارهای ۲ و ۵). کاهش رطوبت پس از رسیدن به حدی ثابت باقی ماند که ناشی از یکی شدن میزان تغییرات یونی داخل تخمک و اطراف آن و ممانعت از خروج بیشتر آب است (Barat et al., 2003).

میزان چربی تخم خام پس از فرآیند نمک‌سود افزایش یافت که به دلیل کاهش رطوبت تخم ماهی طی فرآیند می‌باشد (Gessner et al., 2010). تیمارهای ۵/۵ درصد نمک خالص و ۳/۵ درصد نمک مخلوط به

حاصل از مطالعات متعدد هم‌خوانی داشت (Sengor *et al.*, 2002; Inanli *et al.*, 2010; 2011; Jamalzad *et al.*, 2012).

فرآیند نمک‌سود کردن سبب انتقال اسمزی آب به خارج و انتقال نمک به داخل بافت می‌گردد و در نتیجه کاهش فعالیت آبی، رشد باکتری‌ها و فعالیت آنزیم‌های محدود شده و ماندگاری افزایش می‌یابد (Barat *et al.*, 2006). قابلیت جذب نمک و توزیع آن در تهیه تخم نمک‌سود ماهی به عوامل متعددی مانند وضعیت فیزیولوژیکی تخم (اندازه، ضخامت پوسته، ترکیب شیمیایی و دوره رسیدن تخم‌ها)، شیوه نمک‌زنی و غلظت نمک بستگی دارد. تغییرات میزان نمک تخم ماهی نمودار (۳) نشان می‌دهد که با افزایش غلظت نمک از ۳/۵ به ۵/۵ درصد، میزان نمک افزایش معنی‌داری داشت. در غلظت‌های یکسان، جذب نمک در نمونه‌های با نمک خالص به‌طور معنی‌دار بیشتر از نمک مخلوط بود و علت مربوط به وجود نگهدارنده در ساختار نمک مخلوط و متعاقباً کاهش میزان نمک آن دانست. در انتهای دوره نگهداری در نتیجه برقراری تعادل اسمزی تغییرات میزان نمک به حد ثابت رسید (Inanli *et al.*, 2011).

اکسیداسیون چربی‌ها مربوط به اکسید شدن اسیدهای چرب غیراشباع می‌باشد و سبب ایجاد بو و طعم نامطلوب در محصول و در نتیجه کاهش زمان ماندگاری می‌گردد (Bremner, 2002). اکسیداسیون ثانویه چربی‌ها در واقع بیانگر پیشرفت واکنش‌های اکسیداسیونی می‌باشد و اندازه‌گیری شاخص تیوباریتوریک اسید (TBA) تعیین‌کننده مقدار مالون آلدئید در این مرحله است. داده‌های اندازه‌گیری شاخص اکسیداسیون ثانویه در نمودار (۷) نشان داده

ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار چربی بودند. مقادیر چربی اندازه‌گیری شده طی زمان نگهداری در تیمارهای مختلف کاهش ناچیزی داشت (نمودار ۳). این کاهش می‌تواند ناشی از هیدرولیز چربی توسط فعالیت‌های آنزیمی باشد (Yasemen *et al.*, 2005). در مطالعه‌ای بر روی اثر بسته‌بندی تحت خلاء بر ترکیب تقریبی خاویار گونه‌های مختلف ماهیان خاویاری وازپلات و پاتیر، نتایج مشابهی به‌دست آمد (Gesner *et al.*, 2002; Ozpolat and Patir, 2010). میزان پروتئین تخم خام ماهی قزل‌آلا طی فرآیند نمک‌سود کاهش یافت. این کاهش با افزایش نمک و کاهش رطوبت در ارتباط بود. نمک سبب دناتوره شدن ساختار پروتئین و خروج پروتئین‌های محلول در آب و نمک می‌گردد (Khodanazary and Shabanpur, 2010). مقایسه دو نمک به‌کار رفته برای نمک‌سود کردن نشان داد، کاهش پروتئین در نمونه‌های تیمار شده با نمک خالص بیشتر بود. در مطالعه روی تأثیر غلظت‌های مختلف نمک بر ماندگاری خاویار کفال، گزارش گردید که میزان پروتئین با افزایش غلظت نمک کاهش یافت (Jamalzad Fallah *et al.*, 2012). در مطالعه دیگری مقدار پروتئین تخم خام ماهی سفید پس از نمک‌سود شدن کاهش یافت (Pourashouri *et al.*, 2015). کاهش ناچیز میزان پروتئین در زمان نگهداری را می‌توان به فعالیت‌های آنزیمی باکتریایی نسبت داد (Khodanazari and Shabanpur, 2010). بیشترین میزان نمک و خاکستر در تیمار ۵/۵ درصد نمک خالص مشاهده شد. با فرآیند نمک‌سود و خروج آب از بافت، نمک به داخل بافت نفوذ می‌کند و میزان خاکستر نیز افزایش می‌یابد (Gallart-Jornet *et al.*, 2006). این نتایج با نتایج

و آمونیاک را در برمی‌گیرد. مقدار آن طی نگهداری محصولات دریایی به دلیل فساد آن‌ها افزایش می‌یابد و میزان آن به‌گونه و تغییرات پس از صید ماهی بستگی دارد (Yilmaz *et al.*, 2009). محصولات تخم ماهی که دارای میزان بالاتر از ۳۵ میلی‌گرم از این ماده در ۱۰۰ گرم نمونه باشند، برای مصرف انسانی مجاز نمی‌باشند (Inanli *et al.*, 2011). تغییرات مجموع بازهای نیتروژنی فرار تیمارهای مختلف در این مطالعه مجموع بازهای فرار در تخم‌های نمک‌سود شده به‌طور معنی‌دار کمتر از تیمار شاهد بود و با افزایش میزان درصد نمک از ۳/۵ به ۴/۵ و ۵/۵ درصد نمک از میزان TVB-N کاسته شد. این امر را می‌توان به دلیل نقش نمک در محدود کردن رشد باکتری‌ها و فعالیت آنزیم‌ها دانست (Barat *et al.*, 2006). تشکیل TVB-N در نمونه‌های تیمار شده با نمک مخلوط کمتر از نمونه‌های تیمار شده با نمک خالص بود. این امر به دلیل اثر ممانعت‌کنندگی نگهدارنده موجود در نمک مخلوط، بر رشد باکتری‌ها است که یکی از اصلی‌ترین عوامل تشکیل‌دهنده آن در محصول هستند (Safari and Yosefian, 2006). پس از ۴۵ روز نگهداری میزان TVB-N، در تمامی تیمارهای نمک خالص و ۳/۵ و ۴/۵ درصد نمک مخلوط، بیشتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران (۳۰ میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه) رسید. تیمار ۵/۵ درصد نمک مخلوط پس از ۶۰ روز نگهداری فراتر از حد مجاز پیشنهادی بود. افزایش میزان بازهای آلی فرار با افزایش میزان pH و فعالیت باکتریایی و آنزیمی به‌ویژه باکتری‌های هالوفیل مرتبط است (Khodanazary and Shabanpur, 2010). این نتایج با نتایج بدست آمده توسط سایر محققان مطابقت داشت (Periago *et al.*,

شده است. نمک به‌دلیل جایگزینی یون سدیم با یون آهن موجود در ترکیب محصول و ایجاد یون آهن به صورت آزاد باعث تسریع اکسیداسیون چربی‌ها می‌شود (Yasemen *et al.*, 2005). فرآیند نمک‌سود منجر به کاهش ثبات چربی‌های تخم ماهی قزل‌آلا در مقابل اکسیداسیون و افزایش میزان TBA گردید، به گونه‌ای که تخم نمک‌سود شده با ۳/۵ درصد نمک مخلوط از نظر اکسیداسیون چربی نسبت به غلظت‌های بالاتر نمک در شرایط بهتری بود. مقادیر بالای ۳-۵ میلی‌گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم، کیفیت پایین محصولات تخم ماهی را نشان می‌دهد و میزان محدودکنندگی این شاخص برای مصرف، حدود ۷-۸ میلی‌گرم مالون آلدئید در هر کیلوگرم عنوان شده است (Inanli *et al.*, 2010). در مطالعه حاضر میزان TBA در همه نمونه‌ها کمتر از حد قابل قبول پیشنهادی بود اما نمونه‌های نمک‌سود شده با نمک مخلوط از نظر شاخص TBA کیفیت بهتری را در مقایسه با نمک خالص داشتند که می‌تواند به دلیل میزان کلرید سدیم کمتر در ترکیب این نوع نمک دانست. میزان TBA در طول دوره نگهداری افزایش یافت که ناشی از تجزیه هیدروپراکسیدها و افزایش میزان آلدئیدها و تولید متابولیت‌های فرار در حضور اکسیژن است (Goulas and Kontominas, 2005). در مطالعه‌ای روی تخم نمک‌سود ماهی قزل‌آلا، میزان TBA پس از فرآیند نمک‌سود و طی نگهداری افزایش یافت (Inanli *et al.*, 2010; 2011).

مجموع بازهای نیتروژنی فرار شاخص میزان تجزیه و فساد پروتئین‌ها است که مربوط به فعالیت‌های میکروبی و آنزیم‌های پروتئولیتیک است و دامنه وسیعی از ترکیبات نظیر متیل‌آمین، دی‌متیل‌آمین، تری‌متیل‌آمین

به اهمیت مصرف کمتر نمک، تیمار ۴/۵ درصد نمک خالص به عنوان تیمار بهتر بوده و در بین تیمارهای نمک مخلوط، تیمار ۵/۵ درصد مناسب تر می باشد. با توجه به منع مصرف بوراکس در برخی کشورها لذا استفاده از انواع نگهدارنده طبیعی در تهیه تخم نمک سود این ماهی می تواند مناسب باشد و تحقیق در این زمینه کاربردی و مهم به نظر می رسد و از سوی دیگر استفاده از سایر روش های نگهداری و تأثیر بسته بندی بر روی این محصول ضروری می باشد.

2003; Safari and Yosefian, 2006; Krizek *et al.*, 2011).

به طور کلی نمک سود کردن تخم ماهی قزل آلی رنگین کمان با نمک مخلوط در مقایسه با نمک خالص، تأثیر بهتری بر ترکیبات تقریبی تشکیل دهنده داشت و سبب کاهش pH، مجموع بازهای نیتروژنی فرار گردید. همچنین شدت افزایش میزان TBA در اثر فرآیند نمک سود نیز با نمک مخلوط کمتر بود. از این رو مصرف تخم نمک سود ماهی قزل آلی با نمک مخلوط مناسب تر می باشد. از بین تیمارهای این تحقیق با توجه

منابع

- Adeli, A. and Baghaei, F. (2013). Production and supply of rainbow trout in Iran and the world, World Journal of Fish and Marine Sciences, 5(3): 335–341.
- Al-Sayed Mahmoud, K., Linder, M., Fanni, J. and Parmentier, M. (2008). Characterisation of the lipid fractions obtained by proteolytic and chemical extractions from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) roe. Process Biochemistry, 43: 376–383.
- AOAC (1995). Official Methods of Analysis of AOAC International, Sixteenth Edition, AOAC International, Arlington, VA.
- Barat, J.M., Rodriguez-Barona, S., Andres, A. and Fito, P. (2003). Cod salting manufacturing analysis. Food Research International, 36(5): 447–453.
- Bledsoe, G.E., Bledsoe, C.D. and Rasco, B. (2003). Caviars and Fish Roe Products. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 43(3):317–356.
- Bremner, H.A. (2002). Safety and quality issues in fish processing. CRC Press, p. 519.
- Gallart-Jornet, L., Barat, J.M., Rustad, T., Erikson, U., Escriche, I. and Fito, P. (2007). Influence of brine concentration on Atlantic salmon fillet salting. Journal of Food Engineering, 80 (1): 267–275.
- Gessner, J., Würtz, F., Kirschbaum, F. and Wirth, M. (2008). Biochemical composition of caviar as a tool to discriminate between aquaculture and wild origin. Journal of Applied Ichthyology, 24: 52–56.
- Goulas, A.E. and Kontominas, M.G. (2005). Effect of salting and smoking method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes. Food Chemistry, 93: 511–550.
- Inanli, A.G., Coban, E. and Dartay, M. (2010). The chemical and sensorial changes in rainbow trout caviar salted in different ratios during storage. Fish Science, 76:879–883.
- Inanli, A.G., Oksuztepe, G. Ozpolat, E. and Cohan, O.E. (2011). Effects of acetic acid and different salt concentrations on the shelf life of caviar from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W. 1792). Journal of Animal and Veterinary Advances, 10 (23): 3172–3178.
- Jamalzad Fallah, F., Khara, H., Fallah, F., Jabarpour, S. (2012). Organoleptic assessment of mullet (*Liza auratus*, Risso 1810) caviar with different salt concentrations. First national conference of fisheries and aquatic animals [In Persian].

- 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. *Journal of Food Science*, 67(6): 2095–2099.
- Khodanazary, A. and Shabanpur, B. (2010). The comparison of changes in physicochemical content, bacterial and organoleptic properties in fillet and gutted common carp *Cyprinus carpio* during pickle salting. *Journal of Food Science and Technology*, 7(3): 75–85 [In Persian].
- Křížek, M., Vácha, F. and Pelikánová, T. (2011). Biogenic amines in carp roe (*Cyprinus carpio*) preserved by four different methods. *Food Chemistry*, 126(3): 1493–1497.
- Mojazi Amiri, B. and Rezaei Tavabe, K. (2010). *The Caviar Fishes and Caviar*. Tehran University Press. p. 256 [In Persian].
- Mexis, S.F., Chouliara, E. and Kontominas, M.G. (2009). Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf life extension of rainbow trout fillets stored at 4°C. *Food Microbiology*, 26(6): 598–605.
- Mirsadeghi, H., Alishahi, A., Shabanpour, B. and Safari, R. (2015). Effects of salt and water temperature processing on qualitative changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) roe during refrigerator storage. *Fisheries Science and Technology*, 4(1): 93–104 [In Persian].
- Moradi, Y. (2003). HACCP in Iranian Caviar. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 15(2): 72–79
- Ozpolat, E., and Patir, B. (2010). Changes in sensorial and chemical quality in vacuum packaged of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) caviar during producing and preservation. *Journal New World Science*, 5: 336-343.
- Parvaneh, V. (2007). *Quality control and the chemical analysis of food*. 4th Edition, University of Tehran Publication, pp. 241–255 [In Persian].
- Periago, M.J., Rodrigo, J., Ros, G., Rodríguez-Jérez, J.J. and Hernández-Herrero, M. (2003). Monitoring volatile and nonvolatile amines in dried and salted roes of tuna (*Thunnus thynnus* L.) during manufacture and storage. *Journal of Food Protection*, 66(2): 335–340.
- Pourashouri, P., Yeganeh, S. and Shabanpour, B. (2015). Chemical and microbiological changes of salted Caspian Kutum (*Rutilus frisii kutum*) roe. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 14(1): 176–187.
- Safari, R. and Yosefian, M. (2006). Changes in TVN (total volatile nitrogen) and psychotropic bacteria in Persian sturgeon caviar (*Acipenser persicus*) during processing and cold storage. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(1): 416–418.
- Sengor, G.F., Cihaner, A., Erkan, N., Ozden, O. and Varlk, C. (2000). Caviar production from flathead grey mullet (*Mugil cephalus*, L.1758) and the determination of its chemical composition and roe yield. *Turkish Journal of Veterinary Animal Science*, 26: 183–187
- Taghiof, M., Nikoo, M. and Pourshamsian, K. (2012). Proximate and fatty acid composition of salted caspian kutum (*Rutilus frisii*) roes influenced by storage temperature and vacuum-packaging. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 4 (5): 525–529.
- 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. *Journal of Food Chemistry*, 97(2): 244–247.
- 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. *Journal of Muscle Foods*, 20(4): 465–477.

Effect of different concentrations of pure and mixed salt on the shelf life of salted rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) roe during refrigerated storage

Shabanpour, B.^{1*}, Ghorbanian, G.², Ojagh, S. M.³, Pourashouri, P.⁴, Aghili Negad, S. M.⁵

1. Professor of Department of Seafood Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2. M.Sc Graduate in Seafood Processing, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3. Associated Professor of Department of Seafood Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
4. Assistant Professor of Seafood Processing, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
5. Instructor, Gonbad Kavus University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavus, Iran

*Corresponding author email: b_shabanpour@yahoo.com

(Received: 2015/6/2 Accepted: 2017/1/11)

Abstract

This study aimed to investigate the effects of salting of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) roe by pure and mixed salts (3.5, 4.5 and 5.5 %) on the quality and shelf life of the product, with respect to the contents of Total Volatile base nitrogen (TVBN), lipid oxidation (TBA), and on the proximate compositions during storage. The processing of roe led to changes in its chemical composition. In comparison with fresh roe, salted roe presented higher contents of TBA and lower content of TVBN. The greatest increases of TVBN were observed in the samples salted by salt without additives, in which TVBN was detected at 43.43 mg/100 g. pH value, salt absorption and TVBN and lipid oxidation had significant increase during storage ($p < 0.05$). By increasing the salt concentration of 3.5 to 4.5 and 5.5%, rate of lipid oxidation was increased; however, moisture, protein content and TVBN and pH were decreased. The addition of mixed salt as a preservative decrease the pH value had a significant effect in maintaining the quality of the roe.

Keywords: Rainbow trout roe, Salting, Quality, Shelf life