Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Food Processing and Preservation Journal

Print ISSN: 2322 - 2069
Online ISSN: 2322 - 2794

Iranian Association of Food Scientists and Technologists

A Study on the quality of Persian Sturgeon *(Acipenser persicus)* pressed caviar in tube packaging

Mina Seifzadeh[1*]

[1]National Aquatic Processing Research Center, Inland Aquaculture Research Institute, Fisheries Science Research Institute, Agricultural Education and Extension Research Organization, Anzali, Iran, Email: m_seifzadeh_ld@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2021/05/28
Revised: 2021/07/03
Accepted: 2021/07/23

Keywords:
Packaging
Laminate tube
Index
Persian sturgeon
Pressed caviar

ABSTRACT

Background and objectives: Persian Sturgeon (*Acipenser persicus*) is a species of fish in the Acipenseridae family, which is found in the Caspian Sea. Globally, sturgeon fisheries are of great economical value, primarily as a source for caviar, but also for its flesh, and several species of sturgeon are harvested for their roe. Caviar is composed of different types, including pressed caviar. It is composed of damaged or fragile eggs and can be a combination of some roe. Besides wild species, in some countries such as Iran, sturgeons are sustainably farmed to produce caviar. In the present study, farmed Persian sturgeon pressed caviar which was packed in Aluminum cans was evaluated by tube packaging by assessing its quality and shelf life under cold storage. No published report on pressed caviar packaging in tubes was found in other countries, but in Iran, the present study is the only study performed on pressed caviar packaging in tubes.

Materials and methods: Four treatments were considered, including caviar packed in laminated tubes with an aluminum coating (Treatment 1), laminated tubes without coating (Treatment 2), metal tubes of aluminum (Treatment 3) and metal cans made of stainless-steel sheets (Treatment 4 known as control). Treatments were packed in the amount of 50 g and stored at -3 °C for 7 months. Microbiological tests including the total bacterial counts, *Staphylococcus* bacteria, *Clostridium*, *Coliform*, *Escherichia coli*, psychrophilic bacteria, mold and yeast were conducted. Also, chemical tests such as peroxide value, thiobarbituric acid, free fatty acid, and total volatile nitrogen bases, physical (pH), and sensory tests including texture, odor, color, taste, salinity, and overall acceptance were performed to evaluate the quality of experimental and control treatments.

Results: Psychrophilic, yeasts and molds, *Clostridium*, *Coliform*, and *Escherichia coli* were not observed in experimental and control samples. Total bacterial counts, *Staphylococcus*, peroxide value and physical properties (e.g. pH) were within acceptable limits in both experimental and control samples. Protein content, fat content, moisture content, ash, and pH were reported to be 29.81, 18.00, 48.96, 3.24 (%), and 6.98 – 7.42 in these samples, respectively. TVB-N and pH showed significant differences in treatments 3 and 4 as compared with the other treatments, which were higher than the standard level. Sensory properties and overall acceptance (1.14) and free fatty acids (3.17 %) were significantly different in treatment 3 as compared with the other treatments and control (4.47 and 2.15 %) and were not in the allowable range. Changes in pH (6.98), peroxide value (0.76 meq/kg oil), TVB-N (17.64 mg/100g), free fatty acids (2.13%), total bacterial counts and *Staphylococcus* (1.85 and 1.11 logCFU/g), and overall

acceptance (4.70) were confirmed in treatment 2 from the quality point of view. Treatments 3 and 4 were acceptable for six months, while other experimental treatments were of good quality until the end of the cold storage period.

Conclusion: Since the chemical, microbial and sensory quality in treatment No. 2 were better compared to the other treatments, aluminum-coated laminate tubes were recommended for packing pressed caviar.

Cite this article: Seifzadeh, M. 2022. A Study on the quality of Persian Sturgeon (*Acipenser persicus*) pressed caviar in tube packaging. *Food Processing and Preservation Journal*, 14 (1), 21-38.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/EJFPP.2021.19185.1666
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

فرآوری و نگهداری مواد غذایی
شاپا چاپی: ۳۵٤٤-۲٤۲۳
شاپا الکترونیکی: ۳۸۰۳-۲٤۲۳

ارزیابی ویژگی‌های کیفی خاویار فشرده تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) پرورشی بسته‌بندی شده در محفظه چند لایه

مینا سیف‌زاده[1*]

[1]مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان، پژوهشکده آبزی پروری آب های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، انزلی، ایران،
رایانامه: m_seifzadeh_ld@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۰۳/۰۷
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۰/۰٤/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۰۵/۰۱

واژه‌های کلیدی:
بسته‌بندی
تیوب چندلایه دارای روکش آلومینیوم
خاویار فشرده، شاخص
تاس‌ماهی ایرانی

چکیده

سابقه و هدف: ماهی خاویاری ایرانی (*Acipenser persicus*) گونه‌ای در خانواده Acipenseridae است، که در دریای خزر زیست می‌کند. گوشت ماهیان خاویاری دارای ارزش اقتصادی زیادی است و چندین گونه از آن‌ها برای بهره‌برداری از خاویار صید می‌شود. شکل فشرده یکی از انواع خاویار است که از تخم‌های آسیب دیده یا شکسته خاویار یک و یا چند گونه مختلف تشکیل می‌شود. در برخی از کشورها مانند ایران علاوه بر گونه‌های وحشی، ماهیان خاویاری با هدف تولید خاویار پرورش می‌یابند. از این رو پژوهش حاضر با اهداف ارزیابی ویژگی‌های کیفی و زمان ماندگاری خاویار فشرده تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) پرورشی در تیوب چند لایه با روکش آلومینیومی و بدون آن طی نگهداری در سردخانه انجام شد. گزارش حاضر تنها مطالعه انجام شده برای بسته‌بندی خاویار فشرده در بسته‌بندی محفظه لوله‌ای است.

مواد و روش‌ها: در پژوهش حاضر ٤ تیمار شامل خاویار بسته‌بندی شده در تیوب چندلایه‌ای و دارای پوشش آلومینیوم (تیمار ۱) و بدون پوشش (تیمار ۲)، محفظه آلومینیومی (تیمار ۳) و قوطی فلزی از جنس ورق استیل ضدزنگ (تیمار ٤: شاهد) در نظر گرفته شد. تیمارها بعد از بسته‌بندی ۵۰ گرمی به‌مدت ۷ ماه در دمای ۳ – درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. آزمایشات میکروبی شامل تعداد کلی باکتری‌ها، باکتری‌های *استافیلوکوکوس*، *کلستریدیوم*، *کلی‌فرم*، *اشریشیاکلی*، باکتری‌های سرمادوست و کپک و مخمر؛ آزمایشات شیمیایی شامل عدد پراکسید، تیوباربیتوریک اسید، اسید چرب آزاد، مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N)، pH و آزمایشات حسی (بافت، بو، رنگ، طعم و مزه، شوری و پذیرش کلی) برای بررسی کیفیت تیمارهای آزمایشی و شاهد انجام شد.

یافته‌ها: باکتری‌های سرمادوست، کپک و مخمر، *کلستریدیوم*، *کلی‌فرم* و *اشریشیاکلی* در تیمارهای آزمایشی و شاهد مشاهده نشدند. تعداد کلی باکتری‌ها و *استافیلوکوکوس*، عدد پراکسید و pH در تیمارهای آزمایشی و شاهد در حد قابل پذیرش بودند. در ۳ تیمار آزمایشی pH در محدوده ۷/٤۲ تا ٦/۹۸ و میانگین پروتئین، چربی، رطوبت، خاکستر و جذب نمک به‌ترتیب ۲۹/۸، ۱۸، ٤۸/۹٦، ۳/۲٤ و ٦/۷٦ درصد تعیین شد. TVB-N و pH در تیمارهای ۳ و ٤ در مقایسه با سایر تیمارها فراتر از حد استانداردهای موجود بود و افزایش معنی‌دار نشان دادند ($P<۰/۰۵$). تیمار ۳ کمترین پذیرش کلی (۱/۱٤) را نشان داد و شاخص اسید چرب آزاد در این تیمار (۳/۱۷ درصد) در مقایسه با سایر تیمارها و تیمار شاهد (٤۷ /٤ و ۲/۱۵ درصد) تفاوت معنی‌داری نشان دادند ($P<۰/۰۵$). تیمار ۲ در مقایسه با سایر نمونه‌های آزمایشی و تیمار شاهد

به‌لحاظ تغییرات pH (٦/٩٨)، عدد پراکسید (٠/٧٦ میلی‌اکی والان بر کیلوگرم روغن)، TVB-N (١٧/٦٤ میلی‌گرم بر صد گرم)، اسید چرب آزاد (٢/١٣ درصد)، تعداد کلی باکتری‌ها و *استافیلوکوکوس* (١/٨٥ و ١/١١ log CFU/g) و پذیرش‌کلی (٤/٧٠) بهتر عمل نمود و تأیید شد. تیمارهای ١ و ٢ تا پایان زمان نگهداری در سردخانه ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و حسی قابل پذیرش را نشان دادند؛ درحالی که تیمارهای ٣ و ٤ به‌مدت ٦ ماه از نظر ویژگی‌های کیفی قابل قبول بودند.

نتیجه‌گیری کلی: از آن جا که کیفیت شیمیایی، میکروبی و حسی در تیمار ٢ در مقایسه با سایر تیمارها بهتر بود از این رو محفظه‌های لوله‌ای چند لا و دارای پوشش آلومینیوم برای بسته‌بندی خاویار فشرده پیشنهاد می‌گردد.

استناد: سیف‌زاده، م. (١٤٠١). ارزیابی ویژگی‌های کیفی خاویار فشرده تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) پرورشی بسته‌بندی شده در محفظه چند لایه. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ١٤ (١)، ٣٨-٢١.

DOI: 10.22069/EJFPP.2021.19185.1666

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

ماهیان خاویاری دریای خزر از جمله ذخایر آبزی مهم و با ارزش اقتصادی به‌شمار می‌روند که به‌دلیل قرارگیری در فهرست گونه‌های در بحران انقراض (۱۹)، پرورش، عمل‌آوری و بسته‌بندی خاویار گونه‌های پرورشی آن‌ها رونق یافته است. محصولات فرآوری شده تخم ماهی از مدت‌ها قبل در بسیاری از فرهنگ‌های غذایی وجود داشته است. خاویار یکی از گرانترین محصولات غذایی است که در سراسر جهان مورد استقبال قرار گرفته و از طریق نمک‌سود کردن سبک تخم‌های استخراج شده از بافت همبند ماهیان خاویاری به‌دست می‌آید. بر اساس کدکس مواد غذایی واژه خاویار تنها برای محصولی به‌کار برده می‌شود که از فرآوری تخم ماهی‌های خانواده Acipenseridae به‌دست آید (۳۲). خاویار گونه‌های متفاوت به اسامی مختلفی نامیده شده و آسترا به خاویار گونه‌های استورژن ایرانی و روسی اطلاق می‌گردد (۲۰) که از دریای خزر استحصال می‌شود (۲٤).

از زمان پیدایش خاویار در ایران، بسته‌بندی این محصول در مقادیر زیاد (۲–۱ کیلوگرم) و در قوطی‌های فلزی به‌منظور صادرات انجام می‌گرفت، اما قیمت بالا و عدم توانایی عموم جامعه برای خرید و مصرف از محدودیت‌های اصلی بود. خاویار فشرده نیز بطورمشابه در این قوطی‌ها عرضه می‌گردید که با توجه به دارا نبودن ظاهر مناسب در مقایسه با سایر خاویارها و نیز بسته‌بندی در حجم زیاد از قیمت تقریباً بالایی برخوردار بود. ورود محفظه‌های لوله‌ای چند لایه موسوم به بسته‌بندی چندلایه به بازارهای جهانی در اشکال با/ بدون پوشش آلومینیوم جهت بسته‌بندی فرآورده‌های خمیری و همچنین شکستگی دانه‌های خاویار فشرده، سبب گردید بسته‌بندی خاویار فشرده بصورت فرآورده خمیری در این محفظه‌های لوله‌ای مورد بررسی قرار گیرد (۳۳). از این رو با تغییرات جزئی در روش عمل‌آوری می‌توان از خاویار فشرده فرآورده‌ای با قدرت چسبندگی زیاد و به‌شکل تقریباً خمیری تهیه کرد که در محفظه‌های لوله‌ای چندلایه قابل بسته‌بندی باشد. همچنین بسته‌بندی در محفظه‌های لوله‌ای امکان عرضه خاویار را در سطح خرده فروشی‌ها میسر ساخته و بدون ایجاد آلودگی ثانویه ناشی از بازشدن قوطی در شرایط بهداشتی نامناسب به افزایش مصرف خاویار منجر می‌گردد (۲۰).

در گذشته ایران یکی از بزرگ‌ترین تولیدکننده‌های خاویار در جهان بود، اما در حال حاضر تنها ۲ درصد از صادرات خاویار دنیا را به خود اختصاص داده است؛ به‌طوری‌که در سال ۹۷ به میزان ۸۱٦ هزار دلار ارز از صادرات خاویار به کشور وارد شد (۲۵). از این رو عواملی از جمله کاهش ارزش غذایی، درآمد ارزی حاصل از خاویار برای بسیاری از کشورها و شناسایی معایب قوطی‌های فلزی ساخته شده از سرب منجر شدند که به مرور زمان آلومینیوم جایگزین سرب در صنعت بسته‌بندی گردد (۹). طی دهه‌های گذشته محفظه‌های چندلایه با پوشش داخلی آلومینیوم در صنعت بسته بندی مواد غذایی مورد توجه بسیاری واقع شد. این محفظه‌ها خلوص بسیار بالایی (۹۹/۷ درصد) دارند و در اشکال و اندازه‌های مختلف ساخته می‌شوند (٤). لاک حفاظت شده، قابلیت دربندی به اشکال مختلف و سربسته از ویژگی‌های محفظه‌های چندلایه به شمار می‌روند. محفظه‌های لوله‌ای چندلایه به‌دلیل ویژگی‌های لایه‌های تشکیل‌دهنده آن از ویژگی ارتجاعی برخوردار بوده و بر اثر استفاده مکرر شکستگی و چروکیدگی در آن‌ها ایجاد نمی‌شود (٦). همچنین خروج فرآورده از این محفظه‌ها از طریق فشردن به‌آسانی امکان پذیر می‌گردد، از این رو از اتلاف محصول جلوگیری کرده و امکان مصرف کامل محتویات محفظه‌های چندلایه

فراهم می‌شود. همچنین محفظه‌های لوله‌ای چندلایه به لاک داخل محفظه نیازی نداشته و لایه آلومینیومی آن‌ها در تماس با فرآورده قرار نگرفته و از این رو امکان فساد وجود ندارد (۲۲). برچسب‌گذاری روی محفظه‌های لوله‌ای قبل از ساخت آن صورت می‌گیرد و علاوه بر عدم بروز مشکلاتی نظیر انتزاع رنگ‌ها و پوسته شدن آن امکان کاربرد رنگ‌های متنوع نیز میسر می‌گردد. دهانه خروجی و شانه محفظه چندلایه از جنس پلی‌اتیلن بوده که امکان اکسیداسیون و بروز رنگ سیاه را منتفی می‌نماید (۳۳). همچنین به‌دلیل عدم کاربرد فرآیند اکستروژن فلزات و پودر استئارات روی در تولید این محفظه‌ها و همچنین جلوگیری از آلودگی زیست محیطی و انتشار ذرات فلزی در فضای سالن تولید از نظر بهداشتی کاملاً سالم تلقی می‌گردند (۹). مقاومت در برابر فشار و تغییر شکل هنگام بسته‌بندی از دیگر مزایای این محفظه‌ها بوده که به عدم استفاده از صفحات جدا کننده هنگام حمل و نقل منجر شده و در نتیجه قیمت عرضه کاهش می‌یابد. این محفظه‌های لوله‌ای علاوه بر مزایای محفظه‌های لوله‌ای پلاستیکی و آلومینیومی شفافیت و زیبایی ظاهری را نیز ارائه می‌کنند (۳۳). از این رو پژوهش حاضر با هدف بسته‌بندی خاویار فشرده تاس‌ماهی ایرانی در بسته‌بندی با محفظه‌های چند لایه‌ای و ارزیابی کیفیت فیزیکوشیمیایی، حسی و زمان ماندگاری آن در سردخانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

عمل‌آوری: برای این مطالعه ٤ تیمار شامل خاویار بسته‌بندی شده در محفظه چندلایه دارای پوشش آلومینیوم (تیمار ۱)، محفظه چندلایه بدون پوشش آلومینیوم (تیمار ۲) و محفظه فلزی از نوع آلومینیومی (تیمار ۳) در نظر گرفته شد. عمل‌آوری تیمارهای آزمایشی و شاهد در خاویارسازی شیلات انزلی و توسط خاویارسازان انجام گرفت. برای تهیه نمونه‌های شاهد، خاویار به‌روش رایج در قوطی‌های فلزی از جنس استیل ضدزنگ بسته‌بندی شد (تیمار ٤). شستشوی تخمدان‌ها با غوطه‌وری در آب نمک اشباع سرد در مدت زمان ۳۰ ثانیه و سپس آبگیری کامل صورت گرفت. در مرحله بعد با هدف ایجاد بافت نرم خاویار، تخمک‌ها در آب‌نمک اشباع به نسبت ۱:۵ غوطه‌ور شدند. زمان اختلاط بر اساس متراکم گشتن دانه‌های خاویار، چسبندگی نسبی و یکنواختی آن‌ها تعیین شد. بعد از عملیات شوراب‌گیری، فشردن و خنک‌سازی، خاویار قطعه شده و در قوطی‌های فلزی بسته‌بندی شد. بعد از طی مراحل هواگیری (به‌روش فیزیکی و توسط فشار دست روی سر قوطی)، شوراب‌گیری انجام شد و با استفاده از دستگاه لاستیک‌زنی مناسب کش دور درب بدنه تعبیه شد (۱٦). جهت بسته‌بندی خاویار فشرده در قوطی‌ها از کاهش سفتی دانه‌ها از طریق کاهش جذب نمک طی عمل اختلاط اطمینان حاصل شد. نمونه‌های آزمایشی در مقادیر ۵۰ گرمی در محفظه‌های چندلایه پر شده و توسط دستگاه دوخته شدند. تیمارهای آزمایشی و شاهد به مدت ۷ ماه در سردخانه ۳ – درجه سانتی‌گراد (دمای انجماد) نگهداری شده و زمان ماندگاری آن‌ها با استفاده از آزمایشات میکروبی، شیمیایی، فیزیکی و حسی تعیین شد. نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی هر ماه یک بار در رأس زمان‌های معین جهت انجام آزمایشات انجام گرفت.

آزمایشات میکروبی: برای ارزیابی ویژگی‌های میکروبی شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها (۱۰)، *استافیلوکوکوس* (۱۰)، *کلی‌فرم* و *اشریشیاکلی* (۱۰)، باکتری‌های سرمادوست (۱٤)، کپک و مخمر (۳۱) و *کلستریدیوم* (۲۹) به روش کشت تعیین شدند. ۲۵ گرم از نمونه با ۲۲۵ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی به‌همراه آب پپتون ۰/۱ درصد (رقیق کننده) مخلوط و پس از

یکنواخت شدن تا غلظت ۰/۰۰۱ رقیق‌سازی شد. سپس ۱ میلی‌لیتر از هر رقت بر روی محیط‌های اختصاصی شامل پلیت کانت آگار، مانیتول سالت آگار، مک‌کانگی آگار، مک‌کانگی آگار حاوی سوربیتول، سفکسیم و تلوریت آگار، ستریمید آگار، سابورد دکستروز آگار و سولفیت پلی‌میکسین سولفودیازین آگار به‌ترتیب برای شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، *استافیلوکوکوس*، *کلی‌فرم*، *اشریشیا*، *سودوموناس*، کپک و مخمر و *کلستریدیوم* انتقال و پس از اختلاط کامل پلیت های حاوی نمونه و محیط کشت به‌مدت ٤٨ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد گرم‌خانه گذاری شد.

ارزیابی شیمیایی: برای ارزیابی شیمیایی عدد پراکسید به‌روش تیتراسیون یدومتریک (۱۱)، اسید چرب آزاد به‌روش تیتراسیون (۱۱) و مجموع بازهای نیتروژنی فرار به‌روش تقطیر به کار رفتند (۱۱). pH به روش الکترومتریک (۱۵) و جذب نمک توسط روش تیتراسیون اندازه گیری شدند (۱۷).

اندازه‌گیری pH : ۵ گرم از نمونه با آب مقظر مخلوط شد و به‌مدت نیم ساعت در فضای آزمایشگاه قرار گرفت. مقدار pH با استفاده از دستگاه pH متر قرائت گردید.

اندازه‌گیری جذب نمک: ده گرم از نمونه خشک و آسیاب شده با ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر جوشیده سرد مخلوط و بعد از نیم ساعت دمای اتاق با استفاده از کاغذ واتمن صاف گردید. به ۱۰ میلی‌لیتر از محلول صاف شده ۲ تا ۳ قطره معرف پتاسیم کرومات اضافه شد. سپس با استفاده از محلول نیترات نقره ۰/۰۵ نرمال، تیتراسیون نمونه تا ظهور رسوب قرمز آجری ادامه یافت.

اندازه‌گیری مجموع بازهای نیتروژنی فرار: ۱۰۰ گرم از نمونه با ۳۰۰ میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید مخلوط و تحت سانتریفیوژ قرار گرفت. ۵ میلی‌لیتر از عصاره شفاف با ۵ میلی‌لیتر سود ۲ نرمال مخلوط گردید. مایع تقطیر با ۱۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰/۰۱ نرمال حاوی ۰/۱ میلی‌لیتر نشانگر مخلوط شده و اسید موجود در ارلن با استفاده از سود استاندارد ۰/۰۱ نرمال تا رسیدن به صورتی کم‌رنگ تیتر شد.

اندازه‌گیری تیوباربیتوریک اسید: ۱۰ گرم نمونه خرد شده با ۵۰ میلی‌لیتر آب به‌مدت ۲ دقیقه خمیر شده و با ٤٧/٥ میلی‌لیتر آب به فلاسک تقطیر منتقل گردید. ۲/۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ٤ نرمال تا رسیدن به pH ۱/۵ به همراه ضد کف و چند مهره شیشه‌ای به آن اضافه شد. بعد از به جوش آمدن طی زمان ۱۰ دقیقه ۵۰ میلی‌لیتر مایع جمع‌آوری گردید. به ۵ میلی‌لیتر از مایع تقطیر ۵ میلی‌لیتر از معرف تیوباربیتوریک اسید اضافه شد. سپس با حرکات دست مخلوط شده و به مدت ۳۵ دقیقه در آب در حال جوش قرار گرفت. بعد از خنک شدن ۱ میلی‌لیتر از آن در طول موج ۵۳۸ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد .

اندازه‌گیری اسید چرب آزاد: برای اندازه‌گیری اسید چرب آزاد حدود ۵۰ گرم از نمونه توزین و با مقدار کافی کلروفرم در همزن کاملاً مخلوط و از کاغذ صافی عبور داده شد. محلول صاف شده از روی یک کاغذ صافی دیگر حاوی سولفات سدیم دهیدراته عبور داده شد. حجم مشخصی از محلول صاف شده به یک بالن خشک و توزین شده افزوده شد و پس از تبخیر کلروفرم، مقدار چربی تعیین شد. سپس، ۲۰ میلی‌لیتر از محلول صاف شده با ۲۰ میلی‌لیتر اتانول خنثی مخلوط و در نهایت اسید چرب آزاد به وسیله سود ۰/۰۲ نرمال در برابر معرف فنول فتالئین خنثی شد. اسید چرب آزاد برحسب اسید اولئیک اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری عدد پراکسید: عدد پراکسید بر حسب میلی‌اکی والان بر کیلوگرم محاسبه شد.

ارزیابی حسی: بو، بافت، رنگ، طعم و مزه، وضعیت ظاهری و پذیرش کلی برای تعیین ویژگی‌های حسی به روش هدونیک ۵ نقطه‌ای به کار گرفته شدند. ویژگی‌های حسی توسط ۳۰ ارزیاب زن و مرد در رده سنی ٤۰–۳۰ سال انجام شد، که در آن اعداد ۵، ٤، ۳، ۲ و ۱ به ترتیب نشانگر کیفیت عالی، خیلی خوب، خوب، متوسط و ضعیف بودند (۱۲).

ارزش غذایی: ارزش غذایی شامل مقادیر پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر به‌ترتیب توسط روش‌های ماکروکجلدال، هیدرولیز اسیدی، آون خشک و گراویمتریک تعیین شدند (۳). با استفاده از فاکتور تبدیل ازت به پروتئین، میزان پروتئین نمونه‌ها مشخص شد. برای تعیین درصد چربی به ۵ گرم نمونه کاملاً همگن ماهی، ۵۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ٤ نرمال افزوده شد و بعد از قرار گرفتن در بن‌ماری ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت با کاغذ واتمن صاف گردید. در نهایت کاغذ صافی در قسمت استخراج کننده دستگاه سوسکسله قرار داده شد. پس از متصل کردن بالن با وزن مشخص، دوسوم از حجم بالن با حلال هگزان پر شده و عمل هیدرولیز به مدت ۸–٦ ساعت صورت پذیرفت. برای اندازه‌گیری خاکستر بوته‌های تمیز در کوره ٦۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت قرار گرفتند. بوته‌های خنک شده به خشک‌کن انتقال داده شدند و تا دمای اتاق خنک شدند. سپس به سرعت وزن شده و به همراه ۱۰ گرم از غذای خشک نشده به مدت ۱۸–۱۲ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد در کوره الکتریکی قرار داده شدند. بعد از طی این مدت و سرد شدن بوته‌ها وزن شدند و درصد خاکستر محاسبه شد. برای تعیین رطوبت نمونه، ۱۰ گرم از ماهی در پتری دیش با وزن مشخص و در آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از رسیدن به وزن ثابت، به‌مدت یک ساعت در دسیکاتور گذاشته شد تا خنک و توزین شود.

آنالیز آماری: نتایج به‌دست‌آمده از آزمایشات میکروبی و فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آزمایشی و شاهد با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ و آزمون آنالیز واریانس یک طرفه و با توجه به وجود تفاوت معنی‌دار در بعضی از آزمایشات آزمون توکی استفاده شد. برای بررسی تغییرات ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و حسی تیمارها طی زمان نگهداری از آنالیز واریانس دو طرفه استفاده گردید، و در سطح معنی‌دار ۹۵ درصد مورد بررسی قرار گرفتند. برای بررسی نتایج آنالیز حسی روش آماری نان پارامتریک کروسکال والیس و در صورت نیاز آزمون من ویتنی به کار گرفته شد.

نتایج و بحث

اسید چرب آزاد: اندازه‌گیری اسیدهای چرب آزاد به‌دلیل تأثیر بر حفظ کیفیت و ویژگی‌های حسی غذاهای دریایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. حداکثر مقدار مجاز این اسیدها در فرآورده‌های غذایی ۳ درصد (بر حسب اسید اولئیک) گزارش شده است (۲۳). بر اساس نتایج تغییرات اسیدهای چرب آزاد و عدد پراکسید در خاویار بسته‌بندی شده در قوطی‌های فلزی بیش‌تر از سایر نمونه‌ها بود؛ درحالی‌که در نمونه‌های بسته‌بندی شده در محفظه‌های لوله‌ای دارای پوشش آلومینیوم کمتر از سایر نمونه‌ها تعیین شد (جدول ۱). اسیدهای چرب آزاد در تیمارهای آزمایشی و شاهد طی زمان نگهداری تفاوت معنی‌دار نشان ندادند ($P>۰/۰۵$). همچنین اسیدهای چرب آزاد طی زمان نگهداری افزایش یافتند و در خاویار بسته‌بندی شده در محفظه‌های فلزی آلومینیومی به حداکثر میزان ۳/۱۷ درصد (بر حسب اسیداولئیک) رسیدند (جدول ۱).

مقادیر اسیدهای چرب آزاد در تیمار بسته‌بندی شده در محفظه‌های فلزی از نوع آلومینیومی بر خلاف سایر تیمارهای آزمایشی و شاهد در پایان زمان نگهداری در حد قابل‌پذیرش نبود. مقدار اسیدهای چرب آزاد در نمونه‌های بسته‌بندی شده در محفظه‌های چندلایه با پوشش آلومینیوم (۲/۱۳ درصد اسید اولئیک) در مقایسه با سایر نمونه‌ها کمتر بود. تفاوت در مقادیر اسیدهای چرب آزاد بین تیمارهای آزمایشی و شاهد از تفاوت در جنس بسته‌بندی ناشی می‌شود. به‌طور طبیعی مقادیری اسید چرب آزاد در چربی غذاهای دریایی وجود دارند که ناشی از اکسیداسیون آن‌ها است و هیدرولیز اسیدهای چرب آزاد از عمل آنزیم‌های لیپولیتیک هنگام نگهداری در سردخانه اتفاق می‌افتد (۲۷). همچنین آنزیم لیپاز بافت، آنزیم لیپولیتیک ترشح شده از باکتری‌های *استافیلوکوکوس* و آنزیم‌هایی که از باکتری‌های مرده و تجزیه شده آزاد می‌شوند قادر به فعالیت در فعالیت آبی پائین بوده و می‌توانند طی فرآیند لیپولیز سبب هیدرولیز چربی‌ها و تولید اسیدهای چرب غیر اشباع شوند (۲۷). در مورد اندازه‌گیری تغییرات اسیدهای چرب آزاد در خاویار تحقیق منتشر شده‌ای یافت نشد.

عدد پراکسید: پراکسید به‌عنوان محصول اولیه اکسیداسیون چربی بر ویژگی‌های حسی تأثیرگذار نیست، اما چنانچه مقدار آن از حد مجاز فراتر رود می‌تواند منجر به فساد فرآورده شود؛ از این رو اندازه‌گیری آن در فرآورده‌های غذایی حائز اهمیت است. حد قابل پذیرش عدد پراکسید در فرآورده‌های غذایی ۱۰ میلی‌اکی والان گرم بر کیلوگرم روغن تعیین شده است (۲)، که در مطالعه حاضر بیشترین مقدار عدد پراکسید (۲/۳٤ میلی‌اکی‌والان گرم بر کیلوگرم روغن) به خاویار بسته‌بندی شده در محفظه فلزی از نوع آلومینیومی تعلق داشت و در تیمارهای آزمایشی و شاهد مطابق با استاندارد بود. در پایان زمان نگهداری کمترین تغییرات عدد پراکسید (۰/۷٦ میلی‌اکی‌والان گرم بر کیلوگرم روغن) به خاویار بسته‌بندی شده در محفظه‌های لوله‌ای چندلایه با پوشش آلومینیوم مرتبط بود (جدول ۱). تغییر عدد پراکسید در تیمارها را می‌توان به تأثیر روش بسته‌بندی ارتباط داد. اسیدهای چرب آزاد طبیعی و انواع حاصل از فعالیت آنزیم‌های لیپولیتیک نسبت به اکسیداسیون حساس‌تر بوده و از این رو عاملی برای افزایش عدد پراکسید طی زمان نگهداری به‌شمار می‌روند. با توجه به هواگیری نمونه‌ها و شرایط عدم حضور اکسیژن پیشرفت اکسیداسیون چربی و تولید پراکسید کند بود. هیدروپراکسیدها محصولات اولیه اکسیداسیون چربی هستند که به مرور زمان به محصولات ثانویه اکسیداسیون شکسته می‌شوند (۲۷). کاهش عدد پراکسید از ماه دوم نگهداری شروع شد و تا پایان زمان نگهداری ادامه یافت (جدول ۱). در مورد اندازه‌گیری تغییرات عدد پراکسید در خاویار تا کنون گزارشی منتشر نشده است.

مجموع بازهای نیتروژنی فرار: ترکیبات فرار نظیر آمونیاک، متیل‌آمین، دی‌متیل آمین، تری‌متیل آمین و... بیانگر مجموع بازهای نیتروژنی فرار هستند. این ترکیبات نشانگر فعالیت متابولیکی باکتری‌ها می‌باشند و برای بررسی کیفیت گوشت ماهی مورد استفاده قرار می‌گیرند. حد قابل پذیرش مجموع بازهای نیتروژنی فرار در فرآورده‌های غذایی ۲۰ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم گوشت تعیین شده است (۲۱). بر اساس نتایج تغییرات TVB-N در خاویار بسته‌بندی شده در محفظه‌های فلزی از نوع آلومینیوم بیش‌تر از سایر نمونه‌ها بود؛ درحالی‌که در نمونه‌های بسته‌بندی شده در محفظه‌های لوله‌ای با پوشش آلومینیوم کمتر از سایر نمونه‌ها تعیین شد (جدول ۱). مجموع بازهای نیتروژنی فرار در خاویارهای آزمایشی و شاهد تفاوت معنی‌دار نشان ندادند ($P>0/05$).

جدول ۱ – تغییرات عوامل شیمیایی در خاویار فشرده بسته‌بندی شده در محفظه‌های لوله‌ای چندلایه **و شاهد طی نگهداری در ۳ – درجه سانتی‌گراد**

Table 1 - Changes of chemical factors in pressed caviar packed in laminated tubes and control during storage at -3 °C

مجموع بازهای نیتروژنی فرار /TVB-N (mg (100g)$^{-1}$)				اسید چرب آزاد / Free fatty acids (%)				عدد پراکسید/Peroxide value (meq (k oil^{-1}))				pH				Index/شاخص
4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	تیمار/ زمان‌نگهداری Treatment/ Shelf life
12.45±1.48^{fA}	12.25±1.59^{fA}	12.26±1.67dA	12.84±1.34^{eA}	0.15±0.11^{Ae}	0.14±0.13^{dA}	0.13±0.12^{Ad}	0.15±0.17^{Ad}	0.42±0.18^{Ab}	0.54±0.26^{Ad}	0.36±0.24^{Ad}	0.32±0.17^{Ac}	6.87±1.40^{bA}	6.86±1.59^{bA}	6.91±1/17^{Aa}	6.91±1.12aA	1 (روز/ day)
14.00±1.75^{eA}	15.62±1.73^{eA}	14.00±1.44^{eA}	15.43±1.56^{dA}	0.34±0.15^{eA}	0.36±0.24^{dA}	0.26±0.18^{dA}	0.31±0.11^{Ad}	1.45±0.95^{aA}	1.82±0.94^{Ad}	1.46±0.37^{ab}	1.25±0.18^{a}	6.91±1.23^{bA}	6.90±1.37^{bA}	6.85±1.13^{aA}	6/91±1.15^{aA}	1 (ماه/ month)
16.78±1.12^{dA}	16.84±1.91^{dA}	14.00±1.32^{eA}	16.82±1.39^{eA}	1.22±0.17^{dA}	1.36±0.17^{cA}	1.27±0.15^{Ac}	1.33±0.21^{Ac}	1.67±1.23^{Aa}	2.34^{eA}±1.24d	1.17±0.76a	1.49±0.53^{a}	6.92±1.72^{bA}	6.92±1.51^{bA}	6.85±1.92^{aA}	6.91±1.36^{aA}	2 (ماه/ month)
17.54±1.79^{eA}	17.98±1.35^{eA}	16.82±1.87^{bA}	16.84±1.45^{eA}	1.62±0.14^{cdA}	1.77±0.29^{CA}	1.59±0.21^{bcA}	1.63±0.19^{bcA}	1.54±0.19^{aA}	2.25^{abA}±1.16d	1.65±0.98^{a}	1.39±0.91^{a}	6.95±1.54^{aA}	6.93±1.22^{aA}	6.85±1.87^{aA}	6.95±1.98^{aA}	3 (ماه/ month)
17.54±1.96^{cA}	18.24±1.29^{beA}	16.82±1.94^{bA}	17.24±1.98^{bcA}	1.92±0.16^{bcA}	2.37±0.11^{Ab}	1.92±0.13^{abA}	1.96±0.18^{abA}	1.48±0.96^{abA}	1.89±0.99^{Ab}	1.48±0.97^{ab}	1.13±0.58^{ab}	6.97±1.38^{aA}	6.95±1.75^{aA}	6.86±1.34^{aA}	6.95±1.43^{aA}	4 (ماه/ month)
18.24±1.89^{bA}	18.24±1.73^{bA}	17.00±1.52^{bA}	17.28±1.23^{bA}	2.34±0.26^{bA}	2.89±0.21^{aA}	2.10±0.16^{aA}	2.27±0.11^{aA}	1.42±0.85^{aA}	1.78±1.34^{bA}	1.14±0.89bc	0.95±0.81^{b}	6.98±1.26^{aA}	6.97±1.29^{aA}	6.91±1.76^{aA}	6.97±1.37^{aA}	5 (ماه/ month)
18.26±1.47^{bA}	18.68±1.88^{bA}	17.24±2.11^{abA}	17.68±1.99^{bA}	2.87±0.24^{aA}	3.13±0.21^{aA}	2.12±0.14^{aA}	2.29±0.16^{aA}	1.38±0.39^{aA}	1.56±0.98^{bcA}	0.93±0.69^{cd}	0.84±0.73b	7.00±0.52^{aA}	6.99±1.18^{aA}	6.93±1.85^{aA}	6.98±1.42^{aA}	6 (ماه/ month)
22.48±1.69^{aB}	25.66±1.71^{aC}	17.64±1.40^{aA}	18.69±1.37^{aA}	2.89±0.19^{aA}	3.17± 0.31^{aA}	2.13±0.27^{aA}	2.30±0.26^{aA}	1.29±0.34^{aA}	1.23±0.14^{cA}	0.76±0.65^{d}	0.79±0.88^{b}	7.42±1.45^{aA}	7.39±1.39^{aA}	6.93±1.32^{aA}	6.98±1.27^{aA}	7 (ماه/ month)

حروف یکسان در یک ستون و ردیف نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار است (p>۰/۰۵).

Dissimilar small letters indicate a significant difference at 5% level over time.

حروف کوچک مربوط به ستون و حروف بزرگ به ردیف مربوط است.

Small letters corresponds to columns and large letters to rows.

تیمار ۱: محفظه‌های لوله‌ای چند لایه بدون پوشش آلومینیوم، تیمار ۲: محفظه‌های لوله‌ای چند لایه حاوی پوشش آلومینیوم، تیمار ۳: محفظه‌های لوله‌ای فلزی از نوع آلومینیومی، تیمار ۴: شاهد

Laminated tubes with an aluminum coating (Treatment 1), laminated tubes without coating (Treatment 2), metal tubes of aluminum (Treatment 3) and metal cans made of stainless-steel sheets (Treatment 4 known as control).

در پایان زمان نگهداری، کمترین مقدار بازهای نیتروژنی فرار برای محفظه‌های چندلایه با پوشش آلومینیوم (۱۷/٦٤ میلی‌گرم بر صد گرم گوشت) تعیین شد و در نمونه‌های بسته‌بندی شده در محفظه‌های فلزی آلومینیومی (۲۵/٦٦ میلی‌گرم بر صد گرم گوشت) و نمونه شاهد (۲۲/٤۸ میلی‌گرم بر صد گرم گوشت) شاخص مذکور از حد مجاز بیشتر بودند (جدول ۱). تفاوت نتایج به تغییرات جنس بسته‌بندی و اثرات آن بر ویژگی‌های شیمیایی خاویار مرتبط است. به‌طورکلی، TVB-N به‌دلیل حضور آنزیم‌های پروتئولیتیک و فعالیت آن‌ها طی زمان نگهداری افزایش یافت. سیر افزایشی مشاهده شده در شاخص مذکور در پژوهش حاضر با پژوهش‌های صفری و یوسفیان (۲۰۰٦) پیرامون افزایش مجموع بازهای نیتروژنی فرار در خاویار ماهی خاویاری پارسی هنگام نگهداری در دمای سرد مطابقت دارد (۲٦).

تغییرات pH: به‌طورکلی pH گوشت و تخم ماهی زنده حدود ۷ است. pH بعد از مرگ ماهی با توجه به فصل صید، گونه ماهی و سایر عوامل بین ۷–٦ تغییر می‌کند و pH> ۷ به منزله فساد است (۳۲). در پژوهش حاضر pH تیمارهای ۳ (۷/۳۹) و ٤ (۷/٤۲) در پایان زمان نگهداری بیشتر از مقدار مجاز بودند. pH در نمونه‌های بسته‌بندی شده در محفظه‌های لوله‌ای چندلایه با پوشش آلومینیوم (٦/۹۳) و بدون پوشش (٦/۹۸) در مقایسه با سایر نمونه‌ها از کیفیت بهتری برخوردار بود. تغییرات pH در تیمار ۱ در مقایسه با تیمار ۲ سریع‌تر بود، اما در پایان زمان نگهداری میزان تقریباً یکسانی را در هر دو تیمار نشان داد. علاوه بر تولید بازهای فرار، با گذشت زمان در اثر تجزیه محصولات اولیه اکسیداسیون و تولید ترکیباتی مثل آلدئیدها pH نمونه‌ها افزایش یافت (جدول ۱). وجود تفاوت نسبی بین تیمارهای آزمایشی و شاهد را می‌توان به جنس قوطی و محفظه چند لایه و اثرات آن بر ویژگی‌های فیزیکی ارتباط داد. pH نمونه‌های خاویار ماهی خاویاری سیبری در ارزیابی اوکلر و همکاران (۲۰۱۵) کمتر از مقادیر گزارش شده در پژوهش حاضر و معادل ۵/۷ بود که می‌تواند به کاربرد ترکیبات دیگری غیر از نمک و بوراکس برای عمل‌آوری خاویار مرتبط باشد (۲۰).

ارزیابی ویژگی‌های میکروبی: بسیاری از باکتری‌های شناسایی شده در خاویار با فلور طبیعی ماهی مرتبط هستند، در غلظت زیاد نمک باقی‌مانده و منجر به بروز خطرات بالقوه برای سلامتی انسان شوند. باکتری‌های مزوفیل هوازی به‌عنوان شاخص زیستی برای بررسی شرایط بهداشتی تولید و عمل‌آوری به کار می‌روند؛ بطوریکه تعداد زیاد این شاخص معمولاً با آلودگی مواد اولیه و دمای نامناسب در هنگام فرآوری یا نگهداری مرتبط است (۲۰). از این رو در پژوهش حاضر این شاخص برای بررسی کیفیت خاویار بسته‌بندی شده در شرایط متفاوت به کار رفت. حد قابل پذیرش برای شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در پژوهش حاضر در حد مجاز (حداکثر ۷ log CFU/g) بود (۱۳). بر اساس ICMSF در سال ۲۰۰۵، ۳ log CFU/g به‌عنوان حداکثر مقدار مجاز برای باکتری‌های *استافیلوکوکوس* تعیین شد (۱۳)؛ از این رو تعداد باکتری‌های *استافیلوکوکوس* در تیمارهای آزمایشی و شاهد در حد قابل پذیرش بود. بر اساس جدول ۲ باکتری‌های *کلی‌فرم*، *اشریشیاکلی*، *کلستریدیوم* و *سودوموناس* و کپک و مخمر در تیمارهای آزمایشی و شاهد مشاهده نشدند. طی زمان نگهداری کاهش معنی‌دار در تعداد کلی باکتری‌ها و باکتری‌های *استافیلوکوکوس* مشاهده شد (P<۰/۰۵). این عوامل در تیمارهای آزمایشی و شاهد تفاوت معنی‌دار نشان ندادند (P>۰/۰۵). ویژگی میکروبی در نمونه‌های محفظه‌های چندلایه در مقایسه با سایر نمونه‌ها بهتر ارزیابی شد، اما در خاویار بسته‌بندی

شده در قوطی فلزی در مقایسه با سایر نمونه‌ها بالاتر بود. بر اساس نتایج تعداد این باکتری‌ها در محصول تقریباً بالا است که با توجه به این که خاویار فشرده به‌طور طبیعی بار میکروبی نسبتاً بالایی را به خود اختصاص می‌دهد، قابل توجیه است. از آنجا که باکتری *استافیلوکوکوس* در نمک ۲۰ درصد توانایی رشد و فعالیت دارد (۱)، نمک خاویار برای رشد این باکتری مناسب بوده و همچنین با در نظر گرفتن توانایی نسبی *استافیلوکوکوس* برای رشد در دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد قابل توجیه است. باکتری استافیلوکوکوس از باکتری‌های فلور طبیعی دست بوده و با در نظر گرفتن این که فرآوری خاویار به صورت مکانیکی انجام می‌شود، توانست به محصول راه یابد. همچنین ابزارآلات مورد استفاده برای عمل‌آوری نیز به‌منزله روشی برای راه‌یابی *استافیلوکوکوس* و سایر باکتری‌ها به فرآورده مطرح هستند. شاین و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی ویژگی‌های میکروبی خاویار ماهی خاویاری سفید (*Acipenser transmontanus*) یافتند که اختلاف معنی‌داری در ثبات ذخیره میکروبی خاویارهای مختلفی که در ۳ درجه سانتی‌گراد ذخیره شده‌اند وجود ندارد. تفاوت در روش‌های صید، شرایط و ابزارآلات مورد استفاده برای عمل‌آوری، وضعیت میکروبی ماهی و روش انتقال منجر به تفاوت بین خاویارها و ثبات ویژگی‌های میکروبی هنگام نگهداری شد (۲۸). عدم تطابق افزایش تعداد میکروارگانیسم‌ها طی زمان نگهداری با نتایج مطالعه حاضر می‌تواند به تفاوت در دمای نگهداری مرتبط باشد. اوکلر و همکاران (۲۰۱۵) تعداد کل باکتری‌های هوازی در نمونه‌های خاویار عرضه شده در خرده فروشی‌ها ۶–۲ log CFU/g تعیین کردند که به‌دلیل تفاوت در شرایط نگهداری و انتقال خاویار در مقایسه با مطالعه حاضر بیشتر بود (۲۰).

جدول ۲- میانگین شمارش باکتری‌ها در خاویار فشرده بسته‌بندی شده در محفظه‌های لوله‌ای چند لایه **و شاهد طی زمان نگهداری در ۳- درجه سانتی‌گراد**

Table 2- Average bacterial counts in pressed caviar packed in laminated tubes and control during storage at -3 °C

باکتری‌های استافیلوکوکوس Staphylococcus bacteria (log CFU g^{-1})				تعداد کلی باکتری‌ها Total bacterial counts (log CFU g^{-1})				شاخص/ Index
4	3	2	1	4	3	2	1	تیمار/ زمان ماندگاری Treatment/Shelf life
2.23 ± 0.54^{Aa}	2.12 ± 0.59^{Aa}	2.13 ± 0.45^{Aa}	2.17 ± 0.52^{Aa}	3.12 ± 0.17^{Aa}	3.15±0.21aA	2.96 ± 0.45^{Aa}	3.11 ± 0.23^{Aa}	1(روز/ day)
1.66 ± 0.55^{bA}	1.57 ± 0.59^{bA}	1.49 ± 0.48^{bA}	1.56 ± 0.32^{bA}	2.98 ± 0.28^{aA}	2.94 ± 0.47^{aA}	2.75 ± 0.16^{aA}	2.79 ± 0.24^{abA}	1(ماه/ month)
1.48 ± 0.29^{bA}	1.45 ± 0.39^{bA}	1.27 ± 0.21^{bA}	1.39 ± 0.15^{bA}	2.91 ± 0.49^{aA}	2.75 ± 0.39^{aA}	2.69 ± 0.13^{aA}	2.71 ± 0.31^{bA}	2 (ماه/ month)
$1/26\pm0.34^{bA}$	1.33 ± 0.22^{bA}	1.11 ± 0.14^{bA}	1.14 ± 0.12^{bA}	2.70 ± 0.51^{abA}	2.64 ± 0.31^{abA}	2.45 ± 0.26^{abA}	2.68 ± 0.27^{bA}	3(ماه/ month)
-	-	-	-	2.59 ± 0.29^{bA}	2.48 ± 0.24^{bA}	2.31 ± 0.19^{bA}	2.47 ± 0.19^{bcA}	4 (ماه/ month)
-	-		-	2.43 ± 0.56^{bA}	2.39 ± 0.13^{bA}	2.19 ± 0.53^{bA}	2.36 ± 0.37^{cA}	5(ماه/ month)
-	-	-	-	2.26 ± 0.16^{bA}	2.24 ± 0.47^{bA}	2.06 ± 0.44^{bcA}	2.33 ± 0.41^{cA}	6(ماه/ month)
-	-	-	-	2.19 ± 0.53^{a}	2.18 ± 0.15^{a}	1.85 ± 0.18^{cA}	2.08 ± 0.28^{cA}	7 (ماه/ month)

حروف یکسان در یک ستون و ردیف نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار است (p>۰/۰۵).

Dissimilar small letters indicate a significant difference at 5% level over time.

حروف کوچک مربوط به ستون و حروف بزرگ به ردیف مربوط است.

Small letters corresponds to columns and large letters to rows.

ارزیابی حسی: همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، ویژگی‌های حسی شامل طعم، مزه و پذیرش کلی در خاویار بسته‌بندی شده در محفظه‌های چندلایه دارای پوشش آلومینیوم و همچنین بدون پوشش طی زمان نگهداری در سردخانه تفاوت معنی‌دار نشان ندادند (P>۰/۰۵). در پایان زمان نگهداری طعم و مزه در تیمار ۳ در مقایسه با سایر تیمارها کاهش یافت. همچنین پذیرش کلی در تیمارهای ۳ و ٤ کاهش نشان داد. تغییر طعم و مزه تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد. با توجه به این که اسیدهای چرب آزاد از عوامل موثر بر طعم و مزه هستند (۲۳) و با در نظر گرفتن افزایش اسیدهای چرب آزاد خاویار بسته‌بندی شده در محفظه‌های فلزی از نوع آلومینیومی در پایان زمان نگهداری، این تیمار از طعم مطلوبی برخوردار نبود (جدول ۱). در این خصوص تأثیر جنس بسته‌بندی بر طعم و مزه را نیز نمی‌توان نادیده گرفت.

بر اساس جدول ۳ ویژگی‌های حسی شامل رنگ، بو و بافت در خاویار بسته‌بندی شده در محفظه‌های لوله‌ای چندلایه با و بدون پوشش آلومینیوم طی زمان نگهداری در سردخانه تفاوت معنی‌دار نشان ندادند (P>۰/۰۵). شرایط فیزیکی محفظه‌های لوله‌ای بعد از پر شدن نشان داد که محفظه‌های لوله‌ای از انعطاف‌پذیری بسیار مطلوب و مقاومت در برابر ضربه برخوردار بودند. همچنین شکل اولیه خود را به‌خوبی حفظ کرده و هیچ گونه آثار ظاهری نامطلوب مانند خراشیدگی، رنگ‌پریدگی ظاهری، جدا شدن غیرطبیعی درب‌ها، باز شدن قسمت‌های جوش خورده و نشت ظاهری در زمان ماندگاری مشاهده نشد. بر اساس جدول ۳، کیفیت بافت خاویار بسته‌بندی شده در قوطی فلزی به مرور زمان کاهش یافت؛ به‌طوری‌که سه ماه بعد از نگهداری قوام بافت در این تیمار از بین رفت (٦). قوام خاویار در محفظه‌های لوله‌ای چندلایه دارای پوشش آلومینیوم تا پایان زمان نگهداری به خوبی حفظ شد. در محفظه‌های لوله‌ای بدون پوشش آلومینیوم با گذشت زمان نگهداری از قوام خاویار کاسته شده و کیفیت حسی آن نیز در حد متوسط ارزیابی شد.

رنگ یکی از پارامترهای حائز اهمیت برای بررسی کیفیت خاویار به‌شمار می‌رود (۵). رنگ در تیمارهای آزمایشی به استثنای تیمار بسته‌بندی شده در محفظه‌های فلزی از نوع آلومینیومی و شاهد تا پایان زمان نگهداری کیفیت مناسبی را نشان دادند (جدول ۳). کاهش کیفیت رنگ در تیمار بسته‌بندی شده در محفظه‌های فلزی از نوع آلومینیومی ممکن است به‌دلیل جنس محفظه و اثرات آن بر ویژگی‌های حسی باشد.

در پژوهش حاضر کاهش ویژگی حسی بو در تیمارهای آزمایشی به استثنای تیمار بسته‌بندی شده در محفظه‌های فلزی از نوع آلومینیومی و شاهد ایجاد نشد (جدول ۳). در مورد شاخص بو، شرایط عمل‌آوری و نگهداری متفاوت نبوده و تنها جنس قوطی و محقظه به‌عنوان عامل موثر بر تغییر ویژگی حسی بو تعیین شد (۷، ٦).

وجود باکتری‌های سرمادوست از عوامل تولید ایجاد اسلایم و دگرگونی در ظاهر فرآورده است. با توجه به عدم رشد این باکتری‌ها در نتایج پژوهش حاضر، تغییری در ظاهر فرآورده ایجاد نشد و از این لحاظ تیمارهای آزمایشی و شاهد در حد قابل پذیرش بودند. با توجه به جدول ۳، ویژگی‌های حسی و پذیرش‌کلی در نمونه‌های بسته‌بندی شده در محفظه‌های لوله‌ای چند لایه با پوشش آلومینیوم در مقایسه با سایر نمونه‌ها بهتر ارزیابی شد. در مورد بررسی ویژگی‌های حسی در خاویار تحقیق منتشر شده‌ای یافت نشد.

جدول ۳- میانگین تغییرات ویژگی‌های حسی در خاویار فشرده بسته‌بندی شده در محفظه‌های لوله‌ای چند لایه **و شاهد طی زمان نگهداری در ۳ – درجه سانتی‌گراد**

Table 3- Average changes of sensory properties in pressed caviar packed in laminated tubs and control during storage at -3 °C

Index/شاخص	بافت(Texture)				بو(Odor)				رنگ(Color)				طعم و مزه (Taste)				پذیرش کلی (Overall acceptance)			
تیمار / زمان نگهداری Treatment/ Shelf life	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1(روز/ day)	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	/
1(ماه/ month)	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	4.14±0.00^{bA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}
2 (ماه/ month)	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	3.64±0.00^{cA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	4.92±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	4.86±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}
3(ماه/ month)	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	3.15±0.00^{bA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	3.76±0.00^{bA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	3.52±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	3.53±0.00^{bA}	5.00±0.00^{aA}
4 (ماه/ month)	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	2.46±0.00^{cB}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	3.45±0.00bA	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	3.54±0.00^{bA}	5.00±0.00^{aA}	4.89±0.00^{aA}	5.00±0.00^{aA}	2.51±0.00^{dB}	4.93±0.00^{aA}	4.78±0.00^{aA}	4.85±0.00^{aA}	2.39±0.00^{bB}	4.75±0.00^{aA}
5(ماه/ month)	4.94±0.00^{aA}	4.98±0.00^{aA}	2.34±0.00^{cB}	4.87±0.00^{aA}	4.93±0.00^{aA}	4.97±0.00^{aA}	3.42±0.00^{bA}	4.89±0.00^{aA}	4.95±0.00^{aA}	4.97±0.00^{aA}	3.42±0.00^{bcA}	4.85±0.00^{aA}	4.85±0.00^{aA}	4.91±0.00^{aA}	2.42±0.00^{dB}	4.74±0.00^{aA}	4.71±0.00^{aA}	4.79±0.00^{aA}	2.27±0.00^{cB}	4.69±0.00^{aA}
6(ماه/ month)	4.83±0.00^{aA}	4.86±0.00^{aA}	2.00±0.00^{cB}	4.71±0.00^{abA}	4.84±0.00^{aA}	4.88±0.00^{aA}	3.35±0.00^{bA}	4.81±0.00^{aA}	4.95±0.00^{aA}	4.96±0.00^{aA}	3.14±0.00^{cA}	4.67±0.00^{aA}	4.78±0.00^{aA}	4.88±0.00 ^{dB}	2.38±0.00 ^{dB}	4.62±0.00^{abA}	4.67±0.00^{aA}	4.76±0.00^{aA}	2.25±0.00^{cB}	4.61±0.00^{aA}
7 (ماه/ month)	4.79±0.00^{aA}	4.82±0.00^{aA}	2.00±0.00^{dB}	4.49±0.00^{bA}	4.69±0.00^{aA}	4.75±0.00^{aA}	1.51±0.00^{cB}	4.65±0.00^{aA}	4.86±0.00^{aA}	4.91±0.00^{aA}	1.52±0.00^{dB}	4.52±0.00^{bA}	4.65±0.00^{aA}	4.76±0.00^{aA}	1.39±0.00^{eB}	4.52±0.00^{bA}	4.54±0.00 ^{aA}	4.70±0.00^{aA}	1.14±0.00^{dB}	1.47±0.00^{bB}

حروف یکسان در یک ستون و ردیف نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار است (p>۰/۰۵).
حروف کوچک مربوط به ستون و حروف بزرگ به ردیف مربوط است.

Dissimilar small letters indicate a significant difference at 5% level over time.
.Small letters corresponds to columns and large letters to rows

ارزش غذایی و جذب نمک: خاویار دارای پروتئین، چربی و خاکستر می‌باشد که وجود آن‌ها در برنامه غذایی انسان اهمیت قابل توجهی دارد. ارزیابی ارزش غذایی، رطوبت و جذب نمک در تیمارهای آزمایشی و شاهد تفاوت معنی‌دار نشان ندادند (P>۰/۰۵). مقادیر پروتئین (۱/٤٥±۲۹/۸۰ درصد)، چربی (۱/۳۱±۱۸ درصد) و خاکستر (۱/۱۹±۳/۲٤ درصد) در ۳ تیمار آزمایشی و شاهد یکسان بودند. مقادیر رطوبت در هر ۳ تیمار آزمایشی ۱/٦۸±٤۸/۹٦ و شاهد ۱/٤۳±٤۷/٦٦ درصد بود. جذب نمک در ۳ تیمار آزمایشی ۱/۲۲±٦/۷٦ و شاهد ۱/۷٤±۷/۷٥ درصد بود. پارک و همکاران (۲۰۱٥) مقادیر رطوبت، پروتئین و چربی را در خاویار استورژن پرورشی (*Acipenser ruthenus*) ۵۱/۳۲، ۲۵/٤۳ و ۱۳/۲۱ درصد تعیین کردند که با نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر تفاوت داشت (۲٤). لاپز و همکاران (۲۰۲۰) مقدار پروتئین را در خاویار ۲٤/۷–۲۳/۹، چربی را ۱۹/۱–۱٤/۹ و خاکستر را ۳/۹–۳/٥ درصد گزارش کردند (۱۸). توکلی و همکاران (۲۰۲۱) مقادیر پروتئین، چربی و خاکستر را به‌ترتیب ۲٤، ۱٤/٦ و ٤/۸ درصد گزارش کردند (۳۰) که در مقایسه با نتایج مطالعه حاضر کاهش نشان می‌دهد. اختلاف نتایج به تفاوت در زیستگاه ماهی می‌تواند مرتبط باشد. با درنظر گرفتن این موضوع که خاویار فشرده برای بسته‌بندی در محفظه‌های چند لایه باید رطوبت بیشتری در مقایسه با خاویار فشرده در قوطی‌های فلزی داشته باشد، در پژوهش حاضر از نمک کمتر برای عمل‌آوری استفاده شد و کاهش جذب نمک در تیمارهای آزمایشی مورد توجه قرار گرفت. درصد بالاتر رطوبت در خاویار (۵۷/۳ – ۵۲/۷ درصد) در پژوهش لاپز و همکاران (۲۰۲۰) در مقایسه با نتایج مطالعه حاضر ممکن است به‌دلیل تفاوت در گونه خاویار و جذب نمک باشد. توکلی و همکاران (۲۰۲۱) رطوبت را در خاویار آسترا ۵۲ درصد گزارش کردند (۳۰)، که از نتایج مطالعه حاضر پایین‌تر است و می‌تواند به‌دلیل استفاده از درصد نمک متفاوت برای عمل‌آوری خاویار باشد. میزان جذب نمک در خاویار فشرده ٦/۷٦ درصد بود که می‌تواند به‌منزله عامل طعم دهنده به حساب آید. اولکر و همکاران (۲۰۱٥) جذب نمک را در نمونه‌های خاویار استورژن سیبری ٤/۱ درصد ارزیابی کردند که در مقایسه با نتایج مطالعه حاضر کمتر بود و عدم مطابقت به‌دلیل کاربرد نمک کمتر برای عمل‌آوری و نوع خاویار بود (۲۰).

نتیجه‌گیری

تیمارهای آزمایشی و شاهد تا پایان زمان نگهداری در سردخانه از ویژگی‌های میکروبی و شیمیایی مطلوبی برخوردار بودند. ویژگی‌های کیفی، میکروبی، شیمیایی و حسی تفاوت معنی‌داری در تیمارهای آزمایشی و شاهد نشان ندادند. در پژوهش حاضر، ویژگی‌های حسی برای تعیین تیمار منتخب در اولویت قرار داشت و از آن‌جاکه خاویار بسته‌بندی شده در محفظه‌های لوله‌ای چندلایه حاوی پوشش آلومینیوم در مقایسه با سایر تیمارها از کیفیت بهتری برخوردار بود؛ لذا بسته‌بندی خاویار فشرده در محفظه‌های لوله‌ای چندلایه حاوی پوشش آلومینیوم پیشنهاد شد.

References

1. Adams, M., and Moss, M. 2007. Food Microbiology edition 3. Royal Society of Chemistry, London, pp: 234-237.
2. Ali, M., Imran, M., Nadeem, M., Khan, M.K., Sohaib, M., Suleria, H.A., and Bashir, R. 2019. Oxidative stability and Sensoric acceptability of functional

fish meat product supplemented with plant_based polyphenolic optimal extracts. Lipids Health Disease. 18: 1. 35-49.
3. Association of Official Analytical Chemists International. 2005. Official Methods of Analysis Manual, 18thed. AOAC, Washington DC.
4. Bari, L. and Yamazaki, K. 2019. Seafood Safety and Quality1st Edition. CRC Press, Boca Raton, pp: 159-175.
5. Berimani, Sh., Hedayati Fard, M., Motamedzadegan, A. and Bozorgnia, A. 1400. Evaluation of changes in the commercial characteristics of Beluga caviar of the Caspian Sea under freshwater farming: mineral micronutrients, color and genetic structure. Iranian J of Fisheries. 30: 1. 13-23.
6. Boziaris, I.S. 2014. Seafood Processing Technology, Quality and Safety. John Wiley & Sons, Volos, pp: 245-267.
7. Çelik, U., Altinelataman, C., Dincer, T. and Acarli, D. 2012. Comparison of Fresh and Dried Flathead Grey Mullet (*Mugil cephalus*, Linnaeus 1758) Caviar by Means of Proximate Composition and Quality Changes during Refrigerated Storage at 4 +/- 2 degrees C. Turkish J. of Fisheries and Aquatic Sciences. 12: 1. 1-5.
8. Choi, Y.J., and Im, J.S. 2015. General and biochemical composition of caviar from Sturgeon (*Acipenser ruthenus*) farmed in Korea. International Food Research J. 22: 2. 777-781.
9. Esteves, I.Y.G.E. and Diler, A. 2016. Handbook of seafood quality and safety maintenance and applications. Nova Publishers, New York, pp: 223-245.
10. Feldsine, F., Abeyta, C., and Andrews, W.H. 2002. AOAC international methods committee guidelines for validation of qualitative and quantitative food microbiological official methods of analysis. AOAC International J. 85: 5. 1188-1200.
11. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1986. Food and nutrition paper manuals of food quality control food analysis: Quality, adulteration, and tests of identity. Food and Agriculture Organization. FAO, Rome.
12. Gilbert, S.W. 2013. Applying the hedonic method (Technical Note 1811). Natural Institute Standard Technology, Washington DC.
13. International Commission on Microbiolo gical Specifications for Foods (ICMSF). 2005. Microorganisms in Foods 6. Springer, Berlin.
14. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2003. Method of identification of *Pseudomonas aeruginosa* in food. No. 3140. (In Persian)
15. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2020. Measurement of pH in meat and meat products - reference test method. No. 1028. (In Persian)
16. Johannesson, J. 2006. Lumpfish caviar– from vessel to consumer, FAO Fisheries Technical Paper. No. 485. FAO, Rome.
17. Kraemer, E.O., and Stamm, A.J. 1924. Mohr's Method for the Determination of Silver and Halogens in other than Neutral Solutions. J. American Chemistry Society. 46: 4. 2707- 2709.
18. Lopez, A., Vasconi, M., Bellagamba, F., Mentasti, T., and Moretti, V.M. 2020. Sturgeon meat and Caviar quality from different cultured species. Fishes. 5: 1. 1-17.
19. Mirresoli, A., Ghorbani, R., Gorgin, S., Jalali, A., and Aghili Nejad, M. 1399. Identification of factors affecting the reduction of sturgeon stocks on the southern shores of the Caspian Sea based on a survey of fishermen using structural equations. Smart Pls. Iranian Scientific J of Fisheries. 29: 1. 89-98
20. Oeleker, K., Alter, T., Kleer, J., Pund, R. P., Gölz, G., Hildebrandt, G., and Huehn, S. 2015. Microbiological and chemical investigation of caviar at retail. J. für Verbraucherschutz and Lebensmittelsicherheit. 10: 4. 35–37.
21. Ozden, O., and Erkan, N. 2007. Quality assessment of whole and gutted sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice. International J Food Science Technology. 43: 3. 1507-1727.
22. Özoğul, Y. 2020. Innovative Technologies in Seafood Processing. CRC Press, Boca Raton, pp: 300-323.
23. Ozyurt, G.B., Şimşek, A., Etyemez, M., and Polat, A. 2012. Fatty Acid

Composition and Oxidative Stability of Fish Oil Products in Turkish Retail Market. J. Aquatic Food Product Technology. 22: 2. 1-10.

24. Park, P., Kang, K.H., Bae, E.Y., and Im, J.S. 2015. General and biochemical composition of caviar from Sturgeon (*Acipenser ruthenus*) farmed in Korea. International Food Research J. 22: 2. 777-781
25. Planning and Budget Office. 2019. Statistical Yearbook of Iranian Fisheries (2013-2018). Iranian Fisheries Organization, Tehran. (In Persian)
26. Safari, R., and Yosefian, M. 2006. Changes in TVN and psychotropic bacteria in Persian sturgeon Caviar during processing and cold storage. J. Applied Ichthyology. 22: 1. 416-418.
27. Seifzadeh, M. 2013. Effects of whey protein edible coating on bacterial, chemical and sensory characteristics of frozen common Kilka. Iranian J Fisheries Science. 13: 2. 477- 491.
28. Shin, J.H., Oliveira, A.C.M., and Rasco, B.A. 2010. Quality attributes and microbial storage stability of Caviar from cultivated White Sturgeon. J. Food Science. 75: 1. C43-C48.
29. Solomon, H.M., and Lilly, T. 2001. *Clostridium botulinum*. FDA, Washington DC.
30. Tavakolia, S., Luoa, Y., Regensteinb, J. M., Daneshvarc, E., Bhatnagarc, A., Tana, Y., and Honga, H. 2021. Sturgeon, Caviar, and Caviar Substitutes: From Production, Gastronomy, Nutrition, and Quality Change to Trade and Commercial Mimicry. Reviews Fisheries Science and aquaculture. 2021: 2. 1–18.
31. Tournas, V., Stack, M.E., Mislivec, P.B., Koch, H.A., and Rbandler, R. 2001. Yeasts, Molds and Mycotoxin, FDA, Washington DC.
32. Vasconi, M., Tirloni, E., Stella, S., Coppola, C., Lopez, A., Bellagamba, F., Bernardi, C. and Moretti, V.M. 2020. Comparison of chemical composition and safety issues in fish roe products: Application of chemometrics to chemical data. Foods, 9(5), p.540.
33. Zareh Gashti, Gh. 2003. Evaluation of the quality of compressed caviar in the new packaging (tube). National Fisheries Science Research Institute, Tehran. (In Persian)