|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **تغییرات کیفیت و عمر ماندگاری فیله ماهی شیر (*Scomberomorus commerson* Lacepede, 1800) منجمد شده به روش کند و سریع** | | | | | | |
|  |  | |  |  |  |  |
| **امین اوجی فرد1،2\*** | | | | | | |
| **1- گروه شيلات، دانشكده کشاورزی و منابع طبيعي، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران** | | | | | | |
| **2- گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران** | | | | | | |
| نوع مقـاله |  | چکـــیده | | | | |
| مقاله پژوهشی اصيل |  | تمرکز اصلی در این تحقیق مقایسه و ارزیابی تغییرات کیفی و تعیین عمر ماندگاری فیله‌های ماهی شیر منجمد شده با دوروش انجماد کند و سریع بود. فیله‌های ماهی شیر بوسیله روش‌های انجماد کند و سریع منجمد شدند و به مدت 180 روز در دمای منفی 18 درجه سانتیگراد نگهداری شدند. سپس آنالیز تقریبی، آزمون‌های شیمیایی (تیوباربیتوریک اسید، بازهای ازته فرار)، آبچک، پروفیل اسیدهای چرب و آنالیز حسی نمونه‌ها سنجش شد. بطور کلی میزان خاکستر، تیوباربیتوریک اسید، بازهای ازته فرار، آبچک و اسیدهای چرب اشباع با افزایش دوره نگهداری افزایشیافت درحالی که میزان رطوبت، پروتئین، چربی، اسیدهای چرب چند غیر اشباع و اسیدهای چرب تک غیراشباع به طور معنی‌داری کاهش یافت (P<0.05). مشخص شد که میزان بازهای ازته فرار، تیوباربیتوریک اسید و آبچک در انجماد کند در مقایسه با انجماد سریع بیشتر است. میزان اسیدهای چرب چند غیر اشباع (71/19)، اسیدهای چرب تک غیراشباع (40/23) و امگا3 (69/14) نمونههای انجماد سریع نسبت به نمونه‌های انجماد کند (به ترتیب 99/16، 64/22 و 34/12 درصد) بیشتر بود. از نظر آنالیز حسی هر دو نمونه قابل پذیرش بودند اما انجماد سریع کیفیت بهتری نسبت به انجماد کند داشت. انجماد سریع بطور کلی تاثیر مثبت بیشتری بر پارامترهای کیفی نسبت به انجماد کند داشت. | | | | |
|  |  |
| تاریخ دریافت: 20/5/1399 |  |
| تاریخ پذیرش: 2/9/1399 |  |
| تاریخ چاپ الکترونیکی:  28/9/1399  \*نویسندهمسول: |  |
|  |  | کــلید واژه‌ها:انجماد، ماهی شیر، آنالیز حسی، آزمون شیمیایی، اسید چرب | | | | |

**مقدمه**

دمای پایین نگهداری بهترین روش برای حفظ کیفیت و تازگی ماهی و فرآورده­های آن در مدت زمان طولانی می­باشد. نگهداری سرد یعنی نگهداری ماهی در شرایط غیر انجمادی دارای ماندگاری محدود بوده که بسته به شرایط و گونه ماهی بین 4 تا 20 روز متغیر می­باشد. در نگهداری به صورت منجمد ماندگاری محدود به چند هفته تا چند سال می­شود. فاکتورهای مختلفی که بر نگهداری در زمان انجماد تاثیر می­گذارند شامل شرایط ماهی در زمان صید، جابجایی، فرآوری، بسته­بندی و یخ­پوشی، دمای نگهداری در سردخانه و نیز روش انجماد می­باشد. از روش‎های مختلف انجماد می­توان به انجماد کند و سریع اشاره کرد. در انجماد کند فرآورده در دمای پایین قرار داده شده و معمولاً در هوای ساکن به آرامی منجمد می‎شوند. انجماد سریع توسط یک یا ترکیبی از چهار روش انجماد غوطه­وری، انجماد تماسی غیر­مستقیم، انجماد در هوای متحرک و انجماد کرایوژنیک صورت می­پذیرد [1]. بکار بردن واژه سریع و کند جهت انجماد در واقع به فرآورده غذای دریایی بستگی دارد. هال[2]گزارش داد که انجماد سریع همانطور که در بریتانیا تعریف شده است کاهش دمای ماهی از 32 به 23 درجه فارنهایت طی 2 ساعت می­باشد. او متذکر شد که این دما برای فرآورده­ای مثل اسکامپی (نوعی سخت­پوست) سریع نیست. بطور کلی اصطلاح انجماد سریع و کند برای ماهیان تجاری به این صورت است که به ترتیب طی چندین ساعت و طی چند روز اتفاق می­افتد.

سرعت انجماد بر روی تشکیل و یکنواختی کریستال­های یخ تاثیر می­گذارد. انجماد کند باعث تشکیل کریستال­های درشت یخ در نواحی خارج سلولی فرآورده­های غذایی می­شود. انجماد کند همچنین می­تواند موجب ایجاد نمونه­های سفت­تر شود چراکه کریستال­های درشت­تر یخ تمایل به شکستن ساختار پروتئین دارند.همچنین سرعت کمتر انجماد موجب آسیب­های ساختاری و انحراف نوری بیشتر شده و درنهایت تیرگی سطح گوشت را موجب می­شود[3]. این در حالی است که انجماد سریع موجب تشکیل هسته­های یخ در فضای داخل سلولی می­شود و این کریستال­های یخ، کوچکتر و یکنواخت­تر بوده و درنتیجه باعث ایجاد فرآورده­ای می­شود که از نظر ساختاری پایدارتر است[4]. همچنین انجماد سریع ممکن است ظرفیت نگهداری آب را افزایش دهد بنابراین باعث افزایش کیفیت فرآورده می­شود. در ماهی کاد همبستگی خیلی خوبی بین کیفیت حسی و ظرفیت نگهداری آب مشاهده شد[5].

انتخاب روش مناسب برای انجماد ماهی و میگو می­بایست بر اساس ارزش فرآورده و ملاحظات کیفیت صورت پذیرد. ممکن است مصرف کننده فرآورده با قیمت خرده فروشی کمتر را بدلیل وجود محصولی که با روش فرآوری گرانتر با کیفیت بهتر آماده شده است نپذیرد. از طرف دیگر ممکن است برخی فرآورده­ها که بوسیله روش­های اقتصادی­تر فرآوری شده­اند کیفیتی داشته باشند که تنها قدری پایین­تر از فرآورده­ها­ی فرآوری شده بوسیله روش­های گرانتر باشد. برای ارزیابی مناسب تاثیر روش انجماد بر روی کیفیت محصول، می‌بایست فرآورده را به مانند حالت فروش آن به صورت تجاری ارزیابی کرد. اطلاعات کیفیت به همراه داده­های مربوط به هزینه انجماد تعیین می­کند که کدام روش انجماد برای فرآورده بهترین است.

در تحقیق سان و همکاران [6] که از تکنولوژی اولتراسونیک جهت حفظ کیفیت نمونه­های ماهی کپور معمولی *(Cyprinus carpio)* استفاده کرده بودند مشاهده شد که این تکنیک با کاهش سرعت انجماد موجب تشکیل کریستال­های یخ کوچکتر شده است؛ درنتیجه هدررفت آب در زمان یخ گشایی نیز کمتر شد. در تحقیق لی و همکاران [7] بر روی سه روش یخ گشایی متفاوت فیله­های کپور سرگنده *(Hypophthalmichthys nobilis)* که به دو روش کند و سریع منجمد شده بود مشخص شد که در روش انجماد کند، روش یخ گشایی تاثیری بر ابقا آب و ساختار ماهیچه ندارد و درواقع انجماد کند از قبل تاثیرات منفی را بر نمونه­ها وارد می­کند. در مطالعه تیرونی و همکاران[8] بر روی تغییرات کیفیت ماهی سی باس اروپایی *(Dicentrarchus labrax)* ذخیره شده در سردخانه (1، 3 و 5 ماه) در دو دمای 15- و 25- درجه سانتیگراد با دو روش انجماد تغییر فشار و انجماد در هوای سرد متحرک مشخص شد که اختلاف چندانی در کیفیت ماهی سی باس رخ نمی­دهد. درنتیجه این محققان پیشنهاد کردند که بررسی روش­شناسی برای انجماد و یخ گشایی ماهی بسیار سودمند خواهد بود.

ماهی شیر (*Scomberomorus commerson* Lacepede, 1800) از لذیذ ترین ماهی‌های مصرفی در جنوب کشور و از معروف ترین ماهی‌های مصرفی در رستوران­ها و غذافروشی­های است و جایگاه ویژه­ای در بین مردم جنوب دارد. میانگینصیدماهیشیردرآبهايجنوبكشوردرحدود 20 هزارتنمی­باشد[9]. در ایران پراکنش ماهی شیر از استان خوزستان، استان بوشهر، استان هرمزگان تا نوار شمالی دریای عمان دیده می‌شود[9]. مصرف این ماهی در جنوب کشور بالاست و بدلیل دردسترس بودن فصلی آن، مصرف کنندگان این ماهی را به صورت منجمد برای چند ماه نگهداری می‎کنند. در تحقیق حاضر به دلیل اهمیت این ماهی تاثیر روش انجماد (کند و سریع) روی کیفیت ماهی شیر مورد بررسی قرار گرفت. مشخص کردن روش انجماد برای این ماهی پرمصرف در جنوب کشور می‌تواند در مدیریت نگهداری آن به صورت تجاری سودمند باشد.

**مواد و روش‌ها**

**آماده سازی ماهی**

برای انجام آزمایش تعداد 21 عدد ماهی تازه شیر با وزن متوسط 165±1454 گرمازاسکلهصیادی بندر دیر استان بوشهر تهیه گردید. ماهی‌ها بلافاصله به مرکز عمل‌آوری شیلات بندر دیر انتقال و پس از شستن با آب شیر و جدا کردن سر و تخلیه شکمی و شستشوی مجدد به فیله‌های 200 گرمی تقسیم شدند. ماهی‌ها به سه گروه جهت انجماد کند، انجماد سریع و یک گروه ماهی تازه به عنوان شاهد تفکیک شدند. یک گروه جهت انجماد سریع به تونل انجماد و گروه دیگر مستقیماً به دمای 18- درجه سانتیگراد در سردخانه منتقل شدند. برای تهیه نمونه‌های انجماد سریع از دستگاه انجماد سریع تک به تک (Individual quick freezing; IQF) مدل خطی با سیستم گاز آمونیاک ساخت شرکتCTi کشور دانمارک استفاده شد که با دمای منفی 35 درجه سانتیگراد به مدت 20 دقیقه دمای عمق محصول را به منفی 18 درجه سانتیگراد می‌رساند[2]. نمونه‌هاپسازبرچسب‌زنی به داخل سردخانه 18- سانتیگراد منتقل شدند تا در فواصل زمانی مورد نظر آزمایش شوند. آزمایشات آنالیز تقریبی، بازهای ازته فرار (Total volatile base nitrogen; TVN)، تیوباربیتوریک اسید (Thiobarbituric acid; TBA) و آبچک (Drip loss) با سه تکرار در هر ماه و آنالیز اسیدهای چرب و آزمون حسی تنها در ابتدا و انتهای دوره انجام گردید. کلیه آزمایشات در آزمایشگاه شیلات دانشکده منابع طبیعی کرج انجام پذیرفت.

**آنالیز تقریبی**

میزان رطوبت با استفاده از آون HERAEUS INSTRUMENTS مدل D-63450 Hanau در دماي 105 درجه سانتیگراد به مدت 24 ساعت سنجش شد. خاکستر با سوزاندن نمونه در دماي 550 درجه سانتیگراد به مدت 5 ساعت در داخل کوره اندازه‌گیری گردید. پروتئین کل با استفاده از دستگاه كجلدال اتوماتيك (Kjeltec Analyzer Unit 2300) محاسبه شد. چربی کل نیز با استفاده از دستگاهFOSS(ساخت کشور سوئد، Soxtec 2050) و کلروفرم اندازه‌گیری شد [10].

**اندازه‌گيري مجموع بازهاي نيتروژني فرار (TVN)**

میزان TVN نمونه‌هابهروشتقطیر و تیتراسیون اندازه‌گیری شد[11]. عصاره بدست آمده از تقطیر با محلول اسید سولفوریک 1/0 نرمال تیتر گردید و غلظت بازهای نیتروژنی فرار بر اساس میلی‌گرم نیتروژن در 100 گرم نمونه بدست آمد.

**اندازه‌گيري تيوبار‌بيتوريكاسيد (TBA)**

اندازه‌گيري TBA به وسيله روش رنگ‌سنجيصورتگرفت. مقدار 200 ميلي‌گرمازنمونهچرخشدهماهيبهيكبالن 25 ميلي‌ليتريانتقاليافتوسپسبا 1- بوتانلبهحجمرساندهشد. 5 ميلي‌ليترازمخلوطفوقبهلوله‌هايخشكدرب‌دارواردشدهوبهآن 5 ميلي‌ليترازمعرف TBA افزوده گرديد. لوله‌هايدرب‌داردرحمامآببادماي 95 درجهسانتيگرادبهمدت 2 ساعتقرارگرفتهوپسازآندردمايمحيطسردشدند. سپسمقدارجذب (As) در 532 نانومتر در مقابل شاهد آب مقطر (Ab) خوانده شد. مقدار TBA (ميلي‌گرممالوندي‌آلدئيددركيلوگرمبافتماهي) براساسرابطه زیر محاسبه گرديد [12].



**آبچک**

ابتدا فیله‌ها از فریزر خارج شده و با مالش آهسته دستمال کاغذی رطوبت اضافی سطح آنها گرفته شد و سپس وزن اولیه آنها اندازه‌گیری شد(Wi). در مرحله بعد هر فیله بصورت مجزا بر روی پتری‌دیش‌های برچسب دار در دماییخچال (4 درجه سانتیگراد) نگهداری شدند. پس از 24 ساعت نمونه‌ها برداشته شده و مجدداً با مالش آرام دستمال کاغذی رطوبت اضافی خشک شد و وزن گردیدند(Wf). میزان آب چک از رابطه زیر محاسبه گردید [13].

100×[Wi/(Wf- Wi)]= (%)آب چک

**آنالیز اسید چرب**

نمونه چربي ماهی با كلروفرم/ متانول استخراج شد [14] و اسيدهاي چرب با BF3در متانول متيله شدند. اسيدهاي چرب متيل استر به وسيلهn- هگزان استخراج شدند. براي بررسي و شناسايي اسيدهاي چرب موجود در نمونه از دستگاه گازكروماتوگراف (Gas chromatography; GC) فيليپس مجهز به ستون كاپيلاري از نوع (60m×0.25mm SGE BPX70) و آشکارساز نوع FID استفاده گرديد. دماي آشکارساز و محل تزريق به ترتيب بر روی 260 و 230 درجه سانتي‌گراد تنظيم شد. در اين روش از گاز هليم (با خلوص 9999/99%) به عنوان گاز حامل و گاز هيدروژن به عنوان سوخت، ازت (با خلوص 9999/99%) به عنوان گاز كمكي و هواي خشك استفاده شد. مقادير اسيد چرب به صورت درصد سطح زير پيك از كل بيان شد.

**آنالیز حسی**

آنالیز حسی توسط یک گروه متشکل از 10 نفر نیمه آموزش دیده با استفاده ازمقیاس 5 نقطه‌ايهدونیک انجام گردید. نمونه‌های به صورت پخته شده به ارزیاب‌ها عرضه شد و از ارزیاب‌ها خواسته شد تا مطابق موارد خواسته شده به ویژگی‌هاي حسی نمونه‌هايموردمطالعهشاملبو،طعم،بافتورنگامتیاز دهند. امتیاز هر یک از نمونه‌ها به صورت زیر محاسبه گردید: بافت (5، بافت محکم و سفت؛ 1، بافت خیلی نرم)، طعم (5، کاملا مقبول؛ 1، کاملا نامقبول)، رنگ (5، بدون تغییر رنگ؛ 1، کاملا بی رنگ)، بو (5، کاملا مطبوع؛ 1، بوی فساد). نقطه بحرانی مقبولیت هر یک از ویژگی‌ها 3 در نظر گرفته شد و پایین تر از آن به معنای رد خصوصیات حسی مورد نظر بود [15].

**تجزیه تحلیل آماری**

تجزيه و تحليل آماري داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه 17 انجام شد. ابتدا بررسي نرمال بودن داده‌هابااستفادهازآزمونكولموگراف-اسميرنوفوسپسهمگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون صورت پذيرفت. جهت تعيين اختلاف معني‌دار بين تيمارها از روش مدل خطی عمومی(GLM: General linear model)استفاده گرديد. براي مقايسه ميانگين‌هادرموارديكهاثركليتيمارهامعني‌دارشناختهشدازآزموندانكناستفادهگرديد. همچنین آنالیز داده‌های حسی با استفاده از آزمون فریدمن و مقایسات میانگین با بنفرونی انجام شد.

**نتايج**

نتایج آنالیز تقریبی نمونه­های ماهی شیر تحت تاثیر انجماد کند و سریع در جدول 1 نشان داده شده است. بطور کلی میزان چربی، پروتئین و رطوبت طی 6 ماه نگهداری کاهش و خاکستر افزایش یافت. همچنین روش انجماد (کند یا سریع) برای خاکستر در روز 90، پروتئین در روز 120 و رطوبت و چربی در روز 60 تاثیر معنی­داری را نشان داد و انجماد سریع باعث افزایش معنی­دار میزان پروتئین، رطوبت و چربی شد (P<0.05).

**جدول1(نتایج مربوط به آنالیز تقریبی نمونه­های فیله ماهی شیر تحت تاثیر انجماد کند و سریع طی 180 روز نگهداری در سردخانه. حروف غیر مشابه بزرگ در هر ستون (بین دو روش انجماد) و حروف غیر مشابه کوچک در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی­دار است .(P<0.05)**

| پارامترها | روش انجماد | روز صفر | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| رطوبت | کند | 60/75±03/0aA | 12/74±09/0bB | 84/73±12/0cB | 14/72±10/0dB | 06/72±05/0dB | 60/71±09/0eB | 22/71±11/0fB |
|  | سریع | 60/75±03/0aA | 22/75±06/0bA | 13/75±06/0bA | 05/75±04/0bA | 40/74±13/0cA | 81/73±13/0dA | 37/73±10/0eA |
| پروتئین | کند | 63/20±07/0aA | 57/20±02/0aA | 49/20±04/0aA | 26/20±05/0bA | 34/19±07/0cB | 91/18±08/0dB | 86/18±11/0dB |
|  | سریع | 63/20±07/0aA | 60/20±05/0aA | 57/20±08/0aA | 34/20±06/0bA | 88/19±11/0cA | 85/19±10/0cA | 84/19±06/0cA |
| چربی | کند | 77/1±02/0Aa | 61/1±00/0Ab | 47/1±02/0Bc | 41/1±01/0Bd | 39/1±01/0Bde | 34/1±00/0ABf | 27/1±02/0Bg |
|  | سریع | 77/1±02/0Aa | 63/1±00/0Aab | 50/1±02/0Ac | 48/1±00/0Acd | 43/1±00/0Ae | 37/1±02/0Af | 32/1±02/0Ag |
| خاکستر | کند | 36/1±03/0fA | 40/1±02/0efA | 45/1±00/0eA | 68/1±02/0dA | 03/2±02/0cA | 27/2±02/0bA | 57/2±10/0aA |
|  | سریع | 40/1±02/0dA | 41/1±01/0dA | 44/1±04/0cdA | 47/1±01/0cdB | 49/1±05/0cB | 65/1±00/0bB | 72/1±03/0aB |

نتایج مربوط به TVN، TBA و آبچک نمونه­های ماهی شیر تحت تاثیر انجماد کند و سریع طی180 روز نگهداری در سردخانه در جدول 2 نشان داده شده است. نتایج نشان داد که با گذشت زمان در هر دو روش انجماد (کند و سریع) میزان TVN، TBA و آبچک افزایش معنی‌داری می­یابد. همچنین مشخص شد انجماد سریع از روز 30 آزمایش به طور معنی­داری میزان TVNو آبچک و از روز 150 میزان TBA را در سطح پایین­تر حفظ می­کند(P<0.05).

**جدول 2( نتایج پارامترهای شیمیایی نمونه­های فیله ماهی شیر تحت تاثیر انجماد کند و سریع طی 180 روز نگهداری در سردخانه. حروف غیر مشابه بزرگ در هر ستون (بین دو روش انجماد) و حروف غیر مشابه کوچک در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی­دار است.(*P*<0.05)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| پارامترها | روش انجماد | روز صفر | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 |
| TVN | کند | 01/3±00/0gA | 51/3±01/0fA | 11/4±01/0eA | 70/4±01/0dA | 03/5±01/0cA | 21/5±01/0bA | 89/5±01/0aA |
|  | سریع | 01/3±00/0gA | 24/3±02/0fB | 29/3±00/0eB | 65/3±02/0dB | 09/4±01/0cB | 33/4±02/0bB | 85/4±00/0aB |
| TBA | کند | 34/0±02/0Ag | 38/0±00/0Af | 42/0±01/0Ade | 44/0±02/0Ad | 50/0±01/0Ac | 58/0±00/0Ab | 61/0±02/0Aab |
|  | سریع | 34/0±02/0Ag | 37/0±00/0ABfg | 41/0±00/0Ade | 43/0±02/0Ad | 47/0±00/0ABc | 52/0±02/0Bb | 55/0±02/0Bab |
| آبچک | کند | 00/0gA | 50/7±00/0fA | 30/8±10/0eA | 80/8±01/0dA | 30/9±00/0cA | 80/9±10/0bA | 30/10±17/0aA |
|  | سریع | 00/0fA | 61/2±00/0eB | 14/3±01/0dB | 22/3±01/0dB | 35/3±01/0cB | 48/3±00/0bB | 61/3±00/0aB |

نتایج مربوط به اسیدهای چرب فیله ماهی شیر تحت تاثیر دو روش انجماد (کند و سریع) که در ابتدا (ماهی تازه) و انتهای 180 روز نگهداری در سردخانه سنجش شده در جدول 3 ارائه شده است. نتایج نشان داد که روش انجماد سریع باعث حفظ بهتر اسیدهای چرب طی نگهداری در سردخانه می‌شود؛ چراکه میزان PUFA، MUFA و امگا 3 و 6 در روش انجماد سریع اختلاف معنی­داری با روش کند داشت و نسبت به آن بیشتر بود (*P*<0.05). بدلیل کاهش معنی­دار پارامترهای مذکور در روش انجماد سریع با نمونه­های تازه مشخص شد که بعد از 180 روز نگهداری حتی با استفاده از انجماد سریع نمی­توان از کاهش کیفیت اسیدهای چرب ماهی جلوگیری کرد.

**جدول 3) آنالیز اسیدهای چرب نمونه­های فیله ماهی شیر تحت تاثیر انجماد کند و سریع بعد از 180 روز نگهداری در سردخانه. حروفمتفاوتدرهرردیفنشاندهندهتفاوتمعني­داربينتيمارهامي­باشد .(*P*<0.05)SFA: اسیدهایچرباشباع شامل مریستیک، پنتادکانوئیک، پالمیتیک، مارگاریک، استئاریک، آراکیدیک، بهینیک؛MUFA: اسیدهایچربتکغیراشباع شامل پالمیتولئیک، هپتا دکانوئیک، اولئیک؛PUFA: اسیدهایچربچندغیراشباع شامل لینولئیک، آلفا لینولنیک، آراشیدونیک، ایکوزاپنتانوئیک، دوکوزاتتراانوئیک، دوکوزاهگزانوئیک؛ EPA: اسیدایکوزاپنتائنوئیک،DHA: اسیددوکوزاهگزائنوئیک،∑ω3: مجموعامگا-3، 6∑ω: مجموعامگا-6**

| اسیدچرب/تیمار | اسید چرب | روز صفر | کند | سریع |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| C14 | مریستیک | 22/2±01/0c | 65/2±01/0a | 52/2±02/0b |
| C15 | پنتادکانوئیک | 23/0±01/0c | 83/0±03/0a | 73/0±03/0b |
| C16 | پالمیتیک | 90/24±26/0c | 99/34±09/0a | 43/30±32/0b |
| C16:1 | پالمیتولئیک | 48/8±07/0a | 46/6±02/0c | 75/6±06/0b |
| C17 | مارگاریک | 24/0±00/0c | 80/0±01/0a | 75/0±01/0b |
| C17:1 | هپتا دکانوئیک | 98/2±01/0a | 96/1±01/0b | 3/0±01/0c |
| C18 | استئاریک | 09/14±05/0c | 01/20±06/0b | 76/20±05/0a |
| C18:1 | اولئیک | 18/17±11/0a | 22/14±07/0c | 35/16±02/0b |
| C18:2 | لینولئیک | 86/1±05/0a | 69/1±01/0b | 83/1±02/0a |
| C18:3 ω3 | آلفا لینولنیک | 20/0±00/0a | 17/0±00/0b | 19/0±00/0a |
| C20:0 | آراکیدیک | 21/2±02/0c | 41/2±00/0a | 28/2±03/0b |
| C20:4 ω6 | آراشیدونیک | 14/2±02/0a | 91/1±03/0c | 02/2±02/0b |
| C22 | بهینیک | 12/0±01/0c | 32/0±01/0a | 21/0±00/0b |
| C20:5 ω3 | ایکوزاپنتانوئیک | 82/2±03/0c | 40/3±05/0b | 42/4±09/0a |
| C22:4 ω6 | دوکوزاتتراانوئیک | 17/1±04/0a | 05/1±01/0b | 16/1±02/0a |
| C22:6 ω3 | دوکوزاهگزانوئیک | 60/14±08/0a | 76/8±05/0c | 07/10±06/0b |
| SFA |  | 04/44±25/0c | 04/62±07/0a | 71/57±34/0b |
| MUFA |  | 64/28±17/0a | 64/22±07/0c | 40/23±07/0b |
| PUFA |  | 80/22±20/0a | 99/16±14/0c | 71/19±09/0b |
| EPA+DHA |  | 42/17±12/0a | 16/12±09/0c | 49/14±08/0b |
| ∑ω3 |  | 63/17±13/0a | 34/12±09/0c | 69/14±08/0b |
| ∑ω6 |  | 17/5±06/0a | 65/4±05/0c | 01/5±01/0b |
| ω3/ω6 |  | 40/3±01/0a | 65/2±01/0c | 92/2±01/0b |
| PUFA/SFA |  | 51/0±00/0a | 27/0±00/0c | 34/0±01/0b |

نتایج آنالیز حسی نمونه­های ماهی شیر تحت تاثیر انجماد کند و سریع طی 180 روز نگهداری در سردخانه در جدول 4 نشان داده شده است. بر اساس این نتایج مشخص شد که با گذشت زمان (180 روز) پارامترهای حسی کاهش معنی­داری می‌یابد(*P*<0.05). همچنین حدوداً از روز 90 نگهداری اختلاف معنی­داری در بافت و طعم بین تیمارهای مربوط به روش‌های کند و سریع انجماد مشاهده شد بطوریکه انجماد سریع امتیاز بالاتری را نشان داد (*P*<0.05).

**جدول 4) نتایج آنالیز حسی نمونه‌های ماهی شیر تحت تاثیر انجماد کند و سریع طی 180 روز نگهداری در سردخانه. حروف غیر مشابه بزرگ در هر ردیف و حروف غیر مشابه کوچک در هر ستون (بین دو روش انجماد) نشان دهنده اختلاف معنی­دار است .(*P*<0.05)**

| 180 | 150 | 120 | 90 | 60 | 30 | روش انجماد | پارامترهای حسی |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 00/3±84/0bC | 13/3±83/0bBC | 13/3±83/0bBC | 00/4±37/0bAB | 00/4±65/0aAB | 53/4±51/0aA | کند | بافت |
| 00/4±53/0aA | 13/4±51/0aA | 13/4±51/0aA | 53/4±51/0aA | 53/4±51/0aA | 53/4±51/0aA | سریع |
| 00/3±65/0aB | 00/3±53/0bB | 46/3±51/0aAB | 50/3±74/0bAB | 06/4±45/0aA | 00/4±53/0aA | کند | طعم |
| 46/3±51/0aB | 00/4±37/0aAB | 00/4±53/0aAB | 46/4±63/0aA | 46/4±63/0aA | 46/4±74/0aA | سریع |
| 06/3±88/0aC | 00/3±75/0aC | 53/3±51/0aBC | 00/4±75/0aAB | 13/4±35/0aAB | 53/4±51/0aA | کند | رنگ |
| 53/3±51/0aB | 53/3±74/0aB | 00/4±75/0aAB | 26/4±70/0aAB | 53/4±51/0aA | 53/4±63/0aA | سریع |
| 00/3±75/0aB | 00/3±75/0aB | 46/3±74/0aB | 46/3±51/0aB | 46/4±74/0aA | 53/4±63/0aA | کند | بو |
| 46/3±51/0aB | 46/3±51/0aB | 00/4±53/0aAB | 00/4±75/0aAB | 46/4±63/0aA | 46/4±63/0aA | سریع |

**بحث**

تفاوت در ترکیب شیمیایی بدن یک گونۀ آبزی به عوامل داخلی و خارجی متعددی بستگی دارد اما بدون شک اختلاف اصلی در ترکیب شیمیایی آبزی را باید به تغذیه آبزی مربوط دانست[16].نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر به نتایج بدست آمده در مطالعه یونس و همکاران[17] که میزان رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر در ماهی شیر تازه را به ترتیب 49/76، 68/20، 12/1 و 27/1 درصد گزارش کردند مطابقت دارد. این درحالی است که با گذشت زمان تا 180 روز در هر دو روش میزان رطوبت کاهش معنی‌داری یافت. بطور کلی رطوبت پارامتر بسیار مهمی بوده و کاهش آن طی دوره نگهداری بر کاهش وزن، تخریب پروتئین، اکسیداسیون چربی و در نهایت افت کیفیت فرآورده تاثیر گذار است[18].عمل انجماد می­تواند ظرفیت نگهداری آب در عضلۀ آبزی را کاهش داده و درنتیجه سبب کاهش رطوبت طی دوره نگهداری شود. کاهش رطوبت سبب سفتی بافت می­شود که بروز این عوامل بواسطۀ تخریب پروتئین و از دست رفتن خاصیت انعطاف­پذیری پروتئین میوفیبریل، تشکیل پیوندهای دی­سولفید، و تجمع پروتئین در طی دورۀ نگهداری در شرایط انجماد رخ می­دهد[19]. همچنین داده­های رطوبت نشان داد که که از روز 30 اختلاف معنی‌داری در دو روش انجماد کند و سریع ایجاد می­شود بطوریکه در انجماد سریع رطوبت بهتر حفظ شد که با داده‌های کرمی و همکاران[20] مطابقت دارد.به لحاظ پروتئین نیز روندی مشابه رطوبت مشاهده شد (جدول 1). کاهش در میزان پروتئین طی نگهداری بدلیل تبدیل آن به ازت فرار (TVN) می­باشد که با داده­های TVN نیز همخوانی داشت (جدول 2)[21]. در تحقیق بدی و هاول [22] بر روی کاد و هادوک نگهداری شده در انجماد نیز تغییرات معنی­داری در میزان پروتئین فیله مشاهده شد که علت آن را سرعت تخریب بیشتر پروتئین در دمای کمتر (منفی 10) در مقایسه با دمای بیشتر (منفی 30) بیان کردند. میزان چربی فیله نیز با گذشت زمان کاهش یافت که در روش انجماد کند میزان آن بیشتر بود. میزان چربی نیز طی نگهداری تحت تاثیر اکسیداسیون و فساد آنزیمی دچار کاهش شده و تبدیل به اسیدهای چرب آزاد می­گردد. کاهش میزان چربی در این تحقیق همسو با نتایج TBA بود (جدول2). بطور کلی انجماد تاثیری بر خاکستر فیله ندارد و نوسان رطوبت و تغییر مواد خشک موجود در فیله (پروتئین و چربی) احتمالاً باعث افزایش میزان خاکستر شدهاست[23].

بین شاخص TVN با تازگی ماهی ارتباط معنی­داری وجود دارد و میزان قابل قبول آن در ماهی 30-35 میلی­گرم نیتروژن در 100 گرم گوشت می­باشد و چنانچه بیشتر از این مقدار باشد نشان­دهنده نامناسب بودن محصول برای مصرف کننده است[24]. از آنجا که افزایش TVN درارتباط با تخریب پروتئين­ها در اثر فعاليت­هاي آنزيمي وباكتريايياست[25] درنتیجه افزایش کمتر آن در روش انجماد سریع نشان دهنده حفظ بهتر پروتئین­ها و فعالیت کمتر آنزیم­ها و باکتری­ها و در نهایت کیفیت بالاتر فرآورده است. با اینحال به دلیل پایین بودن این پارامتر در نمونه­ها به­نظر می­رسد که هر دو روش جهت حفظ کیفیت محصول مناسب می­باشند.

فساد اکسیداتیو عضله ماهی شیرمنجمد شده با دو روش انجماد کند و سریع و سپس به مدت 180 روز نگهداری در سردخانه با اندازه­گیری TBA (تیو باربیتوریک اسید) به عنوان یکی از شاخص­های اندازه­گیری اکسیداسیون چربی­ها -بر اساس محتوی مالون دی آلدئید- مشخص گردید.زمانیکه میزانمالونآلدهیددریککیلوگرمگوشتبهبیشاز 2 میلی­گرمافزایشیابدباتغییرطعموبویماهی همراهخواهد. بطور کلی TBA با گذشت زمان طی نگهداری در سردخانه افزایش می­یابد که نشان دهنده پیشرفت اکسیداسیون چربی و درنتیجه کاهش کیفیت است [26]. اگرچه در روش انجماد سریع میزان TBA نسبت به انجماد کند به طور معنی­داری کمتر بود اما میزان این شاخص در تحقیق حاضر در هر دو روش در حد استاندارد بود. انجماد کند ممکن است باعث تجزیه لیزوزیم شده و درنتیجه فعالیت لیپاز داخلی را بیشتر کند که این خود موجب افزایش تجمع اسیدهای چرب آزاد می­شود[27]. اسیدهای چرب آزاد به تنهایی بر کاهش کیفیت فرآورده تاثیری ندارد اما دیده شده است که با اکسیداسیون لیپید ارتباط دارد؛ درنتیجه دارای تاثیرات پرو-اکسیدانی بر روی لیپیدها است، این درحالی است که انجماد سریع افزایش معنی­داری را در میزان رهاسازی لیپاز سبب نمی­شود[24].

میزان آبچک در طی نگهداری باید کنترل شود تا کیفیت محصول حفظ گردد. در تحقیق حاضر میزان آبچک در هر دو روش انجماد طی نگهداری در سردخانه افزایش یافت. افزایش آب­چک در طی نگهداری در دمای 18- درجه سانتیگراد گزارش شده است[28] که میزان آن بسته به نوع ماهی می­تواند متفاوت باشد. از طرفی در انجماد سریع نسبت به انجماد کند میزان آبچک کمتری مشاهده شد. همانطورکهگفتهشدتاثیرانجماددرخروجآب بهچگونگیتشکیلکریستال­هاییخبستگیدارد.هر چهسرعتانجمادبیشترباشدکریستال­های کوچکبیشتری تشکیل شدهودرنتیجه خروجآبازسلولکمتررخمی­دهد. انجماد کند می­تواند باعث توسعه کریستال­های یخ خارج سلولی بزرگ شود که این خود باعث تخریب دیواره سلولی شده و درنتیجه موجب آبچک بیشتر می­گردد[29]. مورکور و لیلهولت[30] تحقیقی را در ارتباط با ماهی منجمد در درجه حرارت­های مختلف طی 10-11 روز انجام دادند و مشخص شد که ارتباط معنی­داری بین دمای انجماد و آبچک وجود دارد. برای فیله منجمد شده در 10- درجه سانتیگراد در مقایسه با 70- درجه سانتیگراد میزان افت وزنی دو برابر مشاهده شد که دلیل اصل آن کاهش ظرفیت نگهداری آب پروتئین بدلیل آسیب­های مکانیکی به سلول ناشی از کریستال­های یخ بود. علیزاده و همکاران[31] نیز در تحقیق خود روی ماهی آزاد مشاهده کردند که درصد آبچک نمونه­ها در انجماد سریع بطور معنی­داری کمتر از انجماد کند می­باشد که با داده­های تحقیق حاضر همخوانی دارد.

سرعت بالای اکسیداسیون لیپید ماهی، زمانی که با چربی پستانداران مقایسه می­شود، از طریق پروفیل اسیدهای چرب آن تفسیر می­شود. اسیدهای چرب چند غیر اشباع تا 70 درصد از چربی ماهی را تشکیل می­دهد. از دو گروه اصلی که به سرعت اکسید می­شوند می­توان به PUFA امگا3 و PUFA امگا 6 اشاره کرد. دسته اول گروه غالب چربی­ها بوده و با سرعت بیشتری نسبت به گروه دوم به سمت اکسید شدن پیش می­رود[32]. در تحقیق حاضر نیز پس از 180 روز نگهداری میزان اسیدهای چرب ماهی شیر نسبت به اول دوره (نمونه تازه) کاهش معنی­داری یافت که این کاهش در روش انجماد کند بیشتر بود (جدول 3). در بسیاری از گونه­های ماهی کاهش میزان PUFA و پروفیل اسیدهای چرب طی نگهداری در سردخانه گزارش شده است[33]. همچنین آنگان و همکاران[34] در تحقیق خود به بررسی انجماددر هوای سرد متحرک (10- و 20- درجه سانتیگراد) و نگهداری در سردخانه (10- و 20- درجه سانتیگراد) بر روی اشیرشیا کلی، اسیدهای چرب PUFA امگا 3 و ریز ساختار صدف پوسته سبز(*Perna canaliculus*) پرداختند و مشاهده کردند که در دمای 10- درجه سانتیگراد میزان PUFA امگا 3 بطور معنی­داری کاهش می­یابد درحالیکه در دمای 20- درجه سانتیگراد تغییری مشاهده نشد. همچنین در تحقیق حاضر داده‌های اسید چرب با کاهش میزان لیپید (جدول 1) و افزایش مقدار TBA (جدول 2) هم راستا بود.

وقتی تغییرات نامطلوب در ماهی رخ ­دهد، بسیاری از این تغییرات به وسیله حواس انسان یعنی دیدن، بوییدن، لمس­کردن و چشیدن قابل جستجو خواهد بود.لاکش میشا و همکارن[35] در تحقیق خود در ارتباط با تاثیر روش‌های انجماد بر کیفیت ماهی ماکرل (*Rastrelliger kanagurta*) از دو نوع متفاوت فریزر هوای سرد متحرک و فریزر صفحه­ای تجاری که دارای مدت زمان انجماد متفاوت (به ترتیب 220 و 90 دقیقه) بودند استفاده کردند و سپس نمونه‌ها را در سردخانه نگهداری کردند. آنها مشاهده کردند که از ماه سوم به بعد فریزر صفحه­ای دارای امتیاز مزه و پذیرش کلی بالاتری است. همچنین نتایج مشابهی توسط کرمی و همکاران[20] و علیزاده و همکاران[31] به ترتیب بر روی ماهی تیلاپیا و آزاد گزارش شد. انجماد سریع در مقایسه با انجماد کند نشان داد که محصول خارج شده از آن در زمان یخ گشایی دارای کیفیت بهتری است[36].

**نتیجه گیری کلی**

انجماد بهترین روش برای حفظ کیفیت و تازگی فرآورده­های دریایی در مدت زمان طولانی می­باشد. انتخاب روش مناسب برای انجماد آبزی می­بایست بر اساس ارزش فرآورده و ملاحظات کیفیت صورت پذیرد. نتایج تحقیق حاضر که در آن فیله‌های ماهی شیر به دو روش انجماد کند و سریع منجمد شده و به مدت 180 روز در سردخانه قرار گرفت نشان داد که انجماد سریع به نحو مطلوب تری باعث حفظ کیفیت می‌شود؛ چراکه داده‌های پارامترهای TVN، TBA و آبچک در نمونه‌های انجماد سریع کمتر بود. میزان PUFA و امگا 3 و 6 نیز در روش انجماد سریع اختلاف معنی­داری با روش کند داشت و میزان آن بالاتر بود. همچنین از نظر آنالیز حسی حدوداً از روز 90 نگهداری اختلاف معنی­داری در طعم و بافت بین تیمارهای مربوط به روش‌های کند و سریع انجماد مشاهده شد. با این حال میزان پارامترهای مذکور در هر دو روش کند و سریع در حد استاندارد بود. بنابراین با توجه به هدف تولید کننده و یا بازار مصرف می‌توان مشخص کرد که از کدام روش استفاده شود.

**تشکر و قدردانی**

از آقای دکتر سالم مرمضی جهت کمک در آنالیز داده‌ها و نیز آقای دکتر سید ولی حسینی جهت کمک در سنجش‌های آزمایشگاهی تشکر و قدردانی می‌شود.

**تاییدیه اخلاقی:** موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

**تعارض منافع:** هیچگونه تعارض منافعی وجود ندارد.

**سهم نویسندگان:** امین اوجی فرد/پژوهشگر و نگارنده اصلی مقاله/100 درصد

**منابع مالی:** منابع مالي توسط دانشگاه خلیج فارس بوشهر تامین شده است.

**منابع**

1-Ekinci R, Yapar A. Alabalıkların (*O. Mykiss* W., 1792) donma ve çözünme süreleri üzerine dondurma sıcaklığı ve hava sirkülasyonunun etkileri. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. 2004;16(1):61-68.

2-Hall GM. Fish processing technology: Springer Science & Business Media; 2012.

3-Jeremiah LE. Freezing effects on food quality: Routledge; 2019.

4-Petzold G, Aguilera JM. Ice morphology: fundamentals and technological applications in foods. Food Biophysics. 2009;4(4):378-396.

5-Nielsen J, Jessen F. Quality of frozen fish. Handbook of meat, poultry and seafood quality Nollet, LML (Ed) Blackwell Publishing, Iowa. 2007:577-586.

6- Sun Q, Zhao X, Zhang C, Xia X, Sun F, Kong B. Ultrasound-assisted immersion freezing accelerates the freezing process and improves the quality of common carp (Cyprinus carpio) at different power levels. LWT, Food Science and Technology. 2019;108:106-112.

7-Li D, Zhao H, Muhammad AI, Song L, Guo M, Liu D. The comparison of ultrasound-assisted thawing, air thawing and water immersion thawing on the quality of slow/fast freezing bighead carp (Aristichthys nobilis) fillets. Food Chemistry. 2020:126614.

8- Tironi V, De Lamballerie M, Le-Bail A. Quality changes during the frozen storage of sea bass (Dicentrarchus labrax(muscle after pressure shift freezing and pressure assisted thawing. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2010;11(4):565-573.

9- Qorbanzadeh R, Nazari S. Statistical yearbook of the Iranian Fisheries Organization. Department of Planning and Development Management P. 2012;60.

10- International A. Official methods of analysis of AOAC International: AOAC International; 2005.

11- Gao W, Liu YJ, Tian LX, Mai KS, Liang GY, Yang HJ, Huai MY, Luo WJ. Effect of dietary carbohydrate‐to‐lipid ratios on growth performance, body composition, nutrient utilization and hepatic enzymes activities of herbivorous grass carp (Ctenopharyngodon idella). Aquaculture Nutrition. 2010;16(3):327-333.

12-Natseba A, Lwalinda I, Kakura E, Muyanja C, Muyonga J. Effect of pre-freezing icing duration on quality changes in frozen Nile perch (Lates niloticus). Food Research International. 2005;38(4):469-474.

13- Campañone L, Roche L, Salvadori V, Mascheroni R. Monitoring of weight losses in meat products during freezing and frozen storage. Food Science and Technology International. 2002;8(4):229-238.

14- Folch J, Lees M, Stanley GS. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. Journal of Biological Chemistry. 1957;226(1):497-509.

15- Lin D, Morrissey MT. Iced storage characteristics of Northern squawfish (Ptychocheilus oregonensis). Journal of Aquatic Food Product Technology. 1994;3(2):25-43.

16- Rahnan SA, Huah TS, Nassan O, Daud NM. Fatty acid composition of some Malaysian freshwater fish. Food Chemistry. 1995;54(1):45-49.

17- Younis E, Abdel-Warith A, Ali A, Al-Asgah N, El-Shayia A. Chemical composition and mineral contents of six commercial fish species from the Arabian gulf coast of Saudi Arabia. Journal of Animal and Veterinary Advances. 2011; 10 (23)3053-3059.

18- Ben‐gigirey B, De Sousa JMVB, Villa TG, Barros‐velazquez J. Chemical changes and visual appearance of albacore tuna as related to frozen storage. Journal of Food Science. 1999;64(1):20-24.

19- Mackie I. The effects of freezing on flesh proteins. Food Reviews International. 1993;9(4):575-610.

20- Karami B, Moradi Y, Motalebi AA, Hossini SE, Soltani M. The effects of slow and quick freezing methods on microstructure, drip loss, proximate composition and sensory properties of Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) fillets. Iranian Scientific Fisheries Journal. 2013;22(3):132-146. (in Persian).

21- Lehmann I, Aubourg SP. Effect of previous gutting on rancidity development in horse mackerel (Trachurus trachurus) during frozen storage at −20°C. International Journal of Food Science & Technology. 2008;43(2):270-275.

22- Badii F, Howell NK. Changes in the texture and structure of cod and haddock fillets during frozen storage. Food Hydrocolloids. 2002;16(4):313-319.

23- Ozyurt G, Polat A, Tokur B. Chemical and sensory changes in frozen (− 18°C) wild sea bass (Dicentrarchus labrax) captured at different fishing seasons. International Journal of Food Science & Technology. 2007;42(7):887-893.

24- Rodrı́guez Ó, Losada V, Aubourg SP, Barros-Velázquez J. Enhanced shelf-life of chilled European hake (Merluccius merluccius) stored in slurry ice as determined by sensory analysis and assessment of microbiological activity. Food Research International. 2004;37(8):749-757.

25- Vareltzis K, Koufidis D, GavriilidouE, Papavergou E, Vasiliadou S. Effectiveness of a natural Rosemary (Rosmarinus officinalis) extract on the stability of filleted and minced fish during frozen storage. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A. 1997;205(2):93-96.

26- KostakiM, Giatrakou V, Savvaidis IN, Kontominas MG. Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (Dicentrarchus labrax) fillets. Food Microbiology. 2009;26(5):475-482.

27- Geromel E, Montgomery M. Lipase release from lysosomes of rainbow trout (Salmo gairdneri) muscle subjected to low temperatures. Journal of Food Science. 1980;45(3):412-415.

28- Hsieh YL, Regenstein JM. Texture changes of frozen stored cod and ocean perch minces. Journal of Food Science. 1989;54(4):824-826.

29- Archer M, Edmonds M, George M. Seafood thawing. Seafish Res Dev SR. 2008;598:10-11.

30- Morkore T, Lilleholt R. Impact of freezing temperature on quality of farmed Atlantic cod (Gadus morhua L.). Journal of Texture Studies. 2007;38(4):457-572.

31- Alizadeh E, Chapleau N, De Lamballerie M, LeBail A. Effects of freezing and thawing processes on the quality of Atlantic salmon (Salmo salar) fillets. Journal of Food Science. 2007;72(5):E279-E284.

32- Tolstorebrov I, Eikevik TM, Bantle M. Effect of low and ultra-low temperature applications during freezing and frozen storage on quality parameters for fish. International Journal of Refrigeration. 2016;63:37-47.

33- Pirestani S, Sahari M, Barzegar M. Fatty acids changes during frozen storage in several fish species from South Caspian Sea. Journal of Agricultural Science and Technology. 2010;12:321-329.

34- Angane M, Gupta S, Fletcher GC, Summers G, Hedderley DI, Quek SY. Effect of air blast freezing and frozenstorage on Escherichia coli survival, n-3 polyunsaturated fatty acid concentration and microstructure of Greenshell™ mussels. Food Control. 2020:107284.

35- Lakshmisha I, Ravishankar C, Ninan G, Mohan CO, Gopal T. Effect of freezing time on the quality ofIndian mackerel (Rastrelliger kanagurta) during frozen storage. Journal of Food Science. 2008;73(7):S345-S53.

36- Andrews C, Valsdóttir Þ. The quality changes and shelf life of thawed rapid and slow frozen whole cod fish (Gadus morhua). United Nations University Fisheries Training Programme, Iceland [final project]http://wwwunuftpis/static/fellows/document/andrews14prfpdf.. 2015.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **The quality changes and shelf life of fast and slow frozen *Scomberomorus commerson* Lacepede, 1800 fillet** | | | | |  |
|  | | **AminOujifard1,2\*** | | | |
|  | | 1- Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran | | | |
|  | | 2- Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, Persian Gulf University, Bushehr, Iran | | | |
| **A B S T R A C T** | | |  | **ARTICLE TYPE** | |
| The main focus for this study was to compare and evaluate the quality changes and to determine the shelf life of frozen *Scomberomorus commerson* fillet using quick and slow freezing methods. *Scomberomorus commerson* fillets were frozen by slow and quick freezing methods and kept in the freezer at -18°C for 180 days. Then proximate analysis, chemical test (Total volatile base nitrogen; TVN, Thiobarbituric acid; TBA), drip loss, fatty acids profile and sensory analysis were assessed. Generally, Ash content, TBA, and TVN, drip loss, SFA values were significantly increased during storage time whereas the moisture, protein, fat, PUFA and MUFA were significantly decreased (P<0.05). The ratio of TVN, TBA and drip loss was found to be higher in slowly as against quickly frozen fish. The PUFA (19.71), MUFA (23.40) and ω3 (14.69) of the quick samples was higher than that of the slow samples (16.99, 22.64, 12.34%, respectively). Regarding sensory analysis, both samples were in acceptable condition but the quality of quick samples was better than slow frozen samples. The quick freezing method was generally much more influent on quality parameters than slow freezing method. | | |  | Original Research | |
|  |  | |
|  | **ARTICLE HISTORY** | |
|  | Received: 10 Aug. 2020 |  |
|  | Accepted: 22 Nov. 2020 |  |
|  | ePublished: 18 Dec. 2020 |  |
|  |  | |  |  | |
| **KEYWORDS:**Chemical test, Fatty acids, Frozen, *Scomberomorus commerson*, Sensory analysis. | | |  |  | |
|  | | |  |  | |