Archive of SID

تأثیر روش‌های انجماد زدایی بر ارزش غذایی و شاخص‌های کیفی ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*)

جوادیان، س.ر.، رضایی، م.، سلطانی، م.، کاظمیان، م.، پورغلام، ر. و صفری، ر.، ۱۳۹۰. تأثیر روش‌های انجماد زدایی بر ارزش غذایی و شاخص‌های کیفی ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*). مجله زیست شناسی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال سوم، شماره دهم، تابستان ۱۳۹۰، صفحات ۷۳-۶۵

چکیده

در این تحقیق، اثر تیمارهای مختلف انجماد زدایی (در یخچال، آب، هوا ومایکروویو) روی ویژگی های شیمیایی (پراکسید، بازهای ازته فرار، پروتئین محلول در نمک و ترکیب اسید چرب)، بیوشیمیایی (ظرفیت نگه داری آب) و میکروبی (تعداد باکتری‌های کل، باکتری‌های سرماگرا، کلی فرم، شوانلا و مخمر-کپک) ماهی سفید دریای خزر منجمد انجام پذیرفت. مقادیر خاکستر، پروتئین، پروتئین محلول در نمک، ظرفیت نگه داری آب، اسیدهای چرب چند غیر اشباعی، نسبت اسیدهای چرب چند غیر اشباع به اسیدهای چرب اشباع، نسبت مجموع ایکوزاپنتائونیک اسید و دوکوزاهگزائونیک اسید به پالمتیک اسید و بار میکروبی با یک کاهش معنی دار و مقادیر چربی، پراکسید، بازهای ازته فرار، اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب تک غیر اشباع با یک افزایش معنی دار در مقایسه با نمونه‌های تازه (غیر منجمد) به عنوان نمونه شاهد همراه بوده ($P<0/05$) است. پایین ترین مقادیر شاخص‌های شیمیایی و بیوشیمیایی و همچنین رشد میکروبی در نمونه‌های انجماد زدایی شده در آب مشاهده شد. بنابراین بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق انجماد زدایی در آب مناسب ترین روش برای ماهی سفید دریای خزر منجمد می‌باشد.

واژگان کلیدی: ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*)، انجماد زدایی، تغییر کیفیت.

سید روح الله جوادیان[1*]
مسعود رضایی[2]
مهدی سلطانی[3]
محمد کاظمیان[4]
رضا پورغلام[5]
رضا صفری[6]

۱. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشجوی دکترای شیلات، تهران، ایران
۲. دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشیار گروه شیلات، نور، ایران
۳. دانشگاه تهران، دانشکده دامپزشکی، استاد گروه بهداشت و بیماری‌های آبزیان، تهران، ایران
۴. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، استادیار گروه شیلات، تهران، ایران
۵. مرکز تحقیقات اکولوژی دریای خزر، استادیار پژوهشی، ساری، ایران
۶. مرکز تحقیقات اکولوژی دریای خزر، مربی پژوهشی، ساری، ایران

[*]مسئول مکاتبات:
ro.javadian@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۵/۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۶/۳۰

مقدمه

ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*) یکی از ماهیان با ارزش شیلاتی سواحل جنوبی خزر بوده و بیش از ۵۰ درصد جمعیت صید ماهیان استخوانی را شامل می‌شود (Abdolmaleki and Ghaninejad, 2007). از طرفی انجماد یکی از روش‌های مهم نگهداری غذاهای دریایی است که با جلوگیری از دهیدراسیون داخلی یا بی حرکتی آب، کاهش درجه حرارت (Ersoy *et al.*, 2008) و جلوگیری از رشد میکروبی (Morkore and Lilleholt, 2007) باعث افزایش زمان ماندگاری محصول می‌گردد (Ersoy *et al.*, 2008). به هر حال ممکن است گوشت ماهی طی فرآیندهای انجماد و انجماد زدایی با افت شاخصه‌های کیفی نظیر تغییر ماهیت پروتئین (*Denaturation*)، اکسیداسیون چربی عضله ماهی، تخریب رنگ و طعم، تغییرات بافتی و کاهش وزن همراه باشد (Alizadeh *et al.*, 2007; Zhu *et al.*, 2003; Srinivasan *et al.*, 1997).

این تغییرات بر روی خصوصیات حسی تأثیر گذاشته و باعث آسیب رساندن به کیفیت فیزیکو شیمیایی و بافتی می‌شود (Srinivasan *et al.*, 1997; Nilsson and Ekstrand, 1995).

www.SID.ir

Archive of SID

میزان افت کیفیت به فاکتورهای زیادی مانند آماده سازی محصول قبل از انجماد، روش انجماد، نوسانات دما و شیوه انجماد زدایی بستگی دارد (Ersoy *et al.*, 2008; Boonsomrej *et al.*, 2007). محصولات دریایی منجمد، پیش از پخت نهایی، انجماد زدایی می‌شوند و یا در معرض حرارت قرار می‌گیرند (Hui*et al.*, 2004) که مشکلات کیفی انجماد زدایی بیشتر از انجماد است (Evans, 2008). به طوری که انجماد زدایی نامناسب می‌تواند باعث هدر رفتن همه تلاش‌های به عمل آمده در زمان نگهداری محصول منجمد در شرایط مطلوب شود (Hui *et al.*, 2004). در واقع انجماد زدایی کندتر از عمل انجماد صورت می‌گیرد و سبب تخریب بیشتر به بافت غذاهای منجمد شده (Alizadeh *et al.*, 2007) و طی دوره انجماد زدایی غذاها از طریق تغییرات میکروبی، فیزیکی و شیمیایی آسیب می‌بینند (Alizadeh *et al.*, 2007; Zhu *et al.*, 2003). مسلماً به علت فعالیت آنزیمی و میکروبی، بایستی حداقل درجه حرارت محیطی برای تضمین فرآیند انجماد زدایی در نظر گرفته شود (Alizadeh *et al.*, 2007). این موضوع یک مسئله مهم برای فرآیندهای انجماد زدایی معمول به حساب می‌آید، چرا که استفاده از دمای پایین‌تر، سبب کاهش اختلاف دما بین نمونه منجمد و محیط (به عنوان نیروی محرک اصلی برای فرآیند انجماد زدایی) می‌گردد (Zhu *etal.*, 2003; Alizadeh *et al.*, 2007).

انجماد زدایی در هوا برای فرآیندهای با مدت زمان بین ۶۰-۸ ساعت (بسته به درجه حرارت هوا) در دمای ۱۸-۲ درجه سانتی‌گراد صورت می‌پذیرد. رطوبت نسبی بالایی برای به حداقل رساندن کاهش وزن در این روش مورد نیاز است (Ersoy *et al.*, 2008). روش‌های مناسبی از انجماد زدایی در یخچال و مایکروویو برای بسیاری از بافت‌های حیوانی وجود دارد که انجماد زدایی در مایکروویو سریع‌تر انجام گرفته و هدایت گرما در این روش به صورت یکنواخت بوده و به همین دلیل اثرات آسیب به بافت‌ها را به حداقل می‌رساند (Boonsomrej *et al.*, 2007). توصیه اداره غذا و دارو (Food and Drug Administration (FDA)) به انجماد زدایی محصولات گوشتی در دمای زیر ۵ درجه سانتی‌گراد در یخچال می‌باشد.

به هر حال انجماد زدایی در یخچال می‌تواند به طور نامطلوبی آهسته باشد. به علاوه این غذاها، فضای یخچال را اشغال نموده و ممکن است سبب آلوده کردن غذاهای آماده مصرف موجود در یخچال شوند. انجماد زدایی در آب برای پروسه زمانی کوتاه مناسب بوده و از طریق افزایش اندک وزن محصول، کاهش وزن حاصله در مرحله سرد کردن و انجماد را جبران می‌نماید (Ersoy *et al.*, 2008).

مطالعاتی در زمینه تأثیر فرآیند انجماد زدایی بر خصوصیات شیمیایی و میکروبی محصولات شیلاتی منجمد صورت پذیرفته است (Nilsson and Ekstrand, 1995; Alizdeh *et al.*, 2007; Boonsomrej *et al.*, 2007; Ersoy *et al.*, 2008). با این وجود مطالعات کمی در مورد اثر روش‌های مختلف انجماد زدایی بر روی کیفیت فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و حسی ماهی کامل منجمد صورت پذیرفته است. (Ersoy *et al.*, 2008) ماهی سفید دریای خزر، از ماهیان با ارزش شیلاتی سواحل جنوبی خزر بوده که بیش از ۵۰ درصد جمعیت صید ماهیان استخوانی را شامل می‌شود (Abdolmaleki and Ghaninezhad, 2007). با توجه به حجم بالایی از تولید ماهی سفید دریای خزر و شرایط نگهداری و مصرف این ماهی که گاه بر حسب رغبت و ذائقه مردم برای نگهداری در فصولی غیر از فصل تولید، روش انجماد به عنوان روشی کارآمد مورد استفاده قرار می‌گیرد، به‌کارگیری شیوه صحیح انجماد زدایی چه به صورت خانگی و چه صنعتی می‌تواند محصولی با کیفیت بالا و ارزش تغذیه‌ای مناسب را در اختیار قرار دهد. با توجه به این مهم، هدف این تحقیق بررسی اثر روش‌های مختلف انجماد زدایی بر ارزش غذایی و شاخص‌های کیفی ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*)می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق ۲۵ قطعه ماهی سفید (سه تکرار برای شاخص‌های شیمیایی و میکروبی و پنج تکرار برای شاخص بیوشیمیایی) با میانگین وزنی ۲۵/۴±۷۲۶/۴ گرم در آبان ماه ۱۳۸۸ از صید پره سواحل شهرستان محمودآباد تهیه گردید. انتخاب ماهیان به صورت تصادفی و از بین ماهیان هم اندازه و سالم صورت پذیرفت. پس از شستشو با آب شیرین، ماهی‌ها در یونولیت با یخ نگهداری و به کارخانه فرآوری کیان ماهی خزر واقع در شهرستان بابلسر به منظور بسته بندی در خلاء (Vacuum Packing) و انجماد سریع (QuickFreezing) (۳۵-درجه سانتی‌گراد) منتقل و سپس در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد به مدت سه ماه نگهداری شدند. به منظور بررسی اثر روش‌های انجماد زدایی روی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی ماهی سفید، نمونه‌های انجماد زدایی شده با مقادیر یافت شده در نمونه‌های تازه از همان گروه مقایسه شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

فرآیند انجماد زدایی (Thawing) در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۴ ساعت)، در آب (۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت و در کیسه‌های پلی اتیلن)، در هوا (در دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت) و مایکروویو (۲۴۵۰ مگاهرتز و ۵۰۰ وات به مدت ۵ دقیقه) صورت پذیرفت (Ersoy *et al.*, 2008). نمونه‌های تازه و انجماد زدایی شده به طور مجزا در یک چرخ گوشت استیل ضد زنگ و مخلوط کن همگن گشته و بر اساس روش شیمیایی، بیوشیمیایی و میکروبی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

شاخص‌های رطوبت، خاکستر و پروتئین به روش AOAC, (2000)، چربی کل به روش Bligh و Dyer در سال ۱۹۵۹، مقادیر پراکسید به روش Egan و همکاران در سال ۱۹۹۷، پروتئین محلول در نمک به روش Rye و همکاران در سال ۱۹۹۴، بازهای ازته فرار به روش پروانه (۱۳۷۴) و شاخص‌های بیوشیمیایی اندازه گیری ظرفیت نگهداری آب به روش Pastoriza و همکاران در سال ۱۹۹۸ صورت پذیرفت.

برای اندازه گیری ترکیب اسیدهای چرب، چربی با کلروفرم/متانول استخراج (Bligh and Dyer 1959) و با BF_3 در متانول متیله شدند. سپس اسیدهای چرب متیل استر به وسیله n- هگزان بازیافت گردیدند (Metcalfe *et al.*, 1966).

برای بررسی و شناسایی اسیدهای چرب موجود در نمونه از دستگاه گاز کروماتوگراف (GC) مدل Varian CP-3800 مجهز به ستون کاپیلاریازنوع 120 m ×0.25 mm SGEBPX70) و آشکار ساز نوعFID (Flame Ionzation Detector) موجود در گروه شیلات دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس استفاده گردید. دمای آشکار ساز و محل تزریق به ترتیب بر روی ۲۳۰ و ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. ۱ میکرو لیتر از نمونه استری با استفاده از سرنگ میکرو لیتری به دستگاه گاز کروماتوگراف تزریق شد. دمای اولیه ستون روی ۶۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم و بعد از مدت ۱۰ دقیقه، دمای ستون با سرعت ۲ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد که به مدت ۸۵ دقیقه دما در این دما باقی ماند. در این روش از گاز هلیم (با خلوص ۹۹/۹۹۹۹ درصد) به عنوان گاز حامل و گاز هیدروژن به عنوان سوخت، ازت (با خلوص ۹۹/۹۹۹۹ درصد) به عنوان گاز کمکی و هوای خشک استفاده شد. مقادیر اسید چرب نیز به صورت درصد سطح زیر پیک از کل بیان شد (de Castro *et al.*, 2007).

برای شمارش باکتری‌های مزوفیلو سرما گرا در نمونه‌های تهیه شده، از محیط تریپتیک سویاآگار (Tryptic Soy Agar) استفاده گردید. بعد از تهیه محیط کشت، با میکروسمپلر، ۰/۱ میلی لیتر از نمونه‌های تهیه شده، بر روی محیط کشت به طور سطحی پخش شد. پلیت های کشت داده شده مربوط به باکتری‌های مزوفیل بعد از ۴۸ ساعت انکوباسیون در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و پلیت های مربوط به باکتری‌های سرماگرا بعد از ۱۰ روز انکوباسیون در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد شمارش شدند (Cousin *et al.*, 1992). برای شمارش کپک و مخمر و باکتری‌های گروه کلی فرم (Coliform) به ترتیب از محیط‌های کشت پوتیتو دکستروز آگار با زمان انکوباسیون ۳ تا ۵ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و محیط کشت ECC کروم آگار با زمان انکوباسیون ۴۸ ساعت در دمای ۳۵ درجه استفاده گردید (Ersoy *et al.*, 2008). همچنین برای شمارش و جداسازی شوانلا از محیط کشت تریپتیک سوی آگار استفاده شده و پس از مشخص کردن کلنی رشد یافته، با استفاده از تست‌های بیو شیمیایی نسبت به تشخیص و شمارش آن اقدام گردید (Cousin *et al.*, 1992).

تجزیه و تحلیل آماری با نرم افزار SPSS صورت گرفت. به منظور تجزیه و تحلیل مقادیر کمی بدست آمده از آزمایش‌های شیمیایی و میکروبی پس از کنترل نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف–اسمیرنوف (Kolomograv-smirnov) از تجزیه واریانس یک طرفه استفاده گردید. همچنین مقایسه میانگین‌ها در مواردی که اثر کلی تیمارها معنی دار شناخته شد، با استفاده از آزمون دانکن (Duncan'smultiple range tests) انجام پذیرفت. لازم به ذکر است که در تمامی مراحل تجزیه و تحلیل، خطای مجاز برای رد H_0 ۵ درصد در نظر گرفته شد (Zar, 1999).

نتایج

جدول‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ مقادیر اندازه گیری شده شاخص‌های آنالیز تقریبی، شیمیایی، بیوشیمیایی، اسید چرب و میکروبی ماهی سفید را نشان می‌دهد. بعد از عمل انجماد–انجماد زدایی، کاهشی در میزان پروتئین و خاکستر و افزایشی در میزان چربی در نمونه‌های هر دو ماهی مشاهده گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: مقادیر شاخص‌های آنالیز تقریبی ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*) در تیمارهای مختلف (سال ۱۳۸۸)

شاخص	شاهد	انجماد زدایی در مایکروویو	انجماد زدایی در آب	انجماد زدایی در هوا	انجماد زدایی در یخچال
Pr	۲۱/۰۵ ± ۰/۲۵ ^{*a}	۱۸/۹۱ ± ۰/۳۶ ^{d}	۲۰/۴۰ ± ۰/۶۰ ^{b}	۱۹/۷۴ ± ۰/۳۴ ^{bc}	۱۹/۱۱ ± ۰/۱۹ ^{cd}
TL	۶/۸۳ ± ۰/۳۹ ^{b}	۸/۵۷ ± ۰/۳۰ ^{a}	۷/۴۱ ± ۰/۲۴ ^{b}	۸/۵۲ ± ۰/۴۹ ^{a}	۸/۲۵ ± ۰/۴۷ ^{a}
Ash	۱/۳۴ ± ۰/۰۶ ^{a}	۱ ± ۰/۰۷ ^{b}	۱/۲۵ ± ۰/۰۵ ^{a}	۱/۱۱ ± ۰/۰۴ ^{b}	۱/۰۳ ± ۰/۰۹ ^{b}
M	۷۲/۳۳ ± ۰/۷۶ ^{a}	۷۱/۹۳ ± ۰/۳۱ ^{a}	۷۱/۲۹ ± ۰/۸۴ ^{a}	۷۱/۹۲ ± ۰/۴۹ ^{a}	۷۱/۸۳ ± ۰/۹۲ ^{a}

*میانگین سه تکرار با انحراف معیار

**اختصارات: Pr پروتئین بر حسب درصد، TL چربی کل بر حسب درصد، Ash خاکستر بر حسب درصد، M رطوبت بر حسب درصد

a, b, c حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح P<۰/۰۵

جدول ۲: مقادیر شاخص‌های شیمیایی فساد ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*) در تیمارهای مختلف (سال ۱۳۸۸)

شاخص	شاهد	انجماد زدایی در مایکروویو	انجماد زدایی در آب	انجماد زدایی در هوا	انجماد زدایی در یخچال
PV	۰/۶ ± ۰/۱۹ ^{*c}	۶/۹۴ ± ۰/۲۷ ^{a}	۴/۷۳ ± ۰/۳۷ ^{b}	۷/۰۷ ± ۰/۳۳ ^{a}	۷/۲۶ ± ۰/۴۱ ^{a}
SSP	۱۵/۳۷ ± ۰/۲۷ ^{a}	۱۰/۹۰ ± ۰/۱۹ ^{c}	۱۲/۸۶ ± ۰/۴۶ ^{b}	۱۱/۰۲ ± ۱/۱۶ ^{c}	۱۱/۱۱ ± ۰/۷ ^{c}
TVN	۱۱/۸۳ ± ۰/۳۳ ^{b}	۱۸/۲۳ ± ۰/۵۸ ^{a}	۱۸/۳۸ ± ۰/۵۱ ^{a}	۱۸/۴۱ ± ۰/۱۲ ^{a}	۱۸/۱۸ ± ۰/۶۳ ^{a}

*میانگین سه تکرار با انحراف معیار

اختصارات: PV: پراکسید میلی اکسی والان اکسیژن در کیلوگرم چربی، SSP پروتئین محلول در نمک بر حسب درصد، TVB-N بازهای ازته فرار بر حسب میلی گرم ازت در ۱۰۰ گرم گوشت

a, b, c حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح P<۰/۰۵

جدول ۳:مقادیر شاخص بیوشیمیایی فساد ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*) در تیمارهای مختلف (سال ۱۳۸۸)

شاخص	شاهد	انجماد زدایی در مایکروویو	انجماد زدایی در آب	انجماد زدایی در هوا	انجماد زدایی در یخچال
WHC	۶۸/۱۱ ± ۲/۱۰ ^{a}	۶۲/۱۸ ± ۱/۰۵ ^{c}	۶۳/۷۵ ± ۰/۷۶ ^{b}	۶۳/۵۷ ± ۰/۳۹ ^{b}	۶۳/۴۷ ± ۰/۶۱ ^{b}

*اختصارات: WHC ظرفیت نگهداری آب بر حسب درصد

a,b حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح P<۰/۰۵

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤: تغییرات درصد ترکیب اسید چرب ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*) در تیمارهای مختلف (سال ۱۳۸۸)

اسید چرب	شاهد	مایکروویو	آب	هوا	یخچال
۱٤:۰۰	۱/۰۹ ± ۰/۳۳^{*b}	۱/۴۶ ± ۰/۱۳^{ab}	۱/۴۴ ± ۰/۱۳^{ab}	۱/۳۱ ± ۰/۲۶^{ab}	۱/۶۴ ± ۰/۲۲^{a}
۱۵:۰۰	۰/۷ ± ۰/۰۱^{b}	۰/۸۳ ± ۰/۰۷^{a}	۰/۸۲ ± ۰/۰۴^{a}	۰/۶۹ ± ۰/۰۳^{b}	۰/۷۶ ± ۰/۰۸^{ab}
۱٦:۰۰	۱۳/۳۹ ± ۰/۱۵^{c}	۱۵/۷۷ ± ۰/۲۲^{a}	۱۴/۳۳ ± ۰/۵۶^{b}	۱۵/۷۵ ± ۰/۱۷^{a}	۱۵/۸۲ ± ۰/۰۳۸^{a}
۱۷:۰۰	۰/۷۹ ± ۰/۰۳^{a}	۰/۷۹ ± ۰/۰۳^{a}	۰/۶۸ ± ۰/۰۱^{b}	۰/۶۳ ± ۰/۰۴^{b}	۰/۷۳ ± ۰/۰۴^{a}
۱۸:۰۰	۳/۹۱ ± ۰/۴۴^{a}	۴/۲۸ ± ۰/۴۴^{a}	۴/۲۹ ± ۰/۲۷^{a}	۴/۳۱ ± ۰/۴۷^{a}	۴/۳۴ ± ۰/۴۴^{a}
۲۰:۰۰	۰/۱۴ ± ۰/۰۳^{b}	۰/۱۰ ± ۰/۰۰^{bc}	۰/۰۵ ± ۰/۰۲^{c}	۰/۱۱ ± ۰/۰۳^{b}	۰/۹۲ ± ۰/۰۴^{a}
۲٤:۰۰	۰/۶۴ ± ۰/۱^{a}	۰/۵۲ ± ۰/۱۳^{a}	۰/۴۸ ± ۰/۰۸^{a}	۰/۴۸ ± ۰/۰۱^{a}	۰/۴۸ ± ۰/۰۸^{a}
∑SFA	۲۱/۳۶ ± ۰/۶۴^{c}	۲۴/۳۱ ± ۰/۶۲^{ab}	۲۲/۱ ± ۰/۸۵^{c}	۲۳/۸۲ ± ۱/۰۸^{b}	۲۵/۲۳ ± ۰/۹۷^{a}
۱٤:۱	۰/۰۸ ± ۰/۰۳^{a}	۰/۰۸ ± ۰/۰۳^{a}	۰/۱۳ ± ۰/۰۴^{a}	۰/۱۰ ± ۰/۰۲^{a}	۰/۱۳ ± ۰/۰۲^{a}
۱۵:۱	۰/۳۱ ± ۰/۰۲^{ab}	۰/۳۵ ± ۰/۰۴^{a}	۰/۲۲ ± ۰/۰۶^{b}	۰/۲۸ ± ۰/۰۳^{ab}	۰/۳۲ ± ۰/۰۷^{a}
۱٦:۱	۴/۶۵ ± ۰/۰۲۳^{b}	۷/۹۱ ± ۱/۰۶^{a}	۷/۰۸ ± ۰/۰۹^{a}	۷/۹۳ ± ۰/۴۱^{a}	۷/۹۲ ± ۰/۵۷^{a}
۱۸:۱n-۹	۲۰/۶۰ ± ۰/۶۳^{d}	۲۶/۳۳ ± ۰/۴۵^{b}	۲۴/۹۳ ± ۰/۵۴^{c}	۲۸/۳۶ ± ۰/۹۴^{a}	۲۷/۳۱ ± ۰/۴۱^{ab}
۱۸:۱n-۷	۳/۲۰ ± ۰/۰۸^{d}	۴/۰۸ ± ۰/۲۰^{ab}	۳/۸۲ ± ۰/۰۷^{bc}	۳/۵۹ ± ۰/۰۶^{ca}	۴/۲۱ ± ۰/۳۲^{a}
۲۰:۱	۱/۹۷ ± ۰/۲۲^{b}	۱/۹۵ ± ۰/۱۰^{b}	۲/۰۴ ± ۰/۱۷^{b}	۲/۲۱ ± ۰/۰۷^{ab}	۲/۳۷ ± ۰/۲۲^{a}
۲٤:۱	۰/۰۵ ± ۰/۰۱^{b}	۰/۸۳ ± ۰/۰۳۵^{a}	۰/۹۹ ± ۰/۰۹^{a}	۰/۹۳ ± ۰/۰۴^{a}	۰/۸۳ ± ۰/۱۲^{a}
۱۷:۱	۰/۹۵ ± ۰/۰۶^{a}	۰/۸۳ ± ۰/۰۳^{ab}	۰/۵۹ ± ۰/۰۳^{b}	۰/۸۷ ± ۰/۰۵^{ab}	۰/۹۱ ± ۰/۱۶^{ab}
∑MUFA	۳۱/۸۱ ± ۰/۵۷^{c}	۴۲/۰۲ ± ۰/۸۷^{a}	۳۹/۲۸ ± ۰/۲۱^{b}	۴۳/۳۸ ± ۱/۳۴^{a}	۴۳/۱۷ ± ۰/۶۷^{a}
۱۸:۲n-٦	۱/۹۳ ± ۰/۱۲^{a}	۱/۲۸ ± ۰/۰۵^{b}	۱/۸۰ ± ۰/۲^{a}	۱/۲۵ ± ۰/۲۳^{b}	۱/۱۵ ± ۰/۰۲^{b}
۲۰:۳n-٦	۰/۵۱ ± ۰/۴^{a}	۰/۴۲ ± ۰/۰۴^{b}	۰/۴۴ ± ۰/۰۴^{a}	۰/۴۴ ± ۰/۰۲^{b}	۰/۴۵ ± ۰/۰۳^{b}
۲۰:٤n-٦	۴/۷۸ ± ۱/۱۳^{a}	۳/۵۹ ± ۰/۰۳۵^{b}	۴/۰۰ ± ۰/۲۹^{ab}	۳/۶۲ ± ۰/۱۲^{b}	۳/۵۲ ± ۰/۴۴^{b}
n-٦	۷/۵۷ ± ۱/۲۲^{a}	۵/۵۱ ± ۰/۰۳۲^{b}	۶/۲۵ ± ۰/۳۲^{b}	۵/۵۷ ± ۰/۳۲^{b}	۵/۴۲ ± ۰/۳۹^{b}
۱۸:۳n-۳	۰/۵۵ ± ۰/۱۴^{a}	۰/۵۴ ± ۰/۰۷^{a}	۰/۴۱ ± ۰/۰۸^{a}	۰/۴۴ ± ۰/۱۳^{a}	۰/۵۰ ± ۰/۰۲^{a}
EPA	۶/۳۱ ± ۰/۴۸^{a}	۴/۱۹ ± ۰/۶۱^{c}	۵/۲۶ ± ۰/۱۶^{b}	۴/۳۰ ± ۰/۳۸^{c}	۴/۱۱ ± ۰/۴۸^{c}
DHA	۱۶/۸۵ ± ۰/۲۳^{a}	۱۱/۳۷ ± ۰/۵۸^{b}	۱۳/۰۶ ± ۰/۴^{b}	۱۱/۴۲ ± ۰/۰۷^{c}	۱۱/۰۵ ± ۰/۳۶^{c}
n-۳	۳۳/۷۴ ± ۰/۳۱^{a}	۱۶/۱۸ ± ۱/۱۶^{c}	۱۸/۸۲ ± ۰/۶^{b}	۱۶/۲۹ ± ۰/۵۳^{c}	۱۵/۶۶ ± ۰/۷۷^{c}
EPA+DHA	۱/۷۲ ± ۰/۰۲^{a}	۰/۹۹ ± ۰/۰۷^{c}	۱/۲۸ ± ۰/۰۴^{b}	۱/۰۰ ± ۰/۰۲^{c}	۰/۹۶ ± ۰/۰۴^{c}
۱٦:۰۰					
n-۳ / n-٦	۳/۲۰ ± ۰/۵۲^{a}	۲/۹۳ ± ۰/۰۵^{a}	۳/۰۲ ± ۰/۱۹^{a}	۲/۹۳ ± ۰/۲۶^{a}	۲/۹۰ ± ۰/۲۵^{a}
P/S	۲/۲۱ ± ۰/۱۰^{a}	۱/۳۸ ± ۰/۰۹^{c}	۱/۸۵ ± ۰/۱^{b}	۱/۳۹ ± ۰/۰۲^{c}	۱/۳۶ ± ۰/۰۶^{c}
∑PUFA	۲۹/۵۶ ± ۱/۷۰^{a}	۲۱/۶۹ ± ۱/۴۸^{c}	۲۶/۵۶ ± ۰/۴۲^{b}	۲۱/۸۷ ± ۰/۲۲^{c}	۲۱/۰۷ ± ۰/۸۸^{c}

ca, b, حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح P<۰/۰۵* میانگین سه تکرار با انحراف معیار

∑SFA مجموع اسید های چرب اشباع، ∑MUFA مجموع اسید های چرب تک غیر اشباع

∑PUFA مجموع اسید های چرب چند غیر اشباع، n-۶ اسید های چرب امگا-۶، n-۳ اسید های چرب امگا-۳

EPA ایکوزاپنتائونیک اسید (۲۰:۵n-۳)، DHA دوکوزاهگزائونیک اسید (۲۲:۶n-۳)

P/S نسبت اسید های چرب اشباع به اسید های چرب غیراشباع

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵: تعداد میکروارگانیزم های ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*) در تیمارهای مختلف (سال ۱۳۸۸) (تعداد کلونی تشکیل شده در گرم)

آنالیز میکروبی	شاهد	انجماد زدایی با مایکروویو	انجماد زدایی در آب	انجماد زدایی در هوا	انجماد زدایی در یخچال
مزوفیل هوازی	۵/۲۸ ± ۰/۱۴^{*a}	۴/۸۲ ± ۰/۱۳^{b}	۴/۵۴ ± ۰/۱۲^{c}	۵/۰۰ ± ۰/۸^{b}	۴/۸۰ ± ۰/۰۲^{b}
سرماگرا	۵/۰۵ ± ۰/۰۶^{a}	۴/۸۴ ± ۰/۰۶^{b}	۴/۶۸ ± ۰/۱۷^{b}	۴/۸۶ ± ۰/۰۶^{b}	۴/۸۴ ± ۰/۱۳^{b}
شوانلا	<۲	<۲	<۲	<۲	<۲
مخمر و کپک	۳/۸۷ ± ۰/۱^{a}	۳/۳۶ ± ۰/۰۴^{cd}	۳/۲۱ ± ۰/۱۵^{d}	۳/۴۲ ± ۰/۱^{bc}	۳/۵۹ ± ۰/۱۴^{b}
کلی فرم	<۲	<۲	<۲	<۲	<۲

*میانگین سه تکرار با انحراف معیار بر حسب لگاریتم بر مبنای ۱۰ ارائه شده است.

a, b, c حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح P<۰/۰۵

فساد اکسیداسیونی چربی در ماهی سفید دریای خزر بعد از انجماد و متعاقب آن انجماد زدایی با افزایش معنی دار در میزان پراکسید همراه گردید. نتایج نشان داد که مقادیر پراکسید نمونه‌های انجماد زدایی شده در آب به طور معنی داری پایین‌تر از سایر روش‌های انجماد زدایی بود (P<۰/۰۵).

مقادیر بازهای نیتروژنی فرار اندازه گیری در ماهی سفید ۱۸/۴۱- ۱۱/۸۳ به دست آمد. انجماد و متعاقب آن انجماد زدایی سبب افزایش مقدار بازهای نیتروژنی فرار گردید (P<۰/۰۵).

با توجه به نتایج، میزان استخراج پروتئین محلول در نمک پس از فرآیند انجماد- انجماد زدایی کاهش یافت (P<۰/۰۵).مقایسه میانگین‌های مقادیر پروتئین محلول در نمک بیانگر این موضوع بود که مقادیر این شاخص در نمونه‌های انجماد زدایی شده در آب به طور معنی داری بالاتر از سایر تیمارهای انجماد زدایی به دست آمد (P<۰/۰۵).

فرآیند انجماد-انجماد زدایی سبب کاهش معنی دار در میزان توانایی عضله در نگهداری آب میان بافتی گردید (P<۰/۰۵)، ولی مقایسه میانگین مقادیر ظرفیت نگهداری آب در تیمارهای مختلف انجماد زدایی بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بین آن‌ها می‌باشد. این فرآیند سبب افزایش سهم اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب تک غیر اشباع و کاهش اسیدهای چرب چند غیر اشباع گردید.

به طور کلی میانگین دامنه تغییرات اسیدهای چرب (اشباع و غیر اشباع) در نمونه‌های انجماد زدایی شده در آب کمتر از سایر تیمارهای انجماد زدایی بود. مقادیر شاخص‌های اسیدهای چرب چند غیر اشباع، $\frac{PUFA}{SFA}$ و EPA+DHA/۱۶:۰ پس از فرآیند انجماد زدایی یک کاهش معنی دار را نشان داد (P<۰/۰۵) و پایین‌ترین دامنه تغییرات این پارامتر در نمونه‌های انجماد زدایی شده در آب به دست آمد.

نتایج آزمون میکروبی نشان داد که تعداد باکتری‌های مزوفیل هوازی، سرماگرا، مخمر و کپک پس از فرآیند انجماد- انجماد زدایی با کاهش همراه بوده است. نتایج حاصل از جدول ۶ نشان داد که تعداد باکتری‌های مزوفیل هوازی در نمونه‌های انجماد زدایی شده در آب به طور معنی دار کمتر از سایر تیمارها بود. بالاترین تعداد مخمر و کپک در نمونه‌های انجماد زدایی شده در یخچال مشاهده شد. تعداد باکتری‌های شوانلّا کلی فرم در همه تیمارها کمتر از ۲ کلونی در گرم (لگاریتم ۱۰) بوده است.

بحث و نتیجه گیری

نتایج آنالیز تقریبی ماهی سفید دریای خزر در این تحقیق مشابه مطالعات قبلی می‌باشد (Pirestani *et al.*, 2009). بعد از اتمام فرآیندهای انجماد زدایی، کاهشی در میزان خاکستر و پروتئین و افزایش در میزان چربی مشاهده گردید که ممکن است به دلیل به وجود آمدن آبچک پس از فرآیند انجماد زدایی و محلول بودن خاکستر و پروتئین در آب چک باشد. احتمالاً دلیل دیگر کاهش پروتئین به خاطر تغییر نسبی ترکیبات شیمیایی عضله و تغییر ماهیت پروتئین بوده است (Castrillon *et al.*, 1996).

نتایج گزارش Castrillon و همکاران در سال ۱۹۹۶ در مورد نگهداری فیله های ساردین به مدت ۴ ماه و سپس انجماد زدایی که منجر به کاهش خاکستر و پروتئین و افزایش چربی گردید، با نتایج حاضر مطابقت داشت. در بین روش‌های انجماد زدایی، کم‌ترین تغییرات در ترکیب تقریبی نمونه‌های انجماد زدایی شده

www.SID.ir

Archive of SID

در آب مشاهده گردید که احتمالاً به دلیل تولید میزان کمتر آب چک در این روش نسبت به سایر تیمارها می‌باشد.

پراکسید شاخصی است که به طور گسترده در ارزیابی میزان اکسیداسیون چربی استفاده می‌گردد و بیانگر اکسیداسیون چربی می‌باشد (رضایی، ۱۳۸۲؛ Chytiri *et al.*, 2004).

نتایج تحقیق حاضر بیانگر تأثیر روش‌های مختلف انجماد زدایی بر میزان پراکسید نمونه‌های تحت مطالعه می‌باشد. صرف نظر از تیمارهای انجماد زدایی، نگهداری ماهی سفید دریای خزر به حالت انجماد منجر به افزایش میزان پراکسید نسبت به ماهی تازه گردید. نتیجه مشابهی از مطالعات Dragoev و همکاران در سال ۱۹۹۸ بر ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و ماکرل (*Scomber scombrus*) و Benjakul و Bauer در سال ۲۰۰۱ بر روی گربه ماهی (*Silurus glanis* Linne) به دست آمده است. در بین تیمارهای مورد مطالعه، کمترین میزان پراکسید در نمونه‌های انجماد زدایی شده در آب مشاهده شد که این موضوع بیانگر شدت اکسیداسیون کمتر نمونه‌های انجماد زدایی شده در آب می‌باشد.

از دست دادن آب و کاهش ظرفیت نگهداری آب در طول دوره انجماد و انجماد زدایی صورت می‌پذیرد که این موضوع ممکن است منجر به سفت‌تر شدن بافت محصول پس از پخت گردد. اندازه گیری ظرفیت نگهداری آب به عنوان یکی از روش‌های مناسب جهت بررسی کیفیت ماهی در طول دوره انجماد و انجماد زدایی مطالعات محققان مختلف استفاده شده است. به نظر می‌رسد که کاهش ظرفیت نگهداری آب پس از فرآیند انجماد زدایی در ارتباط با تغییر ماهیت و انبوهش پروتئین‌ها، خصوصاً میوزین باشد (Morkore and Lillehort, 2007).

Mackie در سال ۱۹۹۳ گزارش داد که عمل انجماد می‌تواند ظرفیت نگهداری آب را در عضله ماهی کاهش داده و حالت سفتی آن را افزایش دهد که بروز این حالات به واسطه تخریب پروتئین و از دست رفتن خاصیت انعطاف پذیری پروتئین میوفیبریل می‌باشد. همچنین ظرفیت نگهداری آب پایین‌تر نمونه‌های انجماد زدایی شده در مایکروویو احتمالاً به خاطر تأثیر شدید مایکروویو بر تغییر ماهیت پروتئین می‌باشد (Srinivasan *et al.*, 1997).

Cheng و همکاران در سال ۱۹۷۹ گزارش نمودند که کاهش ظرفیت نگهداری آب بافت‌ها در طی دوره انجماد با کاهش حلالیت پروتئین میوفیبریل وابسته است و تغییرات کمتر در میزان ظرفیت نگهداری آب نمونه‌های انجماد زدایی شده در آب به دلیل تغییر ماهیت کمتر پروتئین‌های میوفیبریل (محلول در نمک) می‌باشد، به طوری که نتایج پروتئین محلول در نمک (جدول ۲) موید این امر بود.

تغییرات درصد ترکیب اسیدهای چرب بیانگر اکسیداسیون اسیدهای چرب چند غیر اشباع طی فرآیند انجماد- انجماد زدایی در هر دو ماهی بوده است.

نتایج مشابهی در مطالعات Castrillon و همکاران در سال ۱۹۹۶ بر روی ماهی منجمد ساردین (*Clupea pilchardus*) مشاهده شده که در آن مقدار اسیدهای چرب ۱۶:۱، ۱۶:۰، ۱۴:۰ و n-۹ ۱۸:۱ پس از فرآیند انجماد– انجماد زدایی در یخچال با افزایش و مقدار ایکوزاپنتائونیک اسید و دوکوزاهگزائونیک اسید با کاهش همراه بوده است.

نتایج مشابهی از کاهش ترکیبات اسیدهای چرب چند غیر اشباع و افزایش ترکیبات اسیدهای چرب اشباع در مطالعه انجام شده بر ماهی کپور معمولی و ماکرل نگهداری شده به حالت انجماد به دست آمد (Dragoev *et al.*, 1998).

کاهش اسیدهای چرب چند غیر اشباعی بعد از فرآیند انجماد- انجماد زدایی به دلیل اکسیداسیون خود به خودی این اسیدهای چرب می‌باشد (Castrillon *et al.*, 1996). تغییرات کمتر در میزان اسیدهای چرب چند غیر اشباع در نمونه‌های انجماد زدایی شده در آب را می‌توان ناشی از اکسیداسیون و هیدرولیز چربی آهسته‌تر نسبت به سایر تیمارها نسبت داد، به طوری که نتایج حاصل از شاخص پراکسید موید این امر بود.

Nazemroaya و همکاران در سال ۲۰۰۹ بیان نمودند که نسبت مجموع مقادیر ایکوزاپنتائونیک اسید و دوکوزاهگزائونیک اسید به اسید پالمتیک (EPA+DHA/C16:0) شاخص خوبی برای اندازه گیری اکسیداسیون چربی است که در این مطالعه بیشترین نسبت مذکور در هر دو ماهی در نمونه‌های انجماد زدایی شده در آب مشاهده گردید.

میکروارگانیسم های غیر فعال شده در طول دوره انجماد، در هنگام انجماد زدایی منجر به فساد میکروبی محصول خواهند شد (Hui *etal.*, 2004). در واقع ممکن است در طول انجماد زدایی غذاهای منجمد به همان میزان غذاهای غیر منجمد در اثر رشد میکروبی فاسد شوند و این فعالیت میکروبی در ماهی بعد از انجماد زدایی بستگی به درجه تازگی ماده اولیه، میکروفلورهای طبیعی بافت ماهی و روش‌های مورد استفاده برای انجماد زدایی باشد (Hui *etal.*, 2004). نتایج مشابهی در مطالعات Ersoy و همکاران در سال ۲۰۰۸ مبنی بر کاهش بار میکروبی در اثر

www.SID.ir

Archive of SID

فرآیند انجماد-انجماد زدایی روی مارماهی‌های مهاجر (*Anguilla anguilla*) به دست آمده است. در بین تیمارهای مختلف، کم‌ترین تعداد باکتری‌های مزوفیل هوازی در نمونه‌های انجماد زدایی شده در آب مشاهده شد که این موضوع احتمالاً به این خاطر است که رشد و توسعه میکروارگانیسم ها از هوا به واسطه انجماد زدایی در آب محدود می‌گردد. در مورد روند تغییرات مخمر و کپک نیز نتایج مشابهی توسط بر روی مارماهی منجمد بدست آمد که نشان داد بالاترین مقدار مخمر و کپک در نمونه‌های انجماد زدایی شده در یخچال می‌باشد (Ersoy *et al.*, 2008).

مجموع نتایج حاصل از آزمایشات شیمیایی، بیوشیمیایی و میکروبی در ماهی سفید دریای خزر منجمد، حاکی از تغییر این شاخص‌ها نسبت به نمونه شاهد می‌باشد. اما به طور کلی نتایج تحقیق حاضر استفاده از روش انجماد زدایی در آب را در حفظ کیفیت ماهی سفید دریای خزر مورد تایید قرار می‌دهد. ضمن این که این روش اقتصادی بوده و همچنین از افت وزن جلوگیری نموده و می‌تواند اهمیت کاربردی قابل توجهی را به همراه داشته باشد.

منابع

پروانه، و.، ۱۳۷٤. کنترل کیفی و آزمایشگاه‌های شیمیایی مواد غذایی. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۲۵ ص.

رضائی، م.، ۱۳۸۲. اثرات دما و مدت زمان نگهداری به حالت انجماد در تغییرات چربی ماهی کیلکای آنچوی. پایان نامه دکترای دانشگاه تربیت مدرس، ۹۳ ص.

Abdolmaleki, S. and Ghaninezhad, D., 2007. Stock assessment of the Caspian Kutum (*Rutilus frisii kutum*) in the Iranian coastal waters and Caspian Sea. Iranian Journal of Fish Science, 16: 113-116.

Alizadeh, E., Chapleau, N., Lamballerie, M.D. and LeBail, A., 2007. Effects of freezing and thawing processes on the quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. Journal of Food Science, 72: 279-284.

AOAC, 2000. Official methods of analysis. 17ed. Association of Official analytical Chemists, Washington, Dc.

Benjakul, S. and Bauer, F., 2001. Biochemical and physicochemical changes in catfish (*Silurus glanis* Linne) muscle as influenced by different freeze-thaw cycles. Food Chemistry, 72: 207-217.

Bligh, E.G. and Dyer, W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry Physiology, 37: 911-917.

Boonsomrej, S., Chaiwanichsiri, S., Tantratian, S., Suzuki, T. and Takai, R., 2007. Effects of freezing and thawing on the quality changes of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by air-blast and cryogenic freezing. Journal of Food Engineering, 80: 292-299.

Castrillon, A.M., Alvarez-pontes, E., Garcia-Arias, M.T. and Navarro, P., 1996. Influence of frozen storage and defrosting on the chemical and nutritional quality of sardine (*Clupea pilchardus*). Journal of the Science of Food and Agriculture, 70: 29-34.

Cheng, C.S., Hamann, D.D., Webb, N.B. and Sidwell, V., 1979. Effects of species and storage on minced fish gel texture. Journal of Food Science, 44: 1087-1092.

Chytiri, S., Chouliara, I., Savvaidis, I.N. and Kontominas, M.G., 2004. Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. Food Microbiology, 21: 157-165.

Cousin, M.A., Jay, J.M. and Vasavada, P.C., 1992. Psychrotrophic microorganisms. In:Vanderzand C. and Splittstoesser, D.F., Editors, 1992. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods (3rd ed.), American Public Health Association, Washington DC, pp 153–168.

de Castro, F.A.F., Pinheiro Sant´Ana, H.M., Campos, F.M., Brunoro Costa, N.M., Coelho Silva, M.T., Salarlo, A.L. and Franceschini, S.D.C., 2007. Fatty acid composition of three freshwater fishes under different storage and cooking processes. Food Chemistry, 103: 1080-1090.

Dragoev, S.G., Kiosev, D.D., Danchev, S.A., Ioncheva, N.I. and Genove, N.S., 1998. Study on the oxidative processes in frozen fish. Bulgarian Journal of Agriculture Science. 4:55-65.

Egan, H., Kirk, R.S. and Sawyer, R., 1997. Pearson's chemical analysis of food. p.609-634 (9thed), Longman Scientific and Technical.

Ersoy, B., Aksan, E. and Özeren, A., 2008. The effect of thawing methods on the quality of eels (*Anguilla anguilla*). Food Chemistry, 111: 377-380.

Evans, J.A., 2008. Frozen food Science and Technology. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK. pp. 1-26.

Hui, Y.H., Cornillon, P., Legarreta, I.G., Lim, H.M., Murrell, K.D. and Nie, W.K., 2004. Handbook of frozen foods. Marcel Dekker, Inc.

www.SID.ir

Archive of SID

in ice storage of slices of hake (*Merluccius merluccius*). Food Chemistry, 61: 23-28.

Pirestani, S., Sahari, A., Barzegar, M. and Seyfabadi, S. J., 2009. Chemical composition and minerals of same commercially important fish species from the south Caspian Sea. International Food Research Journal, 16: 39-44.

Rye, H.S., Lee, K.W. and Lee, K.H., 1994. Effects of processing condition on nutritional qualities of seafood, Effects of cryoprotctants on the protein qualities of Pollock surimi, Bulletin of the Korean Fisheries Society, 27: 335-342.

Srinivasan, S., Xiong, Y.I. and Blanchard, S. P., 1997. Effects of freezing and thawing method and storage time on Thermal properties of freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*). Journal of the Science Food and Agriculture, 75: 37-44.

Zar, J.H., 1999. Biostatistical Analysis. Prentice Hall International, Inc, 660p.

Zhu, S., Ramaswamy, H.S. and Simpson, B. K., 2004. Effect of high-pressure versus conventional thawing on color, drip loss and texture of Atlantic salmon frozen by different methods. Lebensmittel-Wissenchaft und-Technologie, 37: 291-299.

Mackie, I. M., 1993. The effects of freezing on flesh proteins. Food Reviews International, 9: 575-610.

Metcalfe, L.D., Schmitz, A.A. and Pelka, J.R.J.R., 1966. Rapid preparation of fatty acids esters from lipids for gas chromatographic analysis. Annals of Chemistry, 38: 524-535.

MØrkØre, T. and Lilleholt, R., 2007. Impact of freezing temperature on quality of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). Journal of Texture Studies, 38: 457-472.

Nazemroaya, S., Sahari, M.A. and Rezaei, M., 2009. Effect of frozen storage on fatty acid composition and change in lipid content of *Scomberomorus commerson*and *Carcharhinus dussumieri*. Journal of Applied Ichthyology, 25: 91-95.

Nilsson, K. and Ekstrand, B., 1995. Frozen storage and thawing methods affect biochemical and sensory attributes of Rainbow trout. Journal of Food Science, 60: 627-630.

Pastoriza, L., Sampedro, G., Herrera, J.J. and Cabo, M.L., 1998. Influence of sodium chloride and modified atmosphere packaging on microbiological, chemical and sensorial properties

www.SID.ir