مجله شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آزادشهر / ISSN: 2008-0026 سال هشتم، شماره چهارم، زمستان ۹۳ / صفحات: ۱۲-۱

تأثیر روش‌های انجمادزدایی بر شاخص‌های شیمیایی، بیوشیمیایی و حسی ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii kutum*)

*سیدروح‌الله جوادیان[۱]، مسعود رضایی[۲]، مهدی سلطانی[۳]، محمد کاظمیان[۴]، رضا پورغلام[۵] و سمیه بهرام[۶]

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

تاریخ دریافت: ۹۰/۶/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۲۲

چکیده

اثر تیمارهای مختلف انجمادزدایی (یخچال، آب، دمای محیط، و مایکروویو) روی ویژگی‌های شیمیایی (تیوباربیتوریک اسید، اسیدهای چرب آزاد و ترکیب اسید چرب)، بیوشیمیایی (pH و آب‌چک) و حسی ماهی سفید دریای خزر، (*Rutilus frisii kutum*) منجمد انجام پذیرفت. مقادیر اسیدهای چرب چند غیراشباعی، نسبت اسیدهای چرب چند غیراشباع به اسیدهای چرب اشباع، نسبت مجموع ایکوزاپنتائونیک اسید و دوکوزاهگزائونیک اسید به پالمتیک اسید، pH و بار میکروبی نسبت به نمونه‌های تازه (غیرمنجمد) به‌عنوان نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰۵). مقادیر تیوباربیتوریک اسید، اسیدهای چرب آزاد، اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب تک غیراشباع نسبت به نمونه‌های تازه (غیرمنجمد) به‌عنوان نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). همچنین نتایج ارزیابی حسی بیانگر افت کیفیت نمونه‌های انجمادزدایی شده در مقایسه با نمونه شاهد بوده (P<۰/۰۵) است. پایین‌ترین مقادیر شاخص‌های شیمیایی، بیوشیمیایی و نمره بوی آبشش در نمونه‌های انجمادزدایی شده در آب مشاهده شد. بنابراین براساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، انجمادزدایی در آب مناسب‌ترین روش برای ماهی سفید دریای خزر منجمد می‌باشد و در حفظ کیفیت ماهی سفید نقش به‌سزایی دارد.

واژه‌های کلیدی: ماهی سفید دریای خزر، انجمادزدایی، انجماد، شاخص‌های حسی

مقدمه

محصولات شیلاتی به‌عنوان غذاهای بسیار فسادپذیر به حساب می‌آیند و تخریب کیفیت سریع‌تر منجر به عمر ماندگاری کوتاه‌تر این غذاها در مقایسه با سایر محصولات غذایی می‌گردد (Gobantes و همکاران، ۱۹۹۸). فرآیند انجماد برای کند کردن نرخ فعالیت‌های شیمیایی، بیوشیمیایی و جلوگیری از رشد میکروبی در مواد غذایی به‌کار می‌رود (Maqsood و Benjakul، ۲۰۱۰). به هر حال ممکن است گوشت ماهی طی فرآیندهای انجماد و انجمادزدایی با افت شاخص‌های کیفی مانند تغییر ماهیت پروتئین[۱]، اکسیداسیون چربی عضله ماهی، تخریب رنگ و طعم، تغییرات بافتی و کاهش وزن همراه باشد (Alizadeh و همکاران، ۲۰۰۷؛ Zhu و همکاران، ۲۰۰۳؛ Srinivasan و همکاران، ۱۹۹۷). این تغییرات بر روی خصوصیات حسی تأثیر گذاشته و باعث آسیب رساندن

*مسئول مکاتبه: ro.javadian@gmail.com

1- Protein denaturation

Archive of SID
www.SID.ir

به کیفیت فیزیکوشیمیایی و بافتی می‌شود (Srinivasan و همکاران، ۱۹۹۷؛ Nilsson و Ekstrand، ۱۹۹۵). میزان افت کیفیت به فاکتورهای زیادی مانند آماده‌سازی محصول قبل از انجماد، روش انجماد، نوسانات دما و شیوه انجمادزدایی بستگی دارد (Ersoy و همکاران، ۲۰۰۸؛ Boonsumrej و همکاران، ۲۰۰۷). به‌علت فعالیت آنزیمی و میکروبی، باید حداقل درجه حرارت محیطی برای تضمین فرآیند انجمادزدایی در نظر گرفته شود (Alizadeh و همکاران، ۲۰۰۷). این موضوع یک مسأله مهم برای فرآیندهای انجمادزدایی معمول به حساب می‌آید، چرا که استفاده از دمای پایین‌تر، سبب کاهش اختلاف دما بین نمونه منجمد و محیط (به‌عنوان نیروی محرک اصلی برای فرآیند انجمادزدایی) می‌گردد (Zhu و همکاران، ۲۰۰۳؛ Alizadeh و همکاران، ۲۰۰۷). انجمادزدایی 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 و همکاران، ۲۰۰۸). روش‌های مناسبی از انجمادزدایی در یخچال و مایکروویو[1] برای بسیاری از بافت‌های حیوانی وجود دارد. انجمادزدایی در مایکروویو سریع‌تر انجام گرفته و هدایت گرما در این روش به‌صورت یکنواخت بوده و به همین دلیل اثرات آسیب به بافت‌ها را به حداقل می‌رساند (Boonsumrej و همکاران، ۲۰۰۷). انجمادزدایی 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 و همکاران، ۲۰۰۸). مطالعاتی در زمینه تأثیر فرآیند انجمادزدایی بر خصوصیات شیمیایی و میکروبی محصولات شیلاتی منجمد صورت پذیرفته است (Nilsson و Ekstrand، ۱۹۹۵؛ Alizadeh و همکاران، ۲۰۰۷؛ Boonsumrej و همکاران، ۲۰۰۷؛ Ersoy و همکاران، ۲۰۰۸). اما مطالعات کمی در مورد اثر روش‌های مختلف انجمادزدایی بر روی کیفیت فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و حسی ماهی کامل[2] (Whole fish) منجمد (Ersoy و همکاران، ۲۰۰۸) صورت پذیرفت.

ماهی سفید دریای خزر یکی از ماهیان با ارزش شیلاتی سواحل جنوبی خزر بوده و بیش از ۵۰ درصد جمعیت صید ماهیان استخوانی را شامل می‌شود (Abdolmaleki و Ghaninejad، ۲۰۰۷). 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 به‌عنوان روشی کارآمد مورد استفاده قرار می‌گیرد، به‌کارگیری شیوه صحیح انجمادزدایی چه به‌صورت خانگی و چه صنعتی می‌تواند محصولی با کیفیت بالا و ارزش تغذیه‌ای مناسب را در اختیار قرار دهد، از همین رو این پژوهش به دنبال بررسی اثر روش‌های مختلف انجمادزدایی روی کیفیت شیمیایی، بیوشیمیایی و حسی ماهی سفید دریای خزر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه ماهی، آماده‌سازی نمونه‌ها و انجماد: برای انجام این پژوهش، ماهی سفید مورد نیاز با میانگین وزنی ۷۲۶/٤±۲۵/٤ گرم در آبان‌ماه ۱۳۸۸ از صید پره سواحل شهرستان محمودآباد تهیه گردید. انتخاب ماهیان به‌صورت تصادفی و از بین ماهیان هم‌اندازه و سالم صورت پذیرفت. پس از شستشو با آب شیرین، ماهی‌ها در یونولیت با یخ نگهداری شدند و به کارخانه فرآوری کیان ماهی خزر واقع در شهرستان بابلسر به‌منظور بسته‌بندی در خلاء[3] و انجماد سریع[4]

1- Microwave

2- Whole fish
3- Vacuum packaging
4- Quick freezing

Archive of SID

www.SID.ir

(۳۵- درجه سانتی‌گراد) انتقال داده شدند و سپس در دمای (۱۸- درجه سانتی‌گراد) برای سه ماه نگهداری شدند. به‌منظور بررسی اثر روش‌های انجمادزدایی روی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و حسی ماهی سفید نمونه‌های انجمادزدایی شده با مقادیر یافت شده در نمونه‌های تازه از همان گروه مقایسه شدند.

فرآیند انجمادزدایی[1]: فرآیند انجمادزدایی در یخچال (٤ درجه سانتی‌گراد برای مدت ٤ ساعت)، در آب (۱۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲ ساعت و در کیسه‌های پلی‌اتیلن)، در هوا (در یک درجه محیطی ۱۸ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۲ ساعت) و مایکروویو (۲٤٥۰ مگاهرتز و ۵۰۰ وات به‌مدت ۵ دقیقه صورت پذیرفت) (Ersoy و همکاران، ۲۰۰۸). نمونه‌های تازه و انجمادزدایی شده در یک چرخ گوشت استیل ضدزنگ و مخلوط‌کن همگن گشته و براساس روش شیمیایی، بیوشیمیایی و حسی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

آنالیز شیمیایی، بیوشیمیایی و ارزیابی حسی: مقادیر تیوباربیتوریک اسید و اسیدهای چرب آزاد به روش Egan و همکاران (۱۹۹۷)، در مورد شاخص‌های بیوشیمیایی برای اندازه‌گیری pH از روش Suvanich و همکاران (۲۰۰۰) و میزان آب‌چک به روش Rouille و همکاران (۲۰۰۲) صورت پذیرفت. برای اندازه‌گیری ترکیب اسیدهای چرب، چربی با کلروفرم/ متانول استخراج شد (Bligh و Dyer، ۱۹۵۹) و اسیدهای چرب با BF_3 در متانول متیله شدند. اسیدهای چرب متیل استر به‌وسیله n- هگزان بازیافت شدند (Metcalfe و همکاران، ۱۹٦٦). برای بررسی و شناسایی اسیدهای چرب موجود در نمونه از دستگاه گازکروماتوگراف (GC) مدل Varian CP-3800 مجهز به ستون کاپیلاری از نوع (SGE BPX70 ۱۲۰ m × ۰/۲۵ mm) و آشکارساز نوع FID[2] موجود در گروه شیلات دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، استفاده گردید. دمای آشکارساز و محل تزریق به‌ترتیب بر روی ۲۳۰ و ۲٦۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. ۱ میکرولیتر از نمونه استری با استفاده از سرنگ میکرولیتری به دستگاه گاز کروماتوگراف تزریق شد. دمای اولیه ستون روی ٦۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. بعد از مدت ۱۰ دقیقه، دمای ستون با سرعت ۲ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد. به‌مدت ۸۵ دقیقه دما در این درجه باقی ماند. در این روش از گاز هلیم (با خلوص ۹۹/۹۹۹۹ درصد) به‌عنوان گاز حامل و گاز هیدروژن به‌عنوان سوخت، ازت (با خلوص ۹۹/۹۹۹۹ درصد) به‌عنوان گاز کمکی و هوای خشک استفاده شد. مقادیر اسید چرب به‌صورت درصد سطح زیرپیک از کل بیان شد (de Castro و همکاران، ۲۰۰۷). برای اندازه‌گیری شاخص‌های ارزیابی حسی ماهی خام در هر نوبت آزمایش پنج عدد ماهی انتخاب و شاخص‌های ارزیابی حسی طبق روش Lin و Morrissey (۱۹۹٤) (جدول ۱) توسط پنج نفر ارزیاب آموزش دیده اندازه‌گیری شد.

در مورد ماهیان پخته شده نیز، تست ارگانولپتیک برای ارزیابی روش‌های انجمادزدایی بر روی خواص حسی ماهی صورت گرفت. ارزیابی نمونه‌ها توسط ۵ فرد که قبل از تست نمونه‌ها، آموزش دیده بودند (افراد نیمه آموزش‌دیده) انجام پذیرفت. نمونه‌های ماهی شاهد و نمونه‌های انجمادزدایی به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد بخار پز شدند. نمک به‌میزان ۱/۵ درصد افزوده شد. بافت، طعم، بد طعمی و ظاهر نمونه‌ها با مقیاس هدونیک با اصطلاحات توصیفی زیر رتبه‌بندی شد: بافت (۵، بافت ماهی تازه؛ ۰، بافت خمیری)؛ ظاهر (۵، عالی؛ ۱؛ خیلی بد)، بد طعمی (۰، وجود ندارد؛ ۵، بسیار شدید)؛ طعم (۵، عالی؛ ۱، خیلی بد)؛ (Namulema و همکاران، ۱۹۹۹).

1- Thawing
2- Flame ionization detector

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱- معیار برای اندازه‌گیری فاکتورهای حسی مورد آزمون (Lin و Morrissey، ۱۹۹٤).

بافت	ظاهر عمومی	بوی آبشش	ظاهر آبشش	چشم	نمره
بافت سفت و قابلیت ارتجاعی دارد. فرورفتگی ناشی از فشار دست به سرعت برطرف می‌گردد.	ظاهر عمومی خوب بوده و پوست درخشنده و شفاف است.	آبشش ماهی بوی تازگی و خاص گونه را دارد.	آبشش به رنگ قرمز روشن بوده و اندکی موکوس دارد.	چشم شفاف و روشن بوده و حالت محدب دارد.	۰
بافت سفت و تا حدی قابلیت ارتجاعی خود را از دست داد. فرورفتگی ناشی از فشار دست به آهستگی برطرف می‌گردد.	ظاهر عمومی خوب بوده و پوست تا حدی درخشندگی خود را از دست داده است.	بوی خاص ماهی از بین رفته و آبشش فاقد بو می‌گردد.	آبشش به رنگ قرمز بوده و مقداری موکوس دارد.	چشم اندکی کدر گشته و تا حدی تحدب آن کم شده است.	۱
بافت سفتی کمی دارد فرورفتگی ناشی از فشار دست ممکن است در بافت باقی بماند.	درخشندگی ماهی و رنگ پوست آن کم شده است.	بوی آبشش تندی کم تا متوسطی دارد.	رنگ آبشش قرمز صورتی تا قهوه‌ای بوده و دارای مقداری موکوس است.	تحدب چشم از بین رفته و چشم متمایل به شیری رنگ شده است.	۲
بافت کاملاً نرم است.	پوست ماهی فاقد درخشندگی بوده و رنگ آن محوگشته است.	بوی آبشش خیلی تند و تعفن‌آور است.	رنگ آبشش قهوه‌ای بوده و ممکن است دارای موکوس زیادی باشد.	چشم بدون تحدب، فرورفته و شیری رنگ است.	۳

آنالیز آماری: تجزیه و تحلیل آماری با نرم‌افزار SPSS16 صورت گرفت. به‌منظور تجزیه و تحلیل مقادیر کمی به‌دست آمده از آزمایش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی پس از کنترل نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگرف- اسمیرنوف[1] از تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده گردید. همچنین برای مقایسه میانگین‌ها در مواردی که اثر کلی تیمارها معنی‌دار شناخته شد از آزمون دانکن[2] استفاده گردید. لازم به ذکر است که در تمامی مراحل تجزیه و تحلیل، خطای مجاز، ۵ درصد در نظر گرفته شد (Zar، ۱۹۹۹). همچنین به‌منظور بررسی اثر تیمارها بر خصوصیات حسی نمونه‌ها از آزمون کروسکال والیس[3] و آزمون من‌ویتنی- یو[4] استفاده گردید (Wheater و Cook، ۲۰۰۲).

نتایج

جدول‌های ۲ تا ٦، مقادیر اندازه‌گیری شده شاخص‌های شیمیایی، بیوشیمیایی، اسید چرب، ارزیابی حسی ماهی خام و پخته ماهی سفید را نشان می‌دهد.

جدول ۲- مقادیر شاخص‌های شیمیایی فساد ماهی سفید دریای خزر در تیمارهای مختلف.

شاخص / تیمار	شاهد	انجمادزدایی در مایکروویو	انجمادزدایی در آب	انجمادزدایی در هوا	انجمادزدایی در یخچال
TBA	۰/۰٤۰±۰/۰۲^{c}	۰/۵۹±۰/۰٦^{a}	۰/۲۱±۰/۰۳^{b}	۰/٤۷±۰/۱۳^{a}	۰/۵۳±۰/۹^{a}
FFA	۰/۱٤±۰/۱۷^{b}	۳/۷٤±۰/۳۲^{a}	۳/٦۸±۰/۱۲^{a}	۳/۷۸±۰/۳۹^{a}	٤/۱۲±۰/۱۵^{a}

اختصارات: TBA: تیوباربیتوریک اسید بر حسب میلی‌گرم مالون دی‌آلدئید در کیلوگرم بافت، FFA: درصد اسید چرب آزاد بر حسب اسید اولئیک.

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است.

1- Kolomograv-smirnov
2- Duncan's multiple range tests
3- Kruskal-wallis Ttest
4- Mann-whitney Utest

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳- مقادیر شاخص‌های بیوشیمیایی فساد ماهی سفید دریای خزر در تیمارهای مختلف.

شاخص / تیمار	شاهد	انجمادزدایی در مایکروویو	انجمادزدایی در آب	انجمادزدایی در هوا	انجمادزدایی در یخچال
pH	٦/٨٥±٠/٠٨^{a}	٦/٥٦±٠/٠١٦^{b}	٦/٥٠±٠/٠٧^{b}	٦/٤٨±٠/٠٤^{b}	٦/٤٨±٠/٠٧^{b}
Th.L	-	٣/٣١±٠/٢٦^{a}	١/٤٨±٠/٣٥^{b}	٢/٩٩±٠/٦٣^{a}	٣/٠٦±٠/٢٢^{a}

* اختصارات: Th.L آب‌چک بر حسب درصد.

جدول ٤- تغییرات درصد ترکیب اسید چرب ماهی سفید دریای خزر در تیمارهای مختلف.

اسید چرب/ تیمار	شاهد	مایکروویو	آب	هوا	یخچال
١٤:٠٠	١/٠٩±٠/٣٣^{b}	١/٤٦±٠/١٣^{ab}	١/٤٤±٠/١٣^{ab}	١/٣١±٠/٢٦^{ab}	١/٦٤±٠/٢٢^{a}
١٥:٠٠	٠/٧±٠/٠١^{b}	٠/٨٣±٠/٠٧^{a}	٠/٨٢±٠/٠٤^{a}	٠/٦٩±٠/٠٣^{b}	٠/٧٦±٠/٠٨^{ab}
١٦:٠٠	١٣/٣٩±٠/١٥^{c}	١٥/٧٧±٠/٢٢^{a}	١٤/٣٣±٠/٥٦^{b}	١٥/٧٥±٠/١٧^{a}	١٥/٨٢±٠/٠٣٨^{a}
١٧:٠٠	٠/٧٩±٠/٠٣^{a}	٠/٧٩±٠/٠٣^{a}	٠/٦٨±٠/٠١^{b}	٠/٦٣±٠/٠٤^{b}	٠/٧٣±٠/٠٤^{a}
١٨:٠٠	٣/٩١±٠/٤٤^{a}	٤/٢٨±٠/٤٤^{a}	٤/٢٩±٠/٢٧^{a}	٤/٣١±٠/٤٧^{a}	٤/٣٤±٠/٤٤^{a}
٢٠:٠٠	٠/١٤±٠/٠٣^{b}	٠/١٠±٠/٠٠^{bc}	٠/٠٥±٠/٠٢^{c}	٠/١١±٠/٠٣^{b}	٠/٩٢±٠/٠٤^{a}
٢٤:٠٠	٠/٦٤±٠/١^{a}	٠/٥٢±٠/١٣^{a}	٠/٤٨±٠/٠٨^{a}	٠/٤٨±٠/٠١^{a}	٠/٤٨±٠/٠٨^{a}
SFA∑	٢١/٣٦±٠/٦٤^{c}	٢٤/٣١±٠/٦٢^{ab}	٢٢/١±٠/٨٥^{c}	٢٣/٨٢±١/٠٨^{b}	٢٥/٢٣±٠/٩٧^{a}
١٤:١	٠/٠٨±٠/٠٣^{a}	٠/٠٨±٠/٠٣^{a}	٠/١٣±٠/٠٤^{a}	٠/١٠±٠/٠٢^{a}	٠/١٣±٠/٠٢^{a}
١٥:١	٠/٣١±٠/٠٣^{ab}	٠/٣٥±٠/٠٤^{a}	٠/٢٢±٠/٠٦^{b}	٠/٢٨±٠/٠٣^{ab}	٠/٣٢±٠/٠٧^{a}
١٦:١	٤/٦٥±٠/٠٢٣^{b}	٧/٩١±١/٠٦^{a}	٧/٠٨±٠/٠٩^{a}	٧/٩٣±٠/٤١^{a}	٧/٩٢±٠/٥٧^{a}
١٨:١n-٩	٢٠/٦٠±٠/٦٣^{d}	٢٦/٣٣±٠/٤٥^{b}	٢٤/٩٣±٠/٥٤^{c}	٢٨/٣٦±٠/٩٤^{a}	٢٧/٣١±٠/٤١^{ab}
١٨:١n-٧	٣/٢٠±٠/٠٨^{d}	٤/٠٨±٠/٢٠^{ab}	٣/٨٢±٠/٠٧^{bc}	٣/٥٩±٠/٠٦^{ca}	٤/٢١±٠/٣٢^{a}
٢٠:١	١/٩٧±٠/٢٢^{b}	١/٩٥±٠/١٠^{b}	٢/٠٤±٠/١٧^{b}	٢/٢١±٠/٠٧^{ab}	٢/٣٧±٠/٢٢^{a}
٢٤:١	٠/٠٥±٠/٠١^{b}	٠/٨٣±٠/٠٣٥^{a}	٠/٩٩±٠/٠٩^{a}	٠/٩٣±٠/٠٤^{a}	٠/٨٣±٠/١٢^{a}
١٧:١	٠/٩٥±٠/٠٦^{a}	٠/٨٣±٠/٠٣^{ab}	٠/٥٩±٠/٠٣^{b}	٠/٨٧±٠/٠٥^{ab}	٠/٩١±٠/١٦^{ab}
∑MUFA	٣١/٨١±٠/٥٧^{c}	٤٢/٠٢±٠/٨٧^{a}	٣٩/٢٨±٠/٢١^{b}	٤٣/٣٨±١/٣٤^{a}	٤٣/١٧±٠/٦٧^{a}
١٨:٢n-٦	١/٩٣±٠/١٢^{a}	١/٢٨±٠/٠٥^{b}	١/٨٠±٠/٢^{a}	١/٢٥±٠/٢٣^{b}	١/١٥±٠/٠٢^{b}
٢٠:٣n-٦	٠/٥١±٠/٤^{a}	٠/٤٢±٠/٠٤^{b}	٠/٤٤±٠/٠٤^{a}	٠/٤٤±٠/٠٢^{b}	٠/٤٥±٠/٠٣^{b}
٢٠:٤n-٦	٤/٧٨±١/١٣^{a}	٣/٥٩±٠/٠٣٥^{b}	٤/٠٠±٠/٢٩^{ab}	٣/٦٢±٠/١٢^{b}	٣/٥٢±٠/٤٤^{b}
n-٦	٧/٥٧±١/٢٢^{a}	٥/٥١±٠/٠٣٢^{b}	٦/٢٥±٠/٣٢^{b}	٥/٥٧±٠/٣٢^{b}	٥/٤٢±٠/٣٩^{b}
١٨:٣n-٣	٠/٥٥±٠/١٤^{a}	٠/٥٤±٠/٠٧^{a}	٠/٤١±٠/٠٨^{a}	٠/٤٤±٠/١٣^{a}	٠/٥٠±٠/٠٢^{a}
EPA	٦/٣١±٠/٤٨^{a}	٤/١٩±٠/٦١^{c}	٥/٢٦±٠/١٦^{b}	٤/٣٠±٠/٣٨^{c}	٤/١١±٠/٤٨^{c}
DHA	١٦/٨٥±٠/٢٣^{a}	١١/٣٧±٠/٥٨^{b}	١٣/٠٦±٠/٤^{b}	١١/٤٢±٠/٠٧^{c}	١١/٠٥±٠/٣٦^{c}
n-٣	٣٣/٧٤±٠/٣١^{a}	١٦/١٨±١/١٦^{c}	١٨/٨٢±٠/٦^{b}	١٦/٢٩±٠/٥٣^{c}	١٥/٦٦±٠/٧٧^{c}
$\frac{EPA+DHA}{١٦:٠٠}$	١/٧٢±٠/٠٢^{a}	٠/٩٩±٠/٠٧^{c}	١/٢٨±٠/٠٤^{b}	١/٠٠±٠/٠٣^{c}	٠/٩٦±٠/٠٤^{c}
$\frac{n-٣}{n-٦}$	٣/٢٠±٠/٥٢^{a}	٢/٩٣±٠/٠٥^{a}	٣/٠٢±٠/١٩^{a}	٢/٩٣±٠/٢٦^{a}	٢/٩٠±٠/٢٥^{a}
P/S	٢/٢١±٠/١٠^{a}	١/٣٨±٠/٠٩^{c}	١/٨٥±٠/١^{b}	١/٣٩±٠/٠٣^{c}	١/٣٦±٠/٠٦^{c}
PUFA∑	٢٩/٥٦±١/٧٠^{a}	٢١/٦٩±١/٤٨^{c}	٢٦/٥٦±٠/٤٣^{b}	٢١/٨٧±٠/٢٢^{c}	٢١/٠٧±٠/٨٨^{c}

∑SFA: مجموع اسیدهای چرب اشباع، ∑MUFA: مجموع اسیدهای چرب تک غیراشباع، ∑PUFA: مجموع اسیدهای چرب چند غیراشباع، n-٦: اسیدهای چرب امگا-٦، n-٣: اسیدهای چرب امگا-٣، EPA: ایکوزاپنتائونیک اسید (٢٠:٥n-٣)، DHA: دوکوزاهگزائونیک اسید (٢٢:٦n-٣) و P/S: نسبت اسیدهای چرب اشباع به اسیدهای چرب غیراشباع.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- امتیاز[1] ارزیابی حسی در تیمارهای مختلف ماهی سفید دریای خزر.

شاخص	شاهد	انجمادزدایی در مایکروویو	انجمادزدایی در آب	انجمادزدایی در هوا	انجماد در یخچال
بافت	۰/۲±۰/۰۶^{b}	۱/۸۹±۰/۰۹^{a}	۱/۷۸±۰/۰۸^{a}	۱/۹۱±۰/۰۶^{a}	۱/۸۰±۰/۱۵^{a}
ظاهر عمومی	۰/۲± ۰/۰۹^{b}	۱/۳۰±۰/۲۲^{a}	۱/۴۱±۰/۰۷^{a}	۱/۴۶±۰/۰۹^{a}	۱/۳۱±۰/۳۱^{a}
ظاهرآبشش	۰/۲۹±۰/۱۱^{b}	۱/۵۱±۰/۱^{a}	۱/۴۷±۰/۲۲^{a}	۱/۴۷±۰/۱۳^{a}	۱/۷۱±۰/۰۶^{a}
بوی آبشش	۰/۱۱±۰/۶^{b}	۱/۶۸±۰/۱۱^{a}	۱/۲۶±۰/۰۵^{a}	۱/۹۶±۰/۲۹^{a}	۱/۶۴±۰/۹^{a}
رنگ چشم	۰/۱۷±۰/۹^{b}	۱/۴۸±۰/۸۵^{a}	۱/۴۸±۰/۰۳^{a}	۱/۵۶±۰/۰۷^{a}	۱/۵۷±۰/۱۹^{a}

عالی= ۰، خوب= ۱، قابل پذیرش= ۲ و نامطلوب > ۲.

جدول ۶- امتیاز ارزیابی حسی در نمونه‌های بخارپز تیمارهای مختلف در ماهی سفید دریای خزر.

شاخص/ تیمار	شاهد	انجمادزدایی در مایکروویو	انجمادزدایی در آب	انجمادزدایی در هوا	انجمادزدایی در یخچال
بافت	۵±۰/۰۰^{a}	۲/۸۹±۰/۱۹^{b}	۳/۱۱±۰/۱۹^{b}	۳/۰۰±۰/۰۰^{b}	۳/۱۱±۰/۱۹^{b}
ظاهر	۴/۶۸±۰/۳۲^{a}	۴/۴۴±۰/۲^{a}	۴/۵۶±۰/۲^{a}	۴/۴۸±۰/۱۷^{a}	۴/۴۷±۰/۲۴^{a}
طعم	۴/۸۴±۰/۱۷^{a}	۴/۵۶±۰/۲^{a}	۴/۸۱±۰/۱۲^{a}	۴/۶۰±۰/۱۳^{a}	۴/۶۲±۰/۱۲^{a}
بد طعمی	۰/۰۰^{b}	۰/۴۵±۰/۳۹^{ab}	۰/۳۳±۰/۲۸^{ab}	۰/۵۶±۰/۲^{a}	۰/۴۴±۰/۳۹^{ab}

فساد اکسیداسیونی چربی در ماهی سفید دریای خزر بعد از انجماد و به دنبال آن انجمادزدایی با افزایش معنی‌دار (P<۰/۰۵) در میزان تیوباربیتوریک اسید مشخص گردید و در بین تیمارهای مختلف انجمادزدایی بالاترین مقادیر تیوباربیتوریک اسید اندازه‌گیری شده در نمونه‌های انجمادزدایی شده در مایکروویو بود. همچنین نتایج نشان داد که مقادیر تیوباربیتوریک اسید نمونه‌های انجمادزدایی شده در آب به‌طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) پایین‌تر از سایر روش‌های انجمادزدایی بود. فساد هیدرولیتیکی چربی بعد از فرآیند انجماد- انجمادزدایی مشاهده شد، به‌طوری‌که میزان اسیدهای چرب آزاد در همه تیمارهای انجمادزدایی نسبت به ماهی تازه افزایش معنی‌داری (P<۰/۰۵) را نشان داد ولی مقادیر میانگین این شاخص در هیچ‌یک از تیمارهای انجمادزدایی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند.

همان‌طورکه در نتایج ملاحظه می‌شود، پس از فرایند انجماد- انجمادزدایی pH به‌طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) کاهش می‌یابد، در حالی‌که مقایسه میانگین‌های pH اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای مختلف انجمادزدایی نشان نمی‌دهد. مقدار آب‌چک نمونه‌های انجمادزدایی شده در آب به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از سایر تیمارهای انجمادزدایی بود (P<۰/۰۵) و مقادیر میانگین آب‌چک نمونه‌های سایر روش‌های انجمادزدایی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. فرایند انجماد- انجمادزدایی سبب افزایش سهم اسیدهای

Archive of SID

www.SID.ir

چرب اشباع شده و اسیدهای چرب تک غیراشباع و کاهش اسیدهای چرب چند غیراشباع گردید. به‌طورکلی میانگین دامنه تغییرات اسیدهای چرب (اشباع و غیراشباع) در نمونه‌های انجمادزدایی شده در آب کم‌تر از سایر تیمارهای انجمادزدایی بوده است. مقادیر شاخص‌های اسیدهای چرب چند غیراشباع، $\frac{PUFA}{SFA}$ و EPA+DHA/۱۶:۰ پس از فرایند انجمادزدایی یک کاهش معنی‌دار را نشان داد ($P<۰/۰۵$) و پایین‌ترین دامنه تغییرات این پارامتر در نمونه‌های انجمادزدایی شده در آب به‌دست آمد.

ارزیابی حسی نمونه‌های انجمادزدایی شده و ماهی تازه نشان داد که همه ویژگی‌های مورد مطالعه (چشم، ظاهر آبشش، بوی آبشش، ظاهر عمومی و بافت) پس از فرایند انجماد- انجمادزدایی با کاهش معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) همراه بوده است. ارزیابی حسی به‌عمل آمده از نمونه‌های تیمارهای مختلف انجمادزدایی نشان داد که به‌جز شاخص بوی آبشش در نمونه‌های انجمادزدایی شده در آب که به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) کم‌تر از سایر تیمارها بود، نمونه‌های سایر تیمارهای انجمادزدایی هیچ تفاوت معنی‌داری را در سایر شاخص‌ها با یکدیگر نداشتند. نتایج ارزیابی حسی در ماهی پخته نشان داد که شاخص بافت نمونه‌های انجمادزدایی شده دارای تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) نسبت به نمونه‌های شاهد می‌باشند. همچنین نتایج نشان داد که نمونه‌های انجمادزدایی شده در هوا و یخچال از نظر بدطعمی دارای تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های شاهد می‌باشند.

بحث و نتیجه‌گیری

تیوباربیتوریک اسید شاخصی است که به‌طور گسترده در ارزیابی میزان اکسیداسیون چربی استفاده می‌گردند و بیانگر محصول ثانویه اکسیداسیون چربی می‌باشند (رضایی، ۱۳۸۲؛ Chytiri و همکاران، ۲۰۰٤). بررسی روند تغییرات تیوباربیتوریک اسید نشان می‌دهد که میزان این شاخص پس از فرایند انجماد- انجمادزدایی با یک افزایش معنی‌دار همراه بوده است، این موضوع می‌تواند بیانگر افزایش اکسیداسیون چربی در اثر رهاسازی آنزیم‌های اکسیداتیو و پراکسیدان‌ها از سلول‌های از هم گسیخته در اثر انجمادزدایی باشد (Boonsumrej و همکاران، ۲۰۰۷). نتیجه مشابهی در مطالعات Benjakul و Baur (۲۰۰۷) بر روی گربه‌ماهی *Silurus glanis* (Boonsumerj و همکاران، ۲۰۰۷) به‌دست آمده است. مقادیر TBA نمی‌تواند میزان واقعی فساد اکسیداسیون چربی را نشان دهد زیرا مالون آلدئید ممکن است با سایر اجزا بدن مانند آمین‌ها، نوکلئوزیدها، اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، فسفولیپیدها و سایر آلدئیدها که محصولات پایانی اکسیداسیون چربی هستند، واکنش دهد (Chytiri و همکاران، ۲۰۰٤). در این پژوهش بیش‌ترین مقدار تیوباربیتوریک اسید در نمونه‌های انجمادزدایی شده در مایکروویو مشاهده شد که احتمالاً دلیل آن تولید انرژی بالاتر در مایکروویو می‌باشد که سبب فعال شدن اکسیداسیون چربی می‌گردد (Boonsumrei و همکاران، ۲۰۰۷؛ Ersoy و همکاران، ۲۰۰۸) نتایج مشابهی در مطالعات Ersoy و همکاران (۲۰۰۸) بر روی ماهی مهاجر *Anguilla anguilla* که به روش‌های مختلف انجمادزدایی شده بودند، مشاهده شد. همچنین Boonsumrei و همکاران (۲۰۰۷)

Archive of SID
www.SID.ir

مشاهده نمودند کـه میگـوی ببـری سـیاه (*Penaeus monodon*) انجمادزدایی شـده در مـایکروویو دارای مقـادیر بـالاتری تیوباربیتوریـک اسـید نـسبت بـه میگوهای انجمـادزدایی شـده در یخچـال مـی‌باشـند. اسـیدهای چـرب آزاد در نتیجـه فـساد آنزیمـی و یـا میکروبی چربـی ایجـاد مـی‌شـوند. تعیـین اسـیدهای چـرب آزاد اطلاعـاتی از پایـداری چربـی در طـی نگه‌داری می‌دهـد. تـشکیل اسـیدهای چـرب آزاد بـه تنهایی منجر به کاهش ارزش تغذیـه‌ای فـراورده‌هـای غذایی نمی‌شود امـا مطالعـه میـزان هیـدرولیز چربـی به‌دلیـل اثـر آن بـر اکـسیداسیون چربـی اهمیـت دارد (Aubourg، ۲۰۰۱؛ Nazemroaya و همکـــــاران، ۲۰۰۹). میزان اسـیدهای چـرب آزاد در طـول فراینـد انجماد- انجمادزدایی در مقایسه با ماهی تازه افـزایش یافـــت. افـــزایش میـــزان اســـیدهای چـــرب آزاد در ماهیان نگه‌داری شده در شـرایط انجمـاد از جملـه شـــــیرماهی *Scomberomorus commersoni* و کوسـه چانـه‌سـفید *Carcharhinus dussumieri* (Nazemroaya و همکـــاران، ۲۰۰۹) نیـــز گـــزارش شده است. افزایش اسـیدهای چـرب آزاد در ماهیـان نگـه‌داری شـده در سـرما سـبب تـسریع در فـساد و کاهش کیفیت محصول افزایش اکـسیداسیون چربـی، توسعه طعم نامطلوب[1] و تغییرات بافتی (تغییر ماهیـت پـــروتئین) مـــی‌گـــردد (Shewfelt، ۱۹۸۱). در ایـــن مطالعه نیز اثرات معنـی‌دار افـزایش اسـیدهای چـرب آزاد بر مقدار اکسیداسیون چربی مشهود بود.

pH عضله ماهی در مرحله جمود نعشی و پس از جمود نعشی به‌دلیل تولید اسید لاکتیک[2] و بـسته به گونه، سن، جنس و شرایط تغذیه بـین ۶/۹-۶/۲ متغیر است (Tokur و همکـاران، ۲۰۰۶). pH بـر خواص بافت پیونـدی، روی پراکـسیدان‌هـا (ماننـد افزایش حلالیـت آهـن بـا کـاهش pH) و فعالیـت آنتـی‌اکـسیدان‌هـا اثـر مـی‌گـذارد (Suvanich و همکاران، ۲۰۰۰). با توجه به روند تغییرات pH در ایـن مطالعـه نتـایج مـشابهی در مطالعـه Ersoy و همکاران (۲۰۰۷) مبنی بر تأثیر روش‌های مختلـف انجمادزدایی بر روی pH عـضله مارمـاهی مهـاجر *Anguilla anguilla* نشان داد که pH نمونه‌هـای همه تیمارهای انجمادزدایی در مقایسه با ماهی تازه با کاهش معنی‌داری همراه بوده است.

از دست دادن آب عـضله بـه‌صـورت آب‌چـک تأثیرات نامطلوبی روی تردی و طعـم مـاهی پختـه خواهد داشت آب‌چـک شـامل آب و مـواد غـذایی مترشـحه از سـلول‌هـای از هـم‌گـسیخته در اثـر فرایندهای سرد کردن، ذخیره‌سازی و انجمـادزدایی می‌باشد (Dunn و Rustad، ۲۰۰۸). علاوه‌بر این، آب‌چک باعث کاهش ارزش غذایی محصول شده و یک محیط مناسب برای رشد باکتری‌ها به حـساب می‌آید. بالاتر بودن میزان آب‌چـک در نمونـه‌هـای انجمادزدایی شده در مایکروویو شاید به این دلیـل باشد که مایکروویو یک حرارت سریع را بـه مـواد غذایی وارد می‌سازد که باعث افزایش تبخیر آب از نمونه‌ها می‌گردد. غذاهای منجمد به‌دلیل دارا بـودن فازهای منجمـد، غیرمنجمـد و پـراکنش ناهمـسان چربی غذاهای یکنواختی نیستند و این قسمت‌های مختلف از نظر توانـایی در جـذب انـرژی رادیـو- فرکانسی[3] به‌میزان زیادی با یکدیگر متفاوتند که این موضوع منجر به ایجاد قسمت‌هایی در مواد غـذایی می‌گردند که قبل از انجمادزدایی قسمت‌های دیگـر بیش از حد حـرارت[4] مـی‌بیننـد (Boonsumrej و

1- Off-flavour
2- Lactic acid
3- Radio-frequency
4- Over heat

Archive of SID

www.SID.ir

همکاران، ۲۰۰۷). نتایج مشابهی در مطالعات (Boonsumrej و همکاران، ۲۰۰۷) بر روی میگوی ببری سیاه (*Penaeus mondon*) آمده است و چنین گزارش نمودند که میگوهای انجمادزدایی شده در مایکروویو دارای درصد بالاتری آب‌چک نسبت به نمونه‌ها انجمادزدایی شده در یخچال می‌باشد. Mortensen و همکاران (۲۰۰۶) گزارش نمودند که میزان آب‌چک به‌طور مستقیم مرتبط با سرعت انجمادزدایی می‌باشد و روش انجمادزدایی در آب به‌خاطر سرعت بالاتر انجمادزدایی نسبت به انجمادزدایی آهسته در هوای ٤ درجه سانتی‌گراد باعث به‌وجود آمدن آب‌چک کم‌تری می‌گردند که این موضوع می‌تواند پایین‌تر بودن میزان آب‌چک در نمونه‌های انجمادزدایی شده در آب در مقایسه با سایر تیمارها در مطالعه حاضر را توجیه نماید.

تغییرات درصد ترکیب اسیدهای چرب بیانگر اکسیداسیون اسیدهای چرب چند غیراشباع طی فرایند انجماد- انجمادزدایی در هر دو ماهی بوده است. نتایج مشابهی در مطالعات Castrillon و همکاران (۱۹۹٦) بر روی ماهی منجمد ساردین *Clupea pilchardus* مشاهده شده که در آن مقدار اسیدهای چرب ۱٤:۰، ۱٦:۰، ۱٦:۱ و ۱۸:۱n-۹ پس از فرایند انجماد- انجمادزدایی در یخچال با افزایش و مقدار ایکوزاپنتائونیک اسید و دوکوزاهگزائونیک اسید با کاهش همراه بوده است.

نتایج مشابهی از کاهش ترکیبات اسیدهای چرب چند غیراشباع و افزایش ترکیبات اسیدهای چرب اشباع در مطالعه انجام شده بر ماهی کپور معمولی *Cyprinus carpio* و ماکرل *Scomber scombrus* (Dragoev و همکاران، ۱۹۹۸) نگه‌داری شده به حالت انجماد به‌دست آمد. کاهش اسیدهای چرب چند غیراشباعی بعد از فرایند انجماد- انجمادزدایی به‌دلیل اکسیداسیون خود به خودی این اسیدهای چرب می‌باشد (Castrillon و همکاران، ۱۹۹٦). تغییرات کم‌تر در میزان اسیدهای چرب چند غیراشباع در نمونه‌های انجمادزدایی شده در آب را می‌توان ناشی از اکسیداسیون و هیدرولیز چربی آهسته‌تر نسبت به سایر تیمارها نسبت داد، به‌طوری‌که نتایج به‌دست آمده از شاخص تیوباربیتویک اسید بیانگر این امر بود. Nazemroaya و همکاران (۲۰۰۹) بیان نمودند که نسبت مجموع مقادیرایکوزاپنتائونیک اسید و دوکوزاهگزائونیک اسید به اسید پالمتیک[1] شاخص خوبی برای اندازه‌گیری اکسیداسیون چربی است که در این مطالعه بیش‌ترین نسبت نام‌برده در هر دو ماهی در نمونه‌های انجمادزدایی شده در آب مشاهده گردید.

یک مشکل ایجاد شده در طول انجماد، دوره انجماد و انجمادزدایی تغییر خصوصیات ظاهری محصول می‌باشد (Evans، ۲۰۰۸). بالا رفتن نمره شاخص بافت در ماهیان انجمادزدایی شده نسبت به نمونه شاهد احتمالاً به‌دلیل تخریب پروتئین‌های میوفیبریل می‌باشد که نقش مهمی در استحکام بافت دارند (Nazemroaya و همکاران، ۱۹۹۹). Nazemroaya و همکاران (۱۹۹۹) تغییرات بافتی ماهی سوف نیل *Lates niloticus* نگه‌داری شده در ۱۳- درجه سانتی‌گراد را نسبت به ماهی تازه نشان دادند و علت آن را تغییر ماهیت پروتئین‌ها به‌خصوص میوفیبریل‌ها که نقش اساسی در خصوصیات بافتی ماهی دارند، گزارش نمودند. به‌طورکلی بوی نامطلوب ماهیان در اثر فساد

1- EPA+DHA/C16:0

Archive of SID
www.SID.ir

چربی و تشکیل ترکیباتی با وزن مولکولی پایین، تغییر در ترکیب تری‌متیل آمین اکساید و تخریب پروتئین‌ها می‌باشد (Ben-Gigirey و همکاران، ۱۹۹۹). در بین روش‌های مختلف انجمادزدایی تنها نمره بوی آبشش در نمونه‌های انجمادزدایی شده در آب به‌طور معنی‌داری ($P<0/05$) کم‌تر از سایر تیمارهای انجمادزدایی بود. براساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نمونه‌های انجمادزدایی شده در هوا و یخچال از نظر بدطعمی تفاوت معنی‌دار ($P<0/05$) را با نمونه‌های دو تیمار دیگر نشان دادند که این موضوع بیانگر تخریب بیش‌تر طعم در نمونه‌های انجمادزدایی شده در هوا و یخچال می‌باشد که این موضوع احتمالاً به‌دلیل تشکیل ترکیبات با وزن مولکولی پایین در اثر اکسیداسیون چربی می‌باشد (Nazemroaya و همکاران، ۱۹۹۹). به‌طورکلی ارزیابی حسی با نتایج آزمایش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی تأیید گردیدند.

مجموع نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های شیمیایی، بیوشیمیایی و حسی در ماهی سفید دریای خزر منجمد، بیانگر تغییر این شاخص‌ها نسبت به نمونه شاهد می‌باشد. اما به‌طورکلی نتایج این پژوهش استفاده از روش انجمادزدایی در آب را در حفظ کیفیت ماهی سفید دریای خزر مورد تأیید قرار می‌دهد. این روش اقتصادی بوده و همچنین از افت وزن جلوگیری می‌کند و می‌تواند اهمیت کاربردی قابل‌توجهی را به همراه داشته باشد.

منابع

۱- رضائی، م.، ۱۳۸۲. اثرات دما و مدت زمان نگه‌داری به حالت انجماد در تغییرات چربی ماهی کیلکای آنچوی. پایان‌نامه دکترای دانشگاه تربیت مدرس. ۹۳ صفحه.

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

3.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. J. Food Sci. 72, 279-284.

4.Aubourg, S., 2001. Fluorescence study of the prooxidant activity of free fatty acids on marine lipids. J. Sci. Food Agric. 81, 385-390.

5.Ben-Gigirey, B., De Sousa, J.M., Villa, T.G., and Barros-Velazqez J., 1999. Chemical changes and visual appearance of albacore tuna as related to frozen storage. J. Food Sci. 64, 20-24.

6.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.

7.Bligh, E.G., and Dyer, W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol. 37, 911-917.

8.Boonsumrej, 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. J. Food Engin. 80, 292-299.

Archive of SID

www.SID.ir

9.Castrillon, A.M., Alvarez-Pontes, E., Garcia-Arias, M.T., and Navarro, P., 1996. Influence of frozen storage & defrosting on the chemical and nutritional quality of sardine (*Clupea pilchardus*). J. Sci. Food Agric. 70, 29-34.
10.Chytiri, S., Chouliara, I., Savvaidis, I.N., and Kontominas, M.G., 2004. Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquaculture rainbow trout. Food Microbiology. 21, 157-165.
11.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.
12.Dragoev, S.D., Kiosev, D.D., Danchev, S.A., Ioncheva, N.I., and Genove, N.S., 1998. Study on the oxidative processes in frozen fish. Bulgar. J. Agric. Sci. 4, 55-65.
13.Dunn, A.S., and Rustad, T., 2008. Quality of super chilled vacuum packed Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets at -1.4 and -3.4 °C. Food Chemistry. 106, 122-131.
14.Egan, H., Kirk, R.S., and Sawyer, R., 1997. Pearson's chemical analysis of food, P 609-634. (9^{th} ed). Longman Scientific and Technical.
15.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.
16.Evans, J.A., 2008. Frozen food Science and Technology, P 1-26. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK.
17.Gobantes, I., Chobert, G., and Gomez. R., 1998. Quality of pigmented (Astaxanthin and Canthaxanthin) rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets stored under vacuum packaging during chilled storage. J. Agric. Food Chem. 46, 4358-4362.
18.Lin, D., and Morrissey, M.T., 1994. Iced storage characteristics of Northern Squawfish (*Ptycheilus orgonensis*). J. Aqua. Food Prod. Technol. 33, 25-43.
19.Maqsood, S., and Benjakul, S., 2010. Synergistic effect of tannic acid and modified atmospheric packaging on the prevention of lipid oxidation and quality losses of refrigerated cat fish slices. Food Chemistry. 121, 29-38.
20.Metcalfe, L.D., Schmitz, A.A., and Pelka, J.R., 1966. Rapid preparation of fatty acids esters from lipids for gas chromatographic analysis. Annals of Chemistry. 38, 524-535.
21.Mortensen, M., Andersen, H.J., Engelsen, S.B., and Bertram, H.C., 2006. Effect of freezing temperature, thawing and cooking rate on water distribution in two pork qualities. Meat Science. 72, 34-42.
22.Namulema, A., Muyonga, J.H., and Kaaya, A.N., 1999. Quality deterioration in frozen Nile perch (*Lates niloticus*) stored at -13 and -27 °C. Food Research International. 32, 151-156.
23.Nazemroaya, S., Sahari, M.A., and Rezaei, M., 2009. Effect of frozen storage on fatty acid composition and change in lipid content of *Scomberomorus commersoni* and *Carcharhinus dussumieri*. J. Appl. Ichthyol. 25, 91-95.
24.Nilsson, K., and Ekstrand, B., 1995. Frozen storage and thawing methods affect biochemical and sensory attributes of Rainbow trout. J. Food Sci. 60, 627-630.
25.Rouille, J., Lebail, A., Ramaswamy, H.S., and Leclerc, L., 2002. High pressure thawing of fish and shellfish. J. Food Engin. 53, 83-88.
26.Shewfelt, R.L., 1981. Fish muscle lipolysis-a review. J. Food Biochem. 5, 79-100.
27.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*). J. Sci. Food Agric. 75, 37-44.
28.Suvanich, V., Jahncke, M.L., and Marshall, D.L., 2000. Changes in selected chemical quality characteristics of channel cat fish mince during chill and frozen storage. J. Food Sci. 65, 24-29.

Archive of SID

www.SID.ir

29. Tokur, B., Cakli, S., and Polat, A., 2006. The quality changes of trout (*Oncorhynchus mykiss*) with a vegetable topping during frozen storage (-18 °C). E. Su Urünleri Dergisi. 23, 345-350.
30. Wheater, C.P., and Cook, P.A., 2002. Using static's to understand the environment. Routledge Publication. 245p.
31. Zar, J.H., 1999. Biostatistical Analysis. Prentice Hall International, Inc, 660p.
32. 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.

Archive of SID

www.SID.ir