# بررسی اثرات انجماد کند و تند بر روی کیفیت فیله ماهی تیلاپیا قرمز (*Oreochromis niloticus* × *Tilapia mosambicus*)

بابک کرمی*[1]، یزدان مرادی[2]، عباسعلی مطلبی[3]، مهدی سلطانی[4]، سپیده حسینی[5] و سید ابراهیم حسینی[6]
۱، ۴، ۶. گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران
۲، ۳. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران
۵.گروه مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۱۵

**چکیده**

**در این پژوهش اثر انجماد کند و تند بر روی ترکیبات تقریبی (proximate composition) ، میزان آبچک (Drip)، خصوصیات حسی (sensory properties) و تغییرات بافت (Microstructure) ماهی تیلاپیای قرمز مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور فیله های ماهی تیلاپیا قرمز (*Oreochromis niloticus*) به دو روش انجماد کند و تند منجمد، بسته بندی و در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد به مدت شش ماه نگهداری شدند. تغییرات پروتئین، چربی، خاکستر، رطوبت، مقدار آبچک و خصوصیات حسی فیله ها به صورت ماهانه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین تغییرات بافتی هر دو ماه یک بار با میکروسکوپ الکترونی SEM بررسی شد. نتایج نشان داد که مقدار رطوبت، خاکستر، پروتئین و چربی در فیله تیلاپیای قرمز تازه به ترتیب ۷۸/۰۶، ۱/۳۸، ۲۰/۲۶، ۱/۶۸ درصد بود که مقدار آن ها در زمان انجماد دچار تغییرات گردید. تغییر ترکیبات تقریبی در نمونه های منجمد شده به روش انجماد تند به طور معنی داری کمتر از نمونه های با انجماد کند بود($P<0/05$). به طوریکه میزان رطوبت، خاکستر، پروتئین و چربی در تیمارهای حاصل از انجماد کند به ترتیب به میزان ۷۳/۵۶، ۲/۷۶، ۱۷/۵۶، ۰/۷۳ درصد و برای نمونه های حاصل از انجماد تند به ترتیب به ۷۶/۳۱، ۱/۸۹، ۱۸/۰۱، ۱/۱۸ درصد رسید. محاسبه مقدار آبچک نشان داد که نمونه های منجمد شده به روش کند، آبچک بیشتری از نمونه های منجمد شده به روش تند بودند و این میزان برای نمونه های حاصل از انجماد کند و تند به ترتیب ۱۱/۴ و ۶/۱ درصد بود. از نظر ارزیابی حسی نمونه های انجماد تند از امتیاز بیشتری نسبت به انجماد کند برخوردار بود. بررسی عکس های میکروسکوپ SEM از ساختمان داخلی نیز نشان داد که با افزایش مدت زمان نگهداری، تخریب ساختمان داخلی فیله ها افزایش می یابد. این تخریب در نمونه های منجمد شده به روش انجماد تند کمتر از نمونه های انجماد کند بود.**

**واژگان کلیدی: تیلاپیای قرمز (*Oreochromis niloticus*) ، انجماد تند، انجماد کند، ارزش غذایی، میکروسکوپ الکترونی**

***نگارنده پاسخگو: babakkarami2@gmail.com**

**مقدمه**

ماهی تیلاپیا از انواع ماهیان پرورشی می باشد و هم اکنون بیش از صد کشور جهان جنس های مختلف این ماهی را پرورش می دهند. بیشترین تولید این ماهی در کشورهای آسیایی انجام می شود. چین بزرگترین تولید کننده تیلاپیا در دنیا می باشد (Fitzsimmons & Watanabe, 2010). این ماهی از گونه های با رشد سریع با نیاز آبی بسیار کم است که به منظور تولید در اقلیم گرم و خشک مناسب است(BFAR, 2006) . معمول ترین سیستم پرورش تیلاپیا، پرورش در استخرهای خاکی می باشد که می تواند به صورت پرورش گسترده، نیمه متراکم و متراکم انجام شود. همچنین پرورش چند گونه ای تیلاپیا به همراه میگو و کپور ماهیان و کفال نیز انجام می شود. تیلاپیای قرمز واریته ای از تیلاپیا بوده و گونه ای خاصی از تیلاپیا محسوب نمی شود. این واریته توسط بشر برای اهداف تجاری و بازار سپندی بیشتر تولید شده است. دمای بهینه لازم برای پرورش تیلاپیا قرمز ۲۲ تا ۲۹ درجه سانتی گراد می باشد. تخم ریزی آن در دمای بالاتر از ۲۲ درجه سانتی گراد انجام می شود. تیلاپیای قرمز در آب های لب شور و شور رشد بهتری دارد (Pillay & Kutty, 2005). رنگ بدن در تیلاپیای قرمز، قرمز و سفید می باشد (Nelson, 2006).

فرآیند انجماد بدلیل حفظ ترکیبات مغذی موجود در مواد غذایی و کاهش تغییرات آن در طولانی مدت و همچنین جلوگیری از رشد موجودات ذره بینی از سایر روش های نگه داری مواد غذایی مناسب تر می باشد (Johnston *et al*., 1994). از نکات مثبت انجماد ماهی و فراورده های شیلاتی می توان به حفظ کیفیت، افزایش زمان ماندگاری، رساندن ماهی به بازارهای پر مصرف، عرضه مازاد صید در تمامی طول سال اشاره کرد. انجماد بر اساس سرعت منجمد کردن به چهار دسته انجماد کند با سرعت ۰/۲ سانتی متر در ساعت، انجماد تند با سرعت ۰/۵ تا ۳ سانتی متر در ساعت، انجماد سریع با سرعت ۵ تا ۱۰ سانتی متر در ساعت و انجماد فوق سریع با سرعت ۱۰ تا ۱۰۰ سانتی متر در ساعت تقسیم می شوند (Venugopal, 2006). از دست دادن کیفیت در محصولات منجمد می تواند به علت نوع انجماد و یا در طی ذخیره سازی آن تغییراتی در بافت ماهی رخ دهد که این تغییرات شامل: تغییر در بافت، طعم و بو، رنگ و خشک شدن می باشد. دناتوره شدن پروتئین، فعالیت آنزیم ها، اکسیداسیون چربی و فرآیند هیدرولیز در زمان انجماد و نگهداری محصول قابل بررسی خواهد بود (Johnston *et al*., 1994). تحقیقات متعددی روی اثرات روش های مختلف انجماد روی ارزش غذایی شاخص های فساد ، تغییرات ساختاری بافت ماهی انجام شده است. Kelly و Dunnett (1969) تاثیر سرعت های متفاوت انجماد را روی کیفیت ماهی کاد مقایسه کردند. فاکتورهای بررسی شده شامل درصد پروتئین های محلول، میزان دریپ، فشار اسمزی و تغییرات بافتی بود. یافته های آنها نشان داد که هرچه دمای انجماد کمتر می شود، فراورده نهایی بعد از زمان انجماد در وضعیت بهتری خواهد بود، بر این اساس آنها بهترین نتیجه را در نمونه هایی گرفتند که در ۱۹۵- درجه سانتی گراد منجمد شده بودند.

Arannilewa و همکاران (۲۰۰۵) ماهی تیلاپیا (*Sarotherodun galiaenus*) را به مدت ۶۰ روز در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد قرار دادند و تغییرات شیمیایی و میکروبی آن را مورد مطالعه قرار دادند. کاهش درصد پروتئین، چربی و رطوبت و افزایش خاکستر از نتایج این پروژه بود. همچنین امتیازات آزمون حسی با گذشت زمان از نگهداری در نمونه ها، کاهش داشت.

کرمی و همکاران (۱۳۹۲) تاثیر روش انجماد کند و انجماد تند روی ساختمان داخلی، آبچک، ترکیبات تقریبی و خصوصیات حسی فیله ماهی تیلاپیای نیلی (*Oreochromis niloticus*) را مورد بررسی قرار دادند و پارامترهای رطوبت، خاکستر، پروتئین و چربی تیلاپیا نیلی را به ترتیب ۷۹/۱۲، ۱/۸۵، ۱۸/۷۰، ۱/۳۰ گزارش نمودند. هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی اثرات انجماد کند و تند بر روی کیفیت فیله ماهی تیلاپیا قرمز (*Oreochromis niloticus*) و پیشنهاد مناسب روش برای نگهداری فیله ماهی در انجماد می باشد.

**مواد و روش ها**

تیلاپیای قرمز که در پژوهش حاضر استفاده شده است، هیبرید تیلاپیا نیلی با تیلاپیای موزامبیکوس (*O. niloticus* × *Tilapia mosambicus*) می باشد. برای انجام تحقیق حاضر، ۸۰ قطعه ماهی تیلاپیای قرمز با میانگین وزن (Mean ± SE) ۵۰ ± ۷۰۰ گرم از استخرهای ایستگاه تحقیقاتی ماهیان آب شور در بافق یزد در اردیبهشت ماه ۱۳۹۰ تهیه گردید. در این مرحله احشاء ماهی تخلیه گردید و به نسبت ۱:۱ ( پودر یخ و ماهی ) در مخازن عایق (CSW) قرار داده شد و به مرکز تحقیقات فرآوری آبزیان انزلی وابسته به موسسه تحقیقات شیلات ایران منتقل شد.

در این مرکز فیله ماهی به صورت دستی با میانگین وزنی ۵±۱۰۰ گرم و میانگین قطر ۲±۳۶ میلی متر آماده شد. در نهایت ۳ گروه فیله شامل یک گروه به عنوان شاهد و دو گروه دیگر برای انجماد کند و تند مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور تهیه نمونه های انجماد کند نمونه ها به صورت جداگانه داخل کیسه های پلی آمیدی قرار داده شده و روی هریک از آن ها برچسب گذاری شد و به منظور انجماد مستقیما داخل سردخانه با دمای ۱۸- درجه سانتی گراد قرار گرفتند. سرعت انجماد برای نمونه های اشاره شده ۲ میلی متر بر ساعت بود که پس از ۱۸ ساعت منجمد شدند و همانند نمونه های انجماد تند برای مدت زمان ۶ ماه نگهداری شدند.

به منظور تهیه نمونه برای فرآیند انجماد تند نیز، نمونه های فیله با دمای ۳۰- درجه سانتی گراد و به مدت ۲۵ دقیقه توسط تونل انجماد مارپیچ ساخت شرکت Coppens کشور هلند منجمد شدند (Hall, 2011). پس از عبور از تونل اسپیرال دمای مرکز فیله ها به ۵- درجه سانتی گراد رسید و سرعت انجماد ۸ میلی متر بر ساعت بود. در نهایت فیله ها به صورت جداگانه داخل کیسه های پلی آمید قرار داده شدند و و روی آن ها برچسب زده شد و به سردخانه با دمای ۱۸- درجه سانتی گراد منتقل و پس از مدت زمان ۴ ساعت و نیم به دمای نهایی سردخانه رسیدند و به مدت ۶ ماه نگهداری شدند.

از نمونه های منجمد پس از خارج شدن از سردخانه و انجماد زدایی در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی گراد به مدت ۱۸ ساعت، در تاریخ های معین آزمایشات مربوط به اندازه گیری آبچک و ترکیبات تقریبی شامل: پروتئین، خاکستر، رطوبت، چربی و همچنین خصوصیات حسی به همراه بررسی تغییرات بافت با میکروسکوپ الکترونی SEM، به عمل آمد.

**روش های آزمایشگاهی**

تعیین ترکیبات تقریبی موجود در نمونه ها (رطوبت، خاکستر، چربی و پروتئین) با روش (AOAC, 2002) انجام شد.

**اندازه گیری مقدار آبچک(Drip)**

اندازه گیری آبچک مطابق روش Ng و Bahurmiz (2009) انجام شد. نمونه های منجمد ابتدا وزن شده و داخل کیسه پلاستیک داخل یخچال با دمای ۴ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. پس از انجماد زدایی در یخچال مقداری آب (آبچک) از نمونه ها خارج شد.

**ارزیابی حسی**

برای انجام تست های حسی مربوط به رنگ، بو، شکل ظاهری بافت و طعم از جدول شماره (۱) استفاده گردید (Lin & Morrissey, 1994) نمونه ها بعد از انجماد زدایی در دستگاه برشته کن (Vidas, Italy) در دمای ۲۵۰ درجه سانتی گراد، پخته شدند. میزان ۴۰ گرم نمونه برای هر نفر، در اختیار گروه ارزیاب قرار داده شد. آزمون حسی با استفاده از یک گروه ارزیاب آموزش دیده متشکل از ۸ نفر انجام گردید. این افراد نظرات خود را پس از ارزیابی رنگ، بو، طعم و مزه و بافت هر تیمار روی پرسشنامه هایی که از قبل تهیه شده بود منتقل کردند. آزمون بر اساس مقیاس هدونیک ۵ درجه ای انجام شد.

جدول۱- امتیازات ارزیابی حسی(Lin & Morrissey, 1994)

| امتیازات | رنگ | بو | بافت | طعم ومزه |
|---|---|---|---|---|
| ۵ | بسیارخوب | بسیارخوب | بسیارخوب | بسیارخوب |
| ۴ | خوب | خوب | خوب | خوب |
| ۳ | قابل قبول | قابل قبول | قابل قبول | قابل قبول |
| ۲ | ضعیف | ضعیف | ضعیف | ضعیف |
| ۱ | بسیارضعیف | بسیارضعیف | بسیارضعیف | بسیارضعیف |

**مطالعه ساختمان فیله با میکروسکوپ الکترونی SEM**

عکسبرداری با استفاده از میکروسکوپ الکترونی SEM از مقطع عرضی نمونه ها با روش ( Lioreca *et al.*, 2003) انجام شد. یک میلی متر مکعب از بافت عضله تیلاپیا از قسمت پشتی در امتداد ستون فقرات و نزدیک باله پشتی، در مقطع عرضی برش داده شد و در محلول حاوی ۴ درصد گلوترآلدهید ساخت شرکت مرک کشور آلمان به مدت ۲۴ ساعت تثبیت شد. بعد از آن با استفاده از بافر سدیم کربوکسیلات ۰/۱ مولار به مدت ۲۰ دقیقه نمونه ها شسته شد و سپس در محلول smium tetroxide ساخت شرکت مرک کشور آلمان، در دمای۴ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت تثبیت شد در ادامه نمونه ها مجددا با بافر شستشو داده شده و با استن ساخت شرکت مرک کشور آلمان، آبگیری شده و در دسیکاتور قرار داده شدند. سپس نمونه ها با پودر طلا پوشش داده شده و برای عکس برداری با SEM با ولتاژ ۱۵ کیلو ولت آماده شدند. دستگاه مورد استفاده ساخت کشور انگلستان و مدل LEO 440i (1995) بود.

**آنالیز آماری داده ها**

کلیه آزمایش ها با میانگین سه تکرار از سه نمونه جداگانه برای هر آزمایش انجام شد. آنالیز آماری نتایج آزمایشات هر تیمار با استفاده از نرم افزار آماری(Minitab,16) انجام گرفت. از آنالیز واریانس یکطرفه (One-way ANOVA)و تست توکی به منظور مقایسه داده ها، در سطح معناداری ۰/۰۵استفاده شد. برای مقایسه نتایج حاصل از ارزیابی های حسی نمونه های مورد آزمایش از آزمون کوروسکال- والیس و تست من- ویتنی استفاده شد.

**نتایج**

**تغییرات ترکیبات تقریبی نمونه**

تغییرات ترکیبات تقریبی فیله تیلاپیای قرمز در دو روش انجماد کند و تند در جدول شماره (۲) نشان داده شده است. مقدار پروتئین در نمونه تازه تیلاپیای قرمز ۰/۲۰ ±۲۰/۲۶ درصد محاسبه شد. همانطور که مشاهده می شود با افزایش زمان نگهداری نمونه در سردخانه مقدار پروتئین کاهش یافت. کاهش درصد پروتئین برای نمونه های انجماد کند بیشتر از انجماد تند بوده است ($P<۰/۰۵$). مقدار پروتئین در پایان زمان نگهداری برای تیمارهای انجماد کند به ۰/۲۸ ±۱۷/۵۶ و برای تیمارهای انجماد تند به ۰/۲۰ ±۱۸/۰۱ کاهش یافت.

میزان خاکستر در نمونه تازه تیلاپیای قرمز ۱/۳۸±۰/۰۷ درصد به دست آمد. مقدار خاکستر ماهی در طی مدت نگهداری در سردخانه افزایش معنی داری را در هر دو تیمار انجماد کند و تند نشان داد. این افزایش برای نمونه های با انجماد کند بالاتر از نمونه های انجماد تند محسوس تر بود($P<۰/۰۵$). مقدار خاکستر در پایان زمان نگهداری برای نمونه های حاصل از انجماد کند به ۰/۰۵ ±۲/۷۶ و برای نمونه های حاصل از انجماد تند به ۰/۳۱ ±۱/۸۹ درصد رسید.

میزان رطوبت بافت عضله و در کل، ارزش غذایی آبزیان برحسب گونه، سن، جنس، شرایط محیطی و فصل متفاوت است و معمولاً بین ۷۵ تا ۸۰ درصد متغیراست.

میزان رطوبت در بافت عضله تیلاپیا قرمز در تحقیق حاضر ۰/۱۵ ± ۷۸/۰۶ درصد به دست آمد. در مطالعه حاضر میزان رطوبت بافت عضله تیلاپیا قرمز در زمان انجماد کاهش داشته است، در تیلاپیای قرمز با انجماد کند و تند به ۷۳/۵۶ و ۷۶/۳۱ درصد در ماه ششم رسید. کاهش معنی دار میزان رطوبت، در هر دو نوع انجماد مشاهده شد ($P<0/05$)، که میزان این کاهش برای تیمارهای با انجماد کند بیشتر بوده است (جدول ۲). مقدار چربی نمونه ها نیز در جدول (۲) ارائه شده است. در نمونه های تازه تیلاپیای قرمز در صد چربی در عضله ۰/۱۲ ± ۱/۶۸ بود. مقدار چربی در تمام نمونه ها با افزایش زمان نگهداری کاهش یافت، که این کاهش در نمونه های حاصل از انجماد تند به صورت معنی داری ($P<0/05$)کمتر از نمونه های انجماد کند بود.

جدول ۲- تغییرات ترکیبات تقریبی فیله ماهی تیلاپیا قرمز در دو روش انجماد کند و تند (درصد)

| | پروتئین | | خاکستر | | رطوبت | | چربی | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | انجماد کند | انجماد تند | انجماد کند | انجماد تند | انجماد کند | انجماد تند | انجماد کند | انجماد تند |
| فیله تازه (شاهد) | /۲۰$^{eA}$ ۲۰/۲۶±۰ | /۲۰$^{eA*}$ ۲۰/۲۶±۰ | /۰۷$^{aA}$ ۱/۳۸±۰ | /۰۷$^{aA*}$ ۱/۳۸±۰ | ۰/۱۵$^{eA}$ ۷۸/۰۶± | /۱۵$^{cA*}$ ۷۸/۰۶±۰ | /۱۲$^{dA}$ ۱/۶۸±۰ | /۱۲$^{dA*}$ ۱/۶۸±۰ |
| ماه اول | ۰/۱۵$^{dA}$ ۱۹/۴۶± | /۰۷$^{dA}$ ۱۹/۳۹±۰ | /۰۵$^{aA}$ ۱/۴۳±۰ | /۰۱$^{aA}$ ۱/۴۱±۰ | /۲۰$^{eA}$ ۷۷/۷۳±۰ | /۰۱$^{bA}$ ۷۷/۷۰±۰ | ۰/۱۰$^{dA}$ ۱/۶۱± | ۰/۱۷$^{dA}$ ۱/۶۳± |
| ماه دوم | ۰/۰۵$^{cB}$ ۱۸/۸۳± | ۱۹/۰±۰ /۱۹$^{cA}$ | /۰۵$^{aB}$ ۱/۵۵±۰ | /۱۵$^{aA}$ ۱/۴۶±۰ | ۰/۳۶$^{dB}$ ۷۶/۴۰± | ۰/۲۰$^{bA}$ ۷۷/۶۰± | /۱۰$^{cB}$ ۱/۲۸±۰ | /۰۹$^{cA}$ ۱/۵۳±۰ |
| ماه سوم | /۱۵$^{bA}$ ۱۸/۴۶±۰ | /۱۰$^{bA}$ ۱۸/۵±۰ | ۰/۱۴$^{bB}$ ۱/۷۰± | /۲۰$^{aA}$ ۱/۵۲±۰ | /۳۵$^{cB}$ ۷۵/۲۳±۰ | /۰۱$^{bA}$ ۷۷/۱۰±۰ | /۰۵$^{cB}$ ۱/۲۵±۰ | ۱/۵± ۰/۰۹$^{cA}$ |
| ماه چهارم | /۳۰$^{bA}$ ۱۸/۳۶±۰ | /۲۸$^{bA}$ ۱۸/۴۶±۰ | ۰/۳۷$^{bB}$ ۱/۸۶± | /۱۸$^{aA}$ ۱/۵۶±۰ | /۳۰$^{bB}$ ۷۴/۱۰±۰ | ±۰/۰۱$^{aA}$ ۷۶/۶۳ | /۱۱$^{bB}$ ۰/۹۶±۰ | /۱۰$^{bA}$ ۱/۳۸±۰ |
| ماه پنجم | ۰/۲۵$^{aB}$ ۱۷/۸۶± | ۰/۰۹$^{aA}$ ۱۸/۱۲± | /۱۱$^{cB}$ ۲/۵۳±۰ | /۱۲$^{bA}$ ۱/۷۱±۰ | /۳۱$^{aB}$ ۷۳/۸۰±۰ | ۰/۱۴$^{aA}$ ۷۶/۳۸± | /۰۵$^{bB}$ ۰/۸۷±۰ | ۰/۱۱$^{aA}$ ۲۲/۱± |
| ماه ششم | /۲۸$^{aB}$ ۱۷/۵۶±۰ | ۱۸/۱± ۰/۲۰$^{aA}$ | /۱۶$^{cB}$ ۲/۷۶±۰ | ۰/۲۱$^{bA}$ ۱/۸۹± | /۳۶$^{aB}$ ۷۳/۵۶±۰ | /۰۵$^{aA}$ ۷۶/۳۱±۰ | ۰/۰۹$^{aB}$ ۰/۷۳± | /۰۱$^{aA}$ ۱/۱۸±۰ |

*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی داربین روش های انجماد می باشد.

**آبچک**

نتایج مربوط به میزان آبچک در نمونه های ماهی تیلاپیا در جدول شماره (۳) آمده است. نتایج حاکی از آن است که افزایش آبچک نمونه های انجماد کند نسبت به انجماد تند بیشتر است ($P<۰/۰۵$). در تیلاپیا قرمز با انجماد کند، درصد آبچک طی مدت شش ماه نگهداری از ۴/۸ به ۱۱/۴ درصد و در نمونه های با انجماد تند از ۲/۱ به ۶/۱ درصد رسید. همانطور که مشاهده می شود افزایش حجم آبچک با زمان نگهداری در سردخانه رابطه مستقیم دارد ($P<۰/۰۵$).

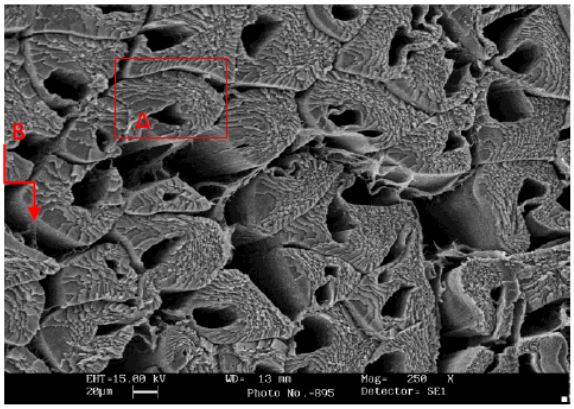
جدول ۳- تغییرات درصد آبچک نمونه ها در مدت زمان نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد

| زمان نمونه برداری | انجماد کند | انجماد تند |
|---|---|---|
| صفر(ماهی تازه) | - | - |
| ماه اول | $۴/۸\pm۰/۲^{aB}$ | $۲/۱\pm۰/۱^{aA}$ |
| ماه دوم | $۵/۶\pm۰/۲^{aB}$ | $۲/۰\pm۰/۱^{aA}$ |
| ماه سوم | $۷/۱\pm۰/۱^{bB}$ | $۲/۶\pm۰/۲^{aA}$ |
| ماه چهارم | $۹/۳\pm۰/۱^{cB}$ | $۳/۱\pm۰/۴^{bA}$ |
| ماه پنجم | $۱۰/۸\pm۰/۲^{dB}$ | $۵/۴\pm۰/۳^{cA}$ |
| ماه ششم | $۱۱/۴\pm۰/۱^{eB}$ | $۶/۱\pm۰/۲^{cA}$ |

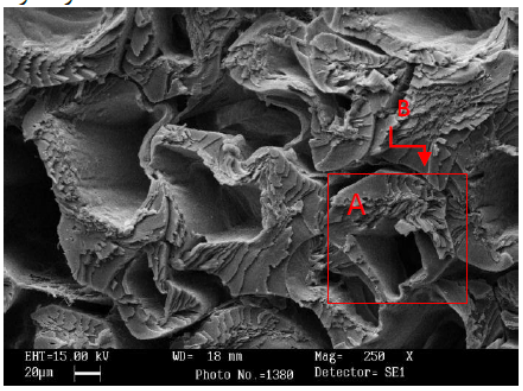
*حروف کوچک متفاوت در یک ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین مدت زمان نگهداری در سردخانه است و حروف بزرگ متفاوت در یک ردیف بیانگر اختلاف معنی دار بین روش های انجماد می باشد.

**ساختمان داخلی بافت نمونه ها**

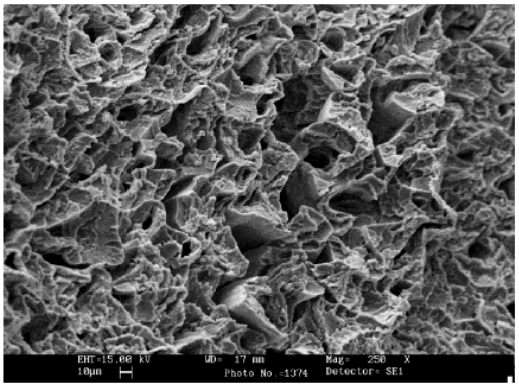
در شکل شماره (۱) تصویرهای (SEM) مربوط به گروه شاهد (فیله تازه) و نمونه های انجماد کند و نمونه های انجماد تند مربوط به ماه های سوم و ششم تیلاپیای قرمز نشان داده شده است. همانطور که در تصاویر مشخص است نمونه شاهد قبل از انجماد دارای رشته های عضلانی قابل تشخیص و ساختمان داخلی مشخصی بود، اما پس از انجماد این ساختمان آرایش خود را از دست داده و رشته های عضلانی بافت تخریب شده است. این تغییر در نمونه های انجماد کند بیشتر از انجماد تند بود. بعلاوه با افزایش مدت زمان نگهداری در سردخانه تغییر در ساختمان بافت محسوس تر بود.



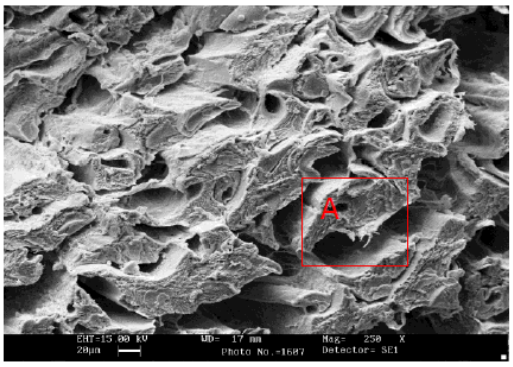

نمونه تازه تیلاپیای قرمز (شاهد)



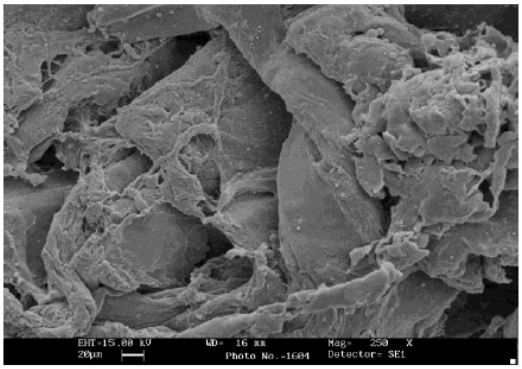

انجماد تند تیلاپیای قرمز پس از ۳ ماه




انجماد کند تیلاپیای قرمز پس از ۳ ماه




انجماد تند تیلاپیای قرمزپس از ۶ ماه




انجماد کند تیلاپیای قرمز پس از ۶ ماه

**شکل ۱- تصاویر SEM از برش عرضی نمونه ها**

**(A= رشته های عضلانی B= میوفیبریل ها - بزرگنمایی ۲۵۰x)**

**بحث و نتیجه گیری**

بر اساس نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر، میزان رطوبت در بافت عضله تیلاپیای قرمز ۷۸/۰۶ درصد به دست آمد (جدول۲) و میزان رطوبت بافت عضله تیلاپیا قرمز در زمان انجماد کاهش نشان داده و با انجماد کند و تند به ۷۳/۵۶ و ۷۶/۳۱ درصد در ماه ششم رسیده است. کاهش معنی دار میزان رطوبت، در هر دو نوع انجماد مشاهده شد($P<۰/۰۵$) که میزان این کاهش برای تیمارهای با انجماد کند بیشتر بوده است. کاهش رطوبت نمونه ها به علت از دست دادن رطوبت در زمان نگهداری در سردخانه و خروج آبچک از بافت عضله بعد از انجمادزدایی می باشد. هر چقدر میزان آبچک بیشتر باشد، کاهش رطوبت نمونه ها هم بیشتر است. میزان آبچک در پایان زمان نمونه برداری برای تیلاپیا قرمز با انجماد تند و کند به ترتیب ۶/۰ و ۱۱/۰درصد بوده است (جدول ۳). کاهش رطوبت گوشت بعد از انجماد، در مطالعات مختلف به اثبات رسیده است. برای مثال Arannilewa و همکاران (۲۰۰۵) کاهش رطوبت تیلاپیا را از ۷۵/۰۶ درصد به ۶۵/۶۰ درصد در انجماد کند و در پایان زمان نگهداری در سردخانه مشاهده کردند($P<۰/۰۵$).

میزان خاکستر یا مواد معدنی در آبزیان تقریباً ۰/۵ تا ۲ درصد وزن عضله آن را شامل می شود. در سایر مطالعات که بر روی انواع تیلاپیا انجام شده است، مقادیری مشابه نتایج این پروژه به دست آمده است به طور مثال در مطالعه Garduno و همکاران (۲۰۰۷)، برای تیلاپیای نیلی ۱/۰۸ درصد و برای تیلاپیا قرمز ۱/۰۳ درصد، و در مطالعه Osibona و همکاران (۲۰۰۹) برای تیلاپیا زیلی (Tilapia zillii)۱/۲۰ درصد و برای تیلاپیای نیلی ۱/۸۰ درصد مقدارخاکستر به دست آمده است. مقدار خاکستر فیله کپور ۰/۶ درصد، ماهی کاد ۱/۱ درصد (Usydus *et al.*, 2011) ماکرل هندی (*Rastrelliger kanagurta*)، ۱/۲۳ درصد (Lakshmisha *et al.*, 2008) و در اردک ماهی ساکن تالاب انزلی ۱/۲۱ درصد (کرمی، ۱۳۸۶) گزارش شده است. به طور کلی انجماد تاثیری بر میزان خاکستر عضله ندارد ولی به علت کاهش درصد رطوبت، پروتئین و چربی درصد خاکستر افزایش می یابد. در انجماد کند چون درصد افزایش موارد نام برده بیشتر می باشد، به همین دلیل در پایان زمان نگهداری افزایش بیشتر خاکستر در نمونه های با انجماد کند مشاهده می شود($P<۰/۰۵$). در مطالعه Arannilewa و همکاران (۲۰۰۵) افزایش خاکستر تیلاپیا از ۱/۸۶ به ۳/۱۵ درصد در زمان نگهداری در سردخانه مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). مقدار پروتئین فیله تیلاپیای قرمز بر طبق نتایج تحقیق حاضر، ۲۰/۲۶ درصد می باشد (جدول ۲). میزان پروتئین در مطالعات Usydus و همکاران (۲۰۱۱) ۱۶/۴ درصد و در مطالعه Garduno و همکاران (۲۰۰۷) ۱۷/۴۰ درصد برای تیلاپیا نیلی و برای تیلاپیا قرمز ۱۶/۶ درصد به دست آمده است. مقدار پروتئین در عضلات آبزیان بین ۱۵ تا ۲۵ درصد متغیر است که در هنگام عدم دستیابی به مواد غذایی برای مدت طولانی این مقدار ممکن است به حد زیادی کاهش یابد و به ۱۵ درصد هم برسد (Rehbein & Oehlenschlager, 2009).بر اساس نتایج درصد پروتئین فیله تیلاپیای قرمز در زمان نگهداری در سردخانه کاهش یافته است. این کاهش از ۱۸/۷۰ به ۱۷/۰۰ درصد در نمونه های با انجماد کند می باشد و در تیمار های با انجماد تند میزان این کاهش کمتر و از ۱۸/۷۰ به ۱۷/۶۱ درصد می باشد. به طوریکه در گروه شاهد (تازه)، درصد پروتئین ۲۰/۲۶ درصد به دست آمد و در پایان زمان نگهداری در سردخانه در نمونه های با انجماد کند به ۱۷/۵۶ و در نمونه های با انجماد تند به ۱۸/۰۱ درصد رسید (جدول ۲). انجماد و نگهداری در سردخانه تاثیر قابل توجهی در کمیت پروتئین های ماهی ندارد اما در زمان انجماد زدایی به علت خروج آبچک که شامل مایع درون و خارج سلول است، پروتئین های محلول در آب و همچنین سایر ترکیبات مغذی از دست می رود که حجم آن بسیار متغیر است.

در مطالعه حاضر، با توجه به حجم بالای آبچک در نمونه های انجماد کند، درصد پائین تر پروتئین های این تیمار

پس از انجمادزدایی در مقایسه با انجماد تند مشاهده گردید. Arannilewa و همکاران (۲۰۰۵) نتایج مشابه ای را بر روی تیلاپیا گرفتند و کاهش پروتئین را از ۱۷/۸۰ درصد به ۱۵/۷۰ درصد در انجماد کند مشاهده کردند. همچنین در مطالعه ای که Sebranek و همکاران (۱۹۷۹) انجام دادند و از چندین روش مختلف انجماد برای منجمد کردن گوشت استفاده کردند، مشاهده نمودند با کاهش سرعت انجماد، درصد بالاتری از میزان پروتئین را بعد از انجماد زدایی به دست خواهند آورد. Badii و همکاران (۲۰۰۲) کاهش پروتئین از ۱۲۰ میلی گرم به ۱۸ میلی گرم در بافت عضله ماهی کاد بعد از گذشت ۷ ماه در انجماد کند را گزارش کردند. چربی ها نیز جزئی از ترکیب شیمیایی عضله هستند که اختلاف زیادی را از نظر مقدار در بدن ماهی نشان می دهند(Rehbein & Oehlenschlager, 2009). مقدار چربی در بافت عضله تیلاپیای قرمز در مطالعه حاضر ۱/۶۸ درصد وزن تر عضله به دست آمد (جدول۲). مقدار چربی در ماهی تیلاپیا قرمز ۰/۹۰ درصد، در مطالعه Osydus و همکاران (۲۰۱۱) در ماهی تیلاپیا نیلی ۲ درصد، در مطالعه Rasoarahona و همکاران (۲۰۰۵) در تیلاپیای نیلی ۱/۰۸ درصد و برای تیلاپیا رندالی ۲/۳۱ درصد و همچنین در مطالعه (Ng & Bahurmiz, 2009) برای تیلاپیای نیلی ۱/۷۴ درصد به دست آمد. مطالعات بر روی چربی ماهی به دلیل اهمیت آن بر سلامت مصرف کننده متعدد بوده و اهمیت زیادی دارد. محتوای چربی در وزن تر عضله ماهی کاد ۰/۰۸ درصد، کپور ۵/۱ درصد، قزل آلا ۷/۴ درصد (Usydus *et al*., 2011) اردک ماهی ۰/۷ درصد، هرینگ ۹ درصد، کفال ۳/۸ درصد و سی باس ۲ درصد ( Rehbein & Oehlenschager, 2009) می باشد.

تغییرات چربی در تحقیق حاضر، بیانگر کاهش درصد چربی کل در بافت تر نمونه ها با افزایش زمان نگهداری می باشد($P<۰/۰۵$). در تیلاپیا نیلی این کاهش از ۱/۳۰ درصد در نمونه های تازه به ۰/۶۱ در تیمارهای با انجماد کند و ۰/۹۱ درصد در تیمارهای با انجماد تند بود. به علت نرخ بالاتر اکسیداسیون و فعالیت بیشتر آنزیم ها در نمونه های با انجماد کند در پایان زمان نگهداری کاهش میزان چربی در نمونه های با انجماد کند بیشتر از انجماد تند بوده است. چربی موجود در ماهی در زمان انجماد در معرض اکسیداسیون و اتولیز قرار می گیرد. در طی فرآیند اکسیداسیون، اسیدهای چرب غیر اشباع در ماهی با اکسیژن هوا ترکیب شده و طی سه مرحله تولید پراکسید، کتون و آلدهید می کند. کاهش درصد چربی کل و همچنین تفاوت این کاهش درتیمارهای مختلف حاصل از انجماد کند، در مطالعه (Aberoumand, 2013) بر روی شانک ماهی و ماهی شوریده گزارش شده است.

**بررسی تغییرات آبچک**

بر اساس جدول (۳)، درصد آبچک با افزایش زمان نگهداری در سردخانه رابطه مستقیم دارد و این افزایش در نمونه های با انجماد کند بیشتر از انجماد تند می باشد ($P<۰/۰۵$). مطالعات متعددی نشان دهنده افزایش آبچک و کاهش وزن ماهی بعد از انجمادزدایی می باشد Chevalier *et al*., 2007., Cao *et al*., 2003., Makari *et al*., 2001 ). با افزایش سرعت و زمان انجماد درصد آبچک کاهش می یابد. این امر به علت تفاوت در محل قرار گیری کریستال های یخی و اندازه و شکل آنها و به تبع آن آسیب های فیزیکی فیبرهای عضله می باشد. کریستال های یخی بزرگ و نامنظم خارج سلولی آسیب بیشتری به دیواره سلولی وارد می کند، به همین دلیل در انجماد کند درصد بیشتر آبچک مشاهده می شود. در مطالعه Alizadeh و همکاران (۲۰۰۷) که مقایسه اثر انجماد کند و تند بر روی ماهی آزاد می باشد، درصد آبچک نمونه ها در انجماد کند بعد از گذشت یک ماه به ۱۱/۲۵ درصد و در انجماد تند به ۷/۷۵ درصد رسید ($P<۰/۰۵$).

**بررسی تغییرات ارزیابی حسی**

نتایج مربوط به آزمون ارزیابی حسی نشان می دهد که با گذشت زمان از نگهداری محصول منجمد در سردخانه ۱۸- درجه سانتی گراد و با پیشرفت فساد، امتیازات

مربوط به رنگ، بو، طعم و مزه و بافت کاهش می یابد. طعم و مزه و بو ماهی مرتبط با میوژن از پروتئین های سارکوپلاسمیک، پروتئین های میوفیبریل و همچنین ازت های غیر پروتئینی می باشد(Suzuki,1981). با توجه به افزایش میزان آبچک که باعث خروج هر چه بیشتر پروتئین های عضله می شود، امتیازات مربوط به طعم و مزه و بو ماهی در ماه ششم به پایین ترین مقدار خود رسیده بود. همچنین با افزایش اکسیداسیون چربی، طعم بافت عضله ماهی تند می شود که نتیجه آن در امتیازات طعم و مزه و بو در تیمارها مشاهده می شود. در نمونه های انجماد کند به دلیل آبچک و میزان فساد بیشتر این امتیازات نسبت به نمونه های انجماد تند پایین تر می باشد (P<۰/۰۵)(جدول ۱). خروج آبچک و دناتوره شدن پروتئین ها بافت ماهی را سخت و شکننده می نماید به طوری که بعد از پخت، کیفیت بافت ماهی در نمونه هایی که مدت زمان بیشتری از انجماد آن گذشته است، در مقایسه با گروه شاهد تفاوت معنی دار داشتند. همچنین با توجه به درصد پایین رطوبت در نمونه های ماه های آخر که به علت از دست دادن رطوبت بیشتر در زمان نگهداری در سردخانه (خشکی سردخانه ای) اتفاق افتاد و آبچک بیشتر، رنگ بافت عضله تیلاپیا قرمز بعد از پخت تیره شده و بافت ماهی هم حالت سفت و خشک پیدا نمود و مطلوبیت خود را از دست داد. در مطالعه Lakshmanan و همکاران (۱۹۹۰) کاهش امتیازات رنگ، بو، بافت و طعم و مزه را در فیله ماهی کاد در انجماد کند در پایان زمان نگهداری در سردخانه گزارش کردند. Alizadeh و همکاران (۲۰۰۷) کاهش معنی دار امتیازات بافت و رنگ عضله را در ماهی آزاد مشاهده نمودند و امتیازات مربوط به این دو فاکتور در انجماد کند در پایان زمان نگهداری در سردخانه کمتر از نمونه های با انجماد تند بود (P<۰/۰۵).

## بررسی تغییرات ریزساختمان بافت فیله تیلاپیای قرمز در زمان انجماد

یکی از موارد ناخوشایند در زمان انجماد، دناتوره شدن (Denaturation) و تجمع و انبوهش (Aggregation) پروتئین های میوفیبریلار است که به عنوان یکی از مهم ترین تغییرات بافت عضله در زمان انجماد محسوب می شود و معمولا باعث از دست رفتن فعالیت های بیولوژیکی و تغییرات معنی دار در عملکرد و ساختار فیزیکی خود می گردد. برخی از خواص ماهی منجمد مانند قابلیت ایجاد امولسیون، ظرفیت اتصال چربی، ظرفیت نگهداری آب و قابلیت تشکیل ژل خیلی پایین تر از ماهی تازه می باشد، که علت همه این تغییرات در دناتوره شدن پروتئین به ویژه میوفیبریلار می باشد(Suzuki, 1981). از جمله عواملی که باعث کاهش میزان دناتوره شدن در زمان انجماد می شود، نرخ انجماد و زمان آن می باشدکه با کاهش آن مقدار تخریب بافت های پروتئینی کاهش می یابد. براساس تصاویر SEM (شکل۱)، در نمونه های حاصل از انجماد تند در فیله تیلاپیای قرمز نسبت به تیمارهای با انجماد کند، کمتر بودن میزان دناتوره شدن و تجمع و انبوهش پروتئین بافت مشاهده می شود، به طوریکه بعد از گذشت شش ماه در تیمارهای با انجماد تند، پروتئن های میوفیبریل تا حدودی ساختار خود را حفظ کرده اند، اما در تیمارهای با انجماد کند، دناتوره شدن و تجمع پروتئین ها و درهم پیچیده شدن ساختار در آنها صورت می گیرد. به عقیده Connell (۱۹۵۹)، دناتوره شدن در اثر انجماد، به دلیل اجتماع و انبوهش پهلو به پهلو پروتئین ها می باشد که توسط شکل گیری پیوندهای عرضی بین ملکولی نظیر پیوند دی سولفید ایجاد می شود. همچنین Matsumoto (۱۹۸۰) دناتوره شدن را در نتیجه انبوهش ایجاد شده توسط افزایش تصاعدی پیوندهای عرضی بین مولکولی نظیر پیوندهای هیدروژنی، یونی، هیدروفوبیک و دی سولفید می داند. نظریه دیگری که در این زمینه وجود دارد دناتوره شدن در اثر انجماد را به افزایش غلظت محلول نمک معدنی و مواد آلی محلول در فاز غیر منجمد موجود در سلول مرتبط می داند (Ota & Yamada, 1978).

غلظت نمک معدنی در سلول های عضله هنگامی که آب در سلول ها به یخ تبدیل می شود بالاتر می رود و این افزایش در غلظت به همراه تغییرات مربوط در قدرت یونی و pH، سبب تفکیک و دناتوره شدن پروتئین ها می شود. همچنین نظریه دیگری که توسط Suzuki,(۱۹۸۱)

مطرح شد بیان می کند که دناتوره شدن به علت آن است که ملکول آب که پر کننده فضای بین پروتئین ها می باشد در هنگام انجماد حرکت می کند و سبب نزدیک تر شدن مولکول های پروتئین و تشکیل پیوندهای عرضی مختلف بین مولکول های پروتئین می گردد و بنابراین تراکم و انبوهش ایجاد می شود. روش های مختلفی برای تشخیص و اندازه گیری دناتوره شدن فیله ماهی از قبیل حلالیت میوفیبریل، ویسکوزیته اکتومیوزین، فعالیت آنزیم آدنوزین تری فسفات و مشاهده میکروسکوپی بافت داخلی وجود دارد (Suzuki, 1981). مشاهده با روش میکروسکوپ الکترونی روشی است که در این مطالعه برای مشاهده تغییرات بافت و دناتوره شدن مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس تصاویر میکروسکوپ SEM (شکل۱)، اکتومیوزین ساختمان کاملاً مشخصی را قبل از انجماد نشان می دهد، اما پس از گذشت چندین هفته از نگهداری در سردخانه، ساختمان طبیعی آنها از بین رفته و تجمع فیلامان های در هم پیچیده مشاهده می شود. مطالعه با میکروسکوپ الکترونی در مقایسه با روش های دیگر، به طور قاطع نشان دهنده تجمعات اکتومیوزین در طی نگهداری در سردخانه و اثر زمان و نرخ انجماد بر این ساختارها می باشد. مطالعات مختلفی بر روی تغییرات ساختاری بافت و دناتوره شدن بافت عضله ماهی و همچنین تاثیر انواع سرعت و زمان انجماد بر آنها انجام شده و مشاهده شده است که با افزایش سرعت انجماد و کاهش زمان آن، میزان این تغییرات به حداقل می رسد (Bello & Luft, 1982; Chen & Pan, 1997; Alizadeh *et al*., 2007). همچنین عامل مهم دیگری که باعث تخریب ساختار بافت می شود، کریستال های یخی می باشد که در زمان انجماد شکل می گیرد و باعث آسیب دیواره سلول و در نهایت بافت می شود. هر چه سرعت انجماد کمتر باشد و عبور از مرحله بحرانی انجماد سریع تر اتفاق بیفتد، اندازه این کریستال ها کوچکتر و متحد الشکل تر خواهند بود و به جای خارج سلول، داخل آن شکل می گیرند و آسیب کمتری به بافت خواهند زد. در مطالعه حاضر مشاهده می شود در تیمار های با انجماد تند، تخریب کمتری در بافت صورت گرفته که می تواند به علت کوچکتر بودن همین کریستال های یخی باشد. Alizadeh و همکاران (۲۰۰۶) و Bello و Luft درسال (۱۹۸۲) نیز نتایج مشابه با تحقیق حاضر گزارش کرده بودند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش مدت زمان نگهداری، تخریب ساختمان داخلی فیله ها افزایش می یابد و این تخریب در نمونه های منجمد شده به روش انجماد تند کمتر از نمونه های انجماد کند بود.

**منابع**


کرمی، ب. ۱۳۸۶. تعیین ارزش غذایی و بررسی میزان فلزات سنگین (مس، سرب، روی و جیوه) در بافت عضله، تخمدان و کبد اردک ماهی (*Esox lucius*) در تالاب انزلی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

کرمی، ب.، مرادی، ی.، مطلبی، ع.، حسینی، س.ا و سلطانی، م. ۱۳۹۲. بررسی تاثیر روش انجماد کند و انجماد تند روی ریز ساختمان، آبچک، ترکیبات تقریبی و خصوصیات حسی فیله ماهی تیلاپیا نیلی *Oreochromis niloticus*. *مجله علمی شیلات ایران*، ۲۲(۳): ۱۳۲-۱۴۶.

Aberoumand, A. 2013. Impact of freezing on nutritional composition of some less known selected fresh fishesh in Iran. *International food research Journal*, 20(1):347-350.

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

AOAC. 2002. Association of official Analytical chemists. 16 Edition. Washington DC, USA.

processes. *Food Science and Technology*, 38:135-142.

Fitzsimmons, K. & Watanabe, W. 2010. Farmed species and their characteristics. Chapter 17 (Family: Cichlidae). University of Tromsø, 9037 Tromsø, Norway.

Garduno, M., Herrera, J.R. & Cruz, J.D. 2007. Nutrient composition and sensory evaluation of fillets from wild-type Nile tilapia and a red hybrid. *Aquaculture Research*, 38: 1074-1081.

Hall, G.M. 2011. Fish processing-sustainability and new opportunities. Blackwell Publishing.

Johnston, W.A., Nicholson, F.J., Roger, A. & Stroud, G.D. 1994. Freezing and refrigerated storage in fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. Rome.

Kelly, T. R. & Dunnett, J. S. 1969. The effect of low temperature freezing on quality changes in cold stored cod. *Journal of food Technology*, 4: 105-115.

Lakshmanan, P.T., Varma, T.S.G., Lyer, T.S.G. & Gopakumar. 1990. Quality changes in sea frozen whole and filleted rock cod (*Epinephalus* spp.) During storage. *Fisheries Research*, 0:1-12.

Lakshmisha, I.P., Ravishankar, C.N., Ninan, G., Mohan, C.O. & Gopal, T.K.S. 2008. Effect of freezing time on the quality of Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) during frozen storage. *Sensory and Food quality*, 37: 345-353.

Lin, D. & Morrissey, M.T. 1994. Iced storage characteristics of Northern squawfish (*Ptychocheilus oregonensis*). *Journal of Aquatic Food Production Technology*, 3: 25-43.

Arannilewa, S.T., Salawu, S. O. & Sorungbe, A.A. 2005. Effect of frozen period on the chemical, microbiological and sensory quality of frozen tilapia fish (*Sarotherdun galiaenus*). *African Journal of Biotechnology*, 4: 852-855.

Badii, F., Nazlin, K. & Howell, K. 2002. Changes in the texture and structure of Cod and Haddock fillets during frozen storage. *Food Hydrocolloids*, 16: 313-319.

Bello, R.A. & Luft, J.H. 1982. Ultrastructural study of skeletal fish muscle after freezing at different rates. *Journal of Food Science*, 47:1389- 1394.

Bureau of Fisheries and Aquatic Resources (BFAR). 2006. Philippine fisheries Profile, 70 pp.

Cao, E., Chen, Y. & Cui, Z. 2003. Effect of freezing and thawing rates on denaturation of proteins in aqueous solutions. *Biotechnology and Bioengineering*, 82: 684-690.

Chen, Y.L. & Pan, B.S. 1997. Morphological changes in tilapia muscle following freezing by air blast and liquid nitrogen methods. *International Journal of Food Science and Technology*, 32: 159-168.

Chevalier, D., Munoz, A.S. & Ghoul, M.2001. Effect of freezing conditions and storage on ice crystal and drip volume in turbot evaluation of pressure shift freezing VS. air-blast freezing. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 1:193-201.

Connell, J.J. 1959. Control of fish quality. 4nd ed. Fishing News Books Limited. London, U.K.

Delgado, A.E. & Rubiolo, A.C. 2005. Microstructural changes in strawberry after freezing and thawing

(*Tilapia zillii*). *African Journal of Agriculture*, 9:608-621.

Ota, F. & Yamada, T.1978. Deterioration of proteins. Society Fish Publishing. Japan.

Pillay, T.V.R. & Kutty, M.N. 2005. Aquaculture principles and practices. Second Edition. Blackwell Publishing. Canada.

Rasoarahona, J.R.E. Barnathan, G. & Gaydou, E.M. 2005. Influence of season on the lipid content and fatty acid profiles of three tilapia species from Madagascar. *Food Chemistry*, 91: 683-694.

Rehbein, H. & Oehlenschlager, J. 2009. Fishery products quality, safety and authenticity. John Wiley and Sons Publishing. Canada.

Sebranek, J.G., Sang, P.N., Topel, D.G. & Rust, R.E. 1979. Effects of freezing methods and frozen storage on chemical characteristics of ground beef patties. *Journal of Animal Science*, 48:1101-1108.

Suzuki, T. 1981. Fish and Krill Protein. Springer Netherlands.

Usydus, Z., Adamczyk, M. & Szatkowska, U. 2011. Marine and farmed fish in the polish market: Comparison of the nutritional value. *Food Chemistry*, 126:78-84.

Venugopal, V. 2006. Seafood Processing. CRC Press Publishing. Canada.

Lioreca, E., Isabel, H., Isabel, P.M., Amparo, Q., Virginia, L. & Susana, M.F. 2003. Effect of batter formulation on lipid uptake during frying and lipid fraction of frozen battered squid. *European Food Research and Technology*, 216:297-302.

Makari, M., Melvin, M., Hotos, G. & Doubi, X. 2007. The biochemical and sensory properties of gilthead sea bream frozen at different characteristic freezing times. *Journal of Food Quality*, 30:970-992.

Matsumoto, J.J. 1980. Chemical deterioration of proteins. American Chemistry Society. USA.

Nelson, J.S. 2006. Fishes of the world. Fourth Edition. John Wiley and Sons Publishing. USA.

Ng, W.K. & Bahurmiz, O.M. 2009. The impact of dietary oil source and frozen storage on the physical, chemical and sensorial quality of fillet from market- size red hybrid tilapia. *Food Chemistry*, 113:1041-1048.

Osibona, A.O., Kusemiju, K. & Akande, G.R. 2009. Fatty acid composition and amino acid profile of two freshwater species, African catfish (*Clarias gariepinus*) and tilapia

# The effect of slow and quick freezing on quality of Red Tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Tilapia mosambicus*) fillets

Karami[*1], B., Moradi[2], Y., Motalebi[3], A. A., Soltani[4], M., Hosseini[5], S. & Hosseini[6], S. E.
1, 4, 6. Dept. of fisheries, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran

2, 3. Iranian Fisheries Research Organization, Tehran

5. Dept. of Environmental Management, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran

**Abstract**

The aim of this study was to investigate the effects of slow and quick freezing on proximate compositions, drip loss, sensory properties changes, and microstructure of Red Tilapia (Oreochromis niloticus × Tilapia mosambicus) fillets. For this reason, skinned and deboned tilapia fillets were frozen by slow and quick frozen methods. The samples were packed and stored at -18 °C for six months. Proximate composition, drip loss, and sensory evaluation of the samples were determined every month. Microstructure of the samples was studied using Scanning Electron Microscopy (SEM) every two months. Results indicated that fresh tilapia fillets had 1.68, 20.26, 1.38, 78.06 percentage of fat, protein, ash and moisture content, respectively. The proximate compositions were changed during the storage period. Quick frozen samples had significantly ($P<0.05$) lower changes than the slow frozen samples. The amount of moisture, ash, protein and fat for samples with slow freezing were 73.56, 2.76, 17.56 and 0.73 percentage and for samples with quick freezing were 76.31, 1.89, 18.01 and 1.18 percentage, respectively. The percentage of the drip in the slow frozen samples was significantly higher than quick frozen samples ($P<0.05$). The amount of drip was 11.4 and 6.1 percentage for slow and quick freezing samples after six month. SEM micrographs also showed that the changes in the microstructure of the samples were different in the slow and frozen samples. Slow freezing methods caused higher damage in the microstructure of the sample than quick freezing methods. Sensory evaluation of the samples indicated that there was a better acceptability in the quick frozen samples than slow frozen sample ($P<0.05$).

**Key words:** Tilapia, quick freezing, slow freezing, proximate composition, Scanning Electron Microscope (SEM)

***Corresponding author: babakkarami2@gmail.com**