اقیانوس‌شناسی/ سال چهارم/ شماره ۱۶/ زمستان ۶۱/۷/۱۳۹۲-۵۵

بررسی ارتباط بین تخریب فیبرهای عضلانی و ظرفیت نگهداری آب فیله ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coioides*) طی نگهداری در یخچال

سلیم شریفیان[1*]، گیلان عطاران فریمان[2]

۱- دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، دانشکده علوم دریایی، گروه شیلات، چابهار، پست الکترونیکی: sharifian.s@cmu.ac.ir

۲- دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، دانشکده علوم دریایی، گروه زیست دریا، چابهار، پست الکترونیکی: g.attaran@cmu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۶ * نویسنده مسوول تاریخ پذیرش: ۹۲/۷/۹

© نشریه علمی ـ پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۲، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

این مطالعه به‌منظور بررسی ارتباط بین تخریب ریزساختارهای بافتی و ظرفیت نگهداری آب (Water holding capacity, WHC) عضله ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coioides*) پس از صید و طی نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتیگراد) انجام گرفت. تعداد ۳۰ عدد ماهی هامور در سال ۱۳۹۰ به صورت تازه از صیدگاه‌های استان هرمزگان تهیه و به‌صورت دستی فیله گردید. فیله‌های ماهی به‌مدت چهارده روز در یخچال نگهداری و در روزهای ۰، ۴، ۷، ۱۰ و ۱۴ نگهداری، شاخص‌های pH، WHC و فیبرهای عضلانی مورد بررسی قرار گرفت. میزان WHC در فیله ماهی هامور طی روزهای نگهداری کاهش و فاصله بین فیبرهای عضلانی افزایش یافت (P<۰/۰۵). میزان مایع چک، آب چک به ترتیب از ۱۳/۷و ۱۲/۷٪ در روز اول نگهداری به ۲۳/۹ و ۲۱/۳٪ در روز آخر نگهداری رسید (P<۰/۰۵). تغییرات فاصله بین فیبری در محدوده‌ی ۵۹/۲۵- ۴/۷۰٪ به وقوع پیوست و در روزهای پایانی تمایز آن‌ها مشکل بود. نتایج نشان داد که افزایش میزان مایع چک و کاهش WHC احتمالاً به‌دلیل تخریب فیبرهای عضلانی در روزهای پایانی نگهداری بوده است.

کلمات کلیدی: *فیبرهای عضلانی، ظرفیت نگهداری مایع، فیله ماهی هامور (Epinephelus coioides)، نگهداری در یخچال.*

۱. مقدمه

ماهی‌ها به‌دلیل داشتن مقادیر زیاد چربی‌های غیراشباع و کلسترول کم و پروتئین‌های با ارزش غذایی بالا اهمیت زیادی در رژیم غذایی انسان دارند (شریفیان و همکاران، ۱۳۸۹) و تخمین زده می‌شود که بین ۱۵ تا ۲۰٪ از پروتئین‌های حیوانی از منابع آبی تأمین می‌شود. ماهی هامور با نام علمی *Epinephelus coioides* یکی از مهم‌ترین گونه‌های شیلاتی و از ماهیان ممتاز به‌حساب می‌آید و در طبقه‌بندی تجارتی جزء ماهیان درجه یک منطقه جنوب محسوب شده و همواره به‌عنوان یکی از گونه‌های هدف صید صیادان در جنوب کشور بوده است. گسترش این

Archive of SID

www.SID.ir

ماهی بسیار وسیع بوده و در سرتاسر آب‌های ساحلی در دریای عمان و خلیج فارس صید می‌گردد (دهقانی و همکاران، ۱۳۸۰).

عضلاتی که فیله ماهی را تشکیل می‌دهند، ماهیچه‌های بزرگ جانبی هستند که در دو طرف بدن آن و اطراف ستون مهره‌ها کشیده شده است. این عضلات به‌وسیله‌ی صفحات نازکی از بافت پیوندی به نام میوکوماتا[1] به بخش‌هایی به نام میوتوم[2] تقسیم‌بندی شده است. هر میوتوم از تعداد زیادی رشته یا فیبرهای عضلانی تشکیل گردیده که در جهت طولی بدن ماهی همراه عروق خونی و اعصاب و به کمک بافت پیوندی کنار یکدیگر قرار گرفته است. طول این الیاف کمتر از ۲۰ میلی‌متر و قطرشان حداکثر حدود ۱ میلی‌متر است. هر فیبر عضلانی از هزاران ساختار مویی نازک به نام میوفیبریل تشکیل شده است که در جهت طولی در کنار یکدیگر قرار گرفته اند. میوفیبریل‌ها خود به بخش‌هایی به نام سارکومر تقسیم می‌گردند که از نوارهای تاریک و روشن یا فیلامنت‌های ضخیم و نازک تشکیل گردیده که به‌وسیله‌ی خطوط Z محدود می‌گردد (شکل ۱) (Venugopal, 2006).

یک روش کارآمد برای نشان دادن تغییرات کیفی در گوشت ماهی، محاسبه ظرفیت نگهداری مایع عضله۳ و بررسی تغییرات ریزساختارهای بافتی آن در طی دوره نگهداری است (Sharifian et al., in the press; Olsson et al., 2003; Ofstad et al., 1993). قابلیت نگهداری آب توسط ماهیچه به‌عنوان یکی از پارامترهای مهم در بحث کیفیت مطرح شده است؛ چرا که WHC بالا هم برای مصرف کننده و هم در صنعت بسیار مهم است (Schafer et al., 2002; Offer and Trinick, 1983). کاهش یافتن میزان WHC ماهیچه اغلب در نتیجه یک سری تغییرات ساختاری در ماهیچه است که بعد از مرگ رخ می‌دهد. مطالعه‌ی روند فساد در ماهیان نواحی گرمسیری می‌تواند اطلاعات مفیدی در زمینه کاهش فساد، حمل و نقل تجاری و توزیع ماهیان این منطقه را ایجاد کند (افشارمنش و همکاران، ۱۳۹۱). اطلاعات کمی در زمینه تغییرات فیبرهای ماهیچه‌ای و ارتباط آن با ظرفیت نگهداری آب عضله در ماهیان خلیج فارس و دریای عمان، به‌خصوص ماهی هامور وجود دارد.

هدف از این مطالعه بررسی روند تغییرات ریزساختارهای بافتی عضله ماهی هامور و ارتباط آن با ظرفیت نگهداری آب عضله طی ۱۴ روز نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتیگراد) بوده است.

۲. مواد و روش‌ها

نمونه‌های ماهی هامور به تعداد ۳۰ عدد در سال ۱۳۹۰ از صیدگاه‌های استان هرمزگان به‌صورت تازه تهیه گردید. سپس ماهیان تازه به‌صورت یک در میان در لایه‌های یخ پودر شده قرار داده شدند. آن‌گاه نمونه‌ها با رعایت شرایط صحیح انتقال، به آزمایشگاه منتقل گردیدند. از ماهیان تقریباً هم وزن و با اندازه تجاری موجود در بازار (۰/۶- ۰/۵ کیلوگرم) برای انجام آزمایشات استفاده گردید. ماهیان انتخاب شده تمیز و به‌صورت دستی فیله گردید. نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی عایق نسبت به رطوبت (میزان نفوذ اکسیژن: ۶۰ cc/m2/۲۴) بسته‌بندی و در یخچال (۴ ^{o}C) قرار داده شد و در روزهای ۰ (روز اول)، ۴، ۷، ۱۰ و ۱۴ نگهداری مورد آزمایش قرار گرفتند. تمامی آزمایشات با ۳ تکرار انجام شد.

برای اندازه‌گیری میزان رطوبت از روش AOAC (۱۹۹۵) استفاده گردید، بدین صورت که نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت (تا رسیدن به وزن ثابت) در آون (Gallenkamp, HOTBOX, Model OVB-306) در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. آماده‌سازی نمونه‌ها برای اندازه‌گیری pH، بر اساس روش Vyncke (۱۹۸۱) صورت گرفت و براین اساس ۱۰ گرم از گوشت چرخ شده ماهی در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر همگن و مخلوط فیلتر گردید. pH مایع فیلترشده با استفاده از pH متر (HM-205, Japan) اندازگیری شد. ظرفیت نگهداری مایع (آب) بر اساس روش تعریف شده توسط Rørå و همکاران (۲۰۰۳) و با استفاده از سانتریفیوژ اندازه‌گیری گردید. ۲ گرم از گوشت ماهی وزن و همراه با کاغذ صافی (Whatman, Maidstone, England) (V1) در لوله سانتریفیوژ قرار داده شد. در ادامه سانتریفیوژ با دور ۴۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه در درجه حرارت ۱۰ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت و کاغذ صافی مرطوب (V2) قبل از خشک کردن در ۵۰ درجه سانتی‌گراد و رسیدن به وزن ثابت (V3) توزین گردید. برای محاسبه مایع چک یا درصد مایع از دست رفته، آب چک یا آب از دست رفته و چربی چک یا چربی از دست رفته از فرمول‌های زیر استفاده گردید:

$$\text{مایع چک} = (V2-V1)/S \times ۱۰۰$$

[1] Myocommata
[2] Myotome
[3] Water holding capacity (WHC)

Archive of SID
www.SID.ir

آب چک = (V2-V3)/S × ۱۰۰

چربی چک = (V3-V1)/S × ۱۰۰

که در آن‌ها S نشان دهنده وزن نمونه گوشت ماهی است.

آماده‌سازی نمونه‌ها برای آنالیز ریزساختارهای بافتی، مشاهده فضای بین سلولی و تخریب فیبرها بر اساس روش توسعه داده شده توسط Alizadeh و همکاران (۲۰۰۷)، با اندکی اصلاحات برای فیله‌ی هامور انجام گرفت. بدین‌صورت که در روزهای آزمایش، با استفاده از تیغ جراحی نمونه ۵ میلی‌متری از عضله ماهی بریده و در محلول کارنوی (۶۰٪ اتانول خالص + ۳۰٪ کلروفرم + ۱۰٪ اسید استیک گلاسیال) به‌مدت ۲۴ ساعت در ۴ درجه سانتیگراد تثبیت گردید. سپس نمونه‌های تثبیت شده در دمای اتاق و برای آب زدایی به‌مدت ۲ ساعت در اتانول خالص قرار داده شد. در ادامه نمونه‌ها در حمام دوم ساخته شده از ۵۰٪ اتانول خالص و ۵۰٪ تولوئن به‌مدت ۱ شبانه روز قرار گرفت و سرانجام به‌مدت ۴ ساعت در تولوئن خالص غوطه‌ور گردید.

نمونه‌های آب زدایی شده در سه حمام پارافین/ تولوئن به‌ترتیب با مقدارهای (۲۵٪- ۵۰٪- ۷۵٪) و در هر کدام به‌مدت یک ساعت قرار گرفت. در انتها، نمونه‌ها به‌مدت ۱ ساعت در حمام پارافین خالص (۶۰ درجه سانتیگراد) غوطه‌ور گردید.

نمونه‌های حاصله با استفاده از پارافین در mould (۱۵ × ۱۵ × ۲۰ میلی‌متر) قالب‌گیری و با استفاده از میکروتوم (RMT-30, Radical Microtome, India) با ضخامت ۱۰ میکرومتر برش داده شدند. نمونه‌های برش داده شده با استفاده از رنگ‌های Orange G و Blue Alanine رنگ آمیزی و با استفاده از میکروسکوپ (CX21FS1, Olympus, Japan) مجهز به دوربین (SP-500 UZ, Japan) در بزرگنمایی ۴۰۰X عکسبرداری انجام شد. آنالیز و پردازش عکس‌ها با استفاده از نرم افزار UTHSCSA Image Tool انجام گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۳ تحت ویندوز انجام شد.

روش تجزیه واریانس یک‌طرفه و آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار LSD جهت بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بین مقادیر حاصل از هر شاخص در زمان‌های ۰ (روز اول)، ۴، ۷، ۱۰ و ۱۴ روز به‌کار رفت.

۳. نتایج

نتایج حاصل از بررسی تغییرات شاخص‌های فیزیکی فیله ماهی هامور معمولی (*Epinephelus coioides*) در جدول ۱ نشان داده شده است. میـزان رطوبت در فیله ماهی تازه برابر ۷۹/۸ ٪ بود و در روز آخـــر نگهـــداری به ۸۰/۴ ٪ رسید (P>۰/۰۵). کمترین میزان pH در روز چهارم نگهداری (۶/۸) و بالاترین میزان آن (۸/۰) در روز آخر نگهداری اندازه‌گیری گردید و تغییرات کلی آن بین ۶/۹ تا ۸/۰ بود (P<۰/۰۵). نتایج حاصل از ظرفیت نگهداری مایع عضله با سه شاخص مایع چک، آب چک و چربی چک در جدول ۱ نشان داده شده است. افزایش درصد مایع چک در هفت روز اول نگهداری تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (P>۰/۰۵)، در حالی که افزایش کلی آن از ۱۳/۷ ٪ در نمونه‌های کنترل به ۲۳/۹ ٪ در روز چهاردهـم معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). کمترین میزان آب چک در روز چهارم نگهداری (۱۱/۴ ٪) و بیشترین مقدار آن در روز دهم نگهداری (۲۹/۹ ٪) مشاهده گردید. تفاوت معنی‌داری در بین میزان آب چک روزهای اول، چهارم و هفتم نگهداری مشاهده نگردید، در حالی که بین روزهای دهم و چهاردهم نگهداری تفاوت معنی داری وجود داشت. بررسی میزان چربی چک از ۱/۲٪ در روز اول نگهداری به ۲/۶ ٪ در روز آخر نگهداری افزایش یافت (P<۰/۰۵).

جدول ۱: تغییرات فیزیکی فیله ماهی هامور (*Epinephelus coioides*) طی نگهداری در یخچال (۴ °C)

	روز نگهداری				
	کنترل	۴	۷	۱۰	۱۴
رطوبت [A]	۷۹/۸ ±۰/۱۴	۷۹/۴ ±۰/۹۸	۷۹/۹ ±۰/۷۸	۷۹/۲ ±۰/۹۲	۸۰/۴ ±۰/۱۸
pH	۶/۹ ±۰/۰۲^{a}	۶/۸ ±۰/۰۲^{b}	۷/۲ ±۰/۰۶^{c}	۷/۴ ±۰/۱۰^{d}	۸/۰ ±۰/۰۷^{e}
مایع چک [B]	۱۳/۷ ± ۲/۰۰^{c}	۱۲/۹ ± ۱/۶۴^{c}	۱۳/۴ ± ۱/۳۴^{c}	۲۷/۴ ± ۰/۸۰^{b}	۲۳/۹ ± ۲/۹۳^{a}
آب چک [C]	۱۲/۷ ± ۰/۰۴^{c}	۱۱/۴ ± ۱/۳۹^{c}	۱۲/۶ ± ۰/۷۳^{c}	۲۵/۹ ± ۱/۲۸^{b}	۲۱/۳ ± ۳/۱۵^{a}
چربی چک [D]	۱/۲ ± ۰/۰۴^{b}	۱/۶ ± ۰/۴۲^{b}	۰/۸۳ ± ۰/۶۶^{b}	۱/۵ ± ۰/۷۸^{b}	۲/۶ ± ۰/۴۹^{a}
فاصله بین فیبری [F]	۴/۷۰ ± ۱/۴۸^{c}	۱۴/۲۲ ± ۲/۴۰^{d}	۲۷/۴۴ ± ۲/۲۹^{c}	۴۰/۰۳ ± ۱/۸۸^{b}	۵۹/۲۵ ± ۱/۳۶^{a}

[A] و [F] درصد از کل فیله، [B-D] درصد از وزن تر فیله

حروف کوچک [a-e]، تفاوت معنی‌دار (P < ۰/۰۵) هر شاخص در بین روزهای نگهداری با استفاده از ANOVA

نتایج حاصل از ضرایب همبستگی دوگانه‌ی تغییرات شاخص‌های فیزیکی فیله‌ماهی هامور طی چهارده روز نگهداری در یخچال در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که در جدول نشان داده شده است، بالاترین میزان همبستگی بین pH و شاخص‌های ظرفیت نگهداری مایع عضله و فاصله بین فیبری مشاهده گردید (P<۰/۰۵).

Archive of SID

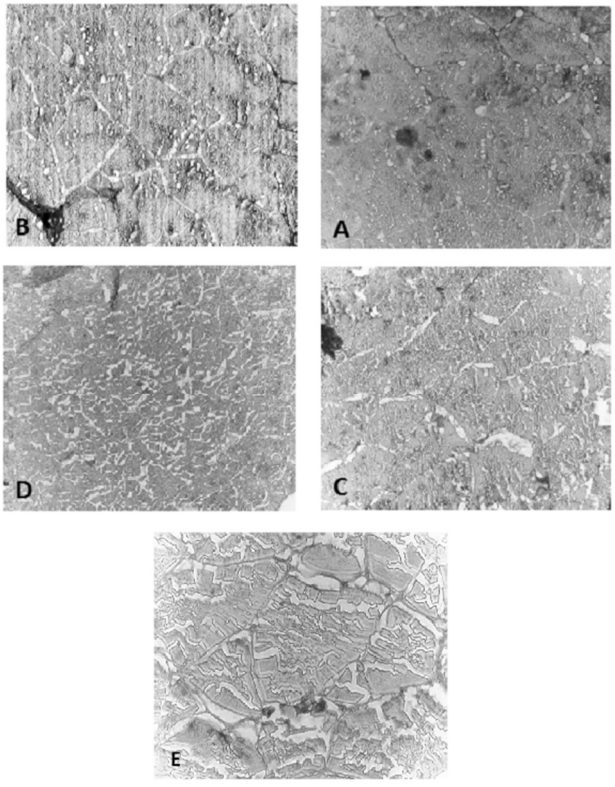
www.SID.ir

جدول ۲: ضرایب همبستگی دوگانه تغییرات شاخص‌های فیزیکی فیله‌ماهی هامور طی نگهداری

	رطوبت	pH	مایع چک	آب چک	چربی چک	فاصله بین فیبری
رطوبت	۱/۰۰	۰/۳۷	۰/۰۲	-۰/۰۶	۰/۵۸*	۰/۲۹
pH		۱/۰۰	۰/۷۳**	۰/۶۸**	۰/۶۰*	۰/۹۴**
مایع چک			۱/۰۰	۰/۹۸**	۰/۴۶	۰/۷۹**
آب چک				۱/۰۰	۰/۳۶	۰/۷۰*
چربی چک					۱/۰۰	۰/۵۷*
فاصله بین فیبری						۱/۰۰

* و ** به‌ترتیب بیانگر وجود رابطه معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.

تأثیر نگهداری در یخچال بر آرایش و قوام ریزساختارهای (فیبرهای) ماهیچه ای ماهی هامور طی نگهداری در یخچال در شکل ۱ نشان داده شده است. اگرچه همان‌گونه که در شکل‌ها دیده می‌شود در روز اول نگهداری آرایش فیبرها منظم و فاصله بین آن‌ها بسیار کم است، اما با گذشت زمان نگهداری، چروکیدگی سطح فیبرها و فاصله بین آن‌ها افزایش یافت، به‌گونه‌ای که تمایز فیبرها در روزهای آخر نگهداری مشکل بود. تغییرات فاصله‌ی بین فیبرهای عضلانی فیله طی نگهداری در یخچال در جدول ۱ نشان داده شده است. در روز اول نگهداری میزان کل فاصله بین فیبرها برابر با ۴/۷۰٪ از کل بافت بود و به ۵۹/۲۵ ٪ در روز آخر نگهداری افزایش یافت ($P< ۰/۰۵$).



شکل ۱: تغییرات فیبرهای عضلانی ماهی هامور طی نگهداری در یخچال (حروف A، B، C، D و E به‌ترتیب نشان‌دهنده روز ۰، ۴، ۷، ۱۰ و ۱۴ نگهداری می باشد؛ عکس‌ها در بزرگ‌نمایی x ۴۰۰ گرفته شده است).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

عوامل متعددی از قبیل نوع گونه، سن و اندازه ماهی، میزان چربی و محل آن در عضله، میزان و نوع پروتئین و بافت پیوندی تغییرات در بافت عضله ماهی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. (Coppes-Petricorena, 2011). بعد از صید ماهی عوامل از قبیل میزان pH، جمود نعشی، درجه حرارت و شدت و میزان پروتئولیز اهمیت می‌یابد که باعث تخریب میوفیبریل‌ها و بافت‌های پیوندی طی دوره نگهداری می‌گردد (Morkore et al., 2009; Herrero et al., 2005). مقایسه میزان مایع چک در روز اول و آخر نگهداری فیله ماهی هامور روند افزایشی و معنی‌داری را نشان داد. به بیانی دیگر، ظرفیت نگهداری مایع عضله طی روزهای نگهداری روندی کاهشی داشته است. Bahuand و همکاران (۲۰۰۸) اثرات نگهداری فوق سرد (۱/۵- درجه سانتیگراد) را بر روی تغییرات مایع چک و ریز ساختارهای بافتی قیله ماهی سالمون (Salmo salar) را مورد بررسی قرار دادند و افزایش معنی‌داری در مایع چک فیله پس از یک هفته از نگهداری را مشاهده نمودند. آن‌ها افزایش مایع چک را به تغییرات ساختاری در فیله نسبت دادند. کاهش ظرفیت نگهداری در فیله می‌تواند به‌دلیل آسیب سلول، کاهش قابلیت انحلال پروتئین‌ها و دناتوره شدن آن‌ها پس از مرگ و طی دوره نگهداری باشد (Einen et al., 2002). میزان رطوبت در فیله هامور تقریباً ثابت بود و تغییرات چندانی را نشان نداد (جدول ۱). از این رو به نظر می‌رسد، که ظرفیت نگهداری مایع عضله به شدت تحت تأثیر تغییرات فیبرها و توزیع مایع بین فضاهای خارج و درون سلولی قرار دارد (Morkore et al., 2009; Offer and Trinick, 1983) و تغییرات در آب آزاد بافت تأثیری بر WHC نخواهد داشت.

در مطالعه‌ی حاضر رابطه میان pH و مایع چک در اکثر روزهای نگهداری مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۲). Solberg و همکاران (۲۰۰۱) در مطالعه بر روی عضله ماهی کاد دریافتند که به‌طور کلی رابطه‌ای معکوس بین pH ماهیچه و چک آب وجود دارد. چنین الگویی (کاهش pH) را شاید بتوان در ساعات اولیه صید، پیش از جمود نعشی مشاهده نمود (Ofstad et al., 1996)، اما در طی دوره نگهداری به غیر از pH، عوامل دیگری نیز بر روی میزان چک آب تأثیر فراوانی خواهد داشت. از این رو به‌نظر می‌رسد که می‌توان تفاوت در WHC را ناشی از تفاوت در تخریب اتولیز یا میکروبی ساختارهای عضله دانست (Olsson et

Archive of SID
www.SID.ir

al., 2007). این توضیحات با نتایج به‌دست آمده در این مطالعه در ارتباط با تغییرات WHC و تخریب فیبرهای عضلانی سازگار است. همبستگی میان فاصله بین فیبرهای عضلانی و تغییرات مایع چک و آب چک (جدول ۲) در اکثر روزهای نگهداری بالا و معنی‌دار بود. بنابراین شاید بتوان گفت که کاهش WHC فیله ماهی هامور ناشی از تخریب ریزساختارهای عضلانی بوده است.

فیبرهای عضلانی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های تعیین ویژگی بافت عضله ماهی است. آنالیز فیبرهای عضلانی و ترکیبات آن، عمدتاً پروتئین‌های میوفیبریل از مهم‌ترین روش‌ها برای بررسی روند تغییرات پس از صید در ماهی است (Coppes-Petricorena, 2011). بررسی عکس‌های گرفته شده از فیبرهای عضلانی فیله ماهی هامور (شکل ۱) و فاصله بین فیبرهای عضلانی (جدول ۱) نشان داد که با افزایش روزهای نگهداری فیبرهای عضلانی کم کم تخریب و فاصله بین آن‌ها افزایش یافته است. Olsson و همکاران (۲۰۰۳) تغییرات در ظرفیت نگهداری آب عضله ماهی هالیبوت طی نگهداری در یخ (۱ درجه سانتیگراد) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد با افزایش زمان نگهداری میزان باکتری‌ها و در نتیجه میزان آنزیم‌های پروتئیولیتیک افزایش می‌یابد و احتمالاً این آنزیم‌ها موجب تخریب ترکیبات درون سلولی و در نتیجه تغییرات در فیبرهای عضلانی و ظرفیت نگهداری آب عضله می‌گردد. هم‌چنین مطالعات فراوانی نشان داده است که تغییر در پروتئین‌های میوفیبریل (واحدهای سازنده فیبرهای عضلانی) مرتبط با فعالیت آنزیم های پروتئولیک است (Jasra et al., 2001; Osatomi et al., 1997; Benjakul et al., 1997; Kinoshita et al., 1992). در مطالعات دیگری نیز ثابت شده است که کاهش WHC و افزایش میزان چک آب ناشی از تغییرات ساختاری عضله است. چنین تغییراتی شامل تخریب شبکه میوفیلامنت‌ها، دناتوره شدن میوزین و افزایش فضای خارج سلولی است (Guigno et al., 1993). در مطالعه‌ی حاضر نیز هم‌زمان با افزایش روزهای نگهداری، فاصله بین سلولی در فیبرهای عضلانی افزایش یافت و متعاقب آن ظرفیت نگهداری آب عضله کاهش یافت. در مطالعه‌ی دیگری Ofstad و همکاران (۱۹۹۶) تأثیر تغییرات ساختاری عضله ماهی پس از مرگ بر روی میزان چک آب را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که میزان چک آب در ۴۸ ساعت پس از نگهداری بیش‌تر از روز اول (۳ ساعت پس از صید) بود. آن‌ها این میزان بالاتر را به چروک خوردگی میوفیبریل‌ها ناشی از جمود نعشی نسبت دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که چک آب شدید در ماهی کاد احتمالاً به‌دلیل تخریب عضلانی به‌وجود آمده به‌وسیله‌ی عوامل مختلفی از قبیل pH و چروکیدگی میوفیبریل‌ها است. شکستن میوفیبریل‌ها و تورم بافت (شبکه) سارکوپلاسم ممکن است این فرایند را تقویت کند و هم‌چنین تخریب سارکولما و لایه‌های کلاژن خارج سلولی ممکن است موجب تسریع خروج مواد درون سلولی گردند.

در مطالعه‌ی حاضر برای اولین بار تغیرات در ظرفیت نگهداری مایع عضله ماهی هامور و ارتباط آن با تغییرات فیبرهای عضلانی طی ۱۴ روز نگهداری در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که ظرفیت نگهداری مایع در ماهی‌ها می‌تواند متفاوت باشد. از این رو می‌توان نتیجه‌گیری نمود که تغییرات WHC عموماً در ارتباط با دو عامل اصلی است: ۱) تفاوت‌های ژنتیکی در فیبرها و در نتیجه پروتئین عضله، ۲) pH عضله پس از مرگ و در ادامه‌ی تخریب عضله با افزایش مدت زمان.

۵. سپاسگزاری

بدین‌وسیله از جناب آقای دکتر مرتضوی ریاست محترم پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان که در بخش‌هایی از این پژوهش ما را یاری نمودند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع

افشارمنش، ش.؛ پیغمبری، س.ش.؛ شعبان پور، ب.؛ سواری، ا.، ۱۳۹۱. بررسی تغییرات برخی آمین های بیوژنیک ماهی گیدر (*Thunnus albacares*) نگهداری شده در یخ و انجماد در شناورهای صیادی چابهار. اقیانوس شناسی، سال سوم، شماره ۱۰، صفحات ۶۷-۵۹.

دهقانی، ر.؛ تقوی مطلق، س.ا.؛ کامرانی، ا.، ۱۳۸۰. برآورد پارامترهای رشد هامور معمولی هرمزگان. مجله علوم و فنون دریایی ایران، دوره اول، شماره اول، صفحات ۲۵-۱۷.

شریفیان، س.؛ مرتضوی، م.ص.؛ زکی پور رحیم آبادی، ا.؛ ارشدی، ع.، ۱۳۸۹. تعیین زمان ماندگاری ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) نگهداری شده در یخ. مجله علمی شیلات ایران. دوره ۱۹، شماره ۴، صفحات ۹۶-۸۷.

Archive of SID
www.SID.ir

Journal of the Science of Food and Agriculture, 81: 519–524.

Kinoshita, M.; Toyohara, H.; Shimizu, Y., 1990. Purification and properties of a novel latent proteinase showing myosin heavy chain degrading activity from threadfin-bream muscle. Journal of Biochemistry, 107: 587–591.

Morkore, T.; Ruohonen, K.; Kiessling, A., 2009. Variation in texture of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) relevance of muscle fiber cross-sectional area. Journal of Texture Studies, 40: 1–15.

Offer, G.; Trinick, J., 1983. On the mechanism of water holding in meat: The swelling and shrinking of myofibrils, Meat Science, 8: 245-381.

Ofstad, R.; Kidman, S.; Myklebust, R; Hermansson, A.M., 1993. Liquid holding capacity and structural changes during heating of fish muscle; cod (*Gadus morhua* L.) and salmon (*Salmo salar*). Food Structure, 12: 163-174.

Ofstad, R.; Egelandsdal, B.; Kidman, S.; Myklebust, R.; Olsen, R.L.; Hermansson, A., 1996. Liquid Loss as Effected by Post mortem Ultrastructural Changes in Fish Muscle: Cod (*Gadus morhua* L) and Salmon (*Salmo salar*). Journal of the Science of Food and Agriculture, 71: 301-312.

Olsson, G.B.; Ofstad, R.; Lodeme, J.B.; Olsen, R.L., 2003. Changes in water-holding capacity of halibut muscle during cold storage, Lebensm- Wiss- Technology, 36: 771–778.

Olsson, G.B.; Seppola, M.A.; Olsen, R.L., 2007. Water-holding capacity of wild and farmed cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) muscle during ice storage. Lebensm-Wiss-Technology, 40: 793–799.

Osatomi, K.; Sasai, H.; Cao, M.; Hara, K.; Ishihara, T., 1997. Purification and characterisation of myofibril-bound serine proteinase from carp *Cyprinius* ordinary muscle. Comparative Biochemistry and Physiology,

Alizadeh, E.; Chapleaua, N.; De Lamballerie, M.; Le-Bail, A., 2007. Effect of different freezing processes on the microstructure of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 8: 493–499.

AOAC., 1995. Official methods of analysis, 16th edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington.

Bahuaud, D.; Mørkøre, T.; Langsrud, Ø.; Sinnes, K.; Veiseth, E.; Ofstad, R.; Thomassen, M.S., 2008. Effects of -1.5°C Super-chilling on quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) pre-rigor Fillets: Cathepsin activity, muscle histology, texture and liquid leakage. Food chemistry, 111: 329-339.

Benjakul, S.; Seymour, T.A.; Morrissey, M.T.; An, H., 1997. Physicochemical changes in Pacific whiting muscle proteins during iced storage. Journal of Food Science, 62 (4): 729–733.

Coppes-Petricorena, Z., 2011. Texture measurements in fish and fish products. In: Handbook of seafood quality, safety, and health applications, edited by Cesarettin Alasalvar, Fereidoon Shahidi, Kazuo Miyashita, Udaya Wanasundara. Wiley-Blackwell, UK.

Einen, O.; Guerin, T.; Fjaera, S.O.; Skjervold, P.O., 2002. Freezing of pre-rigor fillets of Atlantic salmon. Aquaculture, 212: 129–140.

Guignot, F.; Vignon, X.; Monin, G., 1993. Post mortem evolution of myofilament spacing and extracellular space in veal. Meat Science, 33: 333–347.

Herrero, A.M.; Carmona, P.; Garcia, M.L.; Solas, M.R.; Careche, M., 2005. Ultrastructural changes and structure and mobility of myowater in frozen-stored hake (*Merluccius merluccius* L.) muscle: Relationship with functionality and texture. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 2558-2566.

Jasra, S.K.; Jasra, P.K.; Talesara, C.L., 2001. Myofibrillar protein degradation of carp (*Labeo rohita* (Hamilton) muscle after postmortem unfrozen and frozen storage.

Archive of SID

www.SID.ir

and technology, DOI 10.1007/s13197-011-0589-4.

Solberg, C.; Hegli, S.; Skaanevik, G.A.; Solberg, T., 2001. Seasonal variation in cod. In A. Gudsonsson, and O. Niclasen (Eds.), Annuales Societatis Scientiarum Færoensis Supplementum XXVIII (105–108 pp.). Faroe Islands: Føroya Froskaparsetur. Torshavn.

Venugopal, V., 2006. Seafood processing adding value through quick freezing, retortable packaging, and cook-chilling. CRC Press. Taylor and Francis Group, New York, 425-426.

Vyncke, W., 1981. pH of fish muscle: comparison of methods. 11th Western European Fish Technologists' Association (WEFTA) Meeting, Copenhagen, Denmark.

116 B: 183–190.

Rørå, A.M.B.; Regost, C.; Lampe, J., 2003. Liquid holding capacity, texture and fatty acid profile of smoked fillets of Atlantic salmon fed diet containing fish oil or soybean oil. Food Research International, 36: 231–260.

Schafer, A.; Rosenlund, K.; Purslow, P.P.; Andersen, H.J.; Henckel, P., 2002. Physiological and structural events post mortem of importance for drip loss in pork. Meat Science, 61: 355–366.

Sharifian, S.; Alizadeh, E.; Mortazavi, M.S.; Shahriari-Moghadam, M., in the press. Effects of refrigerated storage on the microstructure and quality of Grouper (*Epinephelus coioides*) fillets. Journal of food science

Archive of SID

www.SID.ir