اثر زمان نگهداري در يخ بر كيفيت چربي و ارزيابي حسي ماهي كفال طلايي (*Liza aurata*)

سيد ولي حسيني[1]، مسعود رضايي[2]*، محمد علي سحري[3]، هدايت حسيني[4]

۱- دانش آموخته كارشناسي ارشد شيلات, دانشكده منابع طبيعي و علوم دريايي, دانشگاه تربيت مدرس, نور
۲- استاديار گروه شيلات، دانشكده منابع طبيعي و علوم دريايي, دانشگاه تربيت مدرس, نور
۳- دانشيار دانشكده كشاورزي, دانشگاه تربيت مدرس, تهران
۴- استاديار پژوهشي، اداره كل آزمايشگاههاي غذا و داروي كشور، تهران

چكيده

خصوصيات كيفي ماهي كفال طلايي در ۲۰ روز نگهداري در يخ با ثبت تغييرات چربي و شاخصهاي حسي ارزيابي شد. بر اساس نتايج به دست آمده، نمونه‌ها تغييرات معناداري را در مقدار پراكسيد، تيوباربيتوريک اسيد، اسيدهاي چرب آزاد، آهن هِم و ارزيابي حسي نشان دادند ($p< ۰/۰۵$). طي دورهٔ نگهداري در يخ ميزان هر يک از شاخصهاي فساد چربي پراكسيد، تيوباربيتوريک اسيد و اسيدهاي چرب آزاد افزايش و ميزان آهن هِم كاهش يافت. ارزيابي حسي نمونه‌ها نيز نشان دهندهٔ كيفيت عالي تا خوب تا روز هفتم و از كيفيت خوب تا قابل قبول تا روز دهم بود. بنابراين مي‌توان عمر ماندگاري ماهي كفال طلايي نگهداري شده در يخ را تا ۱۰ روز تعيين كرد.

كليد واژگان: ماهي كفال طلايي (*Liza aurata*) تغييرات چربي، ارزيابي حسي، زمان ماندگاري، يخ.

۱- مقدمه

ماهي و ديگر آبزيان از توليدات اقتصادي مهم بسياري از كشورها مي‌باشند [۱]. ماهي كفال طلايي *Liza aurata* از خانوادهٔ Mugilidae [۲]، از گونه‌هاي با ارزش ماهيان استخواني درياي مازندران است كه در آبهاي شمال ايران به ميزان ۳۸۹۵ تن صيد[۳] و به طور عمده به وسيله يخ نگهداري و عرضه مي شود.

استفاده از يخ آسانترين و ارزانترين روش كارامد كاهش درجه حرارت ماهي و شيوهٔ مناسبي در حمل و نگهداري موقت آن است [۴]. طي نگهداري ماهي در يخ، رشد ارگانيسمهاي فاسد كنندهٔ ماهي و نيز سرعت فعاليتهاي آنزيمي و شيميايي كاهش مي‌يابد، اما فرايندهاي اكسيداسيوني و هيدروليزي چربي ماهيان متوقف نشده، بلكه به آرامي پيش مي‌روند [۵]. اين فرايندها منجر به بروز تغييرات ناخواسته‌اي در زمان نگهداري و در نتيجه كاهش كيفيت محصول مي‌شوند [۶].

در صورت گسترش فساد چربي در ماهيان، ضمن ايجاد بوي نامطبوع [۷]، تغييراتي نامطلوب در طعم [۸]، بافت [۹]، رنگ، ويژگيهاي ظاهري و ارزش غذايي [۱۰] به وجود

* نويسندهٔ مسؤول مقاله: تلفن: ۳-۶۲۵۳۰۱-۰۱۲۲، صندوق پستي: ۳۵۶-۴۶۴۱۴، E-mail: rezai_ma@modares.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

می‌آید. از این رو فساد چربی به عنوان مهمترین عامل اُفت کیفیت ماهیان [۱۱] در نظر گرفته می‌شود. بویژه آنکه تولیدات اولیه اکسیداسیون چربی به وسیله ارزیابیهای حسی قابل تشخیص نیست و برای سلامتی نیز مضرند [۱۲].

روشهای بسیاری برای اندازه‌گیری اکسیداسیون چربی در غذا به کار گرفته شده‌اند که از آن جمله می‌توان به اندازه‌گیری مقدار چربی Total lipid (TL) و اسیدهای چرب آزاد Free fatty acid (FFA) [۱۳]، شاخص پراکسید Peroxide Value (PV)، تیوباربیتوریک اسید Acid (TBA) Thiobarbitoric و پراکسیدانهایی مانند آهن هم Heme Iron (HI) [۱۴] اشاره کرد. اما ناپایداری ترکیبات اکسیداسیونی و تمایل آنها به واکنش با مواد آمینیِ بیوژن مانند پروتئینها، اسیدهای آمینه آزاد و فسفولیپیدها، باعث بروز مشکلاتی در روشهای عمومی تعیین کیفیت می‌شوند که استفاده از روشهای ارزیابی حسی همزمان با اندازه‌گیری شاخصهای شیمیایی تا حد زیادی از مشکلات فوق می‌کاهد و به عنوان روشی مکمل برای تعیین میزان فساد ماهی طی دورهٔ نگهداری در نظر گرفته می‌شود.

نظر به ارزش اقتصادی و غذایی ماهی کفال طلایی و همچنین درصد بالای صید آن، در این تحقیق تغییراتی که براثر قرارگیری این ماهی در یخ بویژه تغییراتی که در چربی بروز می‌کند، بررسی و بیشینه زمان مجاز نگهداری آنها در یخ مطالعه شد تا علاوه بر حصولِ اطلاعات پایه‌ای و ارزشمند، اطمینان و اعتماد لازم از نظر مصرف و جلوگیری از آثار سوء ناشی از شرایط نامناسب نگهداری فراهم شود.

۲- مواد و روش کار

ماهیان کفال طلایی از محل صیدگاه پره سواحل شهرستان محمود آباد به صورت زنده در آبان ماه ۱۳۸۲ تهیه شدند. انتخاب ماهیان به طور تصادفی و از بین ماهیان سالم و هم اندازه و به تعداد ۲۵ عدد با میانگین وزن و طول بترتیب ۲۵ ± ۵۰۰g و ۲ ± ۴۰cm صورت پذیرفت. آنگاه ماهیان در داخل جعبه یونولیت به صورت یک در میان در لایه‌هایی از یخ خرد شده به ضخامت تقریبی ۵cm قرار گرفتند و به آزمایشگاه منتقل شدند. طی مدت آزمایش، تقریباً هر روز مقداری یخ تازه به منظور جبران یخهای ذوب شده و همچنین ثابت نگهداشتن دمای داخلی جعبه (°C ۳-۱)، به آن اضافه می‌شد. برای اندازه‌گیری شاخصهای شیمیایی فساد چربی در هر نوبت آزمایش (روزهای ۱، ۴، ۷، ۱۰، ۱۳ و ۲۰ نگهداری در یخ) از سه ماهی کفال طلایی استفاده شد. بدین منظور شستشوی ماهیان بعد از تخلیه شکمی، قطع باله‌ها و فلس‌گیری انجام شد. آنگاه گوشت ماهی چرخ و همگن شد (بدون استخوان ستون فقرات) و شاخصهای رطوبت به روش AOAC (۱۹۹۰)[۱۵]، چربی کل به روش بلای و دایر (۱۹۵۹)[1] [۱۶]، مقادیر پراکسید به روش اِگان و همکاران (۱۹۹۷)[2] [۱۷]، مقادیر تیوباربیتوریک اسید به روش نامولما و همکاران (۱۹۹۹)[3] [۱۸]، اسیدهای چرب آزاد به روش اِگان و همکاران (۱۹۹۷) و آهن هِم به روش کلارک و همکاران (۱۹۹۷)[4] [۱۹] محاسبه و تعیین شدند. برای اندازه‌گیری شاخصهای ارزیابی حسی در هر نوبت آزمایش، ۵ عدد ماهی انتخاب و شاخصهای ارزیابی حسی طبق روش لاین و موریسی (۱۹۹۴)[5] (جدول۱) [۲۰] و به وسیله پنج نفر ارزیاب آموزش دیده اندازه‌گیری شد.

1. Bligh & Dyer, 1959
2. Egan et al., 1997
3. Namulema et al., 1999
4. Clark et al., 1997
5. Lin & Morriissey, 1994

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱ معیارهای سنجش عامل حسی مورد آزمون [۲۰]

بافت	ظاهر عمومي	بوي آبشش	ظاهر آبشش	چشم	نمره
بافت سفت است و قابلیت ارتجاعی دارد. فرورفتگی ناشی از فشار دست بسرعت برطرف می شود.	ظاهر عمومی خوب می باشد و پوست درخشنده و شفاف است.	آبشش ماهی بوی تازگی و خاص گونه را دارد.	آبشش به رنگ قرمز روشن است و اندکی موکوس دارد.	چشم شفاف و روشن است. و حالت محدب دارد	۰
بافت سفت است و تا حدی قابلیت ارتجاعی خود را از دست داده است. فرورفتگی ناشی از فشار دست به آهستگی برطرف می شود.	ظاهر عمومی خوب بوده اما پوست تا حدی درخشندگی خود را از دست داده است.	بوی خاص ماهی از بین رفته و آبشش فاقد بو است.	آبشش به رنگ قرمز است و مقداری موکوس دارد.	چشم اندکی کدر 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 قهوه ای و دارای مقداری موکوس است.	تحدب چشم از بین رفته و چشم به رنگ شیری متمایل شده است.	۲
بافت کاملاً نرم است	پوست ماهی فاقد درخشندگی بوده و رنگ آن محو شده است.	بوی آبشش خیلی تند و تعفن آور است.	رنگ آبشش قهوه ای است، و می تواند موکوس زیادی داشته باشد.	چشم بدون تحدب، فرو رفته و شیری رنگ است.	۳

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم افزار SPSS انجام شد که برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگراف – اسمیرنوف[1] و برای بررسی همگنی واریانسها از آزمون Levene استفاده گردید. به منظور بررسی وجود یا نبود اختلاف معنادار از روش تجزیه واریانس یک طرفه و آزمون تفاوت حداقل معنادار LSD در سطح ۵٪ بین مقادیر حاصل از هر شاخص در زمانهای ۱، ۴، ۷، ۱۰، ۱۳ و ۲۰ روز استفاده شد. برای بیان ارتباط موجود بین صفات نیز از آزمون همبستگی دوگانه استفاده گردید. برای پیدا کردن اختلاف معنادار در بین نتایج حاصل از ارزیابیهای حسی ماهیان مورد آزمایش از آزمون «کوروسکال – والیس»[2] و «تست من– ویتنی»[3] استفاده شد.

۳- نتایج

مقادیر اندازه‌گیری شدهٔ شاخصهای شیمیایی فساد چربی و شاخصهای ارزیابی حسی ماهی کفال طلایی به هنگام نگهداری در یخ بترتیب در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

1. Kolomogorav-Smirnov

2. Kruskal-Wallis
3. Mann-Whitney

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲ مقادیر[۱] شاخصهای فساد چربی همراه با نتایج حاصل از آزمون LSD (سطح احتمال ۵٪) در ماهی کفال طلایی طی روزهای مختلف نگهداری در یخ

شاخص[۲] / روز	M	TL	PV	TBA	HI	FFA
۱	۷۴/۸۶±۰/۶۵ ab	۹/۴۸±۰/۲۳ a	۰/۲۵±۰/۰۲ e	۰/۰۵۶±۰/۰۰۶ e	۱۲/۲۱±۰/۶۶ a	۰/۹۵±۰/۱۴ e
۴	۷۵/۵۴±۰/۴۸ ab	۹/۱۸±۰/۵۲ ab	۶/۶۲±۰/۲۱ d	۰/۱۶۵±۰/۰۰۸ d	۱۰/۳۹±۰/۹۳ b	۲/۷۹±۰/۲۸ d
۷	۷۵/۵۹±۰/۴۵ a	۸/۵۷±۰/۳۸ bc	۳۲/۵۱±۷/۳۶ c	۰/۲۹۴±۰/۰۰۵ c	۸/۱۹±۰/۸۵ c	۴/۳۵±۰/۷۵ c
۱۰	۷۵/۰۱±۰/۲۲ ab	۸/۰۵±۰/۴۴ cd	۵۲/۷۰±۱/۶۵ a	۰/۴۰۹±۰/۰۱۳ b	۷/۵۷±۱/۲۸ cd	۶/۳۳±۰/۶۶ b
۱۳	۷۴/۷۸±۰/۲۵ b	۷/۷۸±۰/۵۷ cd	۴۲/۳۵±۲/۵۴ b	۰/۴۷۵±۰/۰۰۴ a	۶/۶۵±۰/۹۶ cd	۶/۸۹±۰/۲۹ ab
۲۰	۷۳/۶۵±۰/۴۹ c	۷/۶۶±۰/۵۰ d	۳۷/۶۰±۲/۶۳ bc	۰/۴۷۹±۰/۰۰۴ a	۶/۳۵±۰/۴۵ d	۷/۲۳±۰/۲۹ a

۱. میانگین سه تکرار با انحراف معیار

۲. **اختصارات:** M رطوبت برحسب درصد، TL چربی کل بر حسب درصد، PV عدد پراکسید برحسب میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم چربی، TBA تیوباربیتوریک اسید برحسب میلی‌گرم مالون دی آلدئید در کیلوگرم بافت، HI آهن هم بر حسب ppm، FFA اسید چرب آزاد برحسب درصد اسید اولئیک. حروف مختلف a, … , d نشان دهندهٔ وجود اختلاف معنادار است.

جدول ۳ نتایج* ارزیابیهای حسی** ماهی کفال طلایی در روزهای مختلف نگهداری در یخ

روز / شاخصها	اندازه گيري بعد از ۱ روز	اندازه گيري بعد از ۴ روز	اندازه گيري بعد از ۷ روز	اندازه گيري بعد از ۱۰ روز	اندازه گيري بعداز ۱۳ روز	اندازه گيري بعد از ۲۰ روز
بافت	۰/۰۰ c	۰/۰۰ c	۰/۲۱ c	۱/۲۷ b	۱/۴۶ b	۲/۲۰ a
ظاهر عمومي	۰/۰۰ c	۰/۲۴ c	۰/۴۱ c	۱/۳۸ b	۱/۶۹ b	۲/۴۱ a
ظاهر آبشش	۰/۰۰ D	۰/۲۱ cd	۰/۶۵ c	۱/۶۰ b	۲/۱۰ ab	۲/۶۱ a
بوي آبشش	۰/۰۰ D	۰/۴۰ cd	۰/۸۷ c	۲/۰۰ b	۲/۲۶ ab	۲/۷۳ a
چشم	۰/۰۰ C	۰/۴۱ Bc	۰/۶۱ b	۱/۵۷ a	۱/۹۷ a	۲/۴۴ a

* میانگین پنج تکرار و به روش کوروسکال- والیس و من- ویتنی

** عالی (Excellent) = ۰ ؛ خوب(Good) = ۱ ؛ قابل پذیرش(Acceptable) = ۲ ؛ نامطلوب(Reject) > ۲، حروف مختلف a, … , d نشان دهندهٔ وجود اختلاف معنادار است.

Archive of SID
www.SID.ir

تغییرات میزان رطوبت در ماهی کفال طلایی طی مدت زمان نگهداری در یخ دامنه‌ای بین ۷۳/۶۵٪-۷۵/۸۲٪ را داشت (جدول ۲). اگرچه دامنه تغییرات رطوبت کم و حدود ۲/۱۷٪ بود، اما در اغلب موارد معنادار بود. مقدار رطوبت در ماهی کفال طلایی طی مدت نگهداری در یخ تا روز هفتم اندکی افزایش و پس از آن کاهش یافت.

تغییرات میزان چربی کل در ماهی کفال طلایی طی مدت زمان نگهداری در یخ دامنه‌ای بین ۷/۶۶٪-۹/۴۸٪ را داشت. طی دورهٔ نگهداری مقدار چربی کل در نمونه‌های مورد آزمایش اندکی کاهش یافت و آزمونهای آماری نیز کاهش معناداری را در سطح احتمال ۵٪ نشان دادند (جدول ۲).

فساد اکسیداسیونی چربی یعنی PV و TBA در ماهیان کفال طلایی طی دورهٔ نگهداری در یخ مشاهده شد. بالاترین مقدار پراکسید، به عنوان مرحله اولیه اکسیداسیون چربی، به روز دهم نگهداری در یخ مربوط بود که پس از آن مقدار پراکسید کاهش یافت. نتایج حاصل از آزمون LSD بیانگر وجود تفاوت معنادار بین مقادیر پراکسید در ماهی کفال طلایی در اغلب روزهای نگهداری بود (جدول ۲).

بالاترین مقدار TBA، به عنوان مرحله ثانویه اکسیداسیون چربی، در روز بیستم مشاهده شد(جدول ۲). اگرچه در روزهای آخر نگهداری مقادیر TBA اختلاف معناداری را نشان نداد، اما این اختلاف در روزهای اول اندازه‌گیری معنادار بود. همبستگی دو شاخص PV و TBA به عنوان محصولات اولیه و ثانویه اکسیداسیون چربی هنگام نگهداری ماهی در یخ بالا و معنادار بود که این مقدار r=۰/۹۰۳ براورد شد. همچنین بررسی ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانه PV و TBA در نمونه‌های مورد آزمایش با دیگر شاخصهای فساد چربی از جمله اسیدهای چرب آزاد بیانگر وجود ارتباط مثبت بالا و معنادار و با آهن هِم بیانگر ارتباط منفی بالا و معنادار بود(جدول ۴).

فساد هیدرولیتیکی چربی نیز در نمونه ماهیان کفال طلایی نگهداری شده در یخ مشاهده شد. نتایج حاصل از آزمایشهای شیمیایی نشان داد که تشکیل FFA در روزهای اولیه نگهداری سریع بود اما با افزایش زمان نگهداری بتدریج از سرعت تشکیل آن کاسته شد. بالاترین مقدار FFA در روز بیستم نگهداری در یخ محاسبه شد(جدول ۲).

همچنین نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها با آزمون LSD بیانگر وجود تفاوت معنادار در مقادیر FFA در تمام روزهای نگهداری بود($P<0/05$). ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانه FFA با دیگر شاخصهای فساد چربی از جمله PV و TBA بیانگر ارتباط مثبت بالا و معنادار و با چربی کل و آهن هِم دارای ارتباط منفی بالا و معنادار بود (جدول ۴).

در هنگام نگهداری ماهیان کفال طلایی در یخ میزان آهن هِم در نمونه‌ها کاهش معناداری داشت که دامنه تغییرات آن بین ۶/۳۵ - ۱۲/۲۱ppm بود(جدول ۲). ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانه نیز بیانگر وجود ارتباط منفی بالا و معنادار آهن هِم با پراکسید، شاخص TBA و اسیدهای چرب آزاد و ارتباط مثبت بالا و معنادار با چربی کل است (جدول ۴).

دامنه تغییرات خواص ارگانولپتیک ماهیان کفال طلایی هنگام نگهداری در یخ متفاوت بود که روند این تغییرات به صورت بوی آبشش > ظاهر آبشش > چشم > ظاهر عمومی> بافت مشاهده شد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها با آزمون «کوروسکال- والیس» و «تست من ویتنی» نیز بیانگر وجود اختلاف معنادار در اغلب روزهای آزمایش و در همه شاخصها بود (جدول ۳). نتایج آزمون همبستگی ترکیبات دوگانه در ماهی کفال طلایی نشان داد که همبستگی معنادار مثبت و بالایی بین شاخصهای مختلف ارزیابی حسی آن وجود دارد. این میزان برای شاخصهای چشم و ظاهر آبشش بیشتر از دیگر صفات بود (جدول ۵). براساس نتایج حاصل از ارزیابی حسی در ماهی کفال طلایی، عمر نگهداری این ماهی در یخ حداکثر ۱۰ روز است.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۴ ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانه شاخصهای فساد چربی ماهی کفال هنگام نگهداری در یخ

شاخصها*	M	TL	PV	TBA	HI	FFA
M	۱/۰۰	۰/۴۲۸	-۰/۲۵۲	-۰/۴۵۲	۰/۳۲۳	-۰/۵۶۰**
TL		۱/۰۰	-۰/۷۶۱***	-۰/۸۶۷ ***	۰/۷۱۴***	-۰/۸۳۴***
PV			۱/۰۰	۰/۹۰۳ ***	-۰/۸۶۳ ***	۰/۸۳۱ ***
TBA				۱/۰۰	-۰/۹۳۳***	۰/۹۶۵ ***
HI					۱/۰۰	-۰/۹۰۶ ***
FFA						۱/۰۰

* **اختصارات**: M رطوبت برحسب درصد، TL چربی کل بر حسب درصد، PV عدد پراکسید برحسب میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم چربی، TBA تیوباربیتوریک اسید برحسب میلی گرم مالون دی آلدئید در کیلوگرم بافت، HI آهن هم بر حسب ppm، FFA درصد اسید چرب آزاد برحسب اسید اولئیک.

**بیانگر وجود رابطه معنادار در سطح ۵٪ است.

*** بیانگر وجود رابطه معنادار در سطح ۱٪ است.

جدول ۵ ضرایب همبستگی* ترکیبات دوگانه شاخصهای ارزیابی حسی در ماهی کفال طلایی به هنگام نگهداری در یخ.

شاخصها	بافت	ظاهر عمومي	ظاهر آبشش	بوي آبشش	چشم
بافت	۱/۰۰۰	۰/۸۷۶**	۰/۷۹۴**	۰/۸۳۹**	۰/۸۳۷**
ظاهر عمومي		۱/۰۰۰	۰/۸۷۸**	۰/۸۲۱**	۰/۸۳۲**
ظاهر آبشش			۱/۰۰۰	۰/۸۵۴**	۰/۹۳۱**
بوي آبشش				۱/۰۰۰	۰/۸۴۱**
چشم					۱/۰۰۰

* در تمام شاخصها رابطه معنادار در سطح ۱٪ وجود دارد.

** بیانگر وجود رابطه معنادار در سطح ۱٪ است.

۴- بحث

مطالعات قبلی نشان داد که کیفیت ماهی در طی مدت سردسازی کاهش می‌یابد[۲۱] و تغییرات چربی نیز نقشی مهم در اُفت کیفیت آن بر عهده دارد [۲۲]. نتایج به دست آمده در این تحقیق، با تأکید بر مطالعات مذکور، میزان اُفت کیفیت ماهی را با روش سردسازی (نگهداری ماهی در یخ) مرتبط می‌داند و اندازه‌گیری شاخصهای شیمیایی فساد چربی و ارزیابیهای حسی نیز تأثیر روشنی از روش نگهداری بر کیفیت ماهیان به نمایش گذاشت.

کاهش نهایی رطوبت نمونه ماهیان کفال طلایی نگهداری شده در یخ به دلیل تأثیر آنزیمهای پروتئولیتیک بر پروتئینها و تبدیل آنها به اسیدهای آمینه آزاد و در نتیجه کاهش توانایی آنها در حفظ رطوبت مربوط است. کاهش رطوبت نمونه‌ها در دورهٔ نگهداری، علاوه بر کاهش وزن [۲۳]، باعث افزایش تغییرات اکسیداسیونی و در نتیجه اُفت

Archive of SID
www.SID.ir

کیفیت محصول می‌شود [۲۴]. نتایج مشابهی نیز در خصوص کاهش چربی در ماهیان مورد مطالعه از جمله کیلکای آنچوی *Clupeonella engrauliformis* [۲۵] و کفال خاکستری *Mugil cephalus* [۷] به دست آمد. کاهش نهایی مقادیر چربی کل در نمونه های اندازه گیری شده احتمالاً به دلیل تأثیر آنزیمهای مؤثر در فساد هیدرولیتیک چربی و تبدیل آن به اسیدهای چرب آزاد بوده است[۲۶].

اندازه‌گیری پراکسید به منظور تعیین محصولات اولیه اکسیداسیون چربی (هیدروپراکسیدها) به کار می‌رود [۲۷] و تولید آن تغییری در ویژگیهای حسی ماهی ایجاد نمی‌کند، اما ممکن است منجر به ایجاد خطرهایی برای مصرف کننده شود. افزایش مقادیر پراکسید در نمونه‌های نگهداری شده در یخ نسبت به نمونه‌های تازه (روز اول) بیانگر پیشرفت تندی و فساد هنگام نگهداری ماهیان در یخ می باشد و کاهش آن در انتهای دورهٔ نگهداری احتمالاً به دلیل پیروی از مکانیسم تک مولکولی (مونومولکولار)[1] و دو مولکولی (بی مولکولار)[2] و تبدیل پراکسید به ترکیبات ثانویه اکسیداسیونی (کربونیل) است[۲۸].

اندازه‌گیری TBA شاخص مناسبی برای تعیین پیشرفت اکسیداسیون چربی و تولید ترکیبات کربونیل است[۱۰، ۱۲] وجود چنین ترکیباتی در گوشت ماهی سبب تغییراتی در ویژگیهای حسی آن از جمله طعم و بو می شود [۲۹]. در مطالعه حاضر مقادیر TBA اندازه‌گیری شده در ماهی کفال طلایی تا روز ۱۳ نگهداری در یخ افزایش معناداری داشت، اما میزان آن در ادامه نگهداری تفاوت معناداری را نشان نداد($P > ۰/۰۵$). چنین الگویی در نتایج محققان دیگر از ماهیانی مانند کیلکای آنچوی *Clupeonella engrauliformis* [۲۵] و ماکرل *Scomber scombrus* [۳۰] حاصل شد. محققان این کاهش را به واکنش احتمالی مالون دی آلدئید با انواع ترکیبات یا اجزای موجود در عضلات از جمله پروتئینها و اسیدهای آمینه آزاد نسبت داده‌اند[۱۸] که در این حالت با وجود افزایش فساد ماهی، مقادیر TBA دچار کاهش می‌شود [۳۱]. برخی از محققان نیز دلایل کاهش TBA را پس از زمان مشخص براثر واکنش مالون دی آلدئید با اسیدهای آمینه ماهی، تشکیل ترکیبات اضافی کربونیل یا واکنش مالون دی آلدئید با میوزین بیان کردند [۳۲].

آنزیمهای هیدرولیز کنندهٔ چربی با تأثیر بر چربی، تغییرات عمده‌ای را پس از مرگ ماهیان رقم زده و میزان اسیدهای چرب آزاد را در آنها افزایش می دهند[۳۲، ۳۳].

بنابراین اندازه‌گیری FFA شاخص خوبی برای بیان تأثیر آنزیمهای لیپولیتیک بر چربی ماهی و فراورده‌های گوشتی دیگر است [۱، ۱۲، ۱۴، ۲۵]. اگرچه گزارشهای موجود FFA را به عنوان عامل مستقیم اُفت کیفیت بیان نکردند، اما افزایش مقادیر آن باعث افزایش اکسیداسیون چربی، پیشرفت طعم نامطلوب (Off-flavor)، ایجاد تغییرات بافتی براثر دناتوره شدن پروتئین و در نهایت کاهش کیفیت محصول می شود [۲۵]. در این مطالعه نیز آثار معنادار افزایش FFA بر مقدار اکسیداسیون چربی (مقادیر پراکسید) و کاهش کیفیت محصول بوضوح مشاهده شد. غلظت تقریباً ثابت مقادیر اسیدهای چرب اندازه‌گیری شده در مراحل آخر نگهداری در یخ، احتمالاً به دلیل کاهش مواد اولیه(سوبسترا) یا افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب آزاد بود[۳۴]. چنین الگویی در مطالعاتی که روی ماهیان نگهداری شده در شرایط انجماد مانند سوف نیل *Lates niloticus* [۱۸] و آرین *Ariomma indica* [۱۴] انجام یافته بود، نیز مشاهده گردید. در مطالعه حاضر اگرچه یخ نتوانست فساد هیدرولیتیکی(آنزیمی) چربی را در ماهیان مذکور متوقف کند اما کم بودن مقادیر FFA اندازه‌گیری شده بیانگر اثر حفاظتی یخ در تولید FFA [۳۱] و کاهش فعالیتهای آنزیمی[۲۴] در ماهیان مذکور بود.

اندازه‌گیری آهن هِم به عنوان یک شاخص اُفت کیفیت بیان می دارد که با افزایش فساد ماهیان، کمپلکس هِم تخریب شده و یون آهن آزاد می‌شود. این یونهای فلزی می‌توانند به

1. Monomolecular
2. Bimolecular

Archive of SID
www.SID.ir

عنوان عامل پراکسیدان نقش مهمی در اکسیداسیون چربی بر عهده گیرند[۱۲]. بنابراین کاهش مقادیر آهن هِم می‌تواند به صورت غیر مستقیم بیانگر افزایش اکسیداسیون چربی باشد.

ارزیابی حسی به عنوان یکی از شاخصهای سنجش کیفیت ماهیان طی دوره نگهداری، در مطالعات بسیاری از محققان از جمله آبورگ و همکاران[1] (۲۰۰۲)، ناملما و همکاران (۱۹۹۹) و توماس و ماسِن[2] (۱۹۹۹) [۳۵] آمده است و از آن به عنوان روشی مناسب برای برآورد عمر ماندگاری ماهی طی دوره نگهداری نام برده شد. نگهداری ماهی کفال طلایی در یخ منجر به تغییرات قابل ملاحظه ای در خواص ارگانولپتیک و کاهش کیفیت آنها گردید. به طور کلی بوی نامطلوب ماهیان در اثر فساد اکسیداتیو چربی و تشکیل ترکیباتی با وزن مولکولی پایین [۷، ۲۴]، تخریب پروتئینها [۳۶] و نیز تغییر در ترکیب تری متیل آمین اکسید TMAO [۱۸] ایجاد می شود. در این تحقیق بوی فساد در آبشش ماهی کفال طلایی شدت بالایی داشت. احتمالاً مجموعه‌ای از عوامل فوق در بروز چنین امری دخیل بودند. در مطالعه حاضر بافت ماهی کفال طلایی ثبات و پایداری کمی را طی دورهٔ نگهداری نشان داد. به نظر می رسد تخریب پروتئینهای بافت بخصوص پروتئینهای میوفیبریل- که نقش بسزایی در استحکام بافت دارند- در ماهی کفال طلایی دارای سرعت بالایی است [۱۸]. تغییراتِ چشم نیز در نمونه ماهیان نگهداری شده در یخ قابل ملاحظه بود. این عوامل همراه با رنگ آبشش به عنوان شاخصی مطلوب برای ارزیابی حسی در ماهی *Thunnus alalunga* [۲۰]، *Ptychocheilus oregonensis* [۲۷] و *Trachurus novaezelandiae* [۳۷] گزارش شد.

براساس نتایج این تحقیق عمرماندگاری ماهی کفال طلایی در یخ (بلافاصله از زمان صید) حدود ۱۰ روز است. بنابراین، یخ، با وجود همه مزایا و ویژگیها، برای نگهداری طولانی مدت ماهی کفال طلایی مناسب نیست و باعث بروز تغییرات کیفی و کاهش ارزش غذایی آن می شود.

۵- منابع

[1] Aubourg P.S., Lehmann I., Gallardo M.J.; «Effect of previous chilled storage on rancidity development in frozen horse mackerel (*Trachurus trachurus*)»; *J Sci. Food Agric*; 2002; 82: 1764-1771.

[۲] وثوقی غ.؛ مستجیر ب.؛ ماهیان آب شیرین؛ انتشارات دانشگاه تهران؛ ۱۳۸۰؛ ص. ۳۱۷.

[۳] آخوندی م.؛ نگاهی آماری به فصل صید ماهیان استخوانی در سال ۱۳۸۲؛ ماهیگیران؛ شماره ۵۴؛ ۱۳۸۳؛ ص. ۲۷.

[4] Balachandran K.K.; Onboard handling and preservation in post harvest technology of fish and fish product. India; 2001; p. 440.

[5] Fisher J., Deng J.C.; Catalysis of lipid oxidiation: «A study of mullet (*Mujil cephalus*) dark flesh and emulsion model system»; *J. Food Sci*; 1977; 42: 610-614.

[6] Joseph J., George C., Perigreen P.A.; «Studies on minced fish storage and quality improvement»; *Journal of Marine Biological Association of India*; 1989; 31: 247- 251.

[7] El-Sebaiy L.A., Metwalli S.M., Khalil M.E.; Phospholipids changes in muscles of plathead Grey Mullet (*Mujil cephalus*) during frozen storage. Food Chemistry; 1987; 26: 85-96.

[8] Durnford E., Shahidi F.; Flavour of fish meat. In*: Flavor of Meat, Meat Products and Seafoods*, 2nd ed., F. Shahidi (Ed.); Blackie Academic & Professional, London; 1998; pp. 131-158.

[9] Sikorski Z.E., Kolakowska A., Pan B.S.; The nutritive composition of the major groups of marine food organisms. In: *Seafood: Resources, Nutritional Composition and Preservation*, Z. E. Sikorski (Ed.), CRC Press, Boca Raton.; 1990; pp. 29-54.

1. Aubourg et al., 2002
2. Thomas & Mathen, 1999

Archive of SID
www.SID.ir

[10] Eun J.B., Boyle J.A., Hearnsberger J.O.; «Lipid peroxidant and chemical change in Catfish (*Ictalurus punctatus*) muscle microsoes during frozen storage»; *J. Food Sci*; 1994; 59: 251-255.

[11] Ackman R.G.; Fish Lipids. Part1. In *Advances in Fish Science and Technology*; J. J. Conell (Ed), Fishing News Book, LTd, Farnham, Surrey, England; 1980; pp. 86-103.

[12] Dragoev S.G., Kiosev D.D., Danchev S.A., Ionchev N.I., Genv N.S.; «Study on oxidative processes in frozen fish Bulgarian»; *J. Agric Sci*; 1998; 4: 55-65.

[13] Ke P.J., Ackman R.G.; Metal catalyzed oxidation in mackerel skin and meat lipids. J. Am. Oil Chem Soc; 1976; 53 (10): 636-640.

[14] Sanker T. V., Raghunath M. R.; «Effect of pre-freezing iced storage on the lipid fraction of *Ariomma indica* during frozen storage»; *Fishery Technology*; 1995; 32 (2): 88-92.

[15] AOAC. Association of Official Analytical Chemists, 15th (end), Washington DC, USA. 1990.

[16] Bligh E. G., Dyer W.J.; «A rapid method of total lipid extraction and purification»; *Can. J. Biochem. Physiol*; 1959; 37: 911-917.

[17] Egan H., Krik R.S. Sawyer R.; Pearson`s Chemical Analysis of Foods. 9(edn); 1997; pp. 609-634.

[18] Namulema A., Muyonga J. H., Kaaya A. N.; «Quality deterioration in frozen Nile perch (*Lates niloticus*) stored at –13 and –27ºC»; *Food Research International*; 1999; 32: 151-156.

[19] Clark E. M.; Mahoney A. W.; Carpenter C. E.; «Heme and total iron in ready -to- eat chiken»; *J. Agric. Food Chem*; 1997; 45: 124-126.

[20] Lin D., Morrissey M.T.; «Iced storage characteristics of Northern Squawfish (*Ptychocheilus oregonensis*)»; *J. Aquat. Food Prod. Tech*; 1994; 3: 25-43.

[21] Mazorra-Manzano M. A., Pacheco-Aguilar R., Diaz-Rojas E. I., Lugo-Sanchez M. E.; «Postmortem changes in Black Skipjack muscle during storage in ice»; *Journal of Food Science*; 2000; 65 (5): 774-779.

[22] Hwang K.T., Regenstein J.M.; «Lipid hydrolysis and oxidation of mackerel (*Scomber scombrus*) mince»; *J Aquatic Food Product Technology*; 1996; 5 (3): 17-27.

[۲۳] رضوی شیرازی ح.؛ تکنولوژی فراورده‌های دریایی؛ انتشارات نقش مهر؛ ۱۳۸۰؛ ص. ۲۹۲.

[24] Ben-Gigirey B., De Sousa J.M., Villa T.G., Barros-velazqez J.; «Chemical changes and visual appearance of albacore tuna as related to frozen storage»; *J. Food Sci*; 1999; 64: 20-24.

[۲۵] رضائی م.؛ سحری م. ع.؛ معینی س.؛ صفری م.؛ غفاری ف.؛ «مقایسه کیفیت چربی کیلکای آنچوی(*Clupeonella engrauliformis*) در دو روش حمل و نگهداری موقت سرما»؛ *مجله علمی شیلات ایران*؛ سال دوازدهم؛ شماره ۳؛ ۱۳۸۲؛ صص. ۹۷-۱۰۸.

[26] Toyomizu M., Hanaoka K., Yamaguchi K.; «Effect of release of free acids by enzymatic hydrolysis of phospholipids on lipid oxidation during storage of fish muscle at -5°C»; *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish*; 1981; 47: 615-610.

[27] Perez-Villarreal B., Pozo R.; «Chemical composition and ice spoilage of Albacore (*Thunnus alalunga*)»; *J. Food Sci*; 1990; 55: 678-682.

[28] Pacheco-Aguilar R., Lugo-Sachez M.E., Robles-Burgueno R.; «Postmortem biochemical and functional characteristic of montery sardine muscle stored at 0 C»; *J. Food Sci*; 2000; 65: 40-47.

[29] Ladikos D., Lougovois V.; «Lipid Oxidation in Muscle Food: A review»; *Food Chemistery*; 1990; 35: 295-314.

[30] Saeed S., Howell N.K., 12- lipoxygenase activity in the nuscle tissue of Atlantic mackerel *(scomber*

Archive of SID
www.SID.ir

scombrus). And its prevention by antioxidants. J Sci food Agric 81: 745-750.

[31] Aubourg S. P., Medina I.; «Influence of storage time and temperature on lipid deterioration during cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglifinus)* frozen storage»; *J. Sci. Food Agric*; 1999b; 79: 1943-1948.

[32] Silva J. L., Ammerman G. R.; «Composition, lipid change, and sensory evaluation of two sizes of channel catfish during frozen storage»; *J. Applied Aquaculture*; 1993; 2 (2): 39-49.

[33] Shewfelt R.L.; «Fish muscle lipolysis-A review»; *J Food Biochem*; 1981; 5: 79-100.

[34] Haard N.F.; Biochemistry and chemistry of color and color change in seafoods. In: *Advances in Seafood Biochemistry. Composition and Quality*. G. J. Flick and R. E. Martin (Eds.), Technomic Publishing, Lancaster, Pennsylvania; 1992; p. 305.

[35] Tomas F., Mathen C.; «Effect of delay in icing on quality and shelf life of fish in India»; *Fishery Technology*; 1995; 32 (2): 93-98.

[36] Vidya S. R. G., Srikar L. N.; «Effect of preprocess ice storage on the lipid changes of Japanese threadfin bream (*Nemipterus japonicus*) mince during frozen»; *Asian Fisheries Science*; 1996; 9: 109-114.

[37] Ryder J. M., Buisson D. H., Scott D. N., Fletcher G. C.; Storage of New Zealand Jack mackerel (*Trachurus novaezelandiae*) in ice: «Chemical, microbiological and sensory assessment»; *Journal of Food Science*; 1989; 49: 1453-1456.

Archive of SID

www.SID.ir