تأثیرنگهداری در یخ برروی تغییرات چربي ماهي فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys molitrix*)

روح ا... جوادیان[۱]، مسعود رضایي[۲]*، محمد علي سحري[۳]، سید ولي حسیني[٤]

۱- دانشجوي کارشناسي ارشد، گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامي، واحد لاهیجان
۲- استادیار، دانشکده منابع طبیعي و علوم دریایي، دانشگاه تربیت مدرس، نور
۳- دانشیار، دانشکده کشاورزي، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
٤- دانشجوي دکتراي شیلات، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعي و علوم دریایي، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

چکیده

تغییرات برخی از شاخص‌های کیفی ماهی فیتوفاگ *Hypophthalmichthys molitrix* از جمله رطوبت، چربی کل، پراکسید، تیوباربیتوریک اسید، اسیدهای چرب آزاد و آهن هِم در فواصل زمانی ۱، ٤، ۷، ۱۰، ۱۳ و ۲۰ روز نگهداری در یخ، بررسی شد. کیفیت چربی نمونه ماهیان (از نظر فساد اکسیداتیو و هیدرولیتیک) کاهش معناداری (در سطح احتمال ۵٪) نشان داد. همچنین ارزیابی حسی با سنجش برخی از شاخص‌ها مانند چشم، بافت، ظاهر عمومی، بو و ظاهر آبشش بیانگر کیفیت تازگی ماهی از درجه عالی تا خوب تا روز چهارم و از درجه خوب تا قابل پذیرش تا روز دهم نگهداری بود.

کلید واژگان: فیتوفاگ*Hypophthalmichthys molitrix*، کیفیت، چربی، نگهداری در یخ.

۱- مقدمه

یکی از راههای رسیدن کشورهای در حال توسعه به اهداف تغذیه‌ای آبزی‌پروری است [۱]. در پرورش چند گونه‌ای کپور ماهیان، ماهی فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys molitrix*) به دلیل استفاده از قاعده اول هرم غذایی (فیتوپلانکتونها)، رشد سریع، مقاومت در مقابل عوامل بیماریزا، استرس و شرایط دشوار حمل و نقل، از توجه ویژه‌ای برخوردار است[۱]. این ماهی به طور عمده در یخ نگهداری و عرضه می‌شود و با توجه به اینکه فعالیتهای میکروبی و آنزیمی تا حد زیادی تحت تأثیر دما قرار دارند، کنترل درجه حرارت از نظر افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت محصول از اهمیت خاصی برخوردار است [۲].

به طور کلی نگهداری موقت ماهی در سرما (استفاده از یخ) با مجموعه‌ای از تغییرات کیفی روبرو است. میزان این تغییرات در ماهیان چرب بیشتر از ماهیان بدون چربی می‌باشد [۳]. و تشریح آن با استفاده از یک یا دو روش شیمیایی بسیار دشوار صورت می‌گیرد؛ به این دلیل محققان از روشهای شیمیایی متعددی استفاده می‌کنند، از این روشها می‌توان به اندازه‌گیری شاخص پراکسید (PV)، تیوباربیتوریک اسید (TBA)، آهن هِم [۴]، مقدار چربی و اسیدهای چرب آزاد

* نویسندهٔ مسؤول مقاله: تلفن: ۳-۰۱۲۲۶۲۵۳۱۰۱، صندوق پستی ۳۵٦-٤٦١٤، E-mail: Rezai_ma@modares.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

FFA اشاره کـرد[۵]. امـا ناپایـداری ترکیبـات اکـسیداسیون و تمایل آنها به واکنش با مواد آمینی بیوژنیـک ماننـد پروتئینهـا، اسیدهای آمینه آزاد و فسفولیپیدها باعـث بـروز مـشکلاتی در روشهای عمومی تعیین کیفیت مـی‌شـود، بنـابراین اسـتفاده از روشهای ارزیابی حسی همزمان بـا انـدازه‌گیـری شاخـصهای شیمیایی به عنوان روشی مکمل برای تعیین میزان فساد مـاهی طی دوره نگهداری در نظر گرفته می شود.

با توجه به ارزش غذایی و اقتصادی ماهی فیتوفاگ و بالا بودن سهم تولید آن در سیستمهای پرورشی ماهیان گرم آبـی، در این تحقیق تغییراتی که براثر قرارگیری ایـن مـاهی در یـخ بروز می‌کند بویژه تغییرات چربی، بـه عنـوان مهمتـرین جنبـه کیفیت غذایی ماهیان، بررسی شده است [۶].

۲- مواد و روش کار

ماهیان فیتوفاگ به صورت زنده از اسـتخر پـرورش مـاهی در شهرستان بابل تهیه شدند. ماهیـان بـه طـور تـصادفی از بـین ماهیان صید شده هم اندازه و سالم با میانگین وزنی ۵۰g±۸۰۰ و به تعداد ۳۰ عدد انتخـاب شـدند، آنگـاه ماهیـان در داخـل جعبه‌های یونولیت به صورت یک در میان در لایه‌هایی از یخ خرد شده به ضخامت تقریبـی 5cm قـرار گرفتنـد؛ سـپس بـه آزمایشگاه شـیلات دانـشکده منـابع طبیعـی و علـوم دریـایی دانشگاه تربیت مدرس ـ محل اجرای آزمایش- منتقل شـدند. در مدت اجرای آزمایش، تقریباً هر روز مقداری یخ به منظـور جبران یخهای ذوب شده و ثابت نگـه داشـتن دمـای داخلـی جعبه‌ها (۱-۳°C) به آن اضـافه مـی‌شـد. بـرای انـدازه‌گیـری شاخـصهای شـیمیایی فـساد چربـی، در هـر نوبـت آزمـایش (روزهای ۱، ٤، ۷،۱۰،۱۳ و۲۰ نگهداری در یـخ) از سـه عـدد ماهی فیتوفاگ استفاده شد. شستـشوی ماهیـان بعـد از تخلیـه شکمی، قطع باله‌ها و فلس‌گیری انجام شـد. گوشـت ماهیـان پس از چرخ و همگن شدن (بدون اسـتخوان سـتون فقـرات) مورد آزمـایش قـرار گرفتنـد، شاخـصهای رطوبـت بـه روش AOAC (۱۹۹۰) [۷]، چربی کل به روش بـلای و دایـر[1] [۸]، مقادیر تیوباربیتوریک اسید به روش نامولما و همکـاران[2] [۹]، پراکسید و اسیدهای چرب آزاد بـه روش اِگـان و همکـاران[3] [۱۰] و آهن هِم به روش کلارک و همکاران[4] محاسبه و تعیین شد [۱۱]. برای اندازه‌گیری شاخصهای ارزیابی حـسی نیـز در هر نوبـت آزمـایش پـنج عـدد مـاهی انتخـاب و شاخـصهای ارزیابی حسی طبق روش لین و موریسی[5] [۱۲] (جدول۱) به وسیله پنج نفر ارزیاب آموزش دیده اندازه‌گیری شد.

از برنامه نرم افزاری SPSS برای تجزیه و تحلیـل آمـاری داده‌های مربوط به فساد شیمیایی چربی ماهی فیتوفاگ استفاده شد برای بررسی نرمال بـودن داده‌هـا از آزمـون کولمـوگراف اسمیرنوف[6] و برای بررسی همگنی واریـانس از آزمـون لـون[7] استفاده شد. آزمون تجزیه واریـانس یـک طرفـه بـرای تعیـین وجود اخـتلاف معنـادار (سـطح ۵٪) مقـادیر حاصـل از هـر شاخص در زمان‌های ۱، ٤، ۷، ۱۰، ۱۳و۲۰ روز نگهـداری بـه کار رفت. برای تعیین دقیق وجود یا نبود اختلاف معنادار بـین میانگین شاخصها در زمانهای مختلف اندازه‌گیـری، از آزمـون تفاوت حداقل معنادار LSD و برای بیان ارتبـاط موجـود بـین صفات و معنادار بودن آنها از آزمون همبستگی دوگانه استفاده شـد. بـرای بررسـی وجـود تفـاوت معنـادار بـین میـانگین شاخصهای حـسی در روزهـای مختلـف آزمـایش، داده‌هـای حاصل از آزمایشهای حسی با آزمون کوروسکال ـ والیس[8] و تست من ویتنی[9] تجزیه و تحلیل شدند.

1. Bligh and Dyer
2. Namulma and *et al*
3. Egan and *et al*
4. Clark and *et al*
5. Lin and Morrissey
6. Kolomgorav-Smirnov
7. Levene
8. Kruskal-Wallis
9. Mann-Whitney

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۱ معیار بـرای اندازه‌گیری عوامل حسی مورد آزمون [۲]

نمره	بافت	ظاهر عمومي	بوي آبشش	ظاهر آبشش	چشم
۰	بافت سفت است و قابلیت ارتجاعی دارد. فرورفتگی ناشی از فشار دست بسرعت برطرف می‌شود.	ظاهر عمومی خوب 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.
۱	بافت سفت است اما تا حدی قابلیت ارتجاعی خود را از دست داده است. فرورفتگی ناشی از فشار دست به آهستگی برطرف می‌شود.	ظاهر عمومی خوب است، 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.
۲	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 متوسط دارد.	رنگ آبشش قرمز صورتی تا قهوه‌ای و دارای مقداری موکوس است.	تحدب چشم از بین رفته و چشم به رنگ شیری شده است.
۳	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 قهوه‌ای است، می‌تواند موکوس زیادی داشته باشد	چشم بدون تحدب، فرو رفته و شیری رنگ است

۳- نتایج

جدولهای ۲ و ۳، مقادیر اندازه‌گیری شده شاخصهای شیمیایی فساد چربـی و ارزیابیهـای حـسی مـاهی فیتوفـاگ را هنگـام نگهداری در یخ نشان می‌دهد.

مقدار رطوبت در ماهی فیتوفـاگ طـی مـدت نگهـداری در یخ تا روز دهم نگهداری انـدکی افـزایش و پـس از آن کـاهش یافت و به طور کلی اختلاف معناداری را طی روزهای مختلف نگهداری در یخ نشان داد.

نتایج بیانگر تغییرات میزان چربی کل در ماهی فیتوفـاگ طی مدت زمان نگهداری در یـخ بـین ۷/۰۶٪ تـا ۸/۵۲٪ بـود (جدول۲). همچنین میزان چربـی کـل نمونـه‌هـای مـاهی در روزهای اولیه (۱و٤) و روزهـای آخـر نگهـداری در یـخ (۱۳ و۲۰) تفاوت معناداری نداشت ($p>0/05$).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲ مقایسه مقادیر[1] شاخصهای فساد چربی در ماهی فیتوفاگ به روش LSD (در سطح احتمال ۵٪) در روزهای مختلف نگهداری در یخ

شاخص[2]	اندازه گيري بعد از ۱ روز	اندازه گيري بعداز ٤ روز	اندازه گيري بعد از ۷ روز	اندازه گيري بعد از ۱۰ روز	اندازه گيري بعد از ۱۳ روز	اندازه گيري بعد از ۲۰ روز
M	۷٦/۰۱ ± ۰/۱۲ c	۷٦/۷۰ ± ۰/۱۸ b	۷٦/۹۳ ± ۰/۱۱ ab	۷۷/۱٦ ± ۰/۲۷ a	۷٦/۹۵ ± ۰/۱۹ ab	۷٦/٦۵ ± ۰/۲۵ b
TL	۸/۵۲ ± ۰/۲۳ a	۸/۲٤ ± ۰/۳۹ a	۷/۸۸ ± ۰/۱۰ ab	۷/۳۸ ± ۰/۲٦ bc	۷/۱۵ ± ۰/۲۹ c	۷/۰٦ ± ۰/۷۲ c
PV	۰/۸۳ ± ۰/۱۳ e	۵/۰۲ ± ۰/٤۷ d	۱۲/۸۲ ± ۱/۰۰ c	۲۸/۲۵ ± ۰/٦۰ a	۲٦/۱٦ ± ۱/۱۹ b	۲۵/۰۱ ± ۱/۰٦ b
TBA	۰/۰٤۲ ± ۰/۵۵ e	۰/۱٤۲ ± ۰/۰٦۸ d	۰/۲٦۰ ± ۰/۰۳٦ c	۰/۳۹۷ ± ۰/۰۱۵ b	۰/۵۰۰ ± ۰/۰۳۰ a	۰/۵۲۵ ± ۰/۰۲۸ a
HI	۹/۷۹ ± ۰/٦۳ a	۸/۱۵ ± ۰/٦۷ b	٦/۹۵ ± ۰/۷۳ c	٤/۸۰ ± ۰/۲۹ d	٤/۰۳ ± /٤۱ d	۳/۰٦ ± ۰/۲٤ e
FFA	۰/۷± ۰/۱۳ D	۱/۰۸ ± ۰/۳٦ cd	۱/۷۹ ± ۰/۳٦ c	۳/۸٦ ± ۰/٤۰ b	٤/۷۰ ± ۰/۱۲۵ ab	٤/۸۹ ± ۱/۰۲ a

جدول۳ نتایج[الف] ارزیابی حسی[ب] ماهی فیتوفاگ در روزهای مختلف نگهداری در یخ

شاخص	اندازه گيري بعد از ۱ روز	اندازه گيري بعداز ٤ روز	اندازه گيري بعد از ۷ روز	اندازه گيري بعد از۱۰ روز	اندازه گيري بعد از ۱۳ روز	اندازه گيري بعد از۲۰ روز
بافت	۰/۰۰ d	۰/۰۸ d	۰/۰٦ d	۱/۲۲ c	۱/۹۲ b	۲/۸۸ a
ظاهر عمومي	۰/۰۰ d	۰/۰٤ d	۰/۰۸ d	۰/٦ c	۱/۷۲ b	۲/٤٤ a
ظاهر آبشش	۰/۰۰ e	۰/۱٦ d	۰/۳۲ c	۱/۱٦ b	۲/۲ a	۲/٤٤ a
بوي آبشش	۰/۰۰ e	۰/۱٤ d	۰/۲۸ c	۰/۹٦ b	۲/۱٦ a	۲/۵٦ a
چشم	۰/۰۰ e	۰/۲٤ d	۰/٤۸ c	۱/٤۲ b	۱/۵٦ b	۲/۸٤ a

الف: میانگین پنج تکرار به روش کراسکال- والیس[3]، من- ویتنی[4]

ب: عالی[5]=۰؛ خوب[6]=۱؛ قابل پذیرش[7]=۲؛ نامطلوب[8] >۲

۱. میانگین سه تکرار با انحراف معیار

۲. **اختصارات**: M رطوبت بر حسب درصد، TL چربی کل بر حسب درصد، PV پراکسید میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم چربی، TBA تیوباربیتوریک اسید بر حسب میلی‌گرم مالون دی آلدئید در کیلوگرم بافت، HI آهن هِم بر حسب میلی‌گرم در هزار گرم گوشت، FFA درصد اسید چرب آزاد برحسب اسیداولئیک.

3. Kruskal-Wallis
4. Mann-Whitney
5. Excellent
6. Good
7. Acceptable
8. Reject

Archive of SID
www.SID.ir

فساد اکسیداسیونی چربی ماهی فیتوفاگ هنگام نگهداری در یخ با اندازه گیری مقادیر عدد پراکسید PV و شاخص TBA مشخص گردید. بالاترین مقدار پراکسید در روز دهم نگهداری در یخ مشاهده شد و سپس مقدار آن کاهش یافت (جدول۲). بالاترین مقدار TBA در این ماهی در روز بیستم مشاهده شد. به استثنای روز ۱۳ و۲۰ نگهداری ماهی فیتوفاگ، در روزهای دیگر آزمایش، مقادیر TBA اختلاف معناداری در سطح ۵٪ نشان داد. همبستگی دو شاخص PV و TBA به عنوان محصولات اولیه و ثانویه اکسیداسیون چربی هنگام نگهداری این ماهی بالا و معنادار بوده است (r= ۰/۹٤٤). همچنین بررسی ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانه PV و TBA در نمونه‌های ماهی با سایر شاخصهای دیگر فساد شیمیایی چربی مانند چربی کل و آهن هِم بیانگر ارتباط منفی بالا و معنادار و با اسیدهای چرب آزاد بیانگر وجود ارتباط مثبت بالا و معنادار است (جدول٤).

فساد هیدرولیتیکی چربی در ماهی فیتوفاگ، هنگام نگهداری در یخ مشاهده شد. نتایج حاصل از آزمایشها بیانگر افزایش تدریجی FFA با مدت زمان نگهداری بود. میزان اسیدهای چرب آزاد در روزهای۱،۷،۱۰و۲۰ نگهداری در یخ برای ماهی فیتوفاگ تفاوت معناداری را در سطح ۵٪ نشان داد.

طی مدت زمان نگهداری ماهی فیتوفاگ در مجاورت یخ میزان آهن هِم در نمونه‌های این ماهی کاهش یافت (جدول ۲). ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانه بیانگر وجود ارتباط مثبت بالا و معنادار با چربی کل و ارتباط منفی بالا و معنادار آهن هِم با TBA، PV و میزان FFA است (جدول ۴).

جدول٤ ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانه شاخصهای فساد چربی ماهی فیتوفاگ هنگام نگهداری در یخ

شاخص[1]	M	TL	PV	TBA	HI	FFA
M	۱/۰۰۰	-۰/۸۵۷۹	۰/٦۹۹*	۰/۵۷۳*	۰/۵۵۷*	۰/۵۳۱*
TL		۱/۰۰۰	-۰/۸۲۳**	-۰/۸٤۰**	۰/۸۲۵**	-۰/۸۰۵**
PV			۱/۰۰۰	۰/۹٤٤**	-۰/۹۳۳**	۰/۹۲۸**
TBA				۱/۰۰۰	-۰/۹۰٤**	۰/۹٦۷**
HI					۱/۰۰۰۰	-۰/۹٤٤
FFA						۱/۰۰۰

* بیانگر وجود اختلاف معنادار در سطح ۵ ٪ است.

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

جدول۵ ضرایب همبستگی ترکیبهای دوگانه شاخصهای ارزیابی حسی در ماهی فیتوفاگ هنگام نگهداری در یخ

	چشم	بافت	ظاهر عمومي	بوي آبشش	ظاهر آبشش
چشم	۱/۰۰۰	۰/۷۷۹**	۰/۸۰۱**	۰/۸۱۱**	۰/۸۳٦**
بافت		۱/۰۰۰	۰/۸۱٤**	۰/۸۳۳**	۰/۸٤۳**
ظاهر عمومي			۱/۰۰۰	۰/۸۰۱**	۰/۸۹۱**
بوي آبشش				۱/۰۰۰	۰/۸۳۹**
ظاهر آبشش					۱/۰۰۰

** در کلیه شاخصها اختلاف معنادار در سطح ۱٪ وجود دارد.

۱. M: رطوبت بر حسب درصد؛ TL: چربی کل بر حسب درصد؛ PV: پراکسید میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم چربی؛ TBA: تیوباربیتوریک اسید بر حسب میلی‌گرم مالون دی آلدئید در کیلوگرم بافت؛ HI: آهن هِم بر حسب میلی‌گرم در هزار گرم گوشت؛ FFA: درصد اسید چرب آزاد برحسب اسیداولئیک.

Archive of SID
www.SID.ir

به هنگام نگهداری ماهی فیتوفاگ در مجاورت یـخ، تغییراتـی در ظاهر آنها پدیدار شـد. نتـایج حاصـل از تجزیـه و تحلیـل داده‌ها با آزمون «کوروسکال ـ والیس»[1] و «تست من ویتنی»[2] بیانگر وجود تفاوت معنادار در سطح ۱٪ برای تمام شاخـصها بود (جدول ۳).

نتـایج آزمـون همبـستگی ترکیبهـای مـضاعف در مـاهی فیتوفاگ، نشان از همبـستگی مثبـت و بـالا بـین شاخـصهای مختلف ارزیابی حسی آن دارد که این میزان برای شاخـصهای ظاهر عمومی و ظاهر آبـشش بیـشتر از سـایر شاخـصها بـود (جدول ۵).

٤- بحث و نتیجه‌گیری

طی دورهٔ سردسازی کیفیت ماهی کاهش می‌یابد[۱۳]. محققان مهمترین عامـل افـت ایـن کیفیـت را تغییـرات چربـی مـاهی می‌دانند [۱۴]. کاهش میزان چربـی در تحقیـق حاضـر، تـأثیر واضـح روش نگهـداری بـر کیفیـت و مانـدگاری ماهیـان را مشخص کرد که دلیل آن شـاید عملکـرد آنزیمهـای مـؤثر در فساد هیدرولیتیک چربی و تبدیل آن به اسـیدهای چـرب آزاد باشد[۱۵].

افزایش مقادیر پراکسید بـرای مـاهی فیتوفـاگ نگهـداری شده در مجاورت یـخ و مقایـسه آن بـا نمونـه‌هـای روز اول، نشاندهندهٔ پیشرفت فساد و تندی هنگام نگهـداری ماهیـان در یخ و کاهش آن در پایان دوره به دلیل شـرکت در واکنـشهای تک مولکولی[3] و دو مولکولی[4] بود [۱۶].

محققان زیادی مانند معینی [۱۳، ۱۷] مقـادیر پراکـسید را به عنوان یکی از شاخصهای مهم و اولیه فساد چربـی ماهیـان اندازه‌گیری کردنـد. وجـود مقـادیر زیـادی از هیدروپراکـسید باعـث آسـیب رسـانی بـه سـلولهای پوشـشی و بافـت روده می‌شود؛ با این وجود تولید هیدروپراکـسید هـیچ تغییـری در خصوصیات ارگانولیپتیکی ماهی به وجود نمی‌آورد [۲].

روند صعودی مقادیر TBA تـا روز بیـستم نگهـداری بیـانگر پیشرفت فساد در نمونه‌های ماهی مـی‌باشـد. هرچنـد تفـاوت معناداری بین مقادیر TBA از روز سیزدهم بـه بعـد مـشاهده نگردید. به نظر محققان کاهش تولید TBA در روزهای پایانی، به دلیل واکنش مالون دی آلدئید با ترکیبات دیگر بـدن مـاهی مانند اسید نوکلئیک، پروتئینها، آمینواسیدها و آلدئیدهای دیگر [۱۸] یا واکنش با میوزین می‌باشد[۱۹].

در ماهیان پس از مرگ به علت وجود آنزیمهای هیدرولیز کننده چربی به میـزان زیـادی اسـیدهای چـرب آزاد افـزایش می‌یابد[۲۰،۴]. بنابراین اندازه‌گیری FFA شاخص خوبی برای بیان تأثیر آنزیمهای لیپولیتیک در چربی ماهی و فـرآورده‌هـای گوشتی دیگر است [۲۱، ۲۲]. اگـر چـه براسـاس گزارشـهای موجـود میـزان FFA بـه طـور مـستقیم باعـث افـت کیفیـت محصول نمی‌شود[۲۳]، اما این اسیدهای چرب آزاد می‌تواننـد در فرایند اکسیداسیون چربی شرکت کنند[۱۷].

افزایش اکـسیداسیون چربـی، گـسترش طعـم نـامطلوب، تسریع در فساد و کاهش کیفیت محصول و واسرشـت شـدن پروتیین از نتایج افزایش FFA در ماهیان نگهداری شده در یخ می‌باشد [۲۰]. در این مطالعه آثـار معنـادار افـزایش FFA بـر مقدار اکسیداسیون چربی بوضوح مشاهده شد. به طـور کلـی مقادیر FFA در نمونه‌های ماهی فیتوفاگ افزایش یافته و کنـد شدن نرخ افزایش FFA در روزهای پایانی نگهداری، احتمـالاً به دلیل کاهش چربی و افزایش اکسیداسیون اسیدهای چـرب آزاد بود[۲۴]. همچنین در مطالعات انجام شده بر روی ماهیان نگهداری شده در یخ مانند ماهی سفید دریای خـزر *R. frisii kututum*، ماهی کفـال *L.aurata* [۲] و مـاهی منجمـد آریـن *Ariomma indica* نتایج مشابهی به دست آمد [۴].

هنگام نگهداری ماهیان به دلیـل تغییـر ماهیـت پـروتیین گلوبین، اثر مهار کنندگی آن بر آهن کمتر می‌شـود، در نتیجـه مقادیر آهن هِم کاهش و مقادیر آهن غیر هِم افزایش مـی‌یابـد [۲۲]. این یونهای فلزی می‌توانند به عنوان عامل پرواکـسیدان نقش مهمی در اکسیداسیون چربی داشته باشـند [۱۷]. وجـود

1. Kruskol-Wallis Test
2. Mann-Whitney Test
3. Monomolecular
4. Bimolecular

Archive of SID
www.SID.ir

ارتباط منفی و معنادار بین آهن هِم و شاخصهای اکسیداسیونی چربی بیانگر این مطلب است [۲۵].

ارزیابی حسی به عنوان روشی مناسب برای برآورد عمر ماندگاری ماهی طی دورهٔ نگهداری است [۹، ۲۱]. با نگهداری ماهی فیتوفاگ در یخ تغییرات قابل ملاحظه‌ای در خواص ظاهری آنها پدید آمد.

در این مطالعه بافت ماهی فیتوفاگ ثبات و پایداری کمی را طی دوره نگهداری نشان داد. که احتمالاً به دلیل تخریب پروتیینهای میوفیبریل باشد [۹].

به طور کلی بوی نامطلوب ماهیان بر اثر فساد چربی و تشکیل ترکیبهای با وزن مولکولی پایین، تغییر در ترکیب تری متیل آمین اکساید [۲۳] و تخریب پروتیینها [۱۶] بوده و در این تحقیق نیز بوی فساد در آبشش ماهی شدید بود که احتمالاً دلیل آن مجموعه‌ای از عوامل فوق می باشد.

براساس نتایج این تحقیق، یخ با وجود همه مزایا و ویژگی‌هایی که دارد فقط برای نگهداری ماهی فیتوفاگ در دوره‌های زمانی کوتاه مناسب است و نگهداری طولانی مدت آن آسیب‌های جدی را در خصوص کیفیت چربی همراه خواهد داشت.

۵- منابع

[1] Siddaih D., Vdya G., Raju C. V., Chandracekhar T. C.; "Changes in lipids, protein and kamaboko forming ability of Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) mince during frozen storage"; *Journal of Food Research International*; 2000; 34: 47-53.

[۲] حسینی س. و.؛ "تغییرات چربی ماهیان کفال طلایی و سفید دریای خزر به هنگام نگهداری در یخ"؛ *پایان نامه کارشناسی ارشد*؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ ۱۳۸۳: ص. ۷۳.

[3] FAO. The production of fish meal and oil ,FAO,Fish Tech pap. No.142 Rome; 1986.

[4] Sankar T. V., Raghunath M. R.; "Effect of pre-freezing iced storage on the lipid fraction of *Ariomma indica* during frozen storage"; *Fishery Technologey*; 1995; 32 (2): 88-92.

[5] 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.

[6] Medina I., Aubourg S., Perez-Martin R.; "Composition of phospholipid of white muscle of six tuna species"; *Lipids*; 1995; 30 (12): 1127-1135.

[7] AOAC. Association of Official Analytical Chemists, 15th (end), Procedure; 1990; p. 984. 25.

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

[9] Namulema A., Muyonga J. H., Kaaya A. N., "Quality deterioration in frozen Nile perch (*Lates niloticus*) stored at –13 and –27^{0}C"; *Food Research International*; 1999; 32: 151-156.

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

[11] 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.

[12] Lin D., Morrissey M. T.; "Iced Storage Characteristics of Northern Squawfish (*Ptychocheilus oregonensis*)"; *J. Aquat. Food Prod. Tech*; 1994; 3: 25-43.

[13] Perez-Alonso F., Arias C., Auborg S. P.; Lipid deterioration during child storage of Atlantic pomfret (*Brama brama*). *Journal of Lipid Science and Technology;* 2003; 105: 661-667.

[14] Ackman R. G.; Fish Lipids. Partl. In Advences in Fish Science and Technology; J. J. Conell (Ed), Fishing News Book, Ltd, Farnham, Surrey, England; 1980; pp. 86-103.

Archive of SID
www.SID.ir

[15] 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.

[16] 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 Fisheris Science; 1996; 9: 109-114.

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

[18] Papodopoulos V., Chouliara I., Badeka A., Sawaidis I. N., Kontominas M. G.; "Effect of gutting on microbiological, chemical, and sensory properties of Aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice"; *Journal of Food Microbiology;* 2002; 200: 411-420.

[19] 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.

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

[21] 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: 176-177.

[۲۲] رضائی م.؛ "اثرات دما و مدت زمان نگهداری به حالت انجماد در تغییرات چربی ماهی کلیکای آنچوی"؛ *رساله دکترای*؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ ۱۳۸۲: ص. ۹۳.

[23] 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.

[24] 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; pp. 305-360.53.

[25] Hoke M. E., Jahncke M. L., Silva J. L., Hearunsberger J. O., Chamul R. S., Suriyaphon O.; "Stability of washed frozen mince channel catfish farmes"; *J. Food Science*, 2000; 65: 1083-7086.

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

[۲۷] معینی س.؛ "تأثیر پروتیینهای محلول در آب، بر طعم گوشت کیلکا"؛ *مجله علوم کشاورزی ایران*؛ ۱۳۷۹؛ جلد۳۱؛ شماره ۱: صص. ۶۸-۶۳.

Archive of SID

www.SID.ir