مقاله علمی–پژوهشی:

تغییرات کیفی ماهی موتو (*Encrasicholina punctifer*) طی نگهداری در یخ

سلیم شریفیان*[۱]، صابر شریفیان[۱]، محمد صدیق مرتضوی[۲]

*sharifian.salim@hotmail.com

۱- دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، دانشکده علوم دریایی، گروه شیلات، چابهار، ایران.
۲- پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران.

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۹

چکیده

در مطالعه حاضر کیفیت و مدت ماندگاری ماهی موتو معمولی طی ۱۲ روز نگهداری در یخ (°C ۱+ تا ۱-) با استفاده از شاخص‌های حسی، شاخص‌های شیمیایی و شاخص میکروبی بررسی گردید. در ارزیابی حسی شاخص‌های اندام‌های داخلی، آبشش، پرده صفاق، پوست، چشم‌ها، رنگ ستون فقرات، قسمت شکمی، گوشت بررسی گردید. برای ارزیابی شیمیایی، شاخص‌های pH، مجموع بازهای فرار نیتروژنی (TVB-N)، اسیدهای چرب آزاد (FFA)، پراکسید (PV)، تیوباربیتوریک اسید (TBA) اندازه‌گیری شد. ارزیابی میکروبی با شمارش کلی باکتری‌ها در طول دوره نگهداری انجام گردید. ارزیابی حسی نشان داد که مدت ماندگاری ماهی موتو ۹-۷ روز است. نتایج ارزیابی حسی و میکروبی دارای همبستگی بالایی (۰/۹۶) بود. شمارش کلی باکتری‌ها در روز هشتم به بالاتر از حد مجاز ($۱۰^{۶}$ پرگنه در هر گرم گوشت) رسید. میزان pH ماهی از ۶/۲۷ به ۷/۵۶ در انتهای آزمایش رسید. مجموع بازهای فرار نیتروژنی (TVB-N) موتو تازه در روز اول نگهداری برابر با ۸/۶۷ میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت بود و به ۳۶/۶۵ در روز ۱۲ آزمایش رسید. تغییرات میزان اسیدهای چرب آزاد (درصد اسید اولئیک) در محدوده ۸/۶۰-۳/۶۳ بود. شاخص پراکسید (میلی‌اکی والان اکسیژن فعال در کیلوگرم چربی) به طور معنی‌داری از ۱۱/۳۷ در شروع دوره به ۳۰/۹۶ در روز آخر نگهداری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). میزان تیوباربیتوریک اسید (میلی‌گرم مالون‌دی‌الدهید در گرم گوشت) از ۰/۳۵ در روز صفر به ۵/۱۶ در روز دوازدهم رسید ($p<۰/۰۵$). براساس نتایج حسی، میکروبی و شیمیایی مدت ماندگاری ماهی موتو طی نگهداری در یخ بین ۹-۷ روز تعیین گردید.

لغات کلیدی: ماهی موتو، کیفیت، مدت ماندگاری، شاخص تازگی

*نویسنده مسئول

مقدمه

بر اساس آخرین آمار منتشره از سوی سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) تولید جهانی ماهی و دیگر آبزیان تا انتهای سال ۲۰۱۷ بالغ بر ۱۷۲ میلیون تن بوده است که در مقایسه با سال ۲۰۱۶، ۴/۱ درصد رشد نشان می‌دهد (FAO, 2019). از این مقدار تولید، سهم بخش صید حدود ۹۲/۵ میلیون تن می‌باشد. در میان گونه‌های مختلف، ماهی‌های سطح‌زی کوچک شامل آنچوی و هرینگ با مقدار صید بیش از ۱۶ میلیون تن، از مهم‌ترین گونه‌های دریایی صید شده بوده‌اند (FAO, 2019). در سال ۲۰۱۷، ٪۸۹ یا بیش از ۱۵۲ میلیون تن از کل تولید آبزیان به صورت مستقیم توسط انسان به عنوان غذا مصرف شده که از این مقدار حدود ٪۴۵ به شکل تازه و بدون فرآوری بوده است. امروزه بیشتر مردم به سمت ماهی به عنوان یک عامل سلامتی نسبت به گوشت قرمز تمایل دارند. میزان بالای اسیدهای چرب بلند زنجیره چند غیراشباعی و هضم سریع پروتئین‌های ماهی از خصوصیات شناخته شده این نوع ماده غذایی برای بسیاری از مردم جهان می‌باشد (شریفیان و همکاران، ۱۳۸۹).

فساد در فرآورده‌های غذایی ناشی از فعالیت‌های شیمیایی، آنزیمی یا میکروبی رخ داده در آنها می‌باشد. هر ساله فساد شیمیایی و میکروبی سبب هدررفت ٪۲۵ از کل تولیدات محصولات کشاورزی و شیلاتی می‌گردد (Oehlenschlager, 2014). در ماهیان تازه، فساد می‌تواند پس از صید به‌سرعت ایجاد و گسترش یابد. در مناطق گرمسیری با توجه به درجه حرارت بالا محیط، فرایند فساد (با جمود نعشی) طی مدت ۱۲ ساعت پس از صید آبزی شروع می‌شود (Berkel *et al*., 2004). جمود نعشی فرآیندی است که ماهی قابلیت کشسانی بافت خود را به دلیل سفت و سخت شدن عضلات طی چند ساعت پس از مرگ از دست می‌دهد. در اغلب گونه‌های ماهی، پس از اتمام جمود نعشی، فعالیت آنزیم‌های گوارشی، لیپازها و در ادامه فعالیت میکروبی ناشی از باکتری‌های سطحی و نیز اکسیداسیون منجر به تجزیه ترکیبات مختلف و تشکیل ترکیبات جدید می‌گردد. این ترکیبات جدید تغییرات قابل ملاحظه‌ای را در بو، طعم و بافت گوشت ماهی ایجاد می نمایند (Oehlenschlager, 2014).

ماهیان سطح‌زی ریز با توجه به گستردگی زیستگاه خود یکی از منابع بالقوه تأمین و تولید پروتئین در آبهای جنوبی ایران می‌باشند. بر اساس آخرین آمار منتشره از شیلات ایران، میزان صید در آبهای جنوب در سال ۱۳۹۷ برابر با ۷۳۱۱۶۱ تن بوده است که از این مقدار، سطح‌زیان ریز، ۹۵۲۳۵ تن را به‌خود اختصاص داده است (شیلات ایران، ۱۳۹۸). ماهی موتو (*Encrasicholina punctifer*) با نام محلی «حَشینه» یکی از مهم‌ترین گونه موتوماهیان است که با شناورهای پرساینر در آب‌های ساحلی جزیره قشم و سایر آبهای جنوب کشور صید می‌شود. این گونه جزء خانواده آنچوی ماهیان (Engraulidae) بوده و آبهای دریای سرخ، خلیج فارس، پاکستان، هند، آسیای جنوب شرقی و سواحل آفریقای جنوبی زیستگاه‌های این ماهی می‌باشند (سالارپور و همکاران، ۱۳۸۷). این گونه یکی از انواع آبزیانی است که طرفداران زیادی در استان هرمزگان و سایر استان های جنوب کشور داشته و از آن در طبخ غذاها و چاشنی‌های زیادی از قبیل مهیاوه (نوعی سس ماهی) و ... استفاده می‌شود. طی سالیان گذشته عرضه این ماهی عموماً به شکل خشک شده بوده است. اما با توجه به افزایش تقاضا برای ماهیان با کیفیت بالا به‌خصوص برای تهیه سس ماهی، در حال حاضر حمل و نقل گونه‌های سطح‌زی ریز عموماً با یخ صورت می‌گیرد. با توجه به جستجو و اطلاع نویسندگان، تاکنون پژوهش کاملی در زمینه مدت ماندگاری و تغییرات کیفی این گونه از ماهی در مراحل پس از صید و حمل و نقل انجام نشده است. نظر به ارزش اقتصادی و غذایی این ماهیان و گستردگی استفاده از یخ در حمل و نقل ماهی در کشور، اهداف این پژوهش بررسی تغییرات حسی، میکروبی و شیمیایی ماهی موتو طی نگهداری در یخ و تخمین مدت ماندگاری آن بوده است.

مواد و روش‌ها

تهیه ماهی

ماهی موتو از صیدگاه مَسِن جزیره قشم استان هرمزگان توسط قایق‌های صیادی محلی صید گردید. بیست کیلوگرم ماهی به صورت تصادفی و از بین ماهیان هم اندازه و سالم انتخاب شد. میانگین وزن و طول ماهیان به‌ترتیب ۰/۲۵±۱/۷۳ گرم و ۰/۲±۶/۴۸ سانتی‌متر بود. نمونه‌ها با آب دریا شستشو، با نسبت ۲:۱ با یخ (ماهی ۲، یخ ۱) در جعبه های یونولیت قرار داده شد و جهت انجام آزمایش‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید. برای ارزیابی میزان فساد (تازگی) از شاخص‌های حسی، شاخص‌های شیمیایی pH، بازهای فرار نیتروژنی، اسیدهای چرب آزاد، شاخص پراکسید و تیوباربیتوریک اسید (به‌ترتیب pH، TVB-N، FFA، PV، TBA) و میکروبی (شمارش کلی باکتری‌های مزوفیل) استفاده شد. ارزیابی حسی با هفت بار تکرار و ارزیابی شیمیایی و میکروبی با سه بار تکرار انجام گرفت.

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی بر اساس جداول راهنما ماهی تازه و سرد شده (شریفیان و همکاران، ۱۳۸۹) همراه با ایجاد اصلاحات از سوی ارزیاب‌های آموزش دیده (پنج نفر مرد، دو نفر زن با میانگین سنی ۴۰-۳۵ سال) برای ماهی موتو، انجام گرفت. شاخص‌های مورد بررسی شامل پوست (ظاهری)، چشم‌ها، آبشش (رنگ و بو)، قسمت شکمی، وضعیت اندام‌های داخلی، پرده‌ی صفاق، رنگ در طول ستون فقرات و گوشت بوده است. ماهیان از لحاظ هر شاخص با نمره‌های ۱۰ تا کمتر از ۴ طبقه بندی شدند: ۱۰-۸ بیانگر کیفیت عالی، ۸-۶ کیفیت خوب، ۶-۴ کیفیت متوسط و ۴ > غیرقابل مصرف. نمره کلی حسی در روزهای نگهداری در یخ از میانگین تمامی شاخص‌ها در هر روز به‌دست آمد.

ارزیابی میکروبی

ارزیابی میکروبی با استفاده از روش غیر مستقیم شمارش سلول‌های زنده[1] انجام شد (سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۸۷). حدود ۱۰ گرم از گوشت ماهی در ۹۰ میلی‌لیتر محلول رقیق کننده سرم فیزیولوژی مخلوط و در ادامه رقت‌سازی شد. پس از کشت هر رقت در محیط کشت Standard Plate Count Agar، گرمخانه‌گذاری به مدت ۴۸-۲۴ ساعت در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. در انتها پلیت‌های حاوی ۳۰۰-۳۰ پرگنه به عنوان پلیت‌های استاندارد انتخاب و شمارش شدند.

ارزیابی شیمیایی

برای اندازه گیری pH، ۱۰ گرم از گوشت چرخ شده عضله ماهی در ۱۰۰میلی‌لیتر آب مقطر همگن و مخلوط فیلتر گردید. pH مایع فیلترشده با استفاده از pH متر (HM-205, Japan) اندازگیری شد (شریفیان و همکاران، ۱۳۸۹). مجموع بازهای فرار نیتروژنی (TVB-N) به روش کجلدال (Furuichi *et al*., 1997) اندازه گیری و به صورت میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم عضله بیان شد. اسیدهای چرب آزاد (FFA) به روش Cocks و Rede (۱۹۹۶) اندازه‌گیری و به صورت درصد اولئیک اسید گزارش شد. شاخص پراکسید (PV) بر اساس روش AOAC (۲۰۰۰) اندازه‌گیری و به صورت میلی‌اکی‌والان اکسیژن فعال در کیلوگرم چربی (mEq active O_2/Kg lipid) گزارش شد. شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBA) به روش رنگ سنجی (Namulema *et al*., 1999) اندازه گیری و میزان آن به صورت میلی‌گرم مالون‌دی آلدهید در کیلوگرم بافت ماهی بیان گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده ها با نرم افزار SPSS نگارش ۲۲ انجام شد. برای بررسی وجود یا نبود اختلاف معنادار از روش تجزیه واریانس یک طرفه و آزمون حداقل تفاوت معنادار LSD در سطح ٪۵ بین مقادیر حاصل از هر شاخص در روزهای نگهداری استفاده شد. برای بیان ارتباط موجود بین صفات نیز از آزمون همبستگی دوگانه پیرسون استفاده گردید. برای پیدا کردن اختلاف معنادار در بین نتایج حاصل از ارزیابی‌های حسی ماهیان مورد

[1] Plate counts

آزمایش از آزمون کوروسکال- والیس (Kruskal-Wallis) و تست من-ویتنی (Mann-Whitney) استفاده شد.

نتایج

ارزیابی حسی

نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های مختلف و نمره کلی حسی ماهی موتو طی ۱۵ روز نگهداری در یخ در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در اکثر شاخص‌ها در اغلب روزهای نگهداری ماهی در یخ بود. نمره حسی تمامی شاخص‌های مورد بررسی با افزایش روزهای نگهداری به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p<۰/۰۵$). در میان شاخص‌های مختلف، بیش‌ترین کاهش نمره در پوست، پرده صفاق و آبشش (رنگ و بو) دیده شد در حالی‌که کمترین تغییرات در چشم و رنگ ستون فقرات وجود داشت. ضرایب همبستگی دوگانه شاخص‌های ارزیابی حسی ماهی موتو در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج این بخش نشان داد که همبستگی میان شاخص‌های مختلف در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. بالاترین ضریب همبستگی در طول دوره نگهداری بین «چشم‌ها» و «اندام‌های داخلی» دیده شد که میزان آن ۰/۹۶۷ بود در حالی که کمترین میزان ضریب همبستگی در ماهی موتو بین «پرده صفاق» و «قسمت شکمی» وجود داشت (۰/۹۲۵). میانگین نمره کلی حسی ماهی موتو طی روزهای مختلف نگهداری از ۸/۸۵ در شروع دوره نگهداری به طور معنی‌داری به ۱/۹۸ در روز دوازدهم یعنی انتهای دوره آزمایش کاهش یافت ($p<۰/۰۵$). میانگین نمره حسی از روز هشتم نگهداری به پایین‌تر از ۴ یعنی حد تعیین شده برای فساد در جدول ارزیابی حسی رسید.

جدول۱: نتایج ارزیابی شاخص‌های حسی ماهی موتو طی ۱۲ روز نگهداری در یخ

Table 1: Results of Sensory analysis of anchovy during 12 days of iced storage

شاخص	روزهای نگهداری					
	۰	۲	۵	۷	۹	۱۲
آبشش (رنگ و بو)	$۸/۸۰\pm۰/۴۵^{a}$	$۷/۴۰\pm۰/۵۵^{b}$	$۶/۰۰\pm۰/۷۱^{c}$	$۴/۴۰\pm۰/۵۵^{d}$	$۳/۰۰\pm۰/۷۱^{e}$	$۱/۴۰\pm۰/۵۵^{f}$
ارگان‌ها	$۸/۸۰\pm۰/۴۵^{a}$	$۷/۶۰\pm۰/۵۵^{b}$	$۵/۶۰\pm۰/۵۵^{c}$	$۵/۲۰\pm۰/۴۵^{c}$	$۳/۴۰\pm۰/۵۵^{d}$	$۲/۲۰\pm۰/۴۵^{d}$
پرده ی صفاق	$۸/۶۰\pm۰/۵۵^{a}$	$۷/۴۰\pm۰/۵۵^{b}$	$۶/۴۰\pm۰/۵۵^{b}$	$۴/۶۰\pm۰/۵۵^{c}$	$۳/۰۰\pm۰/۷۱^{d}$	$۱/۲۰\pm۰/۴۵^{e}$
پوست	$۸/۸۰\pm۰/۴۵^{a}$	$۶/۸۰\pm۰/۴۵^{b}$	$۵/۲۰\pm۰/۸۴^{c}$	$۴/۸۰\pm۰/۴۵^{c}$	$۳/۶۰\pm۰/۵۵^{d}$	$۱/۰۰\pm۰/۷۱^{e}$
چشم	$۹/۰۰\pm۰/۰۰^{a}$	$۷/۲۰\pm۰/۴۵^{b}$	$۵/۶۰\pm۰/۵۵^{c}$	$۴/۶۰\pm۰/۵۵^{d}$	$۳/۸۰\pm۰/۴۵^{d}$	$۲/۶۰\pm۰/۵۵^{e}$
رنگ ستون فقرات	$۹/۰۰\pm۰/۰۰^{a}$	$۶/۸۰\pm۰/۴۵^{b}$	$۵/۶۰\pm۰/۵۵^{c}$	$۴/۶۰\pm۰/۵۵^{d}$	$۳/۴۰\pm۰/۵۵^{e}$	$۲/۴۰\pm۰/۵۵^{f}$
قسمت شکمی	$۸/۸۰\pm۰/۴۵^{a}$	$۶/۸۰\pm۰/۴۵^{b}$	$۵/۴۰\pm۰/۵۵^{c}$	$۴/۲۰\pm۰/۸۴^{d}$	$۳/۴۰\pm۰/۵۵^{d}$	$۱/۸۰\pm۰/۴۵^{e}$
گوشت	$۹/۰۰\pm۰/۰۰^{a}$	$۷/۸۰\pm۰/۴۵^{b}$	$۵/۶۰\pm۰/۵۵^{c}$	$۴/۶۰\pm۰/۵۵^{d}$	$۳/۴۰\pm۰/۵۵^{e}$	$۲/۲۰\pm۰/۴۵^{f}$
نمره کلی حسی	$۸/۸۵+۰/۳۶^{a}$	$۷/۲۳+۰/۵۸^{b}$	$۵/۶۸\pm۰/۶۶^{c}$	$۴/۶۳\pm۰/۵۹^{d}$	$۳/۳۸\pm۰/۵۹^{e}$	$۱/۹۸\pm۰/۸۶^{f}$

ارزیابی میکروبی

نتایج ارزیابی میکروبی ماهی موتو طی نگهداری در یخ در شکل ۱ نشان داده است. میزان شمارش کلی باکتری‌ها (لگاریتم پرگنه در هر گرم گوشت) در ماهی موتو در روز اول نگهداری برابر با ۰/۸۸ بود و به طور معنی‌داری به ۸/۵۸ در روز آخر (دوازدهم) آزمایش رسید ($p<۰/۰۵$). اختلاف معنی داری در افزایش باکتری ها در سطح ٪۵ در بین تمام روزهای آزمایش دیده شد. میزان باکتری‌ها در محدوده روزهای هفتم (۵/۲۳) لغایت نهم (۷/۴۵) نگهداری به بالاتر از $۱۰^{۶}$ در هر گرم گوشت رسید.

ارزیابی شیمیایی

میانگین تغییرات pH و TVB-N در ماهی موتو طی ۱۲ روز نگهداری در یخ در جدول ۳ ارائه شده است. pH ماهی موتو در روز اول ۶/۲۷ بود و همزمان با افزایش روزهای نگهداری به ۷/۵۶ در انتهای آزمایش (روز ۱۲) رسید. افزایش در pH ماهی موتو در تمام روزها معنی‌دار بود

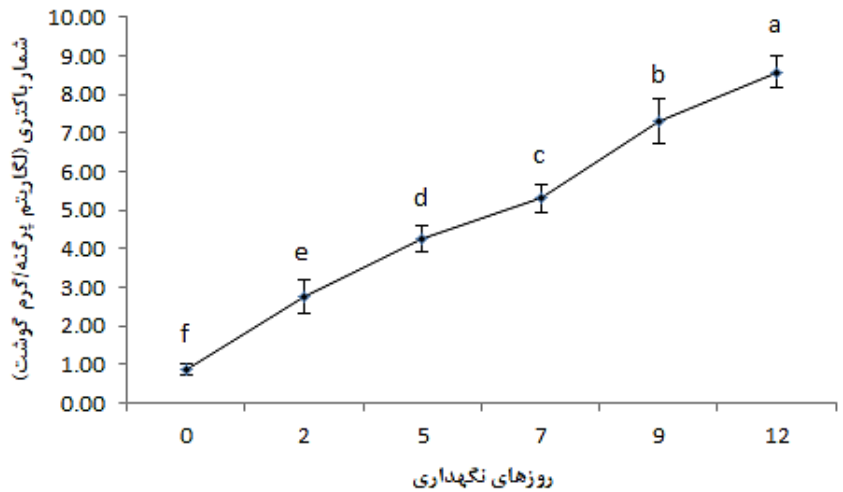
(p<۰/۰۵). مشابه pH، میزان TVB-N (میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت) نیز به طور معنی‌داری طی روزهای آزمایش افزایش و از ۸/۶۷ در شروع دوره به ۳۶/۶۵ در انتهای آزمایش رسید (p<۰/۰۵).

جدول ۲: ضرایب همبستگی دوگانه شاخص‌های ارزیابی حسی در ماهی موتو طی نگهداری در یخ

Table 2: Correlation coefficients of sensory assessment indices of anchovy during iced storage

شاخص ها	اندام‌های داخلی	آبشش	پرده صفاق	پوست	چشم‌ها	رنگ ستون فقرات	قسمت شکمی	گوشت
اندام‌های داخلی	۱	۰/۹۴۴**	۰/۹۶۳**	۰/۹۴۰**	۰/۹۶۷**	۰/۹۴۹**	۰/۹۴۲**	۰/۹۴۹**
آبشش		۱	۰/۹۰۳**	۰/۹۱۰**	۰/۹۴۹**	۰/۹۴۹**	۰/۹۴۰**	۰/۹۵۴**
پرده صفاق			۱	۰/۹۳۴**	۰/۹۲۸**	۰/۹۳۰**	۰/۹۲۵**	۰/۹۴۶**
پوست				۱	۰/۹۳۲**	۰/۹۲۳**	۰/۹۳۷**	۰/۹۴۷**
چشم‌ها					۱	۰/۹۵۸**	۰/۹۵۹**	۰/۹۵۱**
رنگ ستون فقرات						۱	۰/۹۴۶**	۰/۹۴۲**
قسمت شکمی							۱	۰/۹۵۶**
گوشت								۱

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



شکل ۱: تغییرات میانگین شمارش باکتری‌های ماهی موتو موتو طی ۱۲ روز نگهداری در یخ (حروف مختلف a-f بیانگر تفاوت معنی‌دار شاخص در p<۰/۰۵ بین روزهای نگهداری است)

Figure 1: Average changes bacteria counts of anchovy during 12 days of iced storage (Different lowercase letters a-f indicate significant differences of index at p<0.05 between days of storage)

میانگین تغییرات در شاخص‌های اکسیداسیون چربی شامل اسیدهای چرب آزاد (FFA)، شاخص پراکسید (PV) و تیوباربیتوریک اسید (TBA) در جدول ۳ نشان داده شده است. میزان FFA (درصد اولئیک اسید) در ماهیان تازه در شروع دوره نگهداری برابر با ۳/۶۳ بود و طی روند افزایشی به ۸/۶۰ در انتهای دوره (روز دوازدهم) رسید (p<۰/۰۵). مشابه اسیدهای چرب آزاد، تغییرات در شاخص پراکسید نیز در اکثر روزهای آزمایش افزایشی و معنی‌دار بود و از ۱۱/۳۷ میلی‌اکی والان اکسیژن فعال در کیلوگرم چربی در ابتدای دوره به ۳۰/۹۶ در انتهای

آزمایش رسید ($p<۰/۰۵$). تغییرات شاخص تیوباربیتوریک اسید در ماهی موتو طی ۱۲ روز نگهداری در یخ در محدوده ۰/۳۵-۵/۱۶ قرار داشت و روند افزایشی و معنی‌داری را در طی دوره‌ی نگهداری ثبت نمود ($p<۰/۰۵$).

جدول ۳: تغییرات در شاخص‌های شیمیایی ماهی موتو طی ۱۲ روز نگهداری در یخ

Table 3: Changes in anchovy chemical indices during 12 days of iced storage

شاخص	روزهای نگهداری					
	۰	۲	۵	۷	۹	۱۲
pH	۶/۲۷±۰/۰۱^{f}	۶/۴۵±۰/۰۵^{e}	۶/۶۹±۰/۰۱^{d}	۶/۹۲±۰/۰۵^{c}	۷/۲۹±۰/۰۵^{b}	۷/۵۶±۰/۰۳^{a}
TVB-N[1]	۸/۶۷±۰/۸۱^{f}	۱۴/۳۳±۰/۹۵^{e}	۱۲/۳۷±۱/۰۷^{d}	۲۴/۵۰±۰/۷۰^{c}	۳۳/۱۰±۰/۷۰^{b}	۳۶/۶۵±۰/۵۴^{a}
FFA[1]	۳/۶۳±۰/۰۲^{e*}	۴/۸۴±۰/۰۱^{c}	۴/۷۷±۰/۰۲^{d}	۴/۷۶±۰/۰۱^{d}	۶/۳۲±۰/۰۲^{b}	۸/۶۰±۰/۳۷^{a}
PV[2]	۱۱/۳۷±۰/۱۹^{e}	۱۳/۸۰±۰/۱۸^{d}	۱۵/۷۴±۱/۷۹^{c}	۱۸/۴۷±۱/۴۱^{c}	۲۲/۵۱±۱/۲۱^{b}	۳۰/۹۶±۰/۰۷^{a}
TBA[3]	۰/۳۵±۰/۰۲^{f}	۰/۷۱±۰/۰۱^{e}	۱/۵۴±۰/۰۲^{d}	۲/۳۰±۰/۰۲^{c}	۳/۴۵±۰/۰۱^{b}	۵/۱۶±۰/۱۸^{a}

[1]مجموع بازهای فرار نیتروژنی (میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت)؛ [2]اسیدهای چرب آزاد (درصد اولئیک اسید)؛ [3]شاخص پراکسید (میلی‌اکی والان اکسیژن فعال در کیلوگرم چربی)؛ [4]شاخص تیوباربیتوریک اسید (میلی‌گرم مالون‌دی‌الدهید در گرم گوشت). * حروف کوچک انگلیسی (a-f) در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار هر شاخص بین روزهای نگهداری در سطح ۵٪ می‌باشد.

بحث

گوشت ماهی یکی از حساس‌ترین مواد غذایی بوده و پس از صید یا برداشت می‌تواند به‌سرعت طی فرآوری فاسد گردد. فساد به طور کلی در مواردی که فرایند کاهش درجه حرارت محصول پس از صید ناکافی باشد یا نگهداری هنگام حمل و نقل و توزیع در بازار به صورت مناسب صورت نگیرد، می‌تواند تسریع گردد (شریفیان و همکاران، ۱۳۸۹). با این وجود باید در نظر داشت که میزان فساد و مدت ماندگاری در میان گونه‌های مختلف ماهی و حتی در درون یک گونه با توجه به تغییرات شیمیایی، باکتریایی و حسی (بسته به درجه حرارت نگهداری، نوع محصول و روش فرآوری) بسیار متغیر است (Kose and Erdem, 2004). در مطالعه حاضر، نتایج ارزیابی حسی نشان داد نشان داد که مدت ماندگاری ماهی موتو طی ۱۲ روز نگهداری در یخ حدود هشت روز می‌باشد. در مطالعه Pons-Sanchez-Cascado و همکاران (۲۰۰۶) تغییرات شاخص‌های مختلف حسی ماهی تازه آنچوی مدیترانه‌ای (*Engraulis encrasicholus*) طی هفت روز نگهداری در یخ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدت ماندگاری این گونه از ماهی حدود پنج روز می‌باشد. در مطالعه‌ای دیگر Massa و همکاران (۲۰۱۲) ارزیابی مدت ماندگاری ماهی آنچوی (*Engraulis anchoita*) را با استفاده از شاخص‌های حسی و شیمیایی انجام دادند و اظهار داشتند که مدت ماندگاری این ماهی طی نگهداری در یخ هفت روز می‌باشد. در مطالعه حاضر، پایش تغییرات شاخص‌های مختلف حسی ماهی موتو طی دوره نگهداری در یخ (جدول ۱) نشان داد که شاخص‌های «پوست»، «پرده صفاق» و «آبشش» بیش‌ترین تغییرات را در مقایسه با سایر شاخص‌ها داشته است. در مطالعه‌ای دیگر Chotimarkorn (۲۰۱۴) اظهار داشت که پوست و بوهای خارجی شاخص‌هایی هستند که طی نگهداری در یخ ماهی آنچوی (*Stolephorus heterolobus*)، عوامل محدودکننده ماندگاری به شش روز بوده است. به طور کلی، بوی نامطلوب ماهیان در اثر فساد اکسیداتیو چربی و تشکیل ترکیبات با وزن مولکولی پایین ایجاد می‌گردد (Oehlenschlager, 2014). در این تحقیق بوی فساد در آبشش ماهی پس از روز هفتم از شدت بالایی برخوردار بود. به‌نظر می‌رسد مجموعه‌ای از عوامل مذکور در بروز چنین امری دخیل باشد.

باکتری‌ها مهم‌ترین دلیل فساد در اغلب فرآورده‌های دریایی طی دوره نگهداری می‌باشند و از طریق تشکیل

آمین‌ها، سولفیدها، الکل‌ها، آلدهیدها، کتون‌ها و اسیدهای آلی همراه با بو و طعم غیرقابل پذیرش و ناخوشایند، بسیاری از این فرآورده‌ها را غیر قابل مصرف می‌سازند (Gram and Dalgaard, 2002). در مطالعه حاضر تعداد باکتری‌ها در ماهیان تازه برابر با لگاریتم پرگنه در هر گرم ماهی موتو بود که نشان از تازگی ماهیان است. در ادامه با افزایش روزهای نگهداری میزان باکتری‌ها در ماهی موتو نیز مشابه سایر ماهیان در مطالعات مختلف به طور تصاعدی افزایش یافت (Massa *et al*., 2012; Chotimarkorn, 2014). میزان بالای اسیدهای آمینه آزاد و سایر ترکیبات غیر نیتروژنی محلول موجود در غذاهای دریایی همراه با رطوبت و pH مناسب، شرایط مساعدی از لحاظ تغذیه‌ای برای رشد میکروبی را فراهم می‌آورد. از این رو، افزایش میزان باکتری‌ها طی دوره نگهداری محتمل می‌باشد (Zeng *et al*., 2005). حداکثر میزان این باکتری‌ها در ماهی تازه و آنچوی برای برای مصرف انسانی $۱۰^{۶}$ باکتری در هر گرم گوشت ماهی پیشنهاد شده است (Pons-Sanchez-Cascado *et al*., 2006). در این آزمایش ماهیان در حدود روز هشتم نگهداری روز به این محدودیت رسیدند (نمودار ۱) و آن زمانی بود که ماهی از نظر ارزیاب ها غیر قابل مصرف تشخیص داده شد.

pH و TVB-N شاخص‌هایی هستند که به طور گسترده در ارزیابی کیفی فرآورده‌های دریایی مورد پایش قرار می‌گیرد (Sharifian *et al*., 2019). گزارش شده است که pH در ماهیان تازه و بلافاصله پس از صید در محدوده ۶/۵-۶/۰ می‌باشد (Kose and Erdem, 2004). مطالعات پیشین در گونه‌های مختلف نشان داده است که pH در ماهیان پس از صید همزمان با افزایش روزهای نگهداری افزایش می‌یابد و تغییرات آن با توجه به گونه، فصل، محل صید، روش صید و سایر عوامل متغیر است (Massa *et al*., 2012; Chotimarkorn, 2014). بر اساسی مقیاسی که از Huss (۱۹۹۵) در مورد تغییرات pH در ماهی طی دوره نگهداری منتشر شده است، گوشت ماهی با pH تا ۶/۸ قابل پذیرش و در pHهای بالاتر از ۷/۰ فاسد می‌باشد. در مطالعه حاضر، pH در گوشت ماهیان موتو در محدوده روزهای هفتم تا نهم نگهداری در یخ به بالاتر از ۷ رسید و این زمانی بود که ماهیان بر اساس ارزیابی حسی و میکروبی غیرقابل پذیرش بودند. از این رو، به‌نظر می‌رسد که بررسی تغییرات pH شاخص مناسبی در ارزیابی کیفی ماهی موتو طی نگهداری در یخ می‌باشد. افزایش در pH نشان‌دهنده تجمع ترکیبات قلیایی از قبیل ترکیبات آمونیاک و تری متیل آمین است که ایجاد این ترکیبات عمدتاً ناشی از فعالیت‌های میکروبی می باشد (Kilinc *et al*., 2007). برای سنجش تجمع ترکیبات قلیایی عموماً از شاخص مجموع بازهای فرار نیتروژنی (TVB-N) استفاده می‌شود. میزان TVB-N در غذاهای دریایی شاخصی از میزان تازگی بوده و شامل ترکیبات ازت‌داری از قبیل آمونیاک و انواع مختلفی از آمین‌ها (آمین‌های اولیه و ثانویه) می‌باشد. تشکیل این ترکیبات در ماهی طی دوره نگهداری ناشی از آنزیم‌های میکروبی و آنزیم‌های درونی موجود در گوشت می‌باشد (Kilinc *et al*., 2007). بررسی کلی تغییرات بازهای فرار نیتروژنی در این مطالعه نشان داد که میزان این ترکیبات از ابتدا تا انتهای دوره به میزان معنی‌داری افزایش یافته است ($p<۰/۰۵$). از آن جایی که میزان بازهای فرار نیتروژنی TVB-N عمدتاً با تجزیه پروتئین‌ها و ترکیبات نیتروژنی غیرپروتئینی گوشت مرتبط بوده و با تجزیه باکتریایی و آنزیمی تولید می‌شوند (Bensid *et al*., 2014)، دلیل افزایش TVB-N را می‌توان افزایش میزان بار میکروبی گوشت طی دوره نگهداری دانست (شکل ۱). پژوهشگران متعددی گزارش نموده‌اند که حد محدودیت پذیرش TVB-N برای ماهیان تازه ۳۰ میلی‌گرم TVB-N در ۱۰۰ گرم گوشت است (Harpaz *et al*., 2003; Bensid *et al*., 2014). در مطالعه حاضر میزان TVB-N در ماهی موتو در محدوده روزهای هفتم تا نهم نگهداری به این حد رسید که منطبق با ارزیابی حسی و میکروبی بود.

اکسیداسیون لیپیدها یک مشکل کیفی مهم است زیرا منجر به توسعه بو و طعم بد در گوشت می‌گردد. تحقیقات نشان داده است که طی نگهداری ماهیان آنچوی به صورت سرد، واکنش‌های هیدرولیز و اکسیداسیون رخ داده در لیپیدها منجر به کاهش قابل توجه کیفیت حسی و

تغذیه‌ای گردد (Chaouqy *et al*., 2008). در مطالعه حاضر افزایش FFA طی دوره نگهداری بیانگر شدت یافتن تجزیه لیپیدها در گوشت ماهی موتو با گذشت روزهای نگهداری در یخ بود که می‌تواند بیانگر فعالیت آنزیمی (اتولیز لیپیدی) در گوشت باشد (Aidos *et al*., 2003). مشابه FFA، مقادیر PV و شاخص TBA اندازه‌گیری شده در گوشت ماهی موتو در این مطالعه نیز روند افزایشی و معنی‌داری را طی دوره نگهداری نشان دادند. میزان بالای چربی و اسیدهای چرب چند غیراشباعی در گونه‌های مختلف ماهی آنچوی در مقایسه با سایر گونه‌ها، آنها را نسبت به اکسیداسیون چربی در طی دوره نگهداری حساس‌تر می‌سازد (Turhan *et al*., 2011). از PV و شاخص TBA برای اندازه‌گیری ترکیبات حاصل از اکسیداسیون لیپیدی استفاده می‌شود (Jeyakumari *et al*., 2018). PV شاخصی است که ترکیبات حاصل از مراحل اولیه اکسیداسیون چربی را اندازه‌گیری می‌کند. پراکسیدها نقش مهمی در تشکیل آلدهیدها در سایر ترکیبات ثانویه اکسیداسیون لیپیدی دارند، با این وجود تولید آنها تغییری در ویژگی‌های حسی آبزی ایجاد نمی‌کند اما ممکن است منجر به ایجاد مخاطراتی برای مصرف کننده گردد (Oehlenschlager, 2014). در مطالعه حاضر، میزان پراکسیدها در محدوده روزهای ۹-۷ نگهداری به بالاتر از حد قابل قبول (۲۰ میلی‌اکی والان اکسیژن فعال در کیلوگرم چربی) رسید. شاخص TBA نشان دهنده میزان اکسیداسیون در گوشت می‌باشد. این ترکیب یکی از ترکیبات ثانویه تشکیل شده از تجزیه هیدروپراکسیدهای ناپایدار طی فرایند اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع است (Sharifian *et al*., 2019). مشابه PV، شاخص TBA نیز در طی دوره نگهداری روندی افزایشی داشت. عموماً میزان ۲-۱ میلی‌گرم مالون دی آلدهید در کیلوگرم به عنوان حد پذیرش شاخص TBA در ماهی در نظر گرفته می‌شود، با این وجود ماهی با شاخص TBA تا ۵ میلی‌گرم مالون دی آلدهید در کیلوگرم نیز قابل مصرف است (Adenike, 2014). در مطالعه حاضر شاخص TBA در ماهی موتو در روز هفتم نگهداری به بالاتر از ۲ و در انتهای دوره به بالاتر از ۵ میلی‌گرم مالون دی آلدهید در کیلوگرم رسید. مالون دی آلدهید می‌تواند با سایر ترکیبات در بدن ماهی مانند آمین‌ها، نوکلئوزیدها، اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، آمینو اسیدها یا سایر آلدهیدهایی که محصول نهایی اکسیداسیون چربی‌ها هستند واکنش دهند و از این‌رو، در کاهش کیفیت گوشت ماهی مؤثر باشند (Nazemroaya *et al*., 2009).

بررسی شاخص‌های حسی، شیمیایی و میکروبی نشان داد که یخ به رغم همه مزایا و ویژگی‌هایی که دارد، منجر به کاهش کیفیت ماهی می‌شود و حداکثر عمر ماندگاری برای موتو طی نگهداری در یخ ۹-۷ روز می‌باشد. بنابراین، برای نگهداری طولانی مدت ماهیان باید از سایر روش‌های نگهداری از جمله انجماد استفاده نمود.

تشکر و قدردانی

از تمامی عزیزانی که ما را در انجام این پژوهش یاری رساندند، شامل آقایان رامین کریم‌زاده، دکتر محسن گذری و دیگر کارکنان پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان صمیمانه تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع

سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۸۷. آماده کردن نمونه های مواد غذایی و شمارش میکروارگانیسم های مختلف. تجدید نظر اول، چاپ دهم، شماره ۳۶۵.

سازمان شیلات ایران. ۱۳۹۸. سالنامه آماری سازمان شیلات ایران ۱۳۹۷-۱۳۹۲، معاونت برنامه ریزی و مدیریت منابع دفتر برنامه ریزی و بودجه گروه برنامه ریزی و آمار، ۳۳ صفحه.

سالارپور، ع.، درویشی، م.، بهزادی، س. و سراجی، ف. ۱۳۸۷. زیست شناسی تولیدمثل و تغذیه ماهی موتو منقوط (*Encrasicholina punctifer*) در آب‌های ساحلی جزیره قشم. مجله علمی شیلات ایران، ۱۷ (۱): ۵۴-۴۵.

شریفیان، س.، مرتضوی، م.ص.، زکی‌پور ر. و ارشدی، ع. ۱۳۸۹ بررسی و اندازه گیری شاخص های فساد در ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) طی نگهداری در پودر یخ. *مجله علمی شیلات ایران*، ۴: ۹۶-۸۷.

Adenike, O.M., 2014. The Effect of Different Processing Methods on the Nutritional Quality and Microbiological Status of Cat Fish (*Clarias lezera*). *Journal of Food Processing and Technology*. DOI: 10.4172/ 2157-7110.1000333

Aidos, I., Van Der Padt, A., Boom, R.M. and Luten, J.B., 2003. Quality of crude fish oil extracted from herring by products of varying states of freshness. *Journal of Food Science*, 68: 458-465. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2003.tb05694.x

AOAC, **2000.** Official methods of analysis of the Association of the Official Analysis Chemists (17th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Bensid, A., Ucar, Y., Bendeddouche, B. and Özogul, F., 2014. Effect of the icing with thyme, oregano and clove extracts on quality parameters of gutted and beheaded anchovy (*Engraulis encrasicholus*) during chilled storage. *Food Chemistry*, 145: 681-686. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.106.

Berkel, B.M., Boogaard, B.V. and Heijnen, C., 2004. Preservation of Fish and Meat. Agromisa Foundation, Wageningen, The Netherlands, ISBN: 90-72746-01-9 pp. 78-80.

Chaouqy, N.E., Gallardo, J.M., El-Marrakchi, A. and Aubourg, S.P., 2008. Lipid damage development in anchovy (*Engraulis encrasicholus*) muscle during storage under refrigerated conditions. *Grasas Y Aceites*, 59 (4): 309-315. DOI: 10.3989/gya.2008.v59.i4.523

Chotimarkorn, C., 2014. Quality changes of anchovy (*Stolephorus heterolobus*) under refrigerated storage of different practical industrial methods in Thailand. *Journal of Food Science and Technology*, 51(2):285–293. DOI: 10.1007/s13197-011-0505-y.

Cocks, L.V. and Van Rede, C., 1996. Laboratory handbook for oil and fat analysis. London: Academic Press.

FAO, 2019. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO., 227.

Furuichi, Y., Taniguchi J. and Murabayashi, J., 1997. A rapid and convenient method for the determination of amide nitrogen in food proteins. *Journal of the Japan Society for Bioscience Biotechnology and Agrochemistry*, 71:395–401. DOI: 10.1271/nogeikagaku1924.71.395

Gram, L. and Dalgaard, P., 2002. Fish spoilage bacteria- problems and solutions. *Current Opinion in Biotechnology*, 13: 262–266. DOI: 10.1016/s0958-1669(02)00309-9

Harpaz, S., Glatman, L., Drabkin, V. and Gelman, A., 2003. Effects of herbal essential oils used to extend the shelf life of fresh water reared Asian sea bass fish (*Lates calcarifer*). *Journal of Food Protection*, 66: 410–417. DOI: 10.4315/0362-028x-66.3.410.

Huss, H.H., 1995. Quality and quality changes in fresh fish. In FAO Fisheries Technical paper, No: 334; FAO: Roma.

Jeyakumari, A., Murthy, L.N. and Visnuvinayagam, S., 2018. Biochemical and microbiological quality changes of Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*) stored under flake ice and dry ice. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(8): 2758-2765. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.708.289.

Kılınc, B., Caklı, S., Cadun, A., Dıncer, T. and Tolasa, S., 2007. Comparison of effects of slurry ice and flake ice pretreatments on the quality of aquacultured sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored at 4 ℃. *Food Chemistry*, 104: 1611–1617. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.03.002

Kose, S. and Erdem, M.E., 2004. An investigation of quality changes in anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L. 1758) stored at different temperatures. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28: 575-582. https://app.trdizin.gov.tr/publication/paper/detail/T0RFNU9RPT0=

Massa, A.E., Manca, E. and Yeannes, M.I., 2012. Development of Quality Index Method for anchovy (*Engraulis anchoita*) stored in ice: Assessment of its shelf-life by chemical and sensory methods. *Food Science and Technology International*, 18(4): 339–351. DOI: 10.1177/1082013211428014

Namulema A., Muyonga, J.H. and Kaaya, A.N., 1999. Quality deterioration in frozen Nile perch (*Lates niloticus*) stored at –13 and –27ºC. *Food Research International*, 32: 151-156. DOI: 10.1016/S0963-9969(99)00066-6

Nazemroaya, S, Sahari, M.A. and Rezaei, M., 2009. Effect of frozen storage on fatty acid composition and changes in lipid content of *Scomberomorus commersoni* and *Carcharhinus dussumieri*. *Journal of Applied Ichthyology*, 25(1): 91 – 95. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2008.01176.x

Oehlenschlager, J., 2014. Seafood Quality Assessment. In: Boziaris, I.S. (ed) Seafood Processing Technology, Quality and Safety. UK: John Wiley & Sons, Ltd.

Pons-Sanchez-Cascado, S., Vidal-Carou, M.C., Nunes, M.L. and Veciana-Nogues, M.T., 2006. Sensory analysis to assess the freshness of Mediterranean anchovies (*Engraulis encrasicholus*) stored in ice. *Food Control*, 17: 564–569. doi:10.1016/j.foodcont.2005.02.016

Sharifian, S., Shahbanpour, B., Taheri, A. and Kordjazi, M., 2019. Effect of phlorotannins on melanosis and quality changes of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during iced storage. *Food Chemistry*, 124980, DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.124980

Turhan, S., Ustun, N.S. and Temiz, H., 2011. Lipid Quality of Anchovy (*Engraulis Encrasicholus*) Fillets Affected by

Different Cooking Methods. *International Journal of Food Properties*, 14(6): 1358-1365. DOI: 10.1080/10942911003672159

Zeng, Q.Z., Thorarinsdottir, K.A. and Olafsdottir, G., 2005. Quality changes of shrimp (*Pandalus borealis*) stored under different cooling conditions. *Journal of Food Science*, 70: 459-466. DOI:10.1111/j.1365-2621.2005.tb11493.x

Quality changes of anchovy (*Encrasicholina punctifer*) during iced storage

Sharifian S.[1*]; Sharifian S.[1]; Mortazavi M.S.[2]

[*] sharifian.salim@hotmail.com

1- Chabahar Maritime University, Faculty of Marine Sciences, Fisheries Department, Chabahar, Iran
2- Persian Gulf and Oman Sea Ecological Center, Iranian Fisheries Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran.

Abstract

In the present study, quality and shelf-life of anchovy (*Encrasicholina punctifer*) during 12 days of iced storage (+1 to -1 ˚C) were investigated by using of sensory, chemical and microbial indices. For sensory assessment, internal organs, gill, peritoneum, skin, eyes, color along spine, abdominal cavity and flesh of samples were assessed. For chemical assessment, indices of pH, total volatile base of nitrogen (TVB-N), free fatty acids (FFA), peroxide value (PV) and thiobarbituric acid (TBA) were measured. Microbial analysis was done by counting the colonies of bacteria during the storage period. Sensory analysis showed that the shelf-life of the anchovy was between 7 to 9 days. Total counts of bacteria exceeded the acceptable limit (10^6 colonies per gram of meat) on the 8^{th} day of storage. A high correlation (0.96) observed between sensory and microbial results. The pH of fish increased from 6.27 to 7.56 at the end of storage. Total volatile base of nitrogen (TVB-N) of fresh anchovy at the first day of storage was 8/67 mg N/100 g meat and reached to 36.65 at Day 12 of survey. The changes of free fatty acids were in the range of 3.63-8.60 % of oleic acid ($p<0.05$). Peroxide value (milli-equivalents active oxygen per kg lipid) significantly increased from 11.37 at the beginning to 30.96 at the last day of storage ($p<0.05$). The amount of thiobarbituric acid (milligrams of malondialdehyde per kg of meat) increased from 0.35 at Day 0 to 5.16 at Day 12. The shelf-life of anchovy days during iced storage estimated between 7-9 based on the sensory, microbial and chemical results.

Keywords: Anchovy fish, Quality, Shelf-life, Freshness index

[*]Corresponding author