

کاربرد روش شاخص کیفی برای تعیین مدت زمان نگهداری ماهی کفال پشت سبز (*Chelon subviridis*) شکم خالی نگهداری شده در یخ

فاطمه غنی کوویی^۱، آی ناز خدانظری^{۱*}، اسحاق زمانی^۲

*khodanazary@yahoo.com

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران
۲- گروه زیست دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۷

تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۷

چکیده

هدف از مطالعه حاضر، ارزیابی تازگی ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ به مدت ۱۶ روز بود. تغییرات طی نگهداری با ارزیابی حسی (روش شاخص کیفی QIM)، pH، بازهای ازته فرار (TVBN)، تری متیل آمین (TMA)، تیوباربتوریک اسید (TBA)، اسید چرب آزاد (FFA)، رنگ، و آنالیزهای میکروبی (شمارش مزوفیل، سرمادوست، استافیلوکوکوس، انتروباکتریاسه و باکتری‌های تولید کننده H₂S) مشاهده شد. بیشترین طول مدت ماندگاری ماهی کفال پشت سبز شکم خالی طی نگهداری در یخ با کاهش تازگی (حسی، فیزیکوشیمیایی، رنگ و میکروبیولوژیکی) تعیین شد. همبستگی بالا $R^2 = 0/990$ بین شاخص کیفی (QI) و زمان نگهداری تایید شد. شاخص کیفی در دامنه صفر (بیشترین تازگی) و ۳۳ (کاهش کل تازگی) بود و محدوده مورد قبول برای مصرف کننده (QI=۱۲/۶۶) بود که ۱۲ روز دوره نگهداری بود. روش شاخص کیفی یک ارتباط خطی با زمان نگهداری (۹/۷۳۳-خطی زمان نگهداری $\times ۸/۱۰۰ =$ روش شاخص کیفی، $R=0/990$) نشان داد و زمان نگهداری می تواند با دقت ± 3 روز تخمین زده شود. نتایج میکروبیولوژیک نشان داد که تعداد باکتری‌های مزوفیل، سرمادوست، استافیلوکوکوس، انتروباکتریاسه و باکتری‌های تولید کننده H₂S طی زمان نگهداری افزایش یافتند. میزان بازهای ازته فرار از ۵/۹۳ میلی گرم نیتروژن بر ۱۰۰ گرم به ۳۲/۶۶ میلی گرم نیتروژن بر ۱۰۰ گرم، میزان تری متیل آمین از ۳/۵۸ میلی گرم نیتروژن بر ۱۰۰ گرم به ۱۶/۱۰ میلی گرم نیتروژن بر ۱۰۰ گرم، میزان pH از ۶/۸۷ تا ۷/۲۶، میزان تیوباربتوریک اسید از ۰/۶۶ مالون آلدهید اکیوالان بر کیلوگرم نمونه تا ۱/۹۳ مالون آلدهید اکیوالان بر کیلوگرم نمونه و میزان اسید چرب آزاد از ۱/۰۵ درصد اولئیک اسید تا ۸/۴۱ درصد اولئیک اسید، بترتیب متغیر در روزهای صفر و ۱۶ بود. پیشنهاد می‌شود که نگهداری ماهی کفال پشت سبز شکم خالی تازه و مورد پذیرش برای مصرف تا سردسازی به مدت ۱۲ روز باشد.

لغات کلیدی: *Chelon subviridis*، روش شاخص کیفی، یخ

*نویسنده مسئول

مقدمه

ماهی کفال پشت سبز (*Chelon subviridis*) که در گذشته به عنوان (*Liza subviridis*) شناخته شده است، جایگاه ویژه‌ای در بین ماهیان جنوب کشور دارد. ماهی تازه، محصولی بسیار فساد پذیر می‌باشد و بنابراین، توانایی ارزیابی دقیق‌تر برای تجاری‌سازی آن ضروری می‌باشد (Huidobro, 2000). پس از صید ماهی، عضله ماهی از طریق فرآیند پیچیده فیزیکوشیمیایی تغییر می‌کند که در طول زمان، منجر به تغییر خصوصیات حسی و عدم مصرف توسط مصرف کنندگان می‌گردد (Ritter et al., 2016). در حال حاضر، روش شاخص کیفیت (QIM¹) به عنوان ارزیابی حسی موثری که برای تعیین تازگی ماهی استفاده می‌شود، شناخته شده است (زارع گشتی و همکاران، ۱۳۹۳). روش شاخص کیفیت، بعضی ویژگی‌های ظاهری حیوانی مانند پوست، چشم ها، گوشت ماهی، مخاط پوست، بو و بافت گوشت را با توجه به روند خراب شدن و از دست دادن تازگی رتبه‌بندی می‌کند (Lanzarin et al., 2016; Ritter et al., 2016; Borges et al., 2007). سیستم نمره‌دهی با درجه تخریب ۰-۳ می‌باشد و مجموع نمرات داده شده به هر مشخصه توسط شاخص کیفیت جمع می‌شوند که برای ماهیان بسیار تازه امتیازات نزدیک به صفر می‌باشد (Ritter et al., 2016). با این حال، این تغییرات خاص گونه‌ای هستند (Lanzarin et al., 2016; Ritter et al., 2016). مزیت ارزیابی کیفیت ماهی برای تخمین ماندگاری آبزیان، ارزان بودن، ساده بودن، نیاز کمتر به آموزش در مقایسه با سایر روش‌ها، بعلاوه حفظ ماهی به صورت دست نخورده است (Lanzarin et al., 2016). با این حال به دلیل پیچیده بودن فرآیند فساد ماهی، مطالعات حسی باید با آنالیز فیزیکوشیمیایی و میکروبیولوژیک برای ارزیابی ماندگاری در ارتباط باشد و تازگی ماهی همراه با این پارمترها به طور واقعی و دقیق‌تر تشخیص داده می‌شود (Lanzarin et al., 2016; Borges et al., 2013).

کیفیت ماهی به ماهیت گونه‌ها، شرایط نگهداری و عمل آوری بستگی دارد و بعد از صید به دلیل واکنش شیمیایی و فساد میکروبی تغییر می‌کند (Sharifian et al., 2011). دما، عامل اصلی تعیین کیفیت نهایی محصولات

آبزیان پس از صید می‌باشد (سیف زاده و همکاران، ۱۳۹۴). سرعت واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی به طور لگاریتمی با درجه حرارت تغییر می‌کند، بنابراین، کاهش دمای محصول باعث کاهش فعالیت آنزیم، به ویژه در محصولات تازه می‌شود. در واقع، ماهی تازه که در دمای پایین نگهداری و بررسی می‌شود، باعث کاهش رشد باکتری‌ها می‌گردد. بنابراین، احتمالاً استفاده از یخ روشی ساده برای نگهداری ماهی صید شده است و مزایای استفاده یخ در مناطق گرمسیری شاید حتی بیشتر از مناطق سردتر باشد (Sharifian et al., 2011). همچنین استفاده از یخ آسان‌ترین و ارزان‌ترین روش موقت در نگهداری و حمل و نقل موقت آن می‌باشد که طی نگهداری ماهی در یخ رشد ارگانیس‌م‌های فاسد کننده ماهی و همچنین سرعت فساد آنزیمی و شیمیایی کاهش می‌یابد. اطلاعات در مورد شاخص کیفی و ماندگاری ماهی کفال پشت سبز طی دوره نگهداری در یخ وجود ندارد. Andrade و همکاران (۲۰۱۵) و Özyurt و همکاران (۲۰۰۹) به ارزیابی کیفیت به ترتیب *Mugil platanus* و *Mullus barbatus* با استفاده از شاخص کیفی پرداختند. نظر به اینکه ماهی کفال پشت سبز یکی از ماهیان خلیج فارس و دریای عمان و تقاضا برای آن در جهت استفاده در مصرف خانگی بالاست، بنابراین هدف از این تحقیق، توسعه روش شاخص کیفی برای ارزیابی حسی ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ همراه با تغییرات میکروبیولوژیک، فیزیکوشیمیایی و رنگ سنجی و تعیین ماندگاری بود.

مواد و روش کار

در این تحقیق، تعداد ۶۰ قطعه ماهی کفال پشت سبز به صورت تازه از بازارچه ماهی فروشان شهرستان خرمشهر خریداری شدند. نمونه‌های ماهی و یخ به نسبت ۱ به ۲ (وزنی/وزنی) با جعبه‌های یونولیتی فوراً به آزمایشگاه فرآوری واقع در دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر منتقل گردیدند. سپس به طور تصادفی وزن و طول کل آنها اندازه گیری شدند و سپس با آب شهری شستشوی اولیه صورت گرفت و مجدداً نمونه‌ها با آب مقطر شستشو شدند.

¹ Quality Index Method

جدول ۱: روش شاخص کیفی ماهی کفال پشت سبز (*Chelon subviridis*) شکم خالی طی نگهداری در یخTable 1: QIM scheme of gutted greenback grey mullet (*Chelon subviridis*) during storage on ice

درجه تخریب	مشخصات	پارامتر	ویژگی کیفی
۰	رنگ روشن، واضح و مشخص، براق، روشنایی زیاد	پوست	ظاهر کلی
۱	کمی روشن، تغییر رنگ در اطراف، تقریباً براق، کاهش روشنایی		
۲	پوست خراشیده، رنگ پریده، چروک و شکست خورده، از دست دادن براقی، مات		
۰	با مخاط (موکوس)		
۱	بی مخاط (موکوس)		
۰	محکم، الاستیک، اثر انگشت به سرعت از بین می‌رود.	بافت	
۱	نرم، سست، اثر انگشت با تاخیر از بین می‌رود.		
۰	روشن (بلورین)	قرنیه	چشم
۱	روشن یا کمی تیره		
۲	مات		
۰	کمی مات، نبود نقطه سفید	مردمک	
۱	مات، نقطه سفید کوچک		
۲	خاکستری مات، نقطه سفید بزرگ		
۰	محدب	شکل	
۱	صاف یا تخت		
۲	مقعر		
۰	سالم	گردی	
۱	در حال فروپاشی		
۰	قرمز روشن و دارای اندکی موکوس	رنگ	آبشش
۱	قرمز و دارای مقداری موکوس		
۲	قرمز صورتی تا قهوه‌ای و دارای مقداری موکوس		
۰	بوی تازگی و خاص گونه	بو	
۱	بوی خاص ماهی از بین رفته و آبشش فاقد بو		
۲	تندی کم تا متوسط		
۳	خیلی تند و تعفن آور		
۰	کشسان، مرطوب، کامل	دمی	باله‌ها
۱	کمی کشسان، برش خورده، کامل	شکمی	
۲	بدون کشش، برش خورده، شکست خورده	پشتی)	
۰	کاملاً مرطوب	رطوبت	مربوط به دم
۱	با لبه‌های خشک		
۰	روشن	رنگ	
۱	تیره		
۰	کشسان	قابلیت	مربوط به پشت
۱	بدون کشش	ارتجاعی	
۰	سبز تیره	رنگ	
۱	سبز روشن		
۲	آبی روشن تا تیره		
۰	رنگ تازه، خون قرمز روشن	رنگ	شکم (داخلی)
۱	زرد تازه یا صورتی، خون قرمز تیره		
۲	قهوه‌ای صورتی یا تیره و خون قهوه‌ای		
۰	تازه یا بی بو	بو	
۱	ترشیدگی، کمی آمونومی		
۲	فاسد		

ویژگی کیفی	پارامتر	مشخصات	درجه تخریب
شکم(خارجی)	جنبه کلی	• انعطاف پذیر، براق و مرطوب	۰
		• از دست دادن انعطاف، کمی تغییر رنگ	۱
		• غیر قابل انعطاف، خشک و تغییر رنگ داده	۲
گوشت	رنگ	• قرمز روشن و تیره	۰
		• قرمز روشن	۱
		• تغییر رنگ به قهوه ای یا قرمز کم رنگ	۲
	بو	• تازه یا بی بو	۰
		• ترشیده، کمی آمونومی	۱
		• فاسد	۲
	استحکام	• سخت، متراکم	۰
		• نرم، رو به زوال	۱
		مقبولیت کلی	۲۴-۰

و جداسازی باکتریهای استافیلوکوکوس در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت استفاده گردید و پس از طی مدت انکوباسیون، کلنی‌ها شمارش شدند (Sallam, 2007).

فاکتورهای فیزیکوشیمیایی

اندازه‌گیری بازهای ازته فرار به روش کلدال و با تیتراسیون عصاره بدست آمده از آن انجام گرفت (Goulas and Kantominas, 2005). برای اندازه‌گیری تری متیل آمین از روش AOAC (۱۹۹۵) استفاده شد. pH طبق روش Suvanich و همکاران (۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد. شاخص تیوباریتوریک اسید (TBA) طبق روش Siripatrawan و Noipha (۲۰۱۲) با افزودن ۹۷/۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۲/۵ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۴ نرمال به ۱۰ گرم نمونه هموژن شده اندازه‌گیری شد. میزان شاخص اسیدهای چرب آزاد با استخراج چربی از ۱۰ گرم نمونه گوشت با کمک کلروفورم/متانول به روش Woyewoda و همکاران (۱۹۸۶) و تیتراسیون گروه‌های کربوکسیلیک آزاد موجود در آن با هیدروکسید سدیم صورت پذیرفت. رنگ‌سنج با استفاده از کالری‌متر (HunterLab, Model colourFlex, Virginia USA) سنجیده شد و سیستم رنگ سنجی CIE به صورت L^* , a^* و b^* در نظر گرفته شد. شاخص L^* بیانگر روشنایی، مقدار آن ۱۰۰-۰ (سفید-سیاه) و شاخص a بین قرمز (+) و سبز (-) و موقعیت b بین زرد (+) و آبی (-) متغیر است.

برای نمونه تیمار ماهی شکم خالی درون یخ هرکدام جداگانه به میزان ۲۰۰ گرم درون هر زیپ پک که مجموعاً ۴ کیلوگرم وزن و بسته بندی شده و ماهیان در یخ نگهداری شدند. آنالیزهای فیزیکوشیمیایی، میکروبیولوژیک و حسی ماهی کفال پشت سبز نگهداری شده در سرما هر ۴ روز به مدت ۱۶ روز با سه تکرار مورد آزمایش قرار گرفتند.

آزمون میکروبی نمونه‌ها

به منظور شمارش باکتری‌ها و تعیین بار میکروبی مقدار ۱ گرم از هر نمونه هموژن شده در شرایط استریل به ۹ میلی‌لیتر کلرور سدیم ۰/۹ درصد اضافه شد و پس از مخلوط کردن، از آن برای تهیه رقت‌های متوالی استفاده گردید. از این رقت‌ها برای کشت باکتریها در محیط‌های کشت موردنظر به شرح ذیل استفاده شد. یک میلی‌لیتر از هر رقت برای کشت باکتریها به روش پورپلیت در محیط پلیت کانت آگار (PCA) برای شمارش بار باکتریایی مزوفیل نمونه‌ها کشت داده شد و پلیت‌ها به مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. برای شمارش انتروباکتریاسه محیط کشت VRBG مورد استفاده قرار گرفت. پس از کشت یک میلی‌لیتر از هر رقت به روش پورپلیت، پلیت‌ها به مدت ۴۸-۷۲ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند و محیط کشت IRON ager برای شمارش و جداسازی باکتریهای تولید کننده SH_2 در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت و محیط کشت Baird parker agar برای شمارش

حداقل مربعات جزئی (PLS^۳) بود. رگرسیون با XLSTAT بررسی شد.

نتایج

روش شاخص کیفی

نتایج پروتوکل روش شاخص کیفی شامل ۹ ویژگی کیفی و ۱۹ پارامتر برای ارزیابی ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ در جدول ۱ ارائه شده است. پارامترها از ۱-، ۲-، ۳- و ۰- بر طبق خصوصیات مشاهده شده امتیازدهی شدند. بیشترین امتیاز ۳۴ است که شامل ۳ امتیاز در ارتباط با ظاهر کلی، ۷ امتیاز در ارتباط با چشم، ۵ امتیاز در ارتباط با آبشش‌ها، ۲ امتیاز در ارتباط با باله‌ها، ۳ امتیاز در ارتباط با ناحیه پشتی، ۴ امتیاز در ارتباط با ناحیه شکمی (داخلی)، ۲ امتیاز در ارتباط با ناحیه شکمی (خارجی) و ۵ امتیاز مربوط به گوشت است. روش شاخص کیفی یکی از روش‌های خوب جهت تشخیص تازگی ماهی کفال پشت سبز شکم خالی طی نگهداری در یخ می باشد. مجموع امتیازات بدست آمده برای ویژگی‌های حسی طی نگهداری ماهی کفال پشت سبز نگهداری در یخ با شاخص کیفی نشان داده می شود. شاخص کیفی ماهی کفال پشت سبز شکم خالی با زمان نگهداری افزایش یافت. شاخص کیفی در ابتدا و انتهای روزهای نگهداری (روز ۱ و روز ۱۶) ماهی کفال پشت سبز شکم خالی بترتیب ۰ و ۳۲ بود. امتیازات بدست آمده بوسیله گروه آموزش دیده نشان داد که شاخص کیفی ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری در یخ از روز ۴-۰ روز برابر با ۵/۶۶- بود. میانگین شاخص کیفی از روز ۸-۴ برابر با ۱۲/۶۶ بود و شاخص کیفی پس از روز ۱۲ برابر با ۲۲ بود. میانگین امتیازات روز ۱۶ مشابه نتایج نشان داده شده در روز ۱۲ بود، زمانی که اعضای گروه پانل آموزش دیده نمونه‌ها را از روز ۱۲ رد کردند. بنابراین، ویژگی‌های حسی ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ در روز ۱۲ و ۱۶ مشابه است. در توسعه پایانی روش شاخص کیفی، همه پارامترها یک افزایش خطی نشان دادند و همبستگی بالایی ($R > 0/577$) با زمان نگهداری در یخ مشاهده شد

شاخص کروما (C_{ab}^*) بیانگر غلظت رنگ، شاخص هیو (H_{ab}^0) بیانگر خلوص رنگ و شاخص سفیدی است که به توجه به فرمولهای ذیل محاسبه گردید:

$$C_{ab}^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$H_{ab}^0 = \arctan(b^*/a^*)$$

$$\text{Whiteness} = 100 - [(100-L)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$$

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی برای توسعه روش شاخص کیفی ماهی خام بر اساس روش Sant'Ana و همکاران (۲۰۱۱) بود. تخمین طرح روش شاخص کیفی جهت ارزیابی کیفیت ماهی خام نگهداری شده در یخ با ۹ پارامتر کیفی با امتیازات در دامنه ۳-۰ که مجموع دامنه‌ها از ۰ (تازگی) الی ۳۴ (کاهش تازگی) جهت کسب امتیاز حسی کل یعنی شاخص تازگی بکار برده شد (جدول ۱). شاخص کیفی ماهی شامل ظاهر کلی، قرنیه، مردمک، شکل و گردی چشم، رنگ و بو آبشش، باله‌ها، رطوبت و رنگ دم، الاستیسیته و رنگ باله پشتی، رنگ و بو ناحیه شکمی (داخلی)، جنبه کلی ناحیه شکم (خارجی)، رنگ، بو و استحکام گوشت بودند. از ۱۵ فرد نیمه آموزش دیده شده طبق ISO (۱۹۹۳) جهت ارزیابی حسی استفاده شد.

روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل با نرم افزار SPSS انجام پذیرفت. به منظور تجزیه و تحلیل مقادیر کمی به دست آمده از آزمایش‌های شیمیایی و میکروبی پس از کنترل نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف^۱ از تجزیه واریانس یک طرفه در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده شد. همچنین جهت ارتباط همبستگی بین شاخص‌های فیزیوشیمیایی یا باکتری‌ها با امتیازهای حسی از همبستگی پیرسون استفاده شد. فاکتورها با استفاده از روش تحلیل مولفه‌های اساسی (PCA^۲) ارزیابی شدند. نتایج بدست آمده از روش شاخص کیفی با رگرسیون

^۱ Kolmogorov-smirnov-

^۲ Principle Component Method

^۳ Partial least-square regression

(جدول ۲). روش شاخص کیفی رابطه خطی و همبستگی بالا با زمان نگهداری دارد ($R > 0/990$). ارزیابی روش شاخص کیفی می تواند طبق معادله $9/733 - \text{خطی زمان نگهداری} \times 8/00 =$ روش شاخص کیفی محاسبه شود که نشان دهنده تطبیق خوب داده‌های آزمایشی می‌باشد.

نتایج نشان داد که مدل رگرسیونی بدست آمده دارای خطای میانگین مجذورات ($\text{Mean Square of Errors} = \text{MSE}$) تقریباً ۳ روز ($2/513$) بین مقادیر اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده با ۹۵ درصد اطمینان بود (شکل ۱).

جدول ۲: میانگین امتیازهای برای هر پارامتر کیفی ارزیابی شده با روش شاخص کیفی ماهی کفال پشت سبز ذخیره شده در یخ و همبستگی روزهای نگهداری شده در یخ

Table 2: Mean of scores for each of quality parameter evaluated with QIM greenback grey mullet during the ice storage and correlation of storage time during storage at ice.

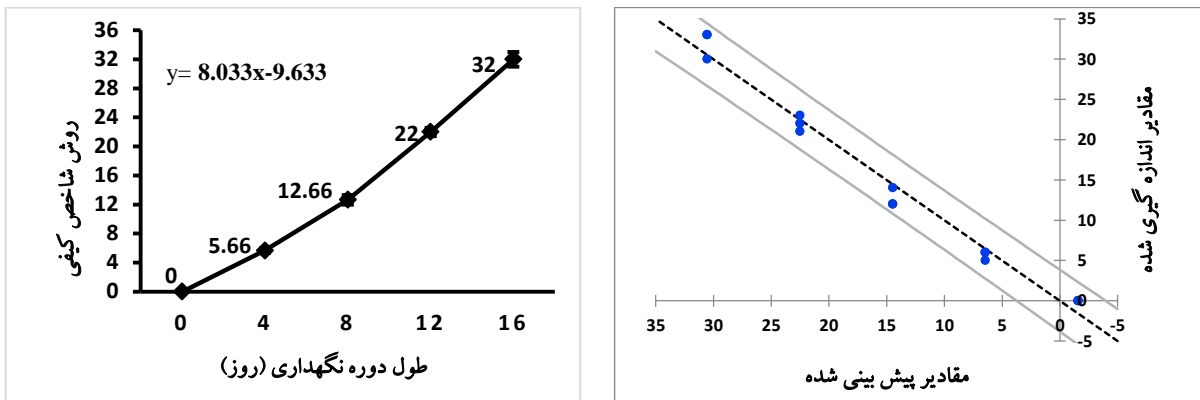
پارامتر	روزهای نگهداری در یخ	۰	۳	۶	۹	۱۲	r
ظاهر کلی پوست	$0/00^c \pm 0/00$	$0/00^c \pm 0/00$	$0/00^c \pm 0/00$	$0/66^c \pm 0/33$	$1/33^b \pm 0/33$	$2/00^a \pm 0/00$	$-0/906^*$
ظاهر کلی بافت	$0/00^b \pm 0/00$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/66^b \pm 0/33$	$0/66^b \pm 0/33$	$1/00^a \pm 0/00$	$-0/661^*$
قرنیه چشم	$0/00^b \pm 0/00$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/66^b \pm 0/33$	$1/33^b \pm 0/66$	$1/66^a \pm 0/33$	$-0/640^*$
مردمک چشم	$0/00^c \pm 0/00$	$0/33^c \pm 0/33$	$0/33^c \pm 0/33$	$0/66^c \pm 0/33$	$1/00^b \pm 0/00$	$1/66^a \pm 0/33$	$-0/832^*$
شکل چشم	$0/00^c \pm 0/00$	$0/33^c \pm 0/33$	$0/33^c \pm 0/33$	$0/66^c \pm 0/33$	$1/00^b \pm 0/00$	$2/00^a \pm 0/00$	$-0/853^*$
گودی چشم	$0/00^b \pm 0/00$	$0/00^b \pm 0/00$	$0/00^b \pm 0/00$	$0/66^a \pm 0/33$	$1/00^a \pm 0/00$	$1/00^a \pm 0/00$	$-0/850^*$
رنگ آبشش	$0/00^c \pm 0/00$	$0/33^c \pm 0/33$	$0/33^c \pm 0/33$	$0/66^c \pm 0/33$	$1/00^b \pm 0/00$	$2/00^a \pm 0/00$	$-0/881^*$
بو آبشش	$0/00^c \pm 0/00$	$0/33^c \pm 0/33$	$0/33^c \pm 0/33$	$0/33^b \pm 0/33$	$2/00^a \pm 0/00$	$2/66^a \pm 0/33$	$-0/932^*$
باله ها	$0/00^c \pm 0/00$	$0/33^c \pm 0/33$	$0/33^c \pm 0/33$	$0/33^c \pm 0/33$	$1/00^b \pm 0/00$	$2/00^a \pm 0/00$	$-0/916^*$
رطوبت دم	$0/00^b \pm 0/00$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/33^b \pm 0/33$	$1/00^a \pm 0/00$	$-0/577^*$
رنگ دم	$0/00^b \pm 0/00$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/66^b \pm 0/33$	$1/00^a \pm 0/00$	$1/00^a \pm 0/00$	$-0/770^*$
قابلیت ارتجاعی مربوط به پشت	$0/00^c \pm 0/00$	$0/00^c \pm 0/00$	$0/00^c \pm 0/00$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/66^b \pm 0/33$	$1/00^a \pm 0/00$	$-0/770^*$
رنگ مربوط به پشت	$0/00^b \pm 0/00$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/66^b \pm 0/33$	$2/00^a \pm 0/00$	$-0/705^*$
رنگ شکم (داخلی)	$0/00^b \pm 0/00$	$0/66^b \pm 0/33$	$0/66^b \pm 0/33$	$0/66^b \pm 0/33$	$1/66^a \pm 0/33$	$2/00^a \pm 0/00$	$-0/866^*$
بو شکم (داخلی)	$0/00^b \pm 0/00$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/33^b \pm 0/33$	$1/66^a \pm 0/33$	$2/00^a \pm 0/00$	$-0/853^*$
جنبه کلی شکم (خارجی)	$0/00^c \pm 0/00$	$0/00^c \pm 0/00$	$0/00^c \pm 0/00$	$0/66^b \pm 0/33$	$1/00^b \pm 0/00$	$2/00^a \pm 0/00$	$-0/916^*$
رنگ گوشت	$0/00^b \pm 0/00$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/33^b \pm 0/33$	$2/00^a \pm 0/00$	$2/00^a \pm 0/00$	$-0/906^*$
بو گوشت	$0/00^b \pm 0/00$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/33^b \pm 0/33$	$0/33^b \pm 0/33$	$1/66^a \pm 0/33$	$2/00^a \pm 0/00$	$-0/853^*$
استحکام گوشت	$0/00^b \pm 0/00$	$0/00^b \pm 0/00$	$0/00^b \pm 0/00$	$0/66^b \pm 0/33$	$0/66^b \pm 0/33$	$1/00^a \pm 0/00$	$-0/756^*$

حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار طی دوره نگهداری در هر تیمار می باشد ($p < 0/05$).

میزان باکتری‌های مزوفیل ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ در روز ۱۲ بالاتر از حد مجاز اعلام شده برای آبزیان خام ($7 \log_{10} \text{CFU/g}$) است (Sallam, 2007). میزان بار باکتریایی سرمادوست در ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ با گذشت زمان نگهداری افزایش یافت. میزان بار باکتری‌های سرمادوست در نمونه نگهداری شده در یخ از $3/97 \log_{10} \text{CFU/g}$ در روز صفر به $10 \log_{10} \text{CFU/g}$ در روز ۱۶ افزایش یافت.

آنالیز میکروبی

در جدول ۳ تغییرات بار باکتری‌های مزوفیل، سرمادوست، استافیلوکوکوس، انتروباکتریاسه و باکتری‌های تولید کننده H_2S ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ مشاهده می‌شود. میزان بار باکتری‌های مزوفیل در ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ با گذشت زمان نگهداری افزایش یافت. میزان بار باکتری‌های مزوفیل در ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ از $7/60 \log_{10} \text{CFU/g}$ در روز صفر به $3/94 \log_{10} \text{CFU/g}$ در روز ۱۶ افزایش یافت. باکتری‌های مزوفیل ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ همبستگی معنی‌دار ($p < 0/05$) با زمان نگهداری ($r = 0/983$) داشتند.



شکل ۱: (a) همبستگی خطی بین روش شاخص کیفی و زمان نگهداری ماهی کفال پشت سبز شکم خالی طی نگهداری در یخ؛ (b) رگرسیون حداقل مربعات جزئی برای روش شاخص کیفی ماهی کفال پشت سبز طی نگهداری در یخ و مقادیر پیش بینی شده

Figure 1: a) Linear correlation between QIM and storage time of gutted greenback grey mullet during storage at ice; b) Partial Least Squares (PLS) regression for Quality Index Method (QIM) of greenback grey mullet during the storage at ice and the predicted values.

جدول ۳: ارزیابی بار میکروبی (باکتری‌های مزوفیل، سرمادوست، استافیلوکوکوس، انتروباکتریاسه و باکتری‌های تولید کننده H_2S) ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ

Table 3: Evaluation of microbial count (mesophilic, psychrotrophic, *Staphylococcus*, *Enterobacteriaceae* and H_2S -producing bacteria) of gutted greenback grey mullet during storage at ice.

نام باکتری	۰	۴	۸	۱۲	۱۶	r
باکتری‌های مزوفیل	$3/94^d \pm 0/00$	$4/43^c \pm 0/00$	$5/59^b \pm 0/00$	$7/47^a \pm 0/00$	$7/60^a \pm 0/34$	$0/960^*$
باکتری‌های سرمادوست	$3/97^e \pm 0/00$	$4/22^d \pm 0/01$	$4/92^c \pm 0/00$	$5/37^b \pm 0/00$	$6/01^a \pm 0/02$	$0/992^*$
انتروباکتریاسه	$2/99^e \pm 0/02$	$3/10^c \pm 0/02$	$3/68^b \pm 0/04$	$3/83^{ab} \pm 0/03$	$3/96^a \pm 0/09$	$0/943^*$
استافیلوکوکوس	$3/89^d \pm 0/00$	$3/94^d \pm 0/00$	$4/08^c \pm 0/02$	$4/36^b \pm 0/01$	$4/68^a \pm 0/04$	$0/966^*$
باکتری‌های تولید کننده H_2S (کلونی سیاه)	$2/34^e \pm 0/01$	$3/86^d \pm 0/00$	$3/99^c \pm 0/02$	$4/26^b \pm 0/01$	$4/47^a \pm 0/00$	$0/871^*$

حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار طی دوره نگهداری می باشد ($p < 0/05$).

* نشان دهنده تفاوت معنی دار

با گذشت زمان نگهداری افزایش یافت. میزان بار باکتری‌های استافیلوکوکوس در ماهی کفال پشت سبز نگهداری شده در یخ از $3/89 \log_{10} CFU/g$ در روز صفر به $4/68 \log_{10} CFU/g$ در روز ۱۶ افزایش یافت. باکتری‌های استافیلوکوکوس ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ همبستگی معنی‌دار ($p < 0/05$) با زمان نگهداری ($r = 0/952$) داشتند. میزان باکتری‌های تولید کننده H_2S در ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ با گذشت زمان نگهداری افزایش یافت. میزان بار باکتری‌های تولید کننده H_2S (کلونی سیاه) در ماهی کفال پشت سبز نگهداری شده در یخ به ترتیب از $2/34 \log_{10} CFU/g$ در روز صفر به $4/47 \log_{10} CFU/g$ در روز ۱۶ افزایش یافت.

باکتری‌های سرمادوست ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ همبستگی معنی دار ($p < 0/05$) با زمان نگهداری ($r = 0/992$) دارد. میزان بار باکتریایی انتروباکتریاسه در ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ با گذشت زمان نگهداری افزایش یافت. میزان بار باکتری‌های انتروباکتریاسه در ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ از $2/99 \log_{10} cfu/g$ در روز صفر به $3/96 \log_{10} cfu/g$ در روز ۱۶ افزایش یافت. باکتری‌های انتروباکتریاسه ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ همبستگی معنی‌دار ($p < 0/05$) با زمان نگهداری ($r = 0/943$) داشتند. میزان بار باکتریایی استافیلوکوکوس در ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ

پشت سبز نگهداری شده در یخ (۵/۸۷۶+ زمان نگهداری × ۱۱/۰۲۸)² - ۳/۱۴۵ = میزان تری متیل آمین) به طور مدل درجه ۲ افزایش یافت. طبق فرمول خطی بازهای ازته فرار، ماندگاری ماهی کفال پشت سبز نگهداری شده در یخ روز تخمین شده است.

تغییرات میزان تیوباربیتوریک اسید ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ طی ۱۶ روز در جدول ۴ ارائه شده است. میزان تیوباربیتوریک اسید ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ در روز اول ۰/۶۶ میلی گرم مالون آلدهید اکیوالان بر کیلوگرم نمونه بود. میزان تیوباربیتوریک اسید ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ به طور معنی دار افزایش یافت (p < ۰/۰۵). تیوباربیتوریک اسید تیوباربیتوریک اسید ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ همبستگی معنی دار با زمان نگهداری دارد (r = -۰/۵۲۸). اکسیداسیون چربی در ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ حداقل مقدار مجاز جهت مصرف آزیان می باشد. بنابراین، شاخص تیوباربیتوریک اسید، شاخص مناسبی برای ارزیابی کیفی میگوی بدون پوست نگهداری شده در سرما نمی باشد.

تغییرات میزان اسیدهای چرب آزاد ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ طی ۱۶ روز در جدول ۴ ارائه شده است. در روز صفر، میزان اسیدهای چرب آزاد در ماهی کفال پشت سبز نگهداری شده در یخ ۱/۰۵ درصد اولئیک اسید بود. با افزایش زمان نگهداری، افزایش اسیدهای چرب آزاد در ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ مشاهده شد. اسیدهای چرب آزاد ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ همبستگی معنی دار با زمان نگهداری دارد (r = ۰/۶۲۴).

رنگ سنجی

در این تحقیق رنگ سنجی بر اساس مولفه های $L^*a^*b^*$ کمی گردیده است. مقادیر مولفه a^* نامحدود است و مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز است، مقادیر مولفه b^* نامحدود است و مقادیر مثبت معادل رنگ زرد و مقادیر منفی معادل رنگ آبی است و شاخص L^* معادل روشنایی تصویر که بین ۰ معادل مشکی و ۱۰۰ معادل انعکاس کامل نور است، می باشد.

باکتری های باکتری های تولید کننده H_2S (کلونی سیاه) ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ همبستگی معنی دار (p < ۰/۰۵) با زمان نگهداری داشتند. (r = ۰/۸۷۱)

آنالیز فیزیکوشیمیایی

تغییرات میزان pH ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ طی ۱۶ روز در جدول ۴ نشان داده شده است. میزان pH اولیه در ماهی کفال پشت سبز شکم خالی ۶/۸۷ بود. میزان pH ماهی شکم خالی طی نگهداری در یخ تا روز ۸ به طور معنی داری تغییر نداشت (p > ۰/۰۵). میزان pH از روز ۱۲ تا انتهای دوره نگهداری به طور معنی داری (p < ۰/۰۵) افزایش یافت. در بررسی حاضر با افزایش میزان بازهای ازته فرار در طول دوره انتظار چنین روندی برای pH انتظار می رفت. میزان pH ماهی کفال پشت سبز نگهداری شده در یخ همبستگی معنی دار (p < ۰/۰۵) با زمان نگهداری دارد (r = ۰/۸۳۵).

تغییرات میزان بازهای ازته فرار ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ طی ۱۶ روز در جدول ۴ نشان داده شده است. میزان بازهای ازته فرار ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ تا روز ۸ به طور معنی دار تغییر نداشتند (p > ۰/۰۵) ولی از روز ۱۲ میزان بازهای ازته فرار به طور معنی داری افزایش یافت (p < ۰/۰۵). بازهای ازته فرار ماهی کفال پشت سبز نگهداری شده در یخ همبستگی معنی دار با زمان نگهداری دارد (r = ۰/۷۷۸). میزان بازهای ازته فرار در ماهی کفال پشت سبز نگهداری شده در یخ (زمان نگهداری × ۳/۲۱۴ = میزان بازهای ازته فرار) به طور خطی افزایش یافت. طبق فرمول خطی بازهای ازته فرار، ماندگاری ماهی کفال پشت سبز نگهداری شده در یخ ۹ روز تخمین شده است.

تغییرات میزان تری متیل آمین ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ طی ۱۶ روز در جدول ۴ نشان داده شده است. میزان تری متیل آمین ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده طی نگهداری در یخ به طور معنی دار افزایش یافت (p < ۰/۰۵). متیل آمین اکساید (TMAO) تری متیل آمین ماهی کفال پشت سبز نگهداری شده در یخ همبستگی معنی دار با زمان نگهداری دارد (r = ۰/۸۸۰). میزان بازهای ازته فرار در ماهی کفال

جدول ۴: فاکتورهای فیزیوشیمیایی ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ

Table 4: Physicochemical parameters of gutted greenback grey mullet during storage at ice

فاکتورهای فیزیوشیمیایی	۰	۴	۸	۱۲	۱۶	r
TVBN	۵/۹۳ ^d ±۲/۰۹	۸/۸۶ ^{cd} ±۰/۶۸	۱۴/۵۰ ^c ±۲/۴۱	۲۵/۱۹ ^b ±۲/۹۱	۳۲/۶۶ ^a ±۱/۲۰	۰/۹۴۳*
TMA	۳/۵۸ ^c ±۰/۳۵	۴/۰۷ ^c ±۰/۷۳	۵/۶۳ ^c ±۱/۵۴	۹/۴۴ ^b ±۱/۱۷	۱۶/۰۰ ^a ±۱/۱۵	۰/۸۸۰*
pH	۶/۸۷ ^c ±۰/۰۱	۶/۹۰ ^{bc} ±۰/۰۵	۶/۹۳ ^{bc} ±۰/۰۵	۷/۰۴ ^b ±۰/۰۶	۷/۲۶ ^a ±۰/۰۲	۰/۸۳۵*
TBA	۰/۶۶ ^d ±۰/۱۱	۰/۹۴ ^c ±۰/۰۴	۱/۰۶ ^{bc} ±۰/۰۲	۱/۱۷ ^b ±۰/۰۲	۱/۹۳ ^a ±۰/۰۳	۰/۹۰۴*
FFA	۱/۰۵ ^e ±۰/۰۱	۳/۰۶ ^d ±۰/۴۱	۴/۱۵ ^c ±۰/۰۸	۶/۰۹ ^b ±۰/۰۷	۸/۴۱ ^a ±۰/۱۲	۰/۹۸۷*

حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار طی دوره نگهداری می‌باشد ($p < 0.05$).

* نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار

شدت رنگ (H_{ab}^0) برای همه نمونه‌ها در روز صفر ۰/۷۵ بود.

همبستگی بین آنالیزهای حسی، باکتریولوژیکی، فیزیوشیمیایی و رنگ سنجی

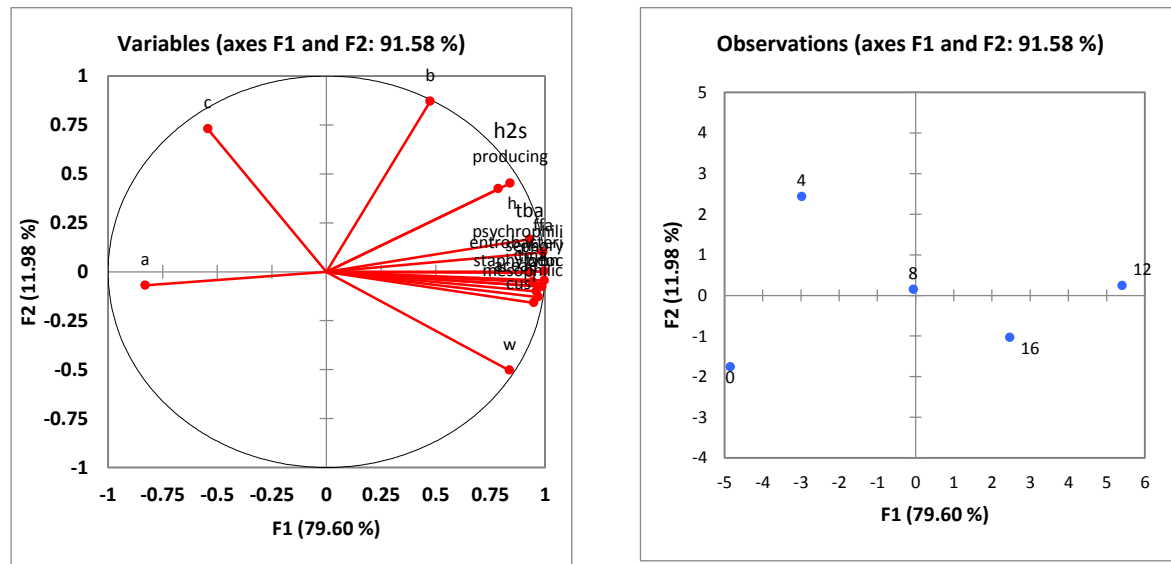
در ارزشیابی حسی مواد خوراکی، تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) راهی برای تجسم ارتباط بین پارامترهای کیفی ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ و صفات حسی آن فراهم می‌کند. در واقع، برای ایجاد منظره ساده شده‌ای از مجموعه داده‌های چند بعدی بکار می‌رود. مجموعه داده‌ها با توجه به همبستگی متغیرهای اصلی به داده‌های کوچکتری تبدیل می‌شوند. در نتیجه، مولفه‌های اصلی شکل می‌گیرند. بیشترین مقدار واریانس داده‌ها در مولفه اصلی ۱ (PCA1) و سپس بترتیب در PCA2، PCA3 و ... جای می‌گیرند (شکل ۲-ا). مولفه‌های اصلی با هم همبستگی ندارند. پارامترها شامل ویژگی‌های مورد استفاده پروتوکل روش شاخص کیفی (بافت، بو و رنگ) همچنین باکتری‌های مزوفیل، باکتری‌های سرما دوست، بازهای از ته فرار، pH، تری متیل آمین، تیوباربتوریک اسید، اسیدهای چرب آزاد و رنگ‌سنجی بود. در تحلیل مولفه‌ها، تنها دو مولفه با مقدار ۹۱/۵۸ درصد استفاده شد و اولین مولفه‌های اصلی (PC1) ۷۹/۶۰ درصد است، در حالیکه دومین مولفه‌های اصلی (PC2) ۱۱/۹۸ درصد تغییرات در پارامترهای کیفی به عنوان یک تابع زمان نگهداری بود. نخستین مولفه‌های اصلی استخراج شده، بیشترین مقدار پراکندگی داده‌ها را در کل مجموعه داده‌ها در نظر می‌گیرد. این امر بدان معناست که نخستین مولفه، حداقل با تعدادی از متغیرها همبسته است.

از a^* و b^* برای تغییر مقادیر هیو (H^*) (معرف شدت رنگ) و کروما (C_{ab}) (معرف غلظت رنگ)، استفاده گردید. جدول ۵ شاخص a^* (میزان قرمزی به سبزی) تیمارهای مختلف ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ طی دوره نگهداری ۱۶ روز را نشان می‌دهد. میزان اولیه a^* ، در روز صفر ۱۳/۰۳ بود. با افزایش دوره نگهداری میزان قرمزی تیمارهای مختلف ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ طی دوره نگهداری کاهش یافت ($p < 0.05$). جدول ۵ شاخص b^* (تغییرات پارامتر زردی به آبی) تیمارهای مختلف ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ طی دوره نگهداری ۱۶ روز را نشان می‌دهد. میزان پارامتر b^* با افزایش زمان نگهداری افزایش یافت ($p < 0.05$). میزان اولیه b^* در روز صفر ۱۲/۴۸ بود. جدول ۵ تغییرات پارامتر روشنایی L^* ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ طی دوره ۱۶ روز را نشان می‌دهد. میزان روشنایی با افزایش دوره‌ی نگهداری افزایش یافت ($p < 0.05$). پارامتر L^* در روز صفر ۴۵/۶۹ بود. جدول ۵ تغییرات غلظت رنگ یا شاخص کروما (C_{ab}) تیمارهای مختلف ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ طی دوره نگهداری ۱۶ روز را نشان می‌دهد. میزان شاخص کروما ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ طی دوره نگهداری کاهش یافت ($p < 0.05$). شاخص کروما در روز صفر ۱۸/۰۴ بود. جدول ۵ میزان تغییرات هیو (H_{ab}^0) ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ طی دوره نگهداری ۱۶ روز را ارائه می‌دهد. میزان شدت رنگ (H_{ab}^0) ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ افزایش یافت ($p < 0.05$). میزان

جدول ۵: تغییرات پارامترهای رنگ سنجی ماهی کفال پشت سبز (*Chelon subviridis*) شکم خالی نگهداری شده در یخ به مدت ۱۶ روز
Table 5: Guttled greenback grey mullet (*Chelon subviridis*) color parameters changes during storage on ice for 16 days

r	زمان نگهداری (روز)					تیمارها
	۱۶	۱۲	۸	۴	۰	
۰/۷۸۴*	۷/۳۵±۰/۰۸ ^b	۸/۶۸±۰/۰۶ ^b	۶/۸۶±۰/۰۶ ^b	۱۱/۵۸±۰/۰۹ ^a	۱۲/۰۲±۰/۰۴ ^a	a*
۰/۴۶۱	۱۶/۸۵±۰/۰۵۶ ^{ab}	۱۵/۲۹±۰/۰۶ ^b	۱۵/۲۹±۰/۰۶ ^b	۱۷/۵۷±۱/۲۴ ^a	۱۲/۴۸±۰/۰۵۲ ^c	b*
۰/۸۲۶*	۵۴/۳۷±۲/۰۷ ^a	۵۴/۴۵±۰/۰۵۲ ^a	۴۸/۷۳±۰/۰۹ ^b	۴۶/۶۹±۱/۷۴ ^b	۴۵/۶۹±۱/۶۲ ^b	L*
۰/۳۷۵	۱۷/۳۴±۱/۴۷ ^b	۱۶/۶۳±۰/۳۱ ^b	۱۶/۷۷±۰/۳۱ ^b	۲۱/۰۴±۱/۵۸ ^a	۱۸/۰۴±۰/۷۱ ^a	C _{ab}
۰/۷۸۴*	۱/۱۵±۰/۰۱ ^a	۱/۰۱±۰/۰۳ ^b	۱/۱۴±۰/۰۳ ^a	۰/۹۸±۰/۰۰ ^b	۰/۷۵±۰/۰۰ ^c	H ⁰ _{ab}
۰/۵۹۰*	۵۱/۱۰±۱/۴۷ ^a	۵۱/۵۱±۰/۰۶ ^a	۴۶/۰۴±۱/۰۵ ^{ab}	۴۲/۶۷±۲/۲۱ ^b	۴۵/۷۵±۴/۱۸ ^{ab}	سفیدی

حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار طی دوره نگهداری در هر تیمار می باشد (P<۰/۰۵).



شکل ۲: تحلیل مولفه های اصلی (PCA) مطالعه پارامترهای کیفی ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ: (a) پارامترها شاخص کیفی شامل: ویژگی های حسی، رنگ سنجی، باکتری مزوفیل، باکتری سرمادوست، باکتری انتروباکتریاسه، باکتری استفیلوکوکوس، باکتری تولید کننده H₂S، بازهای ازته فرار، تری متیل آمین، pH، تیوباربتوریک اسید، اسیدهای چرب آزاد (b) = ۰ روز، ۴ روز، ۸ روز، ۱۲ روز، ۱۶ روز.

Fig. 2. Principal Component Analysis (PCA) of the study quality parameters of gutted Greenback grey mullet (*Chelon subviridis*) stored on ice: (a) the parameters of the quality index as follows: sensory, colorimeter, mesophilic bacteria, psychrotrophic bacteria, *Staphylococcus* bacteria, *Enterobacteriaceae* bacteria and H₂S- producing bacteria, TVBN, TMA, pH, TBA, FFA (b) 0= day 0, 4= day 4, 8= day 8, 12= day 12 and 16= day 16.

(۰/۹۴۱)، باکتری سرمادوست (۰/۹۹۶)، باکتری انتروباکتریاسه (۰/۹۲۵)، باکتری استفیلوکوکوس (۰/۹۴۸)، باکتری تولید کننده H₂S (۰/۷۰۸)، بازهای ازته فرار (۰/۹۷۶)، pH (۰/۸۶۸)، تیوباربتوریک اسید (۰/۸۶۷)، اسیدهای چرب آزاد (۰/۹۸۴)، رنگ سنجی (۰/۹۰۳ - ۰/۵۳۲)، حسی (۰/۹۹۴) است.

شکل (شکل ۲-b)؛ تشکیل ۴ گروه نمونه ها را نشان می دهد. نمونه های ذخیره شده در روز صفر، در بخش یک

دومین مولفه اصلی استخراج شده، دو ویژگی مهم دارد. این مولفه بیشترین واریانس مجموعه داده هایی که توسط مولفه های اصلی اول محاسبه نشده است را در بر می گیرد. یعنی دومین مولفه با تعدادی از متغیرهای مشاهده شده که همبستگی بالایی با جزء اول ندارند، همبسته است. ویژگی دیگر این است که مولفه دوم با مولفه اول همبستگی ندارد. همبستگی بین دو مولفه صفر است. پارامترها با مولفه های اصلی شامل باکتری مزوفیل

کیفیت (QI) نشان داده می‌شود. امتیازات بدست آمده بوسیله گروه آموزش دیده نشان داد که ویژگی‌های حسی ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ در روز ۱۲ و ۱۶ مشابه است. در روز ۱۲ و ۱۶، شمارش باکتری‌ها در ماهی کفال پشت سبز شکم خالی بیشتر از $7 \log_{10}$ CFU/g بود (ICMSF, 1986) که بالاتر از محدوده پیشنهادی در ماهی خام است.

میزان بار باکتریایی در ماهی تازه برابر با 10^2 CFU/g- 10^6 می‌باشد (Erkan and Özden, 2006). pH گوشت ماهیان به دلیل میزان پایین کربوهیدرات و اسیدلاکتیک ناچیزی که در اثر جمود نعشی تولید می‌شود، معمولاً بالاتر از ۶ است که در رشد باکتری‌های عامل فساد از عوامل تأثیرگذار می‌باشد. از سوی دیگر، وجود ترکیبات نیتروژنی غیر پروتئینی مانند اسیدهای آمینه آزاد و نوکلئوتیدها، ماهیان را به بستر مناسبی برای رشد میکروارگانیسم‌ها تبدیل می‌کند (Gram and Hussa, 1996). افزایش میزان بار باکتریایی کل لزوماً به معنای فساد بالا نیست و برای ارزیابی دقیق‌تر میزان فساد نیاز به توصیف گسترده‌تر فلور باکتریایی می‌باشد (Hansen et al., 2009). باکتری‌های سرمادوست گرم منفی مثل سودوموناس‌ها^۱، آلتروموناس‌ها^۲، شوانلاها^۳ و فلاووباکترها^۴ بیشترین گروه میکروارگانیسم‌های عامل فساد ماهی و فراورده‌های آن در شرایط نگهداری هواری در دماهای سرد می‌باشند (Gram and Huss, 1996; Chytiri et al., 2004; Sallam, 2007). میزان بار باکتری‌های مزوفیل، سرمادوست، استافیلوکوکوس، انتروباکتریاسه و باکتری‌های تولید کننده H_2S در ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ با گذشت زمان نگهداری افزایش یافت.

تغییرات در میزان بازهای ازته فرار، pH، تیوباربتوریک اسید و اسیدهای چرب آزاد ماهی کفال پشت سبز کامل و شکم خالی طی نگهداری در یخ و یخچال در جدول ۴ مشاهده می‌شود. میزان pH اولیه ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در سرما، ۶/۸۷ بود که با نتایج بدست‌آمده توسط Cai و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد.

چهارم PC1 و PC2 منفی قرار داشت. بنابراین، نشانگر تازه بودن محصول می‌باشد. نمونه ذخیره شده در روز ۴ و ۸ در یک چهارم PC1 منفی و یک چهارم PC2 مثبت قرار داشت. بنابراین، نسبت به حالت قبلی متفاوت است و نشانگر کاهش تازگی است. نمونه‌های ذخیره شده در روز ۱۲ در یک چهارم PC1 مثبت و یک چهارم PC2 مثبت قرار داشت. نهایتاً، نمونه‌های ذخیره شده در روز ۱۶ در یک چهارم PC1 مثبت و یک چهارم PC2 منفی قرار داشت که نشان‌دهنده تفاوت آنها از سایر نمونه‌های ماهی است.

بحث

مصرف‌کنندگان ماهی، معمولاً با توجه به بو و ظاهر ماهی تازگی آن را ارزیابی می‌کنند. به طور سنتی، عوامل مختلفی جهت تعیین تازگی ماهی استفاده می‌شوند، از جمله رنگ و درخشش آبشش، رنگ پوست و بافت، رنگ و میزان موکوس، بو و بافت گوشت که با چشم بررسی می‌شوند (Gómez-Sala et al., 2016). به طور کلی، بوی بد عامل اصلی کاهش پذیرش ماهی است که به دلیل افزایش میزان نیتروژن غیر پروتئینی، میزان بالای چربی و آنزیم‌های اتولیتیک در بافت ماهی است. بوی ضعیف ناشی از اکسیداسیون لیپید و آمونیاک حاصل از فعالیت میکروبی و آنزیمی می‌تواند بر بوی فساد ماهی در طول زمان نگهداری تأثیر داشته باشد. به طور گسترده، ترکیبات حاصل از اکسیداسیون چربی مهم‌ترین عامل در ایجاد بو و طعم بد است. اندازه‌گیری ترکیبات حاصل از تخریب نوکلئوتید نیز می‌تواند برای تشخیص تازگی ماهی استفاده شود (Gokoglu et al., 2012). روش شاخص کیفی بر اساس فرآیند فساد و از دست دادن تازگی است و امتیازات منفی در رابطه با صفات ظاهری ماهی از جمله سطح بدن، چشم‌ها، شکم و بافت را نشان می‌دهد (Lanzarin et al., 2016). بنابراین، روش شاخص کیفی یکی از روش‌های خوب جهت تشخیص تازگی ماهی کفال پشت سبز کامل و شکم خالی طی نگهداری در سرما می‌باشد. همبستگی خطی معنی‌دار بین شاخص کیفی و زمان نگهداری در سرما می‌تواند برای پیش‌بینی ماندگاری ماهی استفاده شود (Lanzarin et al., 2016; Botta, 1995). مجموعه امتیازات بدست‌آمده برای ویژگی‌های حسی ماهی کفال پشت سبز شکم خالی شده طی نگهداری در یخ با شاخص

1. *Pseudomonas* spp.

2. *Alteromonas* spp.

3. *Shewanella* spp.

4. *Flavobacterium* spp.

طی دوره نگهداری به طور معنی‌داری افزایش نشان داد. حداکثر میزان قابل قبول تیوباربیتوریک اسید برای کیفیت مطلوب ماهی (منجمد، یخچال‌گذاری شده یا نگهداری شده در یخ) ۵ میلی‌گرم مالون آلدئید اکیوالان بر کیلوگرم نمونه است در حالیکه تا ۸ میلی‌گرم مالون آلدئید اکیوالان بر کیلوگرم نمونه نیز قابل مصرف است (Sallam, 2007). میزان تیوباربیتوریک اسید در نمونه‌های نگهداری شده در یخ در طول نگهداری کمتر از حد مجاز بود. ظاهر فرآورده‌های غذایی، از نظر ظاهر و همچنین قابلیت دست یابی، پارامتر مهمی برای مصرف کننده است. رنگ بر ساختار بافت و نیز بر غلظت رنگدانه اثر می‌گذارد (Ginés *et al.*, 2004). افت رنگ طی دوره نگهداری ممکن است با اکسیداسیون لیپیدها، اکسیداسیون پروتئین‌های هموگلوبین و میوگلوبین، فعالیت‌های غیر آنزیمی بین تولیدات حاصل از اکسیداسیون لیپید و گروه‌های آمینی پروتئین و فساد میکروبی مرتبط باشد (Siripatrawan and Noipha, 2012).

به طور کلی، نتایج ارزیابی حسی نشان داد که بهترین کیفیت ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ را تا ۱۲ روز نشان داد. همچنین ماندگاری میکروبی ماهی کفال پشت سبز شکم خالی نگهداری شده در یخ را ۱۲ روز تخمین زد.

منابع

حسینی، ا.، نوری موگهی، م.ح.، نجف زاده ورزی، ح.، فضل آرا، ع.، رجب زاده قطرمی، ا.، بیتا، س. و مرادیان، ح. ۱۳۸۹. تعیین میزان تری متیل آمین و ارتباط آن با بار میکروبی در بافت عضله ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) نگهداری شده در یخ. مجله شیلات. شال چهارم، شماره ۱. ۴: ۵۶-۴۷.

زارع گشتی، ق.، مطلبی، ع.، مرادی، ی.، خانی پور، ا.ا.، مشائی، ن.، جلیلی، س.ح.، سیف زاده، م.، رفیع پور، ف. و لکزایی، ف.، ۱۳۹۳. بررسی اندازه گیری تازگی ماهی تیلایپا با استفاده از روش Quality Index Method (QIM). مجله علمی شیلات ایران، ۲۳: ۷۹-۶۹.

سیف زاده، م.، خانی پور، ا.ا. و مرادی، ی.، ۱۳۹۴. تاثیر غلظت هگزیل رزوسینول بر تغییرات شیمیایی،

اما بالاتر از میزانی است که در کفال طلایی (*Liza aurata*) توسط Bahmani و همکاران (۲۰۱۱) گزارش شده است. پایین بودن pH در روزهای اول احتمالاً به دلیل افزایش میزان گلوکز پس از مرگ است. میزان pH ماهی کفال پشت سبز شکم خالی طی دوره نگهداری به طور معنی‌داری افزایش نشان داد. افزایش pH با گذشت زمان نگهداری را می‌توان به فعالیت آنزیم‌های اتولیتیک و باکتری‌های پروتئولیتیک فاسد کننده ماهی نسبت داد (Kilincceker *et al.*, 2009). میزان TVBN ماهی کفال پشت سبز شکم خالی طی دوره نگهداری به طور معنی‌داری افزایش نشان داد. از آنجایی که حضور باکتری‌ها در گوشت منجر به اتولیز پروتئین‌ها و تجزیه آنها (El-Deen and El-Shamery, 2010)، شکستن ترکیباتی از جمله تری متیل آمین اکسیدها، پپتیدها، آمینواسیدها و غیره می‌شود (Gram and Huss, 1996) مقادیر بیشتر بار باکتریایی مشاهده شده در نمونه‌ها می‌تواند توجیهی برای افزایش میزان بازهای نیتروژنی در آنها باشد (Mohan *et al.*, 2012). میزان ۳۰ میلی گرم نیتروژن به ازای ۱۰۰ گرم نمونه گوشت (Connell, 1990) به عنوان حداکثر میزان قابل قبول بازهای ازته فرار در گوشت آبزیان پیشنهاد شده است. در این مطالعه، میزان بازهای ازته فرار در نمونه‌ها پایین تر از حد مجاز بود که نشانگر کیفیت خوب ماهی کفال پشت سبز نگهداری شده در یخ طی نگهداری بود. میزان TMA ماهی کفال پشت سبز شکم خالی طی دوره نگهداری به طور معنی‌داری افزایش نشان داد. بخشی از ترکیبات بازی فرار است که از تجزیه تری متیل آمین اکساید موجود در گوشت ماهیان توسط فعالیت آنزیمی باکتریایی تولید می‌شود (Connell, 1990). Regenstein (۱۹۹۱)، مقدار مجاز تری متیل آمین را ۸-۶ میلی گرم تری متیل آمین در ۱۰۰ گرم نمونه برای ماهی عنوان کرد، در حالیکه Teskerdzic و Pifeifer (۱۹۸۷) مقدار ۱۰ میلی گرم تری متیل آمین در ۱۰۰ گرم نمونه را به عنوان حد مجاز این شاخص برای ماهی پیشنهاد کردند. در بررسی حاضر میزان تری متیل آمین ماهی کفال پشت سبز تا روز ۹، پایین تر از حد مجاز بود. افزایش میزان تری متیل آمین با بار باکتری‌ها بخصوص باکتریهای سرمادوست رابطه‌ای مستقیم دارد (حسینی، ۱۳۸۹). میزان TBA و FFA ماهی کفال پشت سبز شکم خالی

- Chemistry*, 160: 82-89. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.03.093
- Chytiri, S., Chouliara, I., Savvaidis, I.N. and Kontominas, M.G., 2004.** Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. *Food Microbiology*, 21: 157-165. DOI: 10.1016/S0740-0020(03)00059-5
- Connell, J.J., 1990.** Methods of assessing and selecting for quality. In: Connell JJ (ed) Control of fish quality. Fishing News Books, Oxford, pp 122–150.
- El-Deen, G. and El-Shamery, M.R., 2010.** Studies on contamination and quality of fresh fish meats during storage. *Academic Journal of Biological Science*, 2: 65-74.
- Erkan, N. and Özden, Ö., 2006.** Gutted and un-gutted sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice: Influence on fish quality and shelf-life. *International Journal of Food Properties*, 9: 331-345. DOI: 10.1080/10942910600596373
- Ginés, R., Valimrsdottir, T., Sveinsdottir, K., and Thorarensen, H., 2004.** Effects of rearing temperature and strain on sensory characteristics, texture, colour and fat of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Food Quality and Preference*, 15: 177- 185. DOI: 10.1016/S0950-3293(03)00056-9
- Gokoglu, N., Yerlikaya, P., Topuz, O.K. and Buyukbenli, H.A., 2012.** Effects of plant extracts on lipid oxidation in fish croquette during frozen storage. *Food Science and Biotechnology*, 21: 1641-1645. DOI: 10.1007/s10068-012-0218-7
- Gómez-Sala, B., Herranz, C., Díaz-Freitas, B., Hernández, P. E., Sala, A. and Cintas, L. M., 2016.** Strategies to increase the hygienic and economic value of fresh fish: باکتریایی، حسی و مدت زمان نگهداری میگوی سفید غربی پرورشی (*Litopenaeus vannamei*) منجمد. مجله علمی شیلات، ۲۴ (۴): ۱۹۵-۲۰۸.
- Andrade, S.C.S., Mársico, E.T., Franco, R.M., Mano, S.B., Conte jr, C.A., Freitas, M.Q. and Cruz, A.G., 2015.** Effect of storage temperature at the quality index methods scheme and shelf life study of mullet (*Mugil platanus*). *Journal of Food Quality*, 38:60-70. DOI: 10.1111/jfq.12123
- AOAC., 1995.** Official methods of analysis (14th ED). Washington, DC: Association of Official analytical chemist.
- Bahmani, Z.A., Rezai, M., Hosseini, S.V., Rogenstein, J.M., Böhme, K., Alishahi, A. and Yadollahi, F., 2011.** Chilled storage of golden gray mullet (*Liza auratus*). *LWT- Food Science and Technology*, 44: 1894-1900. DOI: 10.1016/j.lwt.2011.01.009
- Borges, A., Teixeira, M. S., Freitas, M.Q., Franco, R.M., Marsico, E.T. and São Clemente, S.C., 2007.** Qualidade da corvina (*Micropogonias furnieri*) eviscerada em diferentes períodos de estocagem a 0°C. *Revista Ciência Rural*, 37: 259-264. DOI: 10.1590/S0103-84782007000100042
- Botta, J.R., 1995.** Sensory evaluation: Freshness quality grading. In Botta, J. R., (ed.) Evaluation of seafood freshness quality. New York: VCH. pp. 65-97.
- Cai, L., Wu, X., Dong, Z., Li, X., Yi, S. and L, J., 2014.** Physicochemical responses and quality changes of red sea bream (*Pagrosomus major*) to gum arabic coating enriched with ergothioneine treatment during refrigerated storage. *Food*

- Biopreservation using lactic acid bacteria of marine origin. *International Journal of Food Microbiology*, 223: 41-49. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2016.02.005
- Goulas, A.E. and Kontominas, M.G., 2005.** Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): Biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry*, 93: 511–520. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.09.040
- Gram, L. and Huss, H., 1996.** Microbiological spoilage of fish and fish products. *Food Microbiology*, 33: 121-137. DOI: 10.1016/0168-1605(96)01134-8
- Hansen, A. Å., Mørkøre, T., Rudi, K., Langsrud, Ø. and Eie, T., 2009.** The combined effect of superchilling and modified atmosphere packaging using CO₂ emitter on quality during chilled storage of pre-rigor salmon fillets (*Salmo salar*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89: 1625–1633. DOI: 10.1002/jsfa.3599
- Huidobro, A., Pastor, A. and Tejada, M., 2000.** Quality index method developed for raw gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Journal of Food Science*, 65: 1202-1205. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2000.tb10265.x
- ICMSF., 1986.** Microorganisms in foods. The international commission on microbiological specifications for foods of the international union of biological societies. Oxford: Blachwell Scientific Publications.
- ISO., 1993.** Sensory analysis—general guidance for the selection, training and monitoring of assessors. Part 1: Selected assessors, 8586-1. Genf, Switzerland: The International Organization for Standardization. pp. 1-10.
- Kilinceker, O., Dogan, I.S. and Kucukoner, E., 2009.** Effect of edible coatings on the quality of frozen fish fillets. *LWT - Food Science and Technology*, 42: 868–873. DOI: 10.1016/j.lwt.2008.11.003
- Lanzarin, M., Ritter, D.O., Novaes, S.F., Monteiro, M.L.G., Almeida Filho, E.S., Mársico, E.T., Franco, R.M., Conte Jr, C.A. and Freitas, M.Q., 2016.** Quality Index Method (QIM) for ice stored gutted Amazonian Pintado (*Pseudoplatystoma fasciatum* × *Leiarius marmoratus*) and estimation of shelf life. *LWT- Food Science and Technology*, 65:363-370. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.08.019
- Mohan, C.O., Ravishankar, C.N., Lalitha, K.V. and Srinivasa Gopal, T.K., 2012.** Effect of chitosan edible coating on the quality of double filleted Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*) during chilled storage. *Food Hydrocolloids*, 26: 167–174. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2011.05.005
- Özyurt, G., Kuley, E., Özkütük, S. and Özogul, F., 2009.** Sensory, microbiological and chemical assessment of the freshness of red mullet (*Mullus barbatus*) and goldband goatfish (*Upeneus moluccensis*) during storage in ice. *Food Chemistry*, 114: 505-510. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.09.078
- Regenstein, J.M., 1991.** Introduction to Fish Technology. Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 19-20.
- Ritter, D.O., Lanzarin, M., Novaes, S.F., Monteiro, M.L.G., Almeida Filho, E.S., Mársico, E.T., Franco, R.M., Conte-Junior, C.A. and Freitas, M.Q., 2016.** Quality Index Method (QIM) of gutted ice-

- stored hybrid tambatinga (*Colossoma macropomus* × *Piaractus brachypomum*) and study of shelf life. *LWT-Food Science and Technology*, 67: 55-61. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.10.041
- Sallam, K.I., 2007.** Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. *Food Control*, 18: 566-575. DOI: 10.1016/j.foodcont.2006.02.002
- Sant'Ana, L.S., Soares, S. and Vaz-Pires, P., 2011.** Development of a quality index method (QIM) sensory scheme and study of shelf-life of ice-stored blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo*). *LWT -Food Science and Technology*, 44: 2253-2259. DOI: 10.1016/j.lwt.2011.07.004
- Sharifian, S., Zakipour, E., Mortazavi, M.S. and Arshadi, A., 2011.** Quality assessment of tiger tooth croaker (*Otolithes ruber*) during ice storage. *International Journal of Food Properties*, 14: 309-318. DOI: 10.1080/10942910903177822
- Siripatrawan, U. and Noipha, S., 2012.** Active film from chitosan incorporating green tea extract for shelf life extension of pork sausages. *Food Hydrocolloids*, 27: 102-108. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2011.08.011
- Suvanich, V., Jahncke, M.L. and Marshall, D.L., 2000.** Changes selected chemical quality characteristics of channel catfish frame mince during chill and frozen storage. *Food Science*, 65: 24-29. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2000.tb15950.x
- Teskeredzic, Z. and Pfeifer, K., 1987.** Determining the degree of freshness of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) cultured in brackish water. *Journal of Food Science*, 52: 1101-1102. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1987.tb14286.x
- Woyewoda, A.D., Shaw, S.J., Ke, P.J. and Burns, B.G. 1986.** Recommended laboratory methods for assessment of fish quality. Canadian Technical Report of Fish and Aquatic Science. 1448P.

Application of quality index method for determination of shelf life of gutted greenback grey mullet (*Chelon subviridis*) stored at ice

Ghani Kuvei F.¹, Khodanazary A.^{1*}, Zamani I.²

*khodanazary@yahoo.com

1-Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology

2-Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science, Khorramshahr University of Marine Science and Technology

Abstract

The objective of this study was to evaluate the freshness of gutted greenback grey mullet *Chelon subviridis* stored on ice up to 18 days. Changes during storage were observed with sensory evaluation (Quality Index Methode QIM), pH, total volatile basic nitrogen (TVB-N), trimethylamine nitrogen (TMA-N), thiobarbitonic acid (TBA), free fatty acid (FFA), color and microbiological analyses (mesophilic, psychrotrophic, *Staphylococcus*, *Enterobacteriaceae* and H₂S- producing bacteria counts). The maximum shelf life of gutted greenback grey mullet stored in ice was determined with loss of freshness (sensorial, physico-chemical, color and microbiological evaluations). High correlation $r^2= 0.922$ between Quality Index (QI) and storage time was verified. QI ranged from zero (maximum freshness) to 15 (total loss of freshness) and reached the acceptable limit for consumption (QI=12.66), which corresponds to a period of 12 days. QI showed a linear relationship to storage time (QIM= 8.00× storage time-9.733, $R^2= 0.990$), and the remaining storage time could be estimated with an accuracy of ± 3 days. The microbiological results showed an increase of mesophilic, psychrotrophic, *Staphylococcus*, *Enterobacteriaceae* and H₂S- producing bacteria counts along the storage time. TVB-N ranged from 5.93 to 32.66 mg N/ 100g, TMA-N from 3.58 to 16.00 mg N/100g, pH from 6.87 to 7.26, TBA from 0.66 to 1.93 and FFA from 1.05 to 8.41 in the first and 16th day of storage, respectively. It is suggested that gutted greenback grey mullet has to be fresh and acceptable for consumption by cooling up to 12 days.

Keywords: *Chelon subviridis*, Quality index method, Ice

*Corresponding author