



ORIGINAL RESEARCH PAPER

The effects of chitosan-nanoclay nanocomposite coatings on the quality properties of rainbow trout during storage at refrigerator

Maryam Javadifard¹, Ainaz Khodanazary^{1,2}, Seyyed Mehdi Hosseini¹

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

² Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2025/05/22

Revised: 2026/05/4

Accepted: 2026/03/6

Keywords:

Chitosan,
Nanoclay,
Shelf life,
Rainbow trout.

*Corresponding author:

✉ khodanazary@yahoo.com

Doi: [10.52547/joc.16.64.6](https://doi.org/10.52547/joc.16.64.6)

ORID: [0000-0001-8960-7324](https://orcid.org/0000-0001-8960-7324)



ABSTRACT

Background and Objectives: The objective of this study was to estimate the effects of chitosan (CH) coating in combination with montmorillonite (MMT) on the bacterial (total viable count (TVC) and psychrotrophic (PTC) bacteria), biochemical properties (total volatile bases- nitrogen (TVB-N), pH and thiobarbituric acid (TBA)) and sensory assessment of the rainbow trout fillets during refrigeration storage (4 ± 1 °C).

Methods: The fillets were randomly divided into three groups including control, CH and CH-MMT, then stored at 4 °C.

Findings: Corresponding maximum levels of TVC were 8.17, 7.42, and 6.40 log₁₀ cfu/g in control, CH, and CH-MMT, samples, respectively, while maximum levels of PTC were 9.00, 8.00, and 7.00 log₁₀ cfu/g in control, CH, CH-MMT samples, respectively. We conclude that MMT demonstrate a synergistic effect in retarding of bacterial growth when used in combination with CH. These results confirmed that the MMT can be acted as an efficient antibacterial factor for increasing the antibacterial activity of CH. The coated samples retarded the increase in the contents of TVB-N, pH, and TBA during storage. Therefore, the application of MMT cannot prevent the fillets from lipid oxidation. According to the obtained results, it can be concluded that the MMT is lack of antioxidant properties.

Conclusion: All the results proved that incorporation of MMT and CH into the material coating were of significantly higher quality throughout storage.



NUMBER OF TABLES

5



NUMBER OF FIGURES

1



NUMBER OF REFERENCES

27

مقاله پژوهشی

تاثیر پوشش های کیتوزان-نانورس بر خواص کیفی ماهی قزل آلی رنگین کمان طی نگهداری در یخچال

مریم جوادی فرد^۱، آئی ناز خدانظری*^۲، سید مهدی حسینی^۱^۱گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.^۲گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۳/۱
 تاریخ بازبینی: ۱۴۰۵/۲/۱۴
 تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۱۵

چکیده

پیشینه و اهداف: هدف از این مطالعه، برآورد اثرات پوشش کیتوزان در ترکیب با نانورس بر تعداد باکتری کل و باکتری های سرمادوست، خواص بیوشیمیایی (بازهای ازته فرار، pH، تیوباربیتوریک اسید و شاخص پراکسید) و ارزیابی حسی فیله ماهی قزل آلی رنگین کمان طی نگهداری در یخچال بود.

روش‌ها: فیله‌ها به طور تصادفی به ۳ گروه شامل شاهد، کیتوزان و کیتوزان-نانورس تقسیم بندی شد سپس در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شد.

یافته‌ها: حداکثر سطوح مربوط به تعداد باکتریهای کل در نمونه های شاهد، کیتوزان، کیتوزان-نانورس به ترتیب ۸/۱۷، ۷/۴۲ و ۶/۴۰ log₁₀ cfu/g بود، در حالی که حداکثر سطوح باکتری های سرمادوست در نمونه های شاهد، کیتوزان، کیتوزان-نانورس به ترتیب ۹/۰۰، ۸/۰۰ و ۷/۰۰ log₁₀ cfu/g بود ما نتیجه گرفتیم که نانورس در ترکیب با کیتوزان دارای اثر هم افزایی در کند کردن رشد باکتریایی داشتند. این نتایج تایید می کنند که نانورس می تواند به عنوان یک فاکتور آنتی باکتریایی موثر برای افزایش فعالیت آنتی باکتریایی کیتوزان فعالیت داشته باشد. نمونه های پوشش داده شده، افزایش میزان بازهای ازته فرار، pH، تیوباربیتوریک اسید و پراکسید را طی نگهداری به تاخیر انداختند. با توجه به نتایج به دست آمده می توان نتیجه گرفت که نانورس فاقد خاصیت آنتی اکسیدانی می باشد.

نتیجه گیری: نتایج ثابت کردند که ادغام مونتموریلونیت و اسید گالیک داخل مواد پوشش کیفیت معنی داری بالایی در طول ذخیره سازی داشت.

واژگان کلیدی:

کیتوزان،
 نانورس،
 ماندگاری،
 قزل آلی رنگین کمان .

*نویسنده مسئول

✉ khodanazary@yahoo.com

Doi: 10.52547/joc.16.64.6

ORID: 0000-0001-8960-7324

مقدمه

رخ می دهد. مجموع نمرات تمام ویژگی ها با شاخص کیفیت (QI^۲) مطابقت دارد. در صنعت غذاهای دریایی، QIM به دلیل مزایایی مانند حفظ یکپارچگی نمونه و تخمین مدت زمانی که غذای دریایی ذخیره شده در زمان سرد شدن برای مصرف مناسب است، با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است [۴]. با توجه به استانداردهای کیفی و شاخص های فساد هر گونه، طرح های جداگانه ای برای گونه های مختلف ماهی وجود دارد. اطلاعاتی در مورد روش شاخص کیفیت (QIM) از طریق ارزیابی حسی و ماندگاری کفال خاکستری پشت سبز ذخیره شده در یخ در مطالعات گذشته موجود نیست. Andrade و همکاران (۲۰۱۵) [۵] و Özyurt و همکاران (۲۰۰۹) [۶] ارزیابی کیفیت قابل اجرا برای کفال (*Mugil platanus*) و کفال قرمز (*Mullus barbatus*) را به ترتیب با استفاده از QI مورد تحقیق قرار دادند. با توجه به اهمیت تجاری ماهیان دریایی در ایران، هدف از این مطالعه توسعه روش شاخص کیفیت (QIM) برای ارزیابی کیفیت حسی ماهی کفال خاکستری کامل طی نگهداری در یخ با تغییرات فیزیکیوشیمیایی، میکروبیولوژیکی و رنگی بود.

روش پژوهش

آماده سازی و شرایط نگهداری ماهی

در این تحقیق، ماهی کفال پشت سبز به صورت تازه از بازارچه ماهی فروشان مرکزی شهرستان آبادان در زمستان ۱۳۹۶ تهیه گردید. نمونه های ماهی و یخ به نسبت ۱ به ۲ (وزنی/وزنی) با جعبه های یونولیتی فورا به آزمایشگاه فرآوری واقع در دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر منتقل گردیدند. سپس به صورت تصادفی میانگین وزنی ۴۵/۸ گرم و میانگین طول کل ۱۵/۷۵ سانتی متر اندازه گیری شدند. سپس با آب شهری شستشوی اولیه صورت گرفت و مجدداً با آب مقطر نمونه ها شستشو شدند. ماهی به شکل کامل و بدون تخلیه امعا و احشا به میزان ۲۰۰ گرم درون هر کیسه زیپ دار و در مجموع ۴ کیلوگرم وزن و بسته بندی شدند. ماهی ها در شرایط دمایی یعنی یخ (یونولیت حاوی (۳:۱) نسبت ماهی به یخ) نگهداری شدند. آنالیزهای فیزیکیوشیمیایی، میکروبیولوژیکی، آنالیز رنگ و حسی ماهی کفال پشت سبز نگهداری شده در سرما در فواصل زمانی چهار روز به مدت ۱۶ روز با سه تکرار مورد آزمایش قرار گرفتند.

آنالیز حسی

ارزیابی حسی برای توسعه روش شاخص کیفی ماهی خام بر اساس روش Sant'Ana و همکاران در سال ۲۰۱۱ [۷] بود. شاخص کیفی ماهی شامل ظاهر کلی، قرنی، مردمک، شکل و گردی چشم، رنگ و بو آبشش، باله ها، رطوبت و رنگ دم، الاستیسیته و رنگ ناحیه پشتی، رنگ و بو ناحیه شکمی (داخلی)، جنبه کلی ناحیه شکم (خارجی)، رنگ، بو و استحکام گوشت بودند. تخمین طرح روش شاخص کیفی جهت ارزیابی کیفیت ماهی خام نگهداری شده در یخ با ۹ پارامتر کیفی با امتیازات در دامنه تا ۰ تا ۳ که مجموع

تغییرات عمده در آنالیز تقریبی، میکروبیولوژیکی، شیمیایی و حسی ماهی طی نگهداری در یخ رخ می دهد. این فعالیت ها منجر به ماندگاری کوتاه تر می شوند. ماهی بسیار فسادپذیر است و با توجه به کیفیت اولیه و شرایط نگهداری، زمان ماندگاری آن متفاوت است. کفال خاکستری پشت سبز (*Chelon subviridis*) محبوب ترین ماهی در ایران است. این ماهی در بازار ایران عمدتاً به صورت کامل (بدون تخلیه امعا و احشا) و تخلیه شکمی عرضه می شود. با توجه به اینکه پس از صید تغییرات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی صورت می گیرد، روش های ارزیابی محصول نیز عمدتاً بر پایه تعیین میزان پیشرفت همین تغییرات طراحی شده اند. بدیهی است هر کدام از این روش ها دارای مزایا و معایبی هستند که در هنگام ارزیابی یا سنجش کیفیت محصول می توان با توجه به هدف، نسبت به انتخاب یک یا مجموعه ای از آن ها اقدام نمود. روش های بسیاری برای ارزیابی کیفیت ماهی پیشنهاد و آزمایش شده اند که به طور معمول به چهار گروه حسی، فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی تقسیم می شوند [۱]. با توجه به این واقعیت که نتایج حاصل از این تجزیه و تحلیل ها به تنهایی تعیین کننده ویژگی های خاص گونه ای نمی باشند، بنابراین استفاده هم زمان از هر سه روش (میکروبی، بیوشیمیایی و حسی) اهمیت دارد [۲].

نگهداری محصول غذاهای دریایی تعریف می شود، برای اطمینان از کیفیت ماهی و محافظت از مصرف کنندگان در برابر اثرات تخریب ضروری است. ماندگاری محصولات غذاهای دریایی با تغییرات در ویژگی های حسی محدود شده است. با توجه به اینکه پس از صید تغییرات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی صورت می گیرد، روش های ارزیابی محصول نیز عمدتاً بر پایه تعیین میزان پیشرفت همین تغییرات طراحی شده اند. بدیهی است هر کدام از این روش ها دارای مزایا و معایبی هستند که در هنگام ارزیابی یا سنجش کیفیت محصول می توان با توجه به هدف، نسبت به انتخاب یک یا مجموعه ای از آن ها اقدام نمود. روش های بسیاری برای ارزیابی کیفیت ماهی پیشنهاد و آزمایش شده اند که به طور معمول به چهار گروه حسی، فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی تقسیم می شوند [۱]. با توجه به این واقعیت که نتایج حاصل از این تجزیه و تحلیل ها به تنهایی تعیین کننده ویژگی های خاص گونه ای نمی باشند، بنابراین استفاده هم زمان از هر سه روش (میکروبی، بیوشیمیایی و حسی) اهمیت دارد [۲].

در سال های اخیر، برآورد دقیق ماندگاری محصولات غذاهای دریایی به دلیل تعریف مشخصات یا استانداردهای کیفیت برای مصرف کنندگان ضروری است. روش شاخص کیفیت (QIM^۱) بر اساس ارزیابی عینی ویژگی های حسی کلیدی ماهی است. روش های درجه بندی کیفیت برای تخمین ماندگاری از نظر حسی محصولات غذاهای دریایی وجود دارد. یک سیستم امتیاز دهی از ۰ تا ۳ امتیاز منفی برای هر پارامتر کیفیت با توجه به توضیحات پارامتر خاص داده می شود، که امتیازات نزدیک به صفر را برای ماهی های بسیار تازه می دهد [۳] و افزایش متعاقب امتیاز با کاهش تازگی

^۲ Quality index^۱ Quality index method

ویژگی‌های کیفیت هنگام معرفی مفهوم روش شاخص کیفی برای ارزیابی کیفیت ماهی به صنعت شیلات استفاده شوند. تمام آنالیزها در ابتدا (روز صفر) و در یک فاصله زمانی منظم ۴ روز در سه تکرار انجام شد.

دامنه‌ها از ۰ (تازگی) تا ۳۴ (کاهش تازگی) جهت کسب امتیاز حسی کل یعنی شاخص تازگی به کار برده شد (جدول ۱). ۱۵ افراد نیمه آموزش دیده شده طبق ISO در سال ۱۹۹۳ [۸] جهت ارزیابی حسی استفاده شد. عکس‌های هر مرحله در یک زمان گرفته شده‌اند و باید برای نشان دادن

جدول ۱- روش شاخص کیفی ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ

ویژگی کیفی	پارامتر	مشخصات	درجه تخریب
ظاهر کلی	پوست	• رنگ روشن، واضح و مشخص، براق، روشنایی زیاد	۰
		• کمی روشن، تغییر رنگ در اطراف، تقریباً براق، کاهش روشنایی	۱
		• پوست خراشیده، رنگ پریده، چروک و شکست خورده، از دست دادن براقی، مات	۲
		• با مخاط (موکوس)	۰
		• بی مخاط (موکوس)	۱
	بافت	• محکم، الاستیک، اثر انگشت به سرعت از بین می رود	۰
		• نرم، سست، اثر انگشت با تاخیر از بین می رود	۱
چشم	قرنیه	• روشن (بلورین)	۰
		• روشن یا کمی تیره	۱
		• مات	۲
مردمک		• کمی مات، عدم وجود نقطه سفید	۰
		• مات، نقطه سفید کوچک	۱
		• خاکستری مات، نقطه سفید بزرگ	۲
شکل		• محدب	۰
		• صاف یا تخت	۱
		• مقعر	۲
گردی		• سالم	۰
		• در حال فروپاشی	۱
آبشش	رنگ	• قرمز روشن و دارای اندکی موکوس	۰
		• قرمز و دارای مقداری موکوس	۱
		• قرمز صورتی تا قهوه ای و دارای مقداری موکوس	۲
بو		• بوی تازگی و خاص گونه	۰
		• بوی خاص ماهی از بین رفته و آبشش فاقد بو	۱
		• تند کمی تا متوسط	۲
		• خیلی تند و تعفن آور	۳
باله ها	(دمی شکمی پستی)	• کشسان، مرطوب، کامل	۰
		• کمی کشسان، برش خورده، کامل	۱
		• بدون کشش، برش خورده، شکست خورده	۲
مربوط به دم	مرطوبت	• کاملاً مرطوب	۰
		• با لبه های خشک	۱
	رنگ	• روشن	۰
		• تیره	۱
مربوط به پشت	قابلیت ارتجاعی	• کشسان	۰
		• بدون کشش	۱
	رنگ	• سبز تیره	۰
		• سبز روشن	۱
		• آبی روشن تا تیره	۲

ادامه جدول ۱- روش شاخص کیفی ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ

ویژگی کیفی	پارامتر	مشخصات	درجه تخریب
شکم (داخلی)	رنگ	<ul style="list-style-type: none"> • رنگ تازه، خون قرمز روشن • زرد تازه یا صورتی، خون قرمز تیره • قهوه ای صورتی یا تیره و خون قهوه ای 	۰ ۱ ۲
	بو	<ul style="list-style-type: none"> • تازه یا بی بو • ترشیدگی، کمی آمونومی • فاسد 	۰ ۱ ۲
شکم (خارجی)	جنبه کلی	<ul style="list-style-type: none"> • انعطاف پذیر، براق و مرطوب • از دست دادن انعطاف، کمی تغییر رنگ • غیر قابل انعطاف، خشک و تغییر رنگ داده 	۰ ۱ ۲
	رنگ	<ul style="list-style-type: none"> • قرمز روشن و تیره • قرمز روشن • تغییر رنگ به قهوه ای یا قرمز کم رنگ 	۰ ۱ ۲
گوشت	بو	<ul style="list-style-type: none"> • تازه یا بی بو • ترشیده، کمی آمونومی • فاسد 	۰ ۱ ۲
	سنتحکم	<ul style="list-style-type: none"> • سخت، متراکم • نرم، رو به زوال 	۰ ۱
مقبولیت کلی			۰-۳۴

آزمون میکروبی

در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت استفاده گردید و پس از طی مدت انکوباسیون کلنی ها شمارش شدند.

آنالیز فیزیکیوشیمیایی

مقادیر بازهای ازته فرار با استفاده از روش Goulas and Kontominas در سال ۲۰۰۵ تعیین شد [۱۰]. مقدار pH نمونه با استفاده از PH متر دیجیتال تعیین شد [۱۱]. مقدار تری متیل آمین با استفاده از روش AOAC (۱۹۹۰) تعیین شد [۱۲]. مقدار تیوباریتوریک اسید با استفاده از روش Siripatrawan and Noipha در سال ۲۰۱۲ تعیین شد [۱۳]. مقدار اسید های چرب آزاد در عصاره لیپیدی با استفاده از روش Woyewoda و همکاران (۱۹۸۶) تعیین شد [۱۴].

رنگ سنج

رنگ سنج با استفاده از کالری متر (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 از صفر تا صد (سفید- سیاه) و شاخص a بین قرمز (+) و سبز (-) و موقعیت b بین زرد (+) و آبی (-) متغیر است. شاخص کروما (C^*_{ab}) بیانگر غلظت رنگ، شاخص هیو (H^0_{ab}) بیانگر خلوص رنگ و شاخص سفیدی است که با توجه به فرمول زیر محاسبه می شود:

$$C^*_{ab} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}, H^0_{ab} = \arctan(b^*/a^*), \text{Whiteness} = 100 - [(100-L)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$$

جهت شمارش باکتریها و تعیین بار میکروبی مقدار ۱ گرم از هر نمونه هموژن شده در شرایط استریل به ۹ میلی لیتر کلرور سدیم ۰/۹ درصد اضافه شد و پس از مخلوط کردن، از آن برای تهیه رقت های متوالی استفاده گردید. از این رقت ها برای کشت باکتریها در محیط های کشت موردنظر به شرح زیر استفاده شد. یک میلی لیتر از هر رقت برای کشت باکتریها به روش پورپلیت در محیط پلیت کانت آگار (PCA) برای شمارش بارباکتریایی کل نمونه های کشت داده شد و پلیت ها به مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور ۳۷ درجه سانتیگراد قرار گرفتند. برای شمارش باکتریها سرمادوست یک میلی لیتر از هر رقت بر روی محیط کشت پلیت کانت آگار و با روش پور پلیت کشت داده شد و پلیت ها به مدت ۷ روز در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد انکوبه شدند و پس از طی شدن مدت انکوباسیون شمارش کلنی ها انجام شد. شمارش کلنی ها بر مبنای $\log_{10}(\text{CFU})/\text{g}$ بیان گردید [۹]. برای شمارش انتروباکتریاسه محیط کشت VRBG مورد استفاده قرار گرفت. پس از کشت یک میلی لیتر از هر رقت به روش پورپلیت، پلیت ها 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 برای شمارش و جداسازی باکتریهای استافیلوکوکوس در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت و محیط کشت MRSA برای شناسایی و جداسازی باکتریهای لاکتیک اسید

آنالیز آماری

(۲۰۱۵) [۵] به آن اشاره کرده‌اند نزدیک می‌باشد، درحالی‌که با پروتکل مربوط به بز ماهی (*Mullus barbatus*) (امتیاز حسی کل = ۱۸) که توسط Bernardi و همکاران (۲۰۱۳) [۲۱] ارائه شده است متفاوت می‌باشد. تفاوت بین طرح‌های QIM نشان می‌دهد که این روش خاصی است که تفاوت‌های مشاهده شده در فرایند فساد را برای گونه‌های متفاوت در نظر می‌گیرد [۲۲] و این تفاوت در گونه ماهی به دلیل تفاوت تغییرات حسی ناشی از فعالیت‌های متابولیکی و میکروبی است [۲۳]. ماندگاری ماهی کفال پشت سبز طی نگهداری در سرما (مجموع امتیازات حسی = ۳۴)، ۱۲ روز تخمین زده شد. درحالی‌که Araujo و همکاران (۲۰۱۷) [۲۴] اشاره کرده‌اند، ماندگاری ماهی *Tambaqui* (*Colossoma macropomum*) طی نگهداری در یخچال (امتیاز حسی کل = ۳۴) ۱۱ روز است. همچنین مدت ماندگاری ماهی *pacu* (*Piaractus mesopotamicus*) شکم خالی طی نگهداری در یخ (امتیاز حسی کل = ۳۲) ۷ روز است [۱۶]. ماندگاری ماهی تحت تأثیر شرایط و دمای نگهداری قرار دارد. ماندگاری ماهی در دماهای پایین به دلیل کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌ها، افزایش می‌یابد [۵]. طرح روش شاخص کیفی به‌خوبی تغییرات در ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ را توصیف می‌کند.

مطابق با شکل ۱-۲ میزان شاخص کیفی ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ در روز صفر ۰/۰ و در انتهای دوره ۳۰/۳۳ بود. در توسعه نهایی روش شاخص کیفی، همه پارامترها یک افزایش خطی نشان دادند و همبستگی بالایی با زمان نگهداری در یخ مشاهده شد. شاخص کیفی در روز ۴ تا ۳۰ برای ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ به ترتیب ۵/۳۳ - ۰ بود. میانگین شاخص کیفی در روز ۸ برای ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ ۱۰/۳۳ بود. شاخص کیفی در روز ۱۲ برای ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ ۲۱ بود. همچنین شاخص کیفی در روز ۱۶ برای ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ ۳۰/۳۳ بود. با توجه به مطالعات Botta (۱۹۹۵) [۲۰]، همبستگی خطی بین شاخص کیفیت و زمان نگهداری وجود دارد که می‌توان به راحتی ماندگاری ماهی را ارزیابی کرد؛ البته تأیید آن با کمک آنالیزهای میکروبی انجام می‌شود. در روزهای ۱۲ و ۱۶ نگهداری شمارش باکتری‌های مزوفیل و سرمادوست در ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ بیش از $7 \log_{10} \text{CFU/g}$ بود [۲۵] که بیش از حد مجاز برای ماهی خام می‌باشد.

در طرح توسعه پایانی روش شاخص کیفی، همه پارامترها افزایش خطی نشان دادند و همبستگی بالایی در کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ ($R > 0/661$) مشاهده شد (جدول ۲). همچنین روش شاخص کیفی رابطه خطی و همبستگی بالا با زمان نگهداری دارد ($R^2 > 0/975$). ارزیابی روش شاخص کیفی می‌تواند از رابطه $9/433 -$ خطی زمان نگهداری $\times 7/633 =$ روش شاخص کیفی) محاسبه شود که نشان‌دهنده تطبیق خوب داده‌های آزمایشی می‌باشد. نتایج نشان داد که مدل رگرسیونی به‌دست‌آمده دارای خطای میانگین مجذورات (MSE) تقریباً ۳ روز (۳/۰۴۷) بین مقادیر اندازه‌گیری شده بود (شکل ۲-b). ماندگاری ماهی کفال پشت سبز کامل

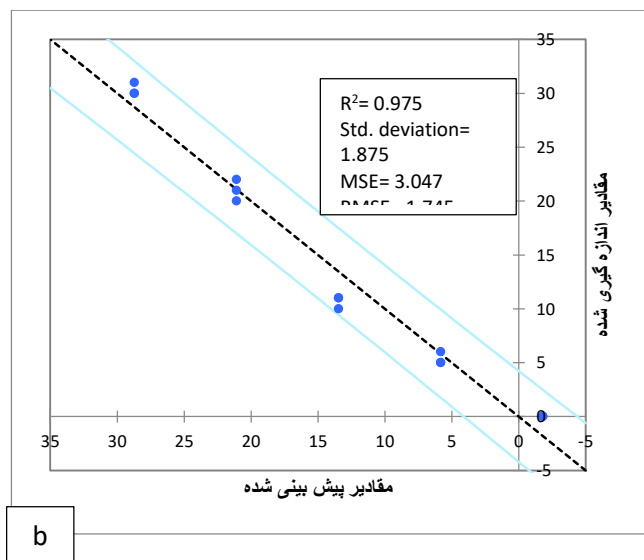
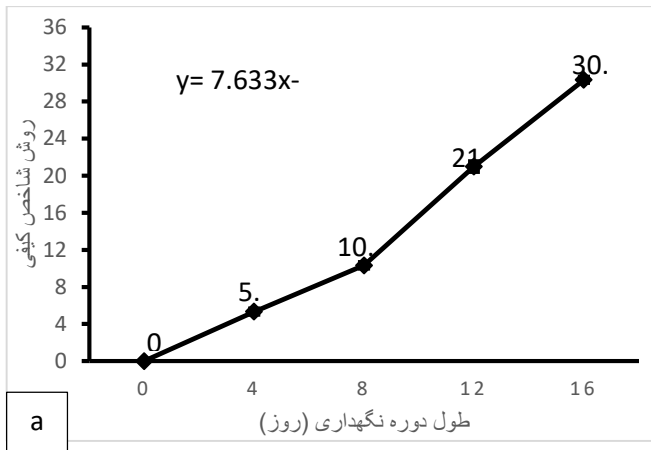
میانگین از طریق آنالیز واریانس (ANOVA) مقایسه شد و اثرات معنی دار (با آزمون دانکن) زمانی که $p\text{-value} \leq 0.05$ بود، در نظر گرفته شد. برای تعیین رابطه بین زمان نگهداری یخ و QI از تحلیل همبستگی پیرسون با فاصله اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. نتایج به دست آمده برای QIM سپس به رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLS) ارسال شد. مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده توسط رگرسیون خطی برای تخمین عدم قطعیت (خطای استاندارد برآورد) پیش بینی QI مورد استفاده قرار گرفت. تمام رگرسیون‌ها با استفاده از XLSTAT محاسبه شد. همبستگی بین مقادیر میانگین پارامتر در طول زمان (بر حسب روز) سپس برای هر پارامتر در هر طرح QIM در حال توسعه برآورد شد و برای بهبود و ایجاد طرح نهایی QIM استفاده شد. تجزیه و تحلیل چند متغیره، با تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) [۱۵]، برای تعیین اهمیت هر یک از پارامترهای طرح QIM و در نهایت رد پارامترهایی که برای توصیف تازگی در طول زمان ذخیره سازی مناسب نبودند، انجام شد.

نتایج و بحث

روش شاخص کیفی

مصرف‌کنندگان ماهی، معمولاً با توجه به بو و ظاهر ماهی تازگی آن را ارزیابی می‌کنند [۱۶]. به‌طور سنتی، عوامل مختلفی برای 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 [۱۷]. به‌طور 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 روی بوی فساد ماهی در طول زمان نگهداری تأثیر داشته باشد. به‌طور 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 [۱۸]. روش شاخص کیفی بر اساس فرایند 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 [۱۹]؛ 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 [۱۹ و ۲۰].

پارامترها از ۰ تا ۱، ۰ تا ۲ و ۰ تا ۳ بر طبق خصوصیات مشاهده شده امتیازدهی شدند. مجموع امتیازات به‌دست‌آمده برای ویژگی‌های حسی ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ با شاخص کیفیت (QI) نشان داده می‌شود. پروتکل ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ، دارای حداکثر ۳۴ مجموع امتیازات حسی می‌باشد که به پروتکل ماهی کفال (*Mugil platanus*) (امتیاز حسی کل = ۳۳) Andrade و همکاران



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

آنالیز میکروبی

میزان بار باکتریایی در ماهی تازه برابر با $10^2 - 10^6$ cfu/g می باشد [۱]. pH گوشت ماهی ها به دلیل میزان پایین کربوهیدرات و اسیدلاکتیک ناچیزی که در اثر جمود نعشی تولید می شود معمولاً بالاتر از ۶ بوده که در رشد باکتری های عامل فساد از عوامل تأثیرگذار می باشد. از طرف دیگر وجود ترکیبات نیتروژنی غیر پروتئینی مانند اسیدهای آمینه آزاد و نوکلئوتیدها، ماهی ها را به بستر مناسبی برای رشد میکروارگانیسم ها تبدیل می نماید [۲۶]. افزایش میزان بار باکتریایی کل لزوماً به معنای فساد بالا نیست و برای ارزیابی مطابق با جدول ۳، تغییرات بار باکتری های مزوفیل (از \log_{10} cfu/g در ۳/۹۴ در روز صفر به $7/18 \log_{10}$ cfu/g در روز ۱۶) در ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ افزایش یافت. بار باکتری سرمادوست (ز

طی نگهداری در یخ ۱۲ روز تخمین زده شد. خطای استاندارد طرح روش شاخص کیفی ارائه شده توسط Andrade و همکاران (۲۰۱۵) [۵] برای ماهی کفال (*Mugil platanus*) طی نگهداری در یخ ۲ روز (۲/۱۵) بود.

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

دوره نگهداری به روز پارامتر	۰	۴	۸	۱۲	۱۶	r
ظاهر کلی پوست	۰/۱۰۰	۰/۱۶۶	۱/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۰/۹۳۶*
ظاهر کلی بافت	۰/۱۰۰	۰/۱۰۰	۰/۳۳	۰/۶۶	۱/۰۰	۰/۷۷۰*
قرنیه چشم	۰/۱۰۰	۰/۱۰۰	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۷۸۸*
مردمک چشم	۰/۱۰۰	۰/۳۳	۰/۶۶	۱/۰۰	۱/۶۶	۰/۸۳۳*
شکل چشم	۰/۱۰۰	۰/۱۰۰	۰/۳۳	۰/۶۶	۱/۶۶	۰/۷۸۸*
گودی چشم	۰/۱۰۰	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۶۶	۱/۰۰	۰/۶۶۱*
رنگ آبشش	۰/۱۰۰	۰/۱۰۰	۰/۶۶	۱/۰۰	۱/۶۶	۰/۷۹۴*
بو آبشش	۰/۱۰۰	۰/۳۳	۰/۶۶	۱/۶۶	۲/۳۳	۰/۸۷۸*
باله ها	۰/۱۰۰	۰/۱۰۰	۰/۳۳	۱/۳۳	۱/۶۶	۰/۸۳۷*
رطوبت دم	۰/۱۰۰	۰/۱۰۰	۰/۳۳	۰/۶۶	۱/۰۰	۰/۷۷۰*
رنگ دم	۰/۱۰۰	۰/۱۰۰	۰/۶۶	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۷۰۰*
قابلیت ارتجاعی مربوط به پشت	۰/۱۰۰	۰/۱۰۰	۰/۶۶	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۸۵۰*
رنگ مربوط به پشت	۰/۱۰۰	۰/۱۰۰	۰/۳۳	۱/۳۳	۱/۶۶	۰/۸۳۷*
رنگ شکم (داخلی)	۰/۱۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۱/۳۳	۲/۰۰	۰/۸۴۹*
بو شکم (داخلی)	۰/۱۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۱/۰۰	۲/۰۰	۰/۸۵۵*
جنبه کلی شکم (خارجی)	۰/۱۰۰	۰/۳۳	۱/۰۰	۱/۳۳	۱/۶۶	۰/۸۵۳*
رنگ گوشت	۰/۱۰۰	۰/۳۳	۱/۰۰	۱/۶۶	۲/۰۰	۰/۹۲۴*
بو گوشت	۰/۱۰۰	۰/۶۶	۰/۶۶	۳۳/۱	۲/۰۰	۰/۸۵۵*
استحکام گوشت	۰/۱۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۶۶	۱/۰۰	۰/۶۶۱*

* نشان دهنده وجود همبستگی

اهمیت می‌باشد [۲۹]. میزان اولیه بار باکتریایی انتروباکتریاسه در ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ $2/99 \log_{10} \text{ cfu/g}$ در روز صفر بود که با گذشت زمان نگهداری افزایش یافت و همچنین این شاخص در ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ با زمان نگهداری همبستگی معنی‌دار دارد. باکتری استافیلوکوکوس به ندرت از فرآورده‌های دریایی که تازه صید می‌گردند، جدا شده است ولی در فرآورده‌هایی که تهیه آن‌ها مستلزم دستکاری زیاد انسان است، ایجاد مشکل می‌کند. میزان اولیه بار باکتریایی استافیلوکوکوس در کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ نگهداری شده در یخچال $3/89 \log_{10} \text{ cfu/g}$ بود که پس از یک‌روند افزایشی در انتهای دوره کاهش یافته است. میزان بار باکتریایی استافیلوکوکوس در کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ با زمان نگهداری همبستگی معنی‌دار وجود ندارد. طی مطالعه Simon و Sanjeev در سال ۲۰۰۷، در ۱۷٪ محصولات ماهی استافیلوکوکوس اورئوس یافت شد [۳۰]. شرایط مختلفی نظیر تأخیر در فرآوری، عدم سردسازی کافی، بهداشت شخصی ضعیف و آلودگی پس از فرآوری و عمل‌آوری باعث رشد استافیلوکوکوس و افزایش بار باکتریایی آن در غذاهای دریایی می‌شود [۳۰]. باکتری‌های تولیدکننده H_2S به علت تولید کمپلکس‌های سولفید بر روی محیط کشت، کلنی‌های خاکستری یا سیاه‌رنگ ایجاد می‌کنند، در واقع ترکیبات پروتئینی حاوی سولفور هستند که بر اثر آنزیم‌های باکتری‌های تولیدکننده H_2S آزاد شده و در نهایت در محیط به سولفید تبدیل می‌شوند. این باکتری‌ها از عوامل رایج فساد در مواد غذایی متنوع مانند ماهی سرد شده هستند. میزان اولیه بار باکتریایی باکتری‌های تولیدکننده H_2S در ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ $2/34 \log_{10} \text{ cfu/g}$ بود که بالاتر از میزان به‌دست‌آمده در ماهی شعری (*Lethrinus miniatus*) است که توسط Jeyasekaran و همکاران در سال ۲۰۰۴ [۳۱] گزارش شده است. به‌طور خاص، باکتری‌های تولیدکننده H_2S با فساد ماهی در ارتباط هستند. در این مطالعه تعداد این باکتری‌ها با گذشت زمان نگهداری افزایش یافت و این روند افزایشی با مطالعه Erkan در سال ۲۰۰۷ [۱] مطابقت دارد. همچنین این شاخص در ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ در این مطالعه با زمان نگهداری همبستگی معنی‌دار دارد. از آنجایی که پروتئین‌ها جزء اصلی تشکیل‌دهنده ماهی هستند بنابراین در اثر تجزیه آن‌ها توسط باکتری‌ها مقادیر قابل توجهی گوگرد موجود در اسیدهای آمینه گوگردی آزاد می‌گردد که معمولاً به H_2S تبدیل شده و عامل اصلی بوی نامطلوب حاصل از فساد در نمونه‌ها است و به دلیل اینکه روند تجزیه پروتئین‌ها در طول مدت نگهداری متوقف نمی‌شود؛ بنابراین همبستگی بین زمان نگهداری و افزایش تعداد باکتری‌های تولیدکننده H_2S را می‌توان توضیح داد.

$3/97 \log_{10} \text{ cfu/g}$ در روز صفر به $6/91 \log_{10} \text{ cfu/g}$ در روز ۱۶ در ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ افزایش یافت. بار باکتری استافیلوکوکوس (از $3/89 \log_{10} \text{ cfu/g}$ در روز صفر به $3/47 \log_{10} \text{ cfu/g}$ در روز ۱۶) در ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ افزایش یافت. بار باکتری‌های انتروباکتریاسه (از $2/99 \log_{10} \text{ cfu/g}$ در روز صفر به $4/79 \log_{10} \text{ cfu/g}$ در روز ۱۶) در ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ افزایش یافت. بار باکتری‌های تولیدکننده H_2S (از $2/34 \log_{10} \text{ cfu/g}$ در روز صفر به $4/44 \log_{10} \text{ cfu/g}$ در روز ۱۶) در ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ افزایش یافت. همچنین باکتری‌های مزوفیل با زمان نگهداری ($r=0/941$)، باکتری‌های سرمادوست با زمان نگهداری ($r=0/989$) و باکتری‌های تولیدکننده H_2S با زمان نگهداری ($r=0/921$) نشان دادند.

میزان اولیه بار باکتریایی مزوفیل در ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ در روز صفر $3/94 \log_{10} \text{ cfu/g}$ بود. میزان بار باکتریایی مزوفیل در ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ در روز ۴ نگهداری کاهش یافته است؛ که این کاهش ممکن است بر اثر شوک سرمایی باشد. میزان بار باکتریایی مزوفیل و سرمادوست در ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ تا روز ۱۲ نگهداری بیش از $7 \log_{10} \text{ cfu/g}$ بود که بیشتر از حد مجاز در گونه‌های دریایی است [۲۵]. میزان بار باکتریایی سرمادوست اولیه در ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ در روز صفر $3/97 \log_{10} \text{ cfu/g}$ بود. Gram and Huss (۱۹۹۶) [۲۶] بیان کردند که باکتری‌های سرمادوست گرم منفی گروه اصلی میکروارگانیسم‌های عامل فساد ماهی و نرم‌تنان دریایی می‌باشند. باکتری‌های سرمادوست گرم منفی مثل سودوموناس‌ها^۱، آلتروموناس‌ها^۲، شوانلاها^۳ و فلاوو باکترها^۴ بیشترین گروه میکروارگانیسم‌های عامل فساد ماهی و فرآورده‌های آن در شرایط نگهداری هوایی در دماهای سرد می‌باشند [۲۶]. میزان بار باکتریایی مزوفیل و سرمادوست در ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ به بیش از $6 \log_{10} \text{ cfu/g}$ در روز ۱۲ افزایش یافت؛ و با افزایش زمان نگهداری در سرما، چنین روندی برای میزان بار باکتریایی مزوفیل و سرمادوست انتظار می‌رفت [۲۲]. فساد بر اثر بار باکتریایی انتروباکتریاسه، در نتیجه آلودگی آب، زنجیره غذایی ماهی یا تأخیر در سردسازی ماهی پس از صید ایجاد می‌شود [۹ و ۲۷]. وجود باکتری‌های انتروباکتریاسه مانند اشرشیا کلای (که مختص دستگاه گوارش انسان هستند) در گوشت ماهی، نشانگر آلودگی مدفوعی آب‌ها است [۲۸]. از این رو، ماهی‌ها می‌توانند حامل عفونت‌های باکتریایی غذایی باشند که از نظر سلامت عمومی انسان حائز

^۱ *Flavobacterium* spp.^۱ *Pseudomonas* spp.^۲ *Alteromonas* spp.^۳ *Shewanella* spp.

جدول ۳: ارزیابی بار میکروبی ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ

Γ	۱۶	۱۲	۸	۴	۰	
۰/۹۴۱*	۷/۱۸ ^a ±۰/۳۳	۷/۳۳ ^a ±۰/۳۲	۵/۷۷ ^b ±۰/۰۰	۴/۶۸ ^c ±۰/۰۰	۳/۹۴ ^d ±۰/۰۰	باکتری های مزوفیل
۰/۹۵۵*	۶/۹۱ ^a ±۰/۰۱	۶/۱۱ ^a ±۰/۰۲	۶/۲۲ ^c ±۰/۰۱	۴/۷۶ ^d ±۰/۰۰	۳/۹۷ ^e ±۰/۰۰	باکتری های سرمادوست
۰/۹۸۹*	۴/۷۹ ^a ±۰/۰۰	۴/۴۴ ^b ±۰/۰۰	۴/۱۴ ^c ±۰/۰۱	۳/۴۷ ^d ±۰/۰۰	۲/۹۹ ^e ±۰/۰۲	انتروباکتریاسه
۰/۱۷	۳/۷۴ ^d ±۰/۰۰	۴/۹۳ ^a ±۰/۰۰	۴/۲۹ ^b ±۰/۰۱	۳/۰۳ ^e ±۰/۰۰	۳/۸۹ ^c ±۰/۰۰	استافیلوکوکوس
۰/۹۲۱*	۴/۴۴ ^b ±۰/۰۰	۴/۶۰ ^a ±۰/۰۰	۳/۹۴ ^c ±۰/۰۰	۳/۵۴ ^d ±۰/۰۰	۲/۳۴ ^e ±۰/۰۱	باکتری های تولید کننده H ₂ S

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

* نشان دهنده تفاوت معنی دار

آنالیز فیزیکوشیمیایی

اسیدلاکتیک تولید شده در نتیجه واکنش گلیکولیز، کم بوده و pH گوشت ماهیان بعد از مرحله ی جمود نعشی بالاتر از ۶/۸ تا ۷ خواهد بود. این پدیده از خصوصیات ویژه و مهم مرتبط با گوشت ماهیان می باشد. تجزیه ترکیبات نیتروژنی در طول نگهداری ماهی منجر به افزایش pH گوشت می شود که بخشی از این افزایش ممکن است مرتبط با تولید ترکیبات قلیایی باشد. چنین افزایشی در pH می تواند نشانگر رشد باکتری ها، کاهش کیفیت و در نهایت فساد ماهی باشد. میزان pH اولیه ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ، ۶/۸۷ بود؛ که با نتایج به دست آمده توسط Cai و همکاران (۲۰۱۴) [۳۸] مطابقت دارد؛ اما بالاتر از میزانی است که در کفال طلایی (*Liza aurata*) توسط Bahmani و همکاران (۲۰۱۱) [۳۹] گزارش شده است. میزان pH در ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ پس از یک روند افزایشی در روز ۱۲ کاهش جزئی داشته سپس در روز ۱۶ افزایش یافت؛ که این افت pH در روز ۱۲ می تواند به دلیل تجزیه گلیکوزن در فیله باشد، اما تحقیقات دیگر نشان دادند که عامل آن حل شدن دی اکسید کربن در فیله می باشد [۳۴]. در مطالعه حاضر میزان pH ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ به طور معنی داری افزایش یافت و با افزایش میزان بازهای ازته فرار در طول دوره، چنین روندی برای pH انتظار می رفت. افزایش pH با گذشت زمان نگهداری را می توان به فعالیت آنزیم های و باکتری های پروتئولیتیک فاسد کننده ماهی نسبت داد [۴۰]. شکل گیری آمین ها و مشتقات آمونیاکی حاصل از فعالیت های میکروبی و تجزیه پروتئین ها و ترکیبات نیتروژن دار غیر پروتئینی منجر به افزایش مقدار pH می شود [۳۴].

شاخص تیوباربیتوریک اسید به طور وسیع برای ارزیابی میزان اکسیداسیون چربی در ماهی استفاده می شود [۴۱]. یکی از مهم ترین محصولات اکسیداسیون چربی، مالون دی آلدئید (MDA) است که یک ترکیب جزئی از اسیدهای چرب با سه پیوند دوگانه و یا بیشتر از آن است که در اثر تجزیه اسیدهای چرب غیراشباع طی اکسیداسیون چربی تشکیل می شود. این ماده معمولاً به عنوان شاخصی در ارزیابی روند تغییرات اکسیداسیون چربی استفاده می شود [۴۲]. میزان تیوباربیتوریک اسید در ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ در روز صفر ۰/۶۶ میلی گرم مالون آلدئید اکی والان بر کیلوگرم و در انتهای دوره ۱/۹۰

تغییرات میزان بازهای ازته فرار، pH، تیوباربیتوریک اسید، اسیدهای چرب آزاد و تری متیل آمین در ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ در جدول ۴ آمده است.

بازهای ازته فرار یک شاخص کیفی است که نشانگر میزان فساد، تجزیه و شکستن پروتئین ها می باشد [۳۲] و به عنوان روشی برای ارزیابی مدت ماندگاری محصولات دریایی مورد استفاده قرار می گیرد. بازهای ازته فرار حاصل فساد باکتری های از قبیل *S. putrefaciens* و *P. phosphoreum*، آنزیم های اتولیتیک و آنزیم های درونی است که به عنوان شاخص ارزیابی کیفی نگهداری و ماندگاری فرآورده های دریایی مورد استفاده قرار می گیرد [۳۳]. اندازه گیری بازهای ازته فرار، تری متیل آمین، دی متیل آمین، آمونیاک و دیگر محصولات فراری که بر روی طعم و مزه ماهی اثر می گذارند، حائز اهمیت است [۱۰]. میزان بازهای ازته فرار در ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ در روز صفر ۴/۵۳ میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت و در انتهای دوره نگهداری، ۳۰/۸۸ میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت بود که به طور معنی داری افزایش یافت (p<۰/۰۵) و تغییرات بازهای ازته فرار همبستگی معنی دار با زمان نگهداری دارد (R=۰/۹۳۷). از آنجا که حضور باکتری ها در گوشت منجر به اتولیز پروتئین ها و تجزیه آن ها [۳۲]، شکستن ترکیباتی از جمله تری متیل آمین اکسیدها، پپتیدها، آمینواسیدها و غیره می شود [۲۶] بار باکتریایی بالا در نمونه ها می تواند توجیهی برای افزایش میزان بازهای نیتروژنی در آن ها باشد [۳۴ و ۳۵]. میزان بازهای ازته فرار در ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ، ۳۰/۱۶ میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت در روز ۱۲ رسید؛ که برای ماهیان بالاتر از حد مجاز مصرف (۳۰ میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم گوشت) [۳۶] است که با نتایج به دست آمده توسط Mokrani و همکاران (۲۰۱۸) [۳۷] که پس از ۱۳ روز نگهداری افزایش یافت مطابقت دارد.

تغییرات pH را می توان به عنوان یک شاخص فساد در محصولات شیلاتی در نظر گرفت. بیشتر ماهیان دارای مقدار کربوهیدرات کمتر از ۰/۵ درصد در بافت ماهیچه ای خود هستند، به طوری که بعد از مرگ ماهی، مقدار

اکسیداسیون چربی در ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ حداقل میزان مجاز جهت مصرف آبزیان می‌باشد؛ بنابراین شاخص تیوباربیتوریک اسید، شاخص مناسبی برای ارزیابی کیفی ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در سرما نمی‌باشد.

اسیدهای چرب آزاد در نتیجه اکسیداسیون زیاد، ترکیباتی با وزن مولکولی کم تولید کرده که عامل طعم و بوی بد ماهی و فرآورده‌های ماهی هستند. اندازه‌گیری میزان آبکافت چربی حائز اهمیت می‌باشد؛ زیرا آبکافت چربی در شرایط سرما و انجماد نیز ادامه می‌یابد و منجر به اکسیداسیون چربی و دنا توره شدن پروتئین می‌شود [۴۳]. همچنین مولکول‌های اسید چرب آزاد به دلیل کوچک بودن نسبت به چربی‌های بزرگ‌تر باعث شده که

آمین‌هایی مانند تری متیل آمین باشد [۴۵]. میزان تری متیل آمین در ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ در روز صفر ۱/۴۵ گرم‌تری متیل آمین در ۱۰۰ گرم نمونه و در انتهای دوره ۱۴/۲۰ گرم‌تری متیل آمین در ۱۰۰ گرم نمونه بود که به‌طور معنی‌دار افزایش یافت ($p < 0.05$) و همبستگی معنی‌دار با زمان نگهداری دارد ($R = 0.946$). محدودیت قابل قبول بودن میزان TMA برای گونه‌های مختلف متفاوت است؛ ماهی sea bass (۵ میلی‌گرم تری متیل آمین در ۱۰۰ گرم گوشت) [۴۶]، ماهی hake (۱۲ گرم‌تری متیل آمین در ۱۰۰ گرم گوشت) [۴۷] را به‌عنوان حد مجاز این شاخص برای ماهی پیشنهاد کردند. چنین اختلافی در محدوده پذیرش ماهی ممکن است مربوط به گونه ماهی، فصل، تعداد اولیه باکتریایی و شرایط نگهداری باشد [۴۷]. در بررسی حاضر میزان تری متیل آمین ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ تا روز ۱۲ پایین‌تر از حد مجاز بود

جدول ۴: تغییرات بازهای از ته فرار، pH، تیوباربیتوریک اسید، اسیدهای چرب آزاد و تری متیل آمین در ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ

طی ۱۶ روز

۲	۱۶	۱۲	۸	۴	۰	
۰/۹۳۷*	۳۰/۸۸ ^a ±۰/۳۶	۳۰/۱۶ ^b ±۰/۰۳	۲۵/۴۹ ^c ±۰/۱۱۷	۷/۱۳ ^d ±۰/۰۶۹	۴/۵۳ ^e ±۰/۰۵۳	TVB-N
۰/۷۸۹*	۷/۲۵ ^a ±۰/۰۲	۶/۹۵ ^b ±۰/۰۰	۷/۰۰ ^b ±۰/۰۰	۶/۹۹ ^b ±۰/۰۱	۶/۸۷ ^c ±۰/۰۱	pH
۰/۷۹۲*	۱/۹۰ ^a ±۰/۰۴	۱/۴۷ ^{ab} ±۰/۰۴۲	۰/۸۹ ^{bc} ±۰/۰۳	۰/۶۹ ^c ±۰/۰۳	۰/۶۶ ^c ±۰/۰۱۱	TBA
۰/۹۴۵*	۱۰/۹۳ ^a ±۰/۲۸	۷/۶۵ ^b ±۰/۸۶	۲/۸۸ ^c ±۰/۲۱	۱/۵۰ ^c ±۰/۰۱	۰/۷۳ ^d ±۰/۱۱۳	FFA
۰/۹۴۶*	۱۴/۲۰ ^a ±۰/۹۱	۸/۲۸ ^b ±۱/۱۶	۷/۳۶ ^b ±۰/۵۷	۳/۰۴ ^c ±۰/۴۴	۱/۴۵ ^d ±۰/۱۱	TMA-N

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

* نشان دهنده تفاوت معنی دار

است. رنگ، هم روی ساختار بافت و هم روی غلظت رنگدانه تأثیر می‌گذارد. کمیسیون بین‌المللی پرتوافشانی (CIE) در سال ۱۷۹۶ استاندارد را برای اندازه‌گیری رنگ ارائه داد؛ که براساس این استاندارد، رنگ غذاها توسط سیستم رنگی *a، *b و *L تعریف می‌شود. مطابق با جدول ۴، در ماهی کفال پشت سبز کامل طی نگهداری در یخ میزان اولیه *a، در روز صفر ۱۳/۰۳ و در انتهای دوره ۱۶/۷۸، میزان اولیه *b در روز صفر ۱۲/۴۸ و در انتهای دوره ۱۷/۱۰، پارامتر *L در روز صفر ۴۵/۶۹ و در انتهای دوره ۴۴/۲۱، شاخص کروما (*C_{ab}) در روز صفر ۱۸/۰۴ و در انتهای دوره ۲۳/۹۷، میزان شدت رنگ (*H_{ab}⁰) در روز صفر ۰/۷۵ و در انتهای دوره ۰/۷۹، میزان

میلی گرم مالون آلدئید اکی والان بر کیلوگرم بود. میزان تیوباربیتوریک اسید ماهی کفال پشت سبز کامل در یخ تا روز ۸ به‌طور معنی‌داری تغییر نداشت ($p > 0.05$) و از روز ۱۲ تا انتهای دوره به‌طور معنی‌دار افزایش تدریجی یافت ($p < 0.05$) و همچنین همبستگی معنی‌دار با زمان نگهداری دارد ($R = -0.887$). افزایش تیوباربیتوریک اسید می‌تواند به دلیل کمبود آب بخش‌هایی از ماهی و افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب اشباع‌نشده باشد [۴۰]. حداکثر میزان تیوباربیتوریک اسید قابل قبول برای ماهی (منجمد، سرد شده و نگهداری شده در یخ) ۱-۲ میلی‌گرم مالون آلدئید اکیوالان بر کیلوگرم نمونه [۱۰ و ۲۶]. در مطالعه‌ای دیگر تا ۵ میلی‌گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم نمونه بیان شده درحالی‌که تا ۸ میلی‌گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم نمونه هم قابل مصرف است [۹].

بیشتر در معرض اکسیداسیون توسط آنزیم‌هایی چون لیپازها و فسفولیپازها باشند و به دلیل تأثیر بر کیفیت حسی فرآورده‌های غذایی دریایی، بسیار مهم می‌باشد [۴۴]؛ بنابراین اندازه‌گیری FFA شاخص خوبی برای بیان میزان تأثیر آنزیم‌های لیپولیتیک بر کاهش چربی و سایر ترکیبات ماهی می‌باشد [۴۳]. در روز صفر، میزان اسیدهای چرب آزاد در ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخچال ۱/۰۵ درصد اولئیک اسید و در انتهای دوره ۱/۳۹ درصد اولئیک اسید بود. همچنین افزایش اسیدهای چرب آزاد ماهی همبستگی معنی‌دار با زمان نگهداری دارد ($R = 0.649$).

تری متیل آمین اکساید (TMAO) بخشی از ترکیبات بازی فرار است که از تجزیه تری متیل آمین اکساید موجود در گوشت ماهیان توسط فعالیت آنزیمی باکتریایی تولید می‌شود [۳۶]. بوی ناشی از فساد ماهی می‌تواند از

داده‌های رنگ‌سنج میانگینی از حداقل سه نقطه است. داده‌های رنگ‌سنج توسط نرم‌افزار رنگ‌سنجی بر روی سیستم رایانه به دست می‌آید. در این روش میزان رنگ و روشنایی توسط کامپیوتر و در یک جعبه تحت تابش نور D65، همچنین با فاصله جسم از گوشت و زاویه میدان دید ۲ کنترل می‌شود که شبیه‌سازی درک رنگ توسط چشم انسان است. اندازه‌گیری میزان پارامترهای رنگ برای کنترل تغییر رنگ ماهی کفال پشت سبز طی سرما انجام شد. از این آنالیز برای تعیین کیفیت ماهی به همراه تجزیه و تحلیل شاخص حسی استفاده می‌شود [۴۰]. فرآورده‌های غذایی، از نظر ظاهر و همچنین قابلیت دست‌یابی، پارامتر مهمی برای مصرف‌کننده

طول نگهداری ممکن است با اکسیداسیون چربی، اکسیداسیون پروتئین‌های دارای گروه هم (هموگلوبین و میوگلوبین)، واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی بین تولیدات حاصل از اکسیداسیون چربی و گروه‌های آمین موجود در پروتئین‌ها و فساد میکروبی در ارتباط باشد [۱۳]. هر چه مقدار میوگلوبین در گوشت کمتر باشد، روشنایی و سفیدی بیشتری در گوشت حاصل می‌شود. هموگلوبین نسبت به میوگلوبین در روند دستکاری و نگهداری به راحتی از دست می‌رود در حالی که میوگلوبین در ساختار سلولی ماهیچه‌ها باقی می‌ماند؛ بنابراین بیشترین تغییرات رنگی در گوشت نتیجه واکنش میوگلوبین با دیگر اجزای ماهیچه به‌ویژه پروتئین‌های میوفیبریل است.

اولیه سفیدی، در روز صفر ۴۵/۷۵ و در انتهای دوره ۳۹/۲۸ بود. با افزایش دوره نگهداری، میزان L^* (روشنایی) و W (سفیدی) کاهش یافت ($p < 0.05$). با افزایش دوره نگهداری، میزان a^* (قرمزی)، b^* (تغییر زردی به آبی)، C^*_{ab} (شاخص کروما یا غلظت رنگ) و H^0_{ab} (شدت رنگ) افزایش یافت ($p < 0.05$). تجزیه و تحلیل همبستگی پارامترهای شاخص کیفی و داده‌های رنگ سنجی نشان داد که تغییر رنگ در رنگ گوشت و رنگ قرمزی که از طریق آنالیز حسی مشاهده شد، به آسانی توسط رنگ‌سنج قابل مشاهده نبود. تغییر رنگ فیله ماهی در طول زمان نگهداری می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی باشد؛ اما به‌طور معمول، از دست رفتن رنگ در فیله ماهی در

جدول ۵: تغییرات پارامترهای رنگ سنجی ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ به مدت ۱۶ روز

پارامترها	زمان نگهداری (روز)					
	۰	۴	۸	۱۲	۱۶	r
a^*	۱۳/۰۳±۰/۴۸ ^b	۱۳/۴۱±۰/۳۸ ^b	۷/۶۳±۰/۴۵ ^c	۱۴/۳۰±۰/۹۴ ^b	۱۶/۷۸±۰/۲۲ ^{ac}	-۰/۳۸۳
b^*	۱۲/۴۸±۰/۵۲ ^a	۱۴/۴۵±۰/۳۰ ^b	۱۵/۹۱±۰/۷۷ ^b	۱۶/۴۹±۰/۹۳ ^b	۱۷/۱۰±۱/۰۳ ^a	-۰/۸۰۷*
L^*	۴۵/۶۹±۱/۶۲ ^{abc}	۴۲/۹۵±۱/۶۷ ^c	۵۱/۰۹±۲/۷۵ ^{ab}	۵۱/۸۱±۰/۱۷ ^a	۴۴/۲۱±۳/۳۶ ^{bc}	-۰/۱۷۵
C^*_{ab}	۱۸/۰۴±۰/۷۱ ^b	۱۹/۵۸±۰/۶۰ ^{ab}	۱۷/۶۴±۰/۸۹ ^{ab}	۱۹/۶۳±۲/۵۶ ^{ab}	۲۳/۹۷±۰/۹۰ ^{ab}	-۰/۵۷۱*
H^0_{ab}	۰/۷۵±۰/۰۰ ^d	۰/۸۱±۰/۰۰ ^{bc}	۱/۱۲±۰/۰۰ ^a	۸۵/۰±۰/۰۰ ^b	۰/۷۹±۰/۰۰ ^{cd}	-۰/۱۰۸
سفیدی	۴۵/۷۵±۴/۱۸ ^a	۳۸/۸۳±۱/۶۵ ^a	۴۸/۰۱±۲/۸۹ ^a	۴۷/۰۷±۰/۷۰ ^a	۳۹/۲۸±۳/۴۴ ^a	-۰/۱۴۷

حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار طی دوره نگهداری در هر تیمار می‌باشد ($P < 0.05$).

* نشان دهنده تفاوت معنی‌دار

اسید، اسیدهای چرب آزاد) و رنگ سنجی بود. در تحلیل مولفه‌ها، تنها دو مولفه با مقدار ۹۱/۳۲ درصد استفاده شد و اولین مولفه‌های اصلی ($PC1$) ۶۳/۷۳ درصد است در حالی که دومین مولفه‌های اصلی ($PC2$) ۲۷/۵۹ 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 معنا است که نخستین مولفه، حداقل با تعدادی از متغیرها همبسته است. دومین مولفه اصلی استخراج شده، دو ویژگی مهم دارد. این مولفه بیشترین واریانس مجموعه داده‌ها که توسط مولفه‌های اصلی اول محاسبه نشده است را در بر می‌گیرد. 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 مولفه‌های اصلی شامل باکتری مزوفیل (۰/۸۶۷)، باکتری سرمادوست (۰/۸۵۹)، باکتری انروباکتریاسه (۰/۸۹۱)، باکتری استافیلوکوکوس (۰/۸۲۴)، باکتری تولید کننده H_2S (۰/۹۱۵)، بازهای ازته فرار (۰/۷۸۶)، pH (۰/۹۵۹)،

همبستگی بین آنالیزهای حسی، باکتریولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و رنگ سنجی

در ارزشیابی حسی مواد خوراکی، تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) راهی برای تجسم ارتباط بین پارامترهای کیفی ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ و صفات حسی آن فراهم می‌کند. در واقع PCA برای ایجاد منظره‌ی ساده شده‌ای از مجموعه داده‌های چند بعدی به کار می‌رود. مجموعه داده‌ها با توجه به همبستگی متغیرهای اصلی به داده‌های کوچک تری تبدیل می‌شوند و در نتیجه‌ی آن مولفه‌های اصلی شکل می‌گیرند. بیشترین مقدار واریانس داده‌ها در مولفه‌ی اصلی ۱ ($PCA1$) و سپس به ترتیب در $PCA2$ ، $PCA3$ ، ...، جای می‌گیرند (شکل ۲- a). مولفه‌های اصلی با هم همبستگی ندارند. پارامترها شامل ویژگی‌های مود استفاده پروتوکل روش شاخص کیفی (بافت، بو و رنگ) همچنین باکتری‌های مزوفیل، باکتری‌های سرمادوست، انروباکتریاسه، استافیلوکوکوس، باکتری‌های تولید کننده H_2S ، فاکتورهای فیزیکوشیمیایی (بازهای ازته فرار، pH، تری متیل آمین، تیوباربیتوریک

تعارض منافع

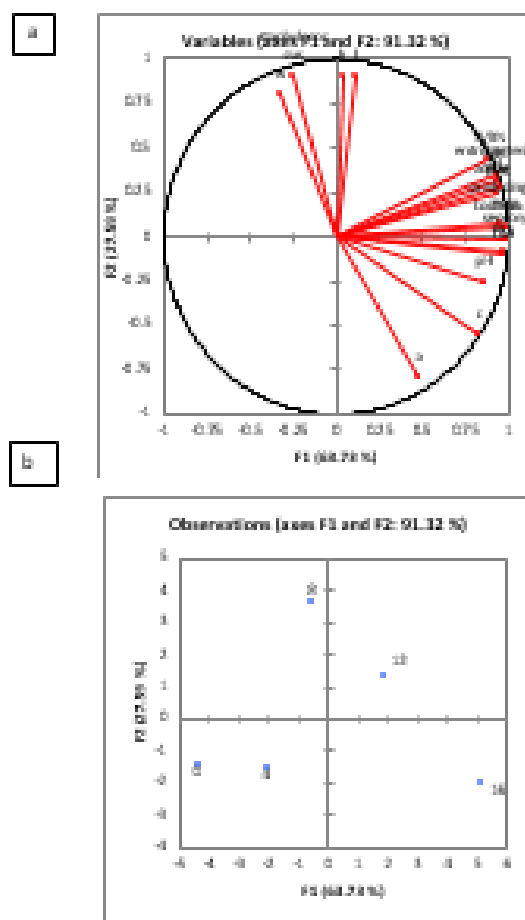
«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

منابع

- [1] Erkan, N., & 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(2), 331-345.
- [2] Hernández, M. D., López, M. B., Álvarez, A., Ferrandini, E., García, B. G., & Garrido, M. D. (2009). Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage. *Food chemistry*, 114(1), 237-245.
- [3] Huss, H.H., 1997. Garantia da qualidade dos productos da pesca. Roma: Organização das Nações para Alimentação e Agricultura Unidase -FAO- Documento técnico sobre as pescas 334, 176pp.
- [4] Sveinsdóttir, K., Martinsdóttir, E., Hyldig, G., Jørgensen, B. and Kristbergsson, K. 2002. Application of quality index method (QIM) scheme in shelf-life study of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Food Science* 67, 1570-1579.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] Sant'Ana, L. S., Soares, S., & 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(10), 2253-2259.
- [8] 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. P 1-10.

تیوباریتوریک اسید (۰/۹۳۳)، اسیدهای چرب آزاد (۰/۹۳۸)، رنگ سنجی (۰/۱۶۸ - ۰/۶۳۳)، حسی (۰/۹۸۹) است.

شکل ۲-b؛ تشکیل ۴ گروه نمونه‌ها را نشان می‌دهد. نمونه‌ها ذخیره شده در روز صفر و ۴ در بخش یک چهارم PC1 و PC2 منفی قرار داشت، بنابراین نشان دهنده تازه بودن محصول می‌باشد. نمونه ذخیره شده در روز ۸ در یک چهارم PC1 منفی و یک چهارم PC2 مثبت قرار داشت، بنابراین نسبت به حالت قبلی متفاوت است و نشان دهنده کاهش تازگی است. نمونه ذخیره شده در روز ۱۲ در یک چهارم PC1 مثبت و یک چهارم PC2 مثبت قرار داشت و نهایتاً، نمونه‌های ذخیره شده در روز ۱۶ در یک چهارم PC1 مثبت و یک چهارم PC2 منفی قرار داشت که نشان دهنده تفاوت آنها از دیگر نمونه‌های ماهی است.



شکل ۲ تحلیل مولفه‌های اصلی مطالعه پارامترهای کیفی ماهی کفال پشت سبز کامل نگهداری شده در یخ: (a) پارامترها شاخص کیفی شامل: ویژگی‌های حسی، رنگ سنجی، باکتری مزوفیل، باکتری سرمادوست، باکتری انتروباکتریاسه، باکتری استافیلوکوکوس، باکتری تولید کننده H₂S، بازهای ازته فرار، تری متیل آمین، pH، تیوباریتوریک اسید، اسیدهای چرب آزاد (b) ۰ روز = ۰، ۴ روز = ۳، ۸ روز = ۸، ۱۲ روز = ۱۲ و ۱۶ روز = ۱۶.

- [20] Botta, J. R. 1995. Sensory evaluation: Freshness quality grading. In J. R. Botta (Ed.), Evaluation of seafood freshness quality (pp. 65e97). New York: VCH.
- [21] Bernardi, D.C., Mársico, E.T. and De Freitas, M.Q., 2013. Quality index method (QIM) to assess the freshness and shelf life of fish. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 56, 587-598.
- [22] De Oliveira, M. C. S. D., Araujo, Y. F., de Lima Marques, J., da Silva, I. C. R., Freire, D. O., & Orsi, D. C. (2017). Microbiological evaluation and development of quality index method (QIM) scheme for farmed pintado fish (*Pseudoplatystoma corruscans*). *African Journal of Microbiology Research*, 11(11), 426-432.
- [23] Ritter, D. O., Lanzarin, M., Novaes, S. F., Monteiro, M. L. G., Almeida Filho, E. S., Mársico, E. T., ... & Freitas, M. Q. (2016). Quality Index Method (QIM) for gutted ice-stored hybrid tambatinga (*Colossoma macropomum* × *Piaractus brachypomum*) and study of shelf life. *LWT-Food Science and Technology*, 67, 55-61.
- [24] Araújo, W. S. C., De Lima, C. L. S., Peixoto Joele, M. R. S., & Lourenço, L. D. F. H. (2017). Development and Application of the Quality Index Method (QIM) for farmed Tambaqui (*Colossoma macropomum*) stored under refrigeration. *Journal of food safety*, 37(1), e12288.
- [25] ICMSF., 1986. Microorganisms in foods. The international commission on microbiological specifications for foods of the international union of biological societies. Oxford: Blachwell Scientific Publications.
- [26] Gram, L. and Huss, H. 1996. Microbiological spoilage of fish and fish products. *Food Microbiology*. 33: 121-137.
- [27] Chouliara I, Sawaidis LN, Riganakos K, Kontaminas MG (2004) Preservation of salted, vacuum-packaged, refrigerated sea bream (*Sparus aurata*) fillets by irradiation: microbiological, chemical and sensory attributes. *Food Microbiol* 21:351–359
- [28] Comi, G. (2017). Spoilage of meat and fish. In *The Microbiological Quality of Food* (pp. 179-210).
- [29] Brahmī, S., Touati, A., Dunyach-Remy, C., Sotto, A., Pantel, A., & Lavigne, J. P. (2018). High prevalence of extended-spectrum β-lactamase-producing enterobacteriaceae in wild fish from the Mediterranean Sea in Algeria. *Microbial Drug Resistance*, 24(3), 290-298.
- [30] Simon, S. S., & Sanjeev, S. (2007). Prevalence of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* in fishery products and fish processing factory workers. *Food control*, 18(12), 1565-1568.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] AOAC., 1995. Association of Official Analytical Chemists 15th (ed). Washington DC, Chapter, 35: 7-9.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] Zar, J.H., 1999. In W. McElroy, & P. Swanson (Eds.), Biostatistical analysis. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall Inc. pp. 619.
- [16] Borges, A., Conte-Junior, C. A., Franco, R. M., & Freitas, M. Q. (2013). Quality Index Method (QIM) developed for pacu *Piaractus mesopotamicus* and determination of its shelf life. *Food research international*, 54(1), 311-317.
- [17] Gómez-Sala, B., Herranz, C., Díaz-Freitas, B., Hernández, P. E., Sala, A., & Cintas, L. M. (2016). Strategies to increase the hygienic and economic value of fresh fish: Biopreservation using lactic acid bacteria of marine origin. *International journal of food microbiology*, 223, 41-49.
- [18] Gokoglu, N., Yerlikaya, P., Topuz, O. K., & Buyukbenli, H. A. (2012). Effects of plant extracts on lipid oxidation in fish croquette during frozen storage. *Food Science and Biotechnology*, 21(6), 1641-1645.
- [19] 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.

- golden gray mullet (*Liza auratus*). *LWT- Food Science and Technology*. 44: 1894-1900.
- [40] Kilincceker, 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.
- [41] Cheng, J. H., Sun, D. W., Pu, H. B., Wang, Q. J., & Chen, Y. N. (2015). Suitability of hyperspectral imaging for rapid evaluation of thiobarbituric acid (TBA) value in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fillet. *Food Chemistry*, 171, 258-265.
- [42] Shahidi, F., and Zhong, Y. 2005. Lipid oxidation: measurement methods (6th Ed.). Memorial university of Newfoundland, Canada. 357-385.
- [43] Aubourg, S. P., Rodríguez, A., and Gallardo, J. 2005. Rancidity development during frozen storage of mackerel (*Scomber scombrus*): Effect of catching season and commercial presentation. *European journal of lipid science and technology*. 107: 316-323.
- [44] Losada V. Barros-Velazquez, J. Aubourg, S. P. 2007. Rancidity development in frozen pelagic fish: Influence of slurry ice as preliminary chilling treatment. *LWT*. 40: 991-999.
- [45] Morsy, M. K., Zór, K., Kostesha, N., Alstrøm, T. S., Heiskanen, A., El-Tanahi, H., & Jakobsen, M. H. (2016). Development and validation of a colorimetric sensor array for fish spoilage monitoring. *Food Control*, 60, 346-352.
- [46] Nirmal, N.P. and Benjakul, S., 2011. Retardation of quality changes of Pacific white shrimp by green tea extract treatment and modified atmosphere packaging during refrigerated storage. *International Journal of Food Microbiology*, 149, 247-253.
- [47] Masniyom, P., Benjakul, S. and Visessanguan, W., 2002. Shelf-life extension of refrigerated sea bass slices under modified atmosphere packaging. *Journal of Science Food and Agriculture*, 82, 873-880.
- [31] Jeyasekaran, G., Ganesan, P., Shakila, R. J., Maheswari, K., & Sukumar, D. (2004). Dry ice as a novel chilling medium along with water ice for short-term preservation of fish Emperor breams, lethrinus (*Lethrinus miniatus*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 5(4), 485-493.
- [32] 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.
- [33] Etemadian, Y., Shabanpour, B., Mahoonak, A. S., & Shabani, A. (2012). Combination effect of phosphate and vacuum packaging on quality parameters of *Rutilus frisii kutum* fillets in ice. *Food Research International*, 45(1), 9-16.
- [34] 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.
- [35] Ghasemlou, M., Aliheidari, N., Fahmi, R., Shojaee-Aliabadi, S., Keshavarz, B., Cran, M. J., and Khaksar, R., 2013. Physical, mechanical and barrier properties of corn starch films incorporated with plant essential oils. *Carbohydrate polymers*, 98(1), 1117-1126.
- [36] 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.
- [37] Mokrani, D., Oumouna, M. and Cuesta, A., 2018. Fish farming conditions affect to European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) quality and shelf life during storage in ice. *Aquaculture*, 490, 120-124.
- [38] 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 Chemistry*, 160, 82-89.
- [39] Bahmani, Z.A., Rezai, M., Hosseini, S.V., Rogenstein, J.M., Böhme, K., Alishahi, A., Yadollahi, F. 2011. Chilled storage of

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Javadifard.,M., Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.



Khodanazary, A., Associate Professor, Fisheries, Marine Natural Resources, Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

✉ khodanazary@yahoo.com



0000-0001-8960-7324

Hosseini,M., Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.



این قسمت توسط نشریه تکمیل می‌گردد:



HOW TO CITE THIS ARTICLE



<http://doi.org/10.52547/joc.16.64.6>



<http://joc.inio.ac.ir/article-1-1859-fa.htm>



<https://orcid.org/0000-0001-8960-7324>

COPYRIGHTS



©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

