

ارزیابی تغییرات کیفی گوشت کپور ماهیان پرورشی صید شده طی نگهداری در یخ

سجاد مامی^{*}، محمدیار حسینی^۲، مهدی رشنواد^۱

۱. استادیار گروه علوم آزمایشگاهی و درمانگاهی، دانشکده پیرا دامپزشکی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

s.mami@ilam.ac.ir..... m.rashnavadi@ilam.ac.ir

۲. استادیار گروه بهداشت و صنایع غذایی، دانشکده پیرا دامپزشکی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

m.hosseini@ilam.ac.ir

*نویسنده مسئول، رایانامه: S.Mami@ilam.ac.ir

Evaluation of flesh quality changes in caught cultured carps during storage in ice

Sajjad Mammi^{*1}, Mohamadyar Hosseini², Mehdi Rashnavadi¹

1. Assistant Prof., Dept. of Laboratory and Clinical Science, Faculty of Veterinary Science, Ilam University, Ilam, Iran.

2. Assistant Prof., Department of Food Science & Technology, Faculty of Veterinary Science, Ilam University, Ilam, Iran.

*Corresponding Author, E-mail: S.Mami@ilam.ac.ir.

چکیده

نگهداری در یخ روشی است که برای سرد کردن ماهی استفاده می‌شود و با به تاخیر انداختن فرآیندهای بیوشیمیایی و باکتریایی سبب کاهش پیشرفت میکروارگانیسم‌ها و افزایش زمان نگهداری می‌شود. هدف مطالعه حاضر ارزیابی تغییرات پس از مرگ (شیمیایی، فیزیکی و میکروبی) در کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) طی نگهداری در یخ بود. برای این منظور، مجموع ۵۰ عدد ماهی از **استخرهای پرورش ماهی در آبادان** صید شد. سپس این کپور ماهیان به مدت ۷۲ ساعت در کنار یخ نگهداری شده و شاخص‌های کیفی گوشت در ۰، ۸، ۱۴، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از نگهداری در یخ ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که میزان pH، تیوباربیتوریک اسید (TBA)، اسیدهای چرب آزاد (FFA)، بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N) و باکتری‌های مزوفیل و سرمادوست بافت هر دو گونه ماهی طی دوره نگهداری در کنار یخ افزایش یافت، در حالی که ظرفیت نگهداری آب (WHC) کاهش یافت. پس از ۷۲ ساعت نگهداری در کنار یخ، میزان باکتری‌های مزوفیل بافت ماهیان کپور معمولی و کپور نقره‌ای به ترتیب به $\log$ 0.78 ± 0.08 CFU/g و 0.23 ± 0.20 log CFU/g افزایش یافت. بر اساس این یافته‌ها، مدت ماندگاری کپور ماهیان نگهداری شده در یخ کمتر از ۷۲ ساعت می‌باشد. تفاوت معنی‌داری در میزان FFA و باکتری‌های سرمادوست بین کپور ماهیان طی دوره نگهداری در یخ وجود نداشت. اما در ۷۲ ساعت پس از نگهداری در یخ، کپور معمولی به طور معنی‌داری pH (۷/۵۰)، TBA (۲/۱۵ میلی‌گرم مالون‌آلدهید در کیلوگرم)، TVB-N (۳۸/۰۶ میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم) و باکتری‌های مزوفیل بالاتر و WHC (۵۴/۶۰ درصد) پایین‌تری نسبت به کپور نقره‌ای (به ترتیب ۶/۷۹، ۱/۵۸، ۳۲/۱۹ و ۶۱/۲۵) داشت. نتایج همچنین نشان داد که کپور معمولی جمود نعشی سریع‌تری داشت (۱۴ ساعت)، در حالی که کپور نقره‌ای جمود نعشی کندتری داشت (۲۴ ساعت). بنابراین میزان تغییرات کیفی در ماهی کپور معمولی بیشتر از کپور نقره‌ای بود. **همچنین بر اساس نتایج**، کیفیت ماهی کپور نقره‌ای در مقایسه با کپور معمولی بعد از ۷۲ ساعت نگهداری در یخ بالاتر بود. به طور کلی، مدت ماندگاری کپور معمولی و کپور نقره‌ای تا ۴۸ ساعت پس از نگهداری در یخ تعیین شد. بنابراین استفاده از یخ روش مناسبی برای نگهداری طولانی مدت کپور ماهیان نیست.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی کیفیت، نگهداری در یخ، مدت زمان ماندگاری، کپور معمولی، کپور نقره‌ای.

کپور ماهیان از مهم‌ترین گونه‌های تجاری هستند که به دلیل ارزش غذایی مطلوب به طور گسترده در بسیاری از کشورهای دنیا پرورش داده می‌شوند. میزان تولید جهانی ماهیان از طریق پرورش در آب‌های داخلی در سال ۲۰۲۰ بالغ بر ۴۹ میلیون تن بوده است که ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) رتبه دوم و ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) رتبه چهارم تولید را به خود اختصاص داده‌اند (۱). همچنین در سال ۱۴۰۱ میزان کل تولیدات آبی‌پروری ایران حدود ۶۰۱۴۳۵ تن و میزان تولید ماهیان گرمابی کشور ۲۳۹۷۱۳ تن بوده است (۲). افزایش جمعیت و کمبود مواد غذایی به ویژه منابع پروتئینی با کیفیت بالا سبب توجه خاصی به منابع خوراکی آبی در چند دهه اخیر گردیده است. ماهی یک منبع با ارزش پروتئینی بالا است که به دلیل درصد پایین بافت پیوندی به آسانی قابل هضم است. همچنین ماهیان حاوی مقادیر بالایی از مواد مغذی، ویتامین‌های محلول در چربی و مواد معدنی هستند (۳). علاوه بر موضوع تهیه غذا، فراهم کردن غذای سالم نیز مورد توجه می‌باشد. این امر اهمیت کنترل کیفی شیمیایی و میکروبی مواد غذایی را در مراحل مختلف تهیه، نگهداری و مصرف روشن می‌نماید.

با توجه به تولید بالای کپور ماهیان و به دلیل اینکه ماهی نسبت به سایر فرآورده‌های گوشتی قابلیت فساد بیشتری دارد، حفظ کیفیت آن پس از صید، از اهمیت زیادی برخوردار است. کپور ماهیان به طور عمده در کنار یخ نگهداری و عرضه می‌شوند و با توجه به این که فعالیت‌های آنزیمی و میکروبی تا حد زیادی تحت تأثیر دما قرار دارند، کنترل درجه حرارت از نظر افزایش مدت زمان ماندگاری و حفظ کیفیت محصول از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۴، ۵). پس از صید ماهی مجموعه تغییراتی در بدن آن شامل جمود نعشی، خود هضمی، اکسیداسیون چربی‌ها و تغییرات باکتریایی و بیوشیمیایی آغاز می‌شود که در صورت شرایط نامطلوب نگهداری، به مرور زمان سبب از دست دادن کیفیت و در نهایت فساد و محدودیت در مصرف ماهی خواهد شد (۶). عامل فساد ماهیانی که در یخ نگهداری می‌شوند، عمدتاً باکتری‌های سرمادوست هستند. این باکتری‌ها قادرند در صفر درجه سانتی‌گراد یا کمتر از این نیز فعالیت نموده و تکثیر شوند (۶). بنابراین آگاهی از تغییرات پس از صید در ماهیان در طی مراحل مختلف نگهداری در شرایط سردسازی جهت پیش‌بینی مدت زمان ماندگاری محصول و قابل مصرف بودن آن ضروری می‌باشد.

ماهیان با وجود ارزش غذایی بالا، در برابر فساد اکسیداتیو بسیار حساس هستند و ویژگی‌های کیفی آن‌ها طی نگهداری در اثر فساد باکتریایی و اکسیداتیو کاهش می‌یابد (۷). استفاده از یخ آسان‌ترین و ارزان‌ترین روش کاهش درجه حرارت ماهی

بوده و شیوه مناسبی در حمل و نگهداری موقت ماهی است (۸). نگهداری ماهی در کنار یخ سبب کاهش سرعت فعالیت‌های آنزیمی، شیمیایی و میکروبی می‌شود (۹)، اما به دلیل عدم توانایی یخ برای کاهش دمای ماهی به میزان کافی، این فعالیت‌ها به طور کامل متوقف نمی‌شوند و تغییرات نامطلوبی از جمله اکسیداسیون، هیدرولیز چربی و فعالیت میکروبی به آرامی صورت گرفته و باعث کاهش کیفیت گوشت ماهی طی دوره نگهداری می‌شود (۱۰). **Rasul و همکاران (۲۰۲۲)** با بررسی تغییرات بیوشیمیایی کپور علفخوار نگهداری شده در یخ مشاهده نمودند که در طول دوره نگهداری، مقادیر بازهای نیتروژنی فرار کل و مواد واکنش دهنده تیوباربیتوریک اسید افزایش پیدا می‌کند (۴). با این حال، نگهداری مستقیم ماهی کپور معمولی در یخ در مقایسه با کشتار ماهی خارج از آب، باعث کاهش کمتر pH پس از مرگ، به تاخیر انداختن جمود نعشی، کاهش مقدار آب‌چک و بهبود رنگ پوست و کاهش کدر شدن چشم شد (۱۱).

ماهیان پرورشی آب شیرین از جمله کپور ماهیان از بازار پسندی بالایی برخوردار بوده و بعد از صید عمدتاً به صورت مستقیم وارد بازار می‌شوند. با توجه به ارزش تجاری و تغذیه‌ای کپور ماهیان و تمایل مصرف‌کنندگان به استفاده از ماهی تازه، تعیین کیفیت و مدت ماندگاری ماهی در کنار یخ از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین در تحقیق حاضر تغییرات پس از مرگ (شیمیایی، فیزیکی و میکروبی) در دو گونه کپور معمولی و کپور نقره‌ای صید شده در آبادان (خوزستان) طی نگهداری در کنار یخ به مدت ۷۲ ساعت ارزیابی و مقایسه شده است.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی ماهیان جهت نگهداری در یخ: تعداد ۲۵ قطعه ماهی کپور معمولی با میانگین وزنی 150 ± 1400 گرم و ۲۵ قطعه کپور نقره‌ای با میانگین 100 ± 1450 گرم از استخرهای پرورش ماهیان گرمابی در منطقه آبادان و در فصل زمستان صید شدند. پس از صید، ماهیان بلافاصله در جعبه‌های یونولیتی عایق و به نسبت ۱:۲ (ماهی: یخ) قرار داده شده و به آزمایشگاه بخش خصوصی (اهواز، ایران) منتقل شدند. سپس ماهیان به مدت ۷۲ ساعت در کنار یخ نگهداری شده و شاخص‌های کیفی گوشت در زمان‌های صفر، ۸، ۱۴، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از مرگ مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای سنجش هر شاخص، ۳ قطعه ماهی (۳ تکرار) استفاده شد. پس از انجام هر مرحله آزمایش، نمونه‌ها تا انجام مراحل بعدی آزمایش‌ها در جعبه‌های یونولیتی عایق و در میان لایه‌های یخ نگهداری می‌شدند.

آنالیزهای شیمیایی: پس از هموژن کردن بافت عضله ماهی (گوشت ماهی)، ۵ گرم از نمونه با ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط گردید، سپس pH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر مدل ۳۵۱۰ (شرکت Jenway، انگلستان) اندازه‌گیری گردید (۱۲).

تعیین مقدار تیوباریتوریک اسید (TBA) نمونه‌ها به روش رنگ سنجی انجام شد (۱۳). سنجش مقدار اسیدهای چرب آزاد (FFA) گوشت با استخراج چربی از ۱۰ گرم نمونه با کمک کلروفرم/متانول و تیتراسیون گروه‌های کربوکسیل آزاد موجود در آن با هیدروکسید سدیم صورت گرفت (۱۴). اندازه‌گیری بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N) به روش کلدال انجام شد. ۱۰ گرم نمونه به علاوه ۲ گرم اکسید منیزیم و ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به بالن متصل شد و در نهایت بازهای ازته فرار به داخل محلول اسید بوریک ۲ درصد و متیل‌رد به عنوان شاخص وارد شد. تیترا محلول زرد رنگ حاصله با اسید سولفوریک تا حاصل شدن رنگ ارغوانی، انجام شد. میزان بازهای نیتروژنی فرار بر حسب میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه ماهی محاسبه گردید (۱۵).

آنالیزهای فیزیکی: برای تعیین شاخص جمود نعشی، میزان خمیدگی بدن و ساقه دمی محاسبه شد (۱۶). بدین ترتیب که نصف طول ماهی (قسمت سر) روی لبه میز قرار گرفت و ارتفاع بین قسمت روی میز و دم ماهی اندازه‌گیری شد و نتایج به صورت درصد ارائه گردید. ظرفیت نگهداری آب (WHC) با استفاده از سانتیفریوژ و توزین وزن اولیه نمونه و وزن نمونه پس از سانتیفریوژ اندازه‌گیری گردید (۱۷).

آنالیز میکروبی: مقدار ۱ گرم نمونه در ۹ میلی‌لیتر محلول سرم فیزیولوژی در شرایط استریل هموژن شده و از آن برای تهیه رقت‌های متوالی و شمارش باکتری‌های مورد نظر در محیط کشت و دمای مخصوص استفاده شد. شمارش بار باکتریایی مزوفیل و باکتری‌های سرمادوست بر اساس روش پورپلیت (کشت آمیخته) با افزودن یک میلی‌لیتر از هر رقت به محیط کشت پلیت کانت آگار^۱ (PCA) انجام شد. نمونه‌های کشت داده شده در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت برای شناسایی بار باکتریایی مزوفیل و در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ روز برای شناسایی باکتری‌های سرمادوست قرار گرفتند و پس از طی مدت انکوباسیون، کلنی‌ها شمارش شدند. شمارش کلنی‌ها بر مبنای $\log \text{cfu/g}$ بیان گردید (۱۸).

تجزیه و تحلیل آماری: تحلیل‌های آماری با نرم افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شد. داده‌ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار بیان شدند. نرمال بودن داده‌ها با آزمون Shapiro-Wilk و همگنی واریانس‌ها با آزمون Leven بررسی گردید. برای تعیین اختلاف معنی‌دار بین مقادیر هر شاخص در زمان‌های مختلف نگهداری از آنالیز واریانس یک طرفه^۲ و جهت مقایسه

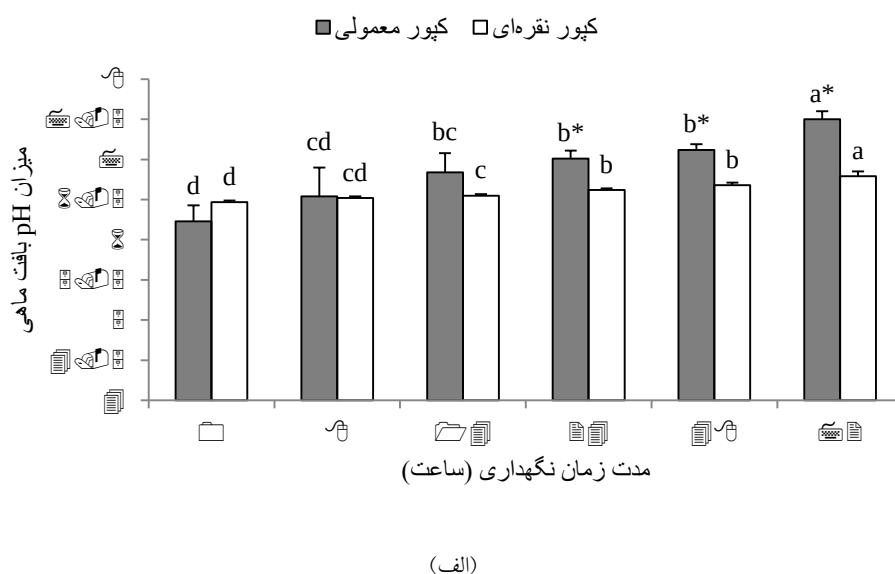
¹ Plate count agar

² One-Way ANOVA

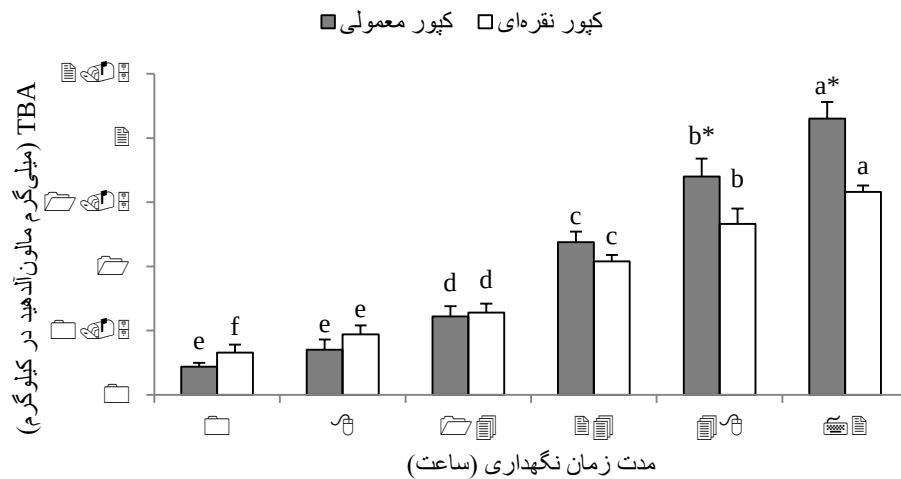
میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. برای مقایسه گونه‌های کپور معمولی و نقره‌ای در هر یک از زمان‌های نگهداری نیز از آزمون تی مستقل^۱ استفاده گردید. سطح معنی‌داری قابل قبول در آزمون‌های آماری به صورت $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

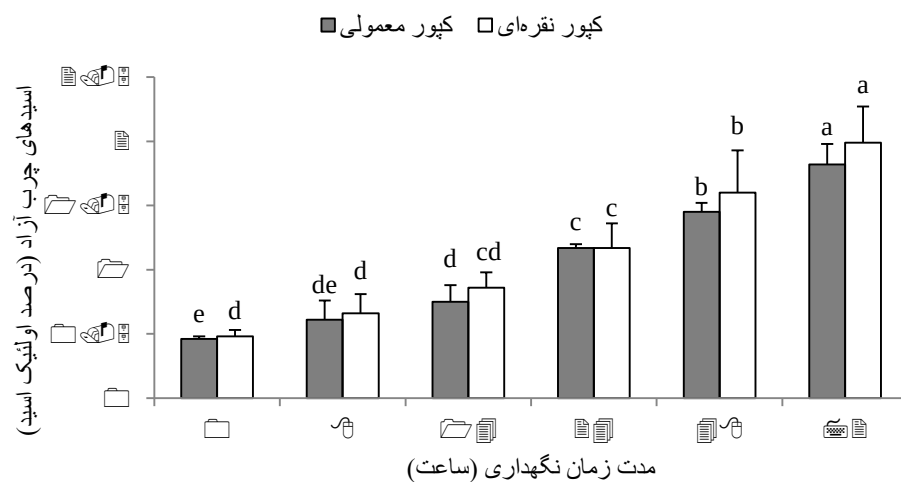
نتایج آنالیز شیمیایی: در هر دو گونه ماهی کمترین میزان pH در زمان صفر و بیشترین میزان pH در ۷۲ ساعت پس از نگهداری در کنار یخ مشاهده شد (شکل ۱-الف). میزان pH بافت ماهی کپور معمولی در زمان‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از نگهداری بیشتر از کپور نقره‌ای بود. میزان تیوباربیتوریک اسید بافت ماهیان در طی دوره نگهداری در کنار یخ، به طور معنی‌داری افزایش یافت و در ۷۲ ساعت بعد از نگهداری به بالاترین میزان خود رسید (شکل ۱-ب). بعد از ۴۸ و ۷۲ ساعت نگهداری، میزان تیوباربیتوریک اسید بافت ماهی کپور معمولی به طور معنی‌داری بالاتر از کپور نقره‌ای بود. بیشترین میزان اسیدهای چرب آزاد بافت در ۷۲ ساعت بعد از نگهداری و پس از آن در ۴۸ ساعت بعد از نگهداری در کنار یخ مشاهده شد (شکل ۱-ج). میزان بازهای نیتروژنی فرار کل با گذشت زمان نگهداری در نمونه‌ها افزایش یافت (شکل ۱-د). بعد از ۷۲ ساعت نگهداری، کپور معمولی به طور معنی‌داری میزان بالاتری از بازهای نیتروژنی فرار را نسبت به کپور نقره‌ای نشان داد.



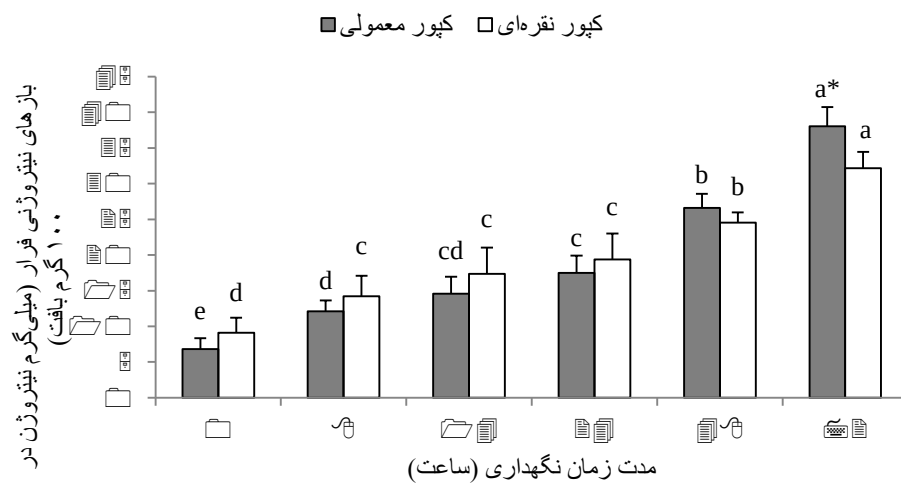
¹ Independent-Samples T Test



(ب)



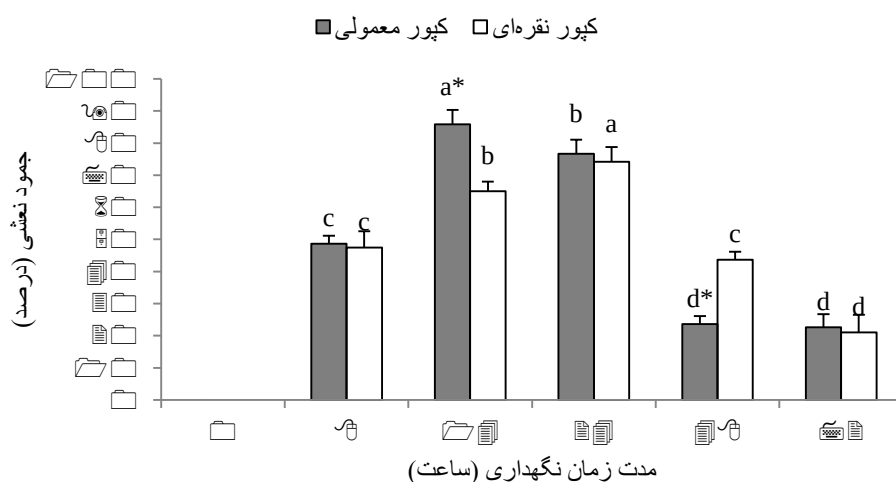
(ج)



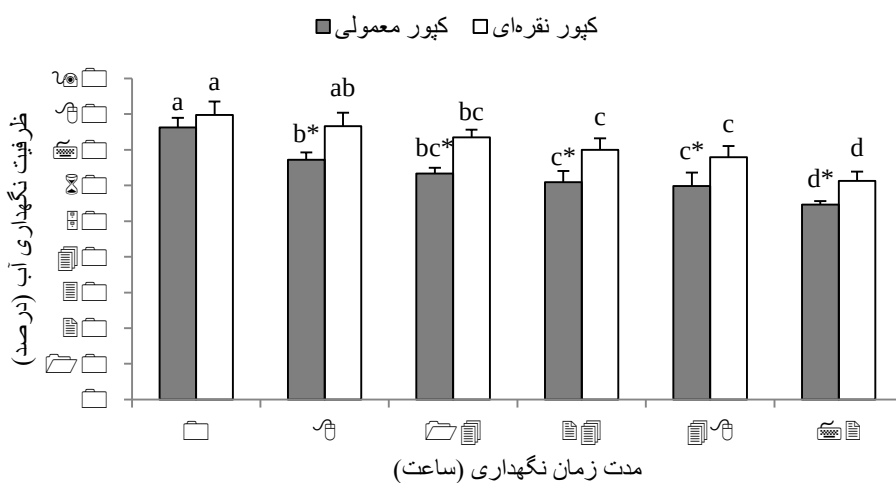
(د)

شکل ۱- تغییرات میزان pH (الف)، تیوباریتوریک اسید (ب)، اسیدهای چرب آزاد (ج) و بازهای نیتروژنی فرار (د) بافت ماهیان کپور معمولی و نقره‌ای پس از مرگ طی نگهداری در کنار یخ. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در زمان‌های مختلف نگهداری برای هر گونه است ($p < 0.05$). علامت ستاره بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین دو گونه ماهی در هر زمان نگهداری می‌باشد ($p < 0.05$).

نتایج آنالیز فیزیکی: ماهی کپور معمولی بعد از ۱۴ ساعت نگهداری در کنار یخ به جمود نعشی رسید و پس از ۴۸ ساعت نگهداری، از جمود خارج شد، در حالی که ماهی کپور نقره‌ای بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در کنار یخ به جمود نعشی رسید و پس از ۷۲ ساعت نگهداری به طور کامل از جمود خارج گردید (شکل ۲-الف). با افزایش مدت زمان نگهداری ماهیان در کنار یخ، میزان ظرفیت نگهداری آب بافت ماهیان کاهش یافت (شکل ۲-ب). ظرفیت نگهداری آب بافت ماهی کپور نقره‌ای در طی مدت نگهداری در کنار یخ به جز در زمان صفر به طور معنی‌داری بیشتر از ماهی کپور معمولی بود.



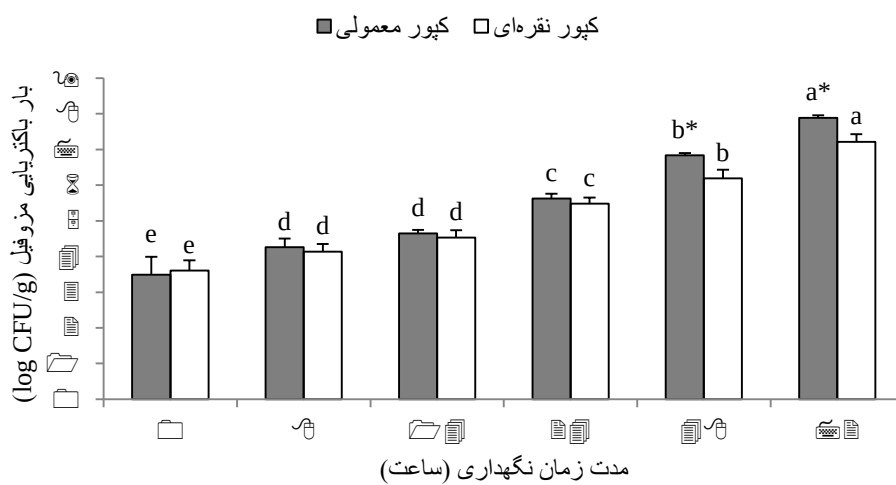
(الف)



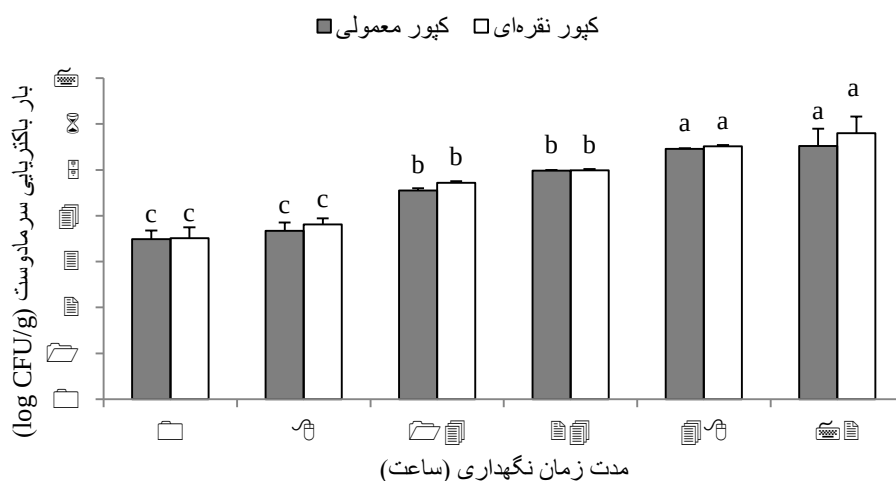
(ب)

شکل ۲- تغییرات شاخص جمود نعشی (الف) و ظرفیت نگهداری آب (ب) بافت ماهیان کپور معمولی و نقره‌ای پس از مرگ طی نگهداری در کنار یخ. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در زمان‌های مختلف نگهداری برای هر گونه می‌باشد ($p < 0.05$). علامت ستاره بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین دو گونه ماهی در هر زمان نگهداری است ($p < 0.05$).

نتایج آنالیز میکروبی: در طول دوره نگهداری در کنار یخ، میزان بار باکتریایی مزوفیل و تعداد باکتری‌های سرمادوست بافت ماهیان افزایش معنی‌داری را نشان داد (شکل‌های ۳-الف و ۳-ب). در ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از نگهداری در کنار یخ، میزان بار باکتریایی مزوفیل بافت ماهی کپور معمولی به طور معنی‌داری بیشتر از ماهی کپور نقره‌ای بود.



(الف)



(ب)

شکل ۳- تغییرات میزان بار باکتریایی مزوفیل (الف) و بار باکتریایی سرمادوست (ب) بافت ماهیان کپور معمولی و نقره‌ای پس از مرگ طی نگهداری در کنار یخ. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در زمان‌های مختلف نگهداری برای هر گونه است ($p < 0.05$). علامت ستاره بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین دو گونه ماهی در هر زمان نگهداری می‌باشد ($p < 0.05$).

بحث و نتیجه‌گیری

تغییرات شیمیایی: در مطالعه حاضر، میزان pH در طی زمان نگهداری در کنار یخ در نمونه‌ها یک روند افزایشی را نشان داد. در هر دو گونه ماهی کپور معمولی و کپور نقره‌ای کمترین میزان pH در زمان صفر و بالاترین میزان pH در ۷۲ ساعت پس از نگهداری در کنار یخ مشاهده گردید. به طور مشابه، در مطالعه Rasul و همکاران (۲۰۲۲) نیز مقدار pH اولیه کپور علفخوار از ۶/۷۶ به ۷/۰۵ در روز دوازدهم نگهداری در یخ افزایش یافت (۴). پس از مرگ ماهی و با افزایش مدت زمان نگهداری، به دلیل عملکرد آنزیم‌های پروتئولیتیک مقدار آمین‌های آزاد افزایش می‌یابد که باعث افزایش میزان pH نمونه‌ها می‌گردد (۱۹). میزان pH در محصولات شیلاتی به عنوان یکی از شاخص‌های فساد مطرح شده است که pH بالاتر از ۷ در فیله ماهیان نشان دهنده فساد می‌باشد (۱۹). در این مطالعه، pH بافت ماهی کپور معمولی در ۷۲ ساعت بعد از نگهداری به 7.5 ± 0.1 رسید که بالاتر از حد مجاز می‌باشد. چنین افزایشی در میزان pH می‌تواند ناشی از رشد باکتری‌ها، کاهش کیفیت و در نهایت فساد ماهی باشد (۲۰). در مطالعه حاضر، میزان pH بافت ماهی کپور معمولی در زمان‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از نگهداری در کنار یخ، بیشتر از ماهی کپور نقره‌ای بود. همچنین میزان بار باکتریایی مزوفیل بافت ماهی کپور معمولی بعد از ۴۸ و ۷۲ ساعت نگهداری در کنار یخ، به طور معنی‌داری بیشتر از ماهی کپور نقره‌ای بود. بنابراین افزایش pH در عضله ماهی می‌تواند شرایط مناسبی برای رشد و تکثیر باکتری‌ها فراهم نماید (۲۱).

اکسیداسیون چربی یکی از مهمترین دلایل فساد گوشت و کاهش کیفیت آن می‌باشد که موجب کاهش ارزش غذایی و تولید ترکیبات سمی می‌شود (۲۲). در این مطالعه در طی دوره نگهداری در کنار یخ، میزان تیوباربیتوریک اسید بافت ماهیان روندی افزایشی داشت و در ۷۲ ساعت بعد از نگهداری به بالاترین میزان خود رسید که این امر می‌تواند به علت تشکیل ترکیبات آلدهیدی حاصل از شکست پراکسیدها باشد. همچنین Rasul و همکاران (۲۰۲۲) با بررسی تغییرات بیوشیمیایی کپور علفخوار نگهداری شده در یخ مشاهده نمودند که در طول دوره نگهداری، مقادیر بازهای نیتروژنی فرار کل و مواد واکنش دهنده تیوباربیتوریک اسید افزایش پیدا می‌کند (۴). به طور کلی، میزان مجاز تیوباربیتوریک اسید در گوشت ماهی حدود ۱ تا ۲ میلی‌گرم مالون‌آلدهید در کیلوگرم گوشت می‌باشد (۲۳). در مطالعه حاضر، میزان TBA بافت ماهی کپور

معمولی در ۴۸ ساعت پس از مرگ $0/14 \pm 1/70$ میلی گرم مالون آلدئید در کیلوگرم بافت بود و در ۷۲ ساعت بعد از نگهداری در کنار یخ به $0/13 \pm 2/15$ میلی گرم رسید. در حالی که میزان TBA بافت ماهی کپور نقره‌ای تا ۷۲ ساعت بعد از نگهداری در کنار یخ $0/05 \pm 1/58$ میلی گرم مالون آلدئید در کیلوگرم بافت بود. بنابراین میزان TBA بافت ماهی کپور معمولی ۷۲ ساعت بعد از نگهداری در کنار یخ، از حد مجاز فراتر رفته است. با وجود نگهداری در کنار یخ، ماهی با مجموعه‌ای از تغییرات کیفی مواجه است که میزان این تغییرات در ماهیان چرب (کپور معمولی) بیشتر از ماهیان کم‌چرب (کپور نقره‌ای) است. سرعت فساد ماهی مرتبط با عواملی از جمله گونه ماهی، اندازه ماهی، مقدار چربی، بار میکروبی و درجه حرارت نگهداری می‌باشد. فساد ماهیان چرب نسبت به گونه‌های کم‌چرب سریعتر است که دلیل آن می‌تواند هیدرولیز بیشتر چربی باشد (۲۴).

علاوه بر تندی اکسیداتیو، نوع دیگری از تندی با عنوان تندی هیدرولیتیک نیز وجود دارد که نخستین مرحله آن، شکسته شدن تری‌گلیسرید به اسیدهای چرب و گلیسرول است. شکسته شدن اتصال بین اسیدهای چرب و گلیسرول سبب تولید اسیدهای چرب آزاد می‌شود. آنزیم‌های هیدرولیز کننده چربی، تغییرات عمده‌ای را پس از مرگ ماهیان رقم زده و مقدار اسیدهای چرب آزاد را در آن‌ها افزایش می‌دهند (۲۵). نتایج این مطالعه نشان داد که میزان اسیدهای چرب آزاد بافت دو گونه ماهی کپور معمولی و کپور نقره‌ای طی مدت نگهداری در کنار یخ از روندی افزایشی برخوردار بود و بالاترین میزان اسیدهای چرب آزاد بافت این ماهیان، در ۷۲ ساعت بعد از نگهداری در کنار یخ مشاهده گردید. به طور مشابه، ارزیابی تغییرات پس از مرگ در ماهی گطان (*Luciobarbus xanthopterus*) در طول دوره نگهداری در یخ به مدت ۷۲ ساعت نشان داد که شاخص‌های pH، تیوباربیتوریک اسید و اسیدهای چرب آزاد در طول دوره نگهداری روندی افزایشی داشتند و استفاده از یخ برای نگهداری طولانی مدت ماهی گطان روش مناسبی نیست (۲۶). عضلات ماهی دارای مقادیر فراوانی ترکیبات ازت‌دار غیر پروتئینی می‌باشند که پس از صید اثرات قابل توجهی بر کیفیت ماهی دارند (۶). در این مطالعه میزان بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N) با گذشت زمان در نمونه‌ها افزایش یافت، به طوری که در ۷۲ ساعت بعد از نگهداری در کنار یخ در ماهیان کپور معمولی و کپور نقره‌ای به ترتیب به $2/66 \pm 38/06$ و $2/25 \pm 32/19$ میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم بافت رسید که بالاتر از حد استاندارد است. بالاترین مقدار TVB-N قابل قبول در بافت ماهی، ۳۰ میلی گرم در ۱۰۰ گرم بافت می‌باشد (۲۷). وقتی فعالیت باکتریایی بالا باشد، ترکیباتی مانند تری‌متیل‌آمین، پپتیدها و آمینواسیدها به بازهای فرار شکسته می‌شوند. بنابراین افزایش مقدار بازهای نیتروژنی فرار در مراحل پایانی نگهداری ماهی به علت افزایش فعالیت میکروبی می‌باشد (۲۸).

تغییرات فیزیکی: اولین تغییر قابل توجه در ساختار گوشت ماهی پس از مرگ، جمود نعشی می‌باشد. معمولاً pH پایین و سرد کردن کامل ماهی، شروع جمود نعشی را به تأخیر می‌اندازد (۲۱). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ماهی کپور معمولی بعد از ۱۴ ساعت نگهداری در کنار یخ به جمود نعشی رسید و پس از ۴۸ ساعت نگهداری از جمود خارج شد. در حالی که ماهی کپور نقره‌ای بعد از ۲۴ ساعت نگهداری به جمود نعشی رسید و پس از ۷۲ ساعت نگهداری از جمود خارج گردید. بنابراین ماهی کپور نقره‌ای دیرتر از ماهی کپور معمولی به جمود نعشی رسید و دیرتر نیز از مرحله جمود خارج شد. فعالیت باکتریایی به طور معمول از پایان مرحله جمود پس از مرگ آغاز می‌شود. به همین دلیل هر گونه تأخیر در آغاز جمود، مدت زمان ماندگاری ماهی را افزایش خواهد داد (۲۹). بنابراین در مطالعه حاضر، کیفیت بالاتر ماهی کپور نقره‌ای در مقایسه با ماهی کپور معمولی بعد از ۷۲ ساعت نگهداری می‌تواند به علت تأخیر در آغاز جمود نعشی و به دنبال آن تأخیر در آغاز فعالیت باکتریایی در ماهی کپور نقره‌ای نسبت به کپور معمولی باشد. در این مطالعه میزان بار باکتریایی مزوفیل بافت ماهی کپور نقره‌ای بعد از ۴۸ و ۷۲ ساعت نگهداری در کنار یخ، به طور معنی‌داری کمتر از میزان آن در کپور معمولی بود.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که با افزایش مدت زمان نگهداری ماهیان در کنار یخ، میزان ظرفیت نگهداری آب بافت کاهش می‌یابد. از طرفی، در طی دوره نگهداری در کنار یخ، میزان تیوباریتوریک اسید بافت ماهیان روندی افزایشی داشت و در ۷۲ ساعت بعد از نگهداری به بیشترین میزان خود رسید. تغییرات حاصل از اکسیداسیون چربی‌ها می‌تواند موجب تغییراتی در سیستم پروتئینی عضلات شود که سبب کاهش کیفیت بافت عضلانی و افزایش مقدار مایعات خروجی از عضلات می‌گردد (۶). بنابراین ظرفیت نگهداری آب بافت عضله ماهیان کاهش می‌یابد. همچنین ظرفیت نگهداری آب بافت ماهی کپور نقره‌ای در طی مدت نگهداری در کنار یخ به جز در زمان صفر به طور معنی‌داری بالاتر از کپور معمولی بود. این افزایش ممکن است مرتبط با کاهش اکسیداسیون چربی در ماهی کپور نقره‌ای نسبت به کپور معمولی باشد. Olsson و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که با افزایش زمان نگهداری ماهی در یخ، میزان باکتری‌ها و در نتیجه آنزیم‌های پروتئولیتیک افزایش پیدا می‌کند و احتمالاً این آنزیم‌ها سبب تخریب ترکیبات درون سلولی و در نتیجه تغییر در فیبرهای عضلانی و ظرفیت نگهداری آب عضله می‌شوند (۳۰). در مطالعه حاضر نیز با افزایش زمان نگهداری ماهیان در کنار یخ، میزان بار باکتریایی بافت افزایش یافت و ممکن است با تغییر در فیبرهای عضلانی باعث کاهش ظرفیت نگهداری آب بافت شده باشد.

تغییرات میکروبی: در مطالعه حاضر، میزان بار باکتریایی مزوفیل و بار باکتریایی سرمادوست بافت ماهیان در طول دوره نگهداری در کنار یخ، افزایش یافت. مشابه نتایج ما در *Tenualosa ilisha* نیز بار میکروبی در دوره نگهداری در یخ به طور

پیوسته از $\log \text{CFU/g}$ ۲/۹۶ به $\log \text{CFU/g}$ ۷/۶۷ افزایش یافت (۵). کمیته بین‌المللی تعیین ویژگی‌های میکروب شناسی

مواد غذایی^۱ حد مجاز $\log \text{CFU/g}$ ۷ را برای بار باکتریایی کل در ماهی خام تعیین کرده است (۳۱). در تحقیق حاضر، میزان بار باکتریایی مزوفیل بافت ماهیان کپور معمولی و نقره‌ای بعد از ۷۲ ساعت نگهداری در کنار یخ به ترتیب به $\log \text{CFU/g}$ ۰/۰۸ ± ۷/۸۸ و $\log \text{CFU/g}$ ۰/۲۳ ± ۷/۲۰ افزایش یافت. بنابراین بعد از ۷۲ ساعت نگهداری در کنار یخ، میزان بار باکتریایی مزوفیل بافت ماهیان کپور معمولی و نقره‌ای به بالاتر از حد مجاز رسیده است. افزایش فرآورده‌های متابولیک به واسطه میکروارگانیسم‌هایی است که در داخل محصول رشد می‌کنند. این متابولیت‌ها، بو و مزه ماهی را تغییر داده و حتی می‌توانند سمی باشند. تشکیل بازهای نیتروژنی فرار به دلیل فعالیت باکتری‌های ویژه فساد است (۳۲). در این مطالعه نیز افزایش میزان بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N) بافت ماهیان پس از مرگ و طی نگهداری در کنار یخ می‌تواند ناشی از افزایش میزان بار باکتریایی بافت ماهیان در طی مدت نگهداری باشد.

نتیجه‌گیری کلی

پس از صید و طی دوره نگهداری ماهیان کپور معمولی و نقره‌ای در کنار یخ، میزان pH، تیوباربیتوریک اسید، اسیدهای چرب آزاد، بازهای نیتروژنی فرار و بار باکتریایی مزوفیل و سرمادوست بافت ماهیان یک روند افزایشی را نشان داد و ظرفیت نگهداری آب بافت ماهیان کاهش یافت. میزان pH، تیوباربیتوریک اسید، بازهای نیتروژنی فرار و بار باکتریایی مزوفیل بافت ماهی کپور معمولی در ۷۲ ساعت پس از نگهداری در کنار یخ بیشتر از ماهی کپور نقره‌ای بود. علاوه بر این، ماهی کپور معمولی زودتر از ماهی کپور نقره‌ای به جمود نعشی رسید و زودتر نیز از جمود خارج شد. بنابراین کیفیت ماهی کپور نقره‌ای در مقایسه با کپور معمولی بعد از ۷۲ ساعت نگهداری در یخ بالاتر بود. با توجه به حفظ کیفیت کپور ماهیان تا ۴۸ ساعت پس از صید، استفاده از یخ جهت نگهداری کوتاه مدت و عرضه ماهیان کپور معمولی و نقره‌ای به بازار مصرف توصیه می‌شود. با این حال، مدت زمان ماندگاری ماهیان کپور معمولی و نقره‌ای در کنار یخ کمتر از ۷۲ ساعت (حدود ۴۸ ساعت) بود.

سپاسگزاری

از زحمات همکاران دانشکده دامپزشکی دانشگاه ایلام، اتحادیه تعاونی‌های صیادی استان خوزستان و همچنین همکاران گروه شیلات دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر (خوزستان) کمال تشکر و قدردانی را دارم.

منابع

¹ International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF)

1. FAO. (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome. 266 p. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
2. Iran Fisheries Organization. (2024). Statistical Yearbook of Iran Fisheries Organization 1397-1401. 33 p. [In Persian]
3. Pérez-Alonso, F., Aubourg, S.P., Rodríguez, Ó. & Barros-Velázquez, J. (2004). Shelf life extension of Atlantic pomfret (*Brama brama*) fillets by packaging under a vacuum-skin system. *European Food Research and Technology*, 218, 317-331.
4. Rasul, M.G., Faruk, M.O., Sarkar, M.S.I., Yuan, C., Akter, T., & Shah, A. (2022). Post-mortem Biochemical, Microbiological and Sensory Quality Changes in the Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*) during Ice Storage. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 26(5), 175.
5. Majumdar, B.C., Chowdhury, A., Ahammad, B., Rasul, M.G., Rabbi, R.H.M., Rahman, M.H., Anny, F., Rahman, M.D.Z., & Mia, R. (2024). Effects of ice storage on post-mortem quality changes and shelf life of Hilsa, *Tenualosa ilisha* (Hamilton, 1822) in Bangladesh. *Journal of Stored Products Research*, 107, 102344. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102344>
6. Razavi Shirazi, H. (2008). Technology of marine products-maintenance and processing principles. Second edition, Parsnegar Publishing House, Tehran, 325 p. [In Persian]
7. Mexis, S., Chouliara, E., & Kontominas, M. (2009). Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf life extension of rainbow trout fillets stored at 4 °C. *Food microbiology*, 26, 598-605.
8. Balachandran, K. (2001). *Post-harvest technology of fish and fish products*, Daya Books.
9. Connell, J.J. (1980). *Control of fish quality*, Fishing News Books Ltd.
10. Perez-Villarreal, B., & Pozo, R. (1990). Chemical composition and ice spoilage of albacore (*Thunnus alalunga*). *Journal of Food science*, 55, 678-682.
11. Shabanpour, B., Rahmanifarah, K., & Shabani, A. (2012). Evaluation of post mortem flesh quality attributes in common carp (*Cyprinus carpio* L.) slaughtered by exsanguination and hypothermia methods. *Journal of Food Science and Technology*, 9(36), 21-31. [In Persian]
12. Suvanich, V., Jahncke, M., & Marshall, D. (2000). Changes in selected chemical quality characteristics of channel catfish frame mince during chill and frozen storage. *Journal of food science*, 65, 24-29.
13. Kirk, S., & Sawyer, R. (1991). *Pearson's composition and analysis of foods*, Longman Group Ltd.
14. Woyewoda, A.D. (1986). *Recommended laboratory methods for assessment of fish quality*, Department of Fisheries and Oceans, Fisheries Development Branch.
15. Goulas, A.E., & 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.

16. Bito, M., Yamada, K., Mikumo, Y., & Amano, K. (1983). Studies on rigor mortis of fish. I. Difference in the mode of rigor mortis among some varieties of fish by modified Cutting's method. *Bulletin-Tokai Regional Fisheries Research Laboratory*.
17. Rørå, A.M.B., Regost, C., & Lampe, J. (2003). Liquid holding capacity, texture and fatty acid profile of smoked fillets of Atlantic salmon fed diets containing fish oil or soybean oil. *Food Research International*, 36, 231-239.
18. 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.
19. Massa, A.E., Palacios, D.L., Paredi, M.E., & Crupkin, M. (2005). Postmortem changes in quality indices of ice-stored flounder (*paralichthys patagonicus*). *Journal of Food Biochemistry*, 29, 570-590.
20. Gram, L., & Huss, H.H. (1996). Microbiological spoilage of fish and fish products. *International journal of food microbiology*, 33, 121-137.
21. Bitar, S., Najafzadeh Varzi, H., Kochanian, P., Fazlara, A., Mohammadian, T., & Hosseini, A. (2010). Changes in pH as Quality Indices in Orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides* during ice storage and Relation between Bacterial Count. *Journal of Aquatic Sciences*, 1(2), 51-61. [In Persian]
22. Sahoo, J., Karwasra, R., & Hooda, S. (2004). Studies on alpha-tocopherol acetate as an antioxidant in chicken mince on its quality during refrigerated storage. *JOURNAL OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY-MYSORE*, 41, 240-243.
23. Goulas, A.E., & Kontominas, M.G. (2007). Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry*, 100, 287-296.
24. Hosseini, S. V., Rezaei, M., Sahari, M. A., & Hosseini, H. (2005). Lipid Quality changes of Kutom (*Rutilus frisii kutum*) during ice storage. *Journal of Food Science and Technology*, 2(2), 39-50. [In Persian]
25. Shewfelt, R.L. (1981). Fish muscle lipolysis-a review. *Journal of Food Biochemistry*, 5, 79-100.
26. Ghoreyshvandi, S., Mousavi, S. M., Hosseini, S. M., & Rezaie, A. (2021). Study of microbial, biochemical and sensorial changes in Gattam (*Luciobarbus xanthopterus*) during ice storage. *Journal of Marine Science and Technology*, 19(4), 13-24. <https://doi.org/10.22113/jmst.2019.151656.2209> [In Persian]
27. Alçiçek, Z. (2011). The effects of thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil concentration on liquid-smoked vacuum-packed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) fillets during chilled storage. *Food Chemistry*, 128, 683-688.
28. Sallam, K.I., Ahmed, A., Elgazzar, M., & Eldaly, E. (2007). Chemical quality and sensory attributes of marinated Pacific saury (*Cololabis saira*) during vacuum-packaged storage at 4 °C. *Food Chemistry*, 102, 1061-1070.

29. Jalalian, M., Shabanpour, B., Shabani, A., Gorgin, S., & Khomeiri, M. (2011). Quality assessment of pre- and post-rigor frozen silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), during refrigerated storage (4 ± 1 °C). *Journal of Food Science and Technology*, 8(34), 101-111. [In Persian]
30. Olsson, G.B., Ofstad, R., Lødemel, J.B., & Olsen, R.L. (2003). Changes in water-holding capacity of halibut muscle during cold storage. *LWT-Food Science and Technology*, 36, 771-778.
31. ICMSF, I. (1986). Microorganisms in Foods. Blackwell Scientific Publications.
32. Gram, L., & Dalgaard, P. (2002). Fish spoilage bacteria-problems and solutions. *Current opinion in biotechnology*, 13, 262-266.

Evaluation of flesh quality changes in caught cultured carps during storage in ice

ABSTRACT

Ice storage is a method used for chilling fish, serving to retard the progress of microorganisms and increase the storage time by delaying biochemical and bacterial processes. The aim of the present study was to evaluate post mortem (chemical, physical, and microbial) changes in common carp (*Cyprinus carpio*) and silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during ice storage. For this purpose, a total of 50 fish were caught from fish rearing ponds in Abadan. Then, these carps were kept in ice for 72 h and meat quality indices were evaluated at 0, 8, 14, 24, 48, and 72 h after storage in ice. The results showed that pH, thiobarbituric acid (TBA), free fatty acids (FFA), total volatile basic nitrogen (TVB-N), and mesophilic and psychrophilic bacteria in tissues of both fish species were increased during ice storage period, while water holding capacity (WHC) was decreased. After 72 h of storage in ice, mesophilic bacteria of fish tissues were increased to 7.88 ± 0.08 log CFU/g and 7.20 ± 0.23 log CFU/g in common carp and silver carp, respectively. According to these findings, the shelf life of carps stored in ice was considered less than 72 h. There was no significant difference in FFA and psychrophilic bacteria between carps during ice storage period. However, the common carp had significantly higher pH (7.50), TBA (2.15 mg malonaldehyde/kg), TVB-N (38.06 mg nitrogen/100 g) and mesophilic bacteria and lower WHC (54.60 %) than the silver carp (6.79, 1.58, 32.19 and 61.25, respectively) at 72 h after storage in ice. Results also showed that common carp had faster rigor mortis (14 h), while silver carp had a later rigor mortis (24 h). Therefore, the amount of qualitative changes in common carp was higher than that of silver carp. Also, based on the results, the quality of silver carp was higher compared to common carp after 72 h of storage in ice. Overall, the shelf life of common carp and silver carp was determined until 48 h after storage in ice. Thus, the use of ice is not appropriate method for long-term storage of carps.

Key words: Quality evaluating, Ice storage, Shelf life, Common carp, Silver carp.