اثر تخلیه احشایی بر ویژگی‌های حسی، میکروبی، شیمیایی و پروفایل اسیدهای چرب ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) طی نگه‌داری در ۱۸- درجه سلسیوس

فرشته شکری[۱]، مسعود هدایتی فرد*[۲]، زینب رفتنی امیری[۳]

۱- کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.
۲- دکتری تخصصی صنایع فرآورده‌های شیلاتی، گروه شیلات، واحد قائم شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران.
۳- دکتری تخصصی صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
* نویسنده مسئول مکاتبات: Persiafish@gmail.com
(دریافت مقاله: ۹۲/۱۱/۱۰ پذیرش نهایی: ۹٤/۳/۱۰)

Archive of SID

چکیده

هدف این مطالعه بررسی اثر تخلیه احشای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بر ویژگی‌های میکروبی، شیمیایی، حسی و هم‌چنین پروفایل اسیدهای چرب طی نگه‌داری در ۱۸- درجه سلسیوس بود. برای این هدف، تعداد ٤۲ قطعه ماهی به‌صورت تازه تهیه و به دو گروه تقسیم شدند. گروه اول به‌صورت ماهی کامل و گروه دیگر بعد از تخلیه شکمی مجدداً شستشو و منجمد شدند. سپس محتوای پروتئین، چربی، رطوبت، خاکستر، شاخص پراکسید (PV)، شاخص تیوباربیوتیک اسید (TBA)، بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N)، پروفایل اسید چرب، بار میکروبی و خصوصیات حسی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی ۳ ماه نگه‌داری در حالت انجماد بررسی شد. بر اساس نتایج، در برخی زمان‌ها درصد رطوبت و شاخص‌های TBA، PV و TVB-N بین دو گروه اختلاف معنی‌دار داشت ($p< ۰/۰۵$). در ارزیابی پروفایل اسیدهای چرب ۱۵ نوع اسیدچرب شناسایی شد که در هر دو گروه و طی زمان‌های نگه‌داری، بیشتر از نوع تک غیراشباع (MUFA) بود و بعد از آن به‌ترتیب اسیدهای‌چرب اشباع (SFA) و چند غیراشباع (PUFA) قرار داشتند. طی نگه‌داری مقادیر برخی اسیدهای چرب بین دوگروه تفاوت نشان دادند. شمارش میکروبی نشان داد که تخلیه شکمی در جمعیت باکتری‌های سرماگرا تغییر معنی‌داری ندارد ($p> ۰/۰۵$)، اما در جمعیت کلی باکتری‌ها بین دو گروه اختلاف دیده شد ($p< ۰/۰۵$). هم‌چنین ارزیابی حسی حاکی از اختلاف در تمام شاخص‌ها بین دو گروه بود. اما تغییرات بافت و ظاهر عمومی در ماهی شکم خالی بیش از ماهی کامل بود در حالی‌که کیفیت بو و ظاهر آبشش ماهیان به خوبی حفظ شد.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای چرب، انجماد، قزل آلای رنگین کمان، کنترل کیفیت

www.SID.ir

مقدمه

فساد محصولات غذایی به‌دلیل فعالیت‌های شیمیایی، آنزیمی و یا میکروبی رخ می‌دهد و طی آن ۳۰ درصد صید ماهیان به خاطر فعالیت‌های میکروبی به مصرف انسانی نمی‌رسند (Badii and Howell, 2002). بنابراین رشد بار میکروبی نقش عمده‌ای در فساد اغلب محصولات شیلاتی دارد. کاهش سرعت انواع فساد در ماهیان مستلزم بررسی انواع مختلف روش‌های نگه‌داری می‌باشد.

انجماد ماهی یکی از راه‌های نگه‌داری ماهی می‌باشد (Lugasia *et al*., 2007). انجماد در مقایسه با روش‌های سنتی مانند شورکردن، دود دادن و خشک کردن از مزایای بیشتری برخوردار است زیرا در این روش کمترین تغییر در محصول ایجاد می‌شود. با این وجود هنگامی که زمان نگه‌داری در سردخانه طولانی می‌گردد تغییراتی نامطلوب در خواص کیفی محصول ظاهر می‌شود که سبب کاهش ارزش خوراکی ماهی می‌شود. علت این پدیده وجود میزان زیاد چربی‌های چند غیراشباع در ماهی و میزان بالای مولکول‌های پراکسیدانت در آن می‌باشد که منجر به توسعه مکانیسم‌های تند شدن آنزیمی و غیرآنزیمی می‌گردد. ترکیبات حاصل از اکسیداسیون چربی‌ها در شرایط انجماد، موجب تسهیل دناتوره شدن پروتئین‌ها و کاهش ارزش تغذیه‌ای می‌شود. بنابراین اگرچه فعالیت‌های باکتریایی به‌طور طبیعی در دمای حدود ۱۰- درجه سلسیوس متوقف می‌شوند ولی واکنش‌های شیمیایی (آنزیمی و غیرآنزیمی) حتی در ۳۰- درجه سلسیوس نیز به آهستگی ادامه دارند و می‌توانند در دراز مدت تغییرات غیرقابل برگشتی در طعم، بو و ظاهر ماهی ایجاد نمایند (Lugasia *et al*., 2007).

در ارتباط با تأثیر تخلیه شکمی ماهیان بر تغییرات کیفیت در زمان ماندگاری در شرایط سردخانه و یا انجماد مطالعاتی صورت گرفته است؛ خرمگاه و رضایی (۱۳۹۱) تاثیر تخلیه شکمی بر خواص شیمیایی و حسی ماهی سفید دریای مازندران (*Rutilus frisii*) حین نگه‌داری به حالت انجماد را مورد بررسی قرار داد. بر پایه نتایج این مطالعه، تغییرات کیفی ماهی سفید شکم خالی نسبت به ماهی کامل طی نگه‌داری به حالت انجماد بیشتر بود. نتایج مشابهی نیز توسط علاالدوله‌یی و همکاران (۱۳۹۲) پیرامون تخیله شکمی ماهی سوف (*Sunder lucioperca*) و همچنین توسط ملاپور و همکاران (۱۳۹۲) بر روی اردک ماهی (*Esox lucius*) در شرایط انجماد صورت پذیرفت که همگی تغییرات کیفی، میکروبی و حسی را طی فرآیند تخلیه شکمی گزارش نمودند.

در مطالعات خارج از کشور نیز بوتا و همکاران (۱۹۸۲) تغییرات شیمیایی و حسی ماهی کم چرب گرینادیر (*Macrourus rupestris*) را حین نگه‌داری به حالت انجماد بررسی کردند؛ در این مطالعه تخلیه شکمی باعث کاهش بازهای فرار و حفظ خواص حسی ماهی شکم خالی در مقایسه با ماهی کامل شد، که با نتیجه خرمگاه و رضایی (۱۳۹۱) متفاوت بود.

علاوه براین، مطالعاتی نیز پیرامون نگه‌داری ماهیان تخلیه شکمی شده در مجاورت یخ نیز صورت پذیرفته است؛ به طوری‌که تأثیر تخلیه و یا عدم تخلیه شکمی بر خواص میکروبی، شیمیایی و حسی ماهی سیم دریایی (*Sparus aurata*) و سی باس (*Dicentrachus*

www.SID.ir

labrax) توسط ککلی و همکاران (۲۰۰۵) بررسی شده و به این نتیجه رسیدند که زمان شروع فساد برای ماهی کامل سیم دریایی نگه‌داری شده در یخ، روز نهم و برای سی باس روز هفتم بود. چایتیری و همکاران (۲۰۰٤)، ارزیابی میکروبی، شیمیایی و حسی ماهی قزل آلای رنگین کمان پرورشی را به صورت فیله شده و کامل در طول نگه‌داری مجاورت یخ مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه عمر ماندگاری ماهی کامل ۱۵ تا ۱٦ روز و ماهی فیله شده ۱۰ تا ۱۲ روز به‌دست آمد. از دیگرسو، اوزدن و ارکان، کیفیت و زمان ماندگاری ماهی کامل و شکم خالی ساردین (*Sardina pilchardus*) نگه‌داری شده در یخ را با استفاده از شاخص‌های حسی، شیمیایی و میکروبی مورد بررسی قرار دادند. بر اساس ارزیابی حسی زمان ماندگاری برای ماهیان کامل و شکم خالی ۷ روز بدست آمد (Ozden and Erkan, 2007).

سوابق نشان می‌دهند که در زمینه تاثیر تخلیه شکمی بر روی خصوصیات کیفی، بارمیکروبی و ارزیابی حسی ماهی قزل آلای رنگین کمان حین انجماد پژوهشی صورت نگرفته است و از آنجا که در ایران معمولاً این ماهی به هردو شکل ماهی کامل و شکم خالی در فریزر با درجه حرارت ۱۸- درجه سلسیوس به عنوان فرآیندی رایج نگه‌داری می‌شود، لذا مقایسه تغییرات کیفی، میکروبی و حسی این دو شکل از نگه‌داری حائز اهمیت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه‌های ماهی و نحوه نگه‌داری

تعداد ٤۲ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزن و طول ماهیان به‌ترتیب ۰/۸۵±۲۵۰ گرم و ۰/٦۹±۲۵ سانتیمتر، به صورت تازه و از هر دو جنس در فصل تابستان۱۳۹۰ از مزرعه پرورش ماهی (واقع در استان مازندران، شهرستان قائم‌شهر) تهیه شد. ماهیان در کوتاه‌ترین زمان و با رعایت شرایط صحیح انتقال (قرار گرفتن در جعبه‌های حاوی یخ با نسبت ۳ به ۱) به آزمایشگاه تخصصی مرکزی (مازندران، قائم شهر) منتقل شده، سپس با آب شرب شستشو داده شدند. بعد از آن به‌طور تصادفی، تعدادی از ماهیان انتخاب و به‌عنوان نمونه خام مورد انجام کلیه آزمایشات حسی، شیمیایی، میکروبی و شناسایی پروفایل اسیدهای چرب قرار گرفتند. در ادامه ماهیان به دو دسته تقسیم گردیدند؛ یک دسته به‌صورت ماهی کامل، درون نایلون‌های فریزری (بدون دوخت و پیچش) قرار گرفته و منجمد شدند و دسته دیگر بعد از عملیات فلس کنی، بریدن باله و تخلیه شکمی دوباره شسته شده و درون همان نایلون‌های فریزر در ۱۸- درجه سلسیوس منجمد شدند (Huss, 1995). در نمونه برداری‌های بعدی، گوشت بخش‌های مختلف ماهیان هوموژن و در زمان‌های مختلف نگه‌داری (۰، ۱، ۲ و ۳ ماه) مورد آزمایش‌های کیفی، میکروبی و حسی قرار گرفتند.

سنجش ویژگی‌های شیمیایی

مقادیر رطوبت از طریق اختلاف وزن حاصل از قرار دادن نمونه‌ها به مدت ۲٤ ساعت در آون با دمای ۲±۱۰۵ درجه سلسیوس، و برای تعیین میزان خاکستر، از روش کوره الکتریکی استفاده شد (AOAC, 1995)؛ برای اندازه‌گیری میزان پروتئین از روش کلدال (AOAC, 1995) و سنجش درصد چربی با روش کلروفرم – متانول انجام شد (Bligh and Dyer , 1959). عدد پراکسید (PV) توسط تیتراسیون و با روش

Archive of SID
www.SID.ir

اگـان و همکـاران و مجمـوع بازهـای نیتروژنـی فـرار (TVB-N) به روش گولاس و کنتومیناس محاسبه شدند (Egan *et al*., 1997; Goulas and Kontominas, 2005)؛ اندازه‌گیری تیوبار بیتوریک اسید (TBA) نیز بـه روش رنگ‌سـنجی صـورت گرفـت (Natseba *et al* ., 2005).

شناسایی پروفایل اسیدهای چرب

بـرای اسـتخراج چربـی از روش فلـچ و همکـاران استفاده شـد (Folch *et al* ., 1957). بـه منظـور اسـتری کردن چربی روش متداول (AOAC, 2005) بکار گرفته شد. برای بررسی و شناسایی اسیدهای چرب موجود در نمونه از دستگاه گازکروماتوگراف (GC) استفاده گردید. دمای آشکار ساز و محل تزریـق بـه‌ترتیـب روی ۲۸۰ و ۲٤۰ درجه سلسیوس تنظیم شد. ۱ میکرولیتـر از نمونـه استری به دستگاه GC تزریـق شـد. دمـای اولیـه سـتون روی ۱٦۰ درجـه سلسـیوس تنظـیم و بعـد از ۵ دقیقـه، دمای ستون با سرعت ۲۰ درجه سلسیوس در دقیقـه بـه دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس رسـانده شـد. بـه مـدت ۱۰ دقیقه دما در این درجه باقی ماند و سپس بـا سـرعت ۱ درجه سلسیوس در دقیقه به دمـای ۲۰۰ رسـید. پـس از یک دقیقه با سرعت ۳۰ درجـه سلسـیوس در دقیقـه تـا دمای ۲۳۰ افزایش یافت. در انتها ستون به مدت ۵ دقیقه در دمای ۲۳۰ باقی ماند تا تمـام ترکیبـات از آن خـارج گردد. در این روش از گاز هلیم (بـا خلـوص ۹۹/۹۹٪) به‌عنوان گاز حامل و گاز هیـدروژن بـه‌عنـوان سـوخت، ازت (با خلوص ۹۹/۹۹٪) به‌عنوان گاز کمکـی و هـوای خشـک اسـتفاده شـد. از مقایسـه زمـان بـازداری کروماتوگرام‌های نمونـه مجهـول بـا کروماـتوگرام‌هـای به‌دست آمده در محلول استاندارد اسیدهای چرب متیـل استر، اسیدهای چرب موجود در روغن مـاهی شناسـایی شد نتایج به‌صورت درصد سطح زیر پیک از کل تعریف و برحسـب گـرم در صـدگرم بیـان شـد (Hunt and Teqelioglu, 2008, Hedayatifard and Moeini, 2007). مجمـوع و انـواع گـروه‌هـای اسـیدهای چـرب محاسبه شده براساس معرف استاندارد موجود شناسـایی گردید.

آزمون‌های میکروبی

ابتدا از ناحیه قدامی پشت ماهی ۱۰ گـرم از گوشـت زیرین برداشته شد و در ۹۰ میلی‌لیتـر سـرم فیزیولـوژی استریل ۰/۸۵ درصد قرار گرفت و به مدت ٦۰ ثانیـه در یک مخلوط‌کن آزمایشـگاهی (Hamilton, DH-ch305) هموژن شـد. از هـر مـاهی ۳ بـار بـه‌صـورت جداگانـه نمونه‌برداری گردید.

بـرای شـمارش کـل بـاکتری‌هـا و بـاکتری‌هـای سرمادوست در نمونه‌های تهیه شده، از محـیط تریپتیـک سویا آگار (Tryptic soy agar) و از روش ذکر شده در AOAC (۲۰۰۵) استفاده شد.

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی به کمک ۱۵ داور آموزش دیـده انجـام گردید. شاخص‌های حسی مـورد آزمـون شـامل بافـت، ظاهر عمومی، بوی آبشش، ظاهر آبشش و رنـگ چشـم ماهی بود. بر پایه ارزیابی حسی نمره صفر بیانگر کیفیت عالی، نمره ۱ بیانگر کیفیت خوب، نمره ۲ بیانگر کیفیت متوسط و نمره ۳ و بالاتر بیـانگر کیفیـت ضـعیف بـوده است (Ozden and Erkan, 2007).

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج تمامی آزمون‌ها از میانگین سه تکـرار بـه‌دسـت آمد. تست همگـن بـودن داده‌هـا توسـط کولمـوگراف- اسمیرنوف (Kolmogorove- Smirnov) انجـام شـده و

www.SID.ir

نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل آماری جهت تعیین اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها از T-Test در برنامه نرم‌افزاری Excel 2007 و در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده گردید؛ به طوری‌که تفاوت‌ها در هر زمان بین دو گروه مورد مقایسه آماری قرار گرفت. همچنین به‌منظور آنالیز آماری داده‌های حاصل از ارزیابی حسی از آزمون غیرپارامتریک (Kruskal-Wallis) استفاده گردید. نمودارها با استفاده از برنامه نرم‌افزاری Excel 2007 ترسیم شد.

یافته‌ها

ترکیبات شیمیایی

طی زمان نگه‌داری، صرفا در میزان رطوبت در روز آخر بین دو گروه اختلاف معنی‌دار دیده شد ($p \leq ۰/۰۵$). در حالی‌که بین مقادیر خاکستر، پروتئین و چربی در دو گروه ماهیان کامل و شکم خالی در کل دوره تفاوت معنی‌داری ($p > ۰/۰۵$) مشاهده نشد (جدول ۱).

جدول ۱- تغییرات رطوبت، خاکستر، پروتئین و چربی و مقایسه آن در ماهی کامل و شکم خالی طی زمان نگه‌داری در شرایط انجماد در۱۸ – درجه سلسیوس (درصد از وزن تر)

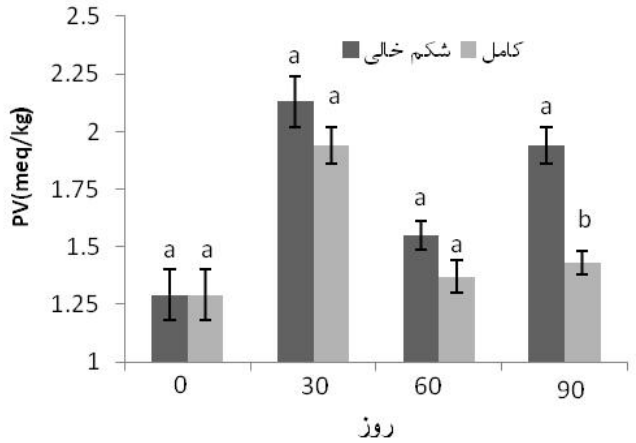
ترکیبات مغذی	زمان نگه‌داری (روز)	ماهی کامل	ماهی شکم خالی
رطوبت	۰	۷۲ ± ۰/۴۲	۷۲ ± ۰/۴۲
	۳۰	۷۵/۸۴ ± ۰/۲۴	۷۵/۹۳ ± ۰/۲۱
	۶۰	۷۶/۲۲ ± ۰/۲۸	۷۶/۰۳ ± ۰/۲۱
	۹۰ *	۷۷/۴۵ ± ۰/۳۴	۷۶/۱۳ ± ۰/۱۲
خاکستر	۰	۱/۹ ± ۰/۱۴	۱/۹ ± ۰/۱۴
	۳۰	۲/۲۳ ± ۰/۲۱	۲/۲۶ ± ۰/۲
	۶۰	۲/۵۱±۰/۲۴	۲/۲۲ ± ۰/۱
	۹۰	۲/۱ ± ۰/۰۲	۲/۱۳ ± ۰/۰۸
پروتئین	۰	۱۷/۹۳ ± ۰/۰۹	۱۷/۹۳ ± ۰/۰۹
	۳۰	۱۷/۷۸ ± ۰/۱	۱۷/۹۳ ± ۰/۰۷
	۶۰	۱۷/۵۳ ± ۰/۰۷	۱۷/۴۱ ± ۰/۰۹
	۹۰	۱۷/۱۱ ± ۰/۰۱	۱۷/۲۲ ± ۰/۰۶
چربی	۰	۷/۷۷ ± ۰/۱۳	۷/۷۷ ± ۰/۱۳
	۳۰	۷/۱۲ ± ۰/۰۹	۷/۲۱ ± ۰/۰۷
	۶۰	۷/۲ ± ۰/۰۵	۷/۰۷ ± ۰/۰۳
	۹۰	۷/۰۲ ± ۰/۰۱	۷/۰۹ ± ۰/۰۳

علامت * نشان دهنده تفاوت معنی‌دار آماری بین دو گروه در هر ردیف است ($p < ۰/۰۵$).

Archive of SID
www.SID.ir

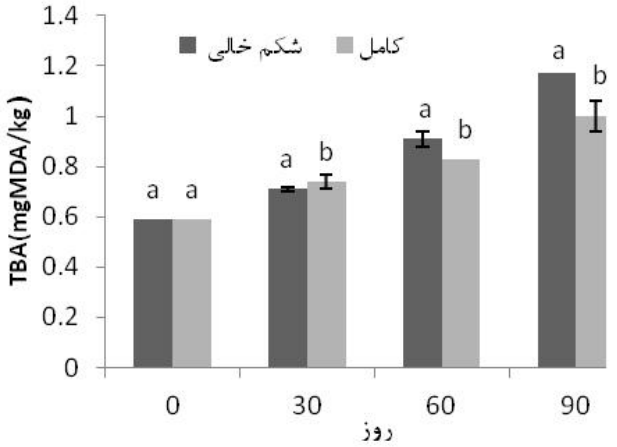
شاخص‌های شیمیایی کیفیت

شکل ۱ نشان می‌دهد در ماه آخر نگـه‌داری یعنـی در روز ۹۰ انجمـاد مقـدار پراکسـید (PV) بـین دو گـروه ماهیـان کامـل و شـکم خـالی تفـاوت وجـود داشـت (p<۰/۰۵). اختلاف در مقدار TBA از روز ۳۰ نگه‌داری شروع و در روزهای ٦۰ و ۹۰ نیـز بـین مـاهی کامـل و شکم خالی ادامه داشت (p<۰/۰۵) (شکل ۲). همچنـین در شاخص TVB-N در ماه نخست انجمـاد بـین مـاهی کامل و شکم خالی تفاوت معنی‌داری دیده نشد (۰/۰۵< p). درحالیکه در روزهای ٦۰ و ۹۰ نگـه‌داری در مقـدار TVB-N بین ماهی کامل و مـاهی شـکم خـالی تفـاوت معنی‌داری مشاهده شد (۰/۰۵ >p). (شکل ۳).



شکل ۱- تغییرات پراکساید (PV) بین ماهی کامل و شکم خالی طی نگه‌داری در شرایط انجماد در ۱۸- درجه سلسیوس

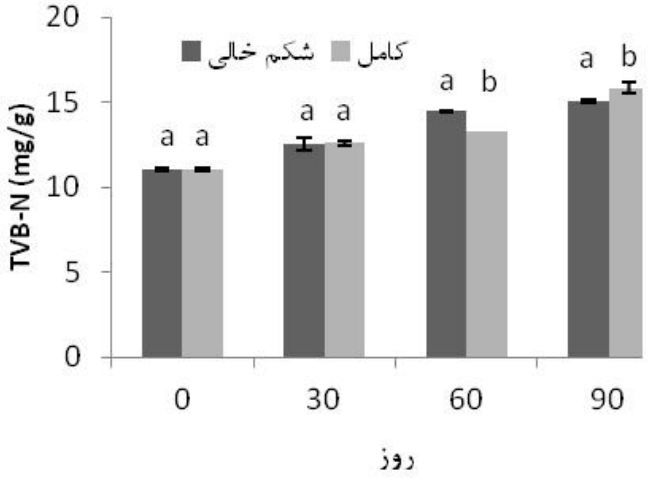
حروف مختلف روی نمودارها نشان دهنده تفاوت معنی‌دار آماری بین دو گروه است (۰/۰۵ > p).



شکل ۲- تغییرات تیوباربیتوریک اسید (TBA) بین ماهی کامل و شکم خالی طی نگه‌داری در شرایط انجماد در ۱۸- درجه سلسیوس

حروف مختلف روی نمودارها نشان دهنده تفاوت معنی‌دار آماری بین دو گروه است (۰/۰۵ > p).

www.SID.ir



شکل ۳- تغییرات مجموع ازتهای فرار (TVB-N) بین ماهی کامل و شکم خالی طی نگه‌داری در شرایط انجماد در ۱۸- درجه سلسیوس

حروف مختلف روی نمودارها نشان دهنده تفاوت معنی‌دار آماری بین دو گروه است ($p < ۰/۰۵$).

تغییرات ترکیب اسیدهای چرب

تعداد ۱۵ اسید چرب در این مطالعه شناسایی شدند. مطابق جدول ۲ در هر دو گروه در همه زمان‌های نگه‌داری، اسیدهای چرب ماهی قزل‌آلا بیشتر از نوع تک غیر اشباع (MUFA) بود و بعد از آن به‌ترتیب اسیدهای چرب اشباع (SFA) و چند غیراشباع PUFA قرار داشتند (PUFA<SFA<MUFA).

در نمونه‌های روز ۳۰ و روز ۹۰، اسید چرب پالمتیک و در نمونه‌های روز صفر و روز ٦٠ اسید چرب استئاریک فراوانترین اسیدهای چرب اشباع بودند. در همه نمونه‌ها اسید چرب اولئیک و لینولئیک به‌ترتیب فراوانترین اسیدهای چرب تک غیراشباع و چند غیراشباع بودند.

جدول ۲- تغییرات پروفایل اسیدهای چرب ماهی شکم خالی و ماهی کامل قزل آلا به حالت انجماد در ۱۸- درجه سلسیوس طی ۹۰ روز نگه‌داری (گرم در صدگرم)

اسید چرب	نوع تیمار	زمان نگه‌داری (روز)			
		۰	۳۰	٦٠	۹۰
C14:0	ماهی کامل	۰/۷۵ ± ۰/۰٤	۱/۲۷ ± ۰/۰٤*	۰/۸۵ ± ۰/۰۰	۱/۸٦ ± ۰/۰۲*
	شکم خالی	۰/۷۵ ±۰/۰٤	۱/۱۲ ±۰/۰۲	۰/۸٦ ± ۰/۰۳	۱/۳۹ ± ۰/۰۲
C15:0	ماهی کامل	۰±۰/۰۰	۰/۲۱ ± ۰/۰۰	۰ ± ۰/۰۰	۰/۲٤ ± ۰/۰۰
	شکم خالی	۰±۰	۰/٦۸ ± ۰/٦۹	۰ ±۰	۰/۱۸ ± ۰/۰۱
C16:0	ماهی کامل	۱۱/٦٤ ± ۰/۱۲	۱۸/۰۹ ± ۰/۰٤	۱۲/۲٦ ± ۰/۰۷	۲٤/۳۵ ± ۰/۱٤ *
	شکم خالی	۱۱/٦٤ ± ۰/۱۲	۱۷/۵۰ ± ۰/۰٦	۱۲/۳۵ ± ۰/۱٤	۲۰/۷ ± ۰/۸٦

Archive of SID
www.SID.ir

ادامه جدول ۲

اسید چرب	نوع تیمار	زمان نگه‌داری (روز)			
		۰	۳۰	٦۰	۹۰
C16:1	ماهی کامل	۲/۵ ± ۰/۲۸	۱/۷۷ ± ۰/۱	۲/۵۱ ± ۰/۲٦	۳/٦۷ ± ۰/۱۵ *
	شکم خالی	۲/۵ ± ۰/۲۸	۱/٦۸ ± ۰/۰٦	۲/۸۳ ± ۰/۰٤	۲/۸۳ ± ۰/۰۸
C18:0	ماهی کامل	۱٤/۰۸ ± ۰/۰۳	۳/٦۳ ± ۰/۱۲ *	۱۵/۲۱ ± ۰/٤۸	٤/۷ ± ۰/۱۳ *
	شکم خالی	۱٤/۰۸ ± ۰/۰۳	۲/۵ ± ۰/۰۱	۱۵/۲٤ ± ۰/۰۲	۳/٦۱ ± ۰/۰۹
C18:1	ماهی کامل	۲۷/٦۱ ± ۰/۱۵	۲۷/۹٦ ± ۰/۰۹*	۲۷/۰۱ ± ۰/۲۸	۳۷/۹ ± ۰/۵۳
	شکم خالی	۲۷/٦۱ ± ۰/۱۵	٤۰/٦۱ ± ۰/۵۹	۲۷/۸۳ ± ۰/۳۸	۳۹/۹۵ ± ۰/۰۲
C18:2ω6	ماهی کامل	۱٦/۲۵ ± ۰/۰٦	۳۱/۷۳ ± ۰/۵۵*	۱۷/۱۲ ± ۰/۳	۲۰/۷۲ ± ۰/۰۱ *
	شکم خالی	۱٦/۲۵ ± ۰/۰٦	۲۹/۲۸ ± ۰/۱۸	۱۷/۵٤ ± ۰/۳۳	۲٤/۱۱ ± ۰/۸۲
C18:3ω3	ماهی کامل	۰/۳٦ ± ۰/۰۱	۳/۲۳ ± ۰/۰۳ *	۰/۳۹ ± ۰/۰۲	۱/٦٤ ± ۰/۰۳
	شکم خالی	۰/۳٦ ± ۰/۰۱	۳/٤ ± ۰/۱۸	۰/٤۳ ± ۰/۰۲	۱/٦۷ ± ۰/۰۷
C20:0	ماهی کامل	۲/۳۳ ± ۰/۰۲	۰/۱۸ ± ۰/۰٤	۳/۲۹ ± ۰/۲۵	۰/۳۳ ± ۰/۰۲
	شکم خالی	۲/۳۳ ± ۰/۰۲	۰/٤٤ ± ۰/۰۰	۳/۱۳ ± ۰/۱٦	۰/۲۲ ± ۰/۰۰
C20:4ω6	ماهی کامل	۰/۳ ± ۰/۰۰	۰/۳٤ ± ۰/۰۰	۰/۳۵ ± ۰/۰۱	۰/۲۹ ± ۰/۰۰
	شکم خالی	۰/۳ ± ۰/۰۰	۰/۳۲ ± ۰/۰۰	۰/۳۳ ± ۰/۰۲	۰/۲۹ ± ۰/۰۰
C22:0	ماهی کامل	۰/۳٤ ± ۰/۰۱	۰/۳٤ ± ۰/۰۱	۰/٤۱ ± ۰/۰۵	۰/۳۳ ± ۰/۰۲
	شکم خالی	۰/۳٤ ± ۰/۰۱	۰/٤ ± ۰/۰۰	۰/٤ ± ۰/۰۲	۰/۸۲ ± ۰/٦۹
C20:5ω3	ماهی کامل	۰/۵ ± ۰/۰۰	۰/٤ ± ۰/۱۸	۰/٤۸ ± ۰/۰٤	۰/۲۹ ± ۰/۰۲
	شکم خالی	۰/۵ ± ۰/۰۰	۰/۳٤ ±۰/۰۰	۰/٦۲ ± ۰/۰۷	۰/۲۲ ± ۰/۰۰
C24:0	ماهی کامل	۰/۳٦ ± ۰/۰۱	۰/۳۸ ± ۰/۰۳*	۰/٤۷ ± ۰/۰۲	۰/۳۷ ± ۰/۰۰
	شکم خالی	۰/۳٦ ± ۰/۰۱	۰/٤۵ ±۰/۰۰	۰/٤۳ ± ۰/۰۲	۰/۳۲ ± ۰/۰۰
C22:5ω3	ماهی کامل	۰/۳۲ ± ۰/۰۰	۰/٤۱ ± ۰/۰۱	۰/٤۲ ± ۰/۰۱*	۰/۳۷ ± ۰/۰۱
	شکم خالی	۰/۳۲ ± ۰/۰۰	۰/۳٦ ±۰/۰۱	۰/٤٤ ± ۰/۰۲	۰/۳۱ ± ۰/۰۱
C22:6ω3	ماهی کامل	۵/۲۳ ±۰/۰۲	۵/۱۷ ± ۱/۱۵	۵/۰٦ ± ۰/۱۵ *	٤/۱۲ ± ۱/۱۹*
	شکم خالی	۰/۳۲ ± ۰/۰۰	۰/۳٦ ±۰/۰۱	۰/٤٤ ± ۰/۰۲	۰/۳۱ ± ۰/۰۱

علامت * در هر زمان نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار آماری بین دو گروه است ($p < ۰/۰۵$).

Archive of SID

www.SID.ir

مجموع اسیدهای چرب شناسایی شده، جمع و محاسبه گردید. حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در ماهی کامل و شکم خالی در زمان‌های مختلف نگه‌داری و با تیمار متقابل در هر ردیف می‌باشد.

با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود که بین دو تیمار ماهی کامل و شکم خالی مجموع ایکوزا پنتانوئیک اسید و دکوزاهگزانوئیک اسید (EPA+DHA) و همچنین نسبت‌های $EPA+DHA/C_{16}$ و PUFA/SFA در ماه آخر نگه‌داری (روز ۹۰) اختلاف دیده شد ($p< ۰/۰۵$) اما در سری اسیدهای چرب SFA و MUFA و نیز نسبت ω_3/ω_6 در طول دوره نگه‌داری بین دو گروه اختلافی مشاهده نشد ($p >۰/۰۵$).

جدول ۳- تغییرات ترکیب سری اسیدهای چرب ماهی شکم خالی و ماهی کامل قزل آلا به حالت انجماد در ۱۸- درجه سلسیوس طی ۹۰ روز نگه‌داری (گرم در صدگرم)

ترکیب اسید چرب	نمونه تیمار	زمان نگه‌داری (روز)			
		۰	۳۰	۶۰	۹۰
EPA+DHA	ماهی کامل	۵/۷۳ ±۱/۰۲	۵/۵۷ ±۱/۰٤	۵/۵٤ ±۰/۸۸	٤/٤۱ ±۰/۷٤*
	ماهی شکم خالی	۵/۷۳ ±۱/۰۲	۵/٦۵ ±۱/۰۵	٦/۲٦ ±۰/۹۹	۵/٦ ±۱/۰۱
SFA	ماهی کامل	۲۹/۵۲ ±۱/۷۵	۲٤/۱۳ ±۲/٤۸	۳۲/۵۱ ±۱/۹۵	۳۲/۲٤ ±۱/۷۷
	ماهی شکم خالی	۲۹/۵۲ ±۱/۷۵	۲۳/۱٤ ±۲/٤٤	۳۲/٤۳ ±۱/۹۸	۲۷/۲۷ ±۲/۳
MUFA	ماهی کامل	۳۰/۱۱ ± ۲/۷۵	۲۹/۷٤ ± ۲/۵۱*	۲۹/۵۲ ± ٤/۳۲	٤۱/۵۷ ± ۵/۲
	ماهی شکم خالی	۳۰/۱۱ ± ۲/۷۵	٤۲/۳ ± ٤/۵۲	۳۰/٦۷ ± ۳/٦۸	٤۲/۷۹ ± ٦/۲۵
PUFA	ماهی کامل	٦/۷٤ ±۰/۹۸	۹/۵۵ ±۱/۰۲	٦/۷ ±۱/۰۸	٦/۷۱ ±۰/۹۹
	ماهی شکم خالی	٦/۷٤±۰/۹۸	۹/۷۳ ±۱/۰۱	۷/٤٦ ±۱/۰۳	۷/۸۷ ±۱/۰۵
PUFA/FSA	ماهی کامل	۰/۲۲ ±۰/۰۱	۰/۳۹ ± ۰/۰۸	۰/۲ ±۰/۰٤	۰/۲ ±۰/۰۲*
	ماهی شکم خالی	۰/۲۲±۰/ ۰۱	۰/٤۲±۰/۰٤	۰/۲۳±۰/۰۵	۰/۲۸±۰/۰۱
$EPA+DHA/C_{16}$	ماهی کامل	۰/٤۹ ±۰/۰۳	۰/۳۰ ±۰/۰۸	۰/٤۵ ±۰/۰۳	۰/۱۸ ±۰/۰۵*
	ماهی شکم خالی	۰/٤۹±۰/۰۳	۰/۳۲±۰/۰۷	۰/۵۰±۰/۰۳	۰/۲۷±۰/۰۷
ω_3/ω_6	ماهی کامل	۰/۳۸ ±۰/۰۱	۰/۲۸ ±۰/۰۱	۰/۳٦ ±۰/۰۳	۰/۳ ± ۰/۰۱
	ماهی شکم خالی	۰/۳۸ ±۰/۰۱	۰/۳۱±۰/۰۲	۰/۳۹±۰/۰۲	۰/۳۱±۰/۰۳

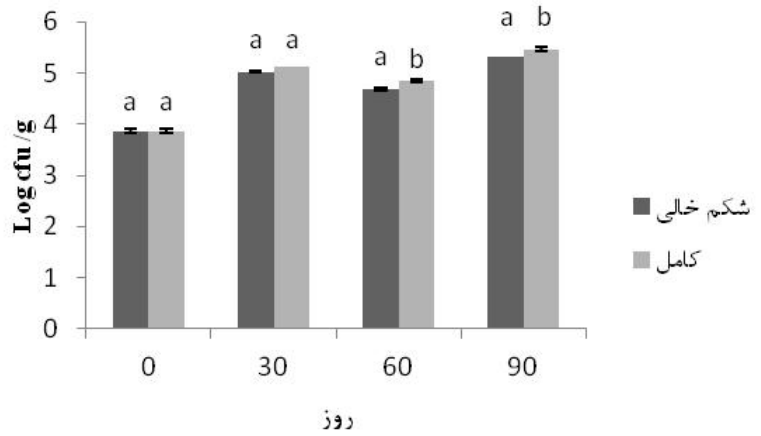
علامت * در هر زمان نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار آماری بین دو گروه است ($p < ۰/۰۵$).

Archive of SID

www.SID.ir

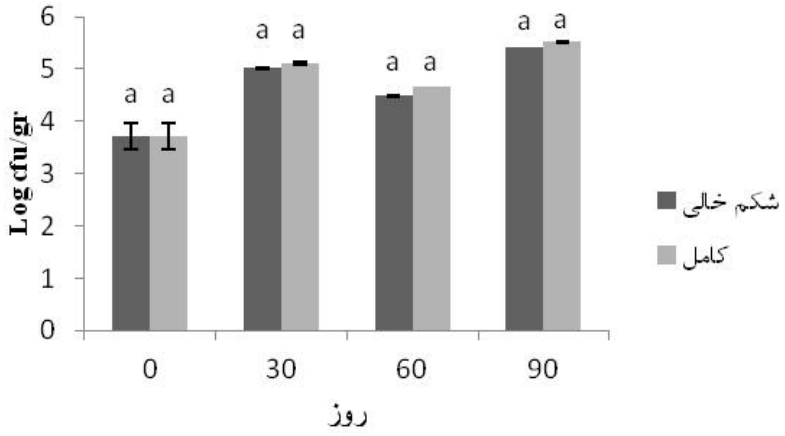
ارزیابی جمعیت باکتریایی

تغییرات جمعیت باکتریایی شامل باکتری‌های مزوفیل و سرما گرا، طی زمان‌های مختلف نگه‌داری در شرایط انجماد در ماهی قزل آلای کامل و شکم خالی در شکل‌های ٤ و ٥ مشاهده می‌شود. با افزایش زمان نگه‌داری در میزان باکتری‌های مزوفیل بین دو تیمار از روز ٦٠ نگه‌داری به بعد اختلاف دیده شد و مقدار آن در نمونه‌های ماهی کامل بالاتر بود ($p< ٠/٠٥$). اما مقادیر جمعیت باکتری‌های سرما گرا بین دو تیمار در زمان نگه‌داری در شرایط انجماد اختلافی را نشان نداد ($p >٠/٠٥$).



شکل ٤- مقایسه شمارش کلی باکتری‌ها بین ماهی کامل و شکم خالی طی نگه‌داری در شرایط انجماد در ١٨- درجه سلسیوس

حروف مختلف روی نمودارها نشان دهنده تفاوت معنی‌دار آماری بین دو گروه است ($p < ٠/٠٥$).



شکل ٥- مقایسه میزان باکتری‌های سرماگرا بین ماهی کامل و شکم خالی طی روزهای نگه‌داری

حروف مختلف روی نمودارها نشان دهنده تفاوت معنی‌دار آماری بین دو گروه است ($p < ٠/٠٥$).

www.SID.ir

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی ماهیان کامل و شکم خالی با پنج شاخص بافت، ظاهر عمومی، بوی آبشش، ظاهر آبشش و چشم انجام گرفت. همه شاخص‌های حسی در طول زمان نگه‌داری به حالت انجماد دچار افت کیفی شدند. بر پایه ارزیابی حسی ماهی کامل از کیفیت عالی (نمره صفر) در ماهی تازه به کیفیت خوب (متوسط نمره ۰/۷۶ تا ۱/۳۶) در روز ۹۰ تغییر کرد. میزان تغییرات ماهی شکم خالی بیشتر از ماهی کامل بود و از نمره صفر در ماهی تازه به کیفیت متوسط (۱/۲۴ تا ۱/۵۴) در روز ۹۰ تغییر یافت. تغییرات بافت و ظاهر عمومی در ماهی شکم خالی بیش از ماهی کامل بود ولی شاخص چشم بین دو گروه تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ٤).

جدول ٤- تغییرات شاخص‌های حسی ماهی قزل آلای رنگین کمان شکم پر و شکم خالی طی ۳ ماه نگه‌داری به حالت انجماد در ۱۸- درجه سلسیوس

زمان نگه‌داری(روز)	نمونه ماهی	شاخص				
		بافت	ظاهر عمومی	بوی آبشش	ظاهر آبشش	چشم
۰	شکم خالی	۰ ±۰	۰ ±۰	۰ ±۰	۰ ±۰	۰ ±۰
	ماهی کامل	۰ ±۰	۰ ±۰	۰ ±۰	۰ ±۰	۰ ±۰
۳۰	شکم خالی	۰/۵۸ ±۰/۰۷*	۰ ±۰	۰ ±۰*	۰ ±۰*	۰ ±۰
	ماهی کامل	۰ ±۰	۰ ±۰	۰/۳۸ ±۰/۰۳	۰/۳٦ ±۰/۰۲	۰ ±۰
٦۰	شکم خالی	۱/۱ ± ۰/۱٤*	۰/۷۸ ±۰/۰٤	۰ ±۰*	۰ ±۰*	۱/۰۷ ± ۰/۱۱*
	ماهی کامل	۰/۳۹ ± ۰/۰۲	۰/۳۳ ± ۰/۰۷	۰/۷ ± ۰/۰٦	۰/٤۷ ± ۰/۰۳	۱/۰۷ ± ۰/۱۱
۹۰	شکم خالی	۱/۳۷ ±۰/۱۳*	۱/۵٤ ±۰/۰۳*	۰ ±۰*	۰ ±۰*	۱/۲٤ ±۰/۰٦
	ماهی کامل	۰/۷٦±۰/۰۵	۰/۷٤ ±۰/۰۷	۰/۸۳ ±۰/۰۳	۱/۳٦ ±۰/۲۷	۱/۲٤ ±۰/۰٦

علامت * در هر زمان نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار آماری بین دو گروه است (p < ۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج بررسی ارزش غذایی و ترکیبات بیوشیمیایی نشان داد میزان رطوبت در هر دو نمونه تغییر کرد لیکن در روز ۹۰ نگه‌داری در ماهی کامل بیشتر از شکم خالی بود (p< ۰/۰۵). اگرچه عنوان شده است که یکی از عوارض نگه‌داری ماهی به روش انجماد، کاهش محسوس رطوبت است (معینی، ۱۳٦۸)، لیکن نگه‌داری کوتاه مدت، عدم وجود پوشش و تغییرات شرایط سردخانه می‌تواند موجب نوسانات محسوس رطوبت گردد (علاالدوله‌ئی و همکاران، ۱۳۹۲). از سوی دیگر حفظ شرایط بهینه در فضای سردخانه‌ها، کنترل درجه حرارت و عدم نوسان آن می‌تواند از افت رطوبت جلوگیری کند (Ozogul *et al.*, 2011).

میزان خاکستر، پروتئین و چربی بین ماهی شکم خالی و ماهی کامل در کل دوره بدون اختلاف بود، بنابراین تخلیه شکمی تأثیری بر آنها نداشت. اظهار شده است

Archive of SID
www.SID.ir

که تحت شرایطی، افزایش میزان خاکستر با افزایش رطوبت در طول مدت نگه‌داری و افزایش میزان ماده خشک مرتبط است (Burt,1988). از طرفی افزایش رطوبت می‌تواند به‌دلیل کاهش پروتئین ناشی از تبدیل آن به ازت محلول باشد (خرمگاه و رضایی، ۱۳۹۱؛ Botta *et al.*, 1982). در هر صورت در پژوهش کنونی انجماد موجب تثبیت پارامترهای شیمیایی گردید.

میزان پروتئین تا روز ۹۰ در هر دو ماهی کامل و شکم خالی بدون اختلاف بود ($p>0/05$). کاهشی عددی که در میزان پروتئین هر گروه مشاهده می‌شود، به دلیل تبدیل پروتئن به ازت محلول (TVB-N) طی زمان نگه‌داری می‌باشد (Lehmann *et al.*, 2007) و کاهش نهایی مقادیر چربی کل در نمونه‌های اندازه گیری شده احتمالا به دلیل اکسیداسیون چربی و تأثیر آنزیم‌های موثر در فساد هیدرولیتیکی چربی و تبدیل آن به اسیدهای چرب آزاد بوده است. معینی (۱۳۶۸) بیان نموده است که تخریب و کاهش چربی در طول نگه‌داری همراه با افزایش شاخص پراکساید خواهد بود. همچنین نتایج این تحقیق مشابه نتایجی است که لمان و اوبورگ در مورد ماهی یال اسبی طی ۱۲ ماه نگه‌داری در فریزر (Lehmann and Aubourg, 2007) و خرمگاه و رضایی (۱۳۹۱) در ماهی سفید ٦ ماه نگه‌داری در فریزر گزارش کرده بودند.

بررسی شاخص‌های شیمیایی کیفیت نشان داد مقدار پراکسید در مراحل اولیه نگه‌داری کم بود ولی میزان پراکسید در تمامی تیمارها در طول زمان افزایش یافت که این افزایش دارای روند منظمی نبود. در روز صفر کمترین و بیشترین آن در ماهی کامل و شکم خالی در روز ۹۰ مشاهده شد ولی در هر دو گروه ماهی میزان پر اکسید طی ۳ ماه نگه‌داری در دامنه مجاز و کمتر از ۱۰ meq-O2/kg بود. تغییرات مقادیر پراکساید با نوسان محتوی چربی بافت ماهی مرتبط است (Lehmann and Aubourg, 2007) از سوی دیگر، بیان شده است که تغییرات شرایط سردخانه می‌تواند موجب نوسان در میزان پراکساید بافت ماهی شود اما نهایتاً با تخریب بافت چربی، میزان پراکساید افزایش خواهد یافت (Vujkovic *et al.*, 1999). میزان شاخص TBA طی نگه‌داری به حالت انجماد افزایش یافت که نشان‌دهنده پیشرفت اکسیداسیون چربی و کاهش کیفیت آن است. مقایسه بین دو گروه نشان داد میزان TBA که بیانگر اکسیداسیون ثانویه است، اگرچه در ماه اول نگه‌داری نیز اختلاف معنی‌داری دیده شد، اما این مقادیر در ماه‌های دوم و سوم نگه‌داری در ماهی شکم خالی بیشتر از ماهی کامل بود ($p<0/05$). عدم وجود پوشش و بسته‌بندی کامل به‌همراه افزایش سطح تماس ماهی با اکسیژن هوا در نمونه‌های شکم خالی تحت فرآیند برش و تخلیه شکمی می‌تواند تولید محصولات ثانوی فساد چربی را تحت تأثیر قرار دهد. این نتایج با یافته‌های خرمگاه و رضایی (۱۳۹۱)، علاالدوله یی و همکاران (۱۳۹۲)، ملاپور و همکاران (۱۳۹۲) و لمان و اوبورگ (۲۰۰۷) مشابه است.

با توجه به شکل ۳، مقادیر ازت‌های تام فرار (TVB-N) در هر دو گونه شکم پر و خالی افزایش یافت؛ لیکن هیچکدام به حد مجاز ۲۰ mg/100g (Ozden and Erkan, 2007) نرسیدند. همان‌طور که اوزیورت و همکاران بیان کردند، افزایش مقدار TVB–N در ماهیان آب شیرین می‌تواند به‌دلیل فعال بودن آنزیم‌های پروتئولیتیک و تخریب ترکیبات ازت‌دار و در ماهیان

www.SID.ir

دریایی نیز به‌دلیل فعالیت آنزیم‌های عمل‌کننده بر روی ترکیباتی آمین‌دار حتی در دماهای پایین باشد (Ozyurt *et al.*, 2007). بوتا و همکاران تغییرات شیمیایی و حسی ماهی کم‌چرب گرینادیر حین نگه‌داری به حالت انجماد را بررسی کردند و طی آن دریافتند تخلیه شکمی باعث کاهش بازهای فرار و حفظ خواص حسی ماهی شکم خالی در مقایسه با ماهی کامل شد (Botta *et al.*, 1982). در مطالعه‌ای دیگر تژادا و هیودوبرو کیفیت ماهی سیم پرورشی در ارتباط با روش کشتن و تخلیه شکمی مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه روش کشتن و تخلیه شکمی تأثیر مهمی بر روی خواص کیفی این ماهی در هنگام نگه‌داری در یخ نداشت (Tejada and Huidobro, 2004). اوزدن و ارکان، کیفیت و زمان ماندگاری ماهی کامل و شکم خالی ساردین نگه‌داری شده در یخ را مورد بررسی قرار دادند (Ozden and Erkan, 2007). نتایج آنها نشان داد مجموع بازهای نیتروژنی فرار و تری متیل آمین در ماهی کامل، و مقادیر پراکساید و تیوباربیتوریک اسید برای نمونه‌های شکم خالی بیشتر بود. بنابراین وجود آنزیم‌های پروتئولیتیک می‌تواند عامل اصلی بالاتر بودن مقادیر TVB-N در ماهیان قزل‌آلای شکم پر باشد. در پژوهش کنونی نیز در روز آخر نگه‌داری نمونه در شرایط انجماد، عیناً همین نتایج به دست آمد.

یکی از معیارها برای ارزیابی ارزش بیولوژیک چربی، میزان درصد اسیدهای چرب چند غیراشباع و نسبت اسیدهای چرب امگا-۳ به امگا-٦ می‌باشد. چربی‌ها با نسبت بالاتر امگا-۳ از نظر بیولوژیکی اهمیت بیشتری دارند و در صورتی‌که این نسبت بیشتر از ۰/۵ باشد مطلوب است (Vujkovic *et al.*, 1999). در مطالعه حاضر این نسبت در ماهی شکم خالی شده قزل آلا بالاتر از نمونه‌های شکم پر برآورد شد که بیانگر برتر بودن شاخص فوق در فرآیند تخلیه شکمی است.

در نتایج حاصل از اسیدهای چرب SFA، MUFA و PUFA و نیز نسبت امگا ۳ به امگا ٦ (ω-3/ω-6) بین دو نمونه، اختلافی در روز آخر نگه‌داری در شرایط انجماد دیده نشد ($p>۰/۰۵$) و صرفاً در مقادیر EPA+DHA و نسبت‌های $EPA+DHA/C_{16}$ و PUFA/SFA بین ماهی کامل و شکم خالی در روز ۹۰ نگه‌داری تفاوت دیده شد ($p<۰/۰۵$).

این نتایج نشان می‌دهد که ماهی قزل‌آلای تازه منبع غنی‌تری از EPA و DHA می‌باشد اما از نظر سایر اسیدهای چرب ماهی منجمد تا حدودی می‌تواند مانند ماهی تازه باشد. همچنین عنوان شده است که نسبت $EPA+DHA/C_{16}$ در چربی ماهیان یک نسبت با ارزش در ارزیابی شاخص غیراشباعیت (Polyene index) و شرایط اکسیداسیونی است و هرچه به عدد یک نزدیکتر باشد، ارزش بالاتری دارد (Jeong *et al.*, 1990; Hedayatifard and Yousefian, 2010). در پژوهش حاضر این نسبت در ماهی تازه بالاترین و در نمونه شکم خالی بالاتر از شکم پر بود ($p<۰/۰۵$)؛ که خود نشان دهنده اثرات مطلوب تخلیه شکمی بر شاخص غیراشباعیت می باشد.

مشابه نتایج تحقیقات حاضر در مطالعه بوتینو و همکاران ترکیب اسید چرب میگوی قهوه‌ای (*Penaeus aztecus*) (Bottino *et al.*, 1979) و خرمگاه و رضایی (۱۳۹۱) ترکیب اسید چرب ماهی سفید دریای مازندران طی ٦ ماه نگه‌داری در فریزر تغییر معنی‌داری نداشت. مطالعه دی کاسترو و همکاران نیز بر روی ۳ گونه از

Archive of SID
www.SID.ir

ماهیان آب شیرین (کپور معمولی، تیلاپیای نیل و تامباکو) نشان داد طی ٤٥ روز نگه‌داری این ماهیان در شرایط انجماد، ترکیب اسیدهای چرب تغییر معنی‌داری نداشت (de Castro *et al*., 2007). برای مثال ترکیب اسید چرب در ماهی تازه تیلاپیای نیل در روز صفر شامل ٤٣/٦ گرم درصد گرم اشباع، ٣٤/٢ گرم درصد گرم تک غیراشباع و ١٥/٥ گرم درصد گرم چند غیراشباع بود و پس از ٤٥ روز نگه‌داری در فریزر این مقادیر به ترتیب ٤٢/١ ، ٣٥ و ١٨/٢ گرم درصد گرم رسید. بسیاری از محققان به نوسان و تغییر و تبدیل اسیدهای چرب در طول دوره نگه‌داری در سردخانه اشاره نموده‌اند (Bottino *et al*., 1979; Hedayatifard and Moeini, 2007). همچنین حداقل مقدار گزارش شده برای نسبت PUFA/SFA، ٠/٤٥ پیشنهاد شد (Ozogul *et al*., 2007) که در مطالعه حاضر این نسبت در ماهی کامل بین ٠/٢٢ تا ٠/٣٩ و در ماهی شکم خالی ٠/٢٢ تا ٠/٤٢ متغییر بوده است.

از آن‌جا که هنگام یخزدایی و مصرف معمولاً محصول مدتی در دمای محیط قرار می‌گیرد، شرایط برای تکثیر باکتری‌های مزوفیل امکان‌پذیر می‌شود (معینی، ١٣٦٨). اگرچه فرآیند انجماد موجب کنترل باکتری‌ها شد (شکل‌های ٤ و٥)، لیکن جمعیت باکتری‌های مزوفیل کل در روزهای ٦٠ و ٩٠ نگه‌داری در ماهی کامل نسبت به ماهی شکم خالی بیشتر بود ($p< ٠/٠٥$). علت این امر این است که رشد میکرواورگانیسم‌ها حتی در دمای انجماد و پایین‌تر از نقطه انجماد (Huss, 1995)، علاوه بر خصوصیات ذاتی آنها بستگی به فاکتورهایی از قبیل مقدار مواد مغذی، pH و میزان دسترسی به آب فعال داشته و نوع میکروارگانیسم‌هایی که در این شرایط نابود می‌شوند از یک سویه به سویه دیگر متفاوت و بستگی به روش انجماد به‌کار رفته، ماهیت و ترکیب ماده غذایی، زمان نگه‌داری در حالت منجمد و درجه حرارت انجماد دارد (ذوالفقاری و همکاران، ١٣٩٠).

در این تحقیق ارزیابی حسی ماهیان کامل و شکم خالی با پنج شاخص بافت، ظاهر عمومی، بوی آبشش، ظاهر آبشش و چشم انجام گرفت. تمام شاخص‌های حسی در طول زمان نگه‌داری به حالت انجماد دچار افت کیفیت شدند و در واقع از حالت تازگی ماهیان کاسته شد (جدول ٤). بین شاخص‌های بافت، ظاهر عمومی، بو و ظاهر آبشش پس از روز ٣٠ نگه‌داری به بعد تفاوت معنی‌داری دیده شد ($p< ٠/٠٥$). در روز آخر نگه‌داری، پارامترهای بافت و ظاهر کلی در نمونه‌های ماهی کامل کیفیت بالاتر و شاخص‌های ظاهر و بوی آبشش در نمونه‌های شکم خالی برتری داشتند ($p< ٠/٠٥$). بنابراین براساس امتیازات اختصاص یافته، تخلیه شکمی می‌تواند پارامترهای مربوط به آبشش را به طور کامل محافظت کند؛ در حالی‌که در ماهی کامل همین اندام بیشترین افت کیفی را در بین تمام پارامترها نشان داد. این درحالی است که شاخص ارزیابی چشم در تمام طول دوره نگه‌داری به‌رغم افت کیفی، بین دو نمونه یکسان بود.

تخلیه شکمی موجب افزایش سطح تماس بافت‌های داخلی ماهیان با محیط سردخانه می‌گردد. از سوی دیگر، آبشش ماهیانی که تخلیه شکمی شده‌اند، مورد تهاجم باکتری‌های اندام‌های داخلی قرار نمی‌گیرند؛ لذا مصونیت و البته کیفیت بهتری خواهند داشت (Ozden and Erkan, 2007). بنابراین با توجه به آنچه که از

www.SID.ir

ارزیابی حسی دریافت شد، می‌توان شاخص‌های کیفی ماهیان شکم خالی شده را با استفاده از پوشش و بسته‌بندی حفظ نمود. اما علاالدوله یی و همکاران (۱۳۹۲) زمان ۷۵ روزه را برای نگه‌داری هردو گروه ماهیان کامل و شکم خالی سوف در دوره انجماد معرفی نمود؛ نتیجه‌ای که با داده‌های پژوهش ملاپور و همکاران (۱۳۹۲) و در خصوص اردک ماهی هماهنگ بود.

هر دو گروه ماهیان کامل و شکم خالی بر اساس ارزیابی شیمیایی دارای کیفیت مطلوبی بودند هر چند ارزیابی حسی این نمونه‌ها در پایان ۹۰ روز نگه‌داری در ۱۸- درجه سلسیوس حاکی از اندکی افت امتیاز کیفی بود. در پایان دوره نگه‌داری در رطوبت بین دو نمونه طی زمان نگه‌داری تفاوت وجود داشت. تخلیه شکمی در روند اکسیداسیون چربی تا روز ٦٠ نگه‌داری تغییر معنی‌داری ایجاد نکرد؛ بلکه TBA از روز ٦٠ و PV در روز ۹۰ تفاوت نشان دادند. حفظ شاخص‌های فساد چربی می‌تواند ناشی از حفاظت بافت‌های داخلی بدن از تماس مستقیم با محیط باشد. در شاخص TVB و جمعیت کلی باکتریایی از روز ٦٠ نگه‌داری تفاوت دیده شد و در هر دو مورد روند نمونه‌های ماهی کامل افزایش بیشتری داشت. هم‌زمان در شاخص‌های حسی دو نمونه ماهی نیز اختلاف دیده شد. به طوری‌که امتیاز کیفی بافت و ظاهر عمومی در ماهی کامل بالاتر بود، درحالی‌که کیفیت بو و ظاهر آبشش در ماهیان شکم خالی شده به خوبی حفظ می‌شود. در مجموع بر پایه نتایج این مطالعه، تمامی فاکتورهای مورد ارزیابی از محدوده مجاز مصرف تجاوز نکرده و هر دو گروه ماهی کامل و شکم خالی در پایان ۹۰ روز نگه‌داری قابل مصرف تشخیص داده شدند. از آن‌جا که تخلیه شکمی موجب افزایش تماس بافت‌های داخلی با محیط سردخانه می‌گردد، اما شاخص‌های کیفی میکروبی، حسی و شیمیایی دچار تغییرات نامطلوبی نمی‌گردد، بنابراین می‌توان پیشنهاد حفظ بهینه شاخص‌های کیفی ماهیان شکم خالی شده را با استفاده از پوشش و بسته‌بندی مناسب داد.

منابع

- خرمگاه، مهدی و رضایی، مسعود (۱۳۹۱). تغییرات شیمیایی و حسی ماهی سفید (*Rutilus frisii* kutum) طی نگه‌داری به حالت انجماد (۱۸ ^{o}C-)، مجله علوم و صنایع غذایی، دوره ۹، شماره ۳۷، صفحات: ۱۰۱ تا ۱۰۷.
- ذوالفقاری، مهدی؛ شعبانپور، بهاره و فلاح‌زاده، ساناز (۱۳۹۰). بررسی روند تغییرات شیمیایی، میکروبی و حسی فیله ماهی قزل آلای رنگین کمان جهت تعیین مدت زمان ماندگاری آن در دمای یخچال، نشریه شیلات (مجله منابع طبیعی ایران)، دوره ٦٤، شماره ۲، صفحات: ۱۱۹-۱۰۷.
- علاالدوله‌یی، مریم؛ هدایتی‌فرد، مسعود و یوسفیان، مهدی (۱۳۹۲). تاثیر تخلیه شکمی بر خواص شیمیایی، حسی و میکروبی ماهی سوف معمولی *Sander luciperca* طی نگه‌داری به حالت انجماد ۱۸- درجه سانتی‌گراد، سومین سمینار ملی امنیت غذایی، ۷ و ۸ اسفند ۱۳۹۲، سوادکوه، صفحه: ۱۰.

Archive of SID
www.SID.ir

- معینی، سهراب (۱۳٦۸). صنایع فرآورده‌های شیلاتی، انتشارات معاونت آموزش و تحقیقات شرکت سهامی شیلات ایران، وزارت جهاد سازندگی، تهران، صفحه: ۲۱۲.
- ملاپور، محدثه؛ هدایتی‌فرد، مسعود و یوسفیان، مهدی (۱۳۹۲). تاثیر تخلیه شکمی بر خواص شیمیایی و حسی ومیکروبی اردک ماهی *Esox lucius* حین نگه‌داری به حالت انجماد، سومین سمینار ملی امنیت غذایی، ۷ و ۸ اسفند ۱۳۹۲، سوادکوه، صفحه: ۱۲.

- AOAC. (1995). Official methods of analysis. 17th Edition, Washington, DC: Association of official analytical chemists.
- AOAC. (2005). Official methods of analysis of AOAC International. 18th Edition, Gaithersburg, MD: AOAC international.
- Badii, F. and Howell, N.K. (2002). Changes in the texture and structure of cod and haddock fillets during frozen storage. Food Hydrocolloids, 16: 313-319.
- Bligh, E.G. and Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Physiology and Pharmacology, 37: 911-917.
- Burt, J.R. (1988). The effects of drying and smoking on the vitamin content of fish. In: Burt, J.R. (Editors), Fish Smoking and Drying. London, UK. Elsevier, pp. 53-61.
- Botta, J., Downey, A., Lauder, J. and O'Neill, M. (1982). Chemical and sensory assessment of round nose grenadier (*Macrourus ruperis*) subjected to long term frozen storage. Journal of Food Science, 47: 1670-1674.
- Bottino, N.R., Lilly, M.L. and Finne, G. (1979). Fatty acid stability of gulf of mexico brown shrimp (*Penaeus aztecus*) held on ice and in frozen storage. Journal of Food Science, 44: 1778-1779.
- Cakli, S., Kilinc, B., Cadun, A., Dincer, T. and Tolasa, S. (2005). Effect of ungutting on microbiological, chemical and sensory properties of aqua cultured sea bream (*Sparus aurata*) and sea bess (*Dicentrachus labrax*) stored in ice. European Food Research and Technology, 222: 719-725.
- Chytiri, S., Chouliara, I., Savvaidis, I.N. and Kontominas, M.G. (2004). Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aqua cultured rainbow trout. Food Microbiology, 21: 157-165.
- de Castro, F.A.F., Sant'Ana, H.M.P., Campos,, F.M., Costa, N.M.B., Silva, M.T.C., Salaro, A.L., *et al*. (2007). Fatty acid composition of three freshwater fishes under different storage and cooking processes. Food Chemistry, 103: 1080-1090.
- Egan, H., Krik, R.S. and Sawyer, R. (1997). Pearsons Chemical Analysis of Foods. 9 th Edition, pp. 609-634.
- Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanley, G.H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal's tissues. Journal of Biological Chemistry, 226: 497-509.
- Goulas, A.E. and 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*): Biochamical and Sensory attributes. Food Chemistry, 100: 287-296.
- Hedayatifard, M. and Moeini, S. (2007). Loss of omega-3 fatty acids of sturgeon (*Acipenser stellatus*) during cold storage. International Journal of Agriculture and Biology, 9(4): 598-601.
- Hedayatifard, M. and Yousefian, M. (2010). The fatty acid composition of golden mullet fillet *Liza aurata* as affected by dry-salting. Journal of Fisheries and Aquatic Science, 5: 208-215.
- Hunt, A.O. and Teqelioglu, N. (2008). Effect of lipid sources on growth and body fatty acid composition of sea bass *Dicentrarchus labran* L., Journal of Animal and Veterinary Advances, 7(8): 915-923.
- Huss, H.H. (1995). Quality and quality changes in fresh fish, FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER – 348, Food and Agriculture Organization of The United Nation, FAO, Rome, pp. 300.
- Jeong, B.Y., Ohshima, T., Koizumi, C. and Kanou, Y. (1990). Lipid deterioration and its inhibition of

Archive of SID
www.SID.ir

Japanese oyster (*Crasostrea giga*) during frozen storage. Nippon Suisan Gakkaishi, 56: 2083-2091.
- Lehmann, I. and Aubourg, S.P. (2007). Effect of pervious gutting on rancidity development in horse mackerel *(Trachurus trachurus*) during frozen storage at -20 º C, International Journal of Food Science and Technology, 43: 270-275.
- Lugasia, A., Adab, V., Hevari, J., Leboviesa, V., Jakoczic, I. and Aubourg, S. (2007). Effect of pre-soaking whole pelagic fish in a plant extract on sensory and biochemical changes during subsequent frozen storage. LWT, 40: 930-936.
- Natseba, A., LwaliRda, I., Kakura, E., MuyaBja, C.K. and Muyoaga, J.H. (2005). Effect of pre-freezing icing duration on quality changes in frozen Nile perch *(Lates niloticus*). Food Research International, 38: 469-474.
- Ozden, O. and Erkan, N. (2007). Quality assessment of whole and gutted sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice. International Journal of Food Science and Technology, 43(9): 1507–1727.
- Ozogul, Y. and Ozogul, F. (2007). Fatty acid profiles of commercially important fish species from the Mediterranean, Aegean and Black Seas. Food Chemistry, 100: 1634-1638.
- Ozyurt, G., Polat, A. and Tokur, B. (2007). Chemical and sensory changes in frozen '(-18 º C) wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*) captured at different fishing seasons. International Journal of Food Science and Technology, 42: 887-893.
- Tejada, M. and Huidobro, A. (2004). Quality of farmed gilthead seabrem (*Sparus aurata*) during ice storage related to the slaughter method and gutting. European food research and technology, 215(1): 1-7.
- Vujkovic, G., Karlovic, D., Vujkovic, I., Vorosbaranyic, I. and Branislava Jovanovic, B. (1999). Composition of muscle tissue lipids of silver carp and bighead carp. Journal of the American Oil Chemists' Society, 76: 475-480.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of gutting on sensory, microbial and chemical characteristics, and fatty acid profile of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during storage at -18 º C

Shokri, F.[1], Hedayatifard, M.[2]*, Raftani-Amiri, Z.[3]

1- M.Sc. Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.
2- PhD in Fish Processing Technology, Department of Fisheries, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran.
3- PhD in Food Sciences, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
*Corresponding author email: Persiafish@gmail.com
(Received: 2014/1/30 Accepted: 2015/5/31)

Archive of SID

Abstract

The aim of this study was to assess the effect of gutting on sensory, microbial and chemical characteristics, and fatty acid profile of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during storage at -18 º C. To this end, 42 rainbow trout were prepared and divided into two groups. First group selected as whole fish and the other group were gutted, washed and were placed in selofan-pack and then were frozen at -18 °C. Afterwards, the quality characteristics (TVB-N, TBA, and PV), nutrient compounds (protein, fat, moisture and ash), fatty acid profiles, microbial community (total count and psychrophilic bacteria) and sensory indices were evaluated during 3 months of frozen storage. The results showed a different between two groups in moisture contents, PV, TBA and TVB-N parameters during storage ($P< 0.05$). Evaluation of fatty acid profile revealed 15 fatty acids. In both groups, the MUFA, SFA and PUFA were the most abundant fatty acids, respectively. During the storage period, the composition of fatty acids was found to be different between the two groups. Although microbial examinations showed no significant difference in the population of psychrophilic bacteria among the two groups, the load of total bacteria was found significantly ($P< 0.05$) different. Sensory evaluations revealed significant ($P< 0.05$) difference among all indices between the gutted and whole fishes. In addition, the texture and appearance changes were remarkable in gutted fish, meanwhile the odor and branch appearance were adequately preserved.

Key words: Fatty acid, Freezing, Rainbow trout, Quality control

www.SID.ir