اقیانوس‌شناسی/ سال یازدهم/ شماره ۴۳/ پاییز ۱۳۹۹/۱۰/۶۰-۵۱

بررسی اثر کشتار با روش‌های خفگی و شوک الکتریکی بر روی ویژگی‌های حسی و رنگ گوشت ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) پرورشی طی نگهداری در یخ

محمد خسروی‌زاده[1*]، آی‌ناز خدانظری[2]، وحید زارعی[3]

۱- استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران. پست الکترونیکی: mohamad.27kh@gmail.com

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

۳- مربی گروه مهندسی الکترونیک و مخابرات دریا، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۸/۹/۹ ** نویسنده مسوول* *تاریخ پذیرش: ۹۹/۷/۲۸*

چکیده

رنگ و ویژگی‌های حسی آبزیان از جمله پارامترهای کلیدی تاثیر گذار بر انتخاب محصولات آبزی توسط مصرف-کننده می‌باشد. از این رو در مطالعه حاضر تاثیر دو روش پیش کشتار و کشتار شامل شوک الکتریکی و خفگی بر رنگ گوشت و ویژگی‌های حسی ماهی کپور نقره‌ای در شرایط پرورشی به صورت روزانه طی ۵ روز نگهداری در یخ بررسی شد. در این مطالعه کشتار ماهی‌ها با روش الکتریکی با جریان ۱۱۰ ولت صورت گرفت. نتایج بدست آمده در ارتباط با شاخص‌های رنگ سنجی نشان داد کلیه این شاخص‌ها در پایان آزمایش به طور معنی داری تغییر یافت ($p<۰/۰۵$). با این حال مقایسه نتایج نشان داد که در پایان آزمایش بجز شاخص a* (شاخص قرمزی) و b* (شاخص زردی) اختلاف معنی داری بین تیمارها مشاهده نشد. میزان شاخص‌های a* و b* به ترتیب در تیمارهای شوک الکتریکی و خفگی به طور معنی داری بالاتر بودن ($p<۰/۰۵$). همچنین نتایج حاصل نشان داد شاخص‌های کیفی این ماهی در تیمارهای خفگی و شوک الکتریکی با افزایش مدت ماندگاری به طور معنی داری افزایش نشان داد ($p<۰/۰۵$) و در پایان آزمایش میزان این شاخص به ترتیب به ۱۰ و ۹/۳۳ رسید. اگرچه نتایج حاصل در طول دوره نگهداری نشان دهنده کم بودن سرعت تغییرات شاخص‌های حسی در روش شوک الکتریکی نسبت به روش خفگی بود. با این حال با توجه به افت شاخص‌های رنگ در روش شوک الکتریکی، بهینه‌سازی این روش نیازمند تحقیقات بیشتر در زمینه شدت و مدت زمان شوک می‌باشد.

کلمات کلیدی: *کپور نقره‌ای، شوک الکتریکی، خفگی، ویژگی کیفی، رنگ فیله ماهی.*

۱. مقدمه

افزایش آگاهی از خواص ماهی به واسطه وجود ترکیباتی همچون پروتئین بالا، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب غیر اشباع امگا-۳ و نقش مهم آنها در بهبود کیفیت تغذیه، سبب رشد روز افزون استفاده از این ماده غذایی به شکل تازه و یا فرآوری شده در رژیم غذایی خانواده‌ها شده است (Perez – Alonso et al., 2004). با این حال محصولات وابسته به این ماده غذایی در

مقایسه با سایر محصولات گوشتی از فساد پذیری بالاتر و افت کیفی بیشتری در طول مدت زمان نگهداری و نیز تحت تاثیر نحوه عمل آوری برخوردار می‌باشند. این امر در کنار تقاضای بالای مردم جهت استفاده از ماهی به صورت تازه، لزوم استفاده از روش‌های مناسب جهت نگهداری و فرآوری درست این محصولات به منظور حفظ کیفیت آنها را بیش از پیش آشکار می-کند.

در صنعت پرورش و فرآوری آبزیان عوامل استرس زا همانند محصور نمودن، حمل و جابجایی، صید و بی حسی می تواند سبب القای پاسخ های استرسی در ماهیان شود. در این بین روش کشتار معمولا به عنوان یکی از حساس ترین مراحل تاثیر گذار بر روی کیفیت ماهیان شناخته می‌شود (Rasco et al., 2015). با توجه به مفهوم حقوق حیوانات و نیز نظر انجمن ایمنی مواد غذایی اروپا روش های کشتار برای ماهیان پرورشی می بایست از طریق مناسب که با از دست دادن سریع حساسیت و هوشیاری آنها همراه باشد مورد استفاده قرار گیرد (European Food Safety Association, 2009). وجود استرس ناشی از درد، اضطراب و ناراحتی در طول پروسه کشتار می‌تواند منجر به ایجاد تغییرات هورمونی، بیوشیمیایی، تنظیم اسمزی، ایمنی و انرژی شود که در این بین ترشح کورتیزول و گلیکولیز بی هوازی رخ داده که با تشکیل اسید لاکتیک و تغییر در فعالیت‌های عضلانی همراه می‌باشد، می‌تواند کیفیت فیله ماهی را تحت تاثیر قرار دهد (Barton, 2002; Poli et al., 2005). چنین امری در نهایت می تواند بافت را تحت تاثیر قرار داده و سبب ایجاد تغییرات کیفی در محصول فرآوری شده (Roth et al., 2010) شامل تغییرات در رنگ گوشت و بافت عضلات گردد، بطوریکه در ادامه منجر به تکه تکه و نرم شدن عضلات و نیز ضعیف شدن فیبرهای عضلانی می شود (Jerrett et al., 1996, Robb et al., 2000, Bagni et al., 2007, Erikson and Misimi, 2008). چنین تغییراتی می تواند نقش بسزایی در افت بازاریابی و استقبال از این محصولات و درنتیجه کاهش فروش این محصولات شود.

در روش‌های سنتی و مرسوم در صید آبزیان، ماهی پیش از کشتار در معرض هوا قرار گرفته که این پروسه آهسته و همراه با تقلا و درد می باشد که با رعایت حقوق حیوانات مطابقت ندارد (da Silva Maciel et al., 2014). از این رو کاهش میزان تقلای آبزیان در طول پروسه برداشت با بکارگیری روشهای متعددی از جمله استفاده از بیهوشی با گاز دی اکسید کربن و سایر مواد بیهوشی صورت می‌پذیرد. با این حال در برخی از کشورهای پیشرفته بکارگیری این روش و استفاده از ترکیبات بیهوش کننده در کشتار ماهیان و سایر جاندارانی که استفاده خوراکی دارند با محدودیت‌های سخت گیرانه‌ای مواجه می‌باشد (Maeda et al., 2014). استفاده از شوک الکتریکی از جمله دیگر روش های مورد استفاده صید و کشتار آبزیان می باشد. علیرغم مضرات زیاد بکارگیری این روش در محیط های طبیعی که با آشفتگی فراوان و آثار مخرب زیستی برای اکوسیستم‌ها همراه می‌باشد، از این روش با توجه به اینکه سبب بروز بی حسی در ماهی و کاهش تقلای زیاد آن می شود (خانی پور، ۱۳۸۸) می توان به صورت کنترل شده در آبزی پروری به عنوان روشی جهت صید و کشتار ماهیان به منظور ارتقای کیفی محصول تولیدی در مرحله برداشت استفاده شود.

مصرف کنندگان مواد غذایی مورد نیاز خود را در مرحله ی اول بر اساس ادراک دیداری مورد ارزیابی قرار داده و انتخاب می کنند. چون ظاهر و رنگ محصول در آن لحظه تنها فاکتور های کیفی در دسترس بوده و اطلاعات مستقیم از خود ماده ی غذایی در اختیار قرار می دهند. این شاخص ها بسیار مهم می باشند چون ممکن است سبب رد محصول شوند. انجام یک ارزیابی دقیق از سطح ماده ی غذایی و کنترل کیفیت آن و داشتن اطلاعات تصویری از تمام نقاط سطح آن ضروری می باشد. از اینرو این مطالعه با هدف ارزیابی تاثیر روش صید الکتریکی در مقایسه با کشتار به روش خفگی به عنوان روش سنتی بر روی تغییرات حسی و نیز رنگ ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) بلافاصله پس از کشتار و نیز در طول نگهداری در یخ جهت اتخاذ روش های مناسب برای صید این آبزی انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

در این مطالعه با هدف ارزیابی دو روش مختلف کشتار (خفگی و استفاده از شوک الکتریکی) بر روی ویژگی های حسی و رنگ ماهی کپور نقره ای تعداد ۳۶ عدد ماهی در اندازه تجاری با میانگین وزنی ۰/۳ ± ۱/۶ کیلوگرم و طول ۲/۲۷ ± ۵۰/۶۴ سانتیمتر از مزارع پرورش ماهیان گرمابی شهید احمدیان شهرستان خرمشهر در بهمن ماه ۱۳۹۵ خریداری شد و با استفاده از تانکر ویژه حمل ماهیان زنده مجهز به سیستم هوادهی با

اکسیژن به آزمایشگاه خیس دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر انتقال داده شد. برای سازگاری ماهی‌ها با شرایط محیطی و بازگشت به شرایط فیزیولوژیک عادی ماهی ها به مدت یک هفته در مخازن فایبرگلاس نگهداری و به طور مداوم هوادهی شدند.

به منظور انجام این پژوهش ماهی‌ها به صورت تصادفی به دو گروه ۱۸ تایی تقسیم شدند و کشتار به دو روش صورت گرفت. گروه اول با استفاده از قرارگیری در خارج از آب به روش خفگی که روش سنتی صید ماهی می باشد کشتار شدند. گروه دوم از طریق شوک الکتریکی با استفاده از دستگاه اتوترانس مدل دلتا ساخت کشور چین و با جریان ۱۱۰ ولت و ۰/۸ آمپر به مدت ۵ ثانیه کشتار شدند. پس از کشتار در هر دو روش نمونه ها ابتدا با استفاده از آب شهری و سپس با آب مقطر شستشو شدند. سپس به منظور بررسی خصوصیات حسی و رنگ سنجی به صورت کامل و جداگانه در پک‌های پلاستیکی قرارداده شده و در یخ به نسبت ۱ به ۲ (وزنی/ وزنی) در جعبه های یونولیتی نگهداری شدند. آنالیزهای حسی و رنگ سنجی کپور نقره ای نگهداری شده در یخ در دوره‌های زمانی ۰، ۲٤، ٤۸، ۷۲، ۹٦ و ۱۲۰ ساعت بعد از کشتار با سه بار تکرار مورد آزمایش قرار گرفتند. لازم به ذکر است که نمونه برداری مربوط به زمان صفر بلافاصله پس از کشتار و مرگ ماهی صورت پذیرفت (Rasco et al. 2015).

۲-۱ رنگ سنجی

رنگ سنجی با استفاده از کالری متر (HunterLab, Model colourFlex, Virginia USA) اندازه گیری شد؛ و سیستم رنگ سنجی CIE به صورت L*, a* و b* در نظر گرفته شد (Thanonkaew et al., 2006). 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 (-) متغییر است. شاخص کروما (C^*_{ab}) بیانگر غلظت رنگ، شاخص هیو (H^0_{ab}) بیانگر خلوص رنگ و شاخص سفیدی (W*) است که با توجه به فرمول زیر محاسبه می شود:

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

۲-۲ ارزیابی حسی

ارزیابی حسی برای توسعه روش شاخص کیفی ماهی خام بر اساس روش Sant'Ana et al. (2011) بود. تخمین طرح روش شاخص کیفی جهت ارزیابی کیفیت ماهی خام نگهداری شده در یخ با ۹ پارامتر کیفی در امتیازات با دامنه ۰ (تازگی) تا ۱۵ (کاهش تازگی)، که مجموع دامنه ها در مقادیر ذکر شده جهت کسب امتیاز حسی کل، یعنی شاخص تازگی به کار برده شد (جدول ۱).

جدول ۱: روش شاخص کیفی ماهی کپور نقره ای کامل طی نگهداری در یخ

ویژگی کیفی	پارامتر	مشخصات	درجه تخریب
ظاهر کلی	پوست	•رنگ روشن، واضح ومشخص،براق،روشنایی زیاد، بی مخاط (موکوس)	۰
		•کمی روشن، تغییر رنگ در اطراف، تقریبا براق،کاهش روشنایی، کمی مخاط (موکوس)	۱
چشم	بافت	•محکم، الاستیک ، اثر انگشت به سرعت از بین می رود	۰
		•نرم ، سست ، اثر انگشت با تاخیر از بین می رود	۱
	قرنیه	•روشن (بلورین)	۰
		•روشن یا کمی تیره	۱
	مردمک	•کمی مات،عدم وجود نقطه سفید	۰
		•مات ،نقطه سفید کوچک	۱
	شکل	•محدب	۰
		•صاف یا تخت	۱
	گردی	•سالم	۰
		•در حال فروپاشی	۱
آبشش	رنگ	•قرمز روشن و دارای اندکی موکوس	۰
		•قرمز و دارای مقداری موکوس	۱
	بو	•بوی تازگی و خاص گونه	۰
		•بوی خاص ماهی از بین رفته وآبشش فاقد بو	۱
		•تندی کم تا متوسط	۲
مربوط به دم	رطوبت	•کاملا مرطوب	۰
		•با لبه های خشک	۱
	رنگ	•روشن	۰
		•تیره	۱
گوشت	رنگ	•قرمز روشن و تیره	۰
		•قرمز روشن	۱
		•تغییر رنگ به قهوه ای یا قرمز کم رنگ	۲
	بو	•تازه یا بی بو	۰
		•ترشیده، کمی آمونیومی	۱
	استحکام	•سخت، متراکم	۰
		•نرم، رو به زوال	۱
مقبولیت کلی			۰-۱۵

شاخص کیفی ماهی شامل ظاهر کلی، قرنیه، مردمک، شکل و گردی چشم، رنگ و بوی آبشش، باله ها، رطوبت و رنگ دم، الاستیسیته و رنگ باله پشتی، رنگ و بو ناحیه شکمی (داخلی)،

جنبه کلی ناحیه شکم (خارجی)، رنگ، بو و استحکام گوشت بودند. ۱۵ فرد نیمه آموزش دیده شده طبق ISO, 1993 جهت ارزیابی حسی استفاده شد.

۲-۳ آنالیز آماری

کلیه محاسبات بر اساس سه تکرار صورت گرفت و نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شد. همچنین به منظور بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از تست Anderson-Darling و بررسی همگن بودن واریانس داده‌ها از آزمون Levene's استفاده شد. به منظور تجزیه وتحلیل مقادیر کمی به دست آمده از آزمایش های رنگ سنجی از تجزیه واریانس یک طرفه در قالب طرح کاملا تصادفی استفاده گردید. مقایسه میانگین ها در سطح معنی داری ۰/۰۵ و با استفاده از آزمون دانکن انجام پذیرفت. همچنین از رگرسیون خطی به منظور بررسی روند تغییرات کیفی و شاخص‌های رنگ نمونه‌ها در طول دوره نگهداری استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل با نرم افزار SPSS انجام پذیرفت.

۳. نتایج

نتایج بدست آمده در ارتباط با تغییرات رنگ ماهی کپور نقره-ای صید شده با دو روش خفگی و شوک الکتریکی در طول دوره‌ی نگهداری ۵ روزه در یخ در جدول ۱ نشان داده شده است، بطوریکه مشخص گردید میزان شاخص قرمزی (a*) در کپور نقره ای پرورشی کشتار شده به روش خفگی و شوک الکتریکی به طور معنی داری با افزایش طول مدت نگهداری افزایش یافت (ضریب همبستگی به ترتیب ۰/۷٤ و ۰/۹۵ محاسبه شد، p<۰/۰۵). همچنین نتایج بدست آمده نشان داد میزان شاخص قرمزی در ماهی کشتار شده به روش شوک الکتریکی به طور معنی داری بیشتر از ماهی های کشتار شده به روش خفگی بود (p<۰/۰۵). در ارتباط با شاخص L* اگر چه در هر دو روش خفگی و شوک الکتریکی با افزایش مدت ماندگاری این شاخص به طور معنی داری کاهش پیدا کرد (ضریب همبستگی به ترتیب ۰/۷۰۱- و ۰/۷۵۸- محاسبه شد، p<۰/۰۵)، با این حال در انتهای آزمایش نتایج بدست آمده از آنالیز رنگ تفاوت معنی داری در میزان L* بین شیوه های مورد آزمایش نشان نداد (p>۰/۰۵). همچنین در ارتباط با شاخص b* (نتایج حاصل نشان داد که با افزایش مدت ماندگاری میزان این شاخص در روش های خفگی و استفاده از شوک الکتریکی به طور معنی داری افزایش یافت (ضریب همبستگی به ترتیب ۰/٦۱ و ۰/٦٦ محاسبه شد؛ p<۰/۰۵). همچنین نتایج حاصل نشان داد میزان شاخص b* در ماهی‌های کشتار شده به روش خفگی در پایان مدت زمان نگهداری به طور معنی داری بین بالاتر از میزان این شاخص در روش کشتار الکتریکی بود.

نتایج بدست آمده در این مطالعه نشان داد که در هر دو تیمار کشتار به روش خفگی و شوک الکتریکی میزان شاخص C به طور معنی دار ی افزایش یافت. همچنین میزان این شاخص در روش خفگی بیشتر از روش شوک الکتریکی بود (ضریب همبستگی ۰/۸٤- محاسبه شد؛ p<۰/۰۵). با این حال در انتهای آزمایش نتایج بدست آمده از آنالیز رنگ تفاوت معنی داری در میزان C* بین شیوه های مورد آزمایش نشان نداد (p>۰/۰۵). همچنین در ارتباط با شاخص H* نتایج بدست آمده نشان داد این شاخص در روش شوک الکتریکی به طور معنی داری نسبت به روز صفر کاهش نشان داده است. با این حال در انتهای آزمایش نتایج بدست آمده از آنالیز رنگ تفاوت معنی داری در میزان H* بین روش خفگی و شوک الکتریکی نشان نداد (p>۰/۰۵). همچنین نتایج بدست آمده در ارتباط با شاخص W* نشان داد که با افزایش مدت زمان نگهداری میزان این شاخص در هر دو تیمار مورد مطالعه نسبت به زمان صفر به طور معنی داری کاهش یافت (p<۰/۰۵). در حالی که بین روش خفگی و روش شوک الکتریکی اختلاف معنی داری مشاهده نشد (p>۰/۰۵).

دستورالعمل روش شاخص کیفیت شامل ۵ ویژگی کیفی و ۱۳ پارامتر برای ارزیابی ماهی کپور نقره ای نگهداری شده در یخ در جدول ۱ نشان داده شده است. ویژگی‌ها از ۰ تا ۱ و ۰ تا ۲ بر طبق خصوصیات مشاهده شده امتیازدهی شدند. در جدول ۳ تغییرات امتیازات حسی ماهی کپور نقره ای کشتار شده با دو روش خفگی و شوک الکتریکی طی ۵ روز نگهداری در یخ نشان داده شده است. شاخص کیفی ماهی شامل ظاهر کلی، قرنیه، مردمک، شکل و گردی چشم، رنگ و بو آبشش، باله ها، رطوبت و رنگ دم، الاستیسیته و رنگ باله پشتی، رنگ و بو ناحیه شکمی (داخلی)، جنبه کلی ناحیه شکم (خارجی)، رنگ، بو و استحکام گوشت بودند. نتایج بدست آمده نشان داد که همه پارامتر ها طی دوره نگهداری در یخ کاهش یافتند.

جدول ۲: تغییرات فاکتورهای رنگ ماهی کپور تقره‌ای صید شده به روش خفگی و شوک الکتریکی نگهداری شده به مدت ۵ روز در یخ

شاخص‌های رنگ سنجی	زمان نگهداری (ساعت)						
	۰	۲٤	٤۸	۷۲	۹٦	۱۲۰	r
a*							
خفگی	۹/۰۳^{cA}۱±/۳۲	۹/۴۵^{cB}۰±/۱۲	۱۹/۰۸۵^{bA}۳±/۰۱	۲۲/۲۳^{aB}۰±/۰۵	۱۶/۴۹^{bA}۱±/۴۲	۲۱/۵۲^{aB}۰±/۰۵	۰/۷۴۱*
شوک الکتریکی	۸/۸۲^{dA}۰±/۵۱	۱۰/۸۴^{dA}۰±/۳۰	۱۶/۰۵^{cA}۱±/۷۴	۲۱/۴۸^{bA}۰±/۱۹	۲۲/۷۴^{bA}۳±/۱۲	۳۱/۰۹^{aA}۰±/۶۹	۰/۹۴۶*
b*							
خفگی	۱۷/۳۶^{bA}۰±/۱۹	۱۶/۴۲^{bB}۰±/۳۸	۲۴/۱۲^{bA}۰±/۰۵	۱۸/۴۴^{bA}۰±/۴۹	۲۲/۹۱^{bA}۱±/۰۳	۳۷/۳۳^{aA}۰±/۶۹	۰/۶۱۲*
شوک الکتریکی	۱۷/۴۲^{eA}۰±/۲۱	۲۴/۴۰^{bA}۰±/۲۸	۲۲/۶۰^{cA}۰±/۶۴	۱۹/۳۲^{dA}۱±/۰۲	۲۵/۰۷^{bA}۰±/۰۳	۲۶/۸۲^{aB}۰±/۵۲	۰/۶۶۱*
L*							
خفگی	۵۹/۸۰^{aA}±۲/۱۴	۵۹/۸۰^{aB}±۰/۱۲	۵۴/۰۵^{abB}±۰/۲۳	۵۵/۷۱^{abB}۰±/۳۴	۵۵/۶۱^{abA}۰±/۷۴	۵۰/۹۷^{bA}۳±/۱۰	-۰/۷۰۱*
شوک الکتریکی	۵۹/۸۶^{aA}±۱/۰۸	۵۵/۰۰^{bA}±۰/۰۴	۴۹/۱۹^{cA}±۰/۶۲	۵۳/۴۷^{bA}۰±/۰۷	۵۲/۷۲^{bA}۲±/۴۵	۴۵/۶۸^{cA}۰±/۳۹	-۰/۷۵۸*
C*							
خفگی	۱۹/۷۶^{bA}۰±/۶۳	۲۴/۰۳^{bA}۲±/۱۸	۲۹/۳۹^{bA}۱±/۸۱	۲۴/۴۷^{bA}۰±/۷۱	۳۰/۰۵^{bA}۰±/۷۵	۴۳/۶۷^{aA}۸±/۲۶	۰/۷۵۰*
شوک الکتریکی	۱۹/۵۳۶^{cA}۰±/۴۲	۲۶/۶۹^{bcA}۰±/۳۷	۲۷/۸۳^{bA}۰±/۴۸	۳۳/۳۹^{bA}۵±/۲۲	۳۴/۰۰^{abA}۲±/۰۶	۴۱/۰۵^{aA}۰±/۸۶	۰/۸۷۶*
H*							
خفگی	۱/۰۹^{aA}۰±/۰۶	۱/۰۳^{aA}۰±/۰۰	۰/۹۰^{aA}۰±/۰۷	۰/۶۹^{bA}۰±/۰۱	۰/۹۴^{aA}۰±/۰۶	۰/۹۹^{aA}۰±/۱۲	-۰/۲۹۲
شوک الکتریکی	۱/۱۰^{bA}۰±/۰۱	۱/۱۵^{bA}۰±/۰۰	۰/۹۵^{bA}۰±/۰۶	۰/۷۲^{cdA}۰±/۰۲	۰/۸۳^{bcA}۰±/۰۶	۰/۷۰^{dA}۰±/۰۰	-۰/۸۴۸*
W							
خفگی	۵۵/۲۰^{aA}۱±/۷۰	۵۵/۵۵^{aB}۰±/۲۲	۴۴/۵۶^{bA}۱±/۲۶	۴۷/۱۱^{bB}۰±/۴۸	۴۷/۳۲^{bA}۰±/۶۲	۳۳/۳۱^{cA}۳±/۲۰	-۰/۸۲۴*
شوک الکتریکی	۵۵/۳۴^{aA}۰±/۷۹	۴۷/۶۶^{bA}۰±/۲۳	۴۲/۰۶^{cA}۰±/۷۸	۴۵/۲۱^{bcA}۰±/۳۶	۴۱/۷۴^{cA}۳±/۱۹	۳۱/۹۰^{dA}۰±/۸۳	-۰/۸۷۶*

حروف کوچک در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار بین هر شاخص در طول مدت نگهداری در یخ می باشد.

حروف بزرگ در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارهای مورد آزمایش می باشد.

*نشان دهنده معنی دار بودن همبستگی می باشد ($p<۰/۰۵$).

جدول ۳: میانگین امتیازهای داده شده به هر شاخص کیفیت ارزیابی شده با روش شاخص کیفیت ماهی کپور نقره ای کشتارشده با دو روش خفگی و شوک الکتریکی نگهداری شده به مدت ۵ روز در یخ

پارامتر/ روز های نگهداری در یخ (ساعت)	تیمارها	۰	۲٤	٤۸	۷۲	۹۲	۱۲۰	r
ظاهر کلی پوست	شوک الکتریکی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۴۷۲*
	خفگی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۵۵۲*
ظاهر کلی بافت	شوک الکتریکی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۵۶۷*
	خفگی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۵۶۷*
قرنیه چشم	شوک الکتریکی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۶۶	۱/۰۰	۰/۷۵۹*
	خفگی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۶۶	۱/۰۰	۰/۷۰۱*
مردمک چشم	شوک الکتریکی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۵۶۷*
	خفگی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۵۴۸*
شکل چشم	شوک الکتریکی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۵۵۲*
	خفگی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۵۵۲*
گودی چشم	شوک الکتریکی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۵۵
	خفگی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۵۵
رنگ آبشش	شوک الکتریکی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۵۴۸*
	خفگی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۵۴۸*
بو آبشش	شوک الکتریکی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۶۶	۱/۳۳	۰/۷۳۱*
	خفگی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۶۶	۱/۳۳	۰/۷۳۱*
رطوبت دم	شوک الکتریکی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۶۶	۰/۵۱۸*
	خفگی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۱/۰۰	۰/۵۴۸*
رنگ دم	شوک الکتریکی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۵۴۸*
	خفگی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۵۴۸*
رنگ گوشت	شوک الکتریکی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۶۶	۱/۳۳	۰/۷۳۱*
	خفگی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۶۶	۱/۳۳	۰/۷۳۱*
بو گوشت	شوک الکتریکی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۴۷۲*
	خفگی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۴۷۲*
استحکام گوشت	شوک الکتریکی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۴۱۴*
	خفگی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۵۶۷*
مجموع امتیازات	شوک الکتریکی	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۶۶	۳/۳۳	۵/۰۰	۹/۳۳	
	خفگی	۰/۰۰	۰/۰۰	۲/۰۰	۴/۰۰	۵/۶۶	۱۰	

*نشان دهنده معنی دار بودن روند تغییرات در طول دوره نگهداری در یخ می باشد ($p<۰/۰۵$).

امتیازهای شاخصهای کیفی ماهی کپور نقره‌ای کشتار شده با دو روش خفگی و شوک الکتریکی تا ٢٤ ساعت نگهداری شده در یخ بدون تغییر بودند. با این حال رطوبت دم و استحکام گوشت ماهی کپور نقره‌ای کشتار شده در روش استفاده از شوک الکتریکی در مقایسه با روش خفگی در انتهای دوره نگهداری در یخ بیشتر بود. امتیازهای شاخص‌های کیفی به جز گودی چشم در طول دوره نگهداری دارای همبستگی بالایی با گذشت زمان نگهداری می‌باشد (٠/٤٧٢ تا ٠/٧٥٩= r).

۴. بحث

بررسی ظاهر فرآورده‌های غذایی با توجه به اینکه به راحتی توسط خریداران قابل بررسی می‌باشد، پارامتر مهمی برای مصرف کننده است. رنگ، برساختار بافت و غلظت رنگدانه اثر می گذارد (Gines et al., 2004). در این تحقیق رنگ سنجی بر اساس مولفه‌های *L، *a و *b کمی گردیده است. مقادیر مولفه *a نامحدود است و مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز است، مقادیر مولفه *b نامحدود است و مقادیر مثبت معادل رنگ زرد و مقادیر منفی معادل رنگ آبی است و شاخص*L معادل روشنایی تصویرکه بین ۰ معادل مشکی و ۱۰۰ معادل انعکاس کامل نور است، می‌باشد. از *a و *b برای تغییر مقادیر هیو (*H) (معرف رنگ دیده شده) و کروما (C_{ab}) (معرف شدت وضوح رنگ)، استفاده گردید. تغییرات رنگ ماهی کپور نقره ای کشتار شده با دو روش خفگی و شوک الکتریکی در طول دوره ی نگهداری ۵ روزه نشان دهنده روند افزایشی شاخص قرمزی (*a) همه ی نمونه ها با افزایش دوره‌ی نگهداری بود ($p<٠/٠٥$). با این حال میزان این شاخص در ماهی کشتار شده به روش شوک الکتریکی بیشتر از ماهی کشتار شده به روش خفگی بود ($p<٠/٠٥$). اگرچه در هر دو روش مورد آزمایش با افزایش مدت ماندگاری شاخص*L به طور معنی داری کاهش پیدا کرد، با این حال در انتهای آزمایش نتایج بدست آمده از آنالیز رنگ تفاوت معنی داری در میزان *L بین شیوه‌های مورد آزمایش نشان نداد. هنگامی که روش کشتار الکتریکی را با دیگر روشهای پیش کشتار و کشتار از نظر تاثیر بر روی رنگ گوشت ماهی مقایسه می کنیم با نتایج مختلفی روبرو می شویم. در تیلاپیای نیل، شوک الکتریکی در مقایسه با روش قطع آبشش منجر به افزایش مقدار *a (قرمزی) و کاهش مقدار *L (روشنایی) می شود (Lambooij et al., 2008). در مطالعه صورت گرفته در ارتباط با مار ماهی میزان بالای *a و مقدار پایین *L در ماهیان کشتار شده به روش شوک الکتریکی در مقایسه با استفاده از حمام نمک مشاهده شد (Morzel and van de Vis, 2003). بر خلاف این نتایج، مطالعه بر روی کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*) هیچگونه تغییر رنگی در مقایسه کشتار به روش های شوک الکتریکی و شوک دمایی با استفاده آب و یخ مشاهده نشد (Scherer et al., 2005). در خصوص ماهی توربوت (*Psetta maxima*) کشتار الکتریکی به عنوان جایگزینی برای روش شوک دمایی استفاده شد و هیچگونه اختلاف معنی داری در میزان پارامتر های *a، *b و *L مشاهده نشد.

استرس ناشی از روش کشتار به دلیل تولید اسید لاکتیک طی فرآیند گلیکولیز و کاهش pH عضله، تخریب ساختار میوفیبریل را به عنوان عامل تاثیر گذار بر خواص پراکنش نور عضله عنوان می کنند (Misimi et al., 2008) و روشنایی بالا در گوشت به طور گسترده در ماهیان تحت تاثیر استرس به دلیل کاهش میزان پروتئین های محلول عضله در مقایسه با ماهیان بدون استرس، دیده می شود (Robb et al., 2000). همچنین مقدار بالای شاخص *a پس از کشتار می تواند در نتیجه خروج خون از محوطه شکمی و تجمع آن در ماهیچه به منظور تامین شرایط مورد نیاز برای تلاش و تقلای ماهی در حین کشتار باشد که منجر به افزایش قرمزی در فیله ها می شود (Digre et al., 2011). با این حال این فرضیه اخیر احتمالا در این مطالعه نمی تواند توضیح دهنده تفاوت در میزان شاخص *a مشاهده شده باشد؛ زیرا بر اساس مشاهدات صورت گرفته استفاده از شوک الکتریکی سبب شد تا بلافاصله پس از شوک، ماهی ها بی حس شده و این امر مانع از تقلای ماهی پیش از کشتار شد. با این حال دلیل تفاوت در میزان شاخص *a می تواند ناشی از آسیب اسکلتی و نیز شکستگی دیواره رگ ها به دلیل انقباض عضلانی در جریان بی حسی ماهی با استفاده از شوک الکتریکی باشد که این امر می تواند در نتیجه شدت و مدت زمان تحت شوک الکتریکی باشد (Lines et al., 2003; Morzel et al., 2003; Morzel and van de Vis, 2003; Roth et al., 2003; Scherer et al., 2005; Knowles et al., 2008). بررسی صورت گرفته در این مطالعه نیز نشان داد که بکار گیری جریان الکتریکی سبب ایجاد شکستگی در ستون مهره ها و خونریزی (نقاط خونی) شده است (شکل ۱). این

خونریزی ها می تواند سبب شود تا ماهی های بی حس شده از طریق روش الکتریکی گوشتی قرمزتر و تیره تر (به ترتیب به دلیل میزان شاخص *a بالاتر و میزان *L پایین تر) داشته باشند که این امر در نهایت در فیله ماهی قابل رؤیت می باشد. از اینرو اگرچه روش کشتار به روش شوک الکتریکی نسبت به سایر روش های پیش کشتار اخلاقی تر می باشد (Morzel et al., 2003)، با توجه به اینکه استفاده از شوک الکتریکی می تواند منجر به شکسته شدن ستون مهره ها و خونریزی (نقاط خونی) در ماهی ها شده و در نتیجه کاهش ارزش تجاری ماهی شود. به همین دلیل به منظور بکارگیری و بهینه سازی استفاده از روش پیش از کشتار با استفاده از شوک الکتریکی به عنوان جایگزین روش های مرسوم کشتار تحقیقات بیشتری بر روی پارامتر های مربوط به کشتار الکتریکی همانند شدت، مدت زمان شوک و رسانایی آب مورد نیاز می باشد تا بکارگیری این روش بدون اینکه افت کیفی در رنگ گوشت ماهی اتفاق بیفتاد صورت پذیرد.

شکل ۱: شکسته شدن ستون مهره ها و خونریزی در ماهی کپور نقره ای پرورشی ;کشتار شده به روش الکتریکی

همچنین در ارتباط با پارامتر زردی (*b) نتایج بدست آمده نشان داد با افزایش زمان نگهداری، این شاخص در هر دو روش کشتاربه طور معنی داری افزایش یافت (p<۰/۰۵). همچنین در پایان آزمایش میزان این شاخص در ماهی های کشتار شده به روش خفگی به طور معنی داری نسبت به روش کشتار شوک الکتریکی بالاتر بود (p<۰/۰۵). تغییر در رنگ عضله و زرد شدن گوشت در جانوران قرمز گوشت که پیش از کشتار فعالیت زیادی را انجام داده اند مشاهده شده است (Warriss, 1996). این تغییرات می تواند ناشی از تغییرات اسیدیته در فرآیند جمود نعشی و در نتیجه دژنره شدن پروتئین و از دست دادن آب و در نتیجه تغییر در خواص انعکاسی نور شود. همچنین در این مطالعه با توجه به اینکه سنجش رنگ تا ۱۲۰ساعت بعد از مرگ اندازه گیری شده است، تفاوت مشاهده شده در میزان b در هر تیمار نیز می تواند در نتیجه زمان نگهداری (حدود ۵ روز) بوده و تنها ناشی از روش کشتار نمی باشد. به طور مشابه در مطالعه Boggess و همکاران (۱۹۷۳) هیچگونه اختلاف معنی داری در شاخص *L در ماهیان کشته شده به روش الکتریکی با جریان مستقیم و غوطه وری در یخ مشاهده ننمودند. با این حال نتایج بدست آمده در مطالعه آنها نشان داد که ماهی های کشتار شده با استفاده از روش الکتریکی میزان شاخص *b بالاتری نسبت به ماهی‌های کشتارشده به روش غوطه وری در یخ نشان دادند. همچنین نتایج مشابهی توسط شعبانپور و همکاران (۱۳۹۱) و Vargas Baldi (۲۰۱۸) بدست آمد. همچنین در مطالعه حاضر شاخص کروما با افزایش دوره‌ی نگهداری افزایش یافت. از سویی بیشترین میزان هیو در روز پنجم و در ماهی های کشتار شده به روش خفگی مشاهده شد. افت رنگ در طی دوره‌ی نگهداری ممکن است با اکسیداسیون لیپیدها، اکسیداسیون پروتئین های همو گلوبین و میوگلوبین، فعالیت های غیر آنزیمی بین تولیدات حاصل از اکسیداسیون لیپید و گروه های آمینی پروتئین و فساد میکروبی نیز مرتبط باشد (Siripatrawan and Noipha, 2012).

روش شاخص کیفی یکی از روش‌های خوب جهت تشخیص تازگی ماهی کپور نقره ای طی نگهداری در یخ می باشد. همبستگی خطی معنی دار بین شاخص کیفی و زمان نگهداری در یخ ممکن است برای پیش بینی ماندگاری ماهی استفاده شود (Botta, 1995). مجموع امتیازات به دست آمده برای ویژگی های حسی طی نگهداری ماهی کپور نقره ای نگهداری در یخ با شاخص کیفی نشان داده می شود. شاخص کیفی ماهی کپور نقره ای با زمان نگهداری افزایش یافت. شاخص کیفی در ابتدا و انتهای روزهای نگهداری (روز ۰ و روز ۵) ماهی کپور نقره‌ای به ترتیب ۰ و ۱۰ در روش کشتار به صورت خفگی و به ترتیب ۰ و ۹/۳۳ در روش کشتار به روش شوک الکتریکی بود. در توسعه پایانی روش شاخص کیفی، همه پارامترها یک افزایش خطی نشان دادند و همبستگی بالایی (r>۰/٤١٤) با زمان نگهداری در یخ مشاهده شد (جدول ۲).

مهمترین ویژگی های حسی گوشت، آبدار بودن، ظاهر، طعم و بافت ماهی بوده و مهمترین متغیر کیفی گوشت ماهی بافت می باشد که در صنایع فرآوری آبزیان اهمیت زیادی دارد (Hyldig and Nilson, 2001). تردی گوشت ماهی مهمترین عامل تعیین

کننده کیفیت و احتمالا مهمترین ویژگی حسی بافت ماهی بوده (Ashi et al., 1996) و بنابراین بافت اهمیت زیادی در قابلیت پذیرش ماهی توسط مشتری داشته و اهمیت روش های ارزیابی بافت در فرآورده کاملا مشهود است (Hyldig and Nilson, 2001).

فاکتورهای زیادی روی بافت ماهی اثر می گذارندکه مهمترین آنها عبارتند از: سن، گونه، اندازه، فاکتورهای پس از مرگ مانند گلیکولیز، pH و جمود نعشی (Hyldig and Nilson, 2001). نتایج مطالعه نشان داد که استحکام گوشت در کشتار به روش شوک الکتریکی در مقایسه با روش کشتار از طریق خفگی بهتر بود. کاهش در میزان سختی فیله‌ها در کشتار به روش خفگی احتمالا به دلیل ضعیف شدن اندومیزیوم به عنوان قسمتی از بافت پیوندی و نیز به دلیل فروپاشی پروتئین‌های خط Z میوفیبریل و به دلیل افزایش بار میکروبی فیله ها می باشد.

۵. نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده در این مطالعه نشان دهنده کم بودن سرعت تغییرات شاخص های کیفی در روش شوک الکتریکی نسبت به روش خفگی از نظر شاخص های حسی بود. با این حال در این مطالعه علیرغم عدم تقلای ماهی در زمان کشتار و اخلاقی بودن این روش، استفاده از شوک الکتریکی با ولتاژ مورد استفاده می تواند منجر به ایجاد شکستگی ستون مهره ها و ایجاد خونریزی در بافت ماهی شده و در نتیجه افت ظاهری فیله ماهی شود. از اینرو بهینه سازی روش بی حسی پیش از کشتار با استفاده از شوک الکتریکی به منظور جایگزینی آن با روش های متداول در کشتار نیازمند انجام مطالعات بیشتر بر روی پارامتر های مربوط به این روش همانند شدت ولتاژهای مورد استفاده، مدت زمان شوک و رسانایی آب مورد نیاز می باشد تا بکارگیری این روش با کاهش آثار منفی آن بر روی افت کیفی در رنگ گوشت ماهی همراه باشد.

۶. تشکر و قدردانی

طرح تحقیقاتی حاضر با شماره قرارداد ۱٤۰ مورخ ۱۳۹٦/۰۷/۳۰ از محل اعتبارات ویژه پژوهشی/اعتبارات دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر می باشد. همچنین از زحمات آقای مهندس کنگانی کارشناس آزمایشگاه خیس دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر قدردانی می شود.

منابع

خانی پور، ع. ا. ۱۳۸۸. ادوات صیادی و تکنولوژی صید ماهی. ملنیکوف، و. ن (ترجمه). انتشارات مؤسسه تحقیقات شیلات ایران. ۵۲۲ ص.

شعبانپور، ب.، رحمانی فرح، ک.، شعبانی، ع. ۱۳۹۱. بررسی خصوصیات کیفی گوشت ماهی کپور معمولی پس از صید و کشتار به روش های خون گیری و یخ گذاری. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. ۳٦ (۹): ۳۱-۲۱.

Ashie, I.N.A.; Smith, J.P.; Simpson, B.K., 1996. Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. Journal of Food Science and Nutrition. 36:87-121.

Bagni, M.; Civitareale, C.; Priori, A.; Ballerini, A.; Finoia, M.; Brambilla, G.; Marino, G., 2007. Pre-slaughter crowding stress and killing procedures affecting quality and welfare in sea bass (Dicentrarchus labrax) and sea bream (Sparus aurata). Aquaculture 263:52-60.

Barton, B. A., 2002. Stress in fishes: A diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. Integrative and Comparative Biology, 42(3), 517–525.

Boggess, T.S. ; Heaten, E.K.;Shewfelt, A.L.; Parvin, D.W., 1973. Techniques for stunning channel catfish and their effects on product quality. Journal of Food Science, 38,1190-1193.

Botta, J. R., 1995. Sensory evaluation: Freshness quality grading. In J. R. Botta (Ed.), Evaluation of seafood freshness quality (pp. 65-97). New York: VCH.

da Silva Maciel, E. C.; de Almeida Filho, E. S.; Bertoloni, W.; Sampaio de Abreu, J., 2014. Evaluation of the Effects of Different Stunning Methods on the Stress Responses and Meat Quality of the Amazon hybrid surubim, Pseudoplatystoma fasciatum female ×

van de Vis J.W., 2008. A humane protocol for electro-stunning and killing of Nile tilapia in fresh water Aquaculture, 275 (1-4), pp. 88-95.

Lines, J. A.; Robb, D. H.; Kestin, S. C.; Crook, S. C.; Benson, T., 2003. Electric stunning: a humane slaughter method for trout. Aquacultural Engineering, 28(3-4), 141-154.

Maeda T.; Yaguchi S.; Fukushima , H.; Harada K.; Fukuda, Y., 2014. Post-catch fish handling for high quality fish products. Journal of National Fisheries University 62(4):155-158.

Misimi, E.; Erikson, U.; Digre, H.; Skavhaug, A.; Mathiassen, J., 2008. Computer Vision- Based Evaluation of Pre- and Postrigor Changes in Size and Shape of Atlantic Cod (Gadus morhua) and Atlantic Salmon (Salmo salar) Fillets during Rigor Mortis and Ice Storage: Effects of Perimortem Handling Stress. Journal of Food Science, 73: E57-E68. doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00626.x

Morzel, M.; van de Vis, H., 2003. Effect of the slaughter method on the quality of raw and smoked eels (Anguilla anguilla L.). Aquaculture Research, 34(1), 1-11.

Perez-Alonso F.; Aubourg S.P.; Rodriguez O.; Barros-Velazquez, J., 2004. Shelf life extension of Atlantic pomfret (Brama brama) fillets by packaging under a vacuum- skin system. Journal of food Research Technological. 218: 313-317.

Poli, B. M.; Parisi, G.; Scappini, F.; Zampacavallo, G., 2005. Fish welfare and quality as affected by pre-slaughter and slaughter management. Aquaculture International, 13, 29–49

Rasco, B.; Down, K.; Ovissipour, M., 2015. Humane harvesting initiative: The influence of harvest and post-harvest handling practices on fish welfare and product quality. Journal of Aquaculture Research and Development, 6(2), 303.

Leiarius marmoratus male. Journal of World Aquaculture Society, 45: 35-44. doi:10.1111/jwas.12095

Digre, H.; Erikson, U.; Skaret, J.; Lea, P.; Gallart- Jornet, L.; Misimi, E., 2011. Biochemical, physical and sensory quality of ice-stored Atlantic cod (Gadus morhua) as affected by pre-slaughter stress, percussion stunning and AQUI-STM anesthesia. European Food Research Technology, 233(3), 447-456.

European Food Safety Association, 2009. Species-specific welfare aspects of the main systems of stunning and killing of farmed carp. EFSA Journal, 7(4).

Gennadios, R., Hanna, M.A., Kurth, L.B., 1997. Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: A review Lebensmittel Wissenschaft und - Technologie. 30: 337–350.

Ginés, R.; Valimrsdottir, T.; Sveinsdottir, K.; Thorarense, H., 2004. Effects of rearing temperature and strain on sensory characteristics, texture, colour and fat of Arctic charr (Salvelinus alpinus). Food Quality and Preference. 15, 177- 185.

Hyldig, G.; Nielsen, D., 2001. A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle. Journal of Texture Studies. 32:219-242.

Antoni, J., 2007. Fast computation of the kurtogram for the detection of transient faults, Mech. System Signal Process. 21 (1) 108-124.

Jerrett, A.J.; Stevens, J.; Holland, A.J., 1996. Tensile properties of white muscle in rested and exhausted king salmon (Oncorhynchus tshawytscha). Journal of Food Science. 61:527-532.

Knowles, T. G.; Brown, S. N.; Warriss, P. D.; Lines, J.; Tinarwo, A.,; Sendon, M., 2008. Effect of electrical stunning at slaughter on the quality of farmed turbot (Psetta maxima). Aquaculture Research, 39(16), 1731-1738.

Lambooij E.; Gerritzen M.A.; Reimert H.; Burggraaf D.;

Hecktheuer, L. H.; Lazzari, R.; Emanuelli, T. 2005. Effect of slaughter method on postmortem changes of grass carp (Ctenopharyngodon idella) stored in ice. Journal Food Science, 70(5), 348-353.

Thanonkaew, A. Benjakul, S. and Visessanguan, W., 2006. Chemical composition and thermal property of cuttlefish (Sepia pharaonis) muscle. Journal of Food Composition and Analysis, 19. 127-133. 10.1016/j.jfca.2005.04.008.

Thanonkaew, A.; Benjakul, S.; Visessanguan, W.; Decker, E.A., 2006. The effect of metalions on lipid oxidation, colour and physicochemical properties of cuttlefish (sepiapharaonis) subjected to multiple freeze-thaw cycles. Food Chem. 95 (4), 591–599.https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.040.

Warriss, PD., 1996. Instrumental measurement of color. In: Teylor SA, Raimundo A, Severini M, Smulders FJM, editors. Meat quality and meat packaging. Utrecht: ECCEAMST. p. 221–31.

Robb, D.H.F.; Wotton, S.B.; Mckinstry, J.; Sørensen, N-K.; Kestin, S.C., 2000. Commercial slaughter methods used on Atlantic salmon: determination of the onset of brain failure by electroencephalography. Vet. Rec. 147:298-303.

Roth, B.; A. Imsland, D.; Moeller; E. Slinde, 2003. Effect of electric field strength and current duration on stunning and injuries in market-sized Atlantic salmon held in seawater. North American Journal of Aquaculture, 65, 8–13.

Roth, B.; Nortvedt, R.; Slinde, E.; Foss, A.; Grimsbo, E.; Stien, L. H., 2010. Electrical stimulation of Atlantic salmon muscle and the effect on flesh quality. Aquaculture, 301(1-4), 85-90.

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: 2253-2259.

Scherer, R.; Augusti, P. R.; Steffens, C.; Bochi, V. C.;