شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱
صفحات ۳۵۳-۳۴۳

اثر مکمل غذایی کوآنزیم Q_{10} بر کیفیت لاشه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

هاجر عسگری[۱]، سید محمد علی جلالی[۲و۳*]، مصطفی فغانی[۲]، آذر همت زاده[۲و۴]

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و دامپزشکی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران
۲. استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و دامپزشکی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران
۳. استادیار، مرکز تحقیقات تغذیه و محصولات ارگانیک، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران
۴. پژوهشگر، مدرسه علوم دامی و دامپزشکی دانشکده علوم، دانشگاه آدلاید، استرالیا

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۱۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۸

چکیده

کوآنزیم Q10 (Coenzyme Q10) به عنوان یک ترکیب آنتی‌اکسیدان، در زنجیره انتقال الکترون در سلول‌های جانوری نقش دارد. برای بررسی اثر این آنتی‌اکسیدان طبیعی بر ترکیب و کیفیت لاشه ماهی، ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزن ۱۰ گرم با پنج جیره غذایی مکمل شده با کوآنزیم Q10 در سطوح صفر، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره به مدت ۸ هفته تغذیه شدند. نتایج نشان داد که کوآنزیم Q10 سبب افزایش pH و کاهش پراکسید لاشه در روز اول نگهداری در یخچال شد ($p<0/05$) اما شاخص اسید تیوباربیتوریک در زمانهای مختلف نگهداری در یخچال تحت تاثیر قرار نگرفت. خواص ارگانولپتیک گوشت ماهی تحت تاثیر مکمل کوآنزیم Q10 بهبود یافت ($p<0/05$). تغذیه ماهی قزل آلا با سطوح مختلف کوآنزیم Q10 در جیره، کل اسیدهای چرب امگا-۳، اسید ایکوزاپنتانوئیک و دکوزاهگزانوئیک، و کل اسیدهای چرب بلند زنجیره غیراشباع با چند پیوند دوگانه لاشه ماهی‌ها را نسبت به گروه شاهد افزایش داد. در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از مکمل غذایی کوآنزیم Q10 به مقدار ۱۰۰-۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره، سبب بهبود کیفیت لاشه ماهی قزل آلا می‌شود.

واژگان کلیدی: کوآنزیم Q10، پراکسید، pH، ارگانولپتیک، اسید چرب، جیره غذایی.

* نویسنده مسئول: سید محمد علی جلالی
Email: fish.nutritionist@gmail.com

Journal of Fisheries
Vol. 75, No. 3, Autumn 2022
pp. 343-353

The effect of coenzyme Q10, as a dietary supplement, on carcass quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792)

Hajar Asgari[1], Sayed Mohammad Ali Jalali[2, 3*], Mostafa Faghani[2], Azar Hematzadeh[2, 4]

1. Ph.D student, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture and Veterinary Science, Islamic Azad University, Shahrekord Branch, Shahrekord, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture and Veterinary Science, Islamic Azad University, Shahrekord Branch, Shahrekord, Iran.
3. Assistant Professor, Research Center of Nutrition and Organic Products (RCNOP), Shahrekord Branch, Islamic Azad University, Shahrekord, Iran.
4. Researcher, School of Animal and Veterinary Sciences, Faculty of Sciences, the University of Adelaide, Roseworthy, Australia.

Received: 08-May-2022 **Accepted: 18-Feb-2022**

Abstract
Coenzyme Q10, as an antioxidant compound, has a role in the electron transport chain of the animal cell. To study the effects of this natural antioxidant on the quality and composition of the fish carcass; rainbow trout were fed by five dietary treatments containing 0, 25, 50, 100, and 200 mg/Kg of coenzyme Q10 during an 8-week feeding trial. The results showed that coenzyme Q10 increased the pH and decreased the peroxide value of carcass fish on the first day of keeping in the refrigerator. The carcass thiobarbituric acid index was not affected by coenzyme Q10 at different refrigerator storage times ($P< 0.05$). Dietary levels of coenzyme Q10 significantly improved the organoleptic properties of fish flesh. Feeding the fish with various diet levels of coenzyme Q_{10} elevated the total omega-3, eicosapentaenoic acid, docosahexaenoic acid, and long-chain polyunsaturated fatty acids in the carcass compared to the control group. Overall, the results of this study showed that using coenzyme Q10 in the levels of 100-200 mg/kg of diet improve rainbow trout carcass quality.

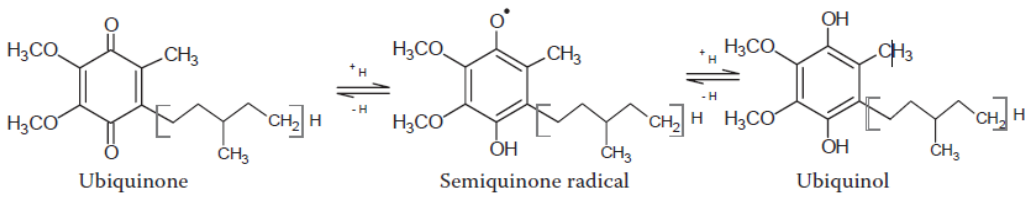
Key words: coenzyme Q_{10}, peroxide, pH, organoleptic, fatty acids, diet.

Corresponding author: Sayed Mohammad Ali Jalali Email: fish.nutritionist@gmail.com

۱. مقدمه

آبزیان ارزش غذایی بسیار بالایی دارند، علاوه بر مقادیر قابل توجهی پروتئین با کیفیت بالا، دارای اسیدهای چرب بلند زنجیره غیراشباع با چند پیوند دوگانه به ویژه از خانواده امگا- ۳ هستند که سبب افزایش توجه به آنها برای مصارف غذایی و دارویی شده است. این ترکیبات برای توسعه مغز و بافتهای عصبی خصوصاً در کودکان، عملکرد بینایی و کاهش حمله قلبی و درمان بسیاری از بیماری‌ها مفید هستند (Shahidi and Ambigaipalan, 2018). اما لاشه ماهی به علت واکنش‌های شیمیایی و یا میکروبی شدیداً مستعد فساد است و تقریبا سالانه ۲۵ درصد تولیدات اولیه آبزیان به خاطر پیامدهای ناشی از این واکنش‌ها از بین می‌رود (Mahmoud *et al.*, 2006). نگهداری ماهی در یخچال سبب کاهش سرعت فعالیت‌های آنزیمی و شیمیایی می شود، اما به دلیل عدم امکان کاهش دما به مقدار لازم، تغییرات نامطلوبی از جمله اکسیداسیون و هیدرولیز چربی به آرامی صورت گرفته و سبب کاهش کیفیت محصول می‌گردد. فساد در فرآورده‌های حاصل از ماهی نسبت به سایر غذاهای گوشتی سریع‌تر است و در برابر فساد اکسیداتیو بسیار حساس اند و ویژگی‌های کیفی آنها در طول نگهداری در اثر فساد باکتریایی و اکسیداتیو کاهش می یابد (Mexis *et al.*, 2009). با توجه به تغییرات کیفی که در لاشه ماهیها، بخصوص در گونه‌های چرب مانند قزل آلای رنگین کمان اتفاق می‌افتد، استفاده از مواد طبیعی در حفظ کیفیت و نیز افزایش ماندگاری لاشه هنگام نگهداری در یخچال ضرورت می‌یابد (Ojagh *et al.*, 2010).

کوآنزیم Q (Coenzyme Q10) که به نام یوبی‌کینون (Ubiquinone) نیز شناخته می‌شود یکی از مشتقات کینون (quinone) با خصوصیت مشابه ویتامین‌های محلول در چربی E و K است، که در واقع یک بنزکینون همراه با یک زنجیره جانبی تکرار شونده از واحدهای ایزوپرن است. تعداد واحدهای ایزوپرن بستگی به نوع کینون دارد که در ساختار کوآنزیم Q10 با نام شیمیایی ۲ و ۳- دی متوکسی ۵- متیل بنزوکوئینون، تعداد این واحدهای ۱۰ واحد ایزو پرن (شکل۱) است (Terčič *et al.*, 2011). فرمول کوآنزیم Q_{10} به صورت $C_{59}H_{90}O_4$ با وزن مولکولی ۸۶۳/۴ گرم در مول و به صورت پودر زرد تا نارنجی رنگ با دمای ذوب ۴۸ تا ۵۲ درجه سانتی‌گراد است. این ترکیب از اسیدآمینه تیروزین طی یک فرآیند چند مرحله ای در بدن بیو سنتز می شود که نیازمند حداقل هشت ویتامین و چند عنصرکم نیاز است و بیشتر در میتوکندری بافت ماهیچه ای تجمع می‌یابد. این ترکیب دارای فعالیت‌های زیستی مختلف مانند متابولیسم انرژی و ایمنی است و در میتوکندری به عنوان یک کوآنزیم حیاتی در زنجیره انتقال الکترون برای سنتز آدنوزین تری فسفات (ATP) نقش ضروری دارد و به عنوان عامل حمل و نقل الکترون در غشاء داخلی میتوکندری فعالیت دارد (Hemmin and Rajak, 2006). یوبی‌کینول (فرم احیا شده یوبی‌کیونن) تنها آنتی‌اکسیدان محلول در چربی است که می‌تواند در سلول‌های بدن حیوان از یوبی‌کینون تولید شود. از دیگر وظایف این ترکیب عمل پیام رسانی سلولی، انتقال کلسیم از غشاء و افزایش جذب کلسیم (Gopi *et al.*, 2014) است که در درمان بیماری های قلبی عروقی، کنترل فشار خون، بیماری انسداد مزمن ریوی و نیز تقویت سیستم ایمنی بدن افراد مبتلا به ایدز استفاده می‌شود (Kapoor and Kapoor, 2013).



شکل۱- ساختار مولکولی کوآنزیم Q_{10} و مشارکت آن به عنوان آنتی‌اکسیدان

لاشه ماهی در برابر فساد اکسیداتیو بسیار حساس است و اکسیداسیون لیپید موجود در آن سبب ایجاد طعم و رایحه نامطلوب، از دست دادن اسیدهای چرب غیراشباع، رنگدانه‌ها و ویتامین های محلول در چربی و کاهش قابلیت پذیرش توسط مشتری می‌گردد (Ólafsdóttir *et al.*, 1997). برای کنترل یا کاهش فساد اکسیداتیو و میکروبی از روش‌های نگهداری سرد و انجماد استفاده می‌شود، ولی این روش‌ها به تنهایی نمی‌تواند محافظت کننده باشند. لذا، برای به حداقل رساندن تغییرات مذکور، حفظ کیفیت و افزایش زمان ماندگاری آنها در مدت نگهداری از نگهدارنده‌های ضدمیکروبی و ضداکسیدا سیونی مانند آنتی‌اکسیدان‌ها استفاده می‌شود. این ترکیبات با دادن یک اتم هیدروژن به رادیکال آزاد تشکیل شده، از گسترش واکنش‌های زنجیره‌ای اکسیداسیون جلوگیری می کنند (Bentinger *et al.*, 2007). با توجه به اثر کوآنزیم Q_{10}، در متابولیسم انرژی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن به نظر می‌رسد این ترکیب بر کیفیت گوشت و لاشه ماهی موثر باشد. بنابراین، این تحقیق به منظور بررسی تاثیر کاربرد این مکمل در جیره ماهی قزل آلا بر کیفیت و خواص ارگانولپتیک گوشت و لاشه ماهی قزل آلا انجام گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

۱،۲. تهیه جیره‌های غذایی و تیمارها

این آزمایش به مدت ۱۰ هفته (۲ هفته سازگاری و ۸ هفته آزمایش) در مرکز پرورش ماهی سردابی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد اجرا شد. تعداد ۴۰۰ قطعه ماهی قزل آلای رنگین کمان با وزن میانگین اولیه ۱۰±۰/۲ گرم به طور تصادفی در ۲۰ مخزن از جنس فایبرگلاس (۲۰ ماهی در هر وان) قرار گرفت. برای تهیه جیره‌های آزمایشی از جیره اکسترود تجاری شرکت فرادانه بدون روغن استفاده شد. کوآنزیم Q10 خالص (اهدایی شرکت داروسازی رها با خلوص ۹۹ درصد، تولیدی Shaanxi Jiahe Phytochchem Co., Ltd) در پنج سطح مختلف صفر، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره با روغن ماهی (۸ درصد جیره) مخلوط شد و به خوراک اضافه شد. خوراک دهی درکل دوره به صورت دستی به مقدار ۲/۵ در صد وزن بدن به صورت روزانه در چهار نوبت (در ساعات ۸-۱۲-۱۶-۲۰) انجام گرفت.

۲،۲. تعیین کیفیت لاشه

۲.۲.۱. شاخص تیوباربیتوریک اسید (TBA)، پراکسید و pH

در انتهای دوره پس از ۵۶ روز خوراکدهی از هر مخزن پرورشی سه ماهی بطور تصادفی انتخاب شد. سپس لاشه شکم خالی در آسیاب به یک مخلوط همگن تبدیل شد و نمونه‌های همگن شده پس از یک، هفت و چهارده روز نگهداری در یخچال در دمای چهار درجه برای اندازه گیری شاخص تیوبابیتوریک، pH و پراکسید مورد ارزیابی قرار گرفت. شاخص تیوبابیتوریک و ارزش پراکسید با روش ایگان به ترتیب بر حسب میلی‌گرم مالون دی آلدهید درکیلوگرم گوشت و میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم چربی گزارش شد (Pezeshk *et al.*, 2017). در شاخص تیوبابیتوریک مقدار پراکسیداسیون لیپیدها در لاشه با دستگاه اسپکتوفتومتر با طول موج ۵۳۸ نانومتر اندازه‌گیری گردید. برای سنجش pH، پنج گرم از نمونه با ۴۵ میلی مترآب مقطر مخلوط و به خوبی هموژن شد و در دمای اتاق با استفاده از pH متر (Metrohm-swiss made) اندازه‌گیری شد (Sallam *et al.*, 2007).

۲،۲،۲. خواص ارگانولپتیک

به منظور بررسی ویژگی‌های حسی گوشت ماهیها مانند شاخص‌های مزه، بو و رنگ، از یک گروه هفت نفری برای امتیاز دادن استفاده شد بطوریکه از هر مخزن پرورشی سه ماهی در شرایط نور و دما و پخت یکسان (ماهی تمیز شده، بدون هیچ ماده افزودنی درفویل آلمینیومی پیچیده و در فر پخته) استفاده شد. امتیاز ۹ بالاترین امتیاز و صفر به عنوان کمترین امتیاز در نظر گرفته شد (Hematzadeh and Jalali, 2018).

۲.۲.۳. اندازه گیری اسیدهای چرب لاشه و جیره‌ها

به منظور ارزیابی وضعیت ترکیب اسیدهای چرب لاشه ماهی‌ها از هر مخزن پرورشی یک ماهی بطور تصادفی انتخاب (چهار ماهی از هر تیمار غذایی) و سپس لاشه فاقد اندام‌های داخلی آنها با آ سیاب به یک مخلوط همگن تبدیل شد. با استفاده از روش فولچ (Folch) چربی لاشه و نمونه خوراک استخراج و پس از متیله کردن اسیدهای چرب، هر نمونه دو بار به د ستگاه گازکروماتوگرافی تزریق گردید. دستگاه گاز کروماتوگراف از نوع اجیلنت (Agilent 6890) با ستون Bpx-70 به طول ۱۲۰ متر در قطر ۰/۲۵میلی متر بود. ترکیب اسیدهای چرب لاشه و خوراک بر اساس درصد از کل اسیدهای چرب گزارش گردید (Jalali *et al.*,2019).

۲.۳. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

نتایج آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS با رویه GLM و به صورت آزمون کاملا تصادفی در ۵ تیمار و چهار تکرار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. مقایسه تیمارهای تغذیه شده با کوآنزیم Q10 با گروه شاهد به صورت مقایسه مستقل نیز تجزیه و تحلیل آماری شد.

۳. نتایج

نتایج حاصل از تاثیر کوآنزیم Q10 بر شاخص پراکسید، تیوبابیتوریک و pH در مقایسه مستقل نشان داد (جدول ۱) که شاخص پراکسید لاشه در روز اول نگهداری در یخچال، با افزودن کوآنزیم Q10 به جیره کاهش ولی pH افزایش معنی‌داری یافت ($p<۰/۰۵$) به طوریکه سطح ۱۰۰ میلی‌گرم سبب کاهش پراکسید و افزایش pH در روز اول شد ($p<۰/۰۵$). اما پراکسید در روز چهارده و تیوبابیتوریک در روزهای مختلف نگهداری در یخچال تحت تاثیر قرار نگرفت. کمترین مقدار پراکسید در روز اول و هفتم و بیشترین مقدارpH روز هفت و چهاردهم نگهداری در یخچال در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم مشاهده شد ($p<۰/۰۵$).

جدول ۱- اثر کوآنزیم Q_{10} (میلی‌گرم در کیلوگرم) بر خواص ارگانولپتیکی (رنگ، بو و مزه)، شاخص‌های پراکسید (میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم چربی;PV) و اسید تیوباربیتوریک اسید (میلی‌گرم مالون دی آلدهیددرکیلوگرم‌گوشت;TBA) وpH لاشه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پس از نگهداری در روزهای یک، هفت و چهارده در یخچال

کوآنزیم Q_{10}	pH۱	pH۷	pH۱۴	Pv۱	Pv۷	Pv۱۴	TBA۱	TBA۷	TBA۱۴	رنگ	بو	مزه
۰	۶/۶۳^{c}	۶/۷۱^{b}	۶/۷۵^{b}	۰/۳^{a}	۰/۳۵^{ab}	۰/۴۰^{a}	۰/۸۰^{a}	۱/۰۳^{a}	۱/۲۳^{a}	۶/۳۳^{c}	۷/۰۰^{b}	۸/۰۰^{b}
۲۵	۶/۶۶^{cb}	۶/۷۲^{b}	۶/۷۵^{b}	۰/۳^{a}	۰/۳۵^{ab}	۰/۴۰^{a}	۰/۷۶^{a}	۱/۰۰^{a}	۱/۲۳^{a}	۷/۶۶^{b}	۷/۶۶^{b}	۹/۰۰^{a}
۵۰	۶/۷۳^{abc}	۶/۷۳^{b}	۶/۷۸^{b}	۰/۲۹^{a}	۰/۳۸^{a}	۰/۳۸^{a}	۰/۷۵^{a}	۱/۰۰^{a}	۱/۲۰^{a}	۸/۰۰^{b}	۷/۶۶^{b}	۹/۰۰^{a}
۱۰۰	۶/۸۰^{a}	۶/۸۰^{ab}	۶/۸۰^{ab}	۰/۲۵^{b}	۰/۳۱^{b}	۰/۴۰^{a}	۰/۸۵^{a}	۰/۹۸^{a}	۱/۲۳^{a}	۹/۰۰^{a}	۸/۵۶^{a}	۹/۰۰^{a}
۲۰۰	۶/۷۸^{ab}	۶/۸۲^{a}	۶/۸۶^{a}	۰/۲۸^{a}	۰/۳۱^{b}	۰/۳۶^{a}	۰/۷۶^{a}	۰/۹۹^{a}	۱/۳۳^{a}	۹/۰۰^{a}	۹/۰۰^{a}	۹/۰۰^{a}
خطای استاندارد میانگین‌ها	۰/۰۶۷	۰/۰۴۵	۰/۰۴۲	۰/۰۱۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۰	۰/۰۵۳	۰/۱۰۴	۰/۰۹۳	۰/۳۷	۰/۴۵	۰/۰۰۰۱
سطح احتمال	*	*	*	**	*	Ns	Ns	Ns	Ns	***	**	**
مقایسات مستقل												
شاهد	۰/۶۳	۶/۷۲	۶/۷۵	۰/۳۰	۰/۳۵	۰/۴۰	۰/۸۰	۱/۰۳	۱/۲۳	۶/۳۳	۷/۰۰	۸/۰۰
Q_{10}	۰/۷۵	۶/۷۷	۶/۸۰	۰/۲۸	۰/۳۴	۰/۳۹	۰/۷۸	۰/۹۹۲۵	۱/۲۵	۸/۳۹	۸/۲۲	۹/۰۰
سطح احتمال	*	Ns	Ns	*	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	***	**	***

حروف متفاوت روی اعداد هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌داراست.

Ns: غیرمعنی‌دار. *: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵. **: معنی‌دار درسطح احتمال ۰/۰۱. ***: معنی‌دار درسطح احتمال۰/۰۰۱

pH لاشـــه با افزایش مدت زمان نگهداری در یخچال در تمامی تیمارها به جز گروه ۱۰۰میلی‌گرم کوآنزیم Q10 افزایش یافت. همچنین نتایج نشـان داد که سـطح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم کوآنزیم Q10 سبب کاهش سطح پراکسید گردید، ولی با افزایش مدت نگهداری در یخچال ســطح پراکســـید افزایش یافت و بر مقدار تیوبابیتوریک لاشـــه تاثیری نداشت هرچند با افزایش زمان نگهداری گوشت در یخچال تیوبابیتوریک افزایش یافت (جدول ۱). نتایج اثر کوآنزیم Q10 بر خواص ارگانولپتیک نشان داد که کوآنزیم Q10 سبب بهبود رنگ، بو و مزه گوشت ماهی خواهد شد و بیشـترین نمره رنگ، بو و مزه در سـطح ۲۰۰ میلی‌گرم کوآنزیم Q10 بود ($p<0/05$) (جدول ۱).

جیره‌های آزمایشـی از نظر ترکیب و درصـد اسـید چرب تقریبا یکسـان بودند (جدول ۲). بالاترین درصـد اسـیدهای چرب خوراک به صـورت اسـید لینولئیک> اسـید اولئیک> اسید پالمیتیک بود که این ترتیب در لاشه ماهی به صورت اسید اولئیک> اسید لینولئیک> اسید پالمیتیک مشاهده شد.

جدول۲- ترکیب اسیدهای چرب (درصد از کل اسیدهای چرب) خوراک‌های آزمایشی دارای سطوح مختلف کو آنزیم Q_{10} (میلی‌گرم در کیلو گرم) و لاشه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با آنها

	خوراک					لاشه ماهی				
اسید چرب(٪)	۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
۱۴:۰	۰/۸۰	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۷۴	۱/۳۴	۱/۱۸	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۵۶
۱۶:۰	۱۳/۷۷	۱۳/۴۵	۱۳/۷۵	۱۳/۳۷	۱۳/۹۴	۱۶/۷۷	۱۵/۹۱	۱۷/۲۱	۱۷/۹۷	۱۶/۵۵
۱۸:۰	۴/۳۳	۴/۴۴	۴/۴۱	۴/۴۷	۴/۴۰	۴/۷۸	۴/۸۹	۴/۴۹	۴/۹۰	۴/۶۶
۲۰:۰	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۱	۱/۸۲	۰/۸۰	۰/۸۱	۰/۹۱	۰/۹۰
۱۶:۱	۱/۵۳	۱/۴۷	۱/۴۴	۱/۴۶	۱/۵۳	۳/۸۶	۳/۴۹	۳/۵۲	۳/۳۵	۳/۸۲
۱۸:۱	۳۳/۲۸	۳۳/۴۸	۳۳/۴۰	۳۳/۵۹	۳۳/۳۳	۳۴/۰۲	۳۲/۷۸	۳۲/۱۰	۳۱/۹۰	۳۲/۴۴
18:2(ω-6) (LNA)	۳۶/۹۳	۳۶/۹۸	۳۶/۷۴	۳۶/۹۸	۳۶/۸۱	۲۷/۰۹	۲۸/۶۴	۲۸/۳۹	۲۸/۱۷	۲۸/۰۵
18:3(ω-3)(ALA)	۵/۰۳	۵/۰۵	۵/۰۶	۵/۰۳	۵/۰۴	۳/۷۸	۳/۵۵	۳/۷۸	۳/۹۶	۳/۸۱
20:4(ω-6)(ARA)	۰/۵۵	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۸۶	۱/۱۸	۱/۲۹	۱/۱۵	۱/۴۲
20:5(ω-3) (EPA)	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۱۵	۱/۴۴	۱/۷۸	۱/۷۳	۱/۶۹	۱/۸۶
22:6(ω-3) (DHA)	۲/۳۳	۲/۳۶	۲/۳۸	۲/۳۹	۲/۳۲	۳/۷۶	۵/۳۷	۴/۹۶	۴/۴۰	۴/۴۸
EPA+DHA	۲/۴۹	۲/۵۴	۲/۵۸	۲/۵۷	۲/۴۷	۵/۲۰	۷/۱۴	۶/۶۹	۶/۰۹	۶/۳۴
Σ ω-3	۷/۵۲	۷/۵۹	۷/۶۴	۷/۶۰	۷/۵۱	۸/۹۸	۱۰/۶۹	۱۰/۴۷	۱۰/۰۵	۱۰/۱۴
Σ ω-6	۳۷/۴۸	۳۷/۵۵	۳۷/۳۱	۳۷/۵۲	۳۷/۳۳	۲۷/۹۵	۲۹/۸۲	۲۹/۶۸	۲۹/۳۲	۲۹/۴۷
ΣPUFA	۴۵/۰۰	۴۵/۱۴	۴۴/۹۵	۴۵/۱۲	۴۴/۸۴	۳۶/۹۳	۴۰/۵۱	۴۰/۱۵	۳۹/۳۷	۳۹/۶۲
ΣMUFA	۳۴/۸۱	۳۴/۹۵	۳۴/۸۴	۳۵/۰۵	۳۴/۸۶	۳۷/۸۷	۳۶/۲۷	۳۵/۶۲	۳۵/۲۵	۳۶/۲۶
ΣSFA	۱۹/۶۶	۱۹/۳۳	۱۹/۶۳	۱۹/۲۹	۱۹/۷۹	۲۴/۷۱	۲۲/۷۷	۲۳/۶۳	۲۵/۰۲	۲۳/۶۶
ΣLC-PUFA	۳/۰۴	۳/۱۱	۳/۱۵	۳/۱۱	۲/۹۹	۶/۰۶	۸/۳۲	۷/۹۸	۷/۲۴	۷/۷۶

LNA: اسید لینولئیک؛ ALA: اسید آلفا لینولنیک؛ ARA: اسید آراشیدونیک؛ EPA: اسید ایکوزاپنتانوئیک؛ DHA: اسید داکوزاهگزانوئیک؛ Σ ω-۳: مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع سری امگا ۳؛ Σ ω-۶: مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع سری امگا ۶؛ ΣPUFA: مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع باچند پیوند دوگانه؛ ΣMUFA: مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع بایک پیوند دوگانه؛ ΣSFA: مجمع اسیدهای چرب اشباع؛ ΣLC-PUFA: مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع باچند پیوند دوگانه بلند زنجیره

نسبت اسیدهای چرب لاشه به جیره‌های آزمایشی نشان داد (جدول ۳) که این نسبت در دو اسید چرب ضروری اسید لینولئیک (LNA) و اسید لینولنیک (ALA) کمتر از یک (۰/۷) بود در حالیکه این نسـبت برای اسـید ایکوزاپنتانوئیک (EPA) بیش از ۸/۵ و برای اسـید داکوزا هگزانوئیک (DHA) و اسید آراشیدونیک (ARA) حدود ۲ بود. این نسبت‌ها برای مجموع اسیدهای چرب سری امگا ۶ و اسیدهای چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه کمتر

از یک، مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع با یک پیوند دوگانه حدود یک و در اسیدهای چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه بلند زنجیره (LC-PUFA) حدود ۲ بود. نسبت اسیدهای چرب اسید لینولئیک و اسید لینولنیک در لاشه ماهی‌های تغذیه شده با سطوح مختلف کوآنزیم Q10 به لاشه ماهی گروه کنترل مشابه و حدود یک بود که نشان دهنده عدم اثر گذاری سطوح مختلف کوآنزیم Q10 بر ترکیب این اسیدهای چرب بود. اسید آراشیدونیک و اسید ایکوزاپنتانوئیک لاشه ماهی‌ها در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم کوآنزیم Q10 نسبت به گروه شاهد بیشترین مقدار را نشان داد (جدول ۳). مجموع اسیدهای چرب امگا ۳، مجموع اسید ایکوزاپنتانوئیک و اسید داکوزاهگزانوئیک Aو نیز LC-PUFA لاشه ماهی‌ها در اثر تغذیه Q_{10} به نسبت گروه شاهد افزایش نسبی یافت در حالیکه مجموع MUFA کاهش نشان داد (جدول ۳).

جدول۳- اثرسطوح مختلف کوآنزیم Q_{10} (میلی‌گرم در کیلوگرم) بر نسبت اسیدهای چرب خوراک و لاشه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

	نسبت اسیدچرب لاشه به جیره					نسبت اسیدچرب لاشه ماهیان تغذیه شده باQ_{10} به شاهد				
اسید چرب	۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
۱۴:۰	۱/۶۸	۱/۶۹	۱/۶۰	۱/۸۲	۲/۱۰	۱/۰۰	۰/۸۸	۰/۸۳	۰/۹۳	۱/۱۶
۱۶:۰	۱/۲۲	۱/۱۸	۱/۲۵	۱/۳۴	۱/۱۹	۱/۰۰	۰/۹۵	۱/۰۳	۱/۰۷	۰/۹۹
۱۸:۰	۱/۱۰	۱/۱۰	۱/۰۲	۱/۱۰	۱/۰۶	۱/۰۰	۱/۰۲	۰/۹۴	۱/۰۲	۰/۹۷
۲۰:۰	۲/۳۹	۱/۰۸	۱/۰۵	۱/۱۸	۱/۲۷	۱/۰۰	۰/۴۴	۰/۴۵	۰/۵۰	۰/۵۰
۱۶:۱	۲/۵۲	۲/۳۷	۲/۴۵	۲/۲۹	۲/۴۹	۱/۰۰	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۸۷	۰/۹۹
۱۸:۱	۱/۰۲	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۷	۱/۰۰	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۵
(LNA) 18:2(ω-6)	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۶	۱/۰۰	۱/۰۶	۱/۰۵	۱/۰۴	۱/۰۴
(ALA)18:3(ω-3)	۰/۷۵	۰/۷۰	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۷۶	۱/۰۰	۰/۹۴	۱/۰۰	۱/۰۵	۱/۰۱
(ARA)20:4(ω-6)	۱/۵۷	۲/۰۷	۲/۲۶	۲/۱۳	۲/۷۳	۱/۰۰	۱/۳۷	۱/۴۹	۱/۳۳	۱/۶۴
(EPA) 20:5(ω-3)	۹/۰۱	۹/۸۸	۸/۶۷	۹/۳۹	۱۲/۴۰	۱/۰۰	۱/۲۳	۱/۲۰	۱/۱۷	۱/۲۹
(DHA) 22:6(ω-3)	۱/۶۱	۲/۲۷	۲/۰۸	۱/۸۴	۱/۹۳	۱/۰۰	۱/۴۳	۱/۳۲	۱/۱۷	۱/۱۹
EPA+DHA	۲/۰۹	۲/۸۱	۲/۵۹	۲/۳۷	۲/۵۷	۱/۰۰	۱/۳۷	۱/۲۹	۱/۱۷	۱/۲۲
Σ ω-3	۱/۱۹	۱/۴۱	۱/۳۷	۱/۳۲	۱/۳۵	۱/۰۰	۱/۱۹	۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۱۳
Σ ω-6	۰/۷۵	۰/۷۹	۰/۸۰	۰/۷۸	۰/۷۹	۱/۰۰	۱/۰۷	۱/۰۶	۱/۰۵	۱/۰۵
ΣPUFA	۰/۸۲	۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۸۷	۰/۸۸	۱/۰۰	۱/۱۰	۱/۰۹	۱/۰۷	۱/۰۷
ΣMUFA	۱/۰۹	۱/۰۴	۱/۰۲	۱/۰۱	۱/۰۴	۱/۰۰	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۹۳	۰/۹۶
ΣSFA	۱/۲۶	۱/۱۸	۱/۲۰	۱/۳۰	۱/۲۰	۱/۰۰	۰/۹۲	۰/۹۶	۱/۰۱	۰/۹۶
ΣLC-PUFA	۱/۹۹	۲/۶۸	۲/۵۳	۲/۳۳	۲/۵۹	۱/۰۰	۱/۳۷	۱/۳۲	۱/۱۹	۱/۲۸

LNA اسید لینولئیک؛ ALA: اسید آلفا لینولنیک؛ ARA: اسید آراشیدونیک؛ EPA: اسید ایکوزاپنتانوئیک؛ DHA: اسید داکوزاهگزانوئیک؛ ۳-ω Σ: مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع سری امگا ۳؛ ۶-ω **Σ**: مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع سری امگا ۶؛ ΣPUFA: مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع باچند پیوند دوگانه؛ ΣMUFA: مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع بایک پیوند دوگانه؛ ΣSFA: مجمع اسیدهای چرب اشباع؛ ΣLC-PUFA: مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع باچند پیوند دوگانه بلند زنجیره

۴. بحث و نتیجه گیری نهایی

به منظور اندازه‌گیری هیدرو پراکسیدها که محصول اولیه اکسیداسیون چربی و اسیدهای چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA) هستند از شاخص پراکسید استفاده می‌شود. از آنجا که پراکسیدها ترکیباتی بدون طعم و بو هستند، مصرف کنندگان قادر به تشخیص آنها نیستند (Ólafsdóttir *et al.*, 1997). اکسیداسیون چربی فرآیند پیچیده‌ای است که اسیدهای چرب غیراشباع با اکسیژن ملکولی واکنش داده و تولید رادیکال‌های آزاد می‌کنند. رادیکال پراکسی چربی با ملکولهای دیگر اسید

چرب ترکیب شده و تشکیل هیدروپراکساید و رادیکال‌های آزاد دیگر می‌کند که با تکرار این واکنش ها در نهایت تجمعی از هیدروپراکسایدها به وجود خواهد آمد (Angelo, 1996). نتایج نشان داد که سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم کوآنزیم Q10 سبب کاهش سطح پراکسید گردید ولی با افزایش زمان نگهداری نمونه‌ها در یخچال سطح پراکسید افزایش یافت (جدول ۱). حد مجاز پراکسید در لاشه ماهی ۵ میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم چربی عنوان شده است (Yanar, 2007)، که تمامی تیمارها در حد مجاز مصرف هستند. به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی کوآنزیم Q10 مقدار شاخص پراکسید کاهش یافت که احتمالا ویژگی جذب اکسیژن به وسیلهٔ آنتی‌اکسیدان‌ها در محصولات و در نتیجه از دسترس خارج کردن اکسیژن باعث کاهش عدد پراکسید باشد (Lin and Liang, 2002). شاخص اسید تیو باربیوتیک به منظور ارزیابی درجه اکسیداسیون چربی درگوشت ماهیان به طور وسیعی کاربرد دارد، به کمک این شاخص، میزان کتون و آلدئید که محصول ثانویه اکسیداسیون چربی‌ها هستند، اندازه‌گیری می‌شود (Sallam *et al.*, 2007) بر اساس یافته‌های این پژوهش تغذیه مکمل کوآنزیمQ_{10} تاثیری بر اسید تیو باربیوتیک لاشه نداشت ولی با افزایش زمان نگهداری گوشت در یخچال مقدار آن افزایش یافت، که این روند افزایشی به دلیل افزایش آهن آزاد و دیگر پراکسیدها در بافت و همچنین تولید آلدهید از محصولات ثانویه حاصل از شکست هیدروپراکسیدها است (Gomes *et al.*, 2003). معمولا حدود۲-۱ میلی‌گرم مالون دی آلدهید در کیلوگرم گوشت ماهی را به عنوان محدوده قابل قبول در نظرگرفته‌اند (Caglak *et al.*, 2008) بر این اساس در ۱۴روز نگهداری لاشه ماهی در یخچال، یافته‌های این تحقیق در تمامی تیمارها قابل قبول بوده است. افزایش pH گوشت ماهی می‌تواند به سبب تجزیه ترکیبات نیتروژنی در مدت نگهداری ماهی باشد که بخشی از این افزایش ممکن است مرتبط با تولید ترکیباتی مانند آمونیاک و تری متیل آمین به دلیل تجزیه پروتئین باشد که نشانگر رشد باکتری‌ها، کاهش کیفیت و در نهایت فساد ماهی است (Gram and Huss, 1996). همچنین دلیل کاهش جزئی pH در مدت نگهداری در یخچال را نتیجه تأثیر اسید کربنیک و وجود ترکیبات آمونیومی است که در اثر فساد باکتریایی تولید می‌شود. سطح قابل قبول برای pH هفت است (Yilmaz *et al.*, 2009) که براساس یافته‌های این پژوهش (جدول ۱) تمامی نمونه‌های این آزمایش در حد قابل قبول بود. pH لاشه با افزایش مدت زمان نگهداری در یخچال در تمامی تیمارها به جز گروه ۱۰۰میلی‌گرم کوآنزیم Q10، افزایش یافت (جدول۱)، که ممکن است به دلیل افزایش پروتئین گوشت ماهی‌هایی باشد که کوآنزیم مصرف کرده‌اند و متعاقب آن تجزیه پروتئین بیشتر می‌شود و سپس pH افزایش می‌یابد (Gram and Huss, 1996). شاخص‌های حسی و ارگانولپتیک همواره از مهمترین شاخص‌های ارزیابی کیفیت ماهی به لحاظ بازاریابی و جذب مصرف کنندگان بوده‌اند (Sallam *et al.*, 2007). کوآنزیمQ10 به طور مؤثری بر رنگ عضلات و پوست ماهی، عطر و بوی ماهی، همچنین برمزه ماهی مؤثر بود. که به نظر می‌رسد علت رنگ و بو و مزه‌ی بهتر می‌تواند به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی کوآنزیم باشد که از تشکیل رادیکال آزاد جلوگیری می‌کند و با افزایش چربی لاشه طعم و مزه بهتری به ماهی می‌دهد (Bentinger *et al.*, 2007).

ماهی بهترین منبع برای اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه، به ویژه اسیدهای چرب امگا-۳ خصوصاً دو اسید چرب EPA و DHA است. علاوه بر این اسید آراشیدونیک یک ماده پیش ساز پروستاگلاندین‌ها و ترمبوسان‌ها است که در رشد هم نقش مهمی دارد (Rahnan *et al.*, 1995). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با افزودن Q10 به جیره، اسید آراشیدونیک لاشه و مجموع اسیدهای چرب امگا ۳، مجموع اسید ایکوزاپنتانوئیک و اسید دکوزاهگزانونیک، مجموع اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه (ΣPUFA)، مجموع اسیدهای چرب بلند زنجیره غیراشباع با چند پیوند دوگانه (ΣLC-PUFA) نسبت به خوراک مصرفی

افزایش می‌یابد (جدول۳). نسبت اسیدهای چرب بلند زنجیره امگا ۳ به امگا ۶ شاخص خوبی برای مقایسه ارزش غذایی روغن ماهی در گونه‌های مختلف است و نیز به عنوان شاخص زیست دارویی استفاده می شود (Bakar *et al.*, 2008). یکی از معیارها برای ارزیابی ارزش بیولوژیک چربی، میزان درصد اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه و نسبت اسیدهای چرب امگا ۳ به امگا ۶ می‌باشد، چربیها با نسبت بالاتر امگا ۳ از نظر بیولوژیکی اهمیت بیشتری دارند و در صورتیکه این نسبت بیش از ۰/۵ باشد مطلوب است (Vujković *et al.*, 1999). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با افزودن کوآنزیم Q10 به جیره این نسبت افزایش می‌یابد (جدول۳). به هر حال اولین عامل اثر گذار بر میزان چربی و ترکیبات اسیدهای چرب نوع گونه است (Mráz and Pickova, 2011) به طوری که اختلاف های زیاد در چربی بدن گونه های مختلف، سبب ایجاد تغییرات اساسی در ترکیب اسیدهای چرب گونه‌های متفاوت می‌گردد. خوراک نیز عوامل مهم اثر گذار بر محتوی چربی و ترکیب اسیدهای چرب بدن گونه‌های مختلف ماهیان محسوب می‌شود. در این مطالعه نسبت اسید لینولئیک و لینولنیک در لاشه کمتر از نسبت آنها در جیره غذایی بود و اسید دکوزاهگزانوئیک و ایکوزاپنتانوئیک درلاشه ماهی نسبت به جیره‌های غذایی افزایش یافته است (جدول۳) که نشان دهنده توانایی آزاد ماهیان در طویل سازی و غیراشباع سازی اسیدلینولئیک به آراسیدونیک و نیز اسید لینولنیک به اسید ایکوزا پنتونوئیک و سپس به اسید دکوزاهگزانونیک است (Jalali *et al.*, 2021) که این اثر فارغ از نوع جیره غذایی است. هرچند نشان داده شده است که کوآنزیم Q10 سبب افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب از طریق تحریک بیان ژن PPARα و مسیر سیگنال AMPK می‌شود (Lee et al. 2012) اما مشخص نیست که اثرگذاری آن بر متابولیسم کدام گروه از اسیدهای چرب بیشتر است. از طرفی با توجه به نتایج این پژوهش چنین به نظر می‌رسد که ظاهرا کوآنزیم Q10 تاثیری در متابولیسم پیش سازهای اسید دکوزاهگزانونیک و اسید ایکوزاپنتانوئیک (اسید لینولنیک) و نیز آراشیدونیک (اسید لینولئیک) ندارد (جدول ۳). مشخص شده است که کبد آزاد ماهیان بتا اکسیدا سیون اسیدهای چرب با یک پیوند دوگانه (MUFA) را ترجیح می‌دهد (Jalali *et al.*, 2021) بنابراین ممکن است این ترکیب، کاتابولیسم برخی اسیدهای چرب مانند اسیداولئیک و اسیدپالمیتولئیک را افزایش دهد که همراه با کاهش نسبی تجمع آنها در لاشه (جدول۳) است و از طرف دیگر بتااکسیداسیون LCPUFA را کاهش دهد که از این راه میزان تجمع انواع آنها در لاشه افزایش نسبی (جدول۳) یافت.

نتیجه‌گیری نهایی

این پژوهش نشان داد که کوآنزیم Q_{10} بر شاخص‌های کیفی لاشه موثر است و سبب کاهش پراکسید و افزایش pH و بهبود خواص ارگانولپتیک (بو، طعم و مزه) می‌گردد. افزودن کوآنزیم Q_{10} به جیره ماهی سبب افزایش مجموع اسیدهای چرب امگا۳، مجموع اسیدهای دکوزاهگزانونیک و ایکوزاپنتانوئیک، و مجموع اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه لاشه خواهد شد. بنابراین، افزودن مکمل کوآنزیم Q_{10} به مقدار ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره، می‌تواند اثرات مثبتی بر کیفیت گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین کمان داشته باشد.

۵. منابع

References

Angelo St. A. J., 1996. Lipid Oxidation in Foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 36(3), 175-224.

Bakar J., Rahimabadi E., Man Y. B., 2008. Lipid characteristics in cooked. chill-reheated fillets of Indo- Pacific king mackerel (*Scomberomorous guttatus*). *LWT - Food Science and Technology*, 41: 2144-2150.

Bentinger M., Brismar K., Dallner G., 2007. The antioxidant role of coenzyme Q. *Mitochondrion* 7, S41-S50.

Caglak E., Cakli S., Kilinc B., 2008. Microbiological, chemical and sensory assessment of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) stored under modified atmosphere packaging. *European Food Research and Technology* 226(6), 1293-1299.

Gomes H. de A., Silva E.N. da, Nascimento M. R. L. do, Fukuma H. T., 2003. Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. *Food Chemistry* 80(3),433-437.

Gopi M, Purushothaman M.R., Chandrasekaran D., 2014. Effect of dietary coenzyme Q10 supplementation on serum and bone minerals and leg weakness mortality in broilers. *Veterinary World 7*(5), 347-350.

Gram L., Huss H.H., 1996. Microbiological spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology* 33(1), 121-137.

Hematzadeh A., Jalali S.M.A., 2018. Effects of dietary sesame oil on growth performance, chemical composition, lipid oxidation, and sensory characteristics of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Natural Product Research* 32(23), 2844-2847.

Hemmin B., Rajak C., 2006. CoQ10: absorption, tissue up-take, metabolism and pharmacokinetics. *Free Radical Research* 40(5), 445-453.

Honda K., Saneyasu T., Motoki T., Park Y., Kamisoyama H., 2013. Dietary coenzyme Q10 suppressed hepatic hydroxymethylglutaryl-CoA reductase activity in laying hens. Bioscience, *Biotechnology and Biochemistry* 77(7), 1572-1574.

Jalali S.M.A., Jalali S.A.H., Yadollahi F., 2019. Effects of three beta adrenergic receptor agonists on growth performance, blood biochemical parameters, fatty acids composition and carnitine palmitoyltransferase I gene expression of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 18(4), 605-618.

Jalali, S.M.A., Parrish, C.C., Caballero-Solares, A., Rise, M.L., Taylor, R. G., 2021. Effects of varying dietary docosahexaenoic, eicosapentaenoic, linoleic, and α-linolenic acid levels on fatty acid composition of phospholipids and neutral lipids in the liver of Atlantic salmon, Salmo salar. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 69(9), 2697–2710.

Kapoor P., Kapoor A. K., 2013. Coenzyme Q_{10} - A novel molecule. *Journal, Indian Academy of Clinical Medicine* 14(1), 37-45.

Lin C. C., Liang J. H., 2002. Effect of antioxidants on the oxidative stability of chicken breast meat in a dispersion system. *Journal of Food Science* 67(2), 530-533.

Lee S.K., Lee J.O., Kim J.H., Kim N., You G.Y., Moon J.W., Sha J. Kim S.J., Lee Y.W., Kang H. J., Park S.H.,Kim H.S., 2012. Coenzyme Q_{10} increases the fatty acid oxidation through AMPK-mediated PPARα induction in 3T3-L1 preadipocytes. *Cell Signalling* 24 (12), 2329-2336.

Mahmoud B., Yamazaki K., Miyashita K., Shin I.-S., Suzuki T., 2006. A new technology for fish preservation using electrolyzed NaCl solutions and essential oil compounds. *Food Chemistry* 99:656-66.

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.

Mráz J., Pickova J., 2011. Factors influencing fatty acid composition of common carp (*Cyprinus carpio*) muscle. *Neuro Endocrinology Letters* 32 Suppl 2, 3-8.

Ojagh S.M., Rezaei M., Razavi, S.H., Hosseini S.M.H., 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry* 120(1), 193-198.

Ólafsdóttir G., Martinsdóttir E., Oehlenschläger J., Dalgaard P., Jensen B., Undeland I., Mackie I. M., Henehan G., Nielsen J., Nilsen H., 1997. Methods to evaluate fish freshness in research and industry. *Trends in Food Science and Technology* 8(8), 258-265.

Pezeshk S., Ojagh S. M., Rezaei M., Shabanpour B., 2017. Antioxidant and antibacterial effect of protein hydrolysis of yellowfin tuna waste on flesh quality parameters of minced silver carp. *Journal of Genetic Resources* 3(2),103-112.

Rahnan S.A., Huah T.S., Nassan O., Daud N. M., 1995. Fatty acid composition of some Malaysian freshwater fish. *Food Chemistry* 54(1), 45-49.

Sallam K.I., Ahmed A.M., Elgazzar M.M., Eldaly E.A., 2007. Chemical quality and sensory attributes of marinated Pacific saury (*Cololabis saira*) during vacuum-packaged storage at 4 °C. *Food Chemistry* 102(4), 1061-1070.

Shahidi F., Ambigaipalan P., 2018. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and their health benefits. *Annual Review of Food Science and Technology* 9, 345-381.

Terčič D., Kotnik B., Gorjanc G., Jazbec Križman P., Holcman A., 2011. The effect of coenzyme Q_{10} and lipoic acid added to the feed of hens on physical characteristics of eggs. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 76(3), 209-211.

Vujković G., Karlović Đ., Vujković I., Vörösbaranyi I., Jovanović B, 1999. Composition of muscle tissue lipids of silver carp and bighead carp. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 76(4), 475-480.

Yanar Y., 2007. Quality changes of hot smoked catfish (*Clarias gariepinus*) during refrigerated storage. *Journal of Muscle Foods* 18(4), 391-400.

Yilmaz M., Ceylan Z.G., Kocaman M., Kaya M., Yilmaz H., 2009. The effect of vaccum and modified atmosphere packaging on growth of listeria in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *Journal of Muscle Foods* 20(4), 465-477.