نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه گنبد کاووس

تأثیر افزودن مکمل خوراکی CoQ_{10} بر شاخص‌های رشد، خون‌شناسی، ترکیب لاشه و مقاومت به تنش آمونیاک در بچه ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

اشکان زرگری[1]، محمد مازندرانی*[2]، رقیه صفری[3]، سید حسین حسینی‌فر[3]، سید علی اکبر هدایتی[4]

[1] دانشجوی دکترای رشته شیلات، گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
[2] دانشیار گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
[3] دانشیار گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
[4] استاد گروه تولید و بهره‌برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

نوع مقاله:
پژوهشی اصیل
https://doi.org/10.22034/jair.11.2.65

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۰۲/۰۱/۲۳
پذیرش: ۰۲/۰۴/۰۵

نویسنده مسئول مکاتبه:
محمد مازندرانی، دانشیار گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
ایمیل: mazandarani57@gmail.com

چکیده

از آنجایی که پرورش آبزیان ارتباط مستقیمی با غذای انسان و منابع آب دارد، برای تحقق آبزی‌پروری پایدار نیازمند استفاده از تکنیک‌های جدید می‌باشیم. افزایش تراکم و بهبود جیره غذایی ماهی‌های پرورشی از جمله این راه‌کارهاست. تحقیق حاضر با هدف بررسی تاثیر کوآنزیم کیو ۱۰ (CoQ_{10}) در جیره غذایی بر رشد، ترکیب لاشه و تنش آمونیاک انجام شد. به این منظور، به مدت ۲ ماه بچه ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان با سطوح صفر، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ درصد CoQ_{10} تغذیه شدند. در پایان دوره پرورش، سطح شاخص‌های رشد و خونشناسی محاسبه شدند و ترکیب لاشه‌ها بررسی شد. در پایان، القای تنش آمونیاک ۰/۶ میلی‌گرم بر لیتر صورت گرفت. نتایج نشان داد که افزودن ۱ درصد CoQ_{10} به جیره غذایی در زمان قبل از تنش منجر به افزایش رشد، کاهش چربی لاشه و افزایش تعداد گلبول‌های سفید خون می‌شود ($p<0/05$) و در زمان بعد از تنش آمونیاک با ایجاد مقاومت در بچه ماهی‌ها، از میزان تلفات به طور معناداری کاسته می‌شود ($p<0/05$). به‌طورکلی می‌توان گفت CoQ_{10} قابلیت استفاده در آبزی پروری به جهت افزایش رشد و توانایی تحمل شرایط استرس‌زا به خصوص تنش ناشی از افزایش آمونیاک را دارا می‌باشد و می‌تواند در زمان پرورش متراکم و فوق متراکم برای رشد بهتر و افزایش تحمل نسبت به تنش‌های استرس زا مانند افزایش سطح آمونیاک در مزارع پرورشی مورد استفاده قرار گیرد و با جلوگیری از آسیب به گلبول‌های خونی و حفظ فرآیند اکسیژن رسانی درصد تلفات را به‌صورت معناداری کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی:
استرس، یوبی‌کوئینون، کوآنزیم، اندیس‌های خونی، کاهش تلفات، آنالیز لاشه، آبزی پروری پایدار

۱ | مقدمه

با توجه به کمبود جدی منابع آب و اهمیت ارزش جهانی آن (Madani, 2014; Scanlon *et al.*, 2023)، پرورش نیمه متراکم دارای توجیح اقتصادی قابل قبولی نیست و حتی باعث هدر رفتن منابع آبی می‌شود. از جمله الزامات توسعه پایدار آبزی‌پروری در بخش کشاورزی، بکارگیری راهکارها و تکنیک‌های نوین در روش‌های پرورش آبزیان و ارتقاء کیفیت جیره‌های غذایی می‌باشد (Føre *et al.*, 2018; Scanlon *et al.*, 2023). لذا یافتن روش‌های موثر در پیشگیری از بروز بیماری و افزایش توانایی حفظ هموستازی بدن برای به حداقل رساندن خسارات اقتصادی ناشی از بروز استرس و تلفات در مزارع پرورش ماهی ضروری به نظر می‌رسد. اخیراً آبزی‌پروری با تکیه بر سیستم‌های فوق متراکم امکان‌پذیر شده و گسترش یافته است، اما توسعه این سیستم‌ها با چالش‌هایی نیز روبه‌رو است. به‌طورکلی پرورش در محیط‌های بسته و محصور، با تراکم بالا همیشه استرس‌زا است، زیرا با زیستگاه طبیعی که جانور با آن سازگار شده متفاوت است (Stoskopf, 1993; Yu *et al.*, 2023). به عبارت دیگر پرورش آبزیان در بهترین مزارع پرورشی نیز با استرس بالایی همراه است و با مدیریت مناسب پرورش تنها می‌توان میزان استرس وارد شده را کاهش داد (Stoskopf, 1993). به همین دلیل استفاده از مکمل‌هایی که علاوه بر بهبود رشد و افزایش کارایی جذب خوراک، باعث بهبود حفظ سیستم هموستازی بدن و افزایش تحمل شرایط استرس‌زای پرورش شوند (Bortoletti *et al.*, 2021). در عملکرد تولید و بازماندگی ماهیان بسیار می‌تواند مفید واقع شوند. آمونیاک یکی از پارامترهای کیفی آب است که بر فیزیولوژی، جذب غذا و کارایی رشد در گونه‌های مختلف تاثیرگذار است (Zhang *et al.*, 2023). آمونیاک از جمله سمی‌ترین

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-05]
[DOI: 10.22034/jair.11.2.65]

(Esteban, 2012). ترکیب نیتروژن‌دار است که در محیط آبی به دو صورت آمونیاک یونیزه NH_4^+ و آمونیاک غیر یونیزه NH_3 یافت می‌شود (Osman, 2021). در سیستم‌های پرورشی با مدیریت مطلوب استرس حاد کشنده کمتر اتفاق می‌افتد در حالی که استرس مزمن ممکن است موجب بسیاری از مشکلات سیستم‌های نگهداری ماهی نظیر افزایش سرعت مصرف انرژی، کاهش میزان رشد، اختلال در سیستم ایمنی و ممانعت از رسیدگی گناد و تخم‌ریزی باشد (Osman, 2021). از طرفی مدیریت مطلوب جهت پیشگیری از استرس در سیستم‌های پرورشی راه حل مفیدی است که به معنی نگهداری مناسب کیفیت آب، تغذیه مناسب و رعایت اصول بهداشتی می‌باشد (Zhang *et al.*, 2023). یکی از راه‌کارهای مدیریتی در امر آبزی‌پروری و کنترل استرس‌ها از طریق استفاده از مکمل‌های خوراکی با خواص و کاربردهای مختلف است.

کوآنزیم کیو ۱۰ (CoQ_{10}) یک آنتی‌اکسیدان قوی است که در سلول‌ها به طور طبیعی ساخته می‌شود و بدن موجود زنده از آن برای رشد و خنثی کردن رادیکال‌های آزاد استفاده می‌کنند (Jiménez *et al.*, 2023; Huerta *et al.*, 2023; Aramli *et al.*, 2023). آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیباتی هستند که قابلیت کند کردن یا جلوگیری از اکسید شدن سایر ترکیبات را دارا هستند و اکسید شدن خود، سایر واکنش‌های اکسیداتیو را مهار می‌کنند (Devasagayam *et al.*, 2004; Bock *et al.*, 2023). این ترکیب در تولید ATP که منبع اولیه انرژی برای سلول‌ها است، نقش دارد و به عنوان یک حامل الکترون در زنجیره انتقال الکترون در میتوکندری عمل می‌کند. این ترکیب همچنین یک آنتی‌اکسیدان قوی است که به محافظت از سلول‌ها در برابر رادیکال‌های آزاد کمک می‌کند. CoQ_{10} به مقدار کم در برخی غذاها، مانند گوشت، جگر، ماهی و غلات یافت می‌شود (Aydoğan *et al.*, 2023). با این حال، ممکن است میزان ساخت این ترکیب در بدن یا دریافت آن از طریق رژیم غذایی به مقدار کافی ممکن نباشد، به همین دلیل می‌توان از مکمل‌های CoQ_{10} برای دست یافتن به خواص آن استفاده کرد. البسونی و همکاران (El Basuini *et al.*, 2020) با ارزیابی اثربخشی مکمل غذایی CoQ_{10} بر عملکرد رشد، آنزیم‌های گوارشی، سلامت خون، پاسخ ایمنی و بیان ژن‌های آنتی‌اکسیدانی در ماهی تیلاپیا نیل (*Oreochromis niloticus*) گزارش که با افزودن مقادیر صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا و پرورش ماهی‌ها به مدت ۵۶ روز، وضعیت خون همه گروه‌های آزمایشی در حد نرمال بود و بیان کردند که استفاده از ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم CoQ_{10} در رژیم غذایی باعث بهبود رشد و سلامت ماهی تیلاپیا نیل می‌شود. در نتایج تحقیق البسونی و همکاران (El Basuini *et al.*, 2021) با عنوان تأثیر CoQ_{10} ویتامین C در رژیم غذایی بر سرعت رشد، پاسخ ایمنی و بیان ژن‌های آنتی اکسیدانی در ماهی تیلاپیا نیل (*O. niloticus*)، گزارش شد که افزودن CoQ_{10} و ویتامین C در رژیم غذایی تأثیر قابل توجهی بر عملکرد رشد، راندمان خوراک، فعالیت آنزیم های گوارشی، شاخص های بیوشیمیایی خون، پاسخ ایمنی و ظرفیت آنتی اکسیدانی داشتند.

به طور کلی، CoQ_{10} یک کوآنزیم بسیار مهم است که نقش های متعددی در بدن ایفا می‌کند (Jiménez *et al.*, 2023; Huerta *et al.*, 2023; Aramli *et al.*, 2023). در حالی که دریافت مقدار کمی CoQ_{10} از طریق رژیم غذایی امکان پذیر است، مکمل خوراکی آن ممکن است برای به دست آوردن سطوح بهینه و بهره‌مندی از مزایای فراوان مرتبط با سلامتی این ترکیب ضروری باشد. یکی از خواص مهم و کاربردی این ترکیب توانایی خنثی سازی رادیکال‌های آزاد و کاهش استرس در جانوران عنوان شده است. با توجه به خواص این کوآنزیم و وجود مطالعات بسیار محدود روی تاثیر این ماده در مقاومت به تنش آمونیاک در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، لذا تحقیق حاضر برای بررسی تاثیر استفاده از CoQ_{10} در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به جهت افزایش رشد و افزایش توان تحمل شرایط استرس‌زا ناشی از افزایش آمونیاک و افزایش بقا انجام شد.

۲ | مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در سالن آبزی‌پروری دانشکده شیلات و محیط زیست دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. به این منظور تعداد ۳۰۰ قطعه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با وزن متوسط ۳±۰/۶۸ گرم تهیه و به سالن آبزی‌پروری منتقل شدند. ماهی‌های مذکور به صورت تصادفی در مخازن ۲۰۰ لیتری تقسیم شدند. به منظور تهیه خوراک، ترکیب CoQ_{10} با برند سیگما خریداری شد و با در نظر گرفتن مقادیر لازم در آب مقطر استریل محلول و به جیره پایه (شرکت فرادانه، جدول ۱) به صورت اسپری اضافه شد. غذای آماده شده پس از خشک شدن بسته‌بندی و در یخچال نگداری شد. آزمایش با ۴ تیمار (هر تیمار با ۳ تکرار)، شامل جیره حاوی صفر درصد CoQ_{10} (تیمار شاهد)، جیره حاوی ۰/۱ درصد CoQ_{10} (تیمار ۱)، جیره حاوی ۰/۵ درصد CoQ_{10} (تیمار۲) و جیره حاوی ۱ درصد CoQ_{10} (تیمار ۳) مورد بررسی قرار گرفتند. میزان غذادهی در طول دوره پرورش ۸ هفته‌ای با توجه به جدول ارائه شده از طرف شرکت سازنده خوراک محاسبه شد (جدول ۱ و ۲). در پایان دوره ۸ هفته‌ای پرورش، نمونه‌برداری جهت بررسی ترکیب لاشه، شاخص‌های رشد، شاخص‌های خون‌شناسی و شمارش افتراقی گلبول‌های سفید و همچین محاسبه اندیس‌های MCV، MCH و MCHC صورت گرفت و در آخر القای تنش آمونیاک و ثبت میزان تلفات انجام گرفت.

جدول ۱: جدول آنالیز تقریبی خوراک اکسترود ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) شرکت فرادانه.

ترکیبات	پروتئین خام	چربی خام	فیبر خام	خاکستر	رطوبت	فسفر
میزان (٪)	۵۰ – ۴۶	۱۵ – ۱۱	۳- ۱/۵	۱۳ – ۹	۱۱ – ۵	۱/۵–۱

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-05]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.65]

جدول ۲- جدول میزان تغذیه روزانه خوراک اکسترود ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) بر اساس درصد وزن زنده در روز (شرکت فرادانه).

وزن ماهی (gr)	دمای آب (°C)				
	۸ – ۱۰	۱۰ – ۱۲	۱۲ – ۱۴	۱۴ – ۱۶	۱۶ – ۱۸
۰/۳ – ۱	۲/۴۵	۳/۱۵	۳/۹	۴/۱	۳/۲
۱ – ۲	۱/۸۵	۲/۴	۳	۳/۱	۲/۴
۲ – ۴	۱/۸	۲/۳	۲/۹	۳/۰۵	۲/۳۵
۴ – ۸	۱/۷۵	۲/۲۵	۲/۸	۲/۹۵	۲/۳
۸ – ۱۵	۱/۵۵	۱/۹۵	۲/۴۵	۲/۵۵	۲
۱۵ – ۲۵	۱/۴۵	۱/۵۸	۲/۳۵	۲/۴۵	۱/۹

برای نمونه‌برداری از خون به‌منظور بررسی شاخص‌های خون، ماهی‌ها در ابتدا با استفاده از محلول یوجینول (۱۰۰ ppm) بی‌هوش شدند (Zargari and Hoseini, 2019) و سپس نمونه‌های خون به وسیله سرنگ هپارینه از قسمت ساقه دمی جمع‌آوری شد و در میکروتیوب‌های پلاستیکی جهت مطالعات خون‌شناسی تخلیه شدند (El Basuini *et al.*, 2020 ؛ Zargari and Hoseini, 2019). شمارش گلبول‌های قرمز و سفید توسط لام نئوبار و به روش استاندارد شمارش شد (El Basuini *et al.*, 2020 ؛ Zargari and Hoseini, 2019). اندیس‌های خونی مانند حجم متوسط گلبول قرمز (MCV) هموگلوبین متوسط گلبول قرمز (MCH) و غلظت متوسط هموگلوبین گلبول قرمز (MCHC) براساس جدول رابطه‌ها (جدول ۳) محاسبه شدند (El Basuini *et al.*, 2020 ؛ Zargari and Hoseini, 2019).

شمارش افتراقی گلبول‌های سفید با تهیه گسترش و شمارش درصد انواع گلبول‌های سفید انجام گرفت. به این منظور نمونه لام‌های تهیه شده بعد از ثابت شدن با متانول مطلق، توسط محلول گیمسا رنگ آمیزی شدند و شمارش انواع گلبول‌های سفید انجام شد (Zargari and Hoseini, 2019).

به‌منظور بررسی شاخص‌های رشد در ابتدا و انتهای دوره پرورش؛ وزن و طول ماهی‌ها در هر گروه اندازه‌گیری شدند، سپس میزان افزایش وزن بدن (BWI)، نرخ رشد ویژه (SGR)، فاکتور وضعیت (CF) و ضریب تبدیل خوراک (FCR) با استفاده از رابطه‌های استاندارد ارائه شده در جدول ۴ محاسبه گردید (El Basuini *et al.*, 2020).

تجزیه تقریبی ترکیبات لاشه ماهی با روش‌های استاندارد انجام شد. برای تعیین ترکیبات لاشه در پایان دوره پرورش، نمونه برداری از ماهی‌ها به صورت تصادفی انجام شد. پس از بیهوشی کامل و مرگ موجود زنده، سطح بدن خشک و از بافت عضله آن‌ها فیله بدون استخوان تهیه شد. در مرحله بعد، فیله جدا شده، خرد و همگن شد و برای انجام سایر آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

برای تعیین رطوبت مقدار ۱۰ گرم نمونه از هر تکرار به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. با محاسبه اختلاف وزن نمونه‌ها قبل و بعد از قرار دادن در آون، درصد رطوبت آنها محاسبه شد. (AOAC, 2005). جهت تعیین میزان خاکستر، نمونه‌ها در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت سوزانده شدند و از رابطه استاندارد موجود در جدول ۵ برای محاسبه درصد خاکستر استفاده شد (AOAC, 2005). سنجش میزان پروتئین نمونه‌ها توسط دستگاه کجلدال و غیر مستقیم انجام شد. در این روش پروتئین خام با تعیین میزان نیتروژن کل مطابق با رابطه‌های استاندارد ارائه شده در جدول ۵ محاسبه شد (AOAC, 2005). جهت اندازه‌گیری درصد کل چربی، از دستگاه سوکسله استفاده شد (AOAC, 2005).

جدول ۳- رابطه‌های استادارد برای محاسبه اندیس‌های خونی MCV، MCH و MCHC.

غلظت متوسط هموگلوبین گلبول قرمز	هموگلوبین متوسط گلبول قرمز	حجم متوسط گلبول قرمز
$MCHC = \frac{Hb\ (g/100\ ml)}{Hct\ (\%)}$	$MCH = \frac{Hb\ (g/L)\times 10}{RBC\ (10^6/mm^3)}$	$MCV = \frac{Hct\ (\%)\times 10}{RBC\ (10^6/mm^3)}$

جدول ۴- رابطه‌های استاندارد برای محاسبه مقادیر BWI، SGR، CF و FCR.

BWI	وزن اولیه (gr) – وزن نهایی (gr) = افزایش وزن بدن
SGR	$\frac{\ln(\text{وزن نهایی}) - \ln(\text{وزن اولیه})}{\text{دوره پرورش (روز)}} \times 100$ = نرخ رشد ویژه
CF	$\frac{\text{وزن (gr)}}{(\text{طول (cm)})^3} \times 100$ = فاکتور وضعیت
FCR	$\frac{\text{مقدار غذای خورده شده (gr)}}{\text{افزایش وزن (gr)}}$ = ضریب تبدیل غذایی

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-05]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.65]

جدول ۵- رابطه‌های استاندارد برای محاسبه مقادیر درصد خاکستر و درصد پروتئین.

درصد خاکستر	$\frac{\text{وزن بوته} - \text{وزن بوته به همراه نمونه نهایی}}{\text{وزن نمونه}} \times ۱۰۰ =$ **درصد خاکستر**
درصد ازت	$\frac{\text{مقدار اسید مصرفی } 0/1 \text{ نرمال}}{\text{وزن نمونه}} \times ۱۰۰ =$ درصد ازت
پروتئین خام	۶/۲۵ × پروتئین خام = درصد ازت

به منظور بررسی تاثیر افزودن CoQ_{10} به جیره غذایی ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) بر مقاومت ماهی‌های تحت تنش آمونیاک، تعداد ۳۶ قطعه ماهی از هر تیمار انتخاب شدند و به مدت ۲۴ ساعت تحت تنش آمونیاک با دوز ۰/۶ میلی‌گرم بر لیتر آمونیاک مولکولی قرار گرفتند. در طول آزمایش متوسط درجه حرارت آب، اکسیژن محلول، سختی کل و pH به ترتیب به مقدار ۲±۱۴ درجه سانتی‌گراد، ۱±۵ میلی‌گرم در لیتر، ۵۵±۳۸۰ میلی‌گرم در لیتر و ۰/۲±۷/۵ ثبت گردید. برای آماده سازی شرایط تنش‌زا از کلرید آمونیوم (NH_4Cl, Sigma)، پس از محاسبه آمونیوم و فرم مولکولی آن (آمونیاک)، استفاده گردید (Zarantoniello *et al.*, 2021 ؛ Mazandarani *et al.*, 2021). سنجش دما و pH آب جهت کنترل میزان آمونیاک یونیزه شده و آمونیاک مولکولی با استفاده از کلرید آمونیوم در مخازن از روش Zarantoniello *et al.*, (2021) استفاده شد. جهت تثبیت pH آب از محلول ۱ نرمال KOH استفاده شد (Zarantoniello *et al.*, 2021).

با استفاده از نرم افزار $SPSS_{22}$ و پس از تایید نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov، تجزیه و تحلیل داده‌ها با آزمون‌های Independent-Sample T Test و آنالیز One-Way ANOVA انجام گرفت. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون Duncan استفاده شد. اختلاف بین میانگین‌ها در تیمارهای مختلف با سطح اطمینان ۹۵٪ تعیین گردید و در نهایت تمام داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شدند.

۳ | نتایج

مطابق با جدول ۶، در زمان قبل از تنش آمونیاک، با افزودن سطوح مختلف CoQ_{10} به جیره غذایی بچه ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان تفاوت معناداری (p>۰/۰۵) در اندیس‌های MCV، MCH و MCHC دیده نشد. میزان هموگلوبین نیز در تمام تیمارها بدون اختلاف معنادار (p>۰/۰۵) محاسبه شد. همچنین در تمام تیمارها اختلاف معناداری در درصد هماتوکریت مشاهده نشد (p>۰/۰۵). افزودن سطوح مختلف CoQ_{10} به جیره غذایی بچه ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان منجر به ایجاد اختلاف معنادار (p<۰/۰۵) در تعداد گلبول‌های سفید و قرمز شد به طوری که بیشترین سطح معناداری (p<۰/۰۵) برای گلبول‌های قرمز و گلبول‌های سفید به ترتیب مربوط به تیمار ۲ و تیمار ۳ شمارش شد (جدول ۶). با اعمال تنش آمونیاک مطابق با جدول ۶، علی‌رغم افزایش معنادار (p<۰/۰۵) در تعداد گلبول سفید، هماتوکریت، هموگلوبین و اندیس‌های MCV، MCH و MCHC، تعداد گلبول قرمز کاهش معناداری را در گروه‌های تغذیه شده با CoQ_{10} در مقایسه با تیمار شاهد نشان دادند (p<۰/۰۵).

جدول ۶- تغییرات تعداد گلبول‌های قرمز، گلبول‌های سفید، هماتوکریت و هموگلوبین به همراه اندیس‌های خونی MCV، MCH و MCHC در بچه ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) تغذیه شده با سطوح مختلف CoQ_{10} در پایان دوره پرورش ۸ هفته‌ای.

		تیمار ۳ (۱ درصد)		تیمار ۲ (۰/۵ درصد)		تیمار ۱ (۰/۱ درصد)		تیمار شاهد	
قبل از تنش آمونیاک	RBC (×۱۰^۶)	۱/۴۴±۰/۰۱۷	abA	۱/۴۴۳±۰/۰۱۲	aA	۱/۴۱۳±۰/۰۱۲	cB	۱/۴۱۷±۰/۰۱۲	bcB
	WBC (×۱۰^۴)	۳/۵۰۷±۰/۰۳۱	aA	۳/۴۲±۰/۰۳۵	bA	۳/۴۴۷±۰/۰۱۲	bA	۲/۷۲۷±۰/۰۴۲	cA
	PCV (%)	۳۷/۸۳۳±۰/۷۶۴	aA	۳۷/۵±۱	aA	۳۷/۲۵±۰/۶۶۱	aA	۳۷/۵±۱	aA
	Hb (g/dL)	۵/۹۲۵±۰/۱۲۷	aA	۵/۸۰۲±۰/۸۸۲	aA	۵/۹۸۶±۱/۰۳۷	aA	۵/۸۲۷±۰/۶۸۱	aA
	MCV	۲۶۲/۷۲۵±۳/۵۹۷	aA	۲۵۹/۷۹۴±۵/۲۳۶	aA	۲۶۳/۵۹۸±۶/۳۸۳	aA	۲۶۴/۷۱۸±۷/۴۱	aA
	MCH	۴۱/۱۵۲±۱/۲۱	aA	۴۰/۲۱۸±۶/۲۷۲	aA	۴۲/۳۸۴±۷/۵۸۱	aA	۴۱/۱۵۷±۵/۱۱۷	aA
	MCHC	۱۵/۶۶۹±۰/۶۵	aA	۱۵/۴۸۱±۲/۴۱۱	aA	۱۶/۰۵۶±۲/۴۶۶	aA	۱۵/۵۴۴±۱/۸۵۱	aA
بعد از تنش آمونیاک	RBC (×۱۰^۶)	۱/۴۶۷±۰/۰۳۲	bA	۱/۴۶۷±۰/۰۰۶	bA	۱/۴۷۳±۰/۰۰۶	bA	۱/۵۱±۰/۰۱	aA
	WBC (×۱۰^۴)	۳/۰۸۷±۰/۰۳۱	aB	۲/۳۱۳±۰/۰۴۲	bB	۲/۱۹۳±۰/۰۴۲	cB	۲/۱۴±۰/۰۷۲	cB
	PCV (%)	۳۷/۸۳۳±۰/۲۸۹	aA	۳۵/۸۳۳±۰/۵۷۷	bA	۳۵/۸۳۳±۰/۵۷۷	bB	۳۴/۱۶۷±۰/۵۷۷	cB
	Hb (g/dL)	۵/۹±۰/۰۹۳	aA	۴/۹۳۱±۰/۳۳۷	bA	۴/۰۹۷±۰/۰۹۳	cB	۳/۸۴±۰/۲۰۳	cB
	MCV	۲۵۸/۰۰۹±۳/۷۶۲	aA	۲۴۴/۳۱۶±۳/۵۴۸	bB	۲۴۳/۲۲±۴/۴۷۴	bB	۲۲۶/۲۷۶±۴/۱۱۷	cB
	MCH	۴۰/۲۳۶±۰/۶۲۶	aA	۳۳/۶۱۷±۲/۱۷۹	bA	۲۷/۸۱±۰/۷۱۸	cB	۲۵/۴۲۲±۱/۱۹۵	cB
	MCHC	۱۵/۵۹۵±۰/۱۶۵	aA	۱۳/۷۵۶±۰/۷۸۹	bA	۱۱/۴۳۳±۰/۱۱۶	cB	۱۱/۲۴۳±۰/۶۹۳	cB

حروف انگلیسی کوچک غیرمشابه در هر سطر و حروف انگلیسی بزرگ مربوط به فاکتور مشخص در هر ستون بیانگر اختلاف معنادار در سطح ۰/۰۵ است. داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار است.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-05]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.65]

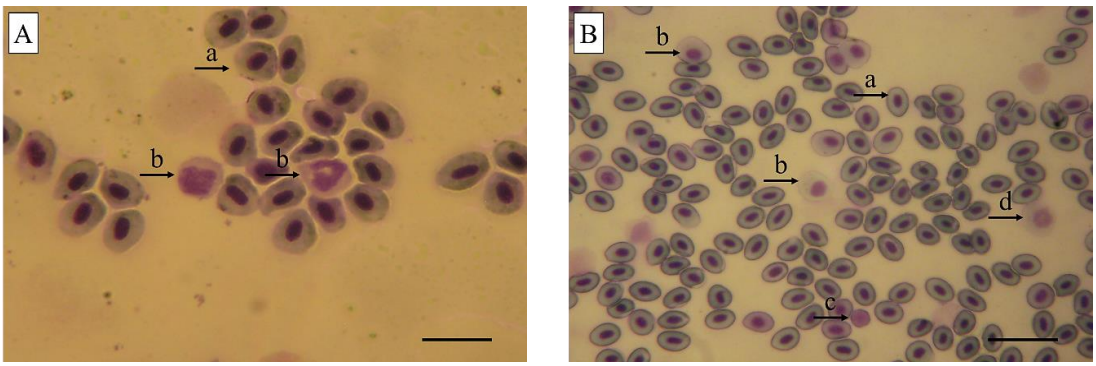
با توجه به جدول ۷، در شمارش افتراقی گلبول‌های سفید قبل و بعد از اعمال تنش آمونیاک، تفاوت معناداری در انواع گلبول‌های سفید در گروه‌های تغذیه شده با CoQ_{10} محاسبه نشد ($p>0/05$). به‌عبارت دیگر در بین تمامی تیمارها تعداد لنفوسیت‌ها، نوتروفیل‌ها و مونوسیت‌ها مشابه به یکدیگر بود. اما درصد لنفوسیت‌ها به طور معناداری در زمان قبل از تنش آمونیاک برای هر گروه در مقایسه با گروه نظیر آن در زمان بعد از تنش آمونیاک بیشتر بود ($p<0/05$).

تغییرات شاخص‌های رشد ناشی از وجود سطوح مختلف CoQ_{10} در خوراک بچه ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان مطابق با جدول ۸ محاسبه شد. مطابق با این جدول، بیشترین افزایش وزن در مقایسه با تیمار شاهد در تیمار ۳ مشاهد شد ($p<0/05$). بیشترین سطح معنی‌دار در شاخص‌های افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه مربوط به تیمار ۲ و ۳ در مقایسه با تیمار شاهد بود ($p<0/05$). میزان ضریب تبدیل خوراک در تیمار ۳ به‌طور معناداری کمتر از تیمار شاهد محاسبه شد ($p<0/05$).

جدول ۷- تغییرات درصد اجزای گلبول‌های سفید (لنفوسیت، نوتروفیل و مونوست) در بچه ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) تغذیه شده با سطوح مختلف CoQ_{10} در پایان دوره پرورش ۸ هفته‌ای.

		تیمار ۳ (۱ درصد)		تیمار ۲ (۰/۵ درصد)		تیمار ۱ (۰/۱ درصد)		تیمار شاهد	
قبل از تنش آمونیاک	لنفوسیت (٪)	۸۷/۶۷±۱/۱۵	aA	۸۷/۳۳±۱/۵۳	aA	۸۸±۱	aA	۸۷±۱	aA
	نوتروفیل (٪)	۷±۱	aA	۸±۱	aA	۷/۳۳±۰/۵۸	aB	۷/۳۳±۰/۵۸	aB
	مونوسیت (٪)	۵/۳۳±۰/۵۸	aB	۴/۶۷±۲/۵۲	aA	۴/۶۷±۰/۵۸	aB	۵/۶۷±۰/۵۸	aA
بعد از تنش آمونیاک	لنفوسیت (٪)	۸۵±۱	aB	۸۳/۶۷±۱/۱۵	aB	۸۳±۱/۷۳	aB	۸۳/۳۳±۱/۵۳	aB
	نوتروفیل (٪)	۸/۳۳±۰/۵۸	aA	۱۰±۱	aA	۱۰±۱	aA	۱۰±۱	aA
	مونوسیت (٪)	۶/۶۷±۰/۵۸	aA	۶/۳۳±۱/۵۳	aA	۷±۱	aA	۶/۶۷±۰/۵۸	aA

حروف انگلیسی کوچک غیرمشابه در هر سطر و حروف انگلیسی بزرگ مربوط به فاکتور مشخص در هر ستون بیانگر اختلاف معنادار در سطح ۰/۰۵ است. داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار است.



شکل ۱- انواع گلبول‌های خون ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) در گسترش افتراقی، رنگ آمیزی شده با گیمسا. شکل A: گلبول قرمز بالغ (a)، نوتروفیل بالغ با هسته چند قسمتی (b). شکل B: گلبول قرمز بالغ (a)، گلبول قرمز نابالغ (b)، لنفوسیت بالغ با سیتوپلاسم کم (c)، مونوسیت بالغ با هسته بزرگ (d).

جدول ۸: تغییرات طول و وزن در ابتدا و انتهای دوره به همراه شاخص‌های رشد BWI، SGR، CF و FCR محاسبه شده بر اساس رابطه‌های استاندارد در بچه ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) تغذیه شده با سطوح مختلف CoQ_{10} در پایان دوره پرورش ۸ هفته‌ای.

	تیمار ۳ (۱ درصد)		تیمار ۲ (۰/۵ درصد)		تیمار ۱ (۰/۱ درصد)		تیمار شاهد	
وزن نهایی (gr)	۲۲/۸±۰/۹۶	a	۲۲/۱۶±۱/۳۴	b	۲۱/۶±۱	b	۲۰/۶۸±۰/۹	c
BWI (gr)	۱۷/۳۲±۰/۹۹	a	۱۶/۷۲±۱/۳۷	ab	۱۶/۰۸±۱/۳۲	b	۱۵/۱۲±۱/۰۱	c
SGR	۲/۵۵±۰/۱۷	a	۲/۵۱±۰/۱۹	a	۲/۴۴±۰/۲۲	ab	۲/۳۵±۰/۱۸	b
CF	۱/۸۱±۰/۲۹	a	۱/۶۲±۰/۳	b	۱/۷۲±۰/۳	ab	۱/۵۶±۰/۲۷	b
FCR	۰/۸۹±۰/۰۵	c	۰/۹۳±۰/۰۸	bc	۰/۹۶±۰/۰۸	b	۱/۰۲±۰/۰۷	a

حروف انگلیسی کوچک غیرمشابه در هر سطر بیانگر اختلاف معنادار در سطح ۰/۰۵ است. داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار است.

طبق نتایج موجود در جدول ۹، با افزودن مکمل خوراکی CoQ_{10} به جیره بچه ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان اختلاف معنی‌داری در مقادیر پروتئین، رطوبت و خاکستر سنجش نشد ($p>0/05$). اما، کاهش معناداری در میزان درصد چربی در تیمارهای تجربی در مقایسه با تیمار شاهد دیده شد ($p<0/05$)، به طوری که بیشترین سطح معنادار چربی مربوط به تیمار شاهد و کمترین سطح در تیمار ۳ اندازه‌گیری شد. روند تلفات در زمان قبل و بعد از تنش آمونیاک در بچه ماهی‌های تیمار شاهد و تیمارهای تغذیه شده با سطوح مختلف CoQ_{10} مطابق با نمودار ۱ محاسبه شد. در زمان قبل از تنش آمونیاک تلفاتی ناشی از افزودن CoQ_{10} به جیره غذایی مشاهده نشد. در زمان بعد از تنش آمونیاک بیشترین میزان تلفات در گروه شاهد شمارش شد و با افزایش غلظت CoQ_{10} در جیره غذایی درصد تلفات کاهش یافت، به طوری که با اعمال تنش میزان تلفات در تیمار شاهد از حدود ۴۷ درصد جمعیت به حدود ۲۲ درصد جمعیت در تیمار ۳ کاهش پیدا کرد ($p<0/05$).

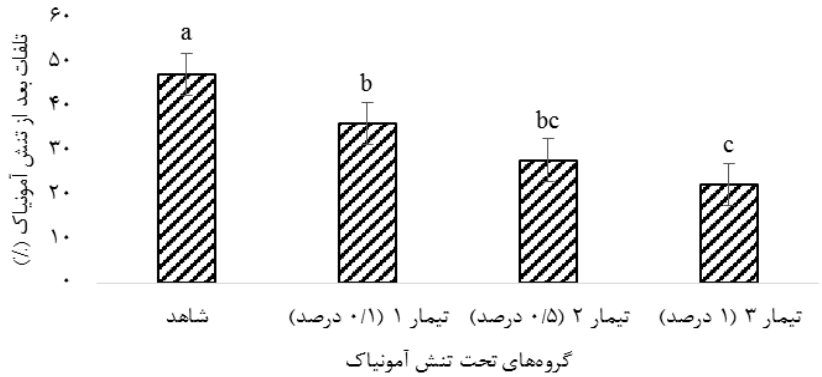
[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-05]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.65]

جدول ۹- تغییرات ترکیبات لاشه در تیمارهای مختلف در بچه ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) تغذیه شده با سطوح مختلف CoQ_{10} در پایان دوره پرورش ۸ هفته‌ای.

	تیمار ۳ (۱ درصد)		تیمار ۲ (۰/۵ درصد)		تیمار ۱ (۰/۱ درصد)		تیمار شاهد	
چربی (٪)	۱/۲۲±۰/۰۲	c	۱/۲۹±۰/۰۵	bc	۱/۳۶±۰/۰۵	b	۱/۵۱±۰/۰۹	a
پروتئین (٪)	۲۱/۴۶±۲/۰۹	a	۲۰/۰۷±۱/۹۳	a	۱۹/۶۹±۱/۴۷	a	۱۸/۳±۲/۴۷	a
رطوبت (٪)	۷۴/۹۵±۱/۸۴	a	۷۶/۵۲±۰/۶۹	a	۷۶/۶۴±۱/۵۷	a	۷۷/۲۱±۰/۹۷	a
خاکستر (٪)	۱/۹۸±۰/۲۳	a	۲/۳۱±۰/۴۷	a	۲/۱۷±۰/۲۷	a	۲/۰۹±۰/۱۵	a

حروف انگلیسی کوچک غیرمشابه در هر سطر بیانگر اختلاف معنادار در سطح ۰/۰۵ است. داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار است.



شکل ۲- روند تلفات در تیمارهای مختلف بعد از تنش آمونیاک در بچه ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) تغذیه شده با سطوح مختلف CoQ_{10} در پایان دوره پرورش ۸ هفته‌ای.

حروف انگلیسی کوچک غیرمشابه بیانگر اختلاف معنادار در سطح ۰/۰۵ است. داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار است.

۴ | بحث و نتیجه‌گیری

طی سال‌های اخیر استفاده از مکمل‌های خوراکی در جیره غذایی ماهی‌های پرورشی جایگاه ویژه‌ای یافته است با این حال، استفاده از ترکیبات جدید به عنوان مکمل غذایی-دارویی در جیره ماهی‌ها مستلزم تحقیقات و پژوهش‌های بسیاری بر تاثیر این ترکیبات بر وضعیت فیزیولوژیکی و سلامت این جانوران است (El Basuini *et al.*, 2020; El Basuini *et al.*, 2021; Sarker, 2023).

پرهزینه‌ترین بخش پرورش آبزیان تهیه خوراک می‌باشد که از نظر اقتصادی بخش زیادی از هزینه‌های پرورش را به خود اختصاص می‌دهد (Nayak *et al.*, 2023)، لذا سلامت جیره غذایی نه تنها می‌تواند منجر به بهبود رشد و افزایش تولید شود بلکه یکی از مهمترین فاکتورهای دخیل در پیشگیری از شیوع بسیاری از بیماری‌های فرصت طلب در آبزی پروری به حساب می‌آید (Zhang *et al.*, 2023). بنابراین مطالعه روی بهبود کیفیت جیره غذایی دارای اهمیت زیادی می‌باشد.

به نظر می رسد که بهبود عملکرد رشد در تیمارهای تغذیه شده با مکمل خوراکی CoQ_{10} علاوه بر خاصیت آنتی‌اکسیدانی، می‌تواند به دلیل افزایش متابولیسم بدن و همچنین افزایش هضم و جذب خوراک باشد. ترکیب یاد شده ممکن است با تاثیر بر ترشح هورمون رشد و تحریک ترشح آنزیم‌های گوارشی در میزان غذا گیری و افزایش رشد و جذب تاثیر داشته باشد. مطابق با تحقیق البسونی و همکاران (El Basuini *et al.*, 2021)، افزودن CoQ_{10} به جیره تأثیر مثبت معنی‌داری بر عملکرد رشد، بازده خوراک، فعالیت آنزیم‌های گوارشی و شاخص‌های بیوشیمیایی خون داشتند و منجر به افزایش درصد بقا در ماهی‌های *Oreochromis niloticus* می‌شود. افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی و هورمون‌هایی مانند انسولین و گلوکاگون ممکن است نتیجه تاثیر CoQ_{10} بر افزایش بیان ژن‌های رشد، IGF-1 و گرلین (El Basuini *et al.*, 2021) باشد. همچنین افزایش رشد ممکن است به دلیل بهبود میکروفلور روده یا خاصیت ضد التهابی CoQ_{10} باشد (Schmelzer *et al.*, 2008؛ El Basuini *et al.*, 2021). این تغییر در رشد و کارایی خوراک ممکن است به دلیل اثر غیرمستقیم CoQ_{10} بر سنتز مجدد ویتامین E نیز باشد (El Basuini *et al.*, 2021).

در بررسی ترکیب لاشه، مصرف خوراکی CoQ_{10} منجر به کاهش میزان چربی بافت عضله شده است. از آنجایی که چربی به عنوان ترکیبی برای ذخیره انرژی در بدن شناخته می‌شود، مصرف CoQ_{10} با افزایش میزان متابولیسم در سلول‌ها و نیاز به تامین انرژی بیشتر باعث شده سوخت و ساز چربی در بدن به صورت معنادار افزایش یابد. نقش CoQ_{10} در زنجیره انتقال الکترون، آن را به یک عامل اصلی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و لیپیدها تبدیل می‌کند (Shukla and Dubey, 2018). تجمع مقادیر مختلف چربی در تیمارها ممکن است به دلیل تفاوت در استفاده از خوراک و میزان سوخت و ساز بدن که بر تجمع مواد مغذی در بافت‌ها تأثیر می گذارد، مرتبط باشد. مطابق با مطالعه حاظر، یافته‌های البسونی و همکاران (El

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-05]
[DOI: 10.22034/jair.11.2.65]

Basuini *et al.*, 2021) نیز نشان‌دهنده کاهش میزان چربی خام با مصرف مکمل خوراکی CoQ_{10} در ماهی تیلاپیا بود.

سیستم خون ساز به ترکیبات دریافتی حساس است و در برخورد با این ترکیبات دستخوش نوساناتی در سطح فاکتورهای مختلف آن می‌شود (El Basuini *et al.*, 2020) و به عنوان شاخص مهم وضعیت فیزیولوژیکی و پاتولوژیک در جانوران عمل می‌کند (Adeneye *et al.*, 2006). در نتیجه می‌توان گفت تجزیه و تحلیل پارامترهای خونی در ارزیابی وضعیت موجود زنده موثر بوده و بررسی تغییرات در سطح فاکتورهای هماتولوژیک یک تکنیک کارآمد برای مشخص کردن خاصیت ترکیبات خوراکی و مکمل‌ها در بدن جانوران می‌باشد.

مطابق با گزارش‌های البسونی و همکاران (El Basuini *et al.*, 2020) درباره ارزیابی اثربخشی مکمل غذایی CoQ_{10} بر سلامت خون، در زمان قبل از اعمال تنش آمونیاک، استفاده از مکمل خوراکی CoQ_{10} در بچه ماهی‌ها منجر به ایجاد تغییر معنادار در سطح فاکتورهای خونی نشد، اما افزودن این ترکیب به خوراک بچه ماهی‌ها تعداد گلبول‌های سفید خون را افزایش داده است. گلبول‌های سفید از جمله اجزای مهم سیستم ایمنی بدن هستند که در تولید ترکیبات ضدمیکروبی، آنزیم‌ها، پروئین‌های کمپلمان و ایمنوگلوبولین‌ها نقش مهمی را ایفا می‌کنند (Uribe *et al.*, 2011 ؛ Beck and Habicht, 1996 ؛ Mokhtar *et al.*, 2023). از این رو می‌توان گفت مکمل خوراکی CoQ_{10} منجر به تعدیل سیستم دفاعی بدن و تعدیل لوکوپویزس در بچه ماهی‌ها قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌شود.

در این بررسی با کاهش غلظت هموگلوبین متوسط گلبول قرمز MCHC، حجم متوسط گلبولی نیز کاهش یافت. با در نظر گرفتن افزایش تعداد گلبول‌های قرمز در گروه شاهد تحت تنش آمونیاک می‌توان گفت گلبول‌های قرمز با تعداد بیشتر اما اندازه کوچکتری تولید شد که منجر به ایجاد کم خونی از نوع هیپوکرومیک میکروسیتیک می‌شود. ایجاد چنین شرایطی در زمان بعد از اعمال تنش آمونیاک، ممکن است به علت واکنش‌های التهابی بافت خونساز در اثر استرس آمونیاک باشد که منجر به افزایش تعداد گلبول‌های قرمز شده است (Abdelrahman *et al.*, 2023 ؛ Adeneye *et al.*, 2006). با توجه به نتایج به دست آمده، ممکن است با تجمع آمونیاک در سیستم گردش خون ماهی‌ها، اختلالات متابولیکی ایجاد شده باشد و به دنبال آن با تاثیر بر اجزای خون، از قبیله تعداد گلبول‌های قرمز، هماتوکریت و هموگلوبین باعث همولیز و تخریب گلبول‌های قرمز خون شده است و مشکلاتی مانند کم خونی را به همراه می‌آورد. هموگلوبین موجود در گلبول‌های قرمز با اتصال به اکسیژن در فرآیند اکسیژن رسانی به بافت‌های مختلف بدن نقش دارد، اما با افزایش سطح آمونیاک و به دنبال آن افزایش نیتریت در جریان خون، توانایی گلبول‌های قرمز در حمل اکسیژن کاهش یافته و مت‌هموگلوبین جایگزین هموگلوبین می‌شود (Abdelrahman *et al.*, 2023). همچنین افزایش تعداد گلبول‌های قرمز در مراحل اولیه مسمومیت با آمونیاک ممکن است به دلیل کاهش سطح اکسیژن خون و اثر بر بافت خونساز شده باشد که این امر منجر به تحریک هماتوپویزس و افزایش تولید گویچه‌های قرمز خون می‌شود.

در تیمارهای تغذیه شده با مقادیر بالای CoQ_{10} ممکن است با توجه به خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی این ترکیب (Jiménez *et al.* 2023 ؛ Huerta *et al.*, 2023 ؛ Aramli *et al.*, 2023) میزان آسیب به گویچه‌های قرمز و بافت خونساز کاهش یافته باشد و در نتیجه تعداد گلبول‌های قرمز به مقدار طبیعی قبل از استرس آمونیاک نزدیک شده‌اند. به عبارت دیگر می‌توان گفت افزایش رادیکال‌های ناشی از تنش آمونیاک به گلبول‌های قرمز حمله کرده و منجر به تخریب آن‌ها شده‌اند. همچنین در مطالعه الحسینی و همکاران (El-Houseiny *et al.*, 2022) مشخص شد که استفاده از CoQ_{10} در جیره غذایی به طور قابل توجهی شرایط کم خونی و لکوپنیک ناشی از تنش نیکل را تصحیح می‌کند. از آن جایی که ماهیان در سیستم‌های پرورشی گاها تحت تنش غلظت‌های مختلف آمونیاک قرار می‌گیرند (Abdelrahman *et al.*, 2023)، جهت افزایش مقاومت به سمیت آمونیاک و کاهش اختلال در هماتوپوئز و جلوگیری از تخریب بافت خونساز، افزودن CoQ_{10} به جیره غذایی به واسطه خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالا می‌تواند آسیب‌های ناشی از تنش آمونیاک را کاهش دهد و منجر به تعدیل همستازی و حفظ شرایط داخلی بدن شود که در نتیجه همین امر روند تلفات در سطوح بالای این ترکیب کاهش یافت.

علی‌رغم نیاز بیشتر به تحقیق و بررسی درباره تاثیر CoQ_{10} در آبزی پروری، استفاده از این ترکیب در جیره غذایی ماهیان زینتی و پرورشی، می‌تواند با خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد ناشی از افزایش غلظت آمونیاک در بدن، منجر به کاهش شدت سمیت آمونیاک شود و با افزایش سطح تحمل ماهی‌ها به آمونیاک درصد تلفات را نیز به طور چشمگیر کاهش دهد. همچنین CoQ_{10} می‌تواند با افزایش حرکات دیواره روده منجر به تحریک ترشح آنزیم‌های گوارشی شود و به عمل غذاگیری شدت ببخشد. همچنین CoQ_{10} با افزایش انرژی در دسترس سلول‌ها تقاضای بدن برای فراهم کردن انرژی را بالا برده و میزان هضم و جذب خوراک افزایش می‌یابد که به دنبال آن سرعت رشد بهبود یافته و از میزان ضریب تبدیل خوراک کاسته می‌گردد. به طور کلی می‌توان گفت، استفاده از غلظت ۱ درصد CoQ_{10} در جیره غذایی منجر به بهبود هضم و جذب در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان می‌شود و توانایی این ماهی را در مقابله با استرس آمونیاک افزایش می‌دهد.

پست الکترونیک نویسندگان:

اشکان زرگری: ash.zargari@gmail.com
محمد مازندرانی: mazandarani57@gmail.com
رقیه صفری: fisherisafari@yahoo.com
سیدحسین حسینی‌فر: hoseinhoseinifar@gmail.com
سیدعلی اکبر هدایتی: marinebiology1@gmail.com

REFERENCES

Abdelrahman H.A., Hemstreet W.G., Roy L.A., Hanson T.R., Beck B.H., Kelly A.M. 2023. Epidemiology

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-05]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.65]

in the skin epidermal structure and mucosal immune parameters of rainbow trout skin (*Oncorhynchus mykiss*) at different stages of farming. Fish & Shellfish Immunology, 127: 965-974.

Abolfathi M., Zahedi S., Faizi H., Aqli N., Kaveh H. 2017. Evaluation of the antibacterial properties of aqueous and alcoholic extracts of saffron petals on some aquatic pathogenic bacteria. The fifth national saffron conference. Torbat Heydarieh University.

Abdelrahman H.A., Hemstreet, W.G., Roy, L.A., Hanson, T.R., Beck, B.H., Kelly A.M. 2023. Epidemiology and economic impact of disease-related losses on commercial catfish farms: A seven-year case study from Alabama, USA. Aquaculture, 566:739-746.

Adeneye A.A., Ajagbonna O.P., Adeleke T.I., Bello S.O. 2006. Preliminary toxicity and phytochemical studies of the stem bark aqueous extract of Musanga cecropioides in rats. Journal of ethnopharmacology, 105(3):374-379.

AOAC. (Association of Official Analytical Chemists) 2005. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists International, 18th ed. Gaithersburg, Maryland, USA.

Aramli M.S., Moghanlou K.S., Imani A. 2023. Effect of dietary antioxidant supplements (selenium forms, alpha-tocopherol, and coenzyme Q10) on growth performance, immunity, and physiological responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using orthogonal array design. Fish & Shellfish Immunology, 134:608-615.

Aydoğan C., Beltekin B., Demir N., Yurt B., El Rassi Z. 2023. Nano-Liquid Chromatography with a New Monolithic Column for the Analysis of Coenzyme Q10 in Pistachio Samples. Molecules, 28(3):14-23.

Beck G., Habicht G.S. 1996. Immunity and the invertebrates. Scientific American, 275(5):60-66.

Bock A., Kieserling H., Steinhäuser U., Rohn S. 2023. Impact of Phenolic Acid Derivatives on the Oxidative Stability of β-Lactoglobulin-Stabilized Emulsions. Antioxidants, 12(1):182p.

Bortoletti M., Maccatrozzo L., Radaelli G., Caberlotto S., Bertotto D. 2021. Muscle cortisol levels, expression of glucocorticoid receptor and oxidative stress markers in the teleost fish *Argyrosomus regius* exposed to transport stress. Animals, 11(4):1160p.

Chen Y.J., Yuan R.M., Liu Y.J., Yang H.J., Liang G.Y., Tian L.X. 2015. Dietary vitamin C requirement and its effects on tissue antioxidant capacity of juvenile largemouth bass, Micropterus salmoides. Aquaculture, 435: 431-436.

Devasagayam T.P.A., Tilak J.C., Boloor K.K., Sane K.S., Ghaskadbi S.S., Lele R.D. 2004. Free radicals and antioxidants in human health: current status and future prospects. Japi, 52(794804):4p.

El Basuini M.F., Shahin S.A., Teiba I.I., Zaki M.A., El-Hais A.M., Sewilam H., Almeer R., Abdelkhalek N., Dawood M.A. 2021. The influence of dietary coenzyme Q10 and vitamin C on the growth rate, immunity, oxidative-related genes, and the resistance against Streptococcus agalactiae of Nile tilapia (Oreochromis niloticus). Aquaculture, 531:735-862.

El Basuini M.F., Teiba I.I., Zaki M.A., Alabssawy A.N., El-Hais A.M., Gabr A.A., Dawood M.A., Zaineldin A.I., Mzengereza K., Shadrack R.S., Dossou S. 2020. Assessing the effectiveness of CoQ10 dietary supplementation on growth performance, digestive enzymes, blood health, immune response, and oxidative-related genes expression of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Fish & shellfish immunology, 98:420-428.

Føre M., Frank K., Norton T., Svendsen E., Alfredsen J.A., Dempster T., Eguiraun H., Watson W., Stahl A., Sunde L.M., Schellewald C. 2018. Precision fish farming: A new framework to improve production in aquaculture. biosystems engineering, 173:176-193.

Huerta-Madroñal M., Espinosa-Cano E., Aguilar M.R., Vazquez-Lasa B. 2023. Antiaging properties of antioxidant photoprotective polymeric nanoparticles loaded with coenzyme-Q10. Biomaterials Advances, 145:213-247.

Jiménez-Jiménez F.J., Alonso-Navarro H., García-Martín E., Agúndez J.A. 2023. Coenzyme Q10 and Dementia: A Systematic Review. Antioxidants, 12(2): 533.

Madani K. 2014. Water management in Iran: what is causing the looming crisis?. Journal of environmental studies and sciences, 4:315-328.

Mazandarani M., Darvishi G., Zargar A., Zargari A., 2021. 'The Effects of Chronic Sub-Lethal Ammonia Exposure on Growth Indices and Histological Analysis of Gill and Kidney in Common Carp (Cyprinus carpio)', Journal of Veterinary Research, 76(4): 442-449.

Mokhtar D.M., Zaccone G., Alesci A., Kuciel M., Hussein M.T., Sayed R.K. 2023. Main Components of Fish Immunity: An Overview of the Fish Immune System. Fishes, 8(2): 93.

Nayak S., Yogev U., Kpordzaxor Y., Zhu Z., Gur N., Gross A., Zilberg D. 2023. From fish excretions to high-protein dietary ingredient: Feeding intensively cultured barramundi (Lates calcarifer) a diet containing microbial biomass (biofloc) from effluent of an aquaculture system. Aquaculture, 562:738-780.

Osman A.E. 2021. Evaluation of Physicochemical parameters of Some Spring Water Quality for Drinking Purpose: The Case of Chancho Town, Gololcha Woreda (Arsi, Ethiopia) (Doctoral dissertation).

Sarker P.K. 2023. Microorganisms in Fish Feeds, Technological Innovations, and Key Strategies for Sustainable Aquaculture. Microorganisms, 11(2):439p.

Scanlon B.R., Fakhreddine S., Rateb A., de Graaf I., Famiglietti J., Gleeson T., Grafton R.Q., Jobbagy E., Kebede S., Kolusu S.R., Konikow L.F. 2023. Global water resources and the role of groundwater in a resilient water future. Nature Reviews Earth & Environment, 4(2):87-101.

Schmelzer C., Lindner I., Rimbach G., Niklowitz P., Menke T., Döring F. 2008. Functions of coenzyme Q10 in inflammation and gene expression. Biofactors, 32(1-4):179-183.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-05]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.65]

Shukla, S. and Dubey, K.K., 2018. CoQ10 a super-vitamin: review on application and biosynthesis. 3 Biotech, 8(5):249p.

Stoskopf M.K. 1993. Fish Medicine. W.B. Saunders Co. Philadelphia, USA. 882p.

Uribe C., Folch H., Enríquez R., Moran G.J.V.M. 2011. Innate and adaptive immunity in teleost fish: a review. Veterinarni medicina, 56(10):486p.

Yu Y.B., Choi J.H., Lee J.H., Jo A.H., Lee K.M., Kim J.H. 2023. Biofloc Technology in Fish Aquaculture: A Review. Antioxidants, 12(2):398p.

Zarantoniello M., Bortoletti M., Olivotto I., Ratti S., Poltronieri C., Negrato E., Caberlotto S., Radaelli G., Bertotto D. 2021. Salinity, temperature and ammonia acute stress response in seabream (*Sparus aurata*) juveniles: A multidisciplinary study. Animals, 11(1):97p.

Zargari A., Hoseini S.M. 2019. 'Effects of safflower (*Carthamus tinctorius*) extract administration on hematology parameters in two different solvent (ethanol and normal saline) via intra peritoneal injection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)', Utilization and Cultivation of Aquatics, 8(2):61-72.

Zhang Y., Yang P., Sun H., Hou Y., Zhang Y., Liu H. 2023. Evaluation of extruded full-fat soybean as the substitution for fish meal in diets for juvenile *Scophthalmus maximus* based on growth performance, intestinal microbiota, and aquaculture water quality. Aquaculture, 562:738-734.

نحوه استناد به این مقاله:

زرگری ا.، مازندرانی م.، صفری ر.، حسینی‌فر س.ح.، هدایتی ع.ا. تأثیر افزودن مکمل خوراکی CoQ_{10} بر شاخص‌های رشد، خون‌شناسی، ترکیب لاشه و مقاومت به تنش آمونیاک در بچه ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*). نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی دانشگاه گنبدکاووس. ۱۴۰۲، ۷۴-۶۵ :(۲)۱۱ .

Zargari A., Mazandarani M., Safari R., Hoseinifar S.H., Hedayati A.A. Effects of Adding Oral CoQ_{10} Supplement on Growth & Hematology Indices, Carcass Composition & Resistance to Ammonia Stress in Rainbow Trout Juveniles (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2023, 11(2): 65-74.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-05]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.65]

Effects of Adding Oral CoQ_{10} Supplement on Growth & Hematology Indices, Carcass Composition & Resistance to Ammonia Stress in Rainbow Trout Juveniles (*Oncorhynchus mykiss*)

Zargari A[1]., Mazandarani M[2*]., Safari R[3]., Hoseinifar S.H[3]., Hedayati A.A[4].

[1] Ph.D. Student in Fisheries, Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

[2] Associate Prof., Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

[3] Associate Prof., Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

[4] Prof., of Marine Biology, Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Type:

Original Research Paper

https://doi.org/10.22034/jair.11.2.65

Paper History:

Received: 12-04-2023
Accepted: 26-06- 2023

Corresponding author:

Mazandarani M. Associate Prof., Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Email: mazandarani57@gmail.com

Abstract

Since aquaculture is directly related to human food and water resources, we need to use new techniques to realize sustainable aquaculture. One proposed solution to achieve sustainable aquaculture is to increase the density and improve the diet of farmed fish. The present study investigates the effect of coenzyme Q_{10} (CoQ_{10}) in the diet on the growth, carcass composition, and ammonia stress of rainbow trout Juveniles. To this end, fish were fed diets containing zero, 0.1, 0.5, and 1% CoQ_{10} levels for two months. At the end of the breeding period, growth and hematology indicators were calculated, and the carcass composition was analyzed. Ammonia stress was induced at a concentration of 0.6 mg/liter at the end of the study. The findings reveal that adding 1% CoQ_{10} to the diet before stress leads to increased growth, reduced carcass fat, and increased white blood cell count. Additionally, after ammonia stress, CoQ_{10} creates resistance in fish, resulting in significantly reduced losses. In general, it can be concluded that CoQ_{10} can be effectively used in aquaculture to increase growth and improve the ability to tolerate stressful conditions, particularly those caused by an increase in ammonia levels. Furthermore, CoQ_{10} can be utilized during dense and ultra-dense breeding to enhance growth and increase tolerance to stressful conditions, such as an increase in ammonia levels. As a result, CoQ_{10} can be used in breeding farms to significantly reduce losses by preventing damage to blood cells and maintaining the oxygenation process.

Keywords: Stress, Ubiquinone, Coenzyme, Blood Indices, Losses Reduction, Carcass Analysis, Sustainable Aquaculture.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-05]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.65]