اثر متقابل سطوح ویتامین C و تغییرات اکسیژنی و دمایی روی کورتیزول و گلوکز خون تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*)

یعقوب پورغلام[۱]، حسین خارا*[۲]، محمود محسنی[۳]

۱- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، صندوق پستی: ۱۶۱۶

۲- گروه شیلات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، ایران، صندوق پستی: ۱۶۱۶

۳- موسسه تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران، صندوق پستی: ۳۴۶۴-۴۱۶۳۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۶/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۹

چکیده

ویتامین‌ها ترکیبات آلی پیچیده‌ای هستند، که اهمیت حیاتی برای ماهیان داشته و کمبود آنها باعث اختلالات شدید در بدن می گردد. در این بررسی سطوح مختلف ویتامینC از نوع ال- آسکوربیل-۲- پلی فسفات شامل: فاقد ویتامینC (تیمار۱)، ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ویتامینC (تیمار۲)، ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ویتامینC (تیمار۳)، ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ویتامینC (تیمار۴)، ۸۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ویتامینC (تیمار۵) و ۱۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ویتامینC (تیمار۶) در سه تکرار و به مدت ۸ هفته جهت پرورش بچه تاسماهی سیبری در نظر گرفته شد. در ادامه برای انجام آزمایشات تنش اکسیژنی و دمایی از هر تیمار ۱۸ ماهی به طور تصادفی بعد از پلاک‌زنی به داخل آکواریوم‌های مجزا منتقل شدند. بعد از مدت ۴ ساعت قرارگیری در حالت تنش اکسیژنی (هیپوکسی به مقدار ۱/۵-۱میلی‌گرم بر لیتر، نرموکسی۸-۷ میلی-گرم بر لیتر، هیپراکسی ۲۰-۱۹ میلی‌گرم بر لیتر) و تنش دمایی (دمای پایین ۱۱-۱۰ درجه سانتی‌گراد، دمای نرمال ۲۴-۲۲ درجه سانتی‌گراد و دمای بالا ۳۱-۳۰ درجه سانتی‌گراد) از ماهیان جهت تعیین أثرات استرس بر سطوح کورتیزول و گلوکز از آنها خونگیری بعمل آمد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطوح مختلف ویتامینC بر سطوح کورتیزول در شرایط مختلف دمایی و اکسیژنی مشاهده نگردید ($P>0/05$). اما با افزایش مقدار ویتامینC در تمامی تیمارها سطوح کورتیزول در شرایط تنش در خون ماهی کاهش یافت اما اختلاف معنی‌داری دیده نشد. سطوح گلوکز بجز در تنش اکسیژنی بالا که اختلاف معنی‌داری را در سطوح مختلف ویتامین C از خود نشان داد ($P<0/05$)، در باقی حالات تنش‌زا، فاقد اختلاف معنی‌دار بود ($P>0/05$). ولی با افزایش سطوح ویتامینC نسبت به گروه شاهد مشاهده گردید که مقدار کمتری گلوکز مصرف شده است و این نتایج بیانگر این موضوع می‌باشند که با افزایش مقدار ویتامینC نسبت به گروه شاهد ماهیان مقاومت بهتری را در مقابل شرایط تنش از خود نشان دادند. با استناد به این نتایج می‌توان بیان نمود که مقادیر بالای ویتامینC می‌تواند در کاهش اثرات سوء استرس در بچه تاسماهی سیبری، نقش مثبتی را ایفاء نماید.

کلمات کلیدی: استرس، گلوکز، کورتیزول، ویتامینC، تاسماهی سیبری.

* عهده‌دار مکاتبات (✉). h.khara1974@yahoo.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.10.3]

مقدمه

صنعت آبزی پروری از صنایع مهم در حال توسعه بوده و هرساله بر میزان تولیدات آبزی پروری در دنیا افزوده می‌شود. به طور معمول آبزیان در محیط‌های بسته همچون استخرهای خاکی، بتونی، قفس‌ها و یا فایبرگلاس پرورش داده می‌شوند و سعی در بالا بردن تراکم آبزیان در واحد سطح در واحد سطح، یکی از مهمترین علل پیشرفت و افزایش تولید این صنعت است. بی شک بالا بودن تراکم پرورش اثر معکوسی بر وضع سلامت و بهداشتی ماهی خواهد گذاشت و این وضعیت سبب ایجاد شرایط نامناسب و استرس‌زا و نیز افزایش حساسیت ماهی به عوامل بیماری‌زا می‌شود. بنابراین، می‌توان با اتخاذ شیوه‌هایی بقاء و رشد مناسب ماهیان را در چنین شرایطی حفظ کرد و استفاده از مواد محرک ایمنی در جیره غذایی می‌تواند مقاومت در برابر بیماری‌های عفونی را با تقویت سیستم ایمنی غیر اختصاصی ماهی افزایش دهد (Grutter *et al*., 2000). ویتامین‌ها مهمترین مواد مغذی هستند که سیستم ایمنی ماهی را تحریک می‌کنند و ویتامینC به عنوان یک ماده مغذی ضروری در آبزی پروری مطرح است که برای حفظ فیزیولوژی از قبیل رشد نرمال، ایمنی بدن و تکثیر جانوران مختلف از قبیل ماهی مورد نیاز است (Ellis *et al*., 2002 ;Cataldi *et al*., 1998). این ویتامین محلول در آب است و به عنوان یک آنتی اکسیدان عمل می‌کند. اغلب ماهیان به دلیل فقدان آنزیم ال-گلونولاکتون قادر به بیوسنتز این ویتامین نیستند، بنابراین، به مقدار کافی باید در جیره غذایی وجود داشته باشد (Billard *et al*., 2001). مطالعات نشان داده است که ویتامینC از تأثیرات منفی استرس جلوگیری می‌کند و نقش حفاظتی این ویتامین در برابر استرس می‌تواند به دلیل جلوگیری از تبدیل اسیدهای چرب غیر اشباع به استرهای کلسترول باشد که ترکیب مهمی در ساخت کورتیزول هستند و به این طریق از افزایش کورتیزول در بدن جلوگیری می‌کند (Dabrowska *et al*., 1991). مطالعات نشان داده است که ویتامینC می‌تواند باعث افزایش مقاومت ماهی در برابر تنش‌های محیطی گردد. تحقیقات همچنین نشان داده است که ویتامینC بر روی پارامترهای خونی مؤثر است (Hazon *et al*., 1997 ;Barton *et al*., 1991، Keefe, 2001).

هدف از این مطالعه بررسی اثرات سطوح مختلف ویتامینC بر سطوح شاخص‌های گلوکز و کورتیزول بچه تاسماهی سیبری در شرایط تنش اکسیژنی و دمایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به مدت ۸ هفته در موسسه تحقیقات ماهیان خاویاری دریای خزر انجام شد. در این تحقیق ۶ جیره آزمایشی یکسان ولی حاوی سطوح مختلف ویتامینC، ۰mg/kg (تیمار۱=شاهد)، ۱۰۰mg/kg (تیمار۲)، ۲۰۰mg/kg (تیمار۳)، ۴۰۰mg/kg (تیمار۴)، ۸۰۰mg/kg (تیمار۵)، ۱۶۰۰ mg/kg (تیمار۶) تهیه گردید. تعداد ۳۶۰ قطعه بچه تاسماهی سیبری با وزن متوسط ۱/۶۶±۲۹/۸ گرم و متوسط طول ۸/۸ ±۳۳/۰۸ سانتی‌متر انتخاب و به ۱۸ عدد تانک با حجم آبی ۵۰۰ لیتر معرفی شدند. در هر وان ۲۰ عدد ماهی رهاسازی گردید.

پس از انجام زیست سنجی و با انجام محاسبات آماری مشخص شد که هیچگونه اختلاف معنی داری از نظر وزن و طول بین ماهیان وجود ندارد. ماهیان جهت سازگاری با شرایط جدید محیطی (اکسیژن، دما و pH)

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.10.3]

به مدت ۱۵ روز با غذای کنسانتره متداول مورد استفاده برای تغذیه ماهیان خاویاری تغذیه شدند. این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی(Completely Randomized Design) انجام گرفت. جهت تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزارSPSS17 استفاده شد. ابتدا آزمون همگنی گروه ها با آزمونKolmogornov- Smirnov انجام و سپس با توجه به همگن بودن داده ها برای مقایسه میانگین بین تیمارها از آنالیز واریانس یک طرفه (One–Way ANOVA) و برای جداسازی گروه های همگن از آزمونLSD استفاده شد. اختلاف بین میانگین ها در تیمارهای مختلف در سطح احتمال ۵ ٪ تعیین گردید.

برای تعیین توده زنده هریک از وان‌ها هر ۱۵ روز یکبار ۱۰۰ درصد ماهیان هر وان با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم توزین و با دقت میلیمتر طول آنها در فرم‌های مخصوص ثبت شدند. ۲۴ قبل از زیست سنجی تغذیه قطع می‌شد. برای ساخت غذا ابتدا ترکیبات جیره به صورت کاملاً آرد درآمده و به مدت ۲۰ دقیقه توسط دستگاه میکسر با یکدیگر مخلوط شدند. سپس به مخلوط حاصل نمک، مخلوط ویتامینی، مکمل ویتامینی و ویتامینC از نوع ال- اسکوربیل-۲- پلی فسفات (ساخت شرکت Science) با خلوص ۹۶ درصد اضافه شده و به مدت ۱۵ دقیقه با یکدیگر مخلوط شدند. با استفاده از دستگاه چرخ گوشت به صورت پلت‌هایی با طول ۸ میلیمتر و قطر ۲ میلیمتر تهیه شدند. غذادهی به میزان ۲ درصد وزن توده زنده، بصورت دستی و در سه نوبت در ساعات (Bayunova *et al*., 2002 ;Ellis *et al*., 2002 ;Keefe, 2001) انجام شد. جیره با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شده و در سطح وان‌ها توزیع گردید.

جدول۱: ترکیبات جیره های غذایی مورد استفاده در آزمایش

	جیره					
ترکیبات جیره	۱	۲	۳	۴	۵	۶
آرد ماهی (٪)	۵۴	۵۴	۵۴	۵۴	۵۴	۵۴
آرد گندم (٪)	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸
شیر خشک (٪)	۵	۵	۵	۵	۵	۵
کنجاله سویا (٪)	۸	۸	۸	۸	۸	۸
روغن ماهی(٪)	۴	۴	۴	۴	۴	۴
گلوتن ذرت (٪)	۵	۵	۵	۵	۵	۵
مخمر (٪)	۳	۳	۳	۳	۳	۳
مخلوط مواد معدنی* (٪)	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳
مخلوط مواد ویتامینی* (٪)	۱/۷	۱/۷	۱/۷	۱/۷	۱/۷	۱/۷
B9 (میلی گرم در کیلوگرم)	۰	۱/۵	۳/۵	۵/۵	۳/۵	۰
Vit C* (میلی گرم در کیلوگرم)	۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰

*مخلوط مواد معدنی(هر گرم شامل) : Iron, 5 mg ; Zinc, 15mg ; Copper, 3 mg ; Manganese, 20 mg ; Calcium lactate, 327 mg ; Nacl, 43. 5 mg ; Potassium Iodate, 0. 3 mg

* مخلوط مواد ویتامینی (هرگرم شامل) : Vitamin A , 5000 I. U ; Vitamin D_3 , 500 I. U; Vitamin E , 3 mg; Vitamin K_3 , 1. 5 mg ; Vitamin B_2 , 1 mg ; Ca. pantothenate , 4 mg ; Vitamin B_3 , 15 mg , Vitamin B_6 , 0. 3 mg.

* ویتامین C : stay-C ساخت شرکت Science. ال-اسکوربیل-۲- پلی فسفات.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.10.3]

در پایان هفته هشتم پرورش برای انجام آزمایشات تنش اکسیژنی و دمایی تعداد ۱۰۸ ماهی از کل تیمارها (از هر تیمار ۱۸ ماهی) یا به عبارت دیگر برای هر تنش از هر تکرار یک ماهی از مجموع ۶ تیمار به طور تصادفی بعد از پلاک زنی به داخل آکواریوم‌های مجزا انتقال داده شد. جهت افزایش اکسیژن از کپسول هوا و برای افزایش دمای آب از بخاری مخصوص آکواریوم و برای کاهش دمای آب از قطعه‌های یخ استفاده گردید و برای حالت نرمال اکسیژن و دما نیز مبنا بر اساس میانگین دما و اکسیژن طول دوره پرورش در نظر گرفته شد.

برای تیمارهای اکسیژنی، هیپوکسی به مقدار ۱/۵-۱ میلی‌گرم بر لیتر، نرموکسی۸-۷ میلی‌گرم برلیتر، هیپراکسی ۲۰-۱۹ میلی‌گرم بر لیتر و برای تنظیم تیمارهای حرارتی، دمای پایین ۱۱-۱۰ درجه سانتی-گراد، دمای نرمال ۲۴-۲۲ درجه سانتی گراد و دمای بالا ۳۱-۳۰ درجه سانتی گراد تنظیم شد (Bayunova *et al.*, 2002). طول مدت تنش‌های ایجاد شده ۴ ساعت بوده که یک ساعت نخست آن برای رساندن به دما و اکسیژن مورد نظر صرف گردید (باقرزاده لاکانی، ۱۳۹۱). پس از پایان آزمایش از ماهیان خونگیری جهت تعیین سطوح کورتیزول و گلوکز بعمل آمد جدا سازی سرم از خون توسط سانتریفیوژ (مدل Labofuge 200 شرکت Heraeus sepatch ساخت آلمان) به مدت ۵ دقیقه در ۷۰۰۰ دور انجام گرفت. مقادیر هورمون کورتیزول با روش رایوایمنوایسی (RIA) Radioimmunoassay با استفاده از دستگاه گاماکانتر مدلLKB ساخت فنلاند و بکارگیری کیت هورمونی Immunotech (ساخت فرانسه) و بر حسب نانو گرم در میلی لیتر اندازه گیری گردید. اندازه گیری گلوکز با روش آنزیماتیک GOD-POD انجام گرفت. بدین منظور از دستگاه اتوآنالایزر مدل-RA 1000 شرکت Technicon (ساخت آمریکا) و کیت های من (ایران) جهت سنجش میزان گلوکز برحسب میلی گرم در دسی لیتر استفاده شد.

نتایج

مقایسه سطوح گلوکز و کورتیزول در شرایط استرس‌های افزایش و کاهش اکسیژن:

بر اساس آزمون تجزیه واریانس یکطرفه و آزمون دانکن به منظور مقایسه میزان گلوکز و کورتیزول خون ماهیان بین تیمارها در استرس های افزایش و کاهش اکسیژن اختلاف معنی داری در سطوح کورتیزول مشاهده نشد ($P>0/05$).

اما با کاهش اکسیژن اختلاف معنی داری در سطوح گلوگز خون ماهیان مشاهده گردید به گونه‌ای که کمترین میزان گلوگز در خون ماهیان تغذیه شده از تیمار ۲ حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ویتامینC و بیشترین آن در تیمار ۴ حاوی ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ویتامین C مشاهده گردید (جدول۲).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.10.3]

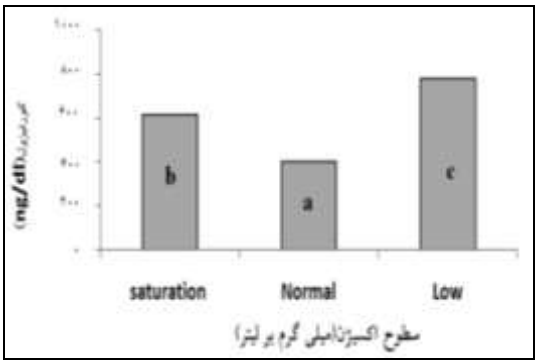
جدول۲: میانگین سطوح گلوکز و کورتیزول سرم خون ماهیان در استرس‌های افزایش و کاهش اکسیژن در تیمارهای مختلف

فاکتور	تیمار	Vitamin C (mg/kg)	افزایش اکسیژن(۲۰-۱۹میلی گرم بر لیتر)	کاهش اکسیژن(۱/۱۵- ۱میلی گرم بر لیتر)
	۱ (شاهد)	۰	۲۷/۵±۰/۷^{a}	۲۱/۵±۰/۷^{ab}
	۲	۱۰۰	۲۴±۱۸/۳۸^{a}	۲/۵±۰/۷۷^{b}
گلوکز	۳	۲۰۰	۲۸/۵±۶/۳۶^{a}	۵۱±۴۳/۸^{ab}
(mg/dl)	۴	۴۰۰	۲۶/۵±۶/۳۶^{a}	۱۲/۵±۳/۲۴^{ab}
	۵	۸۰۰	۳۹±۱۲/۷^{a}	۵۶±۴/۳۴^{a}
	۶	۱۶۰۰	۲۱/۵±۱۴/۸۷^{a}	۱۵/۵±۱۲/۰۲^{ab}
فاکتور	تیمار	Vitamin C (mg/kg)	افزایش اکسیژن(۲۰-۱۹میلی گرم بر لیتر)	کاهش اکسیژن(۱/۱۵- ۱میلی گرم بر لیتر)
	۱ (شاهد)	۰	۷۳۵±۴۶^{a}	۷۹۲/۵±۱۳/ ۴^{a}
	۲	۱۰۰	۶۱۰/۵±۲۳/۳۳^{a}	۷۴۲±۲۳/۶^{a}
کورتیزول	۳	۲۰۰	۶۴۵±۱۴۷^{a}	۸۵۱±۵/۷^{a}
(ng/dl)	۴	۴۰۰	۳۵۵±۳۲^{a}	۷۶۰±۲۰/۵^{a}
	۵	۸۰۰	۶۴۸±۳۹^{a}	۷۳۸±۷۶/۳۶^{a}
	۶	۱۶۰۰	۷۰۰/۵±۳/۵^{a}	۷۷۵±۲/۶۲^{a}

اعداد با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).

مقایسه میانگین کورتیزول در سطوح مختلف اکسیژن

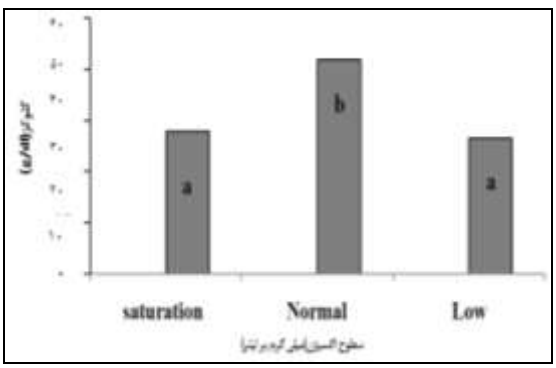
با توجه به آزمون آنالیز واریانس یکطرفه، بین سطوح مختلف اکسیژن مورد بررسی از نظر میزان کورتیزول اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید و بر اساس آزمون دانکن مشخص شد که بین غلظت‌های مختلف ویتامین C اختلاف وجود دارد (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین کورتیزول بین سطوح مختلف اکسیژن

مقایسه میانگین گلوکز در سطوح مختلف اکسیژن

با توجه به آزمون آنالیز واریانس یکطرفه، بین سطوح مختلف اکسیژن مورد بررسی از نظر میزان گلوکز اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نگردید. اما بر اساس آزمون دانکن مشخص شد که سطح نرمال با سایر سطوح از نظر میزان گلوکز اختلاف دارد (شکل ۲).



شکل ۲- مقایسه میانگین گلوکز بین سطوح مختلف اکسیژن

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.10.3]

سطوح گلوکز و کورتیزول در شرایط استرس‌های افزایش و کاهش دما

بر اساس آزمون تجزیه واریانس یکطرفه و آزمون دانکن به منظور مقایسه میزان گلوکز و کورتیزول خون ماهیان بین تیمارها در استرس‌های افزایش و کاهش دما اختلاف معنی‌دار در سطوح گلوگز و کورتیزول مشاهده نشد (P>۰/۰۵). هر چند که بیشترین میزان گلوگز در شرایط استرس دمایی بالا در تیمار ۴ حاوی ۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ویتامین C و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده گردید، اما با کاهش دما بیشترین میزان گلوگز در تیمار ۶ حاوی ۱۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ویتامین C به مقدار ۱۹/۰۹±۵۵/۵ گرم در دسی‌لیتر و کمترین آن متعلق به تیمار۲ حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ویتامینC به مقدار ۱۵/۵±۴۰ گرم در دسی لیتر بود.

همچنین در استرس دمایی بالا بیشترین میزان کورتیزول در تیمار۲ حاوی۱۰۰ میلیگرم در کیلوگرم ویتامینC به میزان ۱۵/۵۵±۷۴۸ نانوگرم در میلی‌لیتر و کمترین آن در تیمار۳ حاوی۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ویتامینC به میزان ۹/۱۹±۷۱۳ نانوگرم در میلی‌لیتر مشاهده شد.

در استرس دمای پایین بیشترین میزان کورتیزول در تیمار ۵ حاوی ۸۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ویتامینC به میزان ۳۵/۳۵±۷۶۱ نانوگرم در میلی‌لیتر و کمترین آن در تیمار ۶ حاوی ۱۶۰۰ میلیگرم در کیلوگرم ویتامین C به مقدار ۸۵/۵۵±۷۰۰ مشاهده شد.

جدول۳- میانگین میزان سطوح گلوکز سرم خون ماهیان در شاهد و تیمار های مختلف

فاکتور	تیمار	Vitamin C (mg/kg)	افزایش دما(۳۱-۳۰ درجه سانتی گراد)	کاهش دما(۱۱-۱۰ درجه سانتی گراد)
گلوکز (g/dl)		۰	۱۳/۵±۴/۸[a]	۴۴±۲۸/۲۸[a]
		۱۰۰	۲۲±۱۳/۸[a]	۴۰±۱۵/۵[a]
		۲۰۰	۲۱±۶/۳۴[a]	۳۲/۵±۱۷/۶۸[a]
		۴۰۰	۲۴±۱۶/۹۷[a]	۵۳/۵±۶/۳۶[a]
		۸۰۰	۱۷/۵±۱۶/۲۶[a]	۴۸/۵±۳۱/۸[a]
		۱۶۰۰	۲۱±۱۲/۷۳[a]	۵۵/۵±۱۹/۰۹[a]
فاکتور	تیمار	Vitamin C (mg/kg)	افزایش دما(۳۱-۳۰ درجه سانتی گراد)	کاهش دما(۱۱-۱۰ درجه سانتی گراد)
کورتیزول (ng/ml)		۰	۷۳۳±۶۹/ ۶۲[a]	۷۲۷±۲۳/ ۳۳[a]
		۱۰۰	۷۴۸±۱۵/۵۵[a]	۷۲۴±۹۷/۵۸[a]
		۲۰۰	۷۱۳±۹/۱۹[a]	۷۰۱±۱۱۴/۵۵[a]
		۴۰۰	۷۳۰±۱۳۸/۵۹[a]	۷۵۳±۲/۸۲[a]
		۸۰۰	۷۳۲/۵±۱۲۳/۷۴[a]	۷۶۱±۳۵/۳۵[a]
		۱۶۰۰	۷۴۴±۳۸/۱۸[a]	۷۰۰±۸۵/۵۵[a]

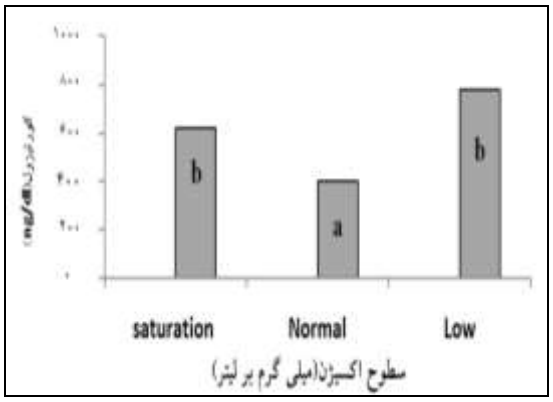
اعداد با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی دار هستند (P<۰/۰۵).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.10.3]

مقایسه میانگین کورتیزول بین سطوح مختلف دما

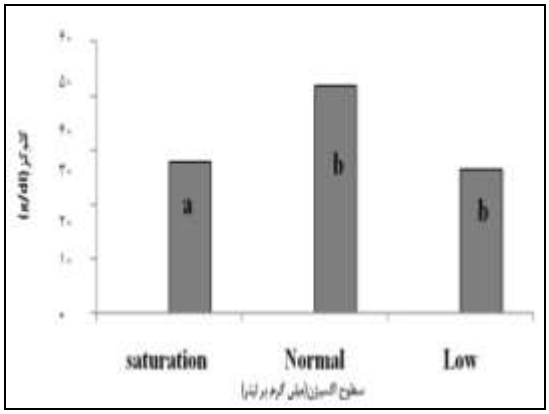
با توجه به آزمون آنالیز واریانس یکطرفه، بین سطوح مختلف دما مورد بررسی از نظر میزان کورتیزول اختلاف معنی دار مشاهده شد و بر اساس آزمون دانکن مشخص گردید که سطح نرمال با سایر سطوح از نظر میزان کورتیزول اختلاف دارد (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین کورتیزول بین سطوح مختلف دما

مقایسه میانگین گلوکز بین سطوح مختلف دما

با توجه به آزمون آنالیز واریانس یکطرفه، بین سطوح مختلف دما مورد بررسی از نظر میزان گلوکز اختلاف معنی دار مشاهده گردید و بر اساس آزمون دانکن مشخص می گردد که دمای بالا با سایر سطوح از نظر میزان گلوکز اختلاف دارد (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین گلوکز بین سطوح مختلف دما

بحث

پرورش ماهی در سیستم های پرورشی و محیط های مصنوعی منجر به قرارگرفتن ماهیان در معرض فاکتورهای استرس زای مختلفی گردیده است که در شرایط طبیعی مشابه این حالت برای آنها ایجاد نمی گردد. از نمونه های این استرس ها می‌توان به نوسانات دما و اکسیژن، مجاورت کوتاه مدت در معرض مواد سمی، حمل و نقل و... اشاره نمود. واکنش جاندار نسبت به این استرس ها نیز بسیار سریع است (Schreck, 1990).

مناسب ترین شاخص های انواع استرس در ماهیان مطالعه توأم کورتیزول وگلوکز سرم خون می باشد (Barton *et al*., 1985). همچنین ثابت شده است که کورتیزول در متابولیسم انرژی، تنظیم یونی و پاسخ به استرس نقش مؤثری داشته و با تحریک پدیده های گلیکولیز و تبدیل اسید لاکتیک به گلوکز در کبد طی پروسه شیمیایی از منابع پروتئین و چربی موجب افزایش گلوکز سرم خون می گردد (Wendelaar Bonga, 1993). تحت شرایط استرس (دستکاری، حمل و نقل و کمبود اکسیژن) ACTH مترشحه از هیپوتالاموس به قسمت قدامی کلیه وارد و با تحریک سلول های بین کلیوی سبب ترشح کورتیزول شده و در نهایت سبب افزایش کورتیزول موجود در خون می شود (Kubilay *et al*., 2002; Mc Cormic *et al*., 2001; Schreck *et al*., 2003).

از سوی دیگر مطالعات نشان داده است که ویتامین Cمی توانند در ماهی به عنوان تعدیل کننده های پاسخ های استرس ایفای نقش کنند(Kolkovski *et al*., 2000 ; Ortuno *et al*., 2003). اثرات استرس می تواند از طریق استفاده از مکمل های حاوی مقادیر

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.10.3]

بالای ویتامین C در غذای ماهیان کاهش پیدا کند (Kolkovski *et al*., 2000). همچنین هنگامی که یک استرس مزمن (افزایش تراکم، تغییرات دما، کمبود اکسیژن) به ماهیان وارد می شود ماهیان تغذیه شده با سطوح بالاتر ویتامینC یمنی بالاتری از خود نشان داده و در نتیجه کارایی بهتری دارند (Montero *et al*., 1999 ; Tort *et al*., 2004).

گلوکز پلاسما به عنوان یک شاخص مهم در پاسخ به عوامل مختلف استرس حاد یا مزمن مورد توجه قرار می گیرد (Ellis *et al*., 2002). از این رو اندازه گیری میزان گلوکز خون بعد از بروز استرس مشابه کورتیزول فاکتور مناسبی جهت ارزیابی شدت پاسخ های نوروانـدوکرینی در ماهیان محسوب می گردد (Pottinger *et al*., 1999). سطوح گلوکز در هر زمان وابسته به فاکتورهای مختلفی مثل جیرهٔ غذایی، سن، تغذیه و فصل می باشد و از مهم ترین پاسخ های ثانویه در ارتباط با بالارفتن کورتیزول می باشد(Pottinger, 1998). تحت شرایط استرس زا، کاتکول آمین ها با تأثیر برکبد سبب القاء گلیکولیز یا گلیکونئوژنزیز می شوند که این امر منجر به متابولیزه شدن گلوکز شده و در نتیجه میزان گلوکز سرم افزایش می یابد (Rotland *et al*., 1997).

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطوح مختلف ویتامینC بر سطوح کورتیزول در شرایط مختلف دمایی و اکسیژنی مشاهده نگردید (P>۰/۰۵). اما با افزایش مقدار ویتامینC در تمامی تیمارها سطوح کورتیزول در شرایط تنش در خون ماهی کاهش یافت اما اختلاف معنی‌داری دیده نشد. سطوح گلوکز بجز در تنش اکسیژنی بالا که اختلاف معنی‌داری را در سطوح مختلف ویتامین C از خود نشان داد (P<۰/۰۵)، در باقی حالات تنش‌زا، فاقد اختلاف معنی‌دار بود (P>۰/۰۵). ولی با افزایش سطوح ویتامینC نسبت به گروه شاهد مشاهده گردید که مقدار کمتری گلوکز مصرف شده است و این نتایج بیانگر این موضوع می‌باشند که با افزایش مقدار ویتامینC نسبت به گروه شاهد ماهیان مقاومت بهتری را در مقابل شرایط تنش از خود نشان دادند.

تحقیقات انجام شده توسط سایر محققین نیز تایید کننده اثر استرس بر افزایش مقادیر کورتیزول و گلوکز سرم خون بوده است. با بررسی اکوفیزیولوژیک استرس از طریق اثر بر محورهای HPG وHPI سیستم ایمنی و فرایند تولید مثلی تاس ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) دریافتند که استرس های صید، حمل و نقل و نگهداری باعث بالا رفتن هورمون کورتیزول و گلوکز می شود (تاتینا و همکاران، ۱۳۹۰). در گونه های تاسماهیان مقدار استرس در زمان های خاصی بالا رفته و به اوج می رسد و دوباره بعد از گذشت چندین ساعت به حالت اولیه خود بر می گردد (Bayunova *et al*., 2002).

کورتیزول پلاسما در ماهی *Scaphirhynchus albus* و تاس ماهیان هیبرید *Scaphihynchus albus*× *Platohynchus shovelnose* یک ساله طی ۶ ساعت نگهداری در شرایط نامساعد از ۳ نانوگرم در میلی لیتر به ۱۴ نانوگرم در میلی لیتر رسید (Barton *et al*., 2001). همچنین محققین اثرات صید، دستکاری و انتقال به آزمایشگاه را بر روی ماهی *Hemigymnus melapterus* مورد بررسی قرار دادند. آنها اظهار کردند که میانگین کوتیزول در ماهی های خونگیری شده در زیر آب ۳ نانوگرم در میلی لیتر بود اما هنگامی که در معرض صید، دستکاری و انتقال به آزمایشگاه

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.10.3]

قرار گرفتند به ۴۰ نانوگرم در میلی لیتر رسید. آنها مدت زمان این عوامل استرس زا ۴-۲ ساعت بیان نمودند (Grutter *et al*., 2000).

در آزمایشی که بر روی ماهی *Scaphirhynchus albus* و تاس ماهیان هیبرید انجام شده، دریافتند که گلوکز پلاسما ۲۰٪ در تاس ماهیان هیبرید نگهداری شده در شرایط استرس افزایش یافت (Barton *et al*., 2001). در بررسی استرس های بالا و پایین نگهداری بر روی ماهی قزل آلای رنگین کمان بیان شده که در استرس های بالا ۲ ساعت بعد مقدار کورتیزول به می رسد.

در حالی که در استرس های پایین بعد از ۶ ساعت مقدار کورتیزول ۷/۷±۴۳/۲ نانوگرم در میلی لیتر رسید که نشان دهنده این است که استرس های بالا باعث افزایش کورتیزول در ساعت های اولیه می شود و مقدار گلوکز در هر دو نوع استرس بالا بود. در استرس های پایین نگهداری گلوکز پس از ۲۴ ساعت به ۴۴/۵±۳۲۶ میلی گرم در دسی لیتر رسید و مقدار آن در استرس های بالا در این زمان به ۱۳/۲±۱۵۶ میلی گرم در دسی لیتر رسید (Trenzado *et al*., 2003).

در آزاد ماهی ساکای *Oncorhynchus nerka* میزان اولیه گلوکز خون ۱/۳ میلی گرم در میلی لیتر بوده است ولی پس از استرس نگهداری (در شرایط اسارت) به مدت ۳۰ دقیقه به حد ۱۴۲ میلی گرم در میلی لیتر افزایش یافت (Kubokawa *et al*., 1999).

در تحقیقی که بر روی برخی از گونه های خانواده کپور ماهیان و آزاد ماهیان انجام دادند، اعلام نمودند استرس به هر دلیلی در تغییر پارامترهای خونی و سرمی مؤثر می باشد (Wedemeyer *et al*., 2000). در ماهیان خاویاری همانند ماهیان استخوانی، افزایش سطح کورتیزول و گلوکز سرم بعنوان شاخصی در پاسخ به استرس در نظرگرفته می شود (Bayunova *et al*., Blaxhall, 1972 ; 2002).

در مطالعه ای، با تأثیر استرس بر تاسماهی، آدریاتیک (*A. naccarii*) مشخص شد که میزان کورتیزول از ۱۸/۷±۳۲ نانوگرم در میلی لیتر به ۴۳/۸±۴۳ نانوگرم در میلی لیتر در دمای ۱۷ درجه سانتی گراد رسید (Blaxhall, 1972). مطالعه ای بر روی اثر انواع مختلف استرس شامل صید، شنای اجباری و در معرض هوا قرار دادن ماهیان ازون برون و تاسماهی روسی انجام شده و به این نتیجه رسیدند که مقدار کورتیزول پس از قرار دادن در تور به مدت ۱۰-۵ دقیقه به ۶/۰۶±۹۸/۲ نانوگرم در میلی لیتر رسیده و ۳۰ دقیقه بعد این مقدار به ۱۷۱/۲ نانو گرم در میلی لیتر می رسد. این درحالی است که مقدار گلوکز از ۰/۹±۱/۹ به ۴/۵ میلی گرم در دسی لیتر رسید (Bayunova *et al*., 2002).

تحقیقات انجام شده نشان از معنی دار بودن اثر ویتامین C در برخی موارد و بی اثر بودن آنها در موارد دیگر در پاسخ به استرس دارد. با بررسی تاثیر استرس بر روی بچه فیل ماهیان (*Huso huso*) دریافت که کمترین استرس در ماهیانی که با جیره های غذایی حاوی mg/kg ۲۰۰ ویتامین C تغذیه شده بودند مشاهده شد و بیشترین استرس در ماهیان گروه شاهد که فاقد ویتامین C در جیره بودند ملاحظه گردید (فلاحتکار، ۱۳۸۴). محققین با بررسی سطوح مختلف ویتامین C جیره بر روی استرس گرما در ماهیان جوان (*Notemigonus crysoleucas*) بعد از ۱۷ هفته پرورش دریافتند ماهیانی که فاقد ویتامین C در جیرهٔ غذایی خود بودند بقا کمتری بعد از قرارگرفتن در معرض

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.10.3]

استرس دمای آب(°C ۳۷-۳۶) نسبت به آنهایی که با جیره های حاوی مکمل های ویتامین C تغذیه شده بودند، داشتند (Chen *et al*., 2004).

مطالعات نشان داده است که مصرف ویتامینC پاسخ به استرس در ماهی را کاهش می دهد بطوریکه مقادیر پایین نسبت به مقادیر بالای ویتامین نمی تواند از اثرات استرس جلوگیری نماید(Sandens *et al*., 1991).

غلظت کورتیزول سرم عمومی ترین شاخص پذیرفته شده استرس است (Barton *et al*., 1991). برخی محققین عقیده دارند سطوح بالای ویتامینC از بیوسنتز کورتیزول جلوگیری می کند (Wedemerye, 1969).

محققین ثابت کرده اند که استرس نمونه برداری و اسارت می تواند با مکمل های ویتامینC مدیریت شود (Shiau *et al*., 1999 و Woodward, 1994). مشخص شده است که ویتامینC در سنتز کورتیکواستروئیدها نقش دارد. در بسیاری از تحقیقات کاهش اثرات فیزیولوژیک استرس در ماهی با استفاده از سطوح مختلف ویتامینC نشان داده شده است (Li *et al* ., 1999). نقش تغذیه با سطوح بالای این ویتامین در کاهش اثر استرس اینگونه می تواند توصیف گردد که هورمون های استرس توسط سلول های اینترنال و کرومافین با همراهی مصرف بالای ویتامینC رها می شوند. بنابراین با تغذیه از سطوح بالای ویتامینC ذخیره بافتی این ماده قادر است سطح مناسب تغییرات هورمونی را فراهم کرده، عوامل درگیر در سیستم ایمنی ماهی را حفظ کرده و به ماهی اجازه رشد در شرایط مطلوب را بدهد. در شرایط استرس، مصرف ویتامینC در غده آدرنال و دیگر بافت ها افزایش یافته وغلظت ویتامینC در پلاسمای خون بطور موقت در بسیاری از شرایط استرس پایین می آید چرا که در مواقع استرس بعلت افزایش مصرف ویتامینC سرعت تبدیل آن به اگزالات افزایش می یابد. همچنین مشخص گردیده استفاده از ویتامینC باعث افزایش غلظت پلاسمایی آن و بهبود مصرف گلوکز کل بدن به واسطه ارتقای متابولیسم غیر اکسیداتیو گلوکز می گردد. مکان های اولیه عملکرد کورتیزول در آبشش ها و اپیتلیال روده می باشد که گیرنده ویژه در این بافت ها قرار دارند (Hazon *et al*., 1997). لذا وجود ویتامین ها در جیره و امکان جذب آنها از طریق روده می تواند در کاهش اثرات استرس مؤثر باشد. با توجه و به نتایج محققین مختلف و تاثیر سطوح بالای ویتامین C در کاهش اثرات استرس، استفاده از این سطوح ویتامینی با توجه به نقش اثبات شده ویتامینC می تواند موثر باشد.

تاسماهیان آنچنان که ماهیان استخوانی در معرض استرس هستند این ماهیان قدیمی زیاد تحت تأثیر استرس قرار نمی گیرند و پاسخ های اولیه و ثانویه استرس در ماهیان خاویاری در مقایسه با دیگر گونه های ماهیان استخوانی مقدار کمتری را نشان می دهد (Keiffer, 2000). این پاسخ ها ناشی از طراحی فیزیولوژیک خوب (نداشتن محدودیت بی هوازی)، تاریخچه زندگی(شکارچی‌های طبیعی) (Barton *et al*., 2001 و Keiffer, 2000) یا مشخصات مورفولوژیکی (پوشش خوب و محکم) (Billard *et al*., 2001) هستند.

بنابراین آبزی پروری متراکم نیازمند مدیریت دقیق محیط پرورشی است و درک کامل فیزیولوژی ماهی نیز اثرات زیان آور استرس را به حداقل می رساند.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.10.3]

استرس های تحمیل شده به ماهی از طریق آب، غذا، میکروارگانیسم ها و سایر عوامل منجر به تغییرات در تعادل اسمزی، توانایی خون در انتقال اکسیژن، هضم و جذب، سیستم عصبی و هورمونی ماهیان می شود که در نهایت منجر به کاهش مقاومت ماهی نسبت به عوامل عفونی و مرگ و میر ماهیان می شود. استفاده از ویتامین ها خصوصاً ویتامینC که نقش بسیار مهم و ضروری آن در کاهش اثر استرس اثبات شده است می تواند در صورت کاربرد در جیره غذایی آبزیان پرورشی در شرایط مصنوعی از اثرات مضر استرس بکاهد.

سپاسگزاری

لازم می‌دانیم مراتب قدردانی و سپاس خود را از آقای دکتر مسعود فرخ روز، همسر گرامی‌ام و سایر عزیزانی که نقشی در این تحقیق داشته‌اند ابراز دارم چرا که بدون یاری آنها امکان انجام این تحقیق میسر نبود.

منابع

۱. باقرزاده لاکانی، ف، ستاری، م، یزدانی ساداتی، م، ع، کاظمی، ر، ا، جعفرزاده، ا، ۱۳۹۱. اثرات سطوح مختلف اکسیژن بر رشد و ترکیب عضله در دو گروه وزنی از فیل ماهیان. مجله علوم و فنون دریایی. شماره ۴. ۱۲ صفحه.

۲. تاتینا، م، طاعتی، ر، بهمنی، م، سلطانی، م، قریب خانی، م، ۱۳۹۰. اثر استرس حاد بر نوسانات کورتیزول و گلوکز ماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف ویتامین C و E، مجله ابزیان و شیلات، سال دوم، شماره۸، ۱۱صفحه.

۳. فلاحتکار، ب.، ۱۳۸۴. اثرات ویتامینC جیره بر برخی شاخص های هماتولوژیک، بیوشیمیایی و رشد در فیل ماهی (*Huso huso*). رساله دکتری شیلات دانشگاه تربیت مدرس. ۸۴ صفحه.

4. Barton, B. A. Weiner, C. S. Schreck, G. S., 1985. Effect of prior acid exposure on physiological responses of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* to acute handlingstress. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 42: 410-417.
5. Barton, B. A., Iwama, G. K., 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. Annual Review of Fish Diseases. 1: 3-26.
6. Barton, B. A. Bolling, H. Hauskins, B. L. Jansen, R., 2001. Juvenile pallid (*Scaphirhynchus albus*) and hybrid pallid×shovelnose (*S. albus×platorynchuse*) sturgeon exhibit low physiological; responses to acute handling and severe confinement. Comparative Biochemistry and Physiology. 126:125-134.
7. Bayunova, L., Barannikova, I. and Semenkova, T., 2002. Sturgeon stress reactions in aquaculture. Journal of Applied Ichthyology. 18: 397-404.
8. Billard, R. and Lecointre, C., 2001. Biology and conservation of sturgeon and paddlefish. Review in Fish Biology and Fisheries. 10: 355-392.
9. Blaxhall, P. C., 1972. The hematological assessment of the health of freshwater fish. Review of selected literature. Journal of Fish Biology. 4: 593-604.
10. Cataldi, E. Di Marco, P. Mandich, A. Cataudella, S., 1998. Serum parameters ofAdriatic sturgeon *Acipender naccarii* (Pisces: Acipenseriformes) effects of temperatureand stress. Comparative Biochemistry and Physiology. 121: 351-354.
11. Chen, R. Lochmann, R. Goodwin, A. Praveen, K. Dabrowski, K. and Lee, K. J., 2004. Effects of dietary vitamins C and E on alternative complement activity, hematology, tissue composition, vitamin

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.10.3]

concentrations and response to heat stress in juvenile golden shiner (*Notemigonus crysoleucas*). Aquaculture. 242: 553–569.
12. Dabrowska, H. K., Dabrowski, K. Meyer-Burgdorff, W. H. and Gunter, K. D., 1991. The effect of large doses of vitamin C and magnesium on stress responses in common carp (*Cyprinus carpio*). Comparative Biochemistry and Physiology 99: 681–685.
13. Ellis, T. North, B. Scott, A. Bromage, N. R. Porter, M. and Gad, D., 2002. The relationship between staking density and the welfare of farmed rainbow trout. Journal of Fish Biology. 6: 493-531.
14. Grutter, A. S. and Pankhurst, N. J., 2000. The effects of capture, handling, confinement and ectoparasite load on plasma levels of cortisol, glucose and lactate in the coral reef fish *Hemigymnus melapterus*. Journal of Fish Biology. 57: 391-401.
15. Hazon, N. and Balment, R. J., 1997. Endocrinology. In: Evans, D. H. (ed), The Physiology of Fishes. CRC Press. pp: 441-463.
16. Keiffer, J. D., 2000. Limits to exhaustive exercise in fish comparative biochemistry and physiology. 126: 161-179.
17. Keefe, T., 2001. Ascorbic acid and stable ascorbate esters as sources of vitamin C in Aquaculture Feeds. ASA Technical Bulletin. 48:1-9.
18. Kolkovski, S., Czesny, S. Yackey, C. Moreau, R. Cihla, F. Mahan D. and Dabrowski, K., 2000. The effect of vitamins C and E in (n-3) highly unsaturated fatty acidsenriched Artemia nauplii on growth, survival, and stress resistance of fresh water walleye *Stizostedion vitreum* larvae. Aquaculture Nutrition. 6: 199–206.
19. Kubilay, A. and Vlukay, G., 2002. The effect of acute stress on rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Turkish Journal of Zoology. 26: 249-254.
20. Kubokawa, K. Watanabe, T. Yoshioka, M. and Iwata, M., 1999. Effects of acute stress on plasma cortisol, sex steroid hormone and glucose levels in male and female sockeye salmon during the breeding season. Aquaculture. 172: 335-349.
21. Li, M. H. and Robinson, E. H., 1999. Dietary ascorbic acid requirement for growth and health in fish. Journal of Applied Aquaculture. 9 (2):53-79.
22. Mc Cormic, S. D. Odea, M. F. Moeckel, M. A. and Bjornsson, B. T., 2003. Endocrine and physiological changes in Atlantic salmon smolts following hatchery release. Aquaculture. 222:45-57.
23. Montero, D., Marrero, M., Izquierdo, M. S., Robaina, L., Vergara, J. M. and Tort, L., 1999. Effect of vitamin E and C dietary supplementation on some immune parameters of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles subjected to crowding stress. Aquaculture. 171: 269–278.
24. Ortuno, J., Esteban, M. A. and Meseguer, J., 2003. The effect of dietary intake of vitamins C and E on the stress response of Gilthead Sea bream (*Sparus aurata*). Fish and Shellfish Immunology. 14: 145–156.
25. Peterson, D. Vecsei P. and Hochleithner, M., 2006. Threatened fishes of the world: *Acipenser ruthenus Linnaeus*, 1758 (Acipenseridae). Environmental of Biology Fishes. 43:223-225.
26. Pottinger, T. G., 1998. Changes in blood cortisol, glucose and lactate in carp retained in angler keepnets. Journal of Fish Biology. 53: 728 – 742.
27. Pottinger, T. G. and Carrick, T. R., 1999. A comparison of plasma glucose and plasma cortisol as selection markers for high and low stress responsiveness in female rainbow trout. Aquaculture. 175: 351-363.
28. Rivers, J. M., 1987. Safety of high level of vitamin C ingestion. Annals of New York Academic of Sciences. 498: 445 – 453.
29. Rotland, J. and Tort, L., 1997. Cortisol and glucose responses after acute stress by net handling in the sparid red oorgy previously subjected to crowding stress. Journal of Fish Biology. 51: 21-28.
30. Sandens, K., Waagbo, R., 1991. Effects of dietary vitamin C and physical stress on head kidney and liver ascorbic acid, serum cortisol, glucose and hematology in Atlantic salmon (*Salmo salar)*. Fisk. Dir. Skr. Ser. Emaring. 1: 41 – 49.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.10.3]

31. Schreck, C. B., 1990. In: Adams, S. M (ed) Biological indicators of stress in fish. American Fisheries Symposium & Bethesda, Maryland, USA. pp: 9-28.
32. Schreck, C. B. Contreaas – Snchez, W. and Fitzpatrick, M. I., 2001. Effects of stress on fish reproduction. Gamete Quality and progeny. Aquaculture. 197: 3-24.
33. Shiau, S-Y, Hsu, T-S., 1999. Quantification of vitamin C requirement for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus*×*Oreochromis aureus*, with Lascorbyl- 2-monosulphate-Rna and L-ascorbyl- 2-monophosphate-Mg. Aquaculture. 17: 317- 326.
34. Tort, L., Rotllant, J., Liarte, C., Acerete, L., Hernández, A., Ceulemans, S., Coutteau, P., Padros, F., 2004. Effects of temperature decrease on feeding rates, immune indicators and histopathological changes of gilthead sea bream *Sparus aurata* fed with an experimental diet. Aquaculture. 229:55–65.
35. Trenzado, C. E. Carrick, T. R. and Pottinger, T. G., 2003. Divergence of endocrine and metabolic responses to stress in two rainbow trout lines selected for deferring to stress cortisol responsiveness to stress. General and Comparative Endocrinology. 133: 332-340.
36. Wedemerye, G., 1969. Stress-induced ascorbic acid depletion and cortisol production in two salmonid fishes. Comparative Biochemistry and Physiology. 29: 1247-1251.
37. Wedemeyer, G. A. Barton, B. A. and Mcleay, D. J., 2000. Stress and acclimation. In: Schreck C. B. and Moyle, P. B. (Eds). Methods for fish Biology. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA. pp: 451- 489.
38. Wendelaar Bonga, S. E., 1993. Endocrinology. In: Evans, D. H. (ed), The Physiology of Fishes. CRC press. pp: 469 – 503.
39. Woodward, W., 1994. Dietary vitamin requirements of cultured young fish, withspecial emphasis on quantitative estimates for salmonids. Aquaculture. 124:133-168.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.10.3]