اثرات موسیقی در ماهیان زینتی

شبنم نژادمقدم[۱]، رقیه صفری[۲*]، عباسعلی حاجی بگلو[۲]، رکسانا فلاحی[۳]

rsafari@gau.ac.ir

۱- دانش آموخته تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- عضو هیئت علمی گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳-موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۵

چکیده

در سال‌های اخیر تجارت جهانی ماهیان زینتی رشد قابل توجهی داشته است به طوریکه در آسیا و سایر کشورهای جهان مانند سریلانکا و کشورهای جنوب شرقی آسیا توانسته‌اند از این پتانسیل برای صادرات این نوع ماهیان به سایر کشورها استفاده کنند. با توجه به اهمیت ماهیان زینتی تلاش در جهت کاهش استرس یکی از اهداف پرورش‌دهندگان ماهیان زینتی در جهت رشد و در نتیجه تولید بیشتر می‌باشد. یکی از راهکارهای نوین تعدیل اثرات استرس از طریق ایجاد تغییر در شاخصهای فیزیولوژیک وابسته به خون و بافت-های بدن ماهیان در کنار روش‌های نوین بیوتکنولوژیک، استفاده از موسیقی می‌باشد که اخیراً مطالعات بسیاری در این زمینه صورت گرفته است. موسیقی به عنوان یک عامل پرورشی که به راحتی قابل کنترل می باشد، مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است چراکه می‌توان با کنترل این فاکتور با هزینه‌ای کم، به سود بیشتر دست یافت. در مقاله حاضر به مرور اثر صوت در برخی گونه‌های ماهیان زینتی پرداخته شده است.

لغات کلیدی : ماهی زینتی، موسیقی، شاخص‌های فیزیولوژیک

*نویسنده مسئول

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.4.4.9]

مقدمه

آبزی پروری در سالهای اخیر رشـد و توسـعه قابل توجهی داشـته است. به‌طوریکه نرخ رشد سالانه آن بیشـتر از سـایر صـنایع بـوده اسـت (FAO, 2014). صنعت تکثیر و پرورش ماهیان زینتی یکی از زیر بخش‌های مهم صنعت آبزی‌پروری است که در سالهای اخیر باعث اشتغالزایی و افزایش درآمد در کشور شده است. میزان تولید ماهیان زینتی با تولید ۶۳۳ گونه پرورشی در سال ۱۳۹۱ به حدود ۱۳۰ میلیون قطعه در کل کشور رسیده است. ارائه راهکارهای نوین در راستای افزایش تولید و بهره‌وری می‌تواند نقش مهمی در توسعه پایدار و توسعه بیشتر این صنعت نو پا داشته باشند (روزبهانی و نظری، ۱۳۹۴).

امروزه یکی از مهم‌ترین اهداف پرورش‌دهندگان ماهی، افزایش تولید با کیفیت بالا می‌باشد. صداهای اضافی موجود در محیط ماهی باعث ایجاد استرس در ماهی و در نتیجه باعث کاهش رشد ماهی می‌گردد. استرس به عنوان یک عامل مهم که دارای اثرات منفی بر پارامترهای فیزیولوژی ماهی از جمله اختلال در هموستاز بدن، کاهش عملکرد سیستم ایمنی و متابولیسم و در نهایت مرگ می‌باشد (ایمانپور و ذوالفقاری، ۱۳۹۱). عوامل محیطی نقش مهمی در میزان تولید دارند، مطالعات بسیاری نشان داده است که برخی از انواع موسیقی به عنوان عامل غیرزیستی روی فاکتورهای رشد و مکانیزم فیزیولوژیک بدن در ماهیان مؤثر می‌باشد و می‌تواند به عنوان یک عامل پرورشی قابل کنترل مورد مطالعه و بررسی بیشتر قرار گیرد.

ماهیان به کمک دستگاه شنوایی- خط جانبی صدا، ارتعاشات و سایر جابه جایی‌های آب در محیط اطرافشان را احساس می‌کنند. دستگاه شنوایی شامل گوش داخلی می‌باشد و یکی از وظایف گوش داخلی ماهیان دریافت صدا می‌باشد (ستاری، ۱۳۸۵). توانایی شنوایی در ماهیان متفاوت می‌باشد. برخی از گونه‌ها مانند ماهی قرمز دارای اندامی به نام وبر می-باشند (استخوان رابط بین مثانه و گوش داخلی) و دارای حساسیت شنوایی بالاتری نسبت به سایر ماهیان می‌باشند به طوریکه قابلیت تشخیص صدا از ۲۰۰۰-۱۰۰ هرتز را دارند که در ماهیان فاقد ساختار شنوایی تخصصی قابلیت تشخیص صدا تا ۵۰۰ هرتز می‌باشد. علاوه بر این ماهی قادر به پاسخ و حتی تولید صدا در برخی گونه‌ها، تبعیض صداهای مختلف، تشخیص بیولوژیکی سیگنالهای ایجاد شده و تعیین منبع صدا در آب می‌باشد (Popper and Fay, 1973; Popper, 2003; Ladich and Popper, 2004). در طبیعت ماهی از توانایی شنوایی خود جهت شناسایی طعمه و شکارچیان، برقراری ارتباط به ویژه در زمان تولیدمثل و کسب اطلاعات از محیط اطراف خود استفاده می‌کند (Popper, 2003). آب به دلیل چگالی بیشتر نسبت به هوا در هدایت امواج صوتی کارایی بیشتری دارد، بنابراین صوت در زیر آب تا مسافت بیشتری منتقل می‌شود (یاسمی، ۱۳۸۵). بنابراین تعجب‌آور نیست که ماهیان از صدا به عنوان وسیله‌ای برای ارتباطات استفاده کنند.

تعدادی از مطالعات نشان داده است که افزایش سطح صدای محیط می‌تواند باعث تغییر رفتار، مکان و محیط زیست ماهی شود (Pearson *et al*.,1992; Knudsen *et al*., 1994; Engas *et al*., 1996; Sand *et al*., 2000; Tolimieri *et al*., 2002; Popper, 2003). نگرانی‌هایی در خصوص تأثیر صداهای ایجاد شده توسط فعالیت‌های انسانی (فعالیت کشتی‌ها در دریا، انفجارهای ناشی از اکتشافات و...) که در زیر آب منتقل شده و بسیاری از گونه‌ها قادر به شنیدن آن هستند بر روی ماهیان وجود دارد. علاوه بر این در شرایط پرورش ماهی در محیط اسارت به همراه سر و صداهای ایجاد شده توسط دستگاهها (مانند پمپ هوا و سیستم‌های تصفیه) می‌باشد (Bart *et al*., 2001; Davidson *et al*., 2007; Wysocki *et al*., 2007). شواهدی وجود دارد که سر و صداهای محیطی نسبتاً بالا بسته به نوع گونه می‌تواند بر روی آستانه شنوایی تأثیر بگذارد (Popper *et al*., 2007). همچنین ممکن است باعث آسیب سلول‌های اپیتلیوم حسی سیستم شنوایی (Fewtrell, 2003)، کاهش موقت تحریک شنوایی (Popper, 2003; Smith *et al*., 2004)، مانع رفتار نرمال ماهی (Lugli *et al*., 2003; Popper, 2003)، کاهش پاسخ به استرس (Smith *et al*., 2004; Wysocki *et al*., 2006) و یا بدون پاسخ در برابر استرس (Wysocki *et al*., 2007) می‌شود.

مطالعاتی بر روی اثر صوت بر روی ماهی نیز انجام شده است. نوع و سطح اثر شرایط محیطی بر روی ماهی با توجه برخی عوامل غیرزیستی مانند دما (Papoutsoglou and Papaparaskeva-Papoutsoglou, 1978)، رنگ مخزن (Papoutsoglou *et al*., 2000, Papoutsoglou and Lyndon 2005; Karakatsouli *et al*., 2007a)، شرایط

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.4.4.9]

نوری (Papoutsoglou and Lyndon 2005; Karakatsouli *et al*., 2007b, 2008)، انتقال موسیقی (Papoutsoglou *et al*., 2007) و عوامل زیستی مانند میزان تراکم پرورش و گونه‌های پرورشی (Papoutsoglou *et al*., 1987, 1998, 2006; Karakatsouli *et al*., 2007a) به صورت ترکیبی یا به تنهایی تأثیرگذار می‌باشد. چراکه وضعیت فیزیولوژیکی ماهیان پرورشی براساس برخی سطوح متغیر بیولوژیکی-بیوشیمیایی (عمدتاً توسط عوامل ذکر شده در بالا) تعیین می‌شود. بنابراین نرخ رشد و کیفیت ماهی از نظر صنعتی تا حد زیادی تحت تأثیر ترکیبی از این عوامل می‌باشد. همچنین می‌توان گفت که وضعیت فیزیولوژیک ماهی پرورشی نشان‌دهنده شرایط محیطی و وجود یا عدم وجود استرس در ماهی می‌باشد. در نتیجه باید در طول دوره پرورش ماهی در حد امکان از استرس‌های محیطی کاسته شود.

موسیقی یک القاءکننده سیستم شنوایی بوده و درک آن از طریق مکانیسم‌های درگیر نوروهورمونی می‌باشد. همیشه این سؤال مطرح است: آیا موسیقی می‌تواند بر حیوانات، به خصوص حیوانات پرورشی که دائماً در معرض استرس‌های محیطی گوناگون قرار دارند، اثر مثبت بگذارد؟ (فلاحتکار و همکاران، ۱۳۹۲)، اگرچه ارزیابی درک حیوانات از موسیقی مشکل می‌باشد اما اثر موسیقی بر روی رفتار حیوانات کشاورزی و یا آزمایشگاهی نشان داده شده است (Gvaryahu *et al*., 1989; Uetake *et al*., 1997; Cloutier *et al*., 2000; Campo *et al*., 2005; Rickard *et al*., 2005; Chikahisa *et al*., 2006). ما نمی‌دانیم که حیوانات دقیقاً چه زمانی موسیقی را درک می‌کنند اما می‌توانیم تغییرات رفتاری آنها را اندازه بگیریم (Shinozuka *et al*., 2013). سه نوع نوروهورمون که از مرکز ساب‌کورتیکال مغز انسان ترشح می‌شود و مسئول کنترل احساسات می‌باشند در مغز ماهی نیز وجود دارد (Davis, 1992; Bhattacharjee, 2005; Braithwaite and Boulcott, 2007). اگرچه مسیر نوروهورمونی درک ماهی از محرک‌های موسیقی هنوز ناشناخته است (Darwin, 1872; Papez, 1937; Rickard *et al*., 2005). اما اثرات مفید احتمالی محرک موسیقی بر فیزیولوژی ماهی می‌تواند وجود داشته باشد. ساختار مغز ماهی بسیار ساده‌تر از مهره‌داران عالی است اما اثر مثبت موسیقی بر فیزیولوژی ماهی مشخص می‌باشد، به ویژه زمانیکه از سیستم-های بسته برای تولید تجاری استفاده می‌شود. محرک موسیقی سبب ایجاد یک پاسخ خاص در عملکرد مغز ماهی می‌شود که باعث آرامش در آنها شده است (Papoutsoglu *et al*., 2010). با این حال این موضوع یک میدان جدید برای پژوهش ایجاد می‌کند به خصوص اینکه در پرورش ماهیان زینتی به راحتی می‌توان از این محرک جهت یک ابزار مدیریتی مفید استفاده نمود.

موسیقی و کاربرد آن در ماهیان زینتی و سایر ماهیان

صداهای ریتم دار و دارای نظم و قاعده (سیستماتیک) موسیقی نامیده می شود، این یک فرم انرژی است که می تواند برای بسیاری از اهداف مورد استفاده قرار گیرد. به عنوان مثال: موسیقی، اثر درمانی دارد و باعث آرامش ذهن و جسم (کاهش تنش و نگرانی) می شود. در بیماران آلزایمری دارای اثرات مثبت می باشد. کارگران برای راحتی کارشان از موسیقی استفاده می کنند. همچنین ورزشکاران و جنگجویان برای تسکین اعصاب از موسیقی استفاده می کنند (Vasantha *et al*., 2003). علاوه بر این موسیقی باعث کاهش فشار خون نیز می شود (Loomba and Arora, 2012). موسیقی روی ماهی نیز دارای اثرات فیزیولوژیک مثبتی می‌باشد. نوروترانسمیترها، تنظیم کننده پاسخهای فیزیولوژیک بدن ماهی به عوامل محیطی مختلف هستند (Winberg and Nilsson, 1993). سطوح سرتونین، دوپامین، نورو آدرنالین مغز و سایر متابولیتهای آن و همچنین میزان یون کلسیم خون (هایپرکلسمی) در شرایط استرس، افزایش می یابند (Winberg and Nilsson, 1993; Papoutsoglou *et al*., 2007).

طبق مطالعات انجام شده، پس از وارد آمدن شرایط استرس‌زا به ماهی، هورمون آزاد کننده کورتیکوتروفین از هیپوتالاموس آزاد شده و غده هیپوفیز را برای آزاد کردن ACTH تحریک می کند و از راه گردش خون به سلولهای بین کلیوی در بخش قدامی کلیه می‌رسد و آنها را تحریک به ترشح کورتیزول می‌کند (Pierson *et al*., 2004). به دنبال افزایش کورتیزول، گلوکز خون (هایپرگلاسمیا) افزایش می‌یابد. در زمان استرس، کاهش وزن کبد به دلیل تجزیه و تخلیه گلیکوژن کبدی به منظور افزایش قند خون و تأمین انرژی بافتها رخ می‌دهد که این روند در هپاتوسیت‌های قزل‌آلا به

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.4.4.9]

هنگام مواجهه با استرس به اثبات رسیده است (Vijayan *et al.*, 1997). در بررسی انجام شده توسط فلاحتکار و قادری (۱۳۹۲) تأثیر موسیقی سنتی ایرانی بر روی ماهی زینتی سیچیلاید گوره خری *Cichlasoma nigrofasciatum* گزارش کردند که موسیقی سنتی روی افزایش وزن ماهی مولد تأثیرگذار بود، اما این تأثیر به صورت معناداری نمود نداشت ($p>۰/۰۵$). این در حالی است که سایر آثار موسیقی نظیر کاهش استرس، زمان رسیدگی نهایی، افزایش تعداد تخم و پراکنش ماهیان درون آکواریومها معنادار بود ($p>۰/۰۵$)، که اثر مثبت موسیقی بر ماهیان را به اثبات می‌رساند.

مطالعات نشان داد که رفتار ماهی زینتی کوی *Cyprinus carpio* در تیمار سکوت و موسیقی تفاوت وجود دارد و زمانیکه موسیقی پخش نمی شود ماهیها فعالانه در سطوح مختلف آب حرکت می کنند و در زمان پخش موسیقی، حرکات آرام عمودی در زیر بلندگو دارند (Vasantha *et al.*, 2003).

ایمانپور و ذوالفقاری (۱۳۹۱) با بررسی اثر رنگ نور و موسیقی بر کورتیزول و گلوکز خون به عنوان شاخصهای استرس در ماهی قرمز (*Carassius auratus*) نشان دادند که نور قرمز باعث القاء استرس در ماهی قرمز می‌گردد، اما موسیقی سبب ایجاد استرس در این ماهی نشده که نشان می-دهد این ماهی قادر به تشخیص موسیقی از صداهای مزاحم محیط می‌باشد البته افزایش وزن ماهی ماهی قرمز در نور سفید بیشتر از نور قرمز می‌باشد. مطالعات دیگر بر روی ماهی قرمز و کپور نشان می دهد که تبعیض موسیقی ممکن است حتی در گونه‌ای که از نظر تکاملی با انسان فاصله دارد وجود داشته باشد (Fay, 1995; Chase, 2001). تحقیقات دیگری بر روی سایر ماهیان پرورشی نیز انجام شده است.

تأثیر مثبت موسیقی موزارت بر شرایط فیزیولوژیک کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) تحت شرایط نوری مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از بررسی نشان داد که موسیقی می‌تواند سبب کاهش استرس ایجاد شده توسط نور نسبت به تیمارهای فاقد موسیقی شده و موسیقی می‌تواند به عنوان عامل افزایش رشد و کیفیت محصول و همچنین به عنوان شاخصی برای اطمینان از بهبود شرایط ماهی در پرورش متراکم مورد بحث قرار گیرد (Papoutsoglou *et al.*, 2007)، همچنین تأثیر مثبت موسیقی بر شرایط فیزیولوژیک سیم دریایی (Sparus aurata) تحت شرایط نوری مختلف بررسی شد و محققان اعلام کردند که که در معرض قرار دادن ماهی به مدت روزانه ۲ و ۴ ساعت موسیقی، می‌تواند دارای اثراتی بر روی جنبه‌های مختلف فیزیولوژی ماهی (آنزیم‌های گوارشی، ترکیب اسیدهای چرب، نروترانسمیترهای مغز) باشد که این مفهوم را می‌رساند که موسیقی احتمالاً می‌تواند سبب افزایش رشد و کیفیت تولید شود (Papoutsoglou *et al.*, 2008).

پاسخ ماهی به محرک موسیقی یک مسئله پیچیده است. وجود چنین پاسخی در مطالعات انجام شده به وضوح نشان می‌دهد که به منظور بهره‌برداری از مزایای انتقال موسیقی متغیرهایی مانند شدت، مدت و سبک موسیقی در ترکیب با سایر عوامل زیستی و غیر زیستی و همچنین طول مدت دوره پرورش باید بیشتر مورد بررسی قرار گیرد (Papoutsoglou *et al.*, 2008).

اگرچه در محیط طبیعی محرک موسیقی برای ماهی وجود ندارد و یا اینکه صداهای بسیاری به طور مداوم در اطراف ماهی وجود دارد و با وجود عدم اطلاعات از درک ماهی از موسیقی اما بر اساس بررسی‌های انجام شده می‌توان گفت که ماهی قادر به تشخیص موسیقی از صداهای مزاحم محیطی می‌باشد. از آنجاکه در اکثر مواقع شاخص‌های ایمنی و متابولیکی که بیان‌کننده کیفیت شرایط پرورشی در ماهی می‌باشد هنوز به سطح مطلوبی نرسیده است بنابراین نیاز به مطالعات جدیدتر برای یافتن روش‌های جدید (مانند انتقال محرک موسیقی) برای بهبود شرایط پرورش وجود دارد. مطالعات نشان می‌دهد که موسیقی (آرام و کلاسیک) می‌تواند به عنوان یک ابزار غنی‌سازی زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گیرد و می‌توان امکان استفاده از موسیقی را جهت یک راهکار مدیریتی ساده و مقرون به صرفه در راستای کاهش استرس و ایجاد آرامش ماهیان در سیستم‌های بسته مانند آکواریومهای پرورشی مورد بررسی قرار داد.

منابع

ایمانپور، م.ر. و ذوالفقاری، م.، ۱۳۹۱. اثر رنگ نور و موسیقی بر کورتیزول و گلوکز خون به عنوان شاخصهای استرس در ماهی قرمز (*Carassius auratus*). مجله زیست شناسی ایران. ۵۴۷-۵۳۶ :(۴)۲۵.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.4.4.9]

روزبهایی، ش. و نظری، ع.ر.، ۱۳۹۴. تاثیر عصاره اتانولی رازیانه (*Foenicolum vulgar*) بر رشد و باروری ماهی گوپی (*Poecilia reticulate*).

فلاحتکار، ب. و قادری، س.، ۱۳۹۲. اثر موسیقی سنتی ایرانی بر عملکرد رشد، تولید مثل و رفتار ماهی سیچلاید گوره‌خری (*Chilasoma nigrofasciatum*). فصلنامه علوم و فنون شیلات. ۸۰-۷۵ :(۲)۲.

ستاری، م.، ۱۳۸۵. ماهی‌شناسی (۱). انتشارات حق‌شناس. چاپ دوم. صفحات ۶۶۲-۱.

یاسمی، م.، ۱۳۸۵. ماهی شناسی با تأکید بر ماهیان آبهای ایران. انتشارات مؤسسه آموزش علمی کاربردی جهاد کشاورزی. ۵۲ صفحه.

Bart, A.N., Clark, J., Young, J. and Zohar, Y., 2001. Underwater ambient noise measurements in aquaculture systems: a survey. Aquac. Eng. 25, 99–110.

Bhattacharjee, Y., 2005. Friendly faces and unusual minds. Science, 310, 802–804.

Loomba, R.S. and Arora, R. 2012. Effects of music on systolic blood pressure, diastolic blood pressure, and heart rate: a meta-analysis. Indian Heart Journal. 64(3): 309-313.

Braithwaite, V.A. and Boulcott, P., 2007. Pain perception, aversion and fear in fish. Diseases of Aquatic Organisms. 75, 131–138.

Chase, A.R., 2001. Music discriminations by carp (Cyprinus carpi). Animal Learning and behavior. 29, 336- 353.

Chikahisa, S., Sei, H., Morishima, M., Sano, A., Kitaoka, K. and Nakaya, Y., 2006. Exposure to music in the perinatal period enhances learning performance and alters BDNF/TrkB signaling in mice as adults. Behav. Brain Res. 169, 312– 319.

Campo, J.L., Gil, M.G. and Davila, S.G., 2005. Effects of specific noise and music stimuli on stress and fear levels of laying hens of several breeds. Applied Animal Behaviour Science. 91, 75–84.

Cloutier, S., Weary, D.M. and Fraser, D., 2000. Can ambient sound reduce distress in piglets during weaning and restraint? Journal of Applied Animal Welfare Science. 3, 107–116.

Davis, M., 1992. The role of amygdala in fear and anxiety. Annual Review of Neuroscience. 15, 353–375.

Davidson, J., Frankel, A.S., Ellison, W., Summerfelt, S.T., Popper, A.N., Mazik, P. and Bebak, J., 2007. Minimizing noise in fiberglass aquaculture tanks: noise reduction potential of various retrofits. Aquac. Eng. 137, 125–131.

FAO, 2014. Aquaculture Department (2014) The state of world fisheries and aquaculture 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 243 P.

Fay, R., 1995. Perception of spectrally and temporally complex sounds by the goldfish (*Carassius auratus*). Hearing Research. 120, 69-76.

Fewtrell, J.L., 2003. The response of marine finfish and invertebrates to seismic survey noise. PhD Thesis, Muresk Institute of Agriculture, Curtin University of Technology, Australia.

Engas, A., Lokkeborg, S., Ona, E. and Soldal, A.V., 1996. Effects of seismic shooting on local abundance and catch rates of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). Can. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 53, 2238–2249.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.4.4.9]

Gvaryahu, G., Cunningham, D.L. and Van Tienhoven, A., 1989. Filial imprinting, environmental enrichment, and music application effects on behavior and performance of meat strain chicks Poultry Science Association. 68, 211– 217.

Karakatsouli, N., Papoutsoglou, S.E. and Manolessos, G., 2007a. Combined effects of rearing density and tank colour on the growth and welfare of juvenile white sea bream Diplodus sargus L. in a recirculating water system. Aquaculture Research. 38, 1152–1160.

Karakatsouli, N., Papoutsoglou, S.E., Pizzonia, G., Tsatsos, G., Tsopelakos, A., Chadio, S., Kalogiannis, D., Dalla, C., Polissidis, A. and Papadopoulou-Daifoti, Z. 2007b. Effects of light spectrum on growth and physiological status of gilthead seabream *Sparus aurata* and rainbow trout Oncorhynchus mykiss reared under recirculating system conditions. Aquacultural Engineering. 36, 302–309.

Karakatsouli, N,. Papoutsoglou, S.E., Panopoulos, G., Papoutsoglou, E.S., Chadio, E. and Kalogiannis, D., 2008. Effects of light spectrum on growth and stress response of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* reared under recirculating system conditions. Aquacultural Engineering. 38, 36–42.

Knudsen, F.R. and Enger, P.S., 1994. Avoidance responses to low frequency sound in downstream migrating Atlantic salmon smolt, Salmo salarJournal of Fish Biology . 45, 227–233.

Ladich, F. and Popper, A.N., 2004. Parallel evolution in fish hearing organs. In: Manley, G., Fay, R.R., Popper, A.N. (Eds.), Evolution of the Vertebrate Auditory System. Springer, New York. pp: 95–127.

Lugli, M., Yan, H.Y. and Fine, M.L., 2003. Acoustic communication in two freshwater gobies: the relationship between ambient noise, hearing thresholds and sound spectrum. Journal of Comparative Physiology. 189, 309–320.

Papoutsoglou, S. E., Karakatsouli, N., Batzina, A., Papoutsoglou, E. S. and Tsopelakos, A., 2008. Effect of music stimulus on gilthead seabream *(Sparus aurata)* physiology under different light intensity in a re-circulating water system Journal of Fish Biology. 73, 980-1004.

Papoutsoglou, S. E., Karakatsouli, N., Louizos E., Chadio, S., Kalogiannis, D., Dalla, C., Polissidis, A. and Papadopoulou-Daifoti, Z., 2007. Effect of Mozart's music (Romanze-Andante of ''Eine KleineNacht Musik'', sol major, K525) stimulus on common carp (*Cyprinus carpio L*.) physiology under different light conditions. Journal. Aquacultural Engineering. 36, 61-72.

Papoutsoglou, E.S. and Lyndon, A.R., 2005. Effect of incubation temperature on carbohydrate digestion in important teleosts for aquaculture. Aquaculture Research. 36, 1252–1264.

Papoutsoglou, E.S. and Lyndon, A.R., 2006. Digestive enzymes along the digestive tract of parrotfish Sparisoma cretense. Journal of Fish Biology. 69, 130–140.

Papoutsoglou, S.E., Mylonakis, G., Miliou, H., Karakatsouli, N.P. and Chadio, S., 2000. Effects of background colour on growth performances and physiological responses of scaled carp (*Cyprinus carpio* L.) reared in a

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.4.4.9]

closed circulated system. Aquacultural Engineering. 22, 309–318.

Papoutsoglou, S. E. and Papaparaskeva-Papoutsoglou, E., 1978. Effect of water temperature on growth rate and body composition of rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.) fry, fed on maximum ration in closed system. Thalassographica. 2, 83–97.

Papoutsoglou, S.E., Papaparaskeva-Papoutsoglou, E. and Alexis, M.N., 1987. Effect of density on growth rate and production of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.) over a full rearing period. Aquaculture. 66, 9–17.

Papoutsoglu, S.E., Karakatsouli, N., Papoutsoglu, E.S. and Vasilikos, G., 2010. Common carp *(Cyprinus carpio)* response to two pieces of music (''Eine Kleine Nachtmusik'' and ''Romanza'') combined with light intensity, using recirculating water system. Fish Physiol Biochem. 36, 539-544.

Pearson,W.H., Skalski, J.R. and Malme, C.I., 1992. Effects of sound from a geophysical survey device on behavior of captive rockfish. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49, 1343–1356.

Pierson, P.M., Lamers, A., Flik, G. and MayerGostan, N., 2004. The stress axis, stanniocalcin, and ion balance in rainbow trout. General and Comparative Endocrinology. 137, 263-271.

Popper, A.N., 2003. Effects of anthropogenic sound on fishes. Fisheries. 28, 24–31.

Popper, A.N. and Fay, R.R., 1973. Sound detection and processing by teleost fishes: a critical reviewAcoustical Society of America. 53, 1515–1529.

Rickard, N.S., Toukhsati, S.R. and Field, S.E., 2005. The effect of music on cognitive performance: insight from neurobiological and animal studies. Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews. 4, 235–261.

Sand, O., Enger, P.S., Karlsen, H.E., Knudsen, F. and Kvernstuen, T., 2000. Avoidance responses to infrasound in downstream migrating silver eels, *Anguilla anguilla*. Environ. Journal of Fish Biology. 57(3): 327–336.

Shinozuka, K., Ono, H. and Watanabe, S.H., 2013. Reinforcing and discriminative stimulus properties of music in goldfish *(Carassius auratus)*. Behavioural Processes. 99, 26–33.

Smith, M.E., Kane, A.S. and Popper, A.N., 2004. Noise-induced stress response and hearing loss in goldfish *(Carassius auratus)*. The Journal of Experimental Biology. 207, 427-435.

Tolimieri, N., Haine, O., Montgomery, J.C., Jeffs, A., 2002. Ambient sound as a navigational cue for larval reef fish. Bioacoustics. 12, 214–217.

Uetake, K., Hurnik, J. F. and Johnson, L., 1997. Effect of music on voluntary approach of dairy cows to an automatic milking system. Applied Animal Behaviour Science. 53, 175–182.

Vasantha, L., Jeyakumar, A. and Pitchai, M. A., 2003. Influence of music on the growth of Koi Carp, *Cyprinus carpio* (Pisces: *Cyprinidae*). Naga, Worldfish Center Quarterly. 26, 25-26.

Vijayan, M.M and Periera, C., 1997. Metabolic responses associated with confinement stress

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.4.4.9]

in tilapia:The role of cortisol. Comparative Biochemistry and Physiology. 116, 89-95.

Winberg, S. and Nilsson, G.E., 1993. Roles of brain monoamine neurotransmitters in agonistic behaviour and stress reactions, with particular reference to fish. Comparative Biochemistry and Physiology. 106, 597-614.

Wysocki, L.E., Dittami, J.P. and Ladich, F., 2006. Ship noise and cortisol secretion in European freshwater fishes. Biological Conservation. 128, 501–508.

Wysocki, L.E., Amoser, S. and Ladich, F., 2007a. Diversity in ambient noise in European freshwater habitats: noise levels, spectral profiles, and impact on fishes. Acoustical Society of America. 121(5), 2559–2566.

Wysocki, L.E., Davidson III, J.W., Smith, M.E., Frankel, A.S., Ellison, T.E., Mazik, P.M., Popper, A.N. and Bebak, J., 2007b. The effects of aquaculture production noise on hearing, growth, and disease resistance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture. 272, 687–697.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.4.4.9]