بررسی تاثیر هورمون ۱۷ آلفا ـ متیل تستوسترون بر رنگ پذیری ماهی زروک *Scatophagus argus*

مجتبی شهیدیان[۱*]،سید محمد رضا فاطمی[۲]، عیسی شریف پور[۳]، علی ماشینچیان مرادی [۴]، شهلا جمیلی[۵] و شاپور کاکولکی[۶]

۱، ۲، ۴ و ۵ـ گروه زیست دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات

۳ و ۶ـ گروه بهداشت آبزیان، موسسه تحقیقات شیلات ایران

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۹ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۱۷

چکیده

۱۷آلفا- متیل‌تستوسترون از جمله آندروژن‌هایی است که در سیکل جنسی نقش دارد و جهت افزایش رشد و تغییر صفات ثانویه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این تحقیق اثر سه دوز مختلف از این هورمون (۳۰۰، ۴۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره) به همراه تیمار شاهد (بدون هورمون) بر خصوصیات ثانویه جنسی (رنگ‌پذیری) ماهی *Scatophagus argus* بررسی گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که ارتباط قوی بین شرایط فیزیولوژیک ماهی با رنگ پوست و خصوصیات ثانویه‌ی جنسی این ماهی وجود دارد و با افزایش دوز درخشندگی در ته رنگ ماهی بیشترگردید. ته‌رنگ، ناحیه‌ی جانبی بدن در نمونه‌های ماهی با دوزهای ۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ اختلاف معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵)، در حالی که با دوز ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره دارای اختلاف معنی‌دار بود (P<۰/۰۵) و بیشترین میزان ته رنگ در نمونه‌های ماهی با دوز ۱۰۰۰ مشاهده گردید. این نتیجه نشان از تمایل به افزایش ته رنگ قرمز دارد. ضمن آن‌که در تمامی دوزهای مورد بررسی اختلاف معنی‌داری در میزان ته رنگ بین باله‌ی دمی و تنه دیده می‌شد (P<۰/۰۵). از طرفی فاکتور ته‌رنگ در ناحیه‌ی باله‌ی دمی در ماهیان، نیز دارای اختلاف معنی‌دار بوده (P<۰/۰۵) و روند کاهشی را به سمت ته‌رنگ قرمز نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی

۱۷آلفا ـ متیل تستوسترون، خصوصیات ثانویه‌ی جنسی، رنگ سنجی، ته رنـگ، مـاهی زروک *Scatophagus argus*

* نگارنده پاسخگو: m.shahidian@yahoo.com

مقدمه

این ماهی متعلق به خانواده زروک ماهیان (*Scatophagidae*) از ماهیـان بـومی خلـیج فـارس اسـت. ایـن مـاهی آب‌های شور را ترجیح می‌دهد، ولی آزادانه وارد رودخانه‌های آب شیرین می‌شود. این گونه از انواع مـاهی‌هـایی اسـت که از پهلو پهن بوده و باله ی پشتی آن سرتاسری است. از دیگر خصوصیات آناتومی این ماهی می‌توان به سر کوچک و باله‌های زوج کوتاه ولی پر تحرک این ماهی اشاره کرد (سازمان تحقیقات و آموزش شیلات ایران،۱۳۷۵).

سرتاسر بدن این ماهی با توجه به غذایی که مورد تغذیه قرار می‌دهد، تغییر نمـوده و ازچنـد رنـگ سـبز، بـنفش، سیاه، زرد، قهوه‌ای و در ناحیه ی شکمی سفید پوشیده شده است. اگر در رژیم غذایی این مـاهی گوشـت زیـاد باشـد رنگ بنفش و قهوه‌ای این ماهی نمای بیشتری پیدا می‌کنند و اگر غذای گیاهی باشد رنـگ سـبز و زرد نمـای بیشـتر پیدا می‌کنند. این ماهی دارای شکمی به رنگ سفید است. در جنس ماده این لکه سفید فقط در زیر باله‌ها ی پـائینی می‌باشد، ولی در جنس نر از زیر آبشش‌ها شروع شده و تا مخرج ادامه می‌یابد.آنها بیشتر در آب‌های شور تخـم ریـزی می‌کنند اما در سنین بالا در آب شیرین نیز تخم ریزی می‌کنند و در زادآوری در آب شیرین تخم‌هـا بـه سـختی بـه لارو تبدیل می‌شوند. بدن این ماهی در آب‌های نسبتا شور بیشترین رنگ آمیزی را نشان می‌دهد (بلگـواد و لـوپنتین، ۱۳۷۷). میزان جذابیت و رفتار ماهی نر در انتخاب او به عنوان جفت موثر است، این رفتار در برخی از ماهیـان دیگـر نیز دیده می‌شود. برای مثال در ماهی گوپی رنگ‌آمیزی نرها، انتخاب ماده‌ها را تحت تـاثیر قـرار مـی‌دهـد (Endler, 1983; Houde, 1987; Houde and Endler, 1990; Rodric- Brown, 1985). در طـی انتخـاب جفـت، قبـل از جفت‌گیری ماده‌ها نرهای نسبتا رنگا رنگ با جذا بیت بالا را ترجیح می‌دهنـد (Pilastro *et al*., 2002). بـه خصـوص رنگ‌آمیزی کاروتنوئیدی (نارنجی، قرمز و زرد) در نرها انتخاب ماده را تحت تاثیر قرار مـی‌دهـد (Endler & Houde, 1995; Evans *et al*., 2004). بسیاری از این ویژگی‌ها به عنوان ویژگی‌های ثانویه جنسی مطرح بـوده و تحـت تـاثیر میزان هورمون‌های داخلی می‌باشند. مشخص گردیده است که رنـگ آمیـزی بـدن مـاهی (Lopez, 1998; Pandey, 1969)، و توسعه گونوپودیوم در نرهای جوان (Hopper, 1965; Pandey, 1969)، به وسیله ی آنـدروژن‌هـای گنـادی کنترل می گردد. Bayley و همکاران (2002)، میزان رنگ نارنجی نسبت به سطح بدن را به عنوان خصوصیات ثانویـه و تحت تاثیر آندروژن‌ها در ماهی گوپی، اندازه‌گیری و مورد بررسـی قـرار داد(Bayley *et al*., 2002). هـم چنـین در مطالعات Nielsen و Baatrup (2006) نیز رنگ نارنجی به عنوان شاخص‌های ثانویه و عوامل تعیین‌کننده در موفقیت جفت‌گیری مورد بررسی قرار گرفت. هدف از انجام این تحقیق بررسی تاثیر هورمون ۱۷ آلفا_ متیل تستوسـترون بـر رنگ پذیری ماهی زروک *Scatophagus argus*می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این آزمایش ۴ دوز مختلف هورمون ۱۷ آلفاـ متیل‌تستوسترون (۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی) با ۳ تکرار در نظر گرفته شد(Pavlidis *et al*., 2006).هر تکرار شامل۳ نمونه ماهی بود. از قرص‌های متیل‌تستوسترون تجاری، شرکت داروسازی ابوریحان، حاوی ۲۵ میلی‌گرم ماده‌ی موثره استفاده شد که پس از محاسبه میزان ماده‌ی موثره، به صورت پودر درآمده و با غذای آنها مخلوط گردید. ماهیان به مدت ۴۵ روز با جیره‌ی حاوی هورمون تغذیه شدند. جهت تغذیه، غذای بیومار فرانسه با قطر ۰/۸ میلی‌متر در دو نوبت در روز در حد اشباع، مورد استفاده قرار گرفت. (ترکیب غذایی بیومار شامل: پروتئین: ۵۶ درصد؛ چربی: ۱۸ درصد؛ فیبر: ۰/۴ درصد؛ خاکستر: ۱۰/۵ درصد؛ رطوبت و سایر مواد تشکیل‌دهنده: ۱۵/۱ درصد) جهت حفظ کیفیت آب، یک دوم آب آکواریوم هر سه روز یکبار تعویض گردید. آکواریوم‌ها در طول دوره‌ی آزمایش به خوبی هوادهی گردید. سنجش

پارامترهای کیفی آب به دفعات در طول آزمون انجام گرفت. نتایج کلی اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱ـ نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب

ردیف	پارامترهای مورد سنجش	مقداراندازه گیری شده
۱	دما (درجه سانتی گراد)	۲۹±۱
۲	pH	۸±۰/۵
۳	اکسیژن (میلی گرم در لیتر)	۶/۳۸±۰/۱۵

در پایان آزمون، ۳ ماهی از هر تانک (در مجموع برای هر تیمار۹ ماهی) جهت آنالیز رنگی انتخاب گردید. از هر ماهی زروک در دو ناحیه (ناحیه جانبی تنه و ناحیه باله دمی) سنجش رنگ صورت گرفت. جهت سنجش میزان رنگ از دستگاه رنگ‌سنج .Color and Appearance Measurement System، ساخت انگلستان با دوربین (Camera system CAM-System 500) استفاده شد که بر اساس سیستم پیشنهاد شده به وسیله‌ی [CIE] (1978) (Commission Internationale de 1' Ecalairage) سه مولفه اصلی L^*، a^* و b^* را نشان داد، که به ترتیب از ۱۰۰+، ۰ یعنی از سیاه تا سفید خالص، ۱۰۰+، ۱۰۰ـ جهت میزان سبزی تا قرمزی و صفر هم نشانه خاکستری است، و ۱۰۰+، ۱۰۰ـ برای رنگ‌های آبی تا زردی و صفر نیز نشانه‌ی خاکستری بود. قبل از اندازه‌گیری، دستگاه به کمک کاشی ۲۴ خانه‌ای که جهت کالیبره شدن دستگاه طراحی شده بود، به صورت اتوماتیک کالیبره گردید.

برای اندازه‌گیری کروما) Chroma (از فرمول (۱) استفاده شده، همچنین میزان ته‌رنگ(Hue) و ECI نیز از رابطه(۲ و ۳) محاسبه گشت (Pavlidis *et al*., 2006):

$$Chroma= (a^2+ b^2)^{0/5} \quad (۱)$$

$$H^\circ = \arctan (b^*/a^*) \quad (۲)$$

$$ECI_i= C_i^* \cos(H_i-H_{mean}) \quad (۳)$$

که H_{mean} میانگین ته‌رنگ، C_i و H_i نیز کروما و ته‌رنگ مربوط به هر اندازه‌گیری می‌باشد.

با توجه به CIE(1978) رنگ یک ویژگی سه‌بعدی است که از یک جزء روشنایی و دو جزء رنگی با نام‌های کروما و ته‌رنگ تشکیل شده است، رنگ‌ها می‌توانند به وسیله‌ی ویژگی‌های این سه مولفه از یکدیگر تشخیص داده شوند. ته‌رنگ طول موج غالب می‌باشد و به صورت زاویه‌ی ته‌رنگ در صفحه‌ی a^*-b^* نمایش داده می‌شود که به صورت پادساعت گرد(خلاف عقربه‌های ساعت) در حول محور خود افزایش می‌یابد که 0° قرمز، ۹۰° زرد، ۱۸۰° سبز و ۲۷۰° آبی می‌باشد. کروما به میزان حد اشباع یک رنگ اشاره داشته و بیان می‌دارد که چه میزان نور خاکستری و سفید با رنگ خالص مخلوط گشته است. کروما از خنثی تا براق تغییر کرده و به میزان فاصله روی محور عمود بر صفحه (a^*-b^*) از مبدا بر می‌گردد. به هر حال رنگ که شامل ته‌رنگ و کروما می‌شود از دو مولفه‌ی به هم پیوسته تشکیل شده که در صفحه‌ی (a^*-b^*) نمی‌تواند به صورت جداگانه در نظرگرفته شود. به جای آن به صورت دو مولفه-ی برداری بوده که در آن ته‌رنگ زاویه‌ی جهت و کروما طول بردار رنگی می‌باشد. ECI نیز تصویر هر بردار رنگی در جهت زاویه‌ای میانگین گروه بوده و سهم آن را در رنگ میانگین نشان می‌دهد. این فاکتور ترکیب دو فاکتور ته‌رنگ و کروما بوده و از آنجائی که یک کمیت عددی است، تجزیه و تحلیل‌های آماری کلاسیک می‌تواند در مورد آن‌ها مورد استفاده قرار گیرد(Pavlidis *et al*., 2006).

در این مطالعه، برای آنالیز داده‌های زاویه‌ای (ته‌رنگ) از توزیع دایره‌ای استفاده شد (Pavlidis *et al*., 2006; Zar, 1996). به این صورت که تست ریلاق) Rayleigh (برای بررسی نرمال بودن داده‌های دایره‌ای مورد استفاده قرار

گرفت. تفاوت در مقادیر ته‌رنگ در بین نقاط اندازه‌گیری، و همچنین گروه‌های مورد سنجش، با استفاده از روش واتسون ـ ویلیامز) Watson-Williams (و در صورتی که حداقل یکی از گروه‌های مورد سنجش غیرنرمال بود، از تست ناپارامتری واتسون استفاده شد. تفاوت‌های آماری بین مقادیر روشنایی، ECI، کروما در دوزهای مختلف در ناحیه بدن یا دم، با استفاده از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه سنجیده شد و در صورت معنی‌دار بودن، با آزمون دانکن دسته‌بندی گردید، برای مقایسه تفاوت در دوزهای مختلف و بین تنه و دم از آنالیز دوطرفه واریانس استفاده گردید.

آمار کلاسیک به وسیله‌ی نرم افزارهای Excell و SAS و مقایسه مقادیر زاویه‌ای به وسیله‌ی نرم‌افزار Oriana version 3.00، انجام گرفت.

نتایج

همان‌طور که در جدول (۲) قابل مشاهده است، با افزایش دوز هورمون، کاهش معنی‌داری در میزان روشنایی (L^*) ناحیه تنه و باله دمی ماهیان مشاهده گردید. همچنین میزان روشنایی ناحیه تنه ماهیان در دوز ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی بیشترین میزان را نسبت به سه دوز دیگر داشت و اختلاف معنی‌داری در روشنایی بین دوزهای مختلف در ناحیه دمی ماهیان وجود نداشت (P<۰/۰۵). در تمام دوزهای هورمونی میزان روشنایی ناحیه دمی ماهیان بطور معنی‌داری بیشتر از ناحیه تنه بود (P<۰/۰۵).

بیشترین میزان ته‌رنگ ناحیه جانبی بدن ماهیان در دوز ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با دوزهای دیگر داشت (P<۰/۰۵). با افزایش دوز هورمونی، میزان ته‌رنگ ناحیه دمی کاهش معنی‌داری نشان داد.

همان‌گونه که در جدول(۲) قابل مشاهده است، در باره ته رنگ، ناحیه‌ی تنه در ماهیان با دوزهای ۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ اختلاف معنی‌داری نداشت، در حالی که با دوز ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵) و بیشترین میزان ته‌رنگ در ماهیان با دوز ۱۰۰۰ مشاهده گردید. این نتیجه نشان از تمایل به افزایش ته‌رنگ به سمت ناحیه‌ی با ته‌رنگ قرمز دارد. ضمن آن‌که در تمامی دوزهای مورد بررسی اختلاف معنی‌داری در میزان ته‌رنگ بین باله‌ی دمی و تنه دیده می‌شود (P<۰/۰۵). از طرفی فاکتور ته‌رنگ در ناحیه‌ی باله‌ی دمی در ماهیان، نیز دارای اختلاف معنی‌دار بوده (P<۰/۰۵) و روند کاهشی را به سمت ته‌رنگ قرمز نشان می‌دهد. زیرا همان‌طور که گفته شد ناحیه‌ی ۰ (۳۶۰) درجه ناحیه‌ی با ته‌رنگ قرمز است.

جدول ۲ـ میانگین و انحراف معیار ته رنگ در نمونه‌های ماهیان زروک در دوزهای مختلف هورمون ۱۷ آلفا_ متیل تستوسترون و در دو ناحیه ی تنه و باله ی دمی.

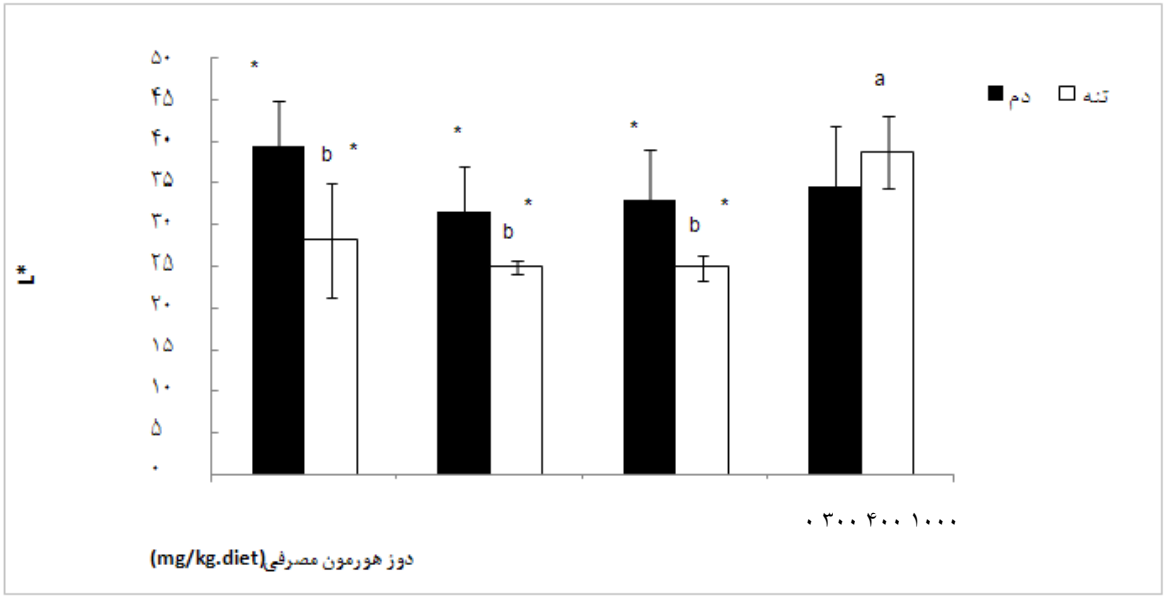
دوزها	بخش بدن	میانگین و انحراف معیار ته رنگ	P
۰	تنه	^{b}۲۹۹/۶۴۸±۲/۱۰۵	<۰/۰۵
	دم	^{a}۱۶/۰۷۰±۴/۳۲۲	
۳۰۰	تنه	^{b}۳۰۴/۷۰۵±۱/۶۴۴	<۰/۰۵
	دم	^{ab}۶/۳۵۸±۱/۵۱۲	
۴۰۰	تنه	^{b}۳۰۳/۸۳۶±۴/۴۰۰	<۰/۰۵
	دم	^{b}۲/۶۳۲±۱/۰۶۴	

۱۰۰۰	تنه	[a]۳۱۷/۷۳۰±۴/۰۵۱	<۰/۰۵
	دم	[c]۳۴۵/۳۸۶±۵/۷۸۴	

[×]حروف مشابه نشان دهنده ی عدم وجود اختلاف معنی دار بین تیمارهاست.

با توجه به عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در میزان ته‌رنگ، مقادیرECI محاسبه گردید. به طور کلی مقادیر محاسبه شده برای ECI یک روند افزایش را نشان داد. در صورتی که روند تغییرات در بخش تنه در دوزهای مختلف فاقد اختلاف معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). اما مقادیر ECI در دوز ۱۰۰۰ میلی گرم درکیلوگرم جیره غذایی اختلاف معنی‌دار داشتند (P<۰/۰۵). دوز ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی دارای بیشترین مقدارECI است. داده‌های مربوط به ناحیه‌ی باله‌ی دمی نیز روندی تقریبا مشابه را نشان داد.یعنی دوز۱۰۰۰ میلی گرم درکیلوگرم جیره غذایی بیشترین میزان و دوز صفر میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی کم‌ترین میزان را نشان داد و دوز ۱۰۰۰ با ۴۰۰ و هر دو با شاهد دارای اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

در این قسمت بدن نیز روند کلی افزایش میزان ECI می‌باشد. ضمن آنکه در ماهیان دوز ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی، اختلاف معنی‌داری در میزان ته‌رنگ بین ناحیه‌ی تنه و باله‌ی دمی قابل مشاهده بوده (P<۰/۰۵). و با توجه به ECI مربوطه، ناحیه‌ی باله‌ی دمی افزایش رنگدانه‌ها و افزایش ECI را نشان داد که این افزایش به سمت ته‌رنگ قرمز انجام شد(شکل ۱).



شکل۱ـ تاثیر دوزهای مختلف هورمون ۱۷ آلفا ـ متیل تستوسترون بر میزان روشنایی ناحیه تنه و دمی ماهی زروک ـ علامت ستاره نشان دهنده اختلاف معنی دار بین بخش دم و تنه در هر دوز، و حروف انگلیسی نشان دهنده اختلاف معنی داری بین دوزهای مختلف در هر بخش دم یا تنه (p<۰/۰۵) است. (آنتنک‌ها نشان دهنده انحراف معیار است)

L^* +۱۰۰ ـ۱۰۰ـ برای رنگ‌های آبی تا زرد و صفر نیز نشانه‌ی خاکستری.

بحث و نتیجه گیری

در ماهیان مورد بررسی تشابه بسیار جالبی در روند تغییرات ته‌رنگ و میزان روشنایی مشاهده شد. در ناحیه‌ی باله‌ی دمی ماهیان شاهد، روشنایی مقدار بالایی را نشان داد، در این دوز ته رنگ قرمز کمتر، و بیشتر به سمت زرد بود؛ اما در دوز ۳۰۰ میزان روشنایی کاهش ناگهانی یافت که به دلیل تمایل به سمت ته رنگ قرمز بود. در دوزهای بیشتر نیز افزایش تمایل به ته‌رنگ قرمز را نشان داد و در دوز ۱۰۰۰ کاملا ته رنگ قرمز غالب بود که در این دوز روشنایی نیز در ناحیه‌ی باله‌ی دمی نسبت به دوزهای ۳۰۰ و ۴۰۰ افزایش را نشان داد، اما باز هم نسبت به تیمار شاهد کمتر بود، که می‌تواند ناشی از تغییر در رنگدانه‌های ملانین، دروزوپترین و کاروتنوئیدی باشد اما تعیین عامل قطعی آن نیاز به اندازه‌گیری روند تغییرات رنگدانه‌های پوستی دارد. در ناحیه‌ی جانبی بدن نیز با افزایش تمایل از ته‌رنگ ۲۷۰ (آبی) که می‌تواند به دلیل رنگدانه‌های ملانین و سایر رنگدانه‌ها باشد، روشنایی کاهش یافته است، اما در دوز ۱۰۰۰ با افزایش تمایل ته رنگ به سمت ته‌رنگ قرمز، روشنایی نیز افزایش را نشان می‌داد. این مسئله با کاهش تمایل به ته‌رنگ آبی و رنگدانه‌های ایجاد کننده‌ی آن اتفاق افتاد. تغییرات رنگی در اثر هورمون در ناحیه‌ی تنه بسیار کمتر است به نحوی که تنها در دوز ۱۰۰۰ باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار گردید($P<0/05$). Pavlidisو همکاران (2006) نیز کم بودن فاکتور روشنایی را نتیجه‌ی مقادیر بالاتر محتوای ملانین و بالاتر بودن درصد رنگدانه‌ی کاروتنوئید در پوست دانست. نتایج مطالعات دیگری نیز روند افزایش رنگ قرمز را با قرارگیری در معرض متیل‌تستوسترون یا مواد آندروژنی نشان می‌داد. در نرهای بالغ گوپی نواحی دارای نقاط نارنجی پس از قرار گرفتن در معرض غلظت‌های بالای اکتیل‌فنول یا استرادیول تحت تاثیر قرار گرفت (Bayley *et al*., 1999; Toft and Baatrup, 2001). در مطالعه‌ی Pikulkaew وWongsathein (2006) نیز شدت رنگ قرمز در ناحیه‌ی باله‌ی دمی تحت تاثیر غلظت‌های مشخص مواد مشابه دی‌کلرو دی‌فنیل ـ تری‌کلرواتان (یک ماده‌ی استروژنی)، کاهش را نشان می‌داد. Bayley و همکاران در سال (2002 (در مورد ماهیان جوان نتیجه گرفت که ماهیان در معرض آنتی‌آندروژن-های وینکلوزولین و DDE- p,p' Dichlorodiphenyl-trichloroethane (DDT) و فلوتامید کاهش در میزان رنگ نارنجی را نشان می‌دهند. Devasurenda و همکاران (2007) با استفاده از غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا از یک آنالوگ آندروژن در این ماهی، افزایش میزان رنگدانه‌های دروزوپترین را که به همراه رنگدانه‌های کاروتنوئید نقاط قرمز را در این ماهی ایجاد می‌کنند، گزارش داد و ایجاد نقاط نارنجی در این ماهی را بیشتر تحت تاثیر آندروژن‌ها دانست.

دروزوپترین و کاروتنوئید در ایجاد کرومای نقاط نارنجی نقش دارند. بنابراین می‌توان وجود ایـن دو رنگدانـه را در ماهیان مورد بررسی، در نظر گرفت. فاکتور روشنایی نیز به میزان نوری اشاره دارد که رنگ مورد نظررا بازتاب داده یـا از خود عبور می‌دهد که این مسئله باعث تمایز بین رنگ‌های روشن و تیره می‌شود.

ماهیان می‌توانند با پخش کردن و جمع کردن رنگدانه‌ها در کروماتوفور به سرعت (تغییر رنگ فیزیولوژیکی) یا بـا تغییر میزان رنگدانه‌ها و یا تعداد کروماتوفورها (تغییـر رنـگ مورفولـوژیکی)، رنـگ خـود را تغییـر دهنـد (Stepien, 1986). افزایش گسترده و در عین حال آرام رنگدانه‌ها و به خصوص رنگ قرمز در این مطالعه در مدت زمـانی اجـرای آزمایش، نشان‌دهنده‌ی این است که تغییر رنگ در آنها از نوع مورفولوژیکی بوده و دلیل آن تغییر در میزان رنگدانه‌ها یا میزان کروماتوفورها می‌باشد. Joakim Larssonو همکـاران) (2002نیـز در مـورد ماهیـان گـوپی قـرار گرفتـه در معرض مواد آندروژنی همین نتیجه را گرفت و افزایش رنگ قرمز را نشان داد.

منابع

سازمان تحقیقات و آموزش شیلات ایران.۱۳۷۵. اطلس ماهیان خلیج فارس و دریای عمان. سازمان تحقیقات وآموزش شیلات ایران

بلگواد، ه. و لوپنتین، ب.۱۳۷۷. ماهیان خلیج فارس.(ترجمه اعتماد، الف. و مخیر، ب). انتشارات دانشگاه تهران. ایران.

Bayley, M., Nielsen, J. R. & Baatrup, E. 1999. Guppy sexual behavior as an effect biomarker of estrogen mimics. Ecotoxicology and Environmental Safety, 43: 68-73.

Bayley, M., Junge, M. & Baatrup, E. 2002. Exposure of juvenile guppies to three antiandrogens causes demasculinization and a reduced sperm count in adult males. Aquatic Toxicology, 56 (4): 227-239.

CIE (Commission Internationale de 1' Ecalairage). 1978. Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms. Supplement No 2 to CIE Publication No 15, Colorimetry, Bureau Central de la CIE, Paris.

Devasurenda, R. S., Wanigasekera, A., Arulkanthan, A. & Jayasooriya, A. P. 2007. Identification of androgen induced pigments in Guppies (*Poecilia reticulata*). Proceedings of the peradeniya. University Research Sessions, Sri Lanka 12 (I): 164-5.

Endler, J. A. 1983. Natural and sexual selection on color patterns in Poeciliid fishes. Environmental Biology of Fishes, 9: 173-190.

Endler, J. A. & Houde, A. E. 1995. Geographic variation in female preferences for male traits in *Poecilia reticulate*. Evolution, 49: 456-468.

Evans, J. P., Bisazza, A. & Pilastro, A. 2004. Female mating preferences for colorful males in a population of guppies subject to high predation. Journal of Fish Biology, 65: 1154-1159.

Hopper, A. F. 1965. Inhibition of regeneration of the gonopodium of the guppy by treatment with thiouracil. Journal of Experimental Zoology, 159: 231-240.

Houde, A. E. 1987. Mate choice based on naturally occurring color pattern variation in a Guppy population. Evolution, 41: 1-10.

Houde, A. E. & Endler, J. A. 1990. Correlated evolution of female mating preferences and male color patterns in the Guppy, *Poecillia reticulata*. Sience, 248: 1405-1408.

Joakim Larsson, D. G., Kinnberg, K., Sturve, J., Stephensen, E., Skon, M. & Forlin, L. 2002. Studies of masculinization, detoxification, and oxidative stress responses in Guppies (*Poecilia reticulata*) exposed to effluent from a Pulp Mill. Ecotoxicology and Environmental Safety, 52: 13-20.

Lopez, S. 1998. Acquired resistance effects male sexual display and female choice in guppies. Proceedings of the Royal Society of London, 265 (B): 717_ 723.

Nielsen, L. & Baatrup, E. 2006. Quantitative studies on the effects of environmental estrogens on the testis of Guppy, *Poecilia reticulate*. Aquatic Toxicology, 80: 140-148.

Pandian, T. J. & Sheela, S. G. 1995. Hormonal induction of sex reversal in fish. Aquaculture, 138: 1-22.

Pandey, S. 1969. The role of pituitary and gonadal hormones in the differentiation of testis and secondary sex characters of the juvenile Guppy *Poecilia reticulate* peters. Biology of Reproduction, 1: 272-281.

Pavlidis, M., Papandroulakis, N. & Divanach, P. 2006. A method for the comparison of chromaticity parameters in fish skin: preliminary results for coloration pattern of red skin Sparidae. Aquaculture, 258: 211-219.

Pikulkaew, S. & Wongsathein, D. 2006. The effect of DDT congeners on reproductive function in male Guppy (*Poecilia reticulate*). Chiang Mai University Journal, 5 (2): 219-228.

Pilastro, A., Evans, J. P., Sartorelli, S. & Bisazza, A. 2002. Male phenotype predicts insemination success in guppies. Proceedings of the Royal Society of London, 269 (B): 1325-1330.

Rodric- Brown, A. 1985. Female preference & sexual selection for male coloration in the Guppy, *Poecilia reticulata*. Behavioral Ecology and Sociobiology, 17: 199-206.

Stepien, C. A. 1986. Regulation of color morphic patterns in the giant kelp fish, *Heterostichus rostratus* Girard: Genetic versus environmental factors. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 100: 181-208.

Toft, G. & Baatrup, E. 2001. Sexual characteristics are altered by 4-tert-octylphenol and 17β-estradiol in the adult male guppy (*Poecilia reticulate*). Ecotoxicology and Environmental Safety, 48: 76-84.

Zar, J. H. 1996. Circular Distributions, Biostatistical Analysis, 3rd edition. Prentice-Hall International, INC.