

## Changing in Plasma Factors in Sobaity (*Sparidentex hasta*), in Different Environmental Salinities

A. Mir-Aali<sup>1</sup>, A. A. Movahedi-Nia<sup>2\*</sup>, R. Abdi<sup>3</sup>,  
M. P. Salati<sup>4</sup>

1. M. Sc. Student, Department of Marine Biology, Khoramshahr University of Marine Science and Technology, Iran
2. Assistant Professors, Department of Marine Biology, Khoramshahr University of Marine Science and Technology, Iran
3. Assistant Professors, Department of Marine Biology, Khoramshahr University of Marine Science and Technology, Iran
4. Assistant Professor, Department of Fishery, Faculty of Natural Resources, Khoramshahr University of Marine Science and Technology  
(Received: Oct. 28, 2013; Accepted: Sep. 18, 2014)

### Abstract

144 juvenile Sobaity, *Sparidentex hasta*, after acclimation to laboratory conditions and sea water (40ppt) for one week, sea water was used with different salinities (5, 20 and 60ppt) and seawater (40ppt) as control. Samplings were performed at 6 and 12 hours, 1, 2, 7 and 14 days after the time of changing in environmental salinities. Blood samples were collected for plasma cortisol, glucose and electrolytes analysis. According to the results, plasma levels of cortisol showed significant increases in 5 and 60 ppt environment in relation to control and 20ppt groups 12 hours from the beginning of the experiment. However in 24h samples up to the end of the experiment (14days) there were no significant differences among treatments. Plasma glucose levels showed a significant increase only at 12h sampling time in relation to 6 and 24hours in fish adapted to 5 and 60ppt. Plasma  $Ca^{++}$  concentrations had no significant changes during experiment. Plasma  $Mg^{++}$  amounts decreased significantly in 5 and 20 ppt groups in relation with control at 24 h sampling time. In conclusion, cortisol has important role in adaptation to both 5 and 60ppt at the beginning of the exposure, because of its significant increase at just 12 hours in 5 and 60 ppt than the controls, but the role of cortisol has been replaced with other changes in osmoregulatory related tissues and cells according to the plasma cortisol amounts in 5 and 60ppt that returned to the basic levels.

**Keywords:** Osmoregulation, Cortisol, Glucose, Electrolytes, Ecophysiology.

## بررسی تغییرات میزان فاکتورهای پلاسمایی در ماهی صیبتی (*Sparidentex hasta*)، بر اثر تغییرات شوری محیطی

آسیه میرعالی<sup>۱</sup>، عبدالعلی موحدی نیا<sup>۲\*</sup>، رحیم عبدی<sup>۳</sup>،  
امیر پرویز سلاطی<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
۲. استادیار، گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
۳. استادیار، گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
۴. استادیار، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر  
(تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۶، تاریخ تصویب: ۹۳/۶/۲۷)

### چکیده

۱۴۴ عدد ماهی جوان صیبتی (*Sparidentex hasta*) پس از یک هفته آدپتاسیون با شرایط آزمایشگاه و شوری دریا، در شوری‌های ۵، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گرم در لیتر قرار داده شد. نمونه‌برداری از ماهیان در ۶ مرحله در ساعت ۶، ۱۲، ۲۴، ۷۲، ۱۴۴ و ۲۸۸ ساعت از آغاز تغییر شوری محیطی انجام شد. نتایج نشان داد سطوح کورتیزول پلازما در زمان ۱۲ ساعت در شوری‌های ۵ و ۶۰ گرم در لیتر افزایش معنی‌داری را نسبت به نمونه‌های کنترل و شوری ۲۰ گرم در لیتر داشت، اما بعد از آن در زمان ۲۴ ساعت تا پایان دوره نمونه‌برداری بین شوری‌های مختلف اختلافی مشاهده نشد. میزان گلوکز نیز در تیمارهای ۵ و ۶۰ گرم در لیتر، پس از ۱۲ ساعت مواجهه، افزایش معنی‌داری نسبت به ساعات ۶ و ۲۴ نمونه‌برداری نشان داد، اما در طول دوره آزمایش در سایر شوری‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. غلظت پلاسمایی کلسیم خون در ماهی صیبتی در شوری‌های مختلف محیطی در طی دوره آزمایش اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. در بررسی غلظت منیزیم پلازما، ۲۴ ساعت پس از تغییر شوری، کاهش معنی‌داری در نمونه‌های مربوط به شوری‌های ۲۰ و ۵ گرم در لیتر در مقایسه با نمونه‌های کنترل مشاهده شد. نتایج نشان داد، هم در سازش با شوری ۵ و هم برای سازش با شوری ۶۰ گرم در لیتر، افزایش کورتیزول نقش مهمی در ابتدای مواجهه با شوری‌های جدید داشته است، به گونه‌ای که میزان آن طی ۱۲ ساعت نسبت به نمونه‌های کنترل افزایش معنی‌داری داشته است، اما پس از آن و به تدریج با ایجاد سایر تغییرات در بافت‌ها و سلول‌های مؤثر در تنظیم اسمزی، مقادیر کورتیزول به سطوح پایه بازگشت.

**واژه‌های کلیدی:** تنظیم اسمزی، کورتیزول، گلوکز، الکترولیت‌ها، اکوفیزیولوژی.

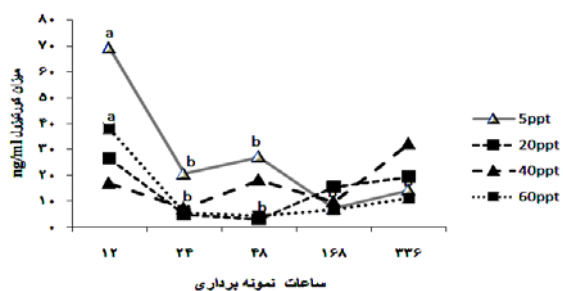
\* نویسنده مسئول:

## مقدمه

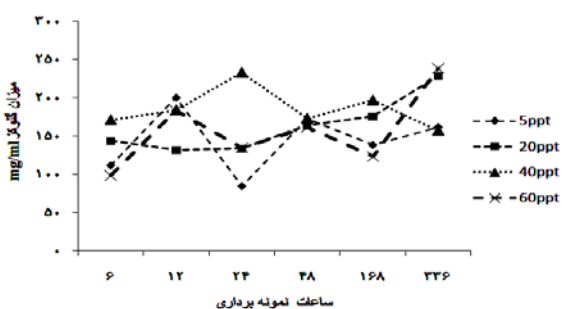
شوری یکی از مهمترین فاکتورهایی است که موجودات آبی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. موجودات خشکی‌زی و آبی فشار اسمزی سلول‌هایشان را بوسیله تنظیم جریان یون‌ها و آب از غشاء سلولی با صرف انرژی کنترل کرده و ثابت نگه می‌دارند. مکانیسم‌های تنظیم اسمزی و یونی در ماهیان به طرز چشم‌گیری رشد نموده و به آنها امکان سکونت و زندگی در نواحی اکولوژیک بسیاری را (از آب‌های بسیار شور تا آب شیرین گرفته) داده است. در صورت عدم وجود فعالیت تنظیم اسمزی، آبی با از دست رفتن بسیاری از یون‌ها و مولکول‌های حیاتی و یا عکس این موضوع (ورود یون‌ها و مولکول‌های محیطی به بدن) آسیب خواهد دید. بررسی تغییر در الکترولیت‌های خون ماهی‌های یوری هالین در پاسخ به شوری به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته است. توانایی سازش با شوری‌های مختلف به توانایی ماهی‌ها در تنظیم جذب و ترشح یون‌ها و حفظ موازنه آب و مواد معدنی وابسته است (Rodriguez et al., 2002). سازش ماهی دریایی با شوری‌های کم، معمولاً وقتی زمان کافی وجود داشته باشد، منجر به تفاوت‌های کم، بین سطوح فاکتورهای پلاسمایی قبل و بعد از انتقال می‌شود (Woo and Chung, 1995). کورتیزول، عمده‌ترین کورتیکو استروئیدی است که از غده بین کلیوی به داخل جریان خون ماهیان استخوانی آب شیرین و دریا آزاد می‌شود. کورتیزول یکی از مهمترین هورمون‌ها در تنظیم اسمزی ماهیان است و اثر مثبتی بر تنظیم اسمزی در آب دریا دارد و در تنظیم اسمزی در آب‌های شیرین کم یون نیز مؤثر است (McCormick, 2001). تغییرات گلوکز از جمله اولین سطوح پاسخ بدن ماهی به شرایط محیطی هستند. هدف از انجام مطالعه حاضر، بررسی اهمیت و نقش کورتیزول به عنوان یک هورمون مهم در پاسخ به استرس و همچنین سازش با شوری‌های مختلف و تغییرات سطوح الکترولیت‌های پلازما و گلوکز به عنوان متابولیت مهم در تنظیم اسمزی بود.

## مواد و روش‌ها

تعداد ۱۴۴ عدد ماهی صیبتی به مدت یک هفته در تانک‌های محتوی آب دریا با شوری ۴۰ گرم در لیتر به منظور تطابق با شرایط جدید انتقال داده شدند. پس از دوره سازگاری، ماهی‌ها به تانک‌های حاوی شوری‌های مختلف انتقال یافتند. شوری‌های مورد آزمایش ۵، ۲۰ و ۶۰ به همراه کنترل (۴۰) گرم در لیتر بودند و برای هر شوری سه تانک تکرار در نظر گرفته شد. دلیل استفاده از شوری‌های ۶۰ و ۵ گرم در لیتر، این بود که در خیلی از زمان‌ها این موجود در مناطق ساحلی زندگی می‌کند و در اثر بارندگی شدید و تبخیر زیاد، شوری این مناطق دستخوش تغییرات شدیدی می‌شود که بر موجودات این مناطق تأثیر زیادی می‌گذارد. برای تهیه شوری‌های مورد نظر از نمک دریا استفاده می‌کنیم؛ به این صورت که برای تهیه شوری‌های پایین‌تر از آب دریا، (۵ و ۲۰ گرم در لیتر) به آب دریا آب شیرین اضافه می‌کنیم تا زمانی که شوری به مقدار مورد نظر برسد و برای تهیه شوری ۶۰ گرم در لیتر به آب دریا نمک دریا را اضافه می‌کنیم. نمونه‌برداری از ماهیان در ۶ مرحله در ساعت ۶، ساعت ۱۲، روز ۱، روز ۲، روز ۷ و روز ۱۴ (به صورت همزمان و ۱ ماهی از هر تانک، ۳ ماهی از هر تیمار) انجام شد. ماهیان از طریق روش حمام و به‌وسیله گل میخک بی‌هوش شدند. پس از این مرحله با استفاده از سرنگ ۲ سی‌سی، از ماهی، ۱ میلی‌لیتر نمونه خون تهیه شد. نمونه‌های خونی به مدت ۱۰ دقیقه در سانتریفیوژ با دور ۶۰۰۰ rpm قرار گرفته و پلاسمای آن برای سنجش برداشت شد. نمونه‌ها تا زمان سنجش در فریزر ۸۰- نگهداری شدند. سنجش غلظت کورتیزول (ng/ml) به روش رادیو ایمنواسی (RIA) با استفاده از کیت تجاری ImmunoTech (RIA kit<sup>125</sup>I، فرانسه) انجام شد. برای اندازه‌گیری غلظت کلسیم، منیزیم و گلوکز (mg/100ml) پلازما از روش رنگ‌سنجی<sup>۱</sup> با

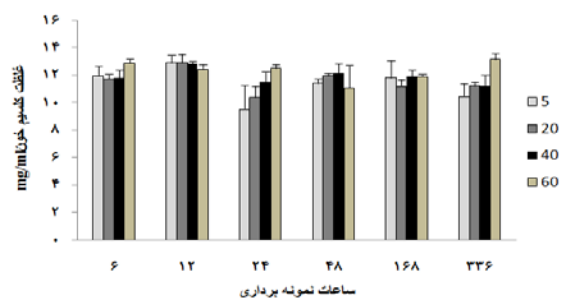


شکل ۱. بررسی تغییرات غلظت کورتیزول پلاسمای طی سازش با شوریه‌های مختلف



شکل ۲. بررسی غلظت گلوکز خون ماهی صبیتی طی سازش با شوریه‌های مختلف

در بررسی حاضر غلظت پلاسمایی کلسیم خون در ماهی صبیتی در شوریه‌های مختلف محیطی دوره آزمایشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳).



شکل ۳. بررسی غلظت کلسیم پلاسمای ماهی صبیتی طی سازش با شوریه‌های مختلف

در بررسی غلظت منیزیم پلاسمای ۲۴ ساعت پس از تغییر شوریه، کاهش معنی‌داری در نمونه‌های مربوط به شوریه‌های ۲۰ و ۵ گرم در لیتر در مقایسه با نمونه‌های کنترل مشاهده شد (شکل ۴).

استفاده از دستگاه Technicon RA 1000 Analyzer و کیت تجاری مخصوص هر کدام (MAN) صورت گرفت ( Kelly et al., 1999; Moron et al., 2003). روش رنگ‌سنجی برای اندازه‌گیری فاکتورهای مربوطه بر اساس ایجاد رنگ در مجاورت معرف مربوطه می‌باشد. دستگاه آنالایزر Technicon RA1000 به طور اتوماتیک حدود ۲۰۰ μl نمونه (پلاسمای) را کشیده و با همین یک بار برداشت نمونه، تمام سنجش‌ها را انجام می‌دهد. جهت مقایسه میانگین غلظت‌های گلوکز و کورتیزول پلاسمای در شوریه‌های مختلف در زمان‌های متفاوت نمونه‌برداری از آزمون آنالیز واریانس One Way Anova استفاده و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار برای مقایسه دویه دوی داده‌ها از پس آزمون Tukey استفاده شد.

### نتایج

در شوریه‌های ۵ و ۶۰ گرم در لیتر ۱۲ ساعت پس از اعمال شوریه‌های جدید، میزان کورتیزول بیشتر از سایر زمان‌ها بود. سطوح کورتیزول پلاسمای در زمان ۱۲ ساعت بین شوریه‌های ۵ و ۶۰ گرم در لیتر افزایش معنی‌داری را نسبت به نمونه‌های کنترل و شوریه ۲۰ گرم در لیتر داشت ( $P < 0.05$ )، اما بعد از آن در زمان ۲۴ ساعت تا پایان دوره نمونه‌برداری بین شوریه‌های مختلف اختلافی مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ) (شکل ۱).

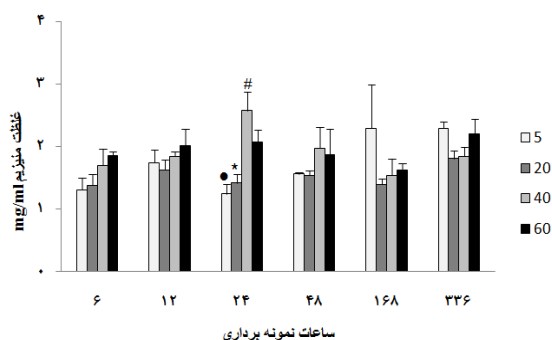
بررسی تغییرات غلظت گلوکز در طی سازگاری شوریه‌های مختلف نشان داد میزان این متابولیت نمونه‌های سازش داده شده با شوریه‌های ۵ و ۶۰ گرم در لیتر در ساعت ۱۲ افزایش معنی‌داری نسبت به ساعات ۶ و ۲۴ دارد ( $P < 0.05$ ) اما مقدار آن در طول دوره آزمایش در سایر شوریه‌های مورد بررسی تغییرات معنی‌داری را نشان نداد ( $P > 0.05$ ). در ۲۴ ساعت اول دوره آزمایش بین شوریه‌های ۵ و ۴۰ گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری در میزان گلوکز پلاسمای مشاهده شد ( $P < 0.05$ ) (شکل ۲).

## بحث و نتیجه‌گیری

در ماهیان افزایش میزان کورتیزول پلازما به طور معمولی به عنوان یک نشانگر اولیه در پاسخ به استرس استفاده می‌شود (Giari et al., 2006). Franklin et al. (1992) روند سازگاری ماهی آزاد sockeye را با آب شور مطالعه کردند. نتایج، حاکی از افزایش زیاد و سریع کورتیزول در این ماهی می‌باشد. باید اشاره کرد که این افزایش دوباره پس از زمان کوتاهی (۲۴ ساعت) به میزان عادی برگشت. Movahedinia et al. (2009) با بررسی پاسخ کورتیزول به شوری‌های مختلف در ماهی شانک زرد باله، نشان داد سطوح هورمون کورتیزول پس از انتقال به شوری بالاتر از آب دریا (۶۰ گرم در لیتر) سریعاً افزایش می‌یابد، به طوری که غلظت آن در خون ماهیان، ۱۲ ساعت پس از انتقال به آب دریای غلیظ‌شده (۶۰ گرم در لیتر)، تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های تیمار کنترل داشت، همچنین این مقدار در مقایسه با نمونه‌های شوری ۲۰ گرم در لیتر افزایش معنی‌داری داشت. این سطوح افزایش یافته تا روز سوم پس از انتقال همچنان وجود داشت. اما مقادیر آن از روز هفتم به سطوح عادی بازگشت. افزایش کورتیزول بلافاصله پس از ورود به آب شور می‌تواند پاسخی به استرس تغییر سریع شوری باشد؛ هورمون گلیکوکورتیکوئیدی کورتیزول به عنوان مینرالوکورتیکوئید و نیز محرک ذخیره انرژی بیشترین تأثیر مستقیم را در تنظیم فیزیولوژیک در شرایط جدید اسموتیک محیطی برای ماهیان دارد. از طرفی انتقال سریع از آب شیرین به آب شور و بر عکس، به عنوان عامل استرس‌زای مؤثر، توانایی برانگیختن پاسخ به استرس را دارد. Barton et al. (2002) نشان دادند که پاسخ‌های فیزیولوژیکی استرس وابسته به شدت و میزان عوامل استرس‌زا است و هورمون کورتیزول و متابولیت‌های شاخص در تنش‌های محیطی از جمله گلوکز اولین سطوح پاسخ بدن ماهی به شرایط محیطی هستند. تغییرات سطوح متابولیت‌های خون ناشی از شوری نیز در تعدادی از گونه‌های دریایی به خوبی بررسی شده است (Mancera et al., 1993);

Munro et al., 1994; Woo&Chung,1995; Kelly et al., 1999). تغییر سطح متابولیت‌های خون در پاسخ به تغییرات شوری می‌تواند بازتاب از دست دادن هومئوستاز باشد یا یک پاسخ جبرانی را نشان دهد (Schreck, 1990). Laiz-Carrion et al. (2005) در بررسی سطوح گلوکز در شوری‌های مختلف بر روی ماهی شانک gilthead تغییر معنی‌داری مشاهده نشد. در بررسی تغییرات سطح گلوکز در ماهی کپور معمولی در طی سازگاری با شوری‌های مختلف یک روند افزایشی نشان داده شد. به این معنی که در پاسخ به تغییرات شوری مقدار گلوکز پلازما افزایش معنی‌داری یافته و بیشترین مقادیر در شوری ۱۲ گرم در لیتر مشاهده گردید (Salati et al., 2010). یکی از علت‌های افزایش گلوکز را باید تأثیرگذاری مستقیم هورمون کورتیزول برای راه اندازی و تسریع گلیکولیز در بافت کبد و آزادسازی گلوکز به خون برای مقابله با عامل استرس زا دانست (Munro et al., 1994). عدم تغییر در غلظت کلسیم مشابه با نتایج توسط Hickman & Trump (1969) نیز در مطالعه ماهیان استخوانی با محاسبه مقادیر پاکسازی پلازما و ادرار بدست آمد. ماهیان استخوانی یوری هالین سازش یافته با آب دریا و گونه‌های دریایی، ادرار با غلظت بالای کلسیم تولید می‌کنند که مقدار آن به وضوح در پلازما بالا می‌باشد (Bijveldts et al., 1997). در بررسی انجام‌شده بر روی *Paralichthys orbignyanus* طی سازگاری با شوری‌های مختلف افزایش اندکی در میزان پلازما گزارش شد (Ander et al., 2002). احتمالاً دلیل کاهش مشاهده شده در میزان غلظت منیزیم، افزایش در میزان فیلتراسیون در پی ورود حجم بالای آب به بدن ماهی بوده که میزان ادرار و هم زمان ترشح توبولی منیزیم را افزایش می‌دهد و در ادامه با سازش ماهی در شوری‌های پایین‌تر ترشح توبولی منیزیم به شدت محدود می‌شود. مشاهدات حاصل از مطالعه روی ماهیان آب شیرین، نشان می‌دهد که در این

نسبت به نمونه‌های کنترل، افزایش معنی‌داری داشته است، اما پس از آن و به تدریج با ایجاد سایر تغییرات در بافت‌ها و سلول‌های مؤثر در تنظیم اسمزی، مقادیر کورتیزول به سطوح پایه بازگشت.



شکل ۴. بررسی غلظت منیزیم پلازما ماهی صبیتی طی سازش با شوریه‌های مختلف

ماهیان فیلتراسیون کلیوی با سرعت بالا و باز جذب تقریباً تمام مواد محلول انجام و بنابراین حجم زیادی ادرار رقیق تولید می‌شود؛ لذا در این روش آبی که از طریق اسمزی وارد بدن شده است با حداقل دفع یون از بدن خارج می‌شود (Evans *et al.*, 1999). از طرفی تغییرات هیستولوژیک که در کلیه ماهی در طول سازش اسمزی اتفاق افتاده منجر به دگرگونی بازده در ترشح، سرعت فیلتراسیون گلومرولی و تولید ادرار در شرایط محیطی هایپراسمتیک و هایپواسمتیک شد (Beynabach, 1995; Renfro, 1995).

نتایج نشان داد، هم در سازش با شوری ۵ و هم برای سازش با شوری ۶۰ گرم در لیتر، افزایش کورتیزول نقش مهمی در ابتدای مواجهه با شوریه‌های جدید داشته است، به گونه ای که میزان آن طی ۱۲ ساعت

## REFERENCES

- Barton, BA.; (2002) Stress in fishes: A diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integ Comp Biol*, 42: 517-525.
- Beynabach, KW.; (1995) Secretory electrolyte transport in renal proximal tubules of fish. In: Wood CM, Shuttleworth TJ (editors) *Fish physiology, ionoregulation: cellular and molecular approaches*. 3<sup>rd</sup> Ed, New York: Academic Press, 85-106.
- Bijvelds, MJC.; Kolar, Z.; Wenderlaar Bonga, SE.; (1997) Mineral balance in *Oreochromis mossambicus*: Dependence on magnesium in diet and water. *Fish Physiol Biochem*, 16: 323-331.
- Evans, DH.; Piermarini, PM.; Potts, WTW.; (1999) Ionic transport in the fish gill epithelium. *Exp Zool*; 283: 641-652.
- Franklin, CE.; Forster, ME.; Davison, W.; (1992) Plasma cortisol and osmoregulatory changes in sockeye salmon Transferred to seawater: comparison between successful and unsuccessful adaptation. *J Fish Biol*, 41: 113-122.
- Giari, L.; Manera, M.; Simoni, E.; Dezfuli, BS.; (2006) Changes to chloride and rodletcells in gills, kidney and intestine of Dicen (*trarchus labrax*) exposed to reduced salinities. *J Fish Biol*, 69: 590-600.
- Hickman, CP.; Trump, BF.; (1969) The Kidney. In: Hoar WS, Randall DJ (editors). *Fish Physiology*. New York: Academic Press, 91-239.
- Kelly, SP.; Chow, INK.; Woo, NYS.; (1999) Haloplasticity of black seabream (*Mylio macrocephalus*) hypersaline to freshwater acclimation. *Exp Zool*, 283: 226-241.
- Laiz-Carrion, R.; MartinDelRio, MP.; Miguez, JM.; Mancera, JM.; Soengas, JL.; (2003) Influence of cortisol on osmoregulation and energy metabolism in gilthead seabream (*Sparus aurata*). *J Exp Zool*, 298: 105-118.
- Mancera, JM.; Perez-Figares, JM.; Fernandez-Llebrez, P.; (1993) Osmoregulatory responses to abrupt salinity Changes in three uryhaline gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Comp Biochem Physiol*, 106: 245-250.

- McCormick, SD.; (2001) Endocrine control of osmoregulation in teleost fish. *Am Zool*, 41: 781-794.
- Moron, SE.; Oba, ET.; Andrade, CA.; Fernandes, MN.; (2003) Chloride cell responses to ion challenge in two tropical freshwater fish, the erythrinids *Hoplias malabaricus* and *Hoplerythrinus unitaeniatus*. *Exp Zool*, 298: 93-104.
- Movahedinia, AA.; Savari, A.; Morovvati, H.; Koochanin, P.; Marammazi, JG.; Nafisi, M.; (2009) The Effects of Changes in Salinity on Gill Mitochondria-Rich Cells of Juvenile Yellowfin Seabream, *Acanthopagrus latus*. *J Biol Sci*, 9: 710-720.
- Munro, J.; Audet, C.; Besner, M.; Dutil, JD.; (1994) Physiological Response of American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) Exposed to low salinity. *Can J Fish Aquat Sci*, 51: 2448-2456.
- Renfro, JL.; (1995) Solute transport by flounder renal cells in primary culture. In: Wood, CM and Shuttleworth, T.J. (Eds.), *Fish physiology, ionoregulation: cellular and molecular approaches*. (2<sup>nd</sup> Ed.), New York, Academic Press. PP: 147-173.
- Rodriguez, A.; Gallardo, MA.; Gisbert, E.; Santilari S, Ibarz A, Sanchez J, Castello-Sampaio LA, Bianchini A (2002) Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhaline flounder (*Paralichthys orbignyanus*). *J Exp Mar Biol Ecol*, 269: 187-196.
- Salati, AP.; Baghbanzadeh, A.; Soltani, M.; Peyghan, R.; Riazi, GH.; (2010) The response of plasma glucose, lactate, protein and hematologic parameters to osmotic challenge in common carp (*Cyprinus carpio*). *Ital J Zool*, 4: 49-52
- Schreck, CB.; (1990) Physiological, behavioral and performance indicators of stress. In: Adams SM (editor) *Biological indicators of stress in fish*. American Fisheries Symposium, Maryland, 29-37.
- Woo, NYS.; Chung, KC.; (1995) Tolerance of *Pomacanthus imperator* to hypoosmotic salinities: changes in Body composition and hepatic enzyme activity. *J Fish Biol*, 47: 70-80.