مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره پانزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۱، صفحات ۲۴۵ تا ۲۶۰

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

اثرات پساب واحدهای آب شیرین‌کن تخلیه شده به محیط‌زیست دریایی شمال خلیج فارس بر بازماندگی و تعادل یونی خرچنگ شناگر آبی، *Portunus segnis* (Forskal, 1775)

پگاه قشلاقی[۱]، احسان کامرانی[۲،۱*]، ابوالفضل ناجی[۲،۱]، مسلم دلیری[۲،۱]

۱- گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
۲- هسته پژوهشی مدیریت شیلات و توسعه پایدار اکوسیستم دریایی، معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۸
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۶/۲۱

واژگان کلیدی: پساب آب شیرین‌کن‌ها، سلامت اکوسیستم، خرچنگ شناگرآبی *(P. segnis)*، الکترولیت‌ها، خلیج فارس

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
ehsan.kamrani@hormozgan.ac.ir
eza47@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: امروزه احداث آب شیرین‌کن‌ها در سواحل در حال گسترش است، با این حال اطلاعات محدودی درباره اثرات ناشی از تخلیه پساب آنها بر سلامت اکوسیستم دریایی موجود است. از این‌رو پژوهش حاضر به هدف بررسی تأثیر پساب رهاسازی شده این تاسیسات در اکوسیستم ساحلی خلیج فارس بر بازماندگی و تعادل یونی گونه خرچنگ شناگر آبی *(P.segnis)* تحت شرایط آزمایشگاهی انجام شد.

روش بررسی: پساب دو نوع آب شیرین‌کن فعال در استان هرمزگان با فناوری‌های اسمز معکوس (RO) و حرارتی (MED) جمع‌آوری شد. سپس تعداد ۷۵ عدد خرچنگ *(P.segnis)* با میانگین (±SD) عرض کاراپاس ۹/۷۱±۲/۱۸ cm و وزن کل ۶۱/۲۲±۱/۰۴ g از سواحل بندرعباس زنده‌گیری به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌ها در ۵ تیمار (با ۳ تکرار) کاملا تصادفی تیماربندی و به مدت ۶۰ روز تحت آزمایش قرار گرفتند. مرگ و میر نمونه‌ها ثبت و در پایان از همولنف نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری الکترولیت‌های بدن (سدیم، کلسیم، منیزیم و پتاسیم) نمونه‌برداری شد.

یافته‌ها: میزان بقا خرچنگ‌ها در تیمارهای پساب نسبت به تیمار شاهد (۸۶ درصد) کاهش یافت که این کاهش در تیمارهای RO ۱۰۰ درصد و MED ۱۰۰ درصد به‌ترتیب با مقادیر ۴۶/۷ درصد و ۴۰ درصد بسیار محسوس بود ($p<0/01$). همچنین سطح الکترولیت‌های مورد بررسی نسبت به تیمار شاهد یک روند افزایشی را نشان داد که این افزایش در تیمارهای RO ۱۰۰ درصد و MED ۱۰۰ درصد شدیدتر بود ($p<0/01$).

نتیجه‌گیری: آزمایش حاضر نشان داد که تخلیه پساب آب شیرین‌کن‌ها باعث بروز تغییرات فیزیولوژیک در موجودات آبزی می‌شود که در محیط طبیعی با هم‌افزایی سایر استرس‌های اکولوژیک می‌تواند به مراتب اثرات شدیدتری داشته باشد. بنابراین ضرورت دارد که مدیران اجرایی برای به حداقل رساندن اثرات زیست‌محیطی پساب واحدهای آب شیرین‌کن تدبیری بیاندیشند، چرا که پیشگیری بهتر از درمان است.

Please cite this article as: Gheshlaghi P, Kamrani E, Naji A, Daliri M. Impacts of the seawater desalination plants' discharges on survival and ionic balance of Blue swimmer crab, Portunus segnis (Forskal, 1775), in the northern Persian Gulf. Iranian Journal of Health and Environment. 2022;15(2):245-60.

Copyright © 2022 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-11-21]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.2.9.0]

مقدمه

رشد روز افزون جمعیت انسانی، افزایش مصارف صنعتی و تغییرات آب و هوایی در بسیاری از نقاط دنیا امنیت آب شیرین مورد نیاز را به یک چالش جهانی مهم تبدیل کرده است (۱، ۲). براساس گزارش سازمان ملل متحد تقریبا ۷ میلیارد نفر تا سال ۲۰۵۰ میلادی با کمبود شدید آب سالم مواجه خواهند شد (۱، ۳)، لذا در حال حاضر شیرین سازی آب دریاها یکی از راه‌های پیش‌رو برای تأمین این نیاز حیاتی است (۴، ۵). در سالیان اخیر و به دنبال افزایش بحران آب، کشورهای حوزه خلیج فارس همواره به دنبال احداث و توسعه ظرفیت تأسیسات آب شیرین‌کن‌های خود بوده‌اند و این امر باعث شده که تقریبا ۵۰ درصد از تولید پساب جهانی (۵۱/۷ میلیارد متر مکعب در سال) مربوط به این منطقه از دنیا باشد (۶، ۷). علیرغم سودمندی‌های بسیاری که احداث تأسیسات آب شیرین‌کن به همراه دارد، اما برجای ماندن مقادیر زیادی از نمک و املاح معدنی که طی فرایند شیرین سازی آب تولید می‌شود (پساب آب شیرین‌کن‌ها) عمده‌ترین مشکل این تأسیسات است (۱، ۴) و اثرات آن بر محیط زیست دریایی بسیار جای کار و بررسی دارد. خلیج فارس به علت عمق کم (با میانگین عمقی m ۳۶)، شوری زیاد، تبخیر شدید، ورودی محدود آب شیرین، دمای بالای آب و ارتباط کم با آب‌های آزاد دریا، اکوسیستم منحصر به فردی است که همواره در برابر آلودگی‌های نفتی و مشتقات آن، تنازعات نظامی، تردد کشتی‌ها و تانکرهای نفتی، افزایش فعالیت‌های صنعتی و اقتصادی، فاضلاب شهری و ... بسیار آسیب پذیر بوده و نسبت به سیستم‌های باز اقیانوسی در برابر تخلیه پساب واحدهای آب شیرین‌کن حساس‌تر است (۸-۱۳). بنابراین سلامت اکوسیستم خلیج فارس همواره توسط عوامل استرس‌زای محیطی و انسانی متعدد در حال تهدید است (۹، ۱۲، ۱۴). در حال حاضر ۲۱۳ دستگاه آب شیرین‌کن فعال در خلیج فارس و ۵۱ دستگاه در حال ساخت یا نصب در حال فعالیت هستند که تقریبا ۱۲ کیلومتر مکعب در سال پساب غلیظ خروجی آنها به خلیج فارس ریخته می‌شود (۲، ۱۵، ۱۶). البته میزان و نوع تاثیرات ناشی از تخلیه پساب آب شیرین‌کن به دریا می‌تواند به روش فنی حذف نمک از آب دریا بستگی داشته باشد، به طوری‌که Gorjian و همکار (۲۰۱۵) گزارش می‌کنند که بیشترین فناوری کاربردی در واحدهای آب شیرین‌کن در ایران شامل اسمز معکوس ((Reverse osmosis (RO)) (با تقریبا ۵۰ درصد فراوانی) و تقطیر چندگانه به روش حرارتی ((Multiple Effect Distillation (MED)) (تقریبا ۴۱ درصد) است (۱۷) البته در کنار محصول آب شیرین تولیدی، در هر دو فناوری پساب‌های با درجه حرارت بالا (در فرایند MED) و غلظت زیاد املاح (حدود دو برابر شوری آب دریا) نیز تولید می‌شود (۱۸). بنابراین رهاسازی این پساب‌ها به محیط زیست دریایی و تماس طولانی مدت موجودات آبزی با آن ممکن است مستقیما بر توزیع، فراوانی و تنوع زیستی تأثیر بگذارد (۱۹، ۲۰). طبق مطالعه میدانی Petersen و همکاران (۲۱)، قرار گرفتن مرجان‌ها در معرض غلظت پساب‌های تخلیه شده به ساحل با و بدون افزودن ضد رسوب در یک محیط آزمایشی، طیف وسیعی از تأثیرات منفی را بر پارامترهای سلامت مرجان‌ها و جلبک همزیست آنها دارد، همچنین آنها بیان می‌کنند که اگرچه حساسیت و پاسخ‌ها بین گونه‌ها متفاوت بوده اما افزودن ضد رسوب و مواد ضدعفونی کننده به آب ورودی آب شیرین‌کن‌ها اغلب منجر به تغییرات در محتوای پروتئین مرجان‌ها و کاهش فراوانی جلبک zooxanthellae می‌شود (۲۱، ۲۲).

مطالعه ترکیبات موجود در خون یا همولنف موجودات آبزی ابزار مناسبی برای نظارت بر شرایط فیزیولوژیک این جانوران در برابر استرس‌های محیطی است (۲۳، ۲۴). الکترولیت‌ها عناصر و مواد شیمیایی هستند که در ترکیب با آب توانایی هدایت جریان الکتریسیته را دارند و به‌صورت طبیعی در بدن موجودات زنده (از جمله آبزیان) حضور دارند و نقش آنها کنترل عملکردهای مهم فیزیولوژیک بدن است (۲۵-۲۷). الکترولیت‌ها مکانیسم‌های مختلفی را در بدن از انقباض عضلات گرفته تا هیدارته نگه داشتن بدن برای تنظیم سطوح مایع را پشتیبانی می‌کنند و لازم است این ترکیبات در یک سطح تعادلی قرار داشته باشند تا موجود زنده به خوبی عملکرد داشته باشد (۲۷). اختلال الکترولیت یا عدم تعادل الکترولیت زمانی ایجاد می‌شود که سطح الکترولیت‌ها در بدن بسیار بالا برود یا بسیار کم شود و در این شرایط سیستم‌های حیاتی بدن تحت تاثیر

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-11-21]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.2.9.0]

قرار می‌گیرند (۲۶، ۲۷) و حتی در موارد شدید می‌تواند منجر به مرگ موجود زنده شود (۲۶). کلسیم، سدیم، پتاسیم، منیزیم و فسفر انواع الکترولیت‌های بدن هستند و از آنجایی‌که از ارتباط سلولی، ترشح هورمون‌ها و ترمیم بافت پشتیبانی می‌کنند حفظ تعادل مقادیر آنها بسیار مهم است. سطوح الکترولیت آبزیان می‌تواند در ارتباط با میزان املاح موجود در آب تغییر کند (۲۶). Hosseinzadeh Sahafi و همکاران نیز در سال ۲۰۱۳ (۲۸) دریافتند تغییرات فاکتورهای خون ماهیان پاسخی است بر استرس‌های محیطی و با بررسی دقیق آنها می‌توان اطلاعات ارزشمندی را در جهت تشخیص بیماری‌ها و نارسائی‌ها و شرایط غیر نرمال به دست آورد. در مورد بی‌مهرگان نیز همین امر صدق می‌کند، به طوری‌که طبق مطالعه Long و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی وضعیت فیزیولوژیک و سلامت خرچنگ مودار شانگ‌های، Eriocheir sinensis Milne-Edwards, 1853، که در معرض استرس‌های محیطی انجام شد، پارامترهای بیوشیمیایی همولنف به طور کلی منعکس کننده شرایط نامناسب محیطی خرچنگ است (۲۹). Smyth و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش کردند که تغییرات در شوری آب و فاکتورهای محیطی تأثیرات نامطلوبی بر موجودات استنوهالین از نظر رشد و بقای غیرطبیعی لارو و لقاح اسپرم آنها دارد (۳۰). محققین بسیاری از سخت پوستان، خصوصا خرچنگ‌ها برای شناسایی سریع اثرات آلاینده‌ها بر محیط‌های آبی استفاده نموده‌اند و توانسته‌اند طیف وسیعی از آلاینده‌های انسانی، شیمیایی و صنعتی را مورد بررسی و مطالعه قرار دهند. از خرچنگ‌ها به عنوان موجودات شاخص زیستی (Bioindicators) برای تشخیص آلودگی‌های محیطی استفاده می‌شود (۳۱)، چرا که (۱) نمونه برداری از این موجودات در تمام طول سال به سهولت امکان پذیر است (۳۲) و می‌توان از آنها برای نظارت موثر و دقیق استفاده کرد (۳۳) و (۲) آلاینده‌ها غالبا در خرچنگ‌ها سبب ایجاد اختلال در واکنش‌های رفتاری و میزان بازماندگی آنها می‌شوند (۳۴).

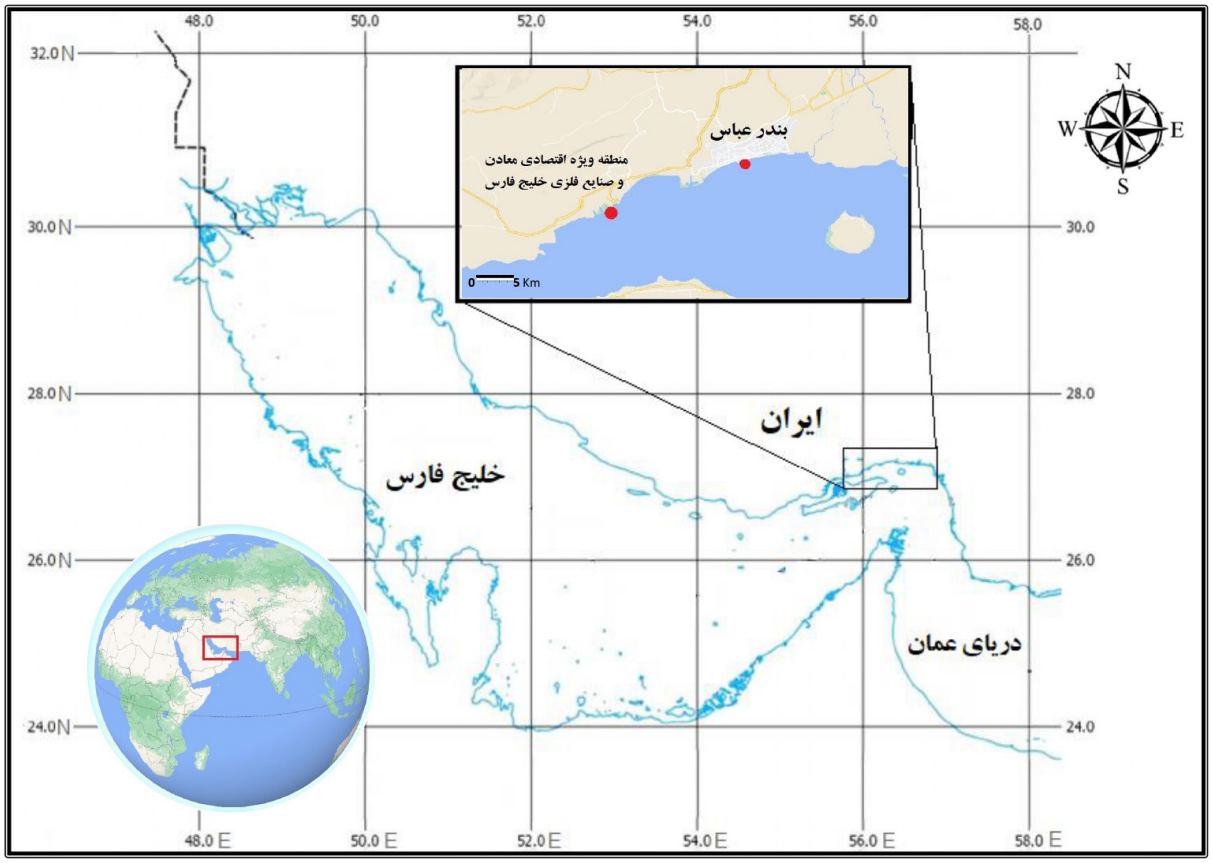
با این تفاسیر، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی اثرات استرس‌های ناشی از تماس موجودات آبزی خلیج فارس با پساب تأسیسات آب شیرین‌کن انجام شد و برای این منظور گونه خرچنگ شناگر آبی با نام علمی *Portunus segnis* (Forskal, 1775) به عنوان نمونه جانوری انتخاب شد. خرچنگ شناگر آبی به دلیل اهمیت اکولوژیک، اقتصادی و همچنین غذایی یکی از گونه‌های مهم سخت پوستان دریایی در آب‌های خلیج فارس و دریای عمان به شمار می‌رود که معمولا در طیف وسیعی از مناطق نزدیک ساحل تا فلات قاره و در بسترهای مختلف ماسه‌ای، گلی و زیستگاه‌های جلبکی و علف دریایی و از منطقه جزر و مدی تا عمق m ۵۰ دیده می‌شوند (۳۵، ۳۶). بنابراین نمونه‌های خرچنگ در شرایط آزمایشگاهی در معرض تماس با غلظت‌های مختلف پساب خروجی واحدهای آب شیرین‌کن فعال در استان هرمزگان قرار گرفتند و نرخ بقا و وضعیت تعادل الکترولیت‌های همولنف آنها مورد آزمایش قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

_ نمونه‌برداری و آماده‌سازی محیط آزمایش

در فاز اول تحقیق، پساب خروجی دو نوع واحد آب شیرین‌کن RO و MED در ۳ مرحله به حجم L ۵۰۰ و در طی ماه‌های دی تا بهمن سال ۱۳۹۹ از محل تخلیه پساب واقع در ساحل منطقه ویژه اقتصادی معادن و صنایع فلزی خلیج فارس (شکل ۱) به آزمایشگاه منتقل و در تانک‌های L ۵۰۰ ذخیره‌سازی شد. دهانه خروجی کانال تخلیه پساب در هر دو واحد آب شیرین‌کن در سطح صفر دریا قرار داشت. در جدول ۱ پارامترهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌های پساب جمع‌آوری شده و همچنین آب دریا در محیط طبیعی ارائه شده است. سپس تعداد ۹۰ نمونه جنس نر خرچنگ *P. Segnis* با ضمائم سالم و مراحل مشابه رشد با حداقل، حداکثر و میانگین وزن به ترتیب ۲۰/۷۳، ۹۷/۳۸، g ۵۱/۲۴±۳/۰۸ و حداقل، حداکثر و میانگین عرض کاراپاس به ترتیب ۶/۸۲، ۱۱/۶۴، cm ۸/۶۱±۰/۱۷ از ابزارهای صید مشتا در امتداد ساحل بندرعباس به صورت تصادفی جمع‌آوری گردید و توسط مخازن مجهز به تزریق اکسیژن قابل حمل به آزمایشگاه انتقال داده شد. در ادامه خرچنگ‌ها به طور تصادفی در مخازن فایبرگلاس استوانه‌ای L ۳۰۰ (۱۵ مخزن) با تراکم ۵ خرچنگ در هر مخزن ذخیره شدند و به مدت یک هفته جهت سازگاری با شرایط آزمایشگاه با غذای تجاری تغذیه شدند.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-11-21]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.2.9.0]



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه در ساحل شهرستان بندرعباس، (● دایره‌های قرمز رنگ در نقشه، محل جمع آوری نمونه‌های خرچنگ شناگر آبی واقع در ساحل خواجه عطا و محل نمونه برداری از پساب آب شیرین‌کن (RO) و (MED) واقع در ساحل منطقه ویژه اقتصادی معادن و صنایع فلزی خلیج فارس است)

ـ طرح آزمایش

آزمایشی در قالب طرح کاملا تصادفی با ۵ تیمار و ۳ تکرار طرح‌ریزی شد که تیمارها شامل تیمار ۱ یا شاهد: ۱۰۰ درصد آب دریا؛ تیمار ۲: ۱۰۰ درصد پساب RO، تیمار ۳: مخلوط ۵۰ درصد پساب RO و ۵۰ درصد آب دریا؛ تیمار ۴: ۱۰۰ درصد پساب MED و تیمار ۵: مخلوط ۵۰ درصد پساب MED و ۵۰ درصد آب دریا بود. سپس ۷۵ خرچنگ جنس نر سازگار شده با شرایط آزمایشگاهی در تیمارهای آزمایش به طور تصادفی توزیع شدند (تعداد ۵ نمونه در هر تکرار). لازم به ذکر است که حجم نمونه در مطالعه حاضر، براساس اطلاعاتی که از توزیع احتمالی داده‌ها وجود داشت و متناسب با ظرفیت تانک‌های ذخیره سازی و تراکم استاندارد که کمترین استرس بر خرچنگ‌ها وارد شود، تعیین شد و از حداقل تعداد حیوانات کافی و مورد نیاز که خطایی معقول در برآورد پارامترهای جامعه داشته باشد، استفاده شد (۳۷). نهایتا با توجه به تعداد تیمارها و تکرارها خرچنگ‌هایی که بیشترین شباهت از نظر خصوصیات زیستی داشتند و صید شده بودند تیمار بندی شدند. از طرف دیگر دلیل انتخاب خرچنگ‌های جنس نر این بود تا از تأثیر احتمالی تخم‌ریزی بر نتایج و افزایش خطای آزمایش جلوگیری شود. در داخل مخازن لوله‌های PVC سیاه رنگ به طول و قطر ۲۰ و ۱۵ cm به منظور ایجاد فضایی مناسب جهت مخفی شدن خرچنگ به هنگام پوست‌اندازی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-11-21]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.2.9.0]

و یا احساس خطر قرار داده شد (۳۸). زمان مورد نیاز جهت انجام دوره آزمایش با توجه به نوع پساب مورد نظر و تجمع مواد زیستی و اثرات مضر آن بر آبزی، ۶۰ روز در نظر گرفته شد (۳۹). محدوده مورد نظر جهت در معرض قرار دادن خرچنگ‌ها جهت دستیابی به نتایج دقیق و درست، کافی تشخیص داده شد. همچنین به منظور اطمینان از شرایط اکسیژنی مناسب، هوادهی مخازن از طریق سنگ هوا انجام شد و فاکتورهای کیفی شامل اکسیژن، شوری و دما به صورت روزانه در طول دوره آزمایش اندازه‌گیری شدند. میانگین (±SD) آنها به ترتیب ۵/۰±۰/۰ L/mg، ۳۵/۰±۵/۵ ppt، ۳۲±۱/۲ °C بود. در طول دوره آزمایش روزانه ۱۰ درصد از آب محیط آزمایشی موجود در مخازن تعویض و باقیمانده غذای خورده نشده و مدفوع خرچنگ‌ها از تانک‌ها جمع آوری و خارج و میزان مرگ و میر خرچنگ‌ها ثبت گردید. در طول مدت آزمایش دوره نوری شامل ۱۲ h روشنایی و ۱۲ h تاریکی بود و خرچنگ‌ها سه بار در روز (ساعات ۶:۰۰، ۱۲:۰۰ و ۱۸:۰۰) به اندازه ۵ درصد وزن بدنشان با فرم اکسترود برند تجاری غذای میگو مولد فرادانه غذادهی شدند. همچنین، برای به حداقل رساندن خطاها کل سیستم آزمایش در یک اتاق تحت کنترل دما انجام گرفت.

جدول ۱- میانگین غلظت برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی نمونه پساب آب شیرین‌کن‌های مورد مطالعه و آب دریا (اقتباس از مستندات آزمایشگاهی واحدهای آب شیرین‌کن مورد بررسی)

خصوصیات	واحد آب شیرین‌کن اسمز معکوس (RO)	واحد آب شیرین‌کن تقطیر چندگانه (MED)	آب دریا (شاهد)
منبع ورودی	آب دریا	آب دریا	-
قلیاییت (pH)	۷/۷۹	۷/۲۲	۸/۲
کدورت (NTU)	۱۹/۷	۲۷/۵	۱۷/۳
شوری (ppm)	٦٩/٧	٦٣/٨٠	٣٨
هدایت الکتریکی (µS/cm)	٧٣٨٧٨	٦٢٤٨٣	٤٨٣٥٤
کل جامدات محلول در آب (mg/L)	٥١١١٢	٤٢٩٨٧	٣٤٨٣٠
اکسیژن خواهی شیمیایی (mg/L)	٦٧٢	٤٧٠	٤٢٠

ـ روش نمونه برداری از همولنف و آنالیز آزمایشگاهی

مدت ۲۴ h قبل از شروع نمونه‌گیری، غذادهی به خرچنگ‌ها قطع شد. به صورت تصادفی سه عدد خرچنگ از هر مخزن انتخاب و از همولنف آنها جهت سنجش الکترولیت‌های موجود در بدنشان نمونه‌هایی تهیه شد. برای این منظور ابتدا خرچنگ‌ها با عصاره گل میخک (غلظت ۳۰۰ µL/L) بی‌هوش شدند (تا اثرات استرس در پارامترهای مورد بررسی در همولنف به حداقل برسد)، سپس نمونه‌های همولنف از قاعده پای راست دوم خرچنگ‌ها با دقت زیاد تهیه شد. فرایند همولنف‌گیری به روش Shields (۴۰) انجام شد. در ابتدا با استفاده از سرنگ انسولین ۱ mL با سوزن شماره ۲۵، میزان ۰/۴ mL محلول

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-11-21]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.2.9.0]

ضد انعـقادی (۱۰۰mol/L،Tris HCl ۱۰ mol/L سیترات سدیم، ۲۵۰ mol/L ساکارز، pH برابر با ۷/۶)، با سرنگ کشیده شد و بلافاصله به میزان ۰/۳ mL نیز همولنف از هر نمونه گرفته شد. با توجه به نسبت ۱:۱ همولنف با محلول ضد انعقاد، ضریب ۲ در سنجش تمام شاخص‌های همولنف لحاظ گردید (۴۱). محتویات سرنگ، بلافاصله به داخل یک ویال ۱/۵ mL استریل منتقل و در همان روز به وسیله یخ خشک به آزمایشگاه تشخیص طبی منتقل شد. سپس ویال‌های حاوی نمونه با دستگاه ورتکس، به مدت ۱۲ min در سانتریفیوژ یخچال‌دار با ۱۳۴۰۰ rpm قرار داده شدند تا پلاسما از هموسیت‌ها جدا گردد. در مرحله بعد، بخش فوقانی ویال‌ها جهت سنجش غلظت الکترولیت‌ها جداسازی و سنجش الکترولیت‌های کلسیم و منیزیم توسط دستگاه اتوآنالیزوزاتوماتیک و مقادیر کلسیم به روش اورتوکرزول فتالیین انجام شد. آزمایش‌های مربوط به الکترولیت‌های سدیم و پتاسیم نیز توسط فلیم فتومتر و با استفاده از محلول‌ها و استانداردهای مربوطه انجام گرفت (۴۲). برای محاسبه نرخ بقاء از معادله ۱ استفاده گردید (۴۳).

$$SR(\%) = \frac{N_t \times 100}{N_i} \qquad (۱)$$

که در این معادله، SR نرخ بقاء (درصد)، N_i تعداد اولیه خرچنگ و N_t تعداد خرچنگ در زمان مورد نظر است.

ـ تجزیه و تحلیل داده‌ها

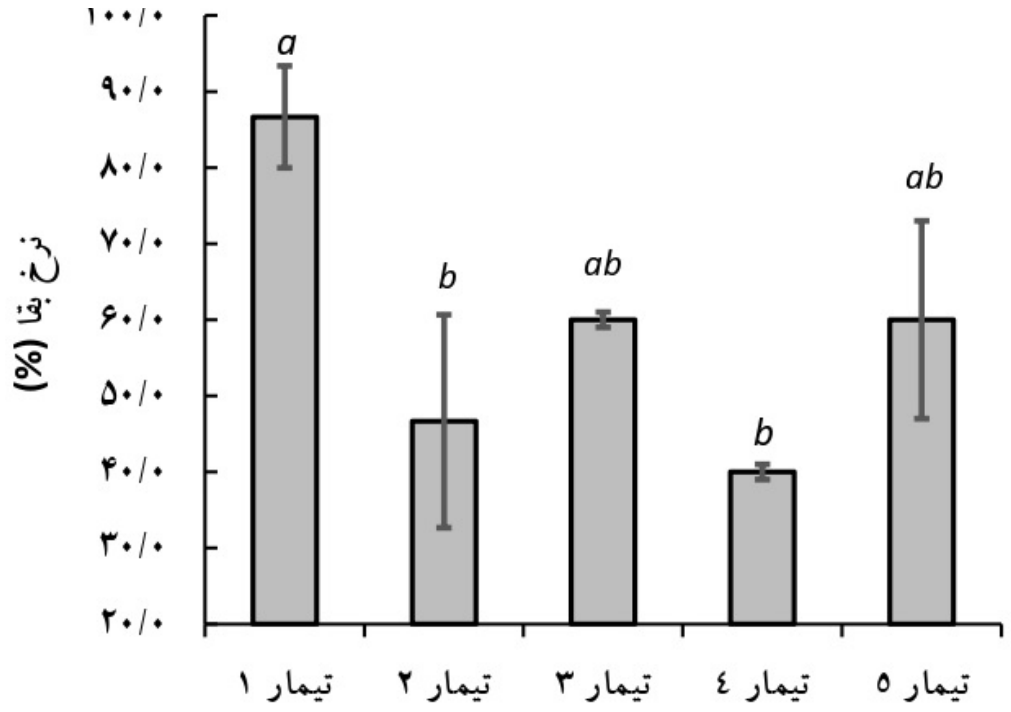
جهت آنالیز آماری و مقایسه مقادیر نرخ بقا و الکترولیت‌های موجود در همولنف خرچنگ‌های تحت تیمارهای آزمایش، ابتدا نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌های گروه‌ها از طریق آزمون‌های شاپیرو-ویلک و لیون مورد بررسی قرار گرفت. در بررسی نرمالیته داده‌های نرخ بقا، ابتدا داده‌ها نرمال نشدند اما پس از تبدیل به فرم زاویه‌ای (ArcSin) نرمالیته حاصل شد. با توجه نرمال بودن داده‌ها در سطح معنی‌داری ۵ درصد، برای مقایسه معنی‌داری میانگین‌های گروه‌ها از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه (ANOVA) و آزمون‌های تعقیبی دانکن (برای مقایسه دو به دو نرخ‌های بقا)، توکی (برای مقایسه غلظت‌های الکترولیت‌ها) در سطح ۵ درصد استفاده شد.

یافته‌ها

بیشترین و کمترین نرخ بقا (±SD) با استفاده از معادله ۱ به ترتیب در تیمارهای شاهد به میزان ۶/۶۷ ± ۸۶/۶۶ درصد و تیمار ۴ (غلظت ۱۰۰ درصد پساب MED) به میزان ۰/۰۰±۴۰ درصد مشاهده شد. آنالیز نتایج نشان داد که میزان بقا نمونه‌های خرچنگ در تیمارهای مورد آزمایش تفاوت معنی‌داری با هم دارند (f=۴/۵ ،p=۰/۰۲۴) و به طور کلی در غلظت‌های ۱۰۰ درصدی پساب میزان بازماندگی به شدت کاهش می‌یابد (نمودار ۱).

در جدول ۲ نتایج سنجش غلظت الکترولیت‌های مورد بررسی در تیمار شاهد (تیمار بدون پساب) ارائه شده است. همچنین آنالیز داده‌ها نشان داد که تماس خرچنگ‌ها با تیمارهای مختلف پساب آب شیرین‌کن‌ها باعث تغییر در میانگین غلظت الکترولیت‌های موجود در بدن آنها می‌شود (نمودار ۲). به عنوان مثال، متوسط غلظت (±SD) یون سدیم در تیمارهای ۲، ۳ و ۴ به ترتیب ۶۰۱/۲۲±۱۴/۱۲ mg/dl، ۴۶۳/۱۱±۸۹/۳۴ و ۵۹۶/۳۳±۱۵/۵۶ ثبت شد که به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (۳۹۰/۱۰±۴۴/۳۵) افزایش داشت (p=۰/۰۰ و f=۴۵/۲۱). این افزایش برای یون کلسیم نیز اتفاق افتاد و تمامی تیمارهای حاوی پساب با تیمار شاهد از نظر آماری اختلاف معنی‌داری داشتند (p=۰/۰۰ و f=۲۱/۳۵). برای الکترولیت‌های منیزیم و پتاسیم نیز روند افزایشی ملایمی بین تیمارهای پساب و تیمار شاهد مشاهده شد و فقط در تیمار ۲ (برای منیزیم: ۳۰/۰۹±۲/۶۵ mg/dl و برای پتاسیم: ۴/۰±۶۰/۲۶ mg/dl) این افزایش نسبت به سایر تیمارها از نظر آماری معنی‌دار بود (p=۰/۰۰ و f=۴۶/۱۷).

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-11-21]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.2.9.0]

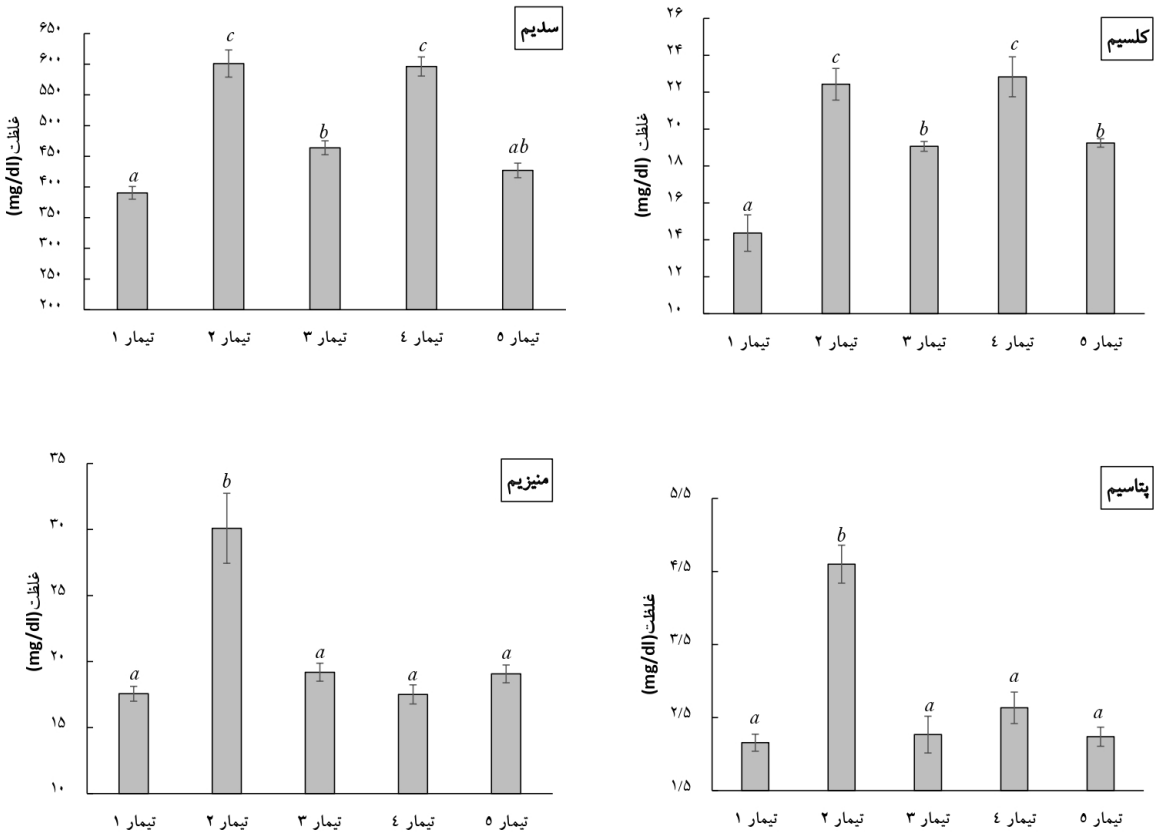


نمودار ۱- متوسط نرخ بقا (بر حسب درصد) در نمونه‌های خرچنگ‌های شناگر آبی در تیمارهای تحت آزمایش پساب واحدهای آب شیرین‌کن واقع در شهرستان بندرعباس (حروف انگلیسی یکسان بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار گروه‌ها است (p>۰/۰۵)، در مقابل گروه‌های دارای حروف انگلیسی غیر مشابه تفاوت معنی‌داری با هم دارند (p<۰/۰۵))

جدول ۲- میانگین پارامترهای یونی (±SD) مورد بررسی در همولنف خرچنگ شناگر آبی در تیمار شاهد (صددرصد آب دریا)

محیط آزمایش	الکترولیت‌ها (mg/dl)			
	سدیم	کلسیم	منیزیم	پتاسیم
تیمار شاهد	۳۹۰/٤٤±۱۰/۳٤	۱٤/۳۷±۰/۹۸	۱۷/٥٦±۰/٥٦	۲/۲۷±۰/۲٥

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-11-21]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.2.9.0]



نمودار ۲- مقایسه میانگین‌های غلظت الکترولیت‌های سدیم، کلسیم، منیزیم و پتاسیم موجود در همولنف خرچنگ شناگرآبی در معرض غلظت‌های مختلف پساب واحدهای آب شیرین‌کن پس از پایان دوره آزمایش تحت پساب واحدهای آب شیرین‌کن واقع در شهرستان بندرعباس (حروف انگلیسی یکسان بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار گروه‌ها است (p>۰/۰۵)، در مقابل گروه‌های دارای حروف انگلیسی غیر مشابه تفاوت معنی‌داری با هم دارند (p<۰/۰۵))

بحث

در حال حاضر، اکثر مطالعات موجود (۴۴، ۴۵) اثرات بالقوه زیست محیطی پساب آب شیرین‌کن‌ها را از نظر تئوری پیش بینی کرده‌اند، که مبتنی بر داده‌های مشاهده شده یا تجربی نیستند. مطالعه حاضر یک شبیه‌سازی از اثرات احتمالی رهاسازی پساب آب شیرین‌کن‌ها به محیط طبیعی خلیج فارس و موجودات زنده آن است. در این مطالعه پساب دو نوع از تأسیسات آب شیرین‌کن‌ها مورد آزمایش قرار گرفت که آب شیرین‌کن‌های با فناوری اسمز معکوس (RO) نسبت به فناوری حرارتی (MED) پسابی با حداقل دو برابر غلظت آب دریا به محیط زیست تخلیه می‌کنند و شامل مواد پیش تصفیه افزودنی به آب ورودی و ضد رسوب‌های مورد استفاده در این فرایند نیز است. نتایج این پژوهش نشان داد (نمودار ۱) که درصد بقا و بازماندگی خرچنگ‌های شناگرآبی *(P.segnis)* در معرض پساب تأسیسات آب شیرین‌کن‌ها کاهش یافته است که این امر می‌تواند ناشی از استرس‌های اکولوژیک بوده که سبب بروز تغییرات فیزیولوژیک در بدن آنها شده است. نتایج به دست آمده از بررسی میزان غلظت الکترولیت‌های سدیم،

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-11-21]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.2.9.0]

کلسیم، منیزیم و پتاسیم موجود در همولنف نمونه‌های مورد بررسی نیز تأییدی بر نتایج به دست آمده برای درصد بقا و بازماندگی بود، به طوری‌که غلظت‌ها دچار تغییرات شدیدی شده بودند و به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش داشتند ($p<0/05$). تحقیقات مشابه دیگری موجود است که نشان می‌دهد استرس‌های محیطی باعث برهم خوردن تعادل یونی بدن موجودات آبزی می‌شود، در مطالعه‌ای مشابه، سطوح یون‌های پلاسمای خون گونه ماهی تیلاپیای موزامبیک، Oreochromis mossambicus (Peters, 1852)، تحت استرس شوری بیش از حد، افزایش غلظت الکترولیت‌های خونی را ایجاد کرده است (۴۶، ۴۷).

به طور کلی اختلال الکترولیت زمانی ایجاد می‌شود که سطح الکترولیت‌ها در بدن موجود زنده بسیار بالا برود یا بسیار کم شود (۲۶، ۲۷). گزارش های مختلفی نشان می‌دهد که برهم خوردن تعادل میان غلظت الکترولیت‌های موجود در همولنف سخت پوستان نیز سبب نوسان فشار اسمزی و نهایتا افزایش مرگ و میر در آنها می‌شود (۴۶-۴۸) اما متأسفانه تاکنون اطلاعات مستندی درباره میزان طبیعی الکترولیت‌های همولنف خرچنگ شناگر آبی در دست نیست (اغلب گزارش‌ها در مورد سایر آبزیان است) که بتوان اثرات تیمارهای مورد آزمایش در این تحقیق را با آن مقایسه کرد و شدت احتمالی آن را برآورد نمود. نتایج این پژوهش نشان داد که نمونه‌های خرچنگ شناگر آبی قادر به تنظیم تعادل الکترولیت‌های همولنف براساس نیاز فیزیولوژیکی خود در شرایط نامطلوب محیطی نبوده و تغییرات فاکتورهای فیزیکوشیمیایی ماده آزمایشی (محیط آبی) بر آنها تأثیر منفی گذاشته است. Tangkrock و همکاران (۲۰۱۰) (۴۹) بیان می‌کنند که خرچنگ‌های خانواده Portunidae جزء موجودات Stenohaline هستند و فقط می‌توانند محدوده کمی از تغییرات شوری را تحمل کنند (۵۰) و همچنین تنظیم کننده اسمزی ضعیفی هستند که تغییرات شوری می‌تواند اثر فوری و قابل توجهی بر پارامترهای سلامتی آنها داشته باشد. نتایج به دست آمده در این مقاله نیز تا حدود بسیار زیادی منطبق بر نتایج آنهاست. در این تحقیق طی یک دوره دو ماهه نرخ بقا در تیمارهای ۱۰۰ درصد پساب در هر دو نوع آب شیرین‌کن، بسیار کمتر از تیمار شاهد بود و بیشترین تعداد تلفات در خرچنگ‌های تحت تیمار غلظت ۱۰۰ درصد MED مشاهده شد. احتمال مرگ و میر نمونه‌های مورد مطالعه در معرض پساب به واسطه رسیدن به پایان دوره حیات و مرگ طبیعی آنها بسیار کم است، زیرا نمونه‌های تیماربندی شده در این آزمایش در شرایط محیطی، رقابت و تغذیه‌ای یکسان بوده و دامنه نوسانی سنی زیادی نداشته‌اند پس فیزیولوژی، عوامل کاهنده طبیعی نرخ بقا (۵۱) و سن خرچنگ را نمی‌توان خیلی در طول عمر این خرچنگ تحت اسارت و در معرض پساب موثر دانست. با یادآوری این نکته که حیوانات کوتاه عمر مانند خرچنگ شناگر آبی در سال‌های اول یا دوم زندگی خود به بیشترین طول مجانب خود می‌رسند و با ارزش K بالا مشخص می‌شوند (۵۲)، در پژوهش حاضر با استفاده از داده‌های ثابت معادله رشد ون برتالنفی که Safaie و همکاران ۲۰۱۳ (۵۳) برای این گونه محاسبه کرده‌اند، حداقل، حداکثر و میانگین سن نمونه‌ها در هنگام صید به ترتیب ۲+، ۴+، ۰/۵±۲/۹ ماه تخمین زده شد و از آنجایی‌که سن بیشینه برای این گونه خرچنگ ۲+ سال تخمین زده شده است (۵۳). لذا سن تخمینی هر خرچنگ از لحاظ رسیدن به پایان دوره حیات و مرگ طبیعی نمی‌توانسته در نتیجه این تحقیق اثرگذار باشد. از طرف دیگر، در همه تیمارها حتی تیمار کنترل، مرگ و میر مشاهده شده است، از این‌رو می‌توان این‌طور برآورد کرد که تلفات بالا در تیمارهای ۱۰۰ درصد پساب به علت تحت تاثیر قرار گرفتن فیزیولوژی جانور مورد مطالعه در معرض پساب بوده است. به طور کلی با افزایش میزان غلظت املاح در محیط، نرخ بقاء در موجودات استنوهالین کاهش می‌یابد (۵۴)، که این امر به دلیل نیاز بیشتر این موجودات آبزی جهت تنظیم اسمزی در مقادیر بالای شوری است (۵۵). این در حالی است که در محیط طبیعی تغییرات شوری و غلظت املاح در آب می‌تواند دست یابی به غذا و موفقیت تغذیه موجودات آبزی و نهایتا رشد و یا مرگ و میر را نیز تحت تاثیر قرار دهد (۵۶). Romano و همکاران (۵۴) گزارش می‌کنند که مقادیر شوری بالاتر از ppt ۴۰، نرخ رشد و بقاء

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-11-21]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.2.9.0]

در خرچنگ‌های جوان گونه *P.pelagicus* را کاهش می‌دهد. علاوه بر این نوسانات شوری می‌تواند فرایندهای فیزیولوژیک و زیستی در موجودات آبزی (به‌ویژه سخت‌پوستان) را دچار اختلال کند (۵۴، ۵۷).

یکی از تغییرات مهم فیزیکوشیمیایی در پساب خروجی واحدهای آب شیرین‌کن، کاهش pH آن به واسطه افزایش شدید سدیم کلراید است که در نتیجه آن، شاخص سلامت موجود سخت‌پوست افت کرده و در ادامه عوارض فیزیولوژیک و نهایتا مرگ و میر در آنها را به دنبال دارد (۵۸، ۵۹). از میان متغیرهای محیطی، میزان سدیم محیط به دلیل تأثیر آن بر بیولوژی و تنظیم فشار اسمزی (۴۶) سخت‌پوستان ده‌پا از اهمیت قابل توجهی برخوردار است و افزایش آن بر مقدار آنزیم‌های سرمی و فعالیت آنها موثر است (۶۰-۶۴). در این آزمایش پساب‌های هر دو نوع آب شیرین‌کن MED و RO میزان سدیم موجود در همولنف خرچنگ‌ها را به‌طور معنی‌داری بالا برد و این افزایش دقیقا منطبق با بیشترین تلفات و مرگ و میر رخ داده در این تیمارها نیز است (نمودارهای ۱ و ۲).

کلسیم نیز عنصر ضروری در ساختار بدن سخت پوستان است و نقش قابل توجهی در پوست اندازی، تنظیم فشار اسمزی و یونی، سیستم ایمنی و رشد آنها ایفا می‌نماید (۲۳). تغییر و نوسان مقادیر کلسیم همولنف و انتقال یون کلسیم به داخل همولنف تحت تاثیر انرژی حاصل از یون سدیم در اثر فعالیت آنزیم Na^+/K^+ATPase تحت شرایط استرس محیطی صورت می‌گیرد (۶۵، ۶۶). در تیمارهای مختلف تهیه شده از هر دو نوع پساب MED و RO در آزمایش حاضر، میزان کلسیم موجود در همولنف خرچنگ‌ها به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد افزایش یافت که این افزایش در تیمارهای غلظت ۱۰۰ درصد پساب شدیدتر بود. افزایش سطح الکترولیت کلسیم همولنف خرچنگ مورد مطالعه و عدم تعادل آن با محیط در غلظت‌های بالاتر پساب جهت جبران بهم خوردن تعادل اسید و باز بدن در شرایط مشابه در خرچنگ سبز Carcinus maenas (Linnaeus, 1758) و لابستر Austropotamobius pallipes (Lereboullet, 1858) نیز دیده شده است (۶۷). البته این احتمال نیز وجود دارد که در این هنگام بدن موجودات در معرض پساب دهیدراته شده (کم آبی به دلیل از دست دادن آب) و در نتیجه غلظت یون کلسیم در خون یا همولنف آنها زیاد شود (۴۶).

میزان پتاسیم همولنف خرچنگ‌ها در تیمارهای مورد مطالعه نیز یک روند افزایشی نسبت به تیمار شاهد دارد که البته مقدار آن فقط در تیمار ۲ (غلظت ۱۰۰ درصد RO) اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. طبق مطالعات انجام شده چون در داخل سلول‌ها غلظت پتاسیم رابطه مستقیمی با غلظت سدیم دارد، عدم تعادل بین غلظت این الکترولیت‌ها در همولنف سخت پوستان سبب نوسان فشار اسمزی می‌شود (۴۷). از آنجا که سخت پوستان استنوهالین قادر به تنظیم میزان پتاسیم همولنف خود در شوری‌های مختلف نیستند (۶۸)، لازم است الکترولیت‌ها در یک سطح تعادلی قرار داشته باشند تا بدن موجود زنده به خوبی عمل کند و در غیر اینصورت سیستم‌های حیاتی بدن تحت تاثیر قرار می‌گیرند (۲۶، ۲۷). Na-K-ATPase شاخه‌ای مهم در تنظیم یون توسط مهره‌داران و بی‌مهرگان آبزی از جمله سخت‌پوستان است که در غشای قاعده جانبی سلول‌های اپیتلیال آبشش‌ها قرار دارند و مسئول انتقال Na^+ با K^+ از سلول به داخل است (۶۹) که فعالیت آن تحت تأثیر بالا رفتن شوری محیط، کاهش قابل توجهی دارد (۵۸).

منیزیم نیز یکی از الکترولیت‌های ضروری در سخت پوستان است که به عنوان یک کوفاکتور در بسیاری از آنزیم‌های موثر سلولی همچون تنظیم فشار اسمزی نقش دارد (۷۰، ۷۱). از آنجایی‌که منیزیم انتقال عصبی- عضلانی را در سخت پوستان مهار کرده (۷۲) و به عنوان یک عامل مخدر عمل می‌کند (۳۰)، افزایش منیزیم همولنف منجر به ناتوانی در حرکت، سکون کلی، بی‌حالی و افزایش مرگ و میر در سخت‌پوستان می‌شود. در تحقیق حاضر نیز دقیقا بیشترین غلظت منیزیم در تیمار ۲ (غلظت ۱۰۰ درصد پساب RO) که جزء تیمارهای با بیشترین تلفات بود، مشاهده شد. به طور مشابه، Frederich و همکاران (۲۰۰۰) نیز نشان دادند که ارتباط

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-11-21]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.2.9.0]

معنی‌داری بین دامنه فعالیت سخت‌پوستان و غلظت منیزیم وجود دارد و هرچه غلظت آن بالاتر می‌رود سرعت متابولیسم این موجودات کاهش می‌یابد (۷۲).

نتیجه‌گیری

طبق نتایج حاصل از مطالعه حاضر خرچنگ‌های شناگر آبی (که به عنوان نمونه جانوری انتخاب شدند) در معرض پساب واحدهای آب شیرین‌کن افزایش تلفات و مرگ و میر (به دلیل بروز استرس و تغییرات فیزیولوژیک) را نشان دادند، به طوری‌که بیشترین تلفات مربوط به تیمارهای با غلظت ۱۰۰ درصد پساب RO و MED بود. این یافته نشان از تأثیر منفی روند افزایشی رشد و توسعه واحدهای آب شیرین‌کن در خلیج فارس است و از همین حالا باید به فکر چاره‌ای برای کاهش اثرات زیست‌محیطی توسعه آب شیرین‌کن‌ها در منطقه بود. پرداختن به اثرات زیست‌محیطی توسعه آب شیرین‌کن‌ها و رهاسازی پساب آن به محیط زیست دریایی خلیج فارس بسیار جای تحقیق و مکاشفه دارد و تحقیق حاضر با توجه به اینکه جزء معدود تحقیقات انجام شده در این زمینه است قطعا خالی از نقص نیست، اما می‌تواند زمینه‌ساز انجام تحقیقات گسترده‌تر در زمینه‌های مختلف اکولوژی شیلاتی نظیر تأثیر پساب آب شیرین‌کن‌ها بر فیزیولوژی تولیدمثل سایر آبزیان و سخت‌پوستان دریایی در منطقه خلیج فارس باشد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل حسن رفتار، عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. کد کمیته اخلاق این پژوهش IR.HUMS.REC.1401.036 است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل (بخشی از) پایان نامه با عنوان "شبیه سازی اثرات استرس‌های اکولوژیک ناشی از پساب آب شیرین‌کن‌ها بر برخی جنبه‌های سلامت آبزیان در سواحل شمالی خلیج فارس (مطالعه موردی: خرچنگ شناگر آبی، portunus segnis Forskal ۱۷۷۵" در مقطع دکترا مصوب گروه شیلات دانشگاه هرمزگان و تحت حمایت صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور با کد ۹۸۰۰۱۸۴۶ اجرا شده است.

References

1. Ihsanullah I, Atieh MA, Sajid M, Nazal MK. Desalination and environment: A critical analysis of impacts, mitigation strategies, and greener desalination technologies. Science of The Total Environment. 2021;780:146585.
2. Darre NC, Toor GS. Desalination of water: a review. Current Pollution Reports. 2018;4(2):104-11.
3. Kar S, Bindal R, Tewari P. Carbon nanotube membranes for desalination and water purification: Challenges and opportunities. Nano Today. 2012;7(5):385-9.
4. Mavukkandy MO, Chabib CM, Mustafa I, Al Ghaferi A, AlMarzooqi F. Brine management in desalination industry: From waste to resources generation. Desalination. 2019;472:114187.
5. Panagopoulos A, Haralambous K-J, Loizidou M. Desalination brine disposal methods and treatment technologies-A review. Science of The Total Environment. 2019;693:133545.
6. Ibrahim HD, Xue P, Eltahir EA. Multiple salinity equilibria and resilience of Persian/Arabian Gulf basin salinity to brine discharge. Frontiers in Marine Science. 2020:573.
7. Wilf M, Klinko K. Optimization of seawater RO systems design. Desalination. 2001;138(1-3):299-306.
8. Daliri M, Javdan G, Sharifinia M. Erythromycin residues concentration in urban wastewater discharged into the Persian Gulf marine environment (a case study: Bandar Abbas city).

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-11-21]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.2.9.0]

Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(3):399-412 (in Persian).
9. Daliri M, Kamrani E, Jentoft S, Paighambari SY. Why is illegal fishing occurring in the Persian Gulf? A case study from the Hormozgan province of Iran. Ocean & Coastal Management. 2016;120:127-34.
10. Ghattavi K, Naji A. Assessment of microplastics in the gastrointestinal tract of some fish caught for human consumption in Bandar Abbas, the Persian Gulf. Iranian Journal of Health and Environment. 2019;12(3):449-60 (in Persian).
11. Gheshlaghi P, Daliri M. Marine debris: Evaluating sources, Impacts, and Practical solutions. Journal of the Persian Gulf (Marine Science). 2018;9(34):37-45.
12. Gheshlaghi P, Daliri M. The human presence in the Persian Gulf. In: Caouette C, editor. The Persian Gulf: Oceanography and wildlife. USA: Nova Science Publishers; 2020. p. 161.
13. Uddin S, Al Ghadban AN, Khabbaz A. Localized hyper saline waters in Arabian Gulf from desalination activity—an example from South Kuwait. Environmental Monitoring and Assessment. 2011;181(1):587-94.
14. Kamrani E, Sharifinia M, Hashemi SH. Analyses of fish community structure changes in three subtropical estuaries from the Iranian coastal waters. Marine Biodiversity. 2016;46(3):561-77.
15. Jones E, Qadir M, van Vliet MT, Smakhtin V, Kang S-m. The state of desalination and brine production: A global outlook. Science of The Total Environment. 2019;657:1343-56.
16. Sharifinia M, Afshari Bahmanbeigloo Z, Smith Jr WO, Yap CK, Keshavarzifard M. Prevention is better than cure: Persian Gulf biodiversity vulnerability to the impacts of desalination plants. Global Change Biology. 2019;25(12):4022-33.
17. Gorjian S, Ghobadian B. Solar desalination: A sustainable solution to water crisis in Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015;48:571-84.
18. Belkin N, Rahav E, Elifantz H, Kress N, Berman-Frank I. The effect of coagulants and antiscalants discharged with seawater desalination brines on coastal microbial communities: A laboratory and in situ study from the southeastern Mediterranean. Water Research. 2017;110:321-31.
19. Hosseini H, Saadaoui I, Moheimani N, Al Saidi M, Al Jamali F, Al Jabri H, et al. Marine health of the Arabian Gulf: Drivers of pollution and assessment approaches focusing on desalination activities. Marine Pollution Bulletin. 2021;164:112085.
20. Xing Y, Liu Q, Zhang M, Zhen Y, Mi T, Yu Z. Effects of temperature and salinity on the asexual reproduction of Aurelia coerulea polyps. Journal of Oceanology and Limnology. 2020;38(1):133-42.
21. Petersen KL, Frank H, Paytan A, Bar-Zeev E. Impacts of seawater desalination on coastal environments. In: Gude VG, editor. Sustainable Desalination Handbook. Oxford: Butterworth-Heinemann; 2018. p. 437-63.
22. Petersen KL, Paytan A, Rahav E, Levy O, Silverman J, Barzel O, et al. Impact of brine and antiscalants on reef-building corals in the Gulf of Aqaba–Potential effects from desalination plants. Water Research. 2018;144:183-91.
23. Chen J-C, Chia P-G. Oxyhemocyanin, protein, osmolality and electrolyte levels in the hemolymph of Scylla serrata in relation to size and molt cycle. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 1997;217(1):93-105.
24. Lorenzon S, Martinis M, Ferrero EA. Ecological relevance of hemolymph total protein concentration in seven unrelated crustacean species from different habitats measured predictively by a density-salinity refractometer. Journal of Marine Biology. 2011;2011:153654.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-11-21]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.2.9.0]

25. Kirk WL. The effects of hypoxia on certain blood and tissue electrolytes of channel catfish, Ictalurus punctatus (Rafinesque). Transactions of the American Fisheries Society. 1974;103(3):593-600.
26. Mathan R, Kurunthachalam SK, Priya M. Alterations in plasma electrolyte levels of a freshwater fish Cyprinus carpio exposed to acidic pH. Toxicological & Environmental Chemistry. 2010;92(1):149-57.
27. Walker MD. Fluid and electrolyte imbalances: interpretation and assessment. Journal of Infusion Nursing. 2016;39(6):382-6.
28. Hosseinzadeh Sahafi H, Masaeli S, Alizadeh M, Negarestan H, Naji T. A study on growth parameters, blood factors and proximate composition of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) cultured in underground brackish and freshwater. Iranian Journal of Fisheries Science. 2013;12(4):836-842.
29. Long X, Wu X, Zhao L, Ye H, Cheng Y, Zeng C. Effects of salinity on gonadal development, osmoregulation and metabolism of adult male Chinese mitten crab, Eriocheir sinensis. PloS One. 2017;12(6):e0179036.
30. Smyth K, Elliott M. Effects of changing salinity on the ecology of the marine environment. In M. Solan, N. Whiteley, editors. Stressors in the Marine Environment: Physiological and ecological responses; societal implications. Oxford: Oxford University Press; 2016. p161-74.
31. Wang Lan YX, Wang Qian, Wang Dingxing. The accumulation of Cd~(2+) and the effect on est in five tissues and organs of eriocheir sinensis. Acta Zoologica Sinica. 2001;47(Suppl):96-100 (in Chinese).
32. Storelli M, Giacominelli-Stuffler R, Marcotrigiano G. Mercury accumulation and speciation in muscle tissue of different species of sharks from Mediterranean Sea, Italy. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2002;68(2):201-10.
33. Reinecke A, Snyman R, Nel J. Uptake and distribution of lead (Pb) and cadmium (Cd) in the freshwater crab, Potamonautes perlatus (Crustacea) in the Eerste River, South Africa. Water, Air, and Soil Pollution. 2003;145(1):395-408.
34. Becker, P. Bioindicators and Biomonitors. In: Markert, B, Breure, T, Zechmeister, H, editors. Principles, Concepts and Applications. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier; 2003. p. 677-737.
35. Kumar M, Ferguson G, Xiao Y, Hooper G, Venema S. Studies on reproductive biology and distribution of blue swimmer crab (Portunus pelagicus) in South Australian waters. Australia: South Australian Research and Development Institute (SARDI); 2000. Report No:47: 1-34.
36. Lai JC, Ng PK, Davie PJ. A revision of the Portunus pelagicus (Linnaeus, 1758) species complex (Crustacea: Brachyura: Portunidae), with the recognition of four species. Raffles Bulletin of Zoology. 2010;58(2).
37. Nickum J, Bart Jr H, Bowser P, Greer I, Hubbs C, Jenkins JA, et al. Guidelines for the use of fishes in research. Fisheries (Bethesda). 2004;29(3):1-57.
38. Supriyono E, Prihardianto RW, Nirmala K. The stress and growth responses of spiny lobster Panulirus homarus reared in recirculation system equipped by PVC shelter. Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation. 2017;10(2):147-55.
39. Gobas FA, Zhang X. Measuring bioconcentration factors and rate constants of chemicals in aquatic organisms under conditions of variable water concentrations and short exposure time. Chemosphere. 1992;25(12):1961-71.
40. Shields JD. Collection techniques for the analyses of pathogens in crustaceans. The Journal

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-11-21]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.2.9.0]

of Crustacean Biology. 2017;37(6):753-63.
41. Söderhäll K, Smith VJ. Separation of the haemocyte populations of Carcinusmaenas and other marine decapods, and prophenoloxidase distribution. Developmental & Comparative Immunology. 1983;7(2):229-39.
42. Burtis CA, Ashwood ER, Tietz Textbook of Clinical Chemistry. 2nd ed. Philadelphia: W. B. Saunders; 1994; 2176–2211.
43. Türker A, Yıldırım Ö. Interrelationship of photoperiod with growth performance and feeding of seawater farmed rainbow trout,(Oncorhynchus mykiss). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2011;11(3).
44. Cambridge ML, Zavala-Perez A, Cawthray GR, Statton J, Mondon J, Kendrick GA. Effects of desalination brine and seawater with the same elevated salinity on growth, physiology and seedling development of the seagrass Posidonia australis. Marine Pollution Bulletin. 2019;140:462-71.
45. Lattemann S, Höpner T. Environmental impact and impact assessment of seawater desalination. Desalination. 2008;220(1-3):1-15.
46. Meligi NM, Tawfek NS, Al-Azhary DB, Elliott M. Physiological responses to hyper-saline waters in Necora puber (velvet crab). Pakistan Journal of Physiology. 2008;4(2):1-6.
47. Sardella BA, Matey V, Cooper J, Gonzalez RJ, Brauner CJ. Physiological, biochemical and morphological indicators of osmoregulatory stress inCalifornia'Mozambique tilapia (Oreochromis mossambicus× O. urolepis hornorum) exposed to hypersaline water. Journal of Experimental Biology. 2004;207(8):1399-413.
48. Fotedar S, Evans L. Health management during handling and live transport of crustaceans: a review. Journal of Invertebrate Pathology. 2011;106(1):143-52.
49. Tangkrock-Olan N, Ketpadung R. A comparative study on the blood osmolality of the mud crab (Scylla serrata) and the blue swimming crab (Portunus pelagicus) exposed to different salinities: a case study for the topic “osmotic regulation” in high school biology. Asian Journal of Biology Education. 2010;4:8-14.
50. Karsten U. Research note: salinity tolerance of Arctic kelps from Spitsbergen. Phycological Research. 2007;55(4):257-62.
51. Kamrani E, Sabili AN, Yahyavi M. Stock assessment and reproductive biology of the blue swimming crab, Portunus pelagicus in Bandar Abbas coastal waters, northern Persian Gulf. Journal of the Persian Gulf (Marine Science). 2010;1(2):11-22 (in Persian).
52. Garcia S, Reste Ll. Life cycles, dynamics, exploitation and management of coastal penaeid shrimp stocks. Rome: FAO; 1981. Tech. Paper No: 203, pp. 1–215.
53. Safaie M, Kiabi B, Pazooki J, Shokri MR. Growth parameters and mortality rates of the blue swimming crab, Portunus segnis (Forskal, 1775) in coastal waters of Persian Gulf and Gulf of Oman, Iran. Indian Journal of Fisheries. 2013;60(1):9-13.
54. Romano N, Zeng C. The effects of salinity on the survival, growth and haemolymph osmolality of early juvenile blue swimmer crabs, Portunus pelagicus. Aquaculture. 2006;260(1-4):151-62.
55. Sandifer PA, Hopkins JS, Smith TI. Observations on salinity tolerance and osmoregulation in laboratory-reared Macrobrachium rosenbergii post-larvae (Crustacea: Caridea). Aquaculture. 1975;6(2):103-14.
56. Rubio V, Sánchez-Vázquez F, Madrid J. Effects of salinity on food intake and macronutrient selection in European sea bass. Physiology & Behavior. 2005;85(3):333-39.
57. Lou F, Gao T, Han Z. Effect of salinity fluctuation on the transcriptome of the Japanese

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-11-21]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.2.9.0]

mantis shrimp Oratosquilla oratoria. International Journal of Biological Macromolecules. 2019;140:1202-13.
58. Castilho PC, Martins IA, Bianchini A. Gill Na+, K+-ATPase and osmoregulation in the estuarine crab, Chasmagnathus granulata Dana, 1851 (Decapoda, Grapsidae). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 2001;256(2):215-27.
59. Paterson BD. Respiration rate of the kuruma prawn, Penaeus japonicus Bate, is not increased by handling at low temperature (12 C). Aquaculture. 1993;114(3-4):229-35.
60. Anger K. The biology of Decapod Crustacean Larvae. Netherlands: A.A. Balkema Publishers, Lisse; 2001.
61. Anger K. Salinity as a key parameter in the larval biology of decapod crustaceans. Invertebrate Reproduction & Development. 2003;43(1):29-45.
62. Ituarte RB, Spivak ED, Anger K. Effects of salinity on embryonic development of Palaemonetes argentinus (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) cultured in vitro. Invertebrate Reproduction & Development. 2005;47(3):213-23.
63. Wang R, Huang X, Wang H, Lu J, Shi X, Feng G, et al. Effects of salinity on embryonic and larval development of Chinese mitten crab Eriocheir sinensis (Decapoda: Brachyura) and salinity-induced physiological changes. Journal of Oceanology and Limnology. 2019;37(5):1777-88.
64. Zahl IH, Samuelsen O, Kiessling A. Anaesthesia of farmed fish: implications for welfare. Fish Physiology and Biochemistry. 2012;38(1):201-18.
65. Greenavvay P. Calcium balance and moulting in the Crustacea. Biological Reviews. 1985;6:425-54.
66. Khadjeh GH SH, Sabzehvarizadeh M. . The study of some biochemical parameters in the cultured white shrimp (Litopenaeus vannamei) of Boushehr province, Iran. Iranian Veterinary Journal. 2011;7(31):19–25 (in Persian).
67. Taylor E, WHEATLY MG. The effect of long-term aerial exposure on heart rate, ventilation, respiratory gas exchange and acid-base status in the crayfish Austropotamobius pallipes. Journal of Experimental Biology. 1981;92(1):109-24.
68. Waterman TH. The Physiology of Crustacea. Massachusetts: Academic Press; 1960.
69. Towle DW. Membrane-bound ATPases in arthropod ion-transporting tissues. American Zoologist. 1984;24(1):177-85.
70. Furriel R, McNamara J, Leone F. Characterization of (Na+, K+)-ATPase in gill microsomes of the freshwater shrimp Macrobrachium olfersii. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology. 2000;126(3):303-15.
71. Walters N, Uglow R. Haemolymph magnesium and relative heart activity of some species of marine decapod crustaceans. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 1981;55(2-3):255-65.
72. Frederich M, DeWachter B, Sartoris FJ, Pörtner HO. Cold tolerance and the regulation of cardiac performance and hemolymph distribution in Maja squinado (Crustacea: Decapoda). Physiological and Biochemical Zoology. 2000;73(4):406-15.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-11-21]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.2.9.0]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

Impacts of the seawater desalination plants' discharges on survival and ionic balance of Blue swimmer crab, *Portunus segnis* (Forskal, 1775), in the northern Persian Gulf

Pegah Gheshlaghi[1], Ehsan Kamrani[1,2,*], Abolfazl Naji[1,2], Moslem Daliri[1,2]

1- Department of Fisheries, Faculty of Marine Sciences and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran
2- Research Department of Fisheries Management and Sustainable Development of Marine Ecosystem, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 17 May 2022
Revised: 13 July 2022
Accepted: 19 July 2022
Published: 12 September 2022

Keywords: Brine desalination plants, Ecosystem health, Blue swimming crab *(P. segnis)*, Electrolytes, Persian Gulf

***Corresponding Author:**
ehsan.kamrani@hormozgan.ac.ir
eza47@yahoo.com

ABSTRACT

Background and Objective: Nowadays, the demand for seawater desalination plants (SDPs) has risen worldwide. However, there is a lack of knowledge on the effects of discharging the SDPs brines into the Persian Gulf marine environment and its aquatics health. Therefore, this research was performed to examine the effects of SDPs brines discharged from this facility in the ecosystem of the Persian Gulf on survival and electrolytes in the Blue swimmer crab, *Portunus segnis* (Forskal,1775) under laboratory conditions.

Materials and Methods: Brines of two types of active SDPs in Hormozgan were collected; then,75 crabs of *(P.segnis)*, with mean (±SD) carapace width of 9.71±2.18 cm and total weight of 61.22±1.04 g, were collected and transported to the laboratory from the Bandar Abbas coast. As a completely randomized design, the samples were tested in 5 treatments (with three repetitions). Mortality was recorded, and at the end of the experimental period (60 days),the level of some electrolytes of the hemolymph (sodium, calcium, magnesium, and potassium) was measured.

Results: Crabs' survival percentage in treatments containing SDPs effluent decreased compared to control (86%), which was more evident in RO 100% and MED 100% treatments with 46.7% and 40%, respectively ($p < 0.01$). The examined electrolyte levels in treatments containing SDPs brine increased compared to control, which were more significant for RO 100% and MED 100% treatments ($p < 0.01$).

Conclusion: This study showed that the SDPs brines would have physiological consequences on aquatic organisms. In nature, the synergy of SDPs effluents with other sources of ecological stress will have severe impacts. Therefore, the necessary regulations and actions should be taken to minimize the environmental effects of SDPs.

Please cite this article as: Gheshlaghi P, Kamrani E, Naji A, Daliri M. Impacts of the seawater desalination plants' discharges on survival and ionic balance of Blue swimmer crab, Portunus segnis (Forskal, 1775), in the northern Persian Gulf. Iranian Journal of Health and Environment. 2022;15(2):245-60.

Copyright © 2022 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2024-11-21]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.2.9.0]