

## بررسی تأثیرات استفاده از افزودن کربن و زئولیت به فیلتر بر سختی و میزان سدیم و پتاسیم آب آکواریوم حاوی تراکم‌های مختلف ماهی ماکرو (*Labidochromis caeruleus*)

### چکیده

فیلتر کربنی و زئولیتی می‌توانند باعث تغییرات املاح و یون‌های محلول در آب شوند. هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر این فیلترها در تراکم‌های مختلف نگهداری بر برخی املاح و سختی آب می‌باشد. بدین منظور تعداد ۱۸۰ قطعه ماهی ماکرو (*Labidochromis caeruleus*) (میانگین وزن  $9/2 \pm 1/9$  گرم) در گروه‌های ۱۰ تایی با سه تکرار، در آکواریوم‌هایی با فیلتر کربنی، فیلتر زئولیتی و فیلتر زیستی (اسفنج معمولی) به‌عنوان گروه شاهد در سه تراکم مختلف ( $1/5$ ،  $2/25$  و  $3$  گرم ماهی در هر لیتر آب) (در سال ۱۳۹۶) قرار گرفتند. نمونه‌گیری از آب در طول دوره‌ی تحقیق هفته‌ای یک‌بار به مدت دو ماه انجام گردید و اندازه‌گیری فاکتورهای آب با استفاده از کیت و دستگاه انجام شد. نتایج نشان داد در بررسی گروه‌ها، میانگین مقدار سختی آب با نوع فیلتراسیون ارتباط دارد به‌نحوی که بین فیلتراسیون زئولیتی با فیلتراسیون ذغالی و فیلتراسیون زئولیتی با گروه شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ( $P < 0/05$ ). نتایج نشان داد میانگین غلظت سدیم تحت تأثیر نوع فیلتراسیون قرار گرفته است اما در سه نوع فیلتراسیون در تراکم‌های یادشده دارای ارتباط معنی‌دار نبود ( $P > 0/05$ ). طبق نتایج به‌دست‌آمده، غلظت سدیم در فیلتراسیون زئولیتی با فیلتراسیون ذغالی و همچنین در مقایسه فیلتر زئولیتی با گروه شاهد، فیلتر ذغالی با گروه شاهد دارای تفاوت معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ). همچنین میانگین غلظت سدیم در این سه نوع فیلتر در تراکم‌های مورد مطالعه دارای تفاوت معنی‌داری نبود ( $P > 0/05$ ). نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد مقادیر پتاسیم در سه روش فیلتراسیون مورد استفاده تفاوت معنی‌داری نداشته است ( $P > 0/05$ ). در بررسی میانگین وزن نهایی ماهی‌ها، در سه نوع فیلتراسیون، تفاوت معنی‌دار نبوده است. با توجه به نتایج این تحقیق به نظر می‌رسد نوع فیلتراسیون (زئولیت و کربن فعال)، بدون تأثیر قابل‌توجه تراکم ماهی می‌تواند به شکل جزئی سختی و غلظت سدیم را تحت تأثیر قرار دهد با این حال نیاز به تنظیم پتاسیم آب، وجود ندارد.

واژگان کلیدی: فیلتراسیون، کربن، زئولیت، ماهی ماکرو، املاح آب.

رحیم پیغان<sup>۱\*</sup>

محمد راضی جلالی<sup>۲</sup>

صفورا براتی زاده<sup>۳</sup>

۱ و ۲. استاد، گروه علوم درمانگاهی، دانشگاه شهید

چمران اهواز، اهواز، ایران.

۳. دانش‌آموخته دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران

اهواز، اهواز، ایران.

\*مسئول مکاتبات:

peyghan\_r@scu.ac.ir

کد مقاله: ۱۴۰۰۴۰۹۴۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۷

این مقاله پژوهشی و برگرفته از پایان‌نامه

دکتری است.

### مقدمه

موجودات آبی از جمله ماهی‌ها وابستگی بسیار زیادی با آب اطراف خود دارند به‌نحوی که هرگونه تغییری در آب، به‌طور مستقیم و غیرمستقیم وضعیت تغذیه‌ای، متابولیسم و دفعی آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کیفیت آب در پرورش ماهی نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا می‌کند و عامل اکثر مشکلات ناشی از عوامل محیطی، نامناسب بودن کیفیت آب است (ابراهیم‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸). کیفیت آب را مجموعه‌ای از متغیرهای فیزیکی، شیمیایی و موجودات زنده آن تعیین می‌کنند. این متغیرهای کیفیت آب، بسته به نوع استفاده از آب، سیستم پرورشی و عوامل مدیریتی از نظر شیمیایی بسیار متغیر هستند. در پرورش ماهی معمولاً آبی دارای کیفیت مطلوب محسوب می‌شود که در مجموع بتواند بقا و رشد ماهیان را به بهترین وجه تأمین کند (Bailey and Sandford, 2002). پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب تحت تأثیر املاح آب (سختی و شوری) می‌باشند. مجموع غلظت کاتیون‌های دو ظرفیتی به‌خصوص کلسیم و منیزیم، کربنات‌ها، بی‌کربنات‌ها، کلریدها و سولفات‌ها در قلیائیت و سختی آب نقش



دارند (Blanchout *et al.*, 2005). گونه‌های آب شیرین معمولاً قادر به تحمل دامنه وسیعی از سختی آب می‌باشند از طرفی افزایش سختی آب سمیت آمونیاک و فلزهای محلول مانند مس و روی را کاهش می‌دهد به‌علاوه استرس ماهی نیز کاهش خواهد یافت (Lindholm-Lehto *et al.*, 2020).

اصطلاح شوری به غلظت تمام یون‌های محلول در آب اطلاق می‌شود. همه گونه‌های ماهی قادر به تحمل درجه‌های شوری مختلف می‌باشند اما بهتر است این تغییرات فقط در دامنه کوچکی از شوری متغیر باشد. در ماهیان آب شیرین، افزایش غلظت نمک می‌تواند نقش درمانی داشته باشد (ابراهیم‌زاده و همکاران ۱۳۸۸). جهت بهبود کیفیت آب از فیلتراسیون استفاده می‌شود که معمول‌ترین آن فیلتراسیون اسفنجی و بیوزیستی می‌باشد. از جمله فیلتراسیون شیمیایی می‌توان به فیلتر کربن فعال و ژئولیت اشاره کرد.

ژئولیت از جمله مواد معدنی افزایش‌دهنده کیفیت آب می‌باشد. درواقع ژئولیت‌ها کانی‌هایی از جنس سیلیکات آلومینیوم با ساختار چهاروجهی (چهار اتم اکسیژن حول یک اتم سیلیسیم) هستند (Mumpton and Fishman ; Bergero *et al.*, 1994; Gottardi and Galli, 1985). از ژئولیت و کربن فعال در زمینه‌های مختلف تصفیه آب استفاده شده است (Nomura *et al.*, 2020). همچنین کاربردهای دیگری از جمله حذف سموم دارند (Naser *et al.*, 2020, Ishnu *et al.*, 2021) با توجه به اینکه اخیراً توصیه‌های زیادی در استفاده از ژئولیت و کربن در تصفیه آب آکواریوم صورت می‌گیرد، اما در مورد تأثیر احتمالی این‌ها بر فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب وجود ندارد. پور واعظی روکرد و همکاران (۱۳۹۱) تأثیر ژئولیت بر سختی آب را بررسی نمودند (Yonatan Hailu *et al.*, 2019) در بررسی تأثیر ژئولیت طبیعی بر حذف کلسیم، منیزیم و سختی کل، مشاهده نمودند ژئولیت برای حذف سختی بسیار کارآمد است و می‌تواند در تصفیه‌خانه‌ای آب آشامیدنی استفاده شود. برای زاده و همکاران (۱۳۹۶) نیز تغییرات پ-اچ آب را در فیلتراسیون ذغالی گزارش کرده‌اند. (Safaa El-Nahas, *et al.*, 2019) در بررسی میزان حذف سختی آب (یون‌های کلسیم و منیزیم) توسط فیلتر نانو پودر ژئولیت سنتتیک را بررسی نمودند. با توجه به انجام نشدن تحقیقی در مورد تأثیر متقابل تراکم و فیلتراسیون، هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر این فیلترها در تراکم‌های مختلف نگهداری بر برخی شاخص‌های رشد ماهی و شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آب (املاح و سختی آب) بوده است.

## مواد و روش‌ها

تعداد ۱۸۰ ماهی آکواریومی ماکرو زرد (*Labidochromis caeruleus*) هم سن با میانگین وزن  $9/2 \pm 1/9$  گرم، در اوایل پاییز ۱۳۹۶ از یکی از مراکز تکثیر و پرورش ماهیان آکواریومی شهرستان اهواز تهیه گردید. ماهیان نابالغ بوده و از نظر سلامتی نیز در شرایط مناسبی بودند. برای آدپتاسیون، پس از انتقال به مدت یک هفته با شرایط جدید نگهداری شدند. در طول دوره آدپتاسیون و آزمایش‌ها، ماهی‌ها با غذای بیومار به میزان ۳ درصد وزن بدن و دو بار در روز تغذیه می‌شدند. در این تحقیق از آبلوله‌کشی شهری کلرزدایی شده (به روش ماندگاری آب به مدت ۴۸ ساعت) استفاده گردید. فاکتورهای شیمیایی آب شامل آمونیاک، نیتريت، نیترات، سختی کل، pH، شوری کل و میزان دما آب اندازه‌گیری گردید. ماهی‌ها در سه تراکم مختلف (۱، ۱/۵ و ۲ سانتی‌متر ماهی در هر لیتر آب یا ۱/۵، ۲/۲۵ و ۳ گرم ماهی در هر لیتر آب) و در سه گروه با سه نوع فیلتراسیون که شامل اسفنج و فیلتراسیون ذغالی (activated carbon, Boyu, China) اسفنج و فیلتراسیون ژئولیتی (Zeolite, Exir, Iran) و گروه شاهد که فیلتراسیون معمولی (فقط اسفنج) داشتند تقسیم‌بندی شدند. برای فیلتراسیون آب از فیلتر اکسترنال یا خارج آب (فیلتر هنگان آویز سوبو، Externl filter, Sobo, China) استفاده گردید. در این تحقیق از زغال فعال و ژئولیت تجاری (شکل ۱) استفاده گردید و میزان مصرفی نیز ۱ کیلوگرم به ازای هر ۱۰۰ لیتر آب بوده است و پس از یک هفته ژئولیت و زغال تعویض شده و اسفنج‌ها با آب بدون کلر شسته می‌شد (Emadi *et al.*, 2001).

قبل از انتقال ماهی‌ها در آکواریوم‌های مذکور، ابتدا آن‌ها را توسط ماده بیهوشی MS222 (به میزان ۱۰۰ میلی گرم در لیتر آب) بی‌هوش نموده (Blanchout *et al.*, 2005) و طول بدن و وزن بدن ماهی‌های هر گروه به روش متداول اندازه‌گیری شد. در انتهای دوره‌ی دوماهه همه‌ی ماهی‌ها مجدداً بی‌هوش و طول و وزن آن‌ها اندازه‌گیری گردید.

جهت اندازه‌گیری میزان رشد در ماهی‌ها از رابطه زیر استفاده شد:

رابطه ۱: وزن ماهی‌ها در ابتدای دوره - وزن ماهی‌ها در انتهای دوره = میزان رشد (گرم)

نمونه‌گیری از آب در طول دوره‌ی تحقیق هفته‌ای یکبار به مدت دو ماه انجام گردید. اندازه‌گیری‌ها با استفاده از کیت‌های تهیه‌شده و دستگاه Metrohm (pH/Ion meter 781) ساخت کشور سوئیس (طبق دستورالعمل کیت‌ها) انجام شد. برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم از دستگاه Flam photometer 410 ساخت کشور انگلستان استفاده شد. محلول‌های استاندارد مورد استفاده از شرکت زیست‌شیمی تهیه‌شده بودند. مقادیر به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکی شیمیایی مذکور با کمک آزمون آنالیز واریانس دوطرفه توسط نرم‌افزار SPSS-17 تحلیل و میانگین‌ها توسط آزمون LSD با سطح اطمینان ۹۵ درصد مقایسه گردید. در این مطالعه هر کجا به روابط معنی‌دار بین گروه‌ها اشاره می‌شود، ( $P < 0.05$ ) در نظر گرفته شده است.



شکل ۱: کربن فعال (راست) و زئولیت (سمت چپ) مورد استفاده در تحقیق (سال تحقیق ۱۳۹۶).

## نتایج

فاکتورهای آب در شروع آزمایش شامل آمونیاک (۰/۱ ppm)، نیتريت (۰/۰۲ ppm)، نیترات (۵ ppm)، سختی کل (۱۸۰ ppm)، PH-۸، ۴/۴، شوری کل (۱/۲ ppt) و میزان دما ۲۶-۲۸ درجه‌ی سانتی‌گراد بوده و برای همه‌ی گروه‌ها یکسان در نظر گرفته شد.

همان طوری که در جدول ۱ مشاهده می شود، نتایج نشان داد در مقایسه میان میانگین مقدار سختی آب با نوع فیلتراسیون، میان فیلتراسیون ژئولیتی با فیلتراسیون زغالی و همچنین میان فیلتراسیون ژئولیتی با گروه شاهد ارتباط معنی دار مشاهده شد ( $P < 0.05$ ) اما میان فیلتراسیون زغالی و گروه شاهد ارتباط معنی دار نبود ( $P < 0.05$ ). میانگین مقادیر سختی کل در این سه فیلتر در تراکم های مورد مطالعه دارای ارتباط معنی داری نبود ( $P < 0.05$ ).

میانگین غلظت سدیم تحت تأثیر نوع فیلتراسیون است که میان فیلتر ژئولیتی با فیلتر زغالی و میان فیلتر ژئولیتی با گروه شاهد و نیز میان فیلتر زغالی با گروه شاهد ارتباط معنی دار بود ( $P < 0.05$ )؛ اما میانگین غلظت سدیم در این سه نوع فیلتر در تراکم های یاد شده دارای ارتباط معنی دار نبود ( $P > 0.05$ ). همچنین میان اثر تداخلی تراکم با فیلتراسیون نیز ارتباط معنی دار مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). مقادیر پتاسیم در سه روش فیلتراسیون مورد استفاده تفاوت معنی داری نداشته است ( $P > 0.05$ ).

جدول ۱: میانگین مقادیر و خطای معیار ( $M \pm SE$ ) فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب در فیلتراسیون و تراکم های مورد مطالعه (سال تحقیق ۱۳۹۶).

| گروه                     | تراکم* | سدیم (mg/L)   | پتاسیم (mg/L) | سختی کل (mg/L) |
|--------------------------|--------|---------------|---------------|----------------|
| کربن                     | ۱      | b301/09±8/86  | 60/97±3/76    | b132/63±6/58   |
|                          | ۲      | b298/58±7/55  | 65/63±10/53   | b134/72±6/72   |
|                          | ۳      | b277/88±9/38  | 53/02±2/85    | b132/54±6/32   |
| ژئولیت                   | ۱      | a120/7±83/37  | 55/44±2/79    | a120/7±83/37   |
|                          | ۲      | a116/11±7/73  | 51/64±2/37    | a116/11±7/73   |
|                          | ۳      | a121±7/20     | 59/24±3/21    | a121±7/20      |
| فیلتراسیون معمولی (شاهد) | ۱      | a318/23±8/71  | 60/80±16/19   | b135/45±6/76   |
|                          | ۲      | a302/39±9/82  | 47/50±6/00    | b132/18±6/71   |
|                          | ۳      | a340/19±13/39 | 68/23±74/80   | b134/27±7/83   |

(گروه ۱: ۱ cm/L، گروه ۲: ۱/۵ cm/L، گروه ۳: ۲ cm/L).

a, b: حروف غیر همنام در دو ردیف نشانگر تفاوت معنی دار بین میانگین هر پارامتر است ( $p < 0.05$ ).

جدول ۲: میانگین مقادیر و انحراف معیار ( $M \pm Sd$ ) تغییرات وزنی در سه نوع فیلتراسیون در تراکم های مورد مطالعه ماهی ماکرو (*Labidochromis caeruleus*) (سال تحقیق ۱۳۹۶).

| گروه                     | تراکم* | سدیم (mg/L)  | پتاسیم (mg/L) | سختی کل (mg/L) |
|--------------------------|--------|--------------|---------------|----------------|
| کربن                     | ۱      | b301/09±8/86 | 60/97±3/76    | b132/63±6/58   |
|                          | ۲      | b298/58±7/55 | 65/63±10/53   | b134/72±6/72   |
|                          | ۳      | b277/88±9/38 | 53/02±2/85    | b132/54±6/32   |
| ژئولیت                   | ۱      | a120/7±83/37 | 55/44±2/79    | a120/7±83/37   |
|                          | ۲      | a116/11±7/73 | 51/64±2/37    | a116/11±7/73   |
|                          | ۳      | a121±7/20    | 59/24±3/21    | a121±7/20      |
| فیلتراسیون معمولی (شاهد) | ۱      | a318/23±8/71 | 60/80±16/19   | b135/45±6/76   |
|                          | ۲      | a302/39±9/82 | 47/50±6/00    | b132/18±6/71   |

|               |             |               |   |
|---------------|-------------|---------------|---|
| b1334/27±7/83 | 68/23±74/80 | a340/19±13/39 | 3 |
|---------------|-------------|---------------|---|

\* تغییرات وزنی بین روش‌های فیلتراسیون معنی‌دار نبوده است.

در تمامی گروه‌های مورد مطالعه، در وزن ماهیها پس از دوره ی تحقیق (نسبت به روز صفر) افزایش معنی داری مشاهده گردید ( $P < 0.05$ ). معنی دار بودن میزان رشد در ابتدا و انتهای دوره، سلامتی ماهی‌ها و موفقیت پرورش در تراکم‌های مورد نظر بوده است. در انتهای دوره تفاوت وزن و میزان رشد ماهیها در سه نوع فیلتراسیون معنی دار نبوده است ( $P > 0.05$ ). در بررسی میزان رشد (جدول ۲)، تفاوت میان تراکم‌ها معنی دار بوده است بدین ترتیب که در تمامی گروه‌ها میزان رشد ماهی‌ها در تراکم‌های کمتر، بیشتر از وزن ماهی‌ها در تراکم‌های بالاتر بوده است ( $P < 0.05$ ).

### بحث و نتیجه‌گیری

در این بررسی تأثیر تراکم‌های مختلف ماهی ماکرو بر املاح آب موردبررسی قرار گرفت. علت انتخاب ماهی ماکرو قابلیت رشد خوب در آکواریوم، مقاومت ماهی، کاهش خطر تلف شدن آن در طی دوره‌ی تحقیق، اندازه‌ی نسبتاً کوچک آن با توجه به تیمارها و تکرارها، نگهداری ماهیان در شرایط سخت است، قابلیت تهیه‌ی تعداد زیادی ماهی هم‌اندازه و قیمت نسبتاً ارزان ماهی بوده است. تراکم‌های ماهی در این تحقیق، بر اساس نظر آکواریوم داران و میزان‌های متداول مورد استفاده بوده است.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد مقادیر سختی آب در سه روش فیلتراسیون مورد استفاده تفاوت معنی‌داری داشته است. سختی آب از فاکتورهای مهم آب در آکواریوم می‌باشد که معمولاً چندان تغییری نمی‌کند. فیلتراسیون می‌تواند با جذب یون‌های کلسیم و جایگزینی آن‌ها با یون سدیم، باعث کاهش سختی شوند. تحقیق حاضر نشان می‌دهد در تراکم‌های استفاده‌شده، فیلتر ژئولیتی نسبت به دو فیلتر دیگر در کنترل و کاهش سختی آب مؤثرتر عمل نموده است. پورواعظی روکرد و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی تأثیر حذف ژئولیت بر سختی آب مشاهده نمودند فیلتر شنی شاهد به‌تنهایی تأثیری بر روی سختی آب نداشت اما فیلتر شنی حاوی ژئولیت میزان سختی آب و به‌خصوص یون کلسیم را به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. در بررسی تأثیر ژئولیت طبیعی بر حذف کلسیم، منیزیوم و سختی کل، مشاهده نمودند ژئولیت برای حذف سختی بسیار کارآمد است و می‌تواند در تصفیه‌خانه‌ای آب آشامیدنی استفاده شود (Yonatan Hailu et al., 2019). برای زاده و همکاران (۱۳۹۶) نیز تغییرات پ-اچ آب را در فیلتراسیون زغالی گزارش کرده‌اند. Safaa El-Nahas و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی میزان حذف سختی آب (یون‌های کلسیم و منیزیوم) توسط فیلتر نانو پودر ژئولیت سنتتیک مشاهده نمودند حدود ۹۰ درصد سختی آب توسط این فیلتر در ۳۰ دقیقه اولیه آزمایش حذف گردید و این موضوع ظرفیت عالی این فیلتر در حذف سختی آب را بیان می‌کند. همچنین فرهنگی و همکاران (۱۳۸۱) در بررسی میزان حذف آمونیوم توسط ژئولیت، مشاهده نمودند که ژئولیت علاوه بر جذب آمونیاک آب، سختی کل آب (مجموع یون‌های کلسیم و منیزیم) را نیز کاهش داده است که این امر کارایی ژئولیت را در جذب آمونیاک آب کاهش می‌دهد. البته تأثیر ژئولیت در کاهش سختی آب کمتر از آمونیاک آب است که علت آن را می‌توان در ارتباط با تمایل جذبی بیشتر ژئولیت برای یون آمونیوم نسبت به یون کلسیم و منیزیم دانست.

Sumitomo (۱۹۹۸) اثرات کنترل pH، کلسیم و منیزیم را بر روی حذف آمونیاک و متیل سوپرنول توسط فیلتر بیولوژیک بررسی کرده و مشاهده نمود علت معکوس بودن سرعت حذف این دو ماده نسبت به یکدیگر، غلظت pH، کلسیم و منیزیم رسوبات در فیلتر می‌باشد. این مطالعه پیش‌بینی می‌کند با کنترل فاکتورهای مذکور، سرعت حذف این دو ماده توسط فیلتر بیولوژیکی کربن فعال بالا باشد.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد مقادیر سدیم آب در سه روش فیلتراسیون مورد استفاده تفاوت معنی‌داری داشته است. تحقیق حاضر نشان می‌دهد در تراکم‌های استفاده‌شده، هر دو فیلتر ژئولیتی و فیلتر زغال فعال نسبت به گروه شاهد که دارای فیلتر بیولوژیکی بود، در کاهش میزان

سدیم آب مؤثر عمل نمودند. سدیم آب که یکی از شاخص‌های شوری است در آکواریوم‌های آب شیرین بسیار حیاتی است. وجود یون سدیم می‌تواند با رقابت با یون نیتريت از مسمومیت با نیتريت جلوگیری کند.

شکریان و همکاران (۱۳۹۹) در بررسی تأثیر جاذب‌های زیستی و معدنی در کاهش شوری آب مشاهده نمودند تمامی جاذب‌های مورد مطالعه در اندازه‌های مختلف قابلیت جذب یون‌های نمکی را دارا می‌باشند؛ اما از میان جاذب‌های مورد استفاده برای جذب نمک ژئولیت بیش‌ترین کارایی جذب را به خود اختصاص داد. صیاد و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی میزان جذب نمک در محلول‌های آبی توسط فیلتر ژئولیت، مشاهده نمودند فیلتر ژئولیتی در جذب نمک مؤثر عمل می‌کند. همچنین کاربردهای دیگری از جمله حذف سموم وارده از طریق خوراکی دارند (Naser et al., 2020; Risha, et al., 2020).

فرهنگی و همکاران (۱۳۸۱) در بررسی میزان حذف آمونیوم توسط ژئولیت، مشاهده نمودند در آب‌های شور کارایی ژئولیت شدیداً کاهش می‌یابد که علت آن وجود یون سدیم به‌عنوان یون قابل‌تبادل در ژئولیت است.

Hotos و Vlahos (۱۹۹۸) فعالیت نیتروژن زایی بیوفیلترهای آکواریوم را در شرایط شوری آب کنترل نمودند. نتایج نشان داد در شوری بالا (۵-۱۲۶ میلی‌گرم در لیتر) که میزان آمونیاک و نیتريت افزایش می‌یابد، در اثر فعالیت بیوفیلترها، میزان آمونیاک تا سطح قابل‌اطمینان بسیار پایین آمد. همچنین میزان نیتريت کاهش یافته و به نزدیک صفر رسید و در مقابل میزان نیتريت که در شروع آزمایش در سطح پایینی بود، در انتهای دوره آزمایش در سطح نسبتاً بالا ثابت ماند. این یافته‌ها نشان‌دهنده سازگاری فیلترها با محیط شور و ایمن بودن ماهی‌ها در این آکواریوم‌ها بودند.

عمادی و همکاران (۲۰۰۱) اثر مقایسه‌ای ژئولیت و کربن فعال را بر حذف آمونیاک مورد مطالعه قرار داده و مشاهده نمودند که شوری بر کربن فعال و ژئولیت اهمیت بالایی دارد. با افزایش شوری، کارایی هر دو ماده کاهش می‌یابد؛ که علت آن را می‌توان رقابت کاتیون‌های آب با یون آمونیوم دانست. در هر صورت در شوری بیشتر از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بهتر است از کربن فعال استفاده شود.

نتایج تحقیق نشان داد هرچند تراکم ماهی‌ها می‌تواند بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی از تأثیر بگذارد اما در فیلتراسیون‌های متداول (حاوی ژئولیت و زغال) این تغییرات بسیار ناچیز است. یکی از املاح مهم آب پتاسیم است که در بسیاری از آب‌ها، تعادل آن به هم می‌خورد (Lindholm- Lehto et al., 2020). در بررسی حاضر مقادیر پتاسیم در سه روش فیلتراسیون مورد استفاده تفاوت معنی‌داری نداشته است. تحقیق حاضر نشان می‌دهد در تراکم‌های استفاده‌شده، هر سه روش فیلتراسیون موفق بوده است و توانسته‌اند میزان پتاسیم را در حد مطلوب نگه دارد. به‌طور کلی نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد نوع فیلتراسیون تأثیرات نسبتاً کمی بر سختی آب و املاح مهمی مثل سدیم و پتاسیم در آکواریوم دارد و از نظر رشد ماهی نیز تأثیر قابل‌توجهی نداشته است.

## سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دکتری عمومی دامپزشکی دانشگاه شهید چمران اهواز می‌باشد. از اعطای پژوهانه (شماره SCU.VC99.413) معاونت محترم پژوهشی دانشگاه برای انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

## منابع

ابراهیم‌زاده موسوی، ح.، ذبیحی محمودآبادی، ع.، قره‌باغی، ع. و منصوری دانشور، م.، ۱۳۸۸. بیماری‌های ماهی‌های زینتی. انتشارات علمی آریان، تهران، چاپ اول، صفحات ۲۱۰-۱۹۷.

- براتی زاده، ص.، پیغان، ر. و راضی جلالی، م.، ۱۳۹۶. بررسی تأثیر متقابل فیلتراسیون (فیلتر کربن، زئولیت و فیلتراسیون ساده و تراکم ماهی ماکرو (*Labidochromis caeruleus*) بر میزان رشد و مواد نیتروژنی آب. مجله دامپزشکی ایران، ۳(۱۳): صفحات ۲۳-۱۵.
- پور واعظی روکرد، ر.، قربانی، ب.، نوری امامزاده‌ای، م. و شاه‌محمدی، ش.، ۱۳۹۱. بررسی کاربرد زئولیت در فیلتر شنی در کاهش یون‌های کلسیم، منیزیم و کلر از آب‌های شور. ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط‌زیست، تهران. صفحه ۲۳.
- شکریان، ف.، سلیمانی، ک.، نعمت زاده، ق. و بی‌پروا، پ.، ۱۳۹۹. بررسی مقایسه‌ای جاذب‌های زیستی و معدنی در کاهش شوری آب. علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۴(۲۲): صفحات ۶۶-۵۵.
- صیاد، د.، ساداتی نژاد، س.، سلیمانی، ک. و شکریان، ف.، ۱۳۹۶. بررسی ظرفیت جذب نمک توسط زئولیت از محلول آبی با به‌کارگیری معادلات ایزوتومی. سومین همایش بین‌المللی افق‌های نوین در علوم کشاورزی منابع طبیعی و محیط‌زیست، تهران. صفحه ۷۸.
- فرهنگی، م.، کمالی، ا. و حاجی‌مرادلو، ع.، ۱۳۸۲. بررسی نقش زئولیت طبیعی در کاهش مسمومیت با آمونیاک در قزل‌آلای رنگین‌کمان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۲(۱۰)، صفحات ۲۰۷-۱۹۵.

**Bailey, M. and Sandford, G., 2002.** The Ultimate Aquarium, A Definitive Guide to Identifying and Keeping Freshwater and Marine Fishes, Lorenz books, pp: 54-87.

**Bergero, D., Boccignone, M. and Palmegiano, G. B., 1994.** Ammonia removal capacity of European natural zeolite tuffs, application to aquaculture waste water, *Aquaculture and Fish Management*, 25: 813-820.

**Blanchout, V., Courtier, O., Moulinot, C. and Loup, P., 2005.** The Complete Aquarium Guide, Fish, Plants and Accessories for Your Aquarium, Langenscheidt Publication. Berlin, pp: 140-157.

**El-Nahas, S., I., Osman, A. S., Arafat, A., AL-Mohtaseb, A. M., and Salman, H., 2010.** Facile and affordable synthetic route of nano powder zeolite and its application in fast softening of water hardness, *Journal of Water Process Engineering*, 33: 101104.

**Emadi, H., Nezhad, J. E. and Pourbagher, H., 2001.** In vitro comparison of zeolite (Clinoptilolite) and activated carbon as ammonia absorbents in fish culture. *The ICLARM Quarterly*, 24 (2): 18-20.

**Gottardi, G. and Galli, E., 1985.** Natural Zeolite, 2<sup>th</sup> ed, Springer, Berlin, pp: 409-412.

**Hailu, Y., Tilahun, E., Brhane, A., Resky, H. and Sahu, O., 2019.** Ion exchanges process for calcium, magnesium and total hardness from ground water with natural zeolite, *Groundwater for Sustainable Development*, 8: 457-467.

**Hotos, G. N. and Vlahos, N., 1998.** Observations on the conditioning of filter bed in hypersaline aquaria, *Aquacultural Engineering*, 19: 215-222.

**Ishnu, D., Dhandapani, B., Kannappan, B. and Panchamoorthy, G., 2021.** Comparison of surface-engineered superparamagnetic nanosorbents with low-cost adsorbents of cellulose, zeolites and biochar for the removal of organic and inorganic pollutants: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 10: 245-255.

**Lindholm-Lehto, P., Pulkkinen, J., Kiuru, T., Koskela, J. and Vielma, J., 2020.** Water quality in recirculating aquaculture system using wood chip de-nitrification and slow sand filtration. *Environmental Science and Pollution Research*, 27: 17314-17328.

**Mumpton, F. A. and Fishman, P. H., 1977.** The application of natural zeolite in animal science and aquaculture, *Journal of Animal Science*, 45: 1188-1203.

**Nssar, K. M., Mohammady, E. Y., Amin, A., Tayel, S. I. and El-Haro, E. R., 2020.** Nano-zeolite efficiency to mitigate the aflatoxin B1 (AFB1) toxicity: Effects on growth, digestive enzymes, antioxidant, DNA damage and bioaccumulation of AFB1 residues in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 523: 731- 739.

**Nomura, Y., Fukahori, S. and Fujiwara, T., 2020.** Removal of sulfamonomethoxine and its transformation byproducts from fresh aquaculture wastewater by a rotating advanced oxidation contactor equipped with zeolite/TiO<sub>2</sub> composite sheets. *Process Safety and Environmental Protection*, 134: 161-168.

**Risha, E., Hamed, M., Ibrahim, T. and Palić D., 2020.** Dietary mycotoxicosis prevention with modified zeolite (Clinoptilolite) feed additive in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 523: 734- 739.

**Sumitomo, H., 1998.** pH and Mg, Ca control for biological treatment of an offensive flavor (2-MIB), *Water Science and Technology*, 37(10): 101-106.