نشریهٔ محیط زیست طبیعی،مجلهٔ منابع طبیعی ایران، دورهٔ ۶۶، شمارهٔ ۳، پائیز۱۳۹۲
صفحات ۲۶۰- ۲۵۵

مقایسهٔ عملکرد کربن فعال حاوی کشت باکتریایی و زئولیت (کلینوپتیلولیت) در حذف آمونیاک از پساب سیستم حمل بچه‌ماهی زندهٔ قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

هادی پورباقر[۱*]، سهیل ایگدری[۲]، محمد هرسیج[۳]، امیرحسین حمیدیان[۴]
۱،۲. استادیار گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
۳. استادیار، گروه منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس
۴. استادیار گروه محیط‌زیست ، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۹/۲۶- تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۲/۱۲)

چکیده

تغییرات کیفیت آب، به‌ویژه افزایش غلظت آمونیاک، ممکن است به مرگ آبزیان منجر شود. این تحقیق به‌منظور مقایسهٔ عملکرد کربن فعال حاوی کشت باکتریایی و زئولیت در حذف آمونیاک (نیتروژن کل آمونیاکی=TAN) از پساب یک سیستم حمل بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در کیسه‌های پلاستیکی۴۰ لیتری انجام شد. میزان حذف آمونیاک در غلظت‌های تیمارهای حذف‌کنندهٔ آمونیاک ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم در لیتر طی دو زمان ۱۲ و ۲۴ ساعت و با سه تراکم ۲۰، ۵۰ و ۸۰ بچه‌ماهی در هر کیسه مورد سنجش قرار گرفت. افزایش میزان حذف‌کننده‌های آمونیاک، تراکم ماهی و زمان، به‌طور معنی‌داری، به‌ترتیب سبب کاهش، افزایش و افزایش TAN می‌شود ($P<0.001$). در این آزمایش اثر تراکم و زمان بسیار مشهود بود. بین زئولیت و کربن فعال حاوی کشت باکتریایی در حذف TAN، تفاوت بسیار معنی‌داری یافت شد ($P<0.001$). زئولیت، در مقایسه با کربن فعال، نتایج رضایت‌بخش‌تری را نشان داد.

واژگان کلیدی

آمونیاک، تراکم، زئولیت، کربن فعال.

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۲۶۳۲۲۲۳۰۴۴
Email: poorbagher@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

پساب آمونیاکی ناشی از کشاورزی و آبزی‌پروری ممکن است سبب یوتروفیکاسیون آب‌های دریافت‌کننده شود و به‌واسطهٔ سمی‌بودن، حتی در غلظت‌های پایین نیز ممکن است اثرهای منفی‌ای بر بافت‌ها و فاکتورهای فیزیولوژیکی ماهی و سایر آبزیان، از قبیل نرخ رشد، میزان مصرف اکسیژن و مقاومت در برابر بیماری، داشته باشد (Piper & Smith, 1984; Berka, 1986). در سیستم‌های پرورشی و حمل ماهی و سایر آبزیان، آمونیاک به‌واسطهٔ متابولیسم پروتئین و فعالیت باکتریایی مواد دفعی تولید می‌شود Boyd & Tucker (1998; Zhang & Perschbacher, 2003). افزایش غلظت آمونیاک در طول حمل یکی از چالش‌های اصلی در سیستم حمل بچه‌ماهی زندهٔ قزل‌آلاست. امروزه، برای کاهش غلظت آن طی حمل ماهی، از دو روش ۱. کاهش نرخ تولید نیتروژن از طریق سردکردن آب، سکون و گرسنه نگه‌داشتن ماهیان قبل از انتقال و ۲. حذف آمونیاک تولیدشده طی فرآیند تبادل یونی یا نیتریفیکاسیون باکتریایی استفاده می‌شود (Philips & Brockway, 1954; Amend *et al*., 1982; Teo *et al*., 1989; Chiayvareesajja & Boyd 1993; Cole *et al*. (1999; Emadi *et al*., 2001

تبادل یونی فرآیندی است که طی آن یون‌های خاص یک ماده با یون‌های مورد نظر آب تبادل می‌کند. رزین های مصنوعی و طبیعی متعددی برای حذف آمونیاک با استفاده از تبادل یونی دردسترس‌اند که زئولیت کلینوپتیلولیت (Clinoptilolite) ازجمله مؤثرترین رزین‌های طبیعی برای این منظور است. درضمن، فرآیند نیتریفیکاسیون فرآیند دومرحله‌ای اکسیداسیون آمونیاک است که توسط باکتری‌های اتوتروف انجام می‌پذیرد (Turner & Bower, Zhang & Perschbacher, 2003) ;1981 در این روش، از موادی از قبیل کربن فعال، پوستهٔ صدف، سنگ، ماسه و غیره به‌مثابهٔ بستر باکتریایی استفاده می‌شود که در این بین کربن فعال بیشترین سطح استقرار باکتریایی را، با حدود یک میلیون میلی مترمربع به‌ازای هر کیلوگرم از آن، فراهم می‌کند (Wheaton, 1977). ازآنجایی‌که کربن فعال به‌تنهایی در فرآیند نیتریفیکاسیون هیچ نقشی ندارد، نیاز است، قبل از استفاده، باکتری‌ها روی آنها استقرار یابند.

کلینوپتیلولیت در کیسه های پلاستیکی حمل ماهیان زنده به‌کار گرفته شده و در حذف آمونیاک مؤثر بوده است (Turner & Bower, 1982). در زمان استفاده از زئولیت به آماده‌سازی پیش از استفاده نیاز نیست، اما کربن فعال به آماده‌سازی نیاز دارد که زمان‌بر است. ازطرفی زئولیت بسیار ارزان‌تر از کربن فعال است؛ ازاین‌رو، این تحقیق به‌منظور مقایسهٔ تأثیر زئولیت و کربن فعال، در شرایط یکسان، از پساب یک سیستم حمل ماهی زنده انجام شد تا بتوانیم درک بهتری از روش‌های مؤثرتر در حذف آمونیاک از پساب سیستم‌های پرورش ماهی، به‌ویژه در طول فرآیند حمل ماهی زنده، به‌دست آوریم.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲.کشت باکتری روی زغال فعال

برای کشت باکتری‌های نیتریت‌کننده روی زغال فعال، از آکواریوم های شیشه‌ای مجهز به سنگ هوا و بخاری آکواریومی استفاده شد. برای این منظور، آکواریوم با نیم‌لیتر پساب حاصل از یک کانال پرورش قزل‌آلا پر شد و مطابق پروتکل Turner و همکاران (1982)، کلرید آمونیوم به‌مثابهٔ منبع آمونیاک به آب افزوده شد تا باکتری‌ها بتوانند به ظرفیت اکسیداسیون ۵ میلی‌گرم بر لیتر TAN (مجموع نیتروژن آمونیاکی) در ۲۴ ساعت برسند. درجهٔ حرارت آب بین ۲۲-۲۴ درجهٔ سانتی‌گراد ثابت نگه داشته شد. با توجه به اینکه pH آب حدود ۸ بود، هیچ‌گونه بافری به آب آکواریوم اضافه نشد. برای تسریع رشد باکتریایی روی کربن فعال، آنها به‌صورت غوطه‌ور در مخازن فیلتر آکواریوم (مجرای فیلتر) قرار داده شدند، به‌نحوی‌که آب بتواند از بین قطعات کربن فعال عبور کند (Landau, 1992). پس از استقرار سیستم و آماده‌شدن کشت باکتریایی، دمای آب به‌تدریج به محدودهٔ ۱۳-۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد کاهش داده شد تا باکتری‌ها بتوانند با دمای آزمایش سازگار شوند.

۲.۲.اجرای آزمایش

کربن فعال و زئولیت مورد استفاده در این آزمایش درجه‌بندی شدند و قطر متوسط آنها بین ۱-۲ میلی‌متر بود. زئولیت (کلینوپتیلولیت) مورد استفاده محصول شرکت افرند توسکا بود. کیسه‌های پلاستیکی مورد

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده برای حمل ماهی نیز دولایه در ابعاد ۹۰×۶۰ سانتی‌متر بودند (Woynarovich & Horvath, 1980). به هرکیسهٔ پلاستیکی حمل ماهی ۲۰ لیتر آب رودخانه اضافه شد که حاوی مقداری آب کانال‌های پرورشی نیز بود. دمای طبیعی آب بین ۱۳-۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد و گونهٔ مورد استفاده در این آزمایش بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (Oncorhynchus mykiss) ۴ گرمی ([$\bar{x} \pm$ SD] ۰/۳ g ۴±) بودند که برای تخلیهٔ محتوای رودهٔ آنها، تغذیه‌شان ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایش متوقف شده بود.

سه تیمار حاوی ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم در لیتر، هم برای زئولیت و هم کربن فعال حاوی کشت باکتریایی، به همراه تیمار شاهد، برای آزمایش انتخاب شدند و برای هر تیمار نیز از سه تراکم، به‌ترتیب حاوی ۲۰،۵۰ و ۸۰ عدد بچه‌ماهی، با سه تکرار استفاده شد. به‌دلیل احتمال تأثیر زیان‌بار بافرها روی باکتری‌های نیتریت‌کننده، هیچ‌گونه بافری به تیمارها اضافه نشد. پس از انتقال ماهیان به کیسه‌های حمل ماهی، بقیهٔ حجم کیسه‌ها با تزریق اکسیژن خالص پر شد و سپس کیسه‌ها در آب سرد (۱۳-۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد) کانال های پرورش قرار داده شدند. به‌ترتیب، پس از ۱۲ و ۲۴ ساعت بعد از استقرار ماهیان، نمونهٔ ۱۰۰ میلی‌لیتری آب از کیسه های محل ماهی گرفته شد و در بطری های تیرهٔ حاوی اسید سولفوریک ریخته شد تا pH آن به ۲ کاهش یابد. بطری‌های حاوی نمونه های آب در یخ، برای اندازه‌گیری های عوامل فیزیکوشیمیایی بعدی، به یخچال (۴- درجهٔ سانتی‌گراد) انتقال یافتند. میزان TAN (کل نیتروژن آمونیاکی) نمونه‌ها با استفاده از روش غیرمستقیم نسلریزاسیون (Indirect Nesslerisation) (Clesceri *et al.*, 1989) اندازه‌گیری شدند.

۳.۲. تحلیل آماری

طرح آزمایش در این تحقیق اسپلیت-اسپلیت پلات در زمان با سه تکرار بود و تفاوت آماری بین مقادیر میانگین تیمارهای گوناگون با آزمون دانکن و نرم‌افزار SPSS تعیین شد. نرمال‌بودن و همگنی واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون‌های Kolmogorov-Smirnov بررسی شد (Zar, 1974). به‌دلیل فقدان نرمالیتهٔ تمام داده از روش تغییر شکل Box-Cox استفاده شد.

۳. نتایج

بین میزان باقیماندهٔ TAN در کلیهٔ تیمارها در زمان‌های ۱۲ و ۲۴ ساعت تفاوت معنی‌داری یافت شد ($P<0.001$) و این میزان در زمان ۲۴ ساعت تقریباً دو برابر زمان ۱۲ ساعت بود. همچنین بین تراکم های گوناگون (۲۰ و ۵۰ و ۸۰ عدد در هر کیسهٔ حمل ماهی) تفاوت بسیار معنی‌داری وجود داشت ($P<0.001$)؛ بدین معنی که با افزایش تراکم، میزان باقیماندهٔ آمونیاک نیز افزایش یافت (شکل ۱).

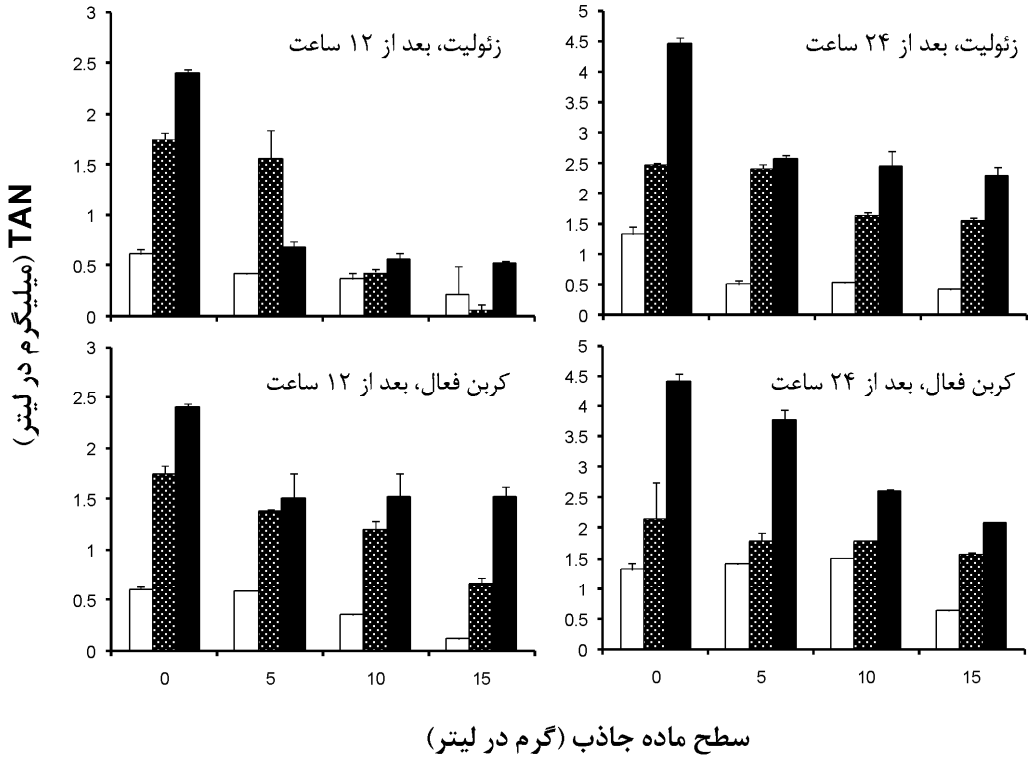
نتایج این تحقیق نشان داد که کیسه های حاوی زئولیت، به‌طور معنی‌دار، TAN بیشتری را در مقایسه با کربن فعال حاوی کشت باکتریایی جذب کرده‌اند ($P<0.001$). بین میزان مواد جذب‌کنندهٔ آمونیاک نیز تفاوت معنی‌دار بسیار بالایی وجود داشت ($P<0.001$)؛ بدین معنی که با افزایش میزان زئولیت و کربن فعال حاوی کشت باکتریایی، میزان جذب TAN افزایش یافت. بالاترین میزان جذب آمونیاک در سطوح ۱۵ گرم در لیتر مواد جذب‌کنندهٔ آمونیاک حاصل شد. افزایش میزان هر دو جذب‌کنندهٔ آمونیاک (زئولیت و کربن فعال) در ۱۵ گرم در لیتر افزایش چشمگیری را در جذب TAN، در مقایسه با ۱۰ گرم در لیتر، نشان نداد. در طول دورهٔ آزمایش تلفاتی دیده نشد. pH کیسه‌های حمل حاوی کربن فعال دارای کشت باکتریایی و زئولیت، در انتهای دورهٔ آزمایش، به‌ترتیب کمتر از ۷ (۶/۵-۶) و بین ۷-۸ ثبت شد.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

تفاوت میزان TAN باقیمانده در زمان‌های ۱۲ و۲۴ ساعت در کلیهٔ تیمارها نشان داد که کوتاه‌کردن زمان حمل ماهی روش مطمئنی برای کاهش غلظتآمونیاک در کیسه‌های حمل ماهی است و باید راهکاری مهم در نظر گرفته شود. ازسوی دیگر، افزایش میزان آمونیاک کل با افزایش تراکم در این آزمایش، مسلماً، ضرورت کاهش تعداد بچه‌ماهیان را به‌منظور کاهش سطوح آمونیاک نشان می‌دهد. به‌عبارت دیگر، پرورش‌دهندگان می‌توانند با کاهش تراکم بچه‌ماهی حمل مطمئنی داشته باشند، اما کاهش زمان حمل همیشه امکان‌پذیر نیست.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. تغییرات غلظت TAN (SD +) در سطوح گوناگون مادهٔ جاذب بعد از ۱۲ و ۲۴ ساعت حمل شبیه‌سازی‌شده (ستون‌های سفید، هاشورزده و تیره، به‌ترتیب، تراکم‌های ۲۰،۵۰ و ۸۰ عدد بچه‌ماهی)

پایین‌بودن میزان جذب TAN در کشت باکتریایی، در مقایسه با زئولیت، ممکن است به عوامل گوناگونی بستگی داشته باشد، زیرا نیتریفیکاسیون فرآیندی بیولوژیکی است و تحت تأثیر عوامل گوناگون محیطی به‌ویژه درجهٔ حرارت است (Turner & Bower, 1982). ازآنجایی‌که درجهٔ حرارت آب مورد استفاده برای حمل ماهیان ۱۳-۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد و کمتر از دامنهٔ دمایی اپتیمم برای فرآیند نیتریفیکاسیون بود، ممکن است این امر دلیل پایین‌بودن کارایی این فرآیند باشد. به‌طور معمول، دامنهٔ دمایی اپتیمم برای رشد باکتری‌های نیتریت‌کننده و فرآیند نیتریفیکاسیون بین ۲۵-۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد گزارش شده است و با کاهش دما به حدود ۱۸ درجهٔ سانتی‌گراد، این فرآیند با کاهش ۵۰ درصدی مواجه خواهد شد (Berounsky & Nixon, 1993).

به‌علاوه، pH کیسه‌های حمل حاوی کربن فعال دارای کشت باکتریایی، بعد از دوره‌ای معین، کمتر از ۷ بود. با توجه با اینکه pH اپتیمم برای نیتریفیکاسیون به‌طور معمول در بخش قلیایی pH خنثی (pH<7) قرار دارد، در کیسه های حاوی کربن فعال، بازدارندگی نیتریفیکاسیون در زیر pH=۷ تا حدودی شروع شد و این می‌توانست به کاهش کارایی آن در حذف آمونیاک منجر شود. در pH زیر ۷/۳-۸ رشد باکتری‌ها کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که این فرآیند در pH زیر ۶ متوقف می‌شود (Allison & Prosser, 2003). با وجود این، برخی از سویه های باکتری‌های نیتریت‌کننده در pH زیر ۶/۵ بیشترین میزان یونیزاسیون آمونیاک را دارند (Kumari *et al.*, 2011). درضمن، با توجه به اینکه نیتریفیکاسیون فرآیندی اکسیژن‌خواه است (Bower & Belser & Schmidt, 1978; Turner,1982)، کاهش اکسیژن در کیسه‌ها نیز ممکن است به کاهش این فرآیند منجر شود.

علی‌رغم افزایش میزان جذب‌کننده های آمونیاک در تیمارها، جذب آمونیاک به نسبت افزایش میزان این جاذب‌ها افزایش چشمگیری نیافت. این امر ممکن است به‌دلیل کاهش آمونیاک آب باشد، چراکه با افزایش میزان جاذب ها، آمونیاک به‌شدت کاهش یافته و همراه با

Archive

www.SID.ir

آن احتمال تماس آمونیاک با جاذب ها نیز کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، ازآنجایی‌که جاذب ها در کف کیسه های حمل ماهی قرار داشتند، تماس مناسبی با آمونیاک آب تصورپذیر نبود. بنابراین این احتمال وجود دارد که افزایش میزان جذب‌کنندهٔ آمونیاک نتوانسته سبب حذف کامل آمونیاک در کیسه‌ها شود. در شرایط حقیقی، با به‌هم‌خوردن کیسه‌ها و درنتیجه گردش آب ممکن است نتیجهٔ بهتری با میزان بالایی از جاذب‌های آمونیاک حاصل شود.

تفاوت در نتایج حاصله بین زئولیت و کربن فعال حاوی کشت باکتریایی ممکن است نشان‌دهندهٔ برتربودن زئولیت نباشد و این امر به شرایط نامناسب محیطی مربوط باشد، زیرا باکتری‌های نیتریت کننده، به مثابهٔ شیمولیتوتروف‌های اجباری با دورهٔ طولانی تکثیر (به‌دلیل بازده پایین در واکنش اکسیداسیون)، به‌شدت تحت تأثیر فاکتورهای محیطی‌اند (Belser & Schmidt, 1978). بنابراین، در شرایط محیطی مناسب، کربن فعال با کیفیت بهتر و سویه های باکتریایی مؤثر (با دورهٔ تکثیر سریع‌تر و فعالیت در pH کمتر) ممکن است حتی بهتر از زئولیت عمل کند.

درکل، زئولیت، در مقایسه با کربن فعال، به‌مثابهٔ ماده‌ای مؤثر برای کاهش TAN در طول فرآیند حمل ماهی زنده مزایایی دارد. برای مثال، زئولیت، برخلاف کربن فعال، نیازی به فراهم‌کردن شرایط مناسب کشت باکتریایی قبل از استفاده ندارد و از سوی دیگر، فراهم‌آوردن شرایط مناسب برای کربن فعال به زمان طولانی در دمای اپتیمم (۲۰-۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد) برای کشت باکتریایی نیاز دارد و این زمان در درجهٔ حرارت پایین‌تر حتی ممکن است به ۶۰ روز نیز برسد (Turner & Bower, 1981).

جذب آمونیاک توسط زئولیت به درجهٔ حرارت بستگی ندارد، اما این فرآیند در کربن فعال حاوی کشت باکتریایی فرآیندی بیولوژیکی به شرایط محیطی مناسب از قبیل درجهٔ حرارت و pH وابسته است (Bower, Turner & 1981). زئولیت از کربن فعال ارزان‌تر است و می‌تواند دوباره توسط آب شور ۲ درصد با pH=۱۲ برای استفادهٔ مجدد بازیابی شود (Horsch & Holway, 1984). با وجود این، علی‌رغم پایین‌بودن pH در زیر ۷، در کیسه های حاوی کربن فعال، کمیت آمونیاک کاهش می‌یابد. درنتیجه، هم کیسه‌های حاوی زئولیت و هم کربن فعال دارای معایب و محاسن خاص خودند، اما ارزانی و سهولت استفاده از زئولیت می‌تواند آن را به کاندید بهتری در حمل و نقل ماهیان زنده تبدیل کند.

۵. تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب سپاسگزاری خود را به کارشناسان محترم کارگاه پرورش قزل‌آلای جاجرود، به‌ویژه مهندسان رستگار، اندرخواه و جاذبی‌زاده، عنوان می‌دارند. پژوهش حاضر با حمایت مالی شرکت صنایع آبزی‌پژوهان آریا صورت گرفته و بدین وسیله مراتب سپاسگزاری به هیئت مدیرهٔ این شرکت به‌خصوص جناب آقای دکتر محمد رستگاری ابراز می‌شود.

REFERENCES

1. Allison, S.M., Prosser, J.I (2003) "Ammonia oxidation at low pH by attached populations of nitrifying bacteria," *Soil Biology and Biochemistry*, 25: 935-941.
2. Amend, D.F., Croy, T.R., Goven, B.A., Johnson, K.A., McCarthy, D.H (1982) "Transportation of fish in closed systems: methods to control ammonia, carbon dioxide, pH, and bacterial growth," *Transactions of the American Fisheries Society*, 111: 603-611.
3. Belser, L.W., Schmidt, E.L (1978) "Diversity in the ammonium-oxidizing nitrifier population," *Applied Environmental Microbiology*, 36: 584-588.
4. Berka, R (1986) "The transport of live fish," a review. EIFAC Tech. Pap., (48) 52p.
5. Berounsky, V.M., Nixon, S.W (1993) "Rates of nitrification along an estuarine gradient in Narragansett Bay," *Estuaries*, 16: 718-730.
6. Bower, C.E., Turner, D.T (1981) "Accelerated nitrification in new seawater culture systems," *Aquaculture*, 24: 1-9.
7. ------ (1982) "Ammonia removal by clinoptilolite in the transport of ornamental freshwater fishes," *Progress in Fish Culture*, 4(1):19-23.

Archive of SID

www.SID.ir

8. Boyd, C.E., Tucker, C.S (1998) *Pond aquaculture water quality management*, Boston, Kluwer Academic Publishers.
9. Chiayvareesajja, S., Boyd, C.E (1993) "Effects of zeolite, formalin, bacterial augmentation, and aeration on total ammonia nitrogen concentrations," *Aquaculture*, 116: 33-45.
10. Clesceri, L.S., Greenberg A.E., Trussell R.R (1989) *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 17th edition. DHA-AWWA-WPCK. Washington D.C.
11. Cole, B., Tamaru, C.S., Bailey, R., Brown, C., Ako, H (1999) "Shipping practices in the ornamental fish industry," Center for Tropical and Subtropical Aquaculture publication number 131.
12. Emadi, H., Nezhad, J.E., Poorbagher, H (2001) "In vitro comparison of zeolite (clinoptilolite) and activated carbon as ammonia absorbents in fish culture," *The ICLARM Quarterly*, *Naga*, 24: 18-20.
13. Frose, R (1986) "How to transport live fish in plastic bags," *Infofish Marketing Digest*, (4): 35-36.
14. Horsch, M.C., Holway, J.E (1984) "Use of clinoptilolite for salmon rearing," In: Pond, W.G., Mumpton, F.A. (Eds.), *Zeo-agriculture, use of natural zeolites in agriculture and aquaculture*, Western Press, p. 235-243
15. Landau, M (1992) *Introduction to aquaculture*, John Wiley and Sons Inc, Singapore, 440.
16. Kumari, V., Rathore, G., Chauhan, U.K., Pandey, A.K., Lakra, W.S (2011) "Seasonal variations in abundance of nitrifying bacteria in fish pond ecosystem," *Journal of Environmental Biology*, 32: 153-159.
17. Lawson, T.B (1994) *Fundamental of aquacultural engineering*, Chapman and Hall, 355.
18. Martin, M (1980) "Plastic bag hauling of small live fish," *Aquaculture Magazine*, 7(1): 40.
19. Martin, M (1981) "Plastic bag hauling of small live fish," *Aquaculture Magazine*, 7(2): 42.
20. Philips, A.M., Brockway, D.R (1954) "Effect of starvation, water temperature, and sodium amytal on the metabolic rate of brook trout," *Progress in Fish Culture*, 16: 65-68.
21. Piper, R.G., Smith, C.E (1984) "Use of clinptilolite for ammonia removal in fish culture system," In: Pond, W.G., Mumpton, F.A. (Eds.), *Zeo-agriculture, use of natural zeolites in agriculture and aquaculture*, Western Press, 224-234.
22. Swann, L (1993) Transportation of fish in bags North Central Regional Aquaculture Center Fact Sheet Series #104.
23. Teo, L.H., Chen, T.W., Lee, B.H (1989) "Packaging of the guppy, *Poecilia reticulata*, for air transport in a closed system," *Aquaculture*, 78: 321-332.
24. Turner, D.T., Bower, C.E (1982) "Removal of ammonia by bacteriological nitrification during the simulated transport of marine fishes," *Aquaculture*, 29: 347-357.
25. Wheaton, F.W (1977) *Aquacultural engineering*, New York, Willey-interscience (cited in Lawson, 1994).
26. Woynarovich, E., Horvath, L (1980) "The artificial propagation of warmwater finfishes: a manual for extension," *FAO Fisheries Technology Paplications*, 201: 138-47.
27. Zhang, Z., Perschbacher, P (2003) "Comparison of the Zeolite Sodium Chabazite and Activated Charcoal for Ammonia Control in Sealed Containers," *Asian Fisheries Science*, 16: 141-145.
28. Zar, J.H (1974) *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, Eaglewood Cliffs. NJ.

Archive of SID

www.SID.ir