بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده منابع طبیعی

ساخت نمونه آزمایشگاهی سیستم آبزی پروری مدار بسته و بررسی عملکرد فیلتر زیستی

پایان نامه کارشناسی ارشد شیلات

محمد جواد مراتب

اساتید راهنما

دکتر نصراله محبوبی صوفیانی

دکتر عیسی ابراهیمی

۱۳۸۹

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده منابع طبیعی

پایان نامه کارشناسی ارشد شیلات محمد جواد مراتب

تحت عنوان

ساخت نمونه آزمایشگاهی سیستم آبزی پروری مدار بسته و بررسی عملکرد فیلتر زیستی

در تاریخ ۱۳۸۹/۴/۷ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای اول پایان نامه	دکتر نصراله محبوبی صوفیانی
۲-استاد راهنمای دوم پایان نامه	دکتر عیسی ابراهیمی
۲- استاد مشاور پایان نامه	دکتر امین نعمت الهی
۳- استاد داور	دکتر امیدوار فرهادیان
۴- استاد داور	دکتر نواله میر غفاری
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر نوراله میر غفاری

تشكر و قدرداني

يزدان بلند مرتبه را به جهت ياري دادن و همراهي در مراحل تحصيل، سپاس مي گويم، كه همانا رمز موفقيت هايم تكيه بر الطاف هميشه همراه اوست.
بدين وسيله از كليه عزيزاني كه در انجام و تكميل اين پايان نامه كارشناسي ارشد بنده را ياري نمودند، كمال تشكر را دارم.
از جناب آقايان دكتر نصراله محبوبي صوفياني و دكتر عيسي ابراهيمي اعضاء هيات علمي گروه شيلات دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه صنعتي اصفهان كه در كليه مراحل انجام اين پروژه با راهنمايي هاي علمي و عملي بنده را حمايت نمودند، سپاسگزاري مي نمايم.
با تشكر و سپاس ويژه از جناب آقاي دكتر امين نعمت الهي، عضو هيات علمي گروه دامپزشكي دانشگاه شهركرد، كه زحمت مشاوره اين پروژه را بعهده گرفته و انجام اين پروژه بدون راهنمايي و كمك هاي بي دريغ ايشان، امكان پذير نبود.
با تشكر از جناب آقايان دكتر اميدوار فرهاديان و نوراله مير غفاری اساتيد داور اين پروژه كه زحمت بازخوانی و اصلاح نهايی اين پروژه را به عهده داشتند.
از آقايان مهندس عباسي، مهندس دهموبد، دكتر پورمقدس، و مهندس مسائلي كارمندان محترم اداره كل شيلات استان اصفهان كمال تشكر و قدرداني را دارم.
همچنين از جناب آقاي مهندس فوقي رئيس بخش تكثير و پرورش آبزيان اداره كل شيلات استان اصفهان، كه پيشرفت در تمامي مراحل انجام پروژه بدون كمك و هماهنگي هاي ايشان امكان پذير نبود، كمال تشكر را دارم.
با تشكر ويژه از جناب آقاي مهندس ابراهيم متقي، كه در تمامي مراحل كار مرا ياري نمودند.
از جناب آقايان مهندس سعيد اسدالله، مهندس كوشيار مختاري و سركار خانم مهندس نرگس رجايي كه در كارهاي مختلف آزمايشگاهي بنده را ياري نمودند، تشكر مي نمايم.
و با تشكر از جناب آقاي دكتر مصطفي تركش كه در آناليز هاي آماري اين طرح بنده را ياري نمودند.
قدردان زحمات و همكاريهاي صميمانه دوستان عزيزم آقايان مهدي اورنگي، جلال صرامي، محمد مرداني، صفي اله حيدري، علي پورهاشمي، علي تيغ ساز زاده و ساير كساني كه مشوق و همراهم بودند، مي باشم.

محمد جواد مراتب

تابستان ۱۳۸۹

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایـج مطالعات،

ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع

این پایان‌نامه (رسـاله) متعلق به دانشـگاه صنعتی

اصفهان است.

تقديم به

پدر، مادر و همسر دلسوز و مهربانم كه با هيچ كلامي نمي توان سپاسگزار زحمات بي دريغ آنان بود.

و تقديم به:

جناب آقاي دكتر امين نعمت الهي و جناب آقاي مهندس مجتبي فوقي اساتيد گرامي بنده كه همواره راهنما و مشوق من در اين راه بودند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

فهرست اشکال ..... دوازده

فهرست جداول ..... سیزده

فهرست نمودار ها ..... چهارده

چکیده ۱

فصل اول: مقدمه ۲

فصل دوم: بررسی منابع ۶

۲-۱- سازگان های مدار بسته ۶

۲-۲- تاریخچه تحولات سازگان های مدار بسته ۷

۲-۳- خصوصیات سازگان مدار بسته ۸

۲-۴- مزایای سازگان مدار بسته ۸

۲-۵- طراحی سازگان مدار بسته ۹

۲-۶- مدیریت سازگان ۱۰

۲-۷- اجزای سازگان ۱۰

۲-۷-۱- سازگان های هوادهی ۱۱

۲-۷-۲- حذف ذرات ۱۱

a- مخازن ته نشینی ۱۲

b- غربال کننده ها ۱۲

c- جداساز های کفی ۱۲

۲-۷-۳- پالایش زیستی ۱۳

۲-۷-۴- متعادل نمودن pH ۱۳

۲-۷-۵- ازن ۱۴

۲-۷-۶- اشعه UV ۱۵

۲-۸- بیوفیلتر ۱۶

۲-۸-۱- کاربرد فیلتر های زیستی ۱۶

۲-۸-۲- عملکرد فیلتر های زیستی ۱۶

۲-۸-۳- انواع فیلتر های زیستی ۱۶
۲-۸-۴- سازگان های گیاهان آبزی ۱۷
۲-۸-۵- فیلتر های شنی با بستر معلق ۱۸
۲-۸-۶- فیلتر های دانه تسبیحی ۱۹
۲-۸-۷- فیلتر های زیستی دوار گردشی (RBC) ۲۰
۲-۸-۸- فیلتر های چکه ای ۲۱
۲-۸-۹- فیلتر های با بستر غرقابی ۲۱
۲-۸-۱۰- خصوصیات یک بیوفیلتر ایده آل ۲۴
۲-۹- اصطلاحات رایج در توصیف فیلتر های زیستی ۲۵
۲-۹-۱- تخلخل و مقطع عرضی ۲۵
۲-۹-۲- نرخ بار هیدرولیکی ۲۵
۲-۹-۳- بستر کشت بیوفیلتر ۲۶
۲-۹-۴- سطح ویژه بستر کشت ۲۷
۲-۹-۵- فیلم و لایه زیستی (بیوفیلم) ۲۸
۲-۹-۶- نرخ حجمی تبدیل نیتروژن آمونیاکی(VTR) و نرخ سطحی تبدیل نیتروژن آمونیاکی(ATR) ۲۹
۲-۹-۷- کل نیتروژن آمونیاکی(TAN) ۳۰
۲-۹-۸- تعادل آمونیاک و آمونیوم در سازگان های آبی ۳۱
۲-۹-۹- محاسبه ابعاد بیوفیلتر ۳۴
۲-۹-۱۰- فعال سازی بیوفیلتر ۳۶
۲-۱۰- چرخه نیتروژنی ۴۲
۲-۱۰-۱- کنترل نیتروژن ۴۳
۲-۱۰-۲- نرخ شوره زایی ۴۴
۲-۱۰-۳- واکنش تعادلی باکتری های اتوتروف ۴۶
۲-۱۰-۴- واکنش تعادلی باکتری های هتروتروف ۴۷
۲-۱۰-۵- مقایسه باکتری های اتوتروف و هتروتروف در نحوه حذف آمونیاک ۴۷
۲-۱۱- فاکتورهای محدودکننده رشد باکتری های شوره زا ۴۸
۲-۱۱-۱- pH و قلیائیت ۴۸
۲-۱۱-۲- دما ۵۰

۲-۱۱-۳- اکسیژن محلول ۵۱
۲-۱۱-۴- نور ۵۲
۲-۱۱-۵- شوری ۵۳
۲-۱۱-۶- دیگر ملاحظات مربوط به شیمی آب ۵۴
۲-۱۲- فیزیولوژی باکتری های شوره زا ۵۴
۲-۱۲-۱- رشد باکتری های شوره زا ۵۵
۲-۱۲-۲- حرکت و اتصال باکتری های شوره زا ۵۵
۲-۱۲-۳- مرگ و فساد باکتری های شوره زا و باکتری های هتروتروف ۵۶
۲-۱۳- بررسی پیشرفت عملکرد باکتری های شوره زا (مدیریت سازگان) ۵۷
۲-۱۳-۱- اندازه گیری اشکال نیتروژنی موجود در آب ۵۷
۲-۱۳-۲- بررسی دما، pH و قلیائیت ۵۸
۲-۱۳-۳- بررسی غلظت اکسیژن ۵۸
۲-۱۳-۴- بررسی خصوصیات بیوفیلم در فیلتر زیستی ۵۹
فصل سوم: مواد و روش‌ها ۶۰
۳-۱- مکان آزمایش ۶۰
۳-۲- ماهیان آزمایشی ۶۰
۳-۲-۱- مرحله سازگاری ۶۱
۳-۲-۲- مرحله پیش آزمایش ۶۱
۳-۲-۳- دوره آزمایش ۶۱
۳-۳. برآورد ابعاد فیلتر زیستی ۶۲
۳-۴- غذا و غذادهی ۶۴
۳-۵- نمونه‌گیری از آب ۶۵
۳-۶- سرعت جریان و تعویض آب ۶۵
۳-۷- نوردهی ۶۵
۳-۸- اجزاء و ساختار سازگان مدار بسته ۶۵
۳-۸-۱- تانک‌های پرورشی ۶۸
۳-۸-۲- فیلتر مکانیکی ۶۹
۳-۸-۳- فیلتر زیستی ۷۵

۳-۸-۴- مخزن ضدعفونی ۷۷
۳-۸-۵- مخزن پمپاژ ۷۸
۳-۸-۶- مخزن ذخیره آب ۷۸
۳-۸-۷- مخازن ذخیره (مخازن اضطراری) ۷۹
۳-۸-۸- غذاده ۷۹
۳-۹- کشت باکتری ۸۰
۳-۱۰- تعیین پارامترهای کیفی آب ۸۱
۳-۱۱- آنالیزهای آماری ۸۵
فصل چهارم: نتایج و بحث ۸۶
۴-۱- کشت باکتری ۸۶
۴-۲- پارامتر های کیفی آب ۸۷
۴-۳- فعال سازی فیلتر زیستی ۸۸
۴-۴- متوسط غلظت آمونیاک تولیدی در روز ۹۹
۴-۵- بار هیدرولیکی ۹۹
۴-۶- میزان نیتریت و آمونیوم و بررسی کارایی سیستم ۱۰۱
۴-۷- ویژگی های سیستم طراحی شده ۱۰۵
۴-۸- نتیجه گیری کلی ۱۰۷
۴-۹- پیشنهادات ۱۰۸
منابع ۱۱۱
چکیده انگلیسی ۱۲۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱. فیلتر درام ۱۲

شکل ۲-۲. فیلتر زیستی دوار گردشی(RBC) ۲۰

شکل ۲-۳ . انواع بستر های کشت بکار رفته در فیلتر های زیستی غرقابی ۲۲

شکل ۲-۴. نمای بالایی فیلتر های زیستی غرقابی در استخر های دراز ۲۳

شکل ۲-۵. نمای جانبی از یک استخر با بیوفیلتر چند لایه با جریان عمودی ۲۳

شکل ۲-۶. چرخه نیتروژن ۴۲

شکل ۲-۷. فرایند معدنی شدن در چرخه نیتروژن در سیستم های بسته آبزی پروری ۴۳

شکل ۲-۸. مسیر شوره زدایی باکتری های شوره زا ۵۲

شکل ۳-۱. اجزای سیستم طراحی شده ۶۶

شکل ۳-۲. نمای جانبی از سیستم طراحی شده ۶۷

شکل ۳-۳. نمای بالایی از سیستم طراحی شده ۶۷

شکل ۳-۴. نمای بالایی از تانک های پرورشی ۶۸

شکل ۳-۵. نمای کلی فیلتر درام ساخته شده ۶۹

شکل ۳-۶ . نمای جانبی فیلتر درام طراحی شده ۷۱

شکل ۳-۷. نمای جلویی فیلتر درام طراحی شده ۷۱

شکل ۳-۸ . نمای پشتی فیلتر درام طراحی شده ۷۲

شکل ۳-۹. مراحل ۱ و ۲ و ۳ ساخت فیلتر درام ۷۳

شکل ۳-۱۰. مراحل ۳ و ۴ و ۵ ساخت فیلتر درام ۷۴

شکل ۳-۱۱. واحد فیلتر زیستی ساخته شده ۷۶

شکل ۳-۱۲. نمای جانبی از فیلتر زیستی ۷۷

شکل ۳-۱۳. غذاده پاندولی ساخته شده ۷۹

شکل ۳-۱۴. کیت اندازه گیری فاکتور های آبی ساخت شرکت JBL آلمان ۸۳

شکل ۳-۱۵. نمایی از محدوده تغییر رنگ تیمارها در آزمایش اندازه گیری نیتریت ۸۵

شکل ۴-۱. حلقه فلزی طراحی شده به منظور عدم اختلاط آب تصفیه شده و پساب ۱۰۶

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱. سطح ویژه برخی از بستر های کشت رایج ۲۸

جدول ۲-۲. درصد آمونیاک غیر یونیزه در آب دریا در دما و pH متفاوت ۳۲

جدول ۲-۳. درصد آمونیاک غیر یونیزه در آب شیرین در دما و pH متفاوت ۳۳

جدول ۲-۴. ضریب pKa واکنش تعادلی آمونیاک در دماهای مختلف ۳۴

جدول ۲-۵. مینیمم بار هیدرولیکی مورد نیاز برای سطوح ویژه متفاوت(SSA) در بستر کشت فیلتر زیستی ۳۶

جدول ۲-۶. محلول غذایی برای فعال سازی بیوفیلتر ۳۹

جدول ۲-۷. نرخ های شوره زایی گزارش شده در فیلتر های زیستی مختلف ۴۵

جدول ۳-۱. ترکیب شیمیایی جیره آزمایشی (برحسب درصد در جیره) ۶۵

جدول ۳-۲. مواد و وسایل مورد نیاز جهت ساخت فیلتر درام ۷۰

جدول ۳-۳. فهرست ملزومات مورد نیاز برای ساخت مخزن بیوفیلتر ۷۶

جدول ۳-۴. فهرست ملزومات مورد نیاز جهت ساخت مخزن ضدعفونی ۷۸

جدول ۳-۵. محیط کشت اختصاصی باکتری نیتروزموناس و نیتروباکتر ۸۱

جدول ۳-۶. محدوده بهینه پارامتر های کیفی آب ۸۲

جدول ۳-۷. طرز تهیه محلول های استاندارد نیتروژن نیتریته با رقت های مختلف ۸۴

جدول ۴-۱. نتایج آنالیز کیفی آب سازگان پرورشی طی دوره آزمایش ۸۷

جدول ۴-۲. آنالیز رگرسیون خطی درجه ۳، روند کاهشی میزان آمونیوم موجود در سیستم ۹۰

جدول ۴-۳. آنالیز رگرسیون خطی درجه ۳، روند افزایشی میزان نیتریت موجود در سیستم ۹۰

جدول ۴-۴. آنالیز رگرسیون خطی میزان آمونیوم و نیتریت موجود در سیستم ۹۰

جدول ۴-۵. ترکیب محیط کشت مورد آزمایش ۹۴

جدول ۴-۶. نتایج آزمون t جفت شده یک سویه آمونیوم ۱۰۲

جدول ۴-۷. نتایج آزمون t جفت شده یک سویه نیتریت ۱۰۳

فهرست نمودار ها

عنوان **صفحه**

نمودار ۲-۱. سازگاری یک فیلتر زیستی با ماهی ۳۸

نمودار ۲-۲. فعال سازی فیلتر زیستی سیستم های ۱، ۲ و ۳..... ۴۱

نمودار ۲-۳. فعال سازی فیلتر زیستی در سیستم های ۴، ۵ و ۶..... ۴۱

نمودار ۴-۱. فعال‌سازی باکتری‌های نیتروزموناس و نیتروباکتر..... ۸۹

نمودار ۴-۲. روند کاهشی آمونیوم در طی دوره فعال سازی فیلتر زیستی ۹۱

نمودار ۴-۳. روند افزایشی نیتریت در طی دوره فعال سازی فیلتر زیستی ۹۱

نمودار ۴-۴. ارتباط منفی بین میزان آمونیوم و نیتریت در سیستم در طی دوره فعال سازی فیلتر زیستی..... ۹۲

نمودار ۴-۵. اولین مرحله تثبیت جمعیت باکتری های شوره زا..... ۹۵

نمودار۴-۶. دومین مرحله از تثبیت جمعیت باکتری های شوره زا..... ۹۵

نمودار ۴-۷. نمودار فعال شدن میکروبی فیلتر زیستی..... ۹۷

نمودار ۴-۸. نمودار فعال شدن میکروبی فیلتر زیستی..... ۹۸

نمودار ۴-۱۱. میزان آمونیوم طی دوره دوم آزمایش قبل و بعد از فیلتر زیستی..... ۱۰۱

نمودار ۴-۱۲. میزان نیتریت طی دوره دوم آزمایش قبل و بعد از فیلتر زیستی..... ۱۰۲

نمودار ۴-۱۳. کارایی حذف آمونیوم توسط فیلتر زیستی در طول دوره آزمایش ۱۰۴

چکیده

به دلیل محدودیت آب و به ویژه بحران کمبود آب در طی سال‌های اخیر، آبزی پروری نوین از روش سنتی پرورش در سازگان های باز به سمت تولید محصولات با کیفیت و تراکم بالا در سازگان های مدار بسته گرایش یافته است. به همین منظور تاکنون حدود ۶۰ سازگان مدار بسته پرورش قزل آلا در کشور راه اندازی شده است که به دلیل نبود توان مدیریتی، ضعف طراحی و مشکلات اقتصادی بسیاری از این سیستم ها غیر فعال هستند. در تحقیق حاضر سعی بر آن شد یک سازگان مدار بسته پرورش ماهی با حداقل هزینه های ممکن ساخته و کارایی این سازگان بررسی گردد. اجزا سیستم شامل سه مخزن گرد ۰/۳ متر مکعبی جهت نگهداری ماهی، فیلتر فیزیکی درام، فیلتر زیستی غرقابی و مخزن ضدعفونی بود. نرخ روزانه تعویض آب برابر ۳-۵٪ کل حجم آب سیستم بود. فعال سازی فیلتر زیستی از طریق معرفی باکتری های شوره زا (از دو منبع متفاوت) و به کمک آمونیاک تولیدی توسط ماهیان انجام شد. در طول دوره فعال سازی فیلتر زیستی، عملکرد آن نیز مورد بررسی قرار گرفت. شرایط محیطی شامل دما، pH، اکسیژن محلول، سختی، قلیائیت، جریان آب و بار هیدرولیکی سیستم، در محدوده بهینه برای رشد و فعالیت باکتری های شوره زا نگهداری شد. پارامتر های کیفی آب ورودی و خروجی فیلتر زیستی شامل: دما، pH، آمونیوم و نیتریت روزانه مورد ارزیابی قرار گرفت. طی دوره فعال سازی فیلتر مقادیر آمونیوم و نیتریت افزایش یافته تا به نقطه بیشینه خود رسیده، سپس کاهش یافت و در محدوده معینی ثابت گردید. بیشینه غلظت آمونیوم (۲/۸۶ mg/L) در روز ۹ و بیشینه غلظت نیتریت (۰/۷ mg/L) در روز ۲۹ روز مشاهده گردید. فعال سازی کامل فیلتر زیستی در روز ۳۱ آزمایش به وقوع پیوست. پس از فعال سازی فیلتر زیستی، نتایج بدست آمده طی یک دوره ۱۶ روزه بررسی کارایی سیستم، نشان دهنده کاهش معنی دار آمونیوم و نیتریت بعد از خروج از فیلتر زیستی بود ($p < ۰/۰۱$) به گونه ای که میزان این دو پارامتر در طی دوره آزمایش، پایین تر از حد مجاز برای ماهیان قرار داشت. کارایی حذف آمونیوم توسط فیلتر زیستی در محدوده ۱۲ تا ۵۲٪ بدست آمد که حاکی از کارایی بالای سیستم حاضر در حذف ترکیبات نیتروژنی است. در مجموع با توجه به نتایج بدست آمده و عملکرد ماهیان در سیستم (ضریب فربهی ۱/۵۲) و هزینه پایین ساخت این سیستم، نه تنها می توان آن را برای تولید متراکم ماهی توصیه نمود بلکه می توان از آن در کاهش بار آلودگی ورودی به سازگان های آبی دریافت کننده پساب واحدهای آبزی پروری استفاده نمود.

کلمات کلیدی: سازگان مدار بسته، فعال سازی، باکتری شوره زا، فیلتر زیستی غرقابی، آمونیوم، نیتریت، پساب.

فصل اول

مقدمه

آبزی پروری (پرورش ماهی تحت شرایط کنترل شده) فعالیت اقتصادی است که می‌کوشد بازار رو به رشد غذاهای دریایی را راضی نگه دارد[۸۷]. دلایل فراوانی نظیر نگرانی‌های اجتماعی درباره مصرف آب، آلودگی‌های زیست محیطی، معرفی گونه‌های غیر بومی، بیماری‌های وارد شده به محیط‌های طبیعی، مسئله مهاجرت پرندگان و استفاده از سرزمین‌های ساحلی سبب ایجاد چالش های فنی بسیاری در این صنعت گردیده است. به گونه ای که آبزی پروری نوین به سمت تولید محصولات کم هزینه ، با کیفیت بالا و تولید پیوسته محصول سوق یافته است[۷۶]. همچنین کاهش ذخایر طبیعی ماهیان در اثر صید بی رویه و آلودگی آب‌ها، سبب گردیده تا پرورش محصولات تازه در آب تمیز تانک های پرورشی و در محیط بسته بسیار رونق یابد[۸۷]. در این خصوص سازگان های آبزی پروری مدار بسته (RAS[۱]) راهی جدید و بی نظیر برای پرورش ماهی ارائه می‌دهند. در مقابل روش سنتی پرورش ماهی در محیط باز و در مخازن و استخرهای دراز،

۱.Recirculating Aquaculture System

این سازگان توانایی پرورش ماهی در تراکم‌های بالا، در تانک‌های واقع در محیط بسته و با شرایط محیطی کنترل شده، را داراست[۸۷]. یک سازگان مدار بسته پرورش ماهی در اصل شامل تانک‌های نگهداری ماهی، سازگان تصفیه و سازگان های تیمار آب است. ماهی درون تانک‌های پرورش قرار گرفته و آب بطور پیوسته برای تامین شرایط بهینه رشد تعویض می‌گردد. آب درون تانک‌ها، از میان فیلترهای مکانیکی و بیولوژیکی عبور کرده و سپس به تانک‌ها باز می‌گردد[۸۷ و ۴۸]. این سازگان اجزای مختلفی را به خدمت می‌گیرد تا پیوسته آلودگی‌های آب را حذف کرده و امکان استفاده مجدد از آن را فراهم نماید، به گونه ای که نرخ تعویض روزانه آب به کمتر از ۱۰٪ حجم کلی آب کاهش یابد[۵۴و۴۸]. حدود ۵۰ سال پیش اولین گزارش علمی درباره سازگان مدار بسته کشت ماهی به وسیله ساکی[۱] در سال ۱۹۵۱ در ژاپن منتشر گردید. وی در طی برخی آزمایشات، مقدار جذب اکسیژن و ظرفیت تجزیه کنندگی مواد آلی توسط فیلتر با بستر شنی را مورد بررسی قرار داده و نرخ اکسیداسیون آمونیاک را در بستر شنی فیلتر اندازه گیری کرد. او سه سازگان مدار بسته با حجم ۵۰-۲۰ متر مکعب آب و محیط کشت ماسه ای طراحی کرد، و از سال ۱۹۶۱ به پرورش ماهی کپور پرداخت[۱۰۰]. مطالعات مشابهی روی تجمع مواد آلی محلول در سازگان های مدار بسته پرورش ماهی در آب شور در سال‌های ۱۹۶۵ ، ۱۹۶۶ و ۱۹۷۴ توسط هیرایاما[۲] انجام گردید[۳۸و۳۹]. همچنین کیم و همکاران[۳] در طی سال‌های ۱۹۷۴ تا ۱۹۹۰ پرورش انواع گونه‌های ماهیان را در سازگان های مدار بسته ساخته شده در آزمایشگاه مورد بررسی قرار دادند[۵۴،۵۵،۵۶،۵۷،۵۸،۵۹، ۶۰،۶۱،۶۲،۶۳و۶۴]. مرکز تحقیقات شیلات حوزه می[۴] در کشور کره از سال ۱۹۷۷ تا ۱۹۸۱ و بوندر و همکاران[۵] (۱۹۸۷) ، سازگان های مدار بسته متفاوتی برای پرورش مار ماهی و گربه ماهی طراحی نمودند[۴۴و۱۰]. در طول دهه گذشته، فرایندهایی که برای تصفیه آب در سازگان های مدار بسته مورد نیاز بود، به روشنی مشخص گردید[۷۳،۴۷و۹۸]. این فرایند های تصفیه عبارتند از؛ هوادهی (اکسیژن) و گاززدایی (دی اکسیدکربن)، حذف ذرات، پالایش زیستی، و در نهایت متعادل نمودن pH [۷۷ و۸۲].

در این سازگان ها آب باید هوادهی گردد تا میزان اکسیژن محلول آن در حد مطلوب برای ماهی و فیلتر بیولوژیکی باقی بماند. هوادهی معمولاً در تانک پرورشی و سپس قبل یا داخل فیلتر بیولوژیکی، یعنی جایی که ضایعات آلی توسط تجزیه باکتریایی شکسته می‌شوند، انجام می‌گیرد[۸۲]. جامدات مشتق شده از فضولات ماهی و غذای خورده نشده، بخشی از نیاز اکسیژنی و آمونیاک سمی در سازگان را تولید کرده و باید تجمع یافته تا بتوان آنها را از سازگان حذف نمود. این عمل می‌تواند در یک تانک رسوب گذاری با کاهش تلاطم آب انجام گرفته و یا از طریق فیلتراسیون مکانیکی توسط مواد متخلخلی همچون اسفنج، توری، شن و یا سنگریزه صورت گیرد، که در این میان فیلترهای درام به دلیل انجام عمل خودپالایی و سهولت استفاده از آنها، کاربرد بیشتری دارند[۸۲]. در سازگان های آبزی پروری بسته تجمع ترکیبات نیتروژنی بصورت آمونیاک و نیتریت، اثر زیان باری بر کیفیت آب و رشد ماهیان دارند. پالایش زیستی به

---

۱. Saeki
۲. Hirayama
۳. Kim et al.
٤. Mie Prefecture Fisheries Experimental Station
٥. Bovendeur et al.

منظور کاهش BOD و شوره زایی[۱] فرایند اصلی تصفیه آب در هر سازگان پرورش موجودات آبزی بصورت مدار بسته است[۹۹،۱۸و۱۲۸].

برای کنترل سطوح آمونیاک در سازگان‌های آبی مدار بسته، سطح وسیعی برای باکتری هایی فراهم گشته که بصورت زیستی آمونیاک را به نیترات (NO_3^-) با سمیت کمتر اکسید می‌کنند[۸۲]. این فرایند شوره زایی(نیتریفیکاسیون) نام دارد که به وسیله تعداد معدودی از باکتری های کمواتوتروف[۲] یا شیمیوسنتز کننده صورت می‌گیرد. شوره زایی در سازگان های آبزی پروری مدار بسته عموماً بوسیله فعالیت باکتری هایی از جنس نیتروزموناس[۳]، نیتروسپیرا[٤] و نیتروباکتر[٥] صورت می‌گیرد. در این فرایند عمدتاً مواد آلی محلول هضم شده و یون‌های آمونیوم از طریق باکتریهای جنس نیتروزموناس به نیتریت و سپس از طریق باکتری نیتروباکتر به نیترات اکسید می‌شوند (شوره زایی دو مرحله‌ای)[۱۳و۱۲۱و۱۲۳]. معادله ۱ و ۲ واکنش شیمیایی این تبدیل را نشان می‌دهند:

$$NH_4^+ + 1.5O_2 \rightarrow 2H^+ + H_2O + NO_2^- \quad (۱)$$

$$NO_2^- + 0.5O_2 \rightarrow NO_3^- \quad (۲)$$

باکتری های ذکر شده انرژی خود را از واکنش های اکسیداسیون می‌گیرند. باکتری های مسئول این واکنش‌ها بطور وسیعی در محیط‌های آبی و خاکی یافت می‌شوند و به راحتی می‌توانند از منابع طبیعی و یا از مواد داخل فیلترهای فعال به فیلتر های زیستی اضافه شوند[۸۲]. برای اطمینان از اینکه جمعیت باکتریایی برای حذف آمونیاک و نیتریت در طول فعالیت اجرایی کافی است، یک بیوفیلتر عموماً با افزودن آمونیاک برای چندین هفته آزموده شده و قبل از ذخیره سازی ماهی در آن، ضعف‌های آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. محیط کشت برای باکتری ها نیز می‌تواند هر محیطی که تامین کننده حداکثر فضا برای استقرار و رشد باکتری ها باشد، در نظر گرفته شود[۸۲]. اخیراً در فیلتر های زیستی پیشرفته ساختارهای متعددی از جنس پلاستیک همچون توری‌ها، صفحات موجدار، توپ‌ها و اشکال لانه زنبوری یا بلوکهای گسترده مورد استفاده قرار گرفته اند[۳]. با توجه به مسائل مطرح شده، ساخت و اجرای سازگان های مدار بسته معمولاً بسیار پر هزینه است. پنج مزیت عمده برای سازگان های آبزی پروری مدار بسته شامل: نیاز آبی بسیار اندک، اشغال فضای کم، توانایی کنترل دمای آب، توانایی کنترل کیفیت آب و عدم وابستگی به شرایط آب و هوایی نامساعد سبب شده تا استفاده از این سازگان ها رواج یابد. به علاوه ، این سازگان ها دارای ارزش بالایی در کارهای آزمایشگاهی و تحقیقاتی هستند[۲۴]. این سازگان ها در تفریخگاه ها، تانک‌های نگهداری، و سازگان های آکواریومی در مقیاس تجاری و همچنین در پروژه‌های آبزی پروری با مقیاس کوچک، کاربرد های عملی فراوانی دارند[۸۲]. با این وجود علیرغم پتانسیل آشکار آنها، سازگان های مدار بسته در حال حاضر به عنوان یک فعالیت اقتصادی نامطمئن در صنعت کشاورزی محسوب می‌گردند[۸۷]. به گونه ای که امروزه بسیاری از واحدهای اقتصادی که از این سازگان ها استفاده می‌کنند، دچار ورشکستگی شده اند که

---

۱. Nitrification
۲. Chemoautotroph Bacteria
۳. *Nitrosomonas* spp.
٤. *Nitrospira* spp.
٥. *Nitrobacter* spp.

دلایل عدم موفقیت آن ها را می‌توان طراحی اشتباه، ضعف مدیریت، مشکلات اقتصادی این سازگان ها و ... دانست[۸۰].

در کشور ما ، تاکنون تعدادی سازگان مدار بسته ساخته و راه اندازی شده که به دلیل نبود توان مدیریتی و عدم وجود آگاهی کافی از نحوه عملکرد آنها، تنها تعداد معدودی از آن‌ها فعال بوده و این تعداد نیز تنها توان نگهداری ماهی در اندازه زیر بازاری را دارا هستند[۳].

به دلیل محدودیت آب و زمین و به خصوص بحران کمبود آب در طی سال‌های اخیر لازم است از منابع آبی موجود حداکثر بهره‌برداری صورت گیرد. در نتیجه لزوم استفاده از فن‌آوری‌های نوین در مزارع پرورش ماهی به منظور افزایش تولید و استفاده بهینه از آب و زمین، بیش از گذشته احساس می شود[۳]. همچنین اگر قرار باشد که سازگان های مدار بسته در رقابت مستقیم با دیگر اشکال تولید (پرورش در استخر و ...) عمل نمایند، بایستی هزینه تصفیه آب در آنها کاهش یابد. این کاهش هزینه بایستی به گونه‌ای باشد که سازگان بتواند در طول دوره‌های زمانی طولانی، آبی با کیفیت خوب تولید نماید[۷۷]. هدف از انجام پژوهش حاضر، ساخت و راه اندازی نمونه پایلوت از یک سازگان مدار بسته با حداقل هزینه ممکن بوده تا از این طریق بتوان کارایی چنین سازگانی را در حذف آمونیاک و بهبود کیفیت آب مورد ارزیابی قرار داد.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- سازگان های مدار بسته

یک سازگان مدار بسته پرورش ماهی (RAS) می‌تواند بعنوان یک سازگان آبزی پروری با تصفیه و بازگشت مجدد آب و تعویض روزانه کمتر از ۱۰٪ حجم کلی آن معرفی گردد[۸۷]. مفهوم RAS استفاده مجدد از بخشی از آب است که بطور پیوسته تصفیه شده و به آبزیان در حال پرورش منتقل می‌گردد. اجزا تصفیه آب که در سازگان مدار بسته بکار می‌روند بایستی با مقدار زیادی غذای وارد شده که عموماً برای بالا نگهداشتن ضریب رشد و تراکم بالای ذخیره‌سازی جهت بدست آوردن سود اقتصادی، نیاز است، سازگار شوند[۸۷]. عموماً، سازگان های مدار بسته شامل اجزای پالایش فیزیکی و زیستی، پمپ‌ها و تانک‌های نگهداری ماهی و در مواردی شامل تعدادی اجزاء تصفیه آب جانبی برای بهبود کیفیت آب و کنترل بیماریها در سازگان هستند[۴۸].