

مجله امنیت زیستی

دوره ۱۵، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱

ISSN ۲۷۱۶-۹۸۰۴ الکترونیکی، ISSN ۲۷۱۷-۰۶۳۲ چاپی

مروری بر امنیت زیستی در سیستم‌های آبی‌پروری به‌عنوان یکی از الزامات توسعه پایدار



نوع مقاله: مروری [20.1001.1.27170632.1401.15.2.1.7](https://doi.org/10.1001.1.27170632.1401.15.2.1.7)

علیرضا رادخواه^۱، سهیل ایگدری^{۱*}

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

soheil.eagderi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۸

صفحه ۹۷-۱۱۸

چکیده

امروزه، با گسترش فعالیت‌های آبی‌پروری، خطر انتشار عوامل بیماری‌زا نیز در کمین این بخش اقتصادی است که می‌تواند تبعات منفی زیادی به‌همراه داشته باشد. از اینرو، حفظ امنیت زیستی (biosecurity) در صنعت آبی‌پروری لازمه توسعه پایدار این بخش است. با توجه به اهمیت مبانی امنیت زیستی در پرورش آبزیان و همچنین نقش این مسئله در سلامت جامعه بشری، پژوهش حاضر با هدف بررسی اصول امنیت زیستی در سیستم‌های آبی‌پروری انجام شد. در این پژوهش تلاش شده است که به زوایای مختلف مدیریت در سیستم‌های پرورشی از جمله مدیریت جمعیت ماهیان، مدیریت شرایط محیطی، مدیریت عوامل بیماری‌زا، مدیریت تجهیزات و کارکنان اشاره شود. اطلاعات ارائه شده می‌تواند در جهت بهبود مبانی امنیت زیستی در سیستم‌های آبی‌پروری کشور و همچنین آگاهی پرورش‌دهندگان مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: امنیت زیستی، ماهیان، بیماری‌زها، ضدعفونی‌کننده، مدیریت کارکنان.

مقدمه

امنیت زیستی (biossecurity) به اقداماتی اطلاق می‌شود که با هدف جلوگیری از ورود و یا انتشار ارگانیسم‌های مضر (مانند ویروس‌ها و باکتری‌ها) به جانوران و گیاهان به منظور به حداقل رساندن خطر انتقال بیماری‌های عفونی انجام می‌شود (Meyerson and Reaser, 2002; Bera et al. 2018). در کشاورزی، این اقدامات با هدف محافظت از محصولات غذایی در برابر آفات، گونه‌های مهاجم و سایر موجودات غیرمفید به منظور رفاه جامعه بشری انجام می‌شود (Mousavi et al. 2007). اصطلاح امنیت زیستی شامل تهدیدات زیستی برای انسان، از جمله تهدیدات ناشی از بیماری‌های همه‌گیر و بیوتروریسم می‌شود (Bera et al. 2018; DAERA. 2021).

آبزی‌پروری یک فعالیت قدیمی است که تصور می‌شود بیش از دو هزار سال پیش در چین آغاز شده است (Correia et al. 2020). تقریباً در چهار تا پنج دهه گذشته بود که تولید تجاری آبزیان گسترده شد و از تولید سالانه ۴/۷ میلیون تُن در سال ۱۹۸۰ به ۸۰ میلیون تُن در سال ۲۰۱۶ رسید (FAO. 2018). آبزی‌پروری به‌عنوان یکی از صنایع مهم در کشورهای مختلف به‌ویژه

کشورهای در حال توسعه شناخته می‌شود. اقیانوس‌ها، دریاها و آب‌های داخلی به‌واسطه صنعت آبزی‌پروری پتانسیل بسیار زیادی برای تامین مواد غذایی سالم دارند. از اینرو، صنعت آبزی‌پروری نقش مهم و اثرگذاری در تامین "امنیت غذایی" جامعه بشری ایفا می‌کند (Radkhah and Eagdari, 2019; Radkhah et al. 2021).

امنیت زیستی در آبزی‌پروری شامل اقداماتی است که خطر معرفی یک بیماری عفونی و سرایت آن به آبزیان در یک مرکز و خطر خروج آبزیان بیمار یا عوامل عفونی از یک مرکز و انتشار به سایر مناطق و سایر گونه‌های مستعد را به حداقل می‌رساند (Banrie. 2103; Scarfe and Palić, 2020). این شیوه‌ها همچنین استرس آبزیان را کاهش می‌دهد، در نتیجه آنها را کمتر مستعد ابتلا به بیماری می‌کند. در طول دهه گذشته، گزارش‌های متعدد و مختلفی از شیوع بیماری‌های مهم در آبزی‌پروری مانند ویرمی بهاره کپور (در هند، چین، ایران، ویتنام، مالزی، تایلند و آمریکا)، کوی هرپس ویروس (Koi herpesvirus disease) و سپتی‌سمی هموراژیک ویروسی (viral hemorrhagic septicemia) در مناطق مختلف جهان به‌ویژه کشورهای جنوب شرق آسیا و

"رادخواه و ایگدري، مروري بر امنيت زبستي در سيستم‌هاي آبي‌پروري به‌عنوان يكي از الزامات ..."

راستاي افزايش آگاهي عموم اقشار جامعه و همچنين، بهبود امنيت زبستي در سيستم‌هاي آبي‌پروري، مورد توجه پرورش‌دهندگان، کارکنان، مديران و سياستگذاران بخش شيلائي کشور قرار گيرد (Scarfe and Palić, 2020; Radkhah and Eagderi, 2022).

اهداف اصلي امنيت زبستي

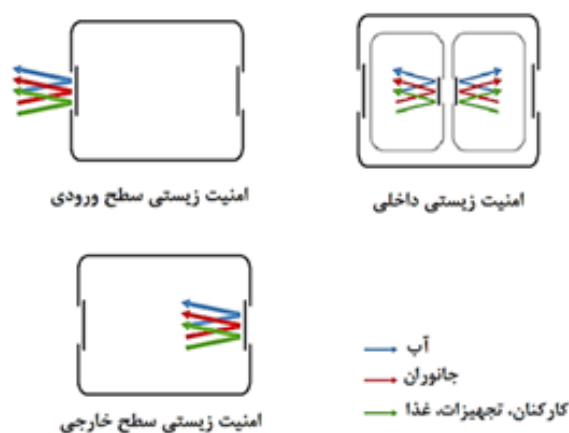
اهداف اصلي امنيت زبستي عبارتند از: الف- مديريت ارگانيسم (به دست آوردن ذخاير سالم و بهينه‌سازي ايمني آنها از طريق پرورش مناسب، ب- مديريت بيماري‌زا (پيشگيري، کاهش يا حذف عوامل بيماري‌زا) و پ- مديريت افراد (آموزش و مديريت کارکنان و بازديدکنندگان) (Waage and Mumford, 2008). امکان ورود بيماري‌زا به درون يک مرکز، انتشار آن از سيستمي به سيستم ديگر و ايجاد بيماري به موارد ذيل بستگي دارد: الف) گونه، وضعيت ايمني، مرحله زندگي و حساسيت گونه ماهي پرورش داده شده؛ ب) عوامل محيطي اصلي مانند كيفيت آب، شيمي آب، و شيوه‌هاي پرورشي؛ پ) ويژگي‌هاي بيماري‌زا، از قبيل زيست‌شناسي و چرخه زندگي، منشا (ناقلين، موجودات ديگر)، بقا در اشياء بي‌جان (تجهيزات)، وضعيت نظارتي (قوانين ملي و بين‌المللي) درک

خاورميانه (McAllister. 2007; Meyers et al. 2007; Groocock. 2007; Ortega-Villaizan et al. 2022) ثبت شده است که اين مسئله اهميت امنيت زبستي در بخش آبي‌پروري را افزايش داده است (Banrie. 2103; Bera et al. 2018).

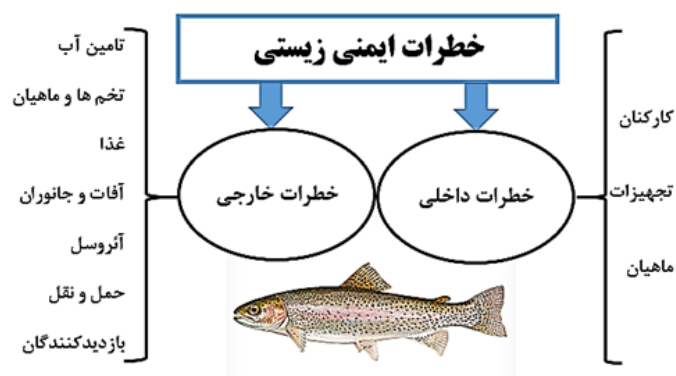
تجربه نشان داده است در شرايطي که بيماري‌زاه‌ها (انگل‌ها، باکتری‌ها، ويروس‌ها و قارچ‌ها) امکان معرفي به درون يک سيستم پرورشي و ايجاد بيماري را پيدا مي‌کنند، لازم است که اقدامات ضروري از سوي توليدکنندگان انجام شود. بر اساس مطالعات، توجه به مباني امنيت زبستي در سيستم‌هاي آبي‌پروري، امکان مواجهه و حساسيت آزيان به عوامل بيماري‌زا را به حداقل مي‌رساند، خسارات اقتصادي ناشي از تلفات را کاهش مي‌دهد و به جلوگيري از کاهش جمعيت آزيان کمک مي‌کند. از اينرو، با توجه به نقش امنيت زبستي در توليد يکپارچه و پايدار آزيان، مطالعه حاضر به مرور مباني بهداشت در سيستم‌هاي آبي‌پروري با رويکرد امنيت زبستي پرداخته است. در اين پژوهش، مفاهيم کلي امنيت زبستي در سيستم‌هاي آبي‌پروري در قالب سه بخش مجزا شامل مديريت جمعيت آزيان، مديريت بيماري‌زا و مديريت کارکنان مورد بررسي قرار گرفته است. مطالب ارائه شده مي‌تواند در

کارگران از اصول امنیت زیستی و همکاری و انطباق آنها با پروتکل‌های امنیت زیستی (Hopkins et al. 1993).

در شکل ۱ سطوح مختلف امنیت زیستی در سیستم‌های پرورشی نشان داده شده است. بر اساس این شکل، سطوح امنیت زیستی به خروج بیماری‌زا از سیستم (entry-level)، جابه‌جایی درون سیستم (internal) و ورود به سیستم (exit-



شکل ۱- سطوح مختلف امنیت زیستی در سیستم آبی پروری (SCAAH, 2016).



شکل ۲- خطرات امنیت زیستی در سیستم های آبی پروری (Subramanian et al. 2020).

"رادخواه و ایگدری، مروری بر امنیت زیستی در سیستم‌های آبی پروری به عنوان یکی از الزامات ..."

مبانی امنیت زیستی در سیستم‌های آبی پروری

الف) مدیریت جمعیت آبزیان

تهیه ارگانسیم سالم (تخم، بچه ماهی، مولدین) از یک تامین‌کننده معتبر بسیار مهم است. باید همواره از نظرات یک متخصص بهداشت ماهی استفاده شود تا پارامترهای سلامت گونه و بیماری‌های مورد نگرانی تعیین شود. آبی پروران قبل از اینکه آبزیان را از منبع بیرونی تهیه کنند، تا جایی که امکان دارد باید در مورد سلامت آنها اطلاعات کسب کنند. از جمله اینکه از کجا آمده اند، آیا آنها مشکلات بیماری داشته‌اند یا خیر و اینکه آیا آنها معاینات بهداشتی، آزمایش بیماری یا درمان داشته‌اند یا خیر. برخی از تامین‌کنندگان، آبزیانی را پیشنهاد می‌کنند که اثری از بیماری‌زاهای خاص در آنها مشاهده نشده است. اگر چنانچه اطلاعات مربوط به سلامت آبزیان در دسترس نیست یا نامشخص است، ماهی‌ها بلافاصله پس از دریافت باید آزمایش شوند. برخی از گونه‌های آبی پروری به بیماری‌های خاص مقاوم‌تر شده‌اند. ردیابی ژنتیکی مولدین در سیستم‌های پرورشی به جلوگیری از هم‌خونی و اطمینان از تولید گامت و بچه ماهیان سالم کمک می‌کند (Bera et al. 2018).

شرایط پرورشی مناسب نیز برای امنیت زیستی مهم است. هرچه شرایط محیطی به پوست، باله‌ها، آبشش‌ها یا روده آسیب برساند، سیستم ایمنی آنها را تضعیف و مستعد ابتلا به بیماری می‌کند. کیفیت خوب آب /شیمی، تغذیه، و روش‌های جابجایی آب به پیشگیری از بیماری کمک زیادی می‌کند. اقدامات پیشگیرانه شامل قرنطینه، بازرسی، واکسیناسیون و استفاده از محرک‌های ایمنی، پروبیوتیک‌ها و تشخیص برای مدیریت بیماری است (Assefa and Abunna, 2018).

قرنطینه یکی از مهمترین اقدامات در مدیریت جمعیت آبزیان و امنیت زیستی در سیستم‌های پرورشی است. قرنطینه روشی است که طی آن فرد یا جمعیتی قبل از رهاسازی در مزرعه یا برای فروش زنده در بازار (مثلاً برای پرورش ماهی یا فروشگاه‌های ماهیان آکواریومی) و یا در صورت لزوم به دلیل وجود بیماری‌های خاص به صورت جداگانه نگهداری می‌شوند. اصول قرنطینه برای ماهی‌های جدیدی که وارد سیستم می‌شوند، ماهی‌هایی که از یک ناحیه به ناحیه دیگر در درون سیستم حرکت می‌کنند و ماهی‌های ساکن سیستم که بیمار می‌شوند، اعمال می‌شود (Hadfield and Clayton, 2011; Assefa and Abunna, 2018).

همه‌جانبه می‌تواند کل یک مرکز، اتاق یا سیستم را شامل شود (Assefa and Abunna, 2018).

انزوا یا جدایی: گروهی از آبزیان در قرنطینه باید از نظر فیزیکی از سایر جمعیت‌ها جدا شوند. روش‌های جداسازی باید در طراحی تاسیسات و سیستم لحاظ شود. صرف‌نظر از سطح ایزوله، اقدامات بهداشتی و ضدعفونی مناسب باید برای کاهش آلودگی متقابل بین جمعیت‌های قرنطینه شده و جمعیت‌های جدا از قرنطینه استفاده شود (Adams and Thompson, 2005).

مشاهده و تنظیم رژیم غذایی: جمعیت آبزیان باید از نظر ظاهر و رفتارهای طبیعی و غیرعادی در طول دوره قرنطینه تحت نظر باشند تا مشکلات بیماری زود تشخیص داده شود. به‌عنوان مثال، از دست دادن اشتها، یک علامت بسیار شایع و اولیه بیماری است. تغذیه مناسب، مقاومت آبزیان در برابر بیماری را افزایش می‌دهد. از اینرو، تنظیم دقیق رژیم‌های غذایی آبزیان در سیستم‌های آبزی پروری، مشکلات ناشی از تغییرات ناگهانی را کاهش می‌دهد (Hadfield and Clayton, 2011).

نمونه‌برداری و درمان: از ماهیان قرنطینه شده باید در ابتدا و انتهای دوره قرنطینه و در هر زمانی که علائم بیماری ایجاد شدند، نمونه‌برداری انجام شود. کالبدگشایی کامل تعدادی از نمونه‌ها

در سیستم‌های قرنطینه‌ای که به خوبی طراحی شده‌اند، ماهی‌های ورودی از سایر ماهیان مزرعه متمایز می‌شوند. آب در سیستم‌های قرنطینه نیز باید از مزرعه اصلی جدا باشد و تخلیه آن به طرز صحیح مدیریت شود (FAO, 2021). قرنطینه مناسب نه تنها از مواجهه جمعیت‌های آبزی در معرض عوامل بیماری‌زا محافظت می‌کند، بلکه به موجودات جدید نیز امکان می‌دهد که با آب، غذا و شرایط جدید سازگار شوند و پس از جابجایی و حمل و نقل، بهبود یابند. بررسی مطالعات و تجربیات به‌دست آمده نشان داده شده است که جابجایی و حمل و نقل، مقاومت آبزیان در برابر بیماری را کاهش می‌دهد، به‌طوری‌که ممکن است مدت زمان بهبودی هفته‌ها به‌طول انجامد. اجزای اصلی قرنطینه شامل ذخیره‌سازی همه‌جانبه، جداسازی، مشاهده و تنظیم رژیم غذایی و نمونه‌برداری و درمان است (Hadfield and Clayton, 2011; Jia et al. 2017).

ذخیره‌سازی: ذخیره‌سازی شامل نگهداری آبزیان به‌عنوان یک گروه در طول دوره قرنطینه است. این امر از قرار گرفتن آبزیان در معرض سایر عوامل بیماری‌زا جلوگیری می‌کند. در حالت ایده‌آل، هیچ ارگانیسم جدیدی نباید به گروهی که در حال حاضر در قرنطینه هستند، اضافه شود. قرنطینه

"رادخواه و ایگدري، مروري بر امنيت زبستي در سيستم‌هاي آبي‌پروري به‌عنوان يکي از الزامات ..."

به‌عنوان بهترين راهکار محسوب مي‌شود. علاوه بر اين، نمونه‌برداري و بررسي بخش‌هاي کوچک ماهيان شامل پوست، باله‌ها و آبشش‌ها از نظر وجود انگل و همچنين، انجام آزمايش‌هاي خون براي تشخيص عفونت‌هاي باکتريريائي بسيار کمک‌کننده است. از اين نتايج مي‌توان به‌منظور بهبود روش‌هاي قرنطينه و استفاده از داروها بهره برداري نمود. براي کمک به اين موضوع، لازم است که از نظرات يک متخصص سلامت ماهي استفاده شود. همچنين، توصيه مي‌شود که مسائل حقوقي مرتبط با مصرف دارو قبل از درمان مورد توجه قرار گيرد (Oidtman et al. 2011).

ب) مديريت بيماري‌زا

همه بيماري‌زاه‌ها (ارگانيسم‌هاي ايجادکننده بيماري مانند باکتری‌ها، انگل‌ها، ويروس‌ها و قارچ‌ها) به يک اندازه نگران‌کننده نيستند. بيماري‌زاه‌ها از نظر اهميت نظارتي، قابليت بقا در مخازن، بيماري‌زااي، تشخيص و کنترل متفاوت هستند. اگرچه برخي از بيماري‌زاه‌ها سريع‌تر از سايرين باعث ايجاد بيماري مي‌شوند، اما در نهايت عوامل محيطي و ميزبان - به‌ويژه گونه‌ها و وضعيت ايموني آن‌ها- مشخص مي‌کنند که آيا ماهي بيمار مي‌شود يا خير؟ (Gaudioso. 2008).

اهميت نظارتي برخي از بيماري‌ها و بيماري‌زاه‌ها در سطح بين‌المللي مهم تلقی مي‌شود و به دليل اهميت اقتصادي يا زيست‌محيطي آنها توسط سازمان جهاني بهداشت حيوانات (world organization for animal health) فهرست شده است. شيوع برخي از اين بيماري‌ها مستلزم کاهش جمعيت است که تاثيرات قابل توجهي برجاي خواهد داشت. در شرايط مشکوکی که تشخيص بيماري در يک مرکز آبي‌پروري انجام مي‌شود، مقامات مسئول (محلي، استاني و کشوري) بايد از اين موضوع مطلع شوند. در اين راستا، لازم است با يک متخصص سلامت آبيزان مشورت شود تا از کمک‌هاي حرفه‌اي وي براي تشخيص و مديريت بيماري استفاده شود (Adams and Thompson, 2005; Taw. 2017; Jia et al. 2017; Assefa and Abunna, 2018).

منابع (زنده/غيرزنده): بيماري‌زاه‌ها مي‌توانند در درون "منابع" يک مرکز پرورشي زنده بمانند و رشد کنند. منابع به دو دسته غيرزنده و زنده تقسيم مي‌شوند. در اينجا، منظور از منابع غيرزنده، آب، اجزاي سيستم، تجهيزات، کف و ديوارها و غذا است. در مقابل، منابع زنده شامل خود موجودات آبي، ساير جانوران (مانند قورباغه‌ها و پرندگان)، گياهان و غذاي زنده (يا منجمد) است (Bera et

- al. 2018). درک جنبه‌های زیست‌شناختی بیماری‌زها بسیار حائز اهمیت است چراکه کسب اطلاعات در این زمینه می‌تواند در جهت پاسخ‌گویی به برخی از سوالات مهم، از جمله اینکه چگونه بیماری‌زها را می‌توان توسط ضدعفونی‌کننده‌های معمول از بین برد، مورد استفاده قرار گیرد (Oidtmann et al. 2011).
- تراکم بالای جانوران، بیوفیل‌ها و رسوبات می‌تواند به افزایش بار میکروبی میکروارگانیزم‌ها کمک کند. خوراک‌های خورده نشده و سایر مواد آلی موجود در سیستم باعث بقا و گسترش بیماری‌زها می‌شوند. گونه‌های *آئروموناس* (*Aeromonas*) و *ویبریو* (*Vibrio*) باکتری‌هایی هستند که این محیط‌های بسیار ارگانیک را ترجیح می‌دهند. آنها همچنین می‌توانند گاهی اوقات بدون ایجاد بیماری در ماهی زیست کنند. درمان بیماری‌های ناشی از عفونت *آئروموناس* به‌طور معمول با استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها انجام می‌شود (Zdanowicz et al. 2020; Pereira et al. 2022).
- بر اساس گزارش Zdanowicz و همکاران (۲۰۲۰)، بعضی از سویه‌های *آئروموناس* در مواجهه با برخی از آنتی‌بیوتیک‌ها از قبیل بتالاکتام (β -lactam) و لینکوزامید (lincosamide) مقاومت نشان می‌دهند (Oidtmann et al. 2011).
- (Zdanowicz et al. 2020). گروه دیگری از باکتری‌ها، گونه‌های استرپتوکوک، به اندازه *آئروموناس* و *ویبریو* شایع نیستند، اما پس از استقرار در یک سیستم پرورشی، از بین بردن آنها دشوار است. مایکوباکتری‌ها همچنین در بیوفیل‌هایی زندگی می‌کنند که مخازن، فیلترها و لوله‌ها را می‌پوشانند (Yanong et al. 2022). برخی از انگل‌ها، از جمله تریکودینیدها و مژک‌داران، در ضایعات آلی و ماهی‌های مرده یا در حال مرگ رشد می‌کنند. توانایی ویروس‌ها برای بقا متفاوت است، اما برخی از ویروس‌ها ممکن است هفته‌ها یا ماه‌ها زنده بمانند. به همین ترتیب، هاگ‌های قارچ نیز می‌توانند برای مدت زمان طولانی زنده بمانند (Adams and Thompson, 2005; Taw. 2017).
- بیماری‌زها می‌توانند در آئروسل (قطرات ریز آب)، تجهیزات، وسایل نقلیه، روی دست‌ها، بازوها و پاهای افراد قرار گیرند و از این طریق به داخل سیستم آبی‌پروری نفوذ کنند (شکل ۲). پس از ورود بیماری‌زها، این عوامل می‌توانند در روی زمین، دیوارها یا سقف زنده بمانند. بیماری‌زها همچنین می‌توانند توسط سایر جانورانی که در حوضچه‌ها یا مخازن یا در نزدیکی آنها زندگی می‌کنند (پرندگان، جوندگان،

"رادخواه و ایگدري، مروري بر امنيت زبستي در سيستم‌هاي آبي‌پروري به‌عنوان يکي از الزامات ..."

هستند، بسيار دشوار است، چراکه در اين شرايط، عوامل بيماري‌زا پنهان هستند و يا در تعداد بسيار کمي از افراد حضور دارند. به‌عنوان مثال، تعداد کمي از ويروس‌هاي هرپس ممکن است در ناقلين سالم زنده بمانند و آزمایش اين ماهي‌ها منفي باشد. بيشتر ويروس‌ها داراي محدوده دمائي خاصي هستند که در آن دامنه رشد مي‌کنند. آزمایش ماهيان آلوده‌اي که در آب خارج از آن محدوده دمائي هستند نيز مي‌تواند باعث نتايج منفي شود (Scarfe. 2006; Assefa and Abunna, 2018).

کنترل بيماري: برخي از بيماري‌هاي عفوني به راحتي با رعايت مسائل بهداشتي، ضدعفوني مناسب و يا با استفاده از دارو کنترل مي‌شوند. ساير بيماري‌زها از جمله مايکوباکتریوم‌ها (*Mycobacterium*)، برخي انگل‌ها و بسياري از ويروس‌ها را نمي‌توان به‌طور موثر يا آسان درمان کرد. در اين شرايط، اقدامات پيشگيرانه و استفاده صحيح از واکسن‌ها مي‌تواند بهترين گزينه براي کنترل باشد. شايد ذکر است که استفاده نادرست و مکرر داروها مي‌تواند منجر به مقاومت ميکروبي به‌خصوص در بسياري از سويه‌هاي باکتريايي شود (Llor and Bjerrum, 2014; Ventola. 2015).

خزندگان، حشرات، بي مهرگان آبي)، انتشار يابند. حضور سويه‌هاي وييري در برخي از توده‌هاي تخم ماهي در برخي از کشورها ثبت شده است. ارگانيسم‌ها علاوه بر انتقال مستقيم برخي از بيماري‌زها، ممکن است در تکميل چرخه‌هاي حيات برخي از انگل‌ها نيز نقش به‌سزايي داشته باشند (Cable et al. 2017).

بيماري‌زايي بيماري‌گرها از نظر توانايي آنها براي آلوده کردن و ايجاد بيماري متفاوت است. برخي از بيماري‌زها از قبيل باکتری‌هاي *آئروموناس* و وييري که در سيستم‌هاي آبي‌پروري شايع هستند، فرصت طلب هستند و تنها زماني که شرايط محيطي نامناسب است يا ماهي‌ها تحت فشار هستند، بيماري ايجاد مي‌کنند. ساير بيماري‌زها، مانند *Edwardsiella ictaluri* گربه‌ماهي و ويروس کوي هرپس مي‌توانند به راحتي در گونه‌هاي ماهي باعث ايجاد بيماري شوند. بيشتر بيماري‌زها در نقطه‌اي بين اين دو حد قرار مي‌گيرند (Adams and Thompson, 2005; Scarfe. 2006).

تشخيص: بسياري از بيماري‌زها را مي‌توان با استفاده از آزمایشات معمول تشخيص داد. با اين حال، شناسايي برخي از آنها در موارد بيماري يا در هنگامي که ماهي‌ها به ظاهر سالم و ناقل

بهداشت و ضدعفونی

بیان تفاوت بین بهداشت و ضدعفونی، ممکن است کمی گیج کننده باشد. هر دو این موارد، برای کنترل بیماری ضروری هستند. بهداشت یا نظافت اولین قدم است. این امر شامل حذف تمام مواد خارجی (خاک، مواد آلی، بیوفیلیم) از اجسام به واسطه تمیز کردن کامل آنها است. ضدعفونی یا گندزدایی مرحله دوم است که اکثر یا همه میکروارگانیسم های بیماری زا را از بین می برد (Vargová et al. 2020). ضدعفونی تنها زمانی مؤثر است که ارگانیسم های موجود در تمام سطوح در معرض مواد ضدعفونی کننده مناسب با غلظت خاص و برای مدت زمان مشخص قرار گیرند (Taw. 2017).

پروتکل نظافت و ضدعفونی

اقدامات خوب بهداشتی می تواند تاثیرات مضر پسماندهای آلی را که خود منشا بسیاری از عوامل بیماری زا هستند، حذف کند. از بین بردن آلودگی ها و مواد ارگانیکی نیز اثربخشی مواد ضدعفونی کننده را بهبود می بخشد. نظافت دستی به تنهایی تعداد ارگانیسم های آلوده را تا حد زیادی کاهش می دهد. یک مسئله بهداشتی مهم در سیستم های آبی پروری این است که اطمینان حاصل شود سیستم های فیلتراسیون و هوادهی به

خوبی فعالیت می کنند و در نتیجه، ذرات معلق، غذای مصرف نشده، ماهی مرده یا در حال مرگ (به عنوان منشا اصلی عوامل بیماری زا) و سایر مواد آلی حذف می شوند و این مواد زائد مطابق با تمام مقررات مربوطه دفع می شوند.

تمام تجهیزات، تمام سطوح داخل مرکز و تمام وسایل نقلیه/لاستیک ها باید نظافت و سپس ضدعفونی شوند. البته در برخی موارد، ممکن است توصیه شود که دسترسی وسایل نقلیه به برخی از مناطق خاص محدود شود. به عنوان مثال، ممکن است بر اساس قوانین اتخاذ شده در شرایط خاص، امکان حمل و نقل وسایل نقلیه به سایر تاسیسات آبی پروری به حداقل برسد (Adams and Thompson, 2005; Scarfe. 2006).

پس از تمیز کردن اشیاء می توان آنها را ضدعفونی کرد، البته در برخی شرایط، ممکن است ضدعفونی کامل اشیاء غیرممکن باشد. با این حال، استفاده از مواد ضدعفونی کننده، تعداد بیماری زاها را تا حد زیادی کاهش می دهد. به عنوان مثال، در حوضچه های خاکی که خاک و مواد آلی از برخی عوامل بیماری زا در برابر بیشتر مواد ضدعفونی کننده محافظت می کنند، افزایش pH به بیش از ۱۱ با استفاده از آهک یا آهک زنده، می تواند تا حد قابل توجهی ویروس و یرمی بهاره

"رادخواه و ایگدري، مروري بر امنيت زبستي در سيستم‌هاي آبي‌پروري به‌عنوان يکي از الزامات ..."

شدت، دما و عوامل ديگر متفاوت است. به‌کارگيري تجهيزات خشک‌کن نيز مي‌تواند به کاهش تعداد بيماري‌زا کمک کند، اما در اين روش، امکان بقا و زنده ماندن هاگ‌ها، کيستها يا تخم‌ها وجود دارد. شايدان ذکر است که روش خشک کردن با محدوديت‌هايي نيز همراه است که از جمله آنها مي‌توان به اين نکته اشاره کرد که در مناطق با رطوبت بالا (مانند محيط‌هاي پرورشي سربسته يا در فضاي باز در فصول باراني يا مرطوب)، ممکن است استفاده از اين روش به‌طور کامل امکان‌پذير نباشد (Banrie. 2013).

ضدعفوني‌کننده‌هاي شيميايي

ضدعفوني‌کننده‌هاي شيميايي بسيار مفيد هستند، اما از نظر اثربخشي در برابر ارگانيسم‌ها متفاوت هستند. به‌طور معمول دوزهاي استاندارد، بسياري از بيماري‌زاه‌ها را از بين مي‌برند اما برخي بيماري‌زاه‌ها ممکن است به دوزهاي خاص يا زمان تماس بيشتر نياز داشته باشند (Dvorak. 2008; CDC. 2020). مواد ضدعفوني‌کننده شيميايي رايج شامل محصولات غيرآلي کلر (سفيدکننده، هيپوکلريت سدیم يا هيپوکلريت کلسيم)، ترکيبات آمونيوم چهار ظرفيتي (QACs)، کلرهگزيدين‌ها، الكل‌ها (مانند ايزوپروپيل الكل)، يدوفورها،

کپور (*Carp sprivivirus*) را غيرفعال کند (Shao and Zhao, 2017). در سيستم‌هاي پرورشي مداربسته، حتي زماني که از غلظت‌هاي بالاي کلر استفاده مي‌شود، بيوفيلم‌هاي درون لوله‌ها ممکن است از برخي عوامل بيماري‌زا محافظت کنند. با اين وجود، کلر همچنان درصد بالايي از موجودات را مي‌کشد يا غيرفعال مي‌کند (Scarfe. 2006; Taw. 2017).

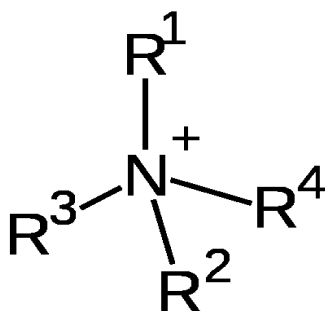
تعدادي از روش‌هاي ضدعفوني وجود دارد که مي‌توان از آنها در محيط‌هاي آبي‌پروري استفاده کرد. سميت باقي‌مانده در محيط و هزينه لازم براي از بين بردن آن تعيين مي‌کند که کدام روش در اين شرايط خاص، بهترين کارايي را دارد. متداول‌ترين روش‌هاي ضدعفوني، فزيکي يا شيميايي هستند. در روش‌هاي ضدعفوني فزيکي از گرما، نور خورشيد و خشک کردن استفاده مي‌شود. قرار گرفتن در معرض دماي ۸۰ تا ۱۰۰ درجه سلسيوس به مدت ۱۰ دقيقه همه ميكروارگانيسم‌هاي فعال را از بين مي‌برد (BOP. 2022)، اما برخي از ميكروارگانيسم‌ها مانند هاگ ممکن است به دوره‌هاي زماني بسيار طولاني‌تر نياز داشته باشند (Otto et al. 2011). نور خورشيد مي‌تواند در عملکرد خشک کردن موثر باشد، اما با اين حال، زمان قرار گرفتن در معرض آن بسته به

کلریدهای بنزالکونیوم و کلریدهای بنزتونیوم هستند، به عنوان مواد ضدعفونی کننده شناخته می شوند. این مواد از نظر خصوصیات شیمیایی سورفکتانت کاتیونی هستند (Vereshchagin et al. 2021). ترکیبات QAC عوامل پاک کننده خوبی هستند به طوری که بسیاری از قارچ ها، باکتری ها و ویروس ها را نیز از بین می برند اما در برابر سودوموناس ها، مایکوباکتری ها و برخی ویروس ها اثرگذار نیستند. پس از استفاده از این مواد، بخشی از آن ممکن است در سیستم باقی بماند که می تواند برای ماهی سمی باشد. بنابراین پس از کاربرد آنها، تجهیزات مورد نیاز شامل تورها باید به طور کامل و با نهایت دقت شسته شوند (Adams and Thompson, 2005; Assefa and Abunna, 2018).

پراکسید هیدروژن، فنل و فرمالدئید هستند (Banrie, 2013).

ضدعفونی کننده های کلر در برابر بسیاری از باکتری ها، ویروس ها، انگل ها و قارچ های شایع موثر هستند. تعدادی از محصولات تجاری مختلف توسط آژانس حفاظت از محیط زیست (environmental protection agency, EPA) برای استفاده در آبی پروری به عنوان قارچ کش و ماهی کش ثبت شده است. ترکیبات کلر برای فلزات بسیار خورنده و برای پوست و غشاهای مخاطی انسان خشن هستند (NCBI. 2022). اثربخشی آنها به میزان pH (به طور بهینه ۶ تا ۸) بستگی دارد، چراکه بیشتر فعالیت به محصول هیپوکلرو اسید (HOCl) نسبت داده می شود.

ترکیبات آمونیوم چهار ظرفیتی (quaternary ammonium compound, QACs) که شامل



شکل ۳- ساختار پایه ترکیبات آمونیوم چهار ظرفیتی (Gerba, 2015). در این ترکیبات، اتم نیتروژن مرکزی (N^+) به چهار گروه مختلف آلکیل (R_1, R_2, R_3, R_4) متصل شده است.

"رادخواه و ایگذاری، مروری بر امنیت زیستی در سیستم‌های آبی‌پروری به‌عنوان یکی از الزامات ..."

کلرهگزیدین (chlorhexidine) یک بیگوآنید کاتیونی است. گسترده‌ترین محصولات کلرهگزیدین در دسترس، کلرهگزیدین گلوکونات (به عنوان مثال، Virosan™ و دی‌استات (به‌عنوان مثال، Nolvasan®-S) هستند که هر دو به‌طور معمول حاوی ۲ درصد کلرهگزیدین هستند. کلرهگزیدین با زمان تماس حداقل ۵ دقیقه باکتری‌ها، ویروس‌های پوششی و اکثر موجودات قارچی را از بین می‌برد، اما فعالیت کمی در برابر اسپورهای باکتریایی و قارچی دارد (CDC, 2016; Lin et al. 2020). در این شرایط، مایکوباکتریوم مهار می‌شود اما از بین نمی‌رود (Okunishi et al. 2022; HISEPT, 2009). مواد آلی می‌توانند کلرهگزیدین را غیرفعال کنند، بنابراین سطوح اشیاء باید در ابتدا تمیز شوند. با این حال، کلرهگزیدین به اندازه کلر و یدوفورها تحت تأثیر خاک آلی نیست. به همین دلیل، کلرهگزیدین اغلب برای حمام پا استفاده می‌شود. ترکیباتی که به‌طور معمول در آب سخت یافت می‌شوند (سولفات، فسفات، کربنات، نیتрат و کلرید) می‌توانند فعالیت کلرهگزیدین را کاهش دهند. همچنین، زمانی که مقدار pH بسیار پایین یا خیلی زیاد باشد، فعالیت کلرهگزیدین کاهش می‌یابد (Stuart et al. 2009).

الکل‌ها (ایزوپروپیل الکل یا اتانول با غلظت‌های ۶۰ تا ۹۰ درصد) بسیاری از بیماری‌زاهای شایع ماهیان (باکتری‌ها، قارچ‌ها، انگل‌ها، ویروس‌ها) را از بین می‌برند و یکی از معهود ضد عفونی‌کننده‌های در دسترس هستند که بر علیه مایکوباکتریوم‌ها موثر هستند (CDC, 2016). در هنگامی که سطوح تجهیزات در سیستم‌های پرورشی به‌طور کامل از مواد آلی و خاک پاک شوند، استفاده از الکل‌ها بسیار موثر خواهد بود. با این وجود، این مواد در برخی از مراحل زندگی مانند هاگ با مقاومت همراه خواهد بود. ایزوپروپیل الکل نسبت به اتانول کمتر قابل اشتعال بوده و گزینه ایمن‌تری است (Scarfe, 2006).

استفاده از ضد عفونی‌کننده‌های یدوفور (Iodophor) در صنعت آبی‌پروری از پیشینه طولانی برخوردار است. ضد عفونی‌کننده‌های یدوفور بافوری در دهه ۱۹۷۰ ساخته شدند. این مواد به‌طور ویژه برای توقف انتقال عمودی ویروس‌ها، از جمله ویروس نکروز عفونی پانکراس (infectious pancreatic necrosis, IPN)، بر روی غشای بیرونی تخم‌های گونه‌های سالمونوئید، بدون نفوذ یا آسیب به تخم‌ها، فرموله شده‌اند (Evans Vanodine, 2020). یدوفورها (ید تثبیت شده در یک کمپلکس حامل حل‌شونده،

باکتری و باکتری‌های اسیدی مانند مایکوباکتریوم موثر است (CDC, 2016; Chen et al. 2016). اگرچه گاهی اوقات از ۱ تا ۸ درصد فرمالدئید (تقریباً ۳ تا ۲۰ درصد فرمالین) در آبی‌پروری استفاده می‌شود، اما با این حال، در حال حاضر گزینه‌های ضدعفونی بسیار بهتر و مطمئن‌تری وجود دارد. فرمالین به دلیل بخارات تحریک‌کننده و سرطان‌زایی بالقوه در غلظت‌های بالاتر توصیه نمی‌شود. از اینرو، از محصولات دیگری به جای فرمالین استفاده می‌شود. بر اساس بسیاری از مطالعه Leal و همکاران (۲۰۱۸)، فرمالین در برابر بسیاری از انگل‌های خارجی از جمله تک‌یاخته‌ها و ترماتودهای تک‌ژنتیکی موثر است (Baker et al. 2019).

روش دیگری که برای ضدعفونی استفاده می‌شود، تنظیم pH است. بسته به عامل بیماری‌زا، کاهش pH به سطح اسیدی (با استفاده از اسیدهایی مانند اسید کلریدریک یا اسید سولفوریک) یا افزایش pH به سطح بسیار قلیایی (با استفاده از آهک سریع) و حفظ این مقدار pH برای یک دوره زمانی مشخص، می‌تواند برای از بین بردن تمام مراحل زندگی یک بیماری‌زا کافی باشد (Fewtrell and Bartram, 2001; Kasai et al. 2002).

مانند محصولات پوئیدون ید) می‌توانند ضدعفونی‌کننده‌های موثری باشند (UFWS, 2022)، اما هر محصول باید طبق توصیه‌های شرکت سازنده استفاده شود. یدوفورها برای ضدعفونی تخم‌ها و همچنین سطوح از حضور بیماری‌زها مؤثر هستند (Chen et al. 2018).

پراکسید هیدروژن یک عامل اکسیدکننده قوی است که می‌تواند به عنوان یک ضدعفونی‌کننده سطح در غلظت ۳ درصد موثر باشد. این ماده باکتری‌ها و برخی دیگر از عوامل بیماری‌زا را از بین می‌برد (Finnegan et al. 2010; Totaro et al. 2020). از آنجایی که پراکسید هیدروژن به اکسیژن و آب تجزیه می‌شود، از دیدگاه زیست‌محیطی به عنوان یک ماده ایمن در نظر گرفته می‌شود. پراکسید هیدروژن پس از تماس با سطح، فعالیت اکسیدکنندگی خود را اعمال می‌کند و رادیکال‌های آزادی تولید می‌کند که منجر به آسیب اکسیداتیو در پروتئین‌ها و لیپیدهای غشایی می‌شود (NCBI. 2020).

محصولات فرمالدئیدی برای آبی‌پروری بیشتر با نام فرمالین شناخته می‌شود. فرمالین صد در صد (۱۰۰٪) محلول اشباع‌شده از گاز فرمالدئید در آب (تقریباً ۳۷ تا ۴۰ درصد وزنی فرمالدئید) است. فرمالدئید در برابر باکتری‌ها، ویروس‌ها، هاگ‌های

"رادخواه و ایگدري، مروري بر امنيت زبستي در سيستم‌هاي آبي‌پروري به‌عنوان يکي از الزامات ..."

پ) مديريت کارکنان

امنيت زبستي تنها در صورتي موفق خواهد بود که مديران، کارکنان و بازديدکنندگان اقدامات لازم را درک کرده و از آنها پيروي کنند. کارمندان و بازديدکنندگاني که از پروتکل‌هاي تعيين‌شده تبعيت نمي‌کنند، خطر ابتلا به بيماري را افزايش مي‌دهند. در سيستم‌هاي پرورشي، دسترسي به مناطق حساس فقط بايد به برخي از پرسنل مجاز محدود شود (شکل ۲). علاوه بر اين، بازديدکنندگاني که بلافاصله پس از بازديد از تاسيسات آبي‌پروري ديگر به مرکز جديد مراجعه مي‌کنند، بايد به‌عنوان يک خطر جدي در نظر گرفته شوند (Hadfield and Clayton, 2011; Jia et al. 2017; Assefa and Abunna, 2018).

اگر نيروي کار به اندازه کافي بزرگ باشد، بايد محدوده فعاليت پرسنل بر اساس سن ماهي، گونه و وضعيت بيماري مشخص شود. اگر پرسنل کافي براي انجام اين کار وجود نداشته باشد، ابتدا بايد ماهي‌هاي تميز و سالم، سپس ماهي‌هاي بيمار يا احتمالاً بيمار و در نهايت، ماهي‌هايي که در قرنطينه هستند، نگهداري شوند. لازم به ذکر است که سن نيز نقش مهمي دارد. ماهيان جوان تر جزو حساس‌ترين ماهي‌ها محسوب مي‌شوند، بنابراين ترتيب نگهداري آنها بايد از جوان‌ترين ماهي به

مُسن‌ترين باشد (Adams and Thompson, 2005). هنگامي که يک برنامه امنيت زبستي ايجاد شد، برنامه‌هاي آموزشي مستمر بايد براي کارکنان ارائه شود. در برنامه‌هاي امنيت زبستي، انطباق‌پذيري کارکنان، بيماري‌ها و بهره‌وري بايد به صورت دوره‌اي مورد بازبيني قرار گيرد. به‌منظور توسعه برنامه‌هاي امنيت زبستي توصيه مي‌شود که با يک متخصص بهداشت آزيان مشورت شود (Phu et al. 2016).

ايستگاه‌هاي ضدعفوني براي افراد و تجهيزات

در سيستم‌هاي پرورشي، به‌منظور جلوگيري از ورود عوامـل بيماري‌زا، از حمام‌هاي ضدعفوني‌کننده، ايستگاه‌هاي شستشوي دست يا بطري‌هاي اسپري الكل، ايستگاه‌هاي ضدعفوني تور، دوش‌ها و ايستگاه‌هاي ضدعفوني خودرو استفاده شود. اينها بايد در مکان‌هاي استراتژيک (از جمله در ورودی‌ها و بين سيستم‌ها) قرار گيرند تا استفاده از آنها آسان شود و اثربخشي آنها به حداکثر برسد. استفاده از حمام پا (شکل ۴-الف) يک روش معمول و در دسترس است. با اين حال، در صورت مديريت صحيح مي‌توان از ظروف کم‌عمق يا مواد جاذب استفاده کرد. براي اين منظور، به‌طور معمول از کلرهگزيدين يا

بگیرند، باشند (Taw. 2017; Jia et al. 2017).
ایستگاه‌های ضدعفونی تورها: تورهایی که در سیستم‌های پرورشی مورد استفاده قرار می‌گیرند، پس از هر بار استفاده باید کاملاً مورد ضدعفونی قرار گیرند تا از انتشار عوامل بیماری‌زا از یک گروه ماهی به گروه دیگر جلوگیری شود. ضدعفونی تورها باید به نحوی انجام شود که امکان غوطه‌ورسازی کامل تور در محلول ضدعفونی‌کننده وجود داشته باشد و در صورت امکان بخشی از دسته تور که ممکن است در حین استفاده در آب فرو رود نیز کاملاً تمیز شود (شکل ۴-پ). از جمله محصولات ضدعفونی‌کننده‌ای که به منظور نظافت تورها استفاده می‌شوند، می‌توان به ترکیبات آمونیوم چهار ظرفیتی (QACs) اشاره کرد (Gerba. 2015).



ب) ایستگاه شستشوی دست (Alibab. 2022).

ترکیبات کلر (هیپوکلریت سدیم یا کلسیم) استفاده می‌شود، اما کلر با اثرات منفی همراه است (Gallandat et al. 2021).

شستن دست‌ها: شستن دست‌ها به تنهایی با آب و صابون تعداد قابل توجهی از عوامل بیماری‌زا را از بین می‌برد (شکل ۴-ب). استفاده از مواد ضدعفونی‌کننده، خطرات ناشی از عوامل بیماری‌زا را تا حد قابل توجهی کاهش می‌دهد. یکی از گزینه‌های مطرح در این زمینه، استفاده از محصولات با الکل ۶۰ تا ۹۰ درصد است. با توجه به اینکه الکل می‌تواند پوست را خشک کند، لازم است که اقدامات بهداشتی از سوی پرسنل رعایت شود. صابون‌های ضد باکتریایی نیز می‌توانند سطحی از محافظت را ایجاد کنند، اما در این بین، پرسنل و کارکنان باید مراقب هرگونه افزودنی مانند عطرها یا که ممکن است در آب حالت سمی



الف) حمام متحرک (Banrie. 2013).

"رادخواه و ایگدري، مروري بر امنيت زيستي در سيستم‌هاي آبيزي پروري به عنوان يكي از الزامات ..."



ت) ناحيه ضد عفوني كننده براي شستشوي چرخ‌هاي خودرو (Banrie, 2013).



پ) ايستگاه ضد عفوني تورها (Alitools, 2022).

شكل ۴- ايستگاه‌هاي ضد عفوني كننده در سيستم‌هاي آبيزي پروري.

ايستگاه‌هاي شستشو براي وسايل نقليه بسيار ضروري است (Scarfe and Palić, 2020).

نتيجه گيري

پژوهش حاضر نشان داد كه با به‌كارگيري اقدامات امنيت زيستي، خطرات فاجعه‌بار ناشي از بيماري‌هاي عفوني كاهش مي‌يابد. در اين راستا، لازم است كه با يك متخصص باتجربه در زمينه بهداشت آبيزيان، متخصص توليد و مهندس آبيزي پروري براي ايجاد يك طرح امنيت زيستي خوب و جامع همكاري نمود. علاوه بر اين، منابع ماهي و آب بايد مورد شناسايي قرار گيرند تا اطمينان حاصل شود كه بيماري‌زاهاي خاصي از هر دو مسير وارد مركز توليد نمي‌شوند. انجام اقدامات مرتبط با قرنطينه، آزمايش و نظارت بر سلامت ماهيان در طول چرخه توليد بايد استمرار

دوش‌ها: بسياري از تاسيسات آبيزي پروري داراي دوش هستند و به‌طور معمول امكان نظافت كارگران پس از كار در مزرعه وجود دارد. با اين‌حال، كارگران مي‌توانند در صورت دوش گرفتن و تعويض لباس‌ها و چكمه‌ها در حين جابه جايي بين مناطق، خطر شيوع بيماري را كاهش دهند. اين مسئله به‌طور ويژه در مورد مناطقي كه ماهي‌ها قرنطينه شده و يا جمعيت‌هاي بيمار حضور دارند، بسيار حساس شمرده مي‌شود. Taw. (2017; Assefa and Abunna, 2018).

وسايل نقليه‌اي كه از يك مركز به مركز ديگر حركت مي‌كنند، مي‌توانند به‌واسطه چرخ‌هاي خود زمينه‌ساز انتقال عوامل بيماري‌زا باشند. برخورداري از مناطق داراي مواد ضد عفوني‌كننده در ورودی‌ها و خروجی‌ها مي‌تواند به كاهش اين خطر كمك كند (شكل ۴-ت). با اين‌حال، ايجاد

داشته باشد. به منظور کاهش انتشار بیماری‌زها و
بیماری‌ها، لازم است که جمعیت‌های ماهی را
جداسازی کرد، به طوری که ماهیان مراحل مختلف
حیات خود را در سیستم‌های مختلف سپری کنند.
برای انجام طرح‌های بهداشتی، ضد عفونی و
مدیریت تأسیسات باید برنامه‌ریزی کرد و امنیت
زیستی محیط پرورش را با به کارگیری دانش روز
و هماهنگی پرسنل بهبود بخشید.

References

فهرست منابع

- Adams A, Thompson KD. 2006.** Biotechnology offers revolution to fish health management. Trends in Biotechnology. 24(5): 201–205.
- Alibaba. 2022.** Eco-friendly camping portable sink and green plastic hand washing sink in garden. <https://www.alibaba.com>. Accessed 5 March 2022.
- Alitools. 2022.** <https://alitools.io/en/showcase/swimming-pool-tool-shallow-deep-water-fishing-net-pool-cleaning-equipment-home-outdoor-fishing-net-supplies-33028149587>. Accessed 27 February 2022.
- Aqua Ultraviolet. 2022.** Water is the key to elevating your Aquaculture Harvests? Aquaculture. <https://aquaultraviolet.com/aquaculture-2>. Accessed 29 February 2022.
- Aquatic Solutions. 2022.** Disinfecting foot mat high wall rubber. <https://myaquaticsolutions.com/disinfecting-foot-mat-high-wall-rubber-yellow-edge-32-x-39-x-2-5-deep>. Accessed 5 March 2022.
- Artika IM, Nisa MC. 2017.** Laboratory biosafety for handling emerging viruses. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 7(5): 483-491.
- Assefa A, Abunna F. 2018.** Maintenance of fish health in aquaculture: review of epidemiological approaches for prevention and control of infectious disease of fish. Veterinary Medicine International. 2018: 1-10. DOI: 1155/2018/5432497
- Baker BB, Meyer DN, Llaniguez JT, Rafique SE, Cotroneo TM, Hish GA, Baker TR. 2019.** Management of multiple protozoan ectoparasites in a research colony of axolotls (*Ambystoma mexicanum*). Journal of the American Association for Laboratory Animal Science. 58(4): 479-484.
- Banrie A. 2103.** Biosecurity in aquaculture, Part 1: An overview. Available at: <https://thefishsite.com/articles/biosecurity-in-aquaculture-part-1-an-overview>. Accessed 30 September 2021.
- Bera KK, Karmakar S, Jana P, Das S, Purkait S, Pall S, Haque R. 2018.** Biosecurity in aquaculture: an overview. Aqua International. 42: 1-5.

"رادخواه و ایگدري، مروري بر امنيت زبستي در سيستم‌هاي آبيز پروري به‌عنوان يكي از الزامات ..."

- BOP. 2022.** Using physical methods to control microorganisms. BCcampus Open Publishing. <https://opentextbc.ca>. Accessed 26 May 2022.
- Cable J, Barber I, Boag B, Ellison AR, Morgan ER, Murray K, Pascoe EL, Sait SM, Wilson AJ, Booth M. 2017.** Global change, parasite transmission and disease control: lessons from ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 372(1719): 20160088. DOI: 10.1098/rstb.2016.0088.
- CDC. 2016.** Chemical disinfectants. Guideline for disinfection and sterilization in healthcare facilities. 2008. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/disinfection-methods/chemical.html>. Accessed 18 September 2016.
- CDC. 2020.** Disinfection and sterilization guidelines. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/glossary.html>. Accessed September 11, 2020.
- Chen NH, Djoko KY, Veyrier FJ, McEwan AG. 2016.** Formaldehyde stress responses in bacterial pathogens. *Frontiers in Microbiology*. 7. DOI:10.3389/fmicb.2016.0025
- Chen X, Lai C, Wang Y, Wei L, Zhong Q. 2018.** Disinfection effect of povidone-iodine in aquaculture water of swamp eel (*Monopterus albus*). *PeerJ* 6, e5523. DOI: 10.7717/peerj.5523
- Correia M, Costa Azevedo I, Peres H, Magalhães R, Oliva-Teles A, Ribeiro Almeida CM, Guimarães L. 2020.** Integrated multi-trophic aquaculture: a laboratory and hands-on experimental activity to promote environmental sustainability awareness and value of aquaculture products. *Frontiers in Marine Science*. 20. DOI: 10.3389/fmars.2020.00156.
- DAERA. 2021.** Department of agriculture, environment and rural affairs. Biosecurity. <https://www.daera-ni.gov.uk/articles/biosecurity>. Accessed September 15, 2021.
- Dvorak G. 2008.** Disinfection 101. DABVPCenter for Food Security and Public Health. *Veterinary Medicine*. 1: 22-30.
- Evans Vanodine. 2020.** Disinfection in aquaculture. Fish egg and equipment disinfection. Evans Vanodine. https://www.evansvanodine.co.uk/assets/disinfection_in_aquaculture_buffodine.pdf. Accessed 24 May 2020.
- FAO. 2018.** The state of world fisheries and aquaculture-meeting the sustainable development goals. Rome, FAO. Food and Agriculture Organization.
- FAO. 2021.** Procedures for the quarantine of live aquatic animals: a manual. Food and Agriculture Organization. pp. 1-57. <https://www.fao.org/3/i0095e/i0095e01.pdf>. Accessed September 25, 2021.
- Fewtrell L, Bartram J. 2001.** Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Water treatment and pathogen control. World Health Organization titles with IWA Publishing. 112 pp.
- Finnegan M, Linley E, Denyer SP, McDonnell G, Simons C, Maillard JY. 2010.** Mode of action of hydrogen peroxide and other oxidizing agents: differences between liquid and gas forms. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 65(10): 2108-2115. DOI: 10.1093/jac/dkq308.
- Gallandat K, Kolus RC, Julian TR, Lantagne DS. 2021.** A systematic review of chlorine-based surface disinfection efficacy to inform recommendations for low-resource outbreak settings. *American Journal of Infection Control*. 49(1): 90-103. DOI: 10.1016/j.ajic.2020.05.014
- Gaudioso J. 2008.** Biosecurity and biosafety- A growing concern. Sandia Corporation. Accessed 23 May 2020.
- Gerba CP. 2015.** Quaternary ammonium biocides: efficacy in application. *Applied and Environmental Microbiology*. 81(2): 464-469. DOI: 10.1128/AEM.02633-14
- Groocock GH. 2007.** Viral hemorrhagic septicemia and spring viremia of carp: Threats to aquaculture. Cornell University, College of Veterinary Medicine, Department of Microbiology and Immunology, Aquatic Animal Health Program. Accessed 22 July 2007.
- Hadfield CA, Clayton LA. 2011.** Fish quarantine: Current practices in public zoos and aquaria. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 42(4): 641-650.

- HISEPT. 2022.** Resistance of microorganism against disinfectant. <https://hisept.com/resistance-of-microorganism-against-disinfectant>. Accessed 25 May 2022.
- Hopkins JS, Hamilton RD, Sandier PA, Browdy CL, Stokes AD. 1993.** Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets of intensive shrimp ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*. 24(3): 304-320.
- Jia B, St-Hilaire S, Singh K, Gardner IA. 2017.** Biosecurity knowledge, attitudes and practices of farmers culturing yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) in Guangdong and Zhejiang provinces, China. *Aquaculture*. 471: 146-156.
- Kasai H, Yoshimizu M, Ezura Y. 2002.** Disinfection of water for aquaculture. *Fisheries Science* 68(Supplement 1): 821-824. DOI: 10.2331/fishsci.68.sup1_821.
- Leal J, Neves MGPM, Santos EBH, Esteves VI. 2018.** Use of formalin in intensive aquaculture: Properties, application and effects on fish and water quality. *Reviews in Aquaculture*. 10(2): 281-295. DOI: 10.1111/raq.12160.
- Lin Q, Lim J, Xue K, Yew P, Owh C, Chee PL, Loh XJ. 2020.** Sanitizing agents for virus inactivation and disinfection. View (Beijing, China), Advance online publication. 16 pp. DOI: 10.1002/viw.2.16
- Llor C, Bjerrum L. 2014.** Antimicrobial resistance: risk associated with antibiotic overuse and initiatives to reduce the problem. *Therapeutic Advances in Drug Safety*. 5(6): 229-241. DOI: 10.1177/2042098614554919.
- McAllister PE. 2007.** Viral hemorrhagic septicemia of fishes. fish disease leaflet. United States Department of the Interior, U.S. Fish and Wildlife Service. Archived from the original on 15 June 2007. Accessed 12 July 2008.
- Meyers TR, Sullivan J, Emmenegger E, Follett J, Short S, Batts WN. 2007.** Identification of viral hemorrhagic septicemia virus isolated from Pacific cod *Gadus macrocephalus* in Prince William Sound, Alaska, USA. *Diseases of Aquatic Organisms*. 12: 167-75. DOI: 10.3354/dao012167.
- Meyerson LA, Reaser JK. 2002.** Biosecurity: Moving toward a Comprehensive Approach: A comprehensive approach to biosecurity is necessary to minimize the risk of harm caused by non-native organisms to agriculture, the economy, the environment, and human health. *BioScience*. 52(7): 593-600.
- Mousavi A, Malboobi MA, Esmailzadeh NS. 2007.** Development of agricultural biotechnology and biosafety regulations used to assess the safety of genetically modified crops in Iran. *Journal of AOAC International*. 90(5): 1513-1516.
- NCBI. 2020.** PubChem Compound Summary for CID 784, Hydrogen peroxide. National Center for Biotechnology Information. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Hydrogen-peroxide>. Accessed 15 October 2020.
- NCBI. 2022.** PubChem Compound Summary for CID 313, Hydrochloric acid. National Center for Biotechnology Information. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Hydrochloric-acid>. Accessed 25 May 2022.
- Okunishi J, Nishihara Y, Maeda S, Ikeda M. 2009.** In vitro evaluation of the antimicrobial activity of HM-242, a novel antiseptic compound. *The Journal of Antibiotics*. 62(9): 489-493. DOI: 10.1038/ja.2009.56.
- Ortega-Villaizan MD, Chico V, Perez L. 2022.** Fish innate immune response to viral infection-an overview of five major antiviral genes. *Viruses*. 14(7): 1546. DOI: 10.3390/v14071546.
- Otto C, Zahn S, Rost F, Zahn P, Jaros D, Rohm H. 2011.** Physical methods for cleaning and disinfection of surfaces. *Food Engineering Reviews*. 3: 171-188. DOI: 10.1007/s12393-011-9038-4
- Pereira C, Duarte J, Costa P, Braz M, Almeida A. 2022.** Bacteriophages in the control of *Aeromonas* sp. in aquaculture systems: An integrative view. *Antibiotics (Basel, Switzerland)*. 11(2): 163. DOI: 10.3390/antibiotics11020163.
- Phu TM, Phuong NT, Dung TT. 2016.** An evaluation of fish health-management practices and occupational health hazards associated with *Pangasius catfish* (*Pangasianodon hypophthalmus*) aquaculture in the Mekong Delta, Vietnam. *Aquaculture Research*. 47(9): 2778-2794.

"رادخواه و ایگدري، مروري بر امنيت زبستي در سيستم‌هاي آبي‌پروري به‌عنوان يکي از الزامات ..."

- Radkhah AR, Eagderi S. 2019.** Investigation of biological characteristics and breeding potentials of some species of surgeonfish (Family: Acanthuridae) inhabiting the Persian Gulf for exploitation in the ornamental fish breeding industry. *Journal of Ornamental Aquatics*. 6(4): 1-11.
- Radkhah AR, Eagderi S, Mousavi-Sabet H. 2021.** Review on the benefits and disadvantages of nanotechnology in the aquaculture. *Journal of Ornamental Aquatics*. 8(2): 43-58.
- Scarfe AD, Palić D. 2020.** Aquaculture biosecurity: Practical approach to prevent, control, and eradicate diseases. *Aquaculture Health Management. Design and Operation Approaches 2020*. pp. 75-116
- SCAAH. 2016.** Department of Agriculture, Subcommittee on Aquatic Animal Health (SCAAH), Canberra. Aquaculture Farm Biosecurity Plan: generic guidelines and template. 23 pp.
- Shao L, Zhao J. 2017.** Isolation of a highly pathogenic spring viraemia of carp virus strain from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) in late summer, China. *Virus Research*. 238: 183-192. DOI: 10.1016/j.virusres.2017.06.025.
- Stuart MC, Kouimtzi M, Hill SR. 2009.** World Health Organization. WHO Model Formulary 2008. World Health Organization. pp. 321-22.
- Subramanian S, Sumares B, Fu T. 2020.** Biosecurity 101: Keys to keeping your RAS pathogen-free. *RASTECH Magazine*. <https://www.rastechmagazine.com/biosecurity-101-keys-to-keeping-your-ras-pathogen-free>. November 11, 2020.
- Syndel. 2022.** Virkon Aquatic. <https://syndel.com/product/virkon-aquatic>. Accessed 10 March 2022
- Taw N. 2017.** Biosecurity in aquaculture systems with special emphasis on shrimp farming. *Journal of Fisheries and Livestock Production*. 5(2): 25-37.
- Totaro M, Casini B, Profeti S, Tuvo B, Privitera G, Baggiani A. 2020.** Role of hydrogen peroxide vapor (HPV) for the disinfection of hospital surfaces contaminated by multiresistant bacteria. *Pathogens*. 9(5): 408. DOI: 10.3390/pathogens9050408
- UFWS. 2022.** U.S. fish and wildlife service. Iodophor disinfection of fish eggs. 8 pp. https://www.fws.gov/policy/aquatichandbook/volume_3/section_1.pdf. Accessed 24 May 2022.
- Vargová M, Laktičová KV, Hromada R, Cimboláková I, Uher I, Papajová I, Peter K. 2020.** Sanitation and the environment. In (Ed.), *Environmental factors affecting human health*. IntechOpen. DOI: 10.5772/intechopen.93106
- Ventola CL. 2015.** The antibiotic resistance crisis: part 1: causes and threats. *P & T: a peer-reviewed journal for formulary management*. 40(4): 277-283.
- Vereshchagin AN, Frolov NA, Egorova KS, Seitkalieva MM, Ananikov VP. 2021.** Quaternary ammonium compounds (QACs) and ionic liquids (ILs) as biocides: From simple antiseptics to tunable antimicrobials. *International Journal of Molecular Sciences*. 6793. DOI: 10.3390/ijms22136793
- Waage JK, Mumford JD. 2008.** Agricultural biosecurity. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 363(1492), 863-876. DOI: 10.1098/rstb.2007.2188
- Yanong RPE, Francis-Floyd R, Petty BD. 2022.** Bacterial diseases in aquaculture. <https://www.msdsmanual.com>. Accessed 23 March 2022.
- Zdanowicz M, Mudryk ZJ, Perliński P. 2020.** Abundance and antibiotic resistance of *Aeromonas* isolated from the water of three carp ponds. *Veterinary Research Communications*. 44(1): 9-18. DOI: 10.1007/s11259-020-09768-x.

Biosecurity in Aquaculture Systems as one of the Requirements for Sustainable Development

Alireza Radkhah¹, Soheil Eagdari^{1*}

1- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

soheil.eagdari@ut.ac.ir

Abstract

Today, with the expansion of aquaculture activities, the risk of the spread of pathogens is also lurking in this economic sector, which can have many negative consequences. Therefore, maintaining biosecurity in the aquaculture industry is a prerequisite for the sustainable development of this sector. Considering the importance of biosecurity principles in aquaculture and also the role of this issue in the health of human society, the present study was conducted to investigate the principles of biosecurity in aquaculture systems. In this research, we attempt to refer to different aspects of management in farming systems such as fish population management, environmental conditions management, pathogen management, equipment and staff management. The information provided can be used to improve the basics of biosecurity in the country's aquaculture systems as well as farmers' awareness.

Keywords: Biosecurity, Fish, Pathogens, Disinfectants, Staff Management.