

شناسایی و کنترل مسیرهای آلودگی فلزات سنگین در خوراک آبزیان: چارچوبی فرایندمحور مبتنی بر نقاط کنترل بحرانی

نیما شیر*، مریم معزی، محمدرضا زاهدی

بخش تحقیقات آبرزی پروری، پژوهشگاه اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

کلمات کلیدی	چکیده
انباشت زیستی ایمنی غذایی فلزات سنگین کنترل فرایند نقطه کنترل بحرانی	فلزات سنگین به عنوان آلاینده های پایدار، از طریق خوراک و محیط آبزیان وارد بدن آنها شده و با قابلیت زیست تجمع، ریسک انتقال به زنجیره غذایی انسان را ایجاد می کنند. خوراک خشک آبزیان، به دلیل ماهیت چندمرحله ای تولید، تماس با تجهیزات فلزی و فرایندهای حرارتی و مکانیکی، به عنوان یک «کانون بالقوه آلودگی» مطرح است. این مطالعه ی تحلیلی، مسیرهای بالقوه آلودگی فلزات سنگین در طول فرایند تولید خوراک خشک را شناسایی و ارزیابی کرده و با تلفیق شواهد علمی، استانداردها و مشاهدات میدانی، چارچوبی مبتنی بر اصول مهندسی صنایع، تجزیه و تحلیل خطر و نقاط کنترل بحرانی (HACCP) و شرایط تولید خوب (GMP) ارائه می دهد. در این چارچوب، نقاط کنترل بحرانی (CCP)، منابع ریسک ذاتی و فرایندی و راهکارهای کنترلی در مراحل پذیرش مواد اولیه، آسیاب، اختلاط، شکل دهی، خشک کن، پوشش دهی، بسته بندی و انبارش مشخص شده اند. آلودگی فلزات سنگین نه یک رویداد تصادفی، بلکه نتیجه تعامل میان کیفیت مواد اولیه، طراحی تجهیزات و کارآمدی نظام های کنترلی است. به کارگیری مگنت ها، آشکارسازهای فلزی، پایش دوره ای افزودنی ها و آب بخار، نگهداشت پیشگیرانه تجهیزات و آموزش مستمر کارکنان، به عنوان راهکارهای عملی توصیه می شوند. این رویکرد پیشگیرانه، ایمنی زیستی خوراک، سلامت آبزیان و کاهش ریسک انتقال آلاینده ها به انسان را تضمین کرده و به پایداری اقتصادی و اعتبار صنایع خوراک آبزیان کمک می کند.

۱. بیان مسئله	آلاینده هایی پایدار و تجمع پذیر می داند که حتی در غلظت های پایین و مصرف مزمن، پیامدهای بهداشتی قابل توجهی ایجاد می کنند (WHO, 1989). از این رو، خوراک صنعتی علاوه بر نقش تغذیه ای، یک کانون بالقوه آلودگی محسوب می شود. فرایند تولید خوراک شامل مراحل
ایمنی خوراک دام، طیور و آبزیان یکی از ارکان سلامت زیستی، امنیت غذایی و پایداری تولیدات پروتئینی است و آلودگی آن می تواند به طور مستقیم یا غیرمستقیم وارد زنجیره غذایی انسان شود. سازمان جهانی بهداشت، فلزات سنگین را	

فلزات سنگین، و راهکارهای کنترلی مؤثر در هر مرحله شناسایی و دسته‌بندی شوند. هدف نهایی، فراهم‌سازی یک رویکرد کاربردی برای بهبود ایمنی زیستی خوراک آبزیان، کاهش ریسک انتقال آلاینده‌ها به زنجیره غذایی و پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های فنی و نظارتی در صنایع خوراک آبزیان است.

۲. معرفی راهکار

۱.۲. فرایند تولید خوراک آبزیان

روند کلی تولید خوراک آبزیان به شرح ذیل است:
(الف) تهیه و بررسی مواد اولیه: تأمین از منابع معتبر، آزمایش کیفیت و صدور گواهی، تجزیه شیمیایی برای بررسی ناخالصی‌ها و ترکیب.

(ب) تهیه فرمول غذایی: همکاری متخصصان تغذیه و جیره-نویسی برای ایجاد ترکیب متناسب با گونه، مرحله رشد و نژاد.

(ج) فرآوری:

- برای خوراک خشک: آسیاب، مخلوط کردن و اکستروژن کردن.

- برای خوراک مرطوب: بسته‌بندی در ظروف دربسته و استریلیزاسیون.

- برای خوراک خام: فرایندهای انجماد یا خشک کردن همراه با نظارت بهداشتی.

(د) کنترل کیفیت شامل آزمون‌های میکروبی، غربالگری فلزات سنگین یا سایر آلاینده‌ها.

(ه) بسته‌بندی و برچسب‌گذاری: با درج ترکیبات، تاریخ انقضا، دستور مصرف و اطلاعات تغذیه‌ای طبق قوانین انجمن

متعددی از تأمین مواد اولیه تا فرآوری، کنترل کیفیت و توزیع است که هر یک می‌تواند منبع ورود فلزات سنگینی مانند آرسنیک، کادمیوم، سرب و جیوه باشد (European Commission, 2015; AAFCO, 2024). مقررات ملی دامپزشکی ایران نیز بر پایش شیمیایی خوراک با تمرکز بر این فلزات تأکید دارند (سازمان دامپزشکی کشور، ۱۳۹۸).

در میان انواع خوراک، خوراک خشک به دلیل فرآیندهای چندمرحله‌ای، تماس گسترده با تجهیزات فلزی و اعمال تنش‌های مکانیکی و حرارتی، مستعد انباشت فلزات سنگین است (Hasting & Higgs, 1980). شواهد نشان می‌دهد که حتی با مواد اولیه منطبق با حدود مجاز، فرایند تولید می‌تواند موجب افزایش غلظت فلزات در محصول نهایی شود (Du et al., 2024). با توجه به ماهیت چندمرحله‌ای تولید خوراک خشک و نقش بالقوه هر مرحله در ورود یا تشدید آلودگی‌های شیمیایی، به‌ویژه فلزات سنگین، هدف این مطالعه ارائه یک تحلیل جامع و نظام‌مند از مسیرهای بالقوه آلودگی خوراک آبزیان در طول فرایند تولید است. بدین منظور، این مطالعه تحلیلی مبتنی بر بررسی اسناد، استانداردها، دستورالعمل‌های ملی و بین‌المللی، و شواهد منتشرشده علمی انجام شده و هم‌زمان با مشاهدات پایشی از خطوط واقعی تولید خوراک آبزیان تلفیق گردیده است. هدف از به‌کارگیری این روش‌شناسی، ایجاد یک پیوند نظام‌مند میان عملکرد واقعی خطوط تولید و اسلوب‌های فرایندی رایج در مهندسی صنایع، به‌ویژه الزامات شرایط خوب تولید^۱ (GMP) و مقررات بهداشتی، بوده است. در این چارچوب، تلاش شده است تا با تطبیق جریان عملی تولید با الزامات تجزیه و تحلیل خطر و نقاط کنترل بحرانی^۲ (HACCP) و مقررات بهداشتی، نقاط کنترل بحرانی^۳ (CCP)، منابع اصلی ریسک آلودگی

^۱ GMP: Good manufacturing practice

^۲ HACCP: Hazard analysis critical control points

^۳ CCP: Critical control points

است: کیفیت مواد اولیه، طراحی و نگهداشت خط تولید و کارآمدی نظام‌های کنترلی. این آلودگی به دلیل زیست‌تجمعی فلزات در اندام‌های آبزیان و انتقال به زنجیره انسانی، پیامدهای بهداشتی جدی به دنبال دارد. در پاسخ به این چالش، چارچوب فرایندمحور مبتنی بر اصول HACCP (FDA, 1997) شامل سه سطح اقدام ارائه می‌شود:



شکل ۱. فلوجارت جریان کلی تولید خوراک خشک آبزیان (برگرفته از Hasting & Higgs, 1980)

نهادهای رسمی کنترل خوراک دام آمریکا (AAFCO)^۴ یا نهادهای ملی دیگر.

و) توزیع و نگهداری: در این مرحله شرایط مناسب دما و رطوبت برای حفظ کیفیت و بهداشت باید مورد توجه قرار گیرد.

با توجه به احتمال انباشت و تغلیظ فلزات سنگین در خوراک خشک، این نوشتار بر فرایند تولید این نوع خوراک باریک شده و این جریان کلی در فلوجارت ذیل (شکل ۱) نشان داده شده است.

۲.۲. نقاط کنترل بحرانی در فرایند تولید خوراک آبزیان

جدول ۱ مراحل کلیدی تولید خوراک آبزیان را از دریافت مواد اولیه تا انبارش و توزیع، بر اساس رویکرد نقاط کنترل بحرانی (CCP) سازماندهی می‌کند. با توجه به اینکه آلودگی فلزات سنگین می‌تواند به طور عمده از دو مسیر اصلی یعنی مواد اولیه آلوده (نظیر غلات، روغن ماهی و پری میکس‌های معدنی) و سایش/خوردگی تجهیزات (مانند آسیاب، اکسترودر و خطوط بخار) وارد زنجیره تولید شود، شناسایی سیستماتیک ریسک در هر گام و تعیین کنترل‌های متناسب (از آزمون‌های تأییدی ICP تا نگهداری پیشگیرانه و آشکارسازهای فلزی) ضروری است. در این چارچوب، سه نقطه به عنوان CCP اصلی تعریف شده‌اند: پذیرش مواد اولیه (CCP-1)، اختلاط (CCP-2) و الک نهایی/آشکارساز فلزی (CCP-3). خروجی‌های قابل ثبت هر مرحله، مستندسازی برای ممیزی و بهبود مستمر نظام ایمنی خوراک را فراهم می‌آورد.

۳.۲. اقدامات مورد نیاز در نقاط کنترل بحرانی جهت کاهش فلزات سنگین

آلودگی فلزات سنگین در خوراک آبزیان نه یک رویداد تصادفی، بلکه برآیندی قابل پیش‌بینی از تعامل میان سه عامل

^۴ AAFCO: Association of American Feed Control Officials

جدول ۱. ریسک‌ها و کنترل‌ها در مراحل تولید خوراک آبزیان (رویکرد CCP)

گام	مرحله فرایند	ریسک اصلی	کنترل‌ها	خروجی قابل ثبت
۱	دریافت و پذیرش مواد اولیه (CCP-1)	فلزات در غلات، آرد و سمبوس، پروتئین‌های حیوانی، روغن‌ها، نمک، آب فرایندی	- نمونه‌برداری استاندارد و آزمون ICP - - MS/ICP-OES (مطابق استاندارد ملی ۱۲۹۶۸) - بررسی گواهی آزمون (CoA) و ممیزی تأمین‌کننده - پایش آب فرایندی (حدود آب آشامیدنی: As, Pb, Cd, Hg) - تفکیک سیلوها و جلوگیری از برگشت گردوغبار.	- فرم پذیرش - نتایج آزمون - برچسب وضعیت «آزاد/قرنطینه»
۲	پاک‌سازی اولیه و جداسازی فلزی	وجود ذرات فلزی Fe/Cr/Ni	- مگنت نویدیومی پیش از آسیاب و پیش از میکس - سیراتور سنگ و تراشه و الک درشت - ثبت دوره‌ای قدرت جذب مگنت و وزن ناخالصی‌های جداشده	- ناخالصی‌های جداسازی شده
۳	آسیاب	انتقال براده‌های ریز فلزی (نقطه حساس سایش)	- استفاده از جکش و سرند با فولاد مقاوم به سایش - اجرای برنامه نگهداشت پیشگیرانه (PM) - نصب مگنت قبل و بعد از آسیاب + الک مجدد - نقشه نقاط سایش و برنامه تعویض	- ثبت بازرسی سایش - کارایی مگنت.
۴	غریبال‌گری	باقیمانده ناخالصی‌های فلزی	- بازرسی مش‌ها - نظافت محشک - ثبت Reject	- یکنواختی ذرات - گزارش ضایعات.
۵	وزن‌کشی و بچینگ	آلودگی متقاطع و سایش تجهیزات	- توانی تولید از کم‌ریسک به پرریسک - ساخت تجهیزات از استیل ۳۱۶/۳۰۴ و پاسیو کردن - کالیبراسیون منظم ترازوها.	- گزارش کالیبراسیون - گزارش اورهاول.
۶	اختلاط (CCP-2)	پری‌میکس‌های معدنی	- آزمون دوره‌ای پری‌میکس‌ها از نظر Pb/Cd (استاندارد ملی شماره ۱۳۵۷۸) - آزمون یکنواختی میکس (CV%) - بازرسی مکانیکی پرها.	- نمونه ترکیبی قابل ردیابی

۷	کاندیشینگ (کنترل بخار)	بخار غیربهداشتی و کندانس آلوده	- تولید بخار خوراکی ^۵ ؛ - خطوط استنلس و بلودان ^۶ منظم بویلر؛ - پایش فلزات در آب تغذیه و کندانس.	گزارش آنالیز آب تغذیه
۸	شکل دهی (پلت سایش شدید قطعات / اکسرودر)	- انتخاب آلیاژ مقاوم، کنترل فشار و لرزش؛ - نمونه برداری دوره ای محصول خروجی؛ - مگنت و الک پس از پلت.	- ثبت نمونه برداری؛ - عملکرد مگنت.	
۹	خشک کن و کولر	خوردگی و گردوغبار محیط	- فیلتر هوای ورودی؛ - سطوح استنلس؛ - بازرسی مبدل ها و کانال ها.	گزارش بازرسی
۱۰	بویش دهی ^۷	روغن ماهی آلوده و سایش نازل ها	- آزمون تأییدی روغن ها؛ - فیلتر ریزدانه روغن و تجهیزات استیل.	گواهی آنالیز روغن
۱۱	الک نهایی و آشکارساز فلزی (CCP-3)	Fe/Non-Fe/SS قطعات فلزی	- آشکارساز فلزی (با حساسیت متناسب)؛ - X-ray (اختیاری)؛ - ثبت سوابق عملکرد.	لاگ عملکرد آشکارساز
۱۲	بسته بندی	مواد چایی و اجزای فلزی	- استفاده از بسته بندی Food-grade با DoC؛ - حذف منگنه فلزی؛ - آشکارساز فلزی پس از بسته بندی.	تأیید نهایی پیش از خروج
۱۳	انبارش و توزیع	آلودگی ثانویه محیطی	- انبار تمیز و خشک (RH<60%) - پالت سالم، تهویه و بازرسی دوره ای کیسه ها	گزارش بازرسی انبار

^۵Food-grade steam^۶Blowdown^۷Coating

۱.۳.۲. طراحی خط تولید

نصب مگنت در نقاط حساس پیش از آسیاب، پیش و پس از شکل‌دهی و پیش از بسته‌بندی (شکل ۲)، به‌کارگیری آشکارسازهای X-ray برای محصولات صادراتی (شکل ۳)، به‌سازی خطوط بخار با استنلس استیل و تصفیه آب بویلر برای تولید بخار خوراکی، و تعبیه خطوط اختصاصی برای فرمول‌های پرریسک.

۲.۳.۲. پایش نقاط کنترل بحرانی در فرآیند تولید

پایش مواد پرریسک (مانند سبوس برنج که حاوی آرسنیک و روغن ماهی و مکمل‌های معدنی که ممکن است حاوی جیوه و سرب باشند)، کیفیت آب و بخار، عملکرد مگنت و آشکارساز فلزی و آزمون محصول نهایی. پایش دوره‌ای شامل سنجش As, Hg, Cd, Pb با روش‌های ICP-MS و ICP-OES (ورودی و فصلی)، پایش Fe و Cu در آب، بخار و کندانس (فصلی)، و آزمون محصول نهایی (ماهانه/فصلی بر اساس ریسک فرمول).

۳.۳.۲. نگهداری پیشگیرانه و بهداشت تجهیزات

ثبت سایش و تعویض به‌موقع قطعات آسیاب، پلت‌میل، اکسترودر و خشک‌کن - نظیر چکش‌ها، سرندها و مارپیچ‌ها (شکل ۴) تا منجر به آزادسازی ریزبراده‌های آهن، کروم و نیکل نشوند؛ استفاده از سطوح استنلس استیل ۳۱۶/۳۰۴^۸ با پرداخت پاسیو و پولیش مناسب؛ اجتناب از رنگ‌های پوشش‌دهنده^۹ در تماس مستقیم با محصول.

گذار از رویکرد واکنشی (تشخیص آلودگی در محصول نهایی) به رویکرد پیشگیرانه و فرایندمحور (کنترل در مبدأ و طی تولید) پیش‌شرط اساسی برای تضمین سلامت آبزیان،

حفاظت از مصرف‌کننده انسانی و پایداری اقتصادی صنعت خوراک آبزیان است. راهنمای امنیت زیستی سازمان دامپزشکی ایران نیز همین محورها را تأیید می‌کند (سازمان دامپزشکی کشور، ۱۳۹۸). اجرای نظام HACCP همراه با پایش مستمر و نگهداشت تجهیزات، مؤثرترین راهکار کاهش ریسک فلزات سنگین در خوراک آبزیان به شمار می‌رود.

۳. توصیه ترویجی و جمع‌بندی

۱. به‌کارگیری مواد اولیه با کیفیت (همراه با آزمون-ICP MS/ICP-OES برای فلزات سنگین در پذیرش)؛
۲. نصب مگنت و آشکارساز فلزی در ۴ نقطه: پیش از آسیاب، پیش از میکسر، پس از اکسترودر و پیش از بسته‌بندی؛
۳. نصب آشکارساز X-ray برای محصولات حساس و صادراتی توصیه می‌شود.
۴. پایش دوره‌ای (فصلی) سنجش فلزات سنگین در آب فرایندی، بخار، کندانس و محصول نهایی و ثبت نتایج در فرم‌های مخصوص؛
۵. تعویض به‌موقع قطعات و چکش‌های آسیاب، پلت‌میل، سرندها، مارپیچ‌ها، پره‌های اکسترودر و خشک‌کن (چکش‌ها، سرندها، مارپیچ‌ها)؛
۶. استانداردسازی سطوح تماس الزامی است. در این رابطه توصیه می‌شود تمام تجهیزات در تماس با خوراک از استنلس استیل ۳۱۶/۳۰۴ با پرداخت پاسیو باشند.
۷. استفاده از رنگ‌های معمولی یا پوشش‌دهنده ممنوع در سطوحی که در تماس مستقیم با محصول است می‌بایست پرهیز شود.

^۸ استنلس ۳۰۴ (مقاوم به خوردگی عمومی) و ۳۱۶ (مقاوم‌تر در برابر نمک و رطوبت، مناسب خوراک آبزیان).

^۹ پوشش‌هایی که به‌دلیل چسبندگی ضعیف یا خوردگی، ورقه‌های ریز حاوی پیگمنت‌های فلزی (مانند سرب یا کروم) از آن جدا شده و وارد خوراک می‌شوند. این ذرات از آشکارسازهای فلزی معمولی عبور کرده و خطر آلودگی پایدار ایجاد می‌کنند.



شکل ۲. نمونه‌هایی از مگنت نئودیمیومی مورد استفاده در خط تولید



شکل ۳. یک نمونه آشکارساز فلزی X-ray



شکل ۴. نمایی از فرارگیری چکش‌ها در آسیاب (نقطه حساس سایش)

سازمان ملی استاندارد، ۱۴۰۲. استاندارد ملی شماره ۱۳۵۷۸: خوراک دام- مکمل ویتامینی و معدنی - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. ۵۵ صفحه

Association of American Feed Control Officials, 2024. AAFCO Official Publication. AAFCO, Champaign, IL, USA. 144p.

Du, J., Zhou, K., Jiang, H., Hu, Sh., Zhang, W., Zheng, Q., Zhou, G., Zhang, N., 2024. Individual and Combined Contamination of the Heavy Metals in Commercial Cat and Dog Food. *Research Square*. 17p. DOI: 10.21203/rs.3.rs-4838876/v1

European Commission, 2015. Commission Regulation (EU) 2015/186 of 6 February 2015 amending Annex I to Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council as regards maximum levels of undesirable substances in feed. *Official Journal of the European Union L 31*: 11-17.

Food and Drug Administration of United States (US.FDA), 1997. HACCP Principles & Application Guidelines. Online published by FDA, Accessible at: <https://www.fda.gov/food/hazard-analysis-critical-control-point-haccp/haccp-principles-application-guidelines>

Hasting, WH., & Higgs, D., 1980. Feed milling processes, In: *Fish Feed Technology*, Pillay (Ed). Food and Agriculture Organization of the United Nations. ADCP/REP/80/11 published by FAO. ISBN 92-5-100901-5. 293-313p.

World Health Organization (WHO), 1989. Heavy metals-environmental aspects, *Environment Health Criteria*. Geneva, Switzerland. 85p.

۸. تخلیه‌ی برنامه‌ریزی شده و کنترل‌شده‌ی بخشی از آب درون دیگ بخار به بیرون از سیستم خطوط (بلودان)
۹. نگهداری محصول در انبار خشک (با رطوبت نسبی زیر ۶۰ درصد) و بدون گردوغبار بر روی پالت‌های سالم.

تقدیر و تشکر

با سپاس و قدردانی ویژه از جناب آقای بهنام مرضی، مدیر تولید گروه تولیدی پروتئین‌سازان قومس (سمنان)، و جناب آقای دکتر رضا سلیقه زاده، مسئول فنی بهداشتی کارخانه خوراک آبزیان بارانی شوشتر (خوزستان)، که با همکاری ارزشمند خود و با در اختیار گذاشتن دیدگاه‌های تخصصی و جزئیات فنی فرآیندهای تولید، نقش مؤثری در پیشبرد این فعالیت علمی ایفا نمودند.

منابع:

سازمان دامپزشکی کشور، ۱۳۹۸. دستورالعمل اجرایی ویژگی‌های ظاهری، میکروبی و شیمیایی مواد اولیه و خوراک آماده دام، طیور و آبزیان؛ به انضمام حد مجاز فلزات سنگین ابلاغیه به شرکت‌های تولیدکننده (شماره ۹۳/۳۱/۹۱۳۱۷ مورخ ۱۳۹۳/۱۲/۱۰). مقررات ملی دامپزشکی ۴ (NVR). صفحه.

سازمان دامپزشکی کشور، ۱۴۰۳. راهنمای امنیت زیستی کارخانجات خوراک دام. برگرفته از فدراسیون بین‌المللی صنعت خوراک دام و انجمن صنایع خوراک دام، طیور و آبزیان ایران. ۳۷ صفحه.

سازمان ملی استاندارد، ۱۳۹۶. استاندارد ملی شماره ۱۲۹۶۸: خوراک انسان و دام - بیشینه رواداری فلزات سنگین و روش‌های آزمون. ۸۷ صفحه

Identification and Control of Heavy Metal Contamination Pathways in Aquafeeds: A Process-Oriented Framework Based on Critical Control Points

Nima Shiry*, Maryam Moezzi, Mohammadreza Zahedi

Department of Aquaculture, Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Bandar Abbas, Iran

Key words	Abstract
Bioaccumulation Feed Hygiene Heavy metal Process control Critical control point (CCP)	Heavy metals enter aquatic organisms through direct uptake and contaminated feed, persist via bioaccumulation, and transfer along food chains, posing ecological and human health risks. Metabolically active tissues (liver, kidney, gills, muscle) preferentially accumulate metals, with toxicity influenced by exposure route, dose, and species sensitivity. Field evidence, including studies from Iranian coastal systems, shows that metals such as mercury and nickel may present significant carcinogenic risks even when conventional risk indices are low. Feed safety is therefore a cornerstone of biosecurity and sustainable aquaculture. Industrial aquafeeds serve both as essential nutritional inputs and potential contamination hotspots, as heavy metals may be introduced during raw material sourcing, processing, and handling. Dry aquafeeds are particularly vulnerable due to multi-stage processing, extensive metal–equipment contact, and mechanical and thermal stresses. This study applied a systematic, process-oriented framework to identify heavy metal contamination pathways throughout dry aquafeed production. Scientific literature and regulatory standards were integrated with on-site observations. Production stages were evaluated under Good Manufacturing Practice (GMP) using Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) principles. Contamination was cumulative, arising from intrinsic raw material properties and secondary processing inputs. Raw material reception—especially mineral premixes, fish oil, rice bran, and process water—was the dominant primary risk source. Mechanical operations were the most critical secondary pathway due to equipment wear. Key CCPs included ingredient acceptance, utility quality, equipment management, and final product verification. Overall, heavy metal contamination is process-driven, supporting preventive HACCP-based control over end-product testing.

آبزیان دودی شده به روش گرم صنعتی؛ محصولاتی پیشرو در افزایش فرهنگ مصرف غذاهای

دریایی

مهدی آل بو فتیله^{۱*}، فرشته خدابنده^۲، سمیرا جدی^۳، معصومه رهنما سنگاچینی^۲

^۱ عضو هیئت علمی بخش زیست فناوری، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

^۲ کارشناس مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران

^۳ کارشناس بخش زیست فناوری، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

کلمات کلیدی	چکیده
فرآوری آبزیان	دودی کردن یکی از قدیمی ترین فناوری استفاده شده جهت به تاخیر انداختن فرآیندهای فساد و افزایش مدت زمان
مصرف آبزیان	نگهداری مواد غذایی می باشد. در کنار اینها، امروزه این فناوری بیشتر برای ایجاد رنگ و طعم/مزه دود با هدف تنوع
غذاهای دریایی	بخشی به محصولات غذایی استفاده می شود. از بین محصولات غذایی، آبزیان مختلف بویژه ماهیانی مانند قزل آلا
دودی کردن	رنگین کمان، ماهیان خاویاری و تون ماهیان پتانسیل خوبی جهت تولید محصولات دودی شده دارند. دودی کردن
دودی گرم صنعتی	می تواند به روش های مختلفی از قبیل دودی سرد، دودی گرم، دود مایع و یا استفاده ترکیبی این روش ها انجام
	شود. در مقاله حاضر فرآیند تولید فرآورده های دودی شده آبزیان به روش گرم صنعتی، نحوه نگهداری و نحوه
	مصرف آنها توضیح داده شده است. همچنین ویژگی های مختلف فرآورده های دودی تولید شده با روش های دودی
	گرم صنعتی و روش سنتی با یکدیگر مقایسه شد. تولید فرآورده دودی گرم صنعتی آبزیان به دلیل ایجاد ارزش افزوده
	بالا و هزینه پایین معرفی به بازار از پتانسیل اقتصادی و اثرگذاری بالایی برخوردار هستند. همچنین فرآیند دودی
	کردن با تنوع بخشی به سبد محصولات شیلاتی می تواند باعث افزایش مصرف آبزیان در کشور گردد.

۱. بیان مسئله
به رشد چشمگیر تقاضا برای محصولات غذایی غنی از ترکیبات زیستی فعال مانند پروتئین ها، پپتیدها، آنتی اکسیدان ها و فیبرهای غذایی شده است. در این میان، گوشت آبزیان بواسطه اینکه سرشار از پروتئین، اسیدهای چرب غیراشباع،

در دهه های اخیر، افزایش آگاهی عمومی نسبت به تغذیه سالم و نقش مواد غذایی عملکردی در پیشگیری از بیماری ها، منجر

ویتامین ها و مواد معدنی مورد نیاز بدن بوده توجه زیادی را به خود جلب کرده است. علاوه بر اینها، پروتئین آبزیان به دلیل داشتن تمامی اسیدهای آمینه ضروری، اثر مهمی در رشد بدن، ترمیم بافت ها، سلامتی و شادابی انسان دارد (Neiva و همکاران، ۲۰۱۱؛ زکی پور رحیم آبادی و همکاران، ۱۳۹۰). اما با این حال، سرانه عرضه آبزیان در کشور ۱۴/۸ کیلوگرم در سال ۱۴۰۳ گزارش شده (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۴۰۳) که نسبت به کشورهای پیشرفته و متوسط جهانی رقمی پایین تری می باشد. تنوع بخشی به محصولات غذایی بر پایه آبزیان در کنار سایر عوامل می تواند باعث افزایش مصرف آبزیان گردد. یکی از روش های تنوع بخشی به محصولات غذایی، ایجاد طعم/مزه های مختلف مطابق ذائقه مصرف کنندگان می باشد. دودی کردن یکی از فناوری های قدیمی استفاده شده در صنعت غذا می باشد. این فناوری در گذشته برای حفظ محصول و افزایش مدت زمان نگهداری آن استوار بود اما امروزه بیشتر برای ایجاد طعم دود در محصولات استفاده می شود (رضوی شیرازی، ۱۳۹۷). اساس دودی کردن بر مراحل شور کردن، خشک کردن (آبزدایی)، حرارت دادن و رسوب مواد شیمیایی حاصل از دود روی سطح محصول استوار می باشد (علی پور و همکاران، ۱۳۸۸). به صورت کلی دودی کردن با استفاده از روش های دودی سرد، دودی گرم، دود مایع و استفاده ترکیبی از این روش ها انجام می شود. به صورت سنتی دودی کردن آبزیان در دودخانه ها و به مدت چندین روز انجام می شود. استفاده از روش های سنتی تولید دود می تواند ترکیبات دود را سطح محصول متمرکز کند و لذا نفوذ آنها به داخل محصول فقط در چند میلیمتر خواهد بود. بنابراین احتمال آسیب پذیر بودن محصولات دودی در دمای محیط نیز وجود دارد (هدایتی فرد و پورمولایی، ۱۳۹۵). علاوه بر اینها، محصولات دودی تولید شده به روش سنتی محتوی نمک بالایی داشته و از این رو ممکن است برای برخی افراد ناخوشایند بوده و محدودیت

مصرف ایجاد کند. از این رو روش های دیگر دودی کردن توسعه داده شده است. دودی کردن به روش گرم صنعتی باعث کوتاه شدن پروسه تولید، ایجاد طعم مناسب و کاهش محتوی نمک در محصولات نهایی می گردد. همچنین تحقیقات خلیلی و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که ارزش غذایی و پروفایل اسیدهای آمینه در گوشت ماهی قزل آلا رنگین کمان دودی شده به روش گرم نسبت به ماهی تازه و ماهی دودی شده به روش سرد، بهتر می باشد. با این حال عمده افراد جامعه کشور با فرآورده های دودی گرم صنعتی آشنا نبوده و لذا این فرآورده ها در رژیم غذایی آنها وجود ندارد. از این رو معرفی فرآیند تولید، نحوه نگهداری و نحوه مصرف فرآورده های دودی گرم صنعتی می تواند در ترویج فرهنگ مصرف این فرآورده ها و در نتیجه فرهنگ مصرف آبزیان کمک کننده باشد. در مقاله حاضر به این مهم پرداخته خواهد شد.

۲. معرفی دستاورد

فرآیند تولید نحوه نگهداری و مصرف محصولات دودی شده آبزیان به روش گرم صنعتی در شکل ۱ آمده است.

۱.۲. آماده سازی آبزیان

قبل از شروع مراحل مختلف دودی کردن، آبزیان انتخاب شده بایستی به نحو مطلوبی آماده شوند. در این رابطه اقداماتی مانند سرزنی، تخلیه امعا و احشا، تهیه فیله، استیک و پوست گیری انجام می شود. البته عملیات آماده سازی بسته به نوع محصول نهایی می تواند متفاوت باشد. ماهی شکم خالی شده، فیله با پوست، فیله بدون پوست و برش های استیک می توانند برای دودی شدن استفاده شوند (شکل ۲). تمامی این عملیات ها بایستی در کوتاه ترین زمان و در شرایط زنجیره سرد (دمای ماهی حدود ۵ درجه سلسیوس) انجام گیرد. لازم به ذکر است که انتخاب مواد اولیه با کیفیت بالا از اهمیت ویژه ای برخوردار است چرا که تاکنون هیچ فناوری



شکل ۱. مراحل مختلف تولید آبزیان دودی شده به روش گرم صنعتی

توسعه داده نشده که بتواند از مواد اولیه بی کیفیت، محصول نهایی با کیفیت مناسب تهیه کند.



شکل ۲. ماهیان آماده سازی شده برای دودی کردن

۲.۲. طعم دار کردن

برای ایجاد طعم مناسب در محصولات نهایی، آبزیان آماده شده درون دستگاه تامبلر یا درون ظروف استیل حاوی سس طعم دهی به مدت چندین ساعت در دمای ۴ درجه سلسیوس قرار داده می شوند (شکل ۳). مدت زمان قرار گرفتن در سس طعم دهی نیز بسته به ضخامت آبزی دارد. هر چه ضخامت بیشتر باشد، مدت زمان قرارگیری در سس نیز باید بیشتر شود. همچنین در صورت استفاده از دستگاه تامبلر، مدت زمان طعم دهی کوتاهتر خواهد بود. فرمولاسیون سس طعم دهنده می تواند شامل آب شرب حاوی نمک، سرکه، آبلیمو، پیاز، سیر، سبزیجات معطر تازه و ادویه هایی همچون فلفل قرمز و سیاه، ادویه کاری، آویشن، جوز هندی، گشنیز، زردچوبه، هل و همچنین رنگ طبیعی روناس باشد. البته ترکیب ادویه ها و



شکل ۳. آب نمک گذاری و طعم دهی ماهیان

استفاده از تراشه چوب (چیپس) درختانی همچون توسکا می تواند باعث ایجاد طعم مناسب و خوشایند در محصولات نهایی گردد. لازم به ذکر است که در این روش چون محصولات آبزیان به مدت کمی در معرض دود قرار می گیرند لذا ترکیبات دود به مقدار بسیار کمتری نسبت به روش سنتی وارد محصول می شود.

طعم دهنده ها بر اساس مزه موردنظر محصول نهایی می تواند متفاوت باشد. نسبت سس به ماهی نیز یک به یک است.

۳.۲. شستشو

برای حذف باقی مانده های ادویه ها و نمک و همچنین ایجاد ظاهر مناسب در فرآورده نهایی، آبزیان از ظروف طعم دهی خارج، آبکشی و تا زمان اتمام آبچک روی توری های فلزی قرار داده می شوند.

۴.۲. پخت و خشک کردن مقدماتی

در این مرحله آبزیان به دستگاه دودی کردن منتقل شده و به مدت یک ساعت در دمای ۶۰-۷۰ درجه سلسیوس بدون استفاده از دود برای خشک کردن رطوبت سطحی آبزیان قرار داده می شوند.

۵.۲. دوددهی

در این مرحله محصولات آبزیان ابتدا به مدت ۱۲۰ دقیقه در معرض دود کند با دمای ۶۰ درجه سلسیوس و سپس به مدت ۶۰ دقیقه با دود تند و دمای ۸۰ درجه سلسیوس، دوددهی نیز می شوند. این عملیات در دستگاه صنعتی انجام می شوند (شکل ۴). در حین جذب دود، انعقاد پروتئینی و پخت کامل نیز انجام می شود. مزه دود تولید شده بستگی به نوع درخت استفاده شده دارد. در این رابطه از هر چوبی نمی توان استفاده کرد.



شکل ۴. دستگاه دودی آتموس و ماهیان چیده شده روی واگن آن

۶.۲. سردسازی

محصولات دودی شده بعد از خروج از دستگاه دودی بایستی به طور مناسبی سرد شوند. برای این منظور محصولات به قسمت پیش سردکن سالن تولید با دمای ۲ الی ۵ درجه سلسیوس منتقل و به مدت چند ساعت نگهداری می شوند.

۷.۲. بسته بندی

۹.۲. نحوه مصرف

شوند. حمل و نقل محصولات دودی شده گرم صنعتی از مراکز تولید تا عرضه نیز بایستی در وسایل نقلیه یخچالدار انجام شود. بر خلاف محصولات دودی شده سنتی که به عنوان چاشنی در کنار سایر غذاها استفاده می شوند، محصولات دودی شده گرم صنعتی به دلیل انجام عملیات پخت و همچنین محتوی نمک کم آنها، می توانند به عنوان غذای اصلی مصرف شوند. برای مصرف این محصولات کافی است که محصول موردنظر در مایکروویو یا به صورت غیرمستقیم حرارت داده شود. فرآورده گرم شده می تواند در کنار برنج یا در انواع سالادها، ساندویچ ها، پیتزا و غیره مصرف شود. لذا نیازی به عملیات پخت جداگانه ندارد.

۱۰.۲. مقایسه فرآورده های دودی گرم صنعتی با دودی سنتی مقایسه ای کلی از شرایط مختلف فرآورد های دودی تهیه شده به روش های سنتی و گرم صنعتی در **جدول ۱** ارائه شده است. نمونه محصولات دودی شده با استفاده از روش های سنتی و گرم صنعتی در شکل ۶ نشان داده شده است.



نمونه محصولات دودی شده به روش گرم صنعتی

پس از خنک سازی، محصولات تولید شده می توانند به روش های معمولی، وکیوم و اتمسفر اصلاح شده بسته بندی شوند (شکل ۵).



شکل ۵. بسته بندی محصولات دودی شده به روش وکیوم

۱۱.۲. حمل و نقل و نگهداری

محصولات دودی شده با استفاده از روش گرم صنعتی چون حاوی مقادیر کم نمک و رطوبت زیاد هستند، حتما بایستی در یخچال یا فریزر نگهداری شوند. بدیهی است که این محصولات در فریزر به مدت بیشتری می توانند نگهداری



نمونه محصولات دودی شده به روش سنتی

شکل ۶. ماهیان دودی شده به روش های سنتی و گرم صنعتی

جدول ۱: مقایسه فرآورده های دودی گرم صنعتی با دودی سنتی

ردیف	شاخص	فرآورده دودی تهیه شده به روش سنتی	فرآورده دودی تهیه شده به روش گرم صنعتی
۱	مدت زمان دوددهی	۷ روز	۳-۴ ساعت
	درجه حرارت طی دوددهی	۲۸-۳۰ درجه سلسیوس	۶۰-۸۰ درجه سلسیوس
۲	شکل عرضه	محصول کاملاً خشک شده	محصول پخته شده و دارای رطوبت
۳	نوع بسته بندی	بدون بسته بندی یا بسته بندی معمولی	بسته بندی معمولی، بسته بندی اتمسفر اصلاح شده، بسته بندی وکیوم (روش عمده)
۴	نحوه نگهداری	در دمای محیط	در فریزر یا یخچال
۵	شدت طعم دود	زیاد و قوی	کم و ملایم
۶	میزان نمک در محصول	تا ۲۰ درصد وزن نمونه	۳-۱۰ درصد وزن نمونه
۷	نحوه مصرف	به عنوان چاشنی و در کنار سایر غذاها مصرف می شود	به عنوان غذای اصلی مصرف می شود
۸	محدودیت مصرف	به علت محتوی نمک بالا دارای محدودیت مصرف برای افراد دارای سابقه فشار خون بالا می باشد	بدون محدودیت

۳. توصیه‌های ترویجی

منابع

خلیلی، آ.ع.، خوشخو، ژ.، زارع گشتی، ق. ۱۳۹۷. بررسی و مقایسه شاخص‌های شیمیایی و پروفایل اسیدهای آمینه ماهی قزل آلا رنگین کمان دودی شده به دو روش سرد و گرم. نشریه محیط زیست جانوری. ۲، ۲۰۵-۲۱۰.

رضوی شیرازی، ح. ۱۳۹۷. تکنولوژی فرآورده‌های دریایی (۱): اصول نگهداری و فرآوری. انتشارات نقش مهر. صفحه ۳۲۵.

زکی پور رحیم آبادی، ا.، الیاسی، ا.، سحری، م.، زارع، پ. ۱۳۹۰. اثرات سرخ کردن بر ویژگی‌های شیمیایی و اسیدهای چرب در فیش‌فینگرهای تولید شده از گوشت چرخ شده و سوریمی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). علوم و صنایع غذایی ایران. ۸ (۳۰)، ۹-۱.

سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۱۴۰۳. معاونت برنامه ریزی و مدیریت منابع، دفتر برنامه ریزی و بودجه، گروه برنامه ریزی و آمار. صفحه ۷.

علی پور، غ.، شعبان پور، ب.، شعبانی، ع.، ایمان پور، م.ر. ۱۳۸۸. اثرات غلظت و دمای آب نمک روی کیفیت ماهی سفید (*Rutilus frisii Kutum*) دودی شده به روش سنتی. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱، ۴۴-۵۳.

هدایتی فرد، م.، پورمولایی، ن. ۱۳۹۵. مطالعه شاخص‌های کیفیت، بار میکروبی و ترکیب اسیدهای چرب بافت ماهیان دودی سفید و کفال طلایی بازارهای شمال ایران. علوم و صنایع غذایی ایران. ۵۷، ۱۴۵-۱۵۸.

- انتخاب آبزیان با کیفیت بالا اولین قدم در تولید فرآورده‌های دودی شده با کیفیت می باشد.
- انتخاب محصولات دودی شده دارای برچسب حاوی استانداردهای کیفی و اطلاعات تغذیه‌ای معتبر برای تضمین ایمنی آنها ضروری است.
- فرآورده‌های دودی تهیه شده از آبزیان چرب تر (مانند قزل آلا رنگین کمان، تون ماهیان، کپور معمولی پرورشی و ...) طعم/مزه بهتری دارند. از این رو این آبزیان برای تهیه فرآورده‌های دودی شده در اولویت هستند.
- برای ایجاد طعم/مزه مطلوب و مورد پسند مصرف کنندگان، مرحله طعم دار کردن آبزیان قبل از انجام فرآیند دودی کردن مرحله بسیار مهم و ضروری بوده و بایستی توجه خاصی به بهینه سازی فرمولاسیون طعم دهنده‌ها مبذول گردد.
- تمامی مراحل تولید فرآورده‌های دودی گرم صنعتی بایستی در شرایط بهداشتی و دمایی مناسب انجام شوند. در این رابطه مراحل قبل از عملیات پخت و دودی کردن بایستی در دمای ۴ درجه سلسیوس انجام شوند.
- برای ایجاد طعم دود مناسب در محصولات نهایی، استفاده از تراشه چوب‌های توسکا، راش، افرا و چوب درختان میوه‌ای (سیب و گلابی) پیشنهاد می گردد.
- محصولات دودی شده گرم صنعتی حتماً بایستی در یخچال یا فریزر نگهداری شوند.

Neiva, C.R.P., Machado, T.M., Tomita, R.Y., Furlan, É.F., Neto, M.J.L., Bastos, D.H.M. 2011. Fish crackers development from minced fish and starch: an innovative approach to a traditional product. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31, 973-979. DOI:10.1590/S0101-20612011000400024.

Industrial hot smoked seafood; leading products in promoting seafood consumption culture

Mehdi Alboofetileh^{*1}, Fereshteh Khodabandeh², Samira Jeddi³, Masoumeh Rahnema Sangachini²

¹ Faculty Member, Department of Biotechnology, Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran

² Researcher, National Seafood Processing Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran

³ Researcher, Department of Biotechnology, Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran

Key words	Abstract
Fish processing Seafood consumption Seafood Smoking Industrial hot smoking	Smoking is one of the oldest technologies used by humans to delay spoilage processes and increase the shelf life of foods. In addition to these, today this technology is mostly used to create smoky color and flavor in food products. Among food products, various fish such as rainbow trout, sturgeon and tuna, have potential for producing smoked products. Smoking could be carried out using different methods including cold smoking, hot smoking, liquid smoke or a combination of these methods. In this article, the production process of industrial smoked fish products, their storage conditions and the method of consumption are explained. In addition, different characteristics of smoked fish products produced by industrial hot smoking and traditional methods were compared. The production of industrial hot smoked fish products due to its high added value and low market introduction cost, has significant economic potential and effectiveness. Furthermore, smoking technology could help the promotion of fish/seafood consumption culture in our country (Iran) by seafood product diversification in the fishery sector.

ظرفیت های ماهی آنچوی خشک در بهبود امنیت غذایی: از میان وعده ای سالم تا غذایی مغذی

قاسم تقی زاده *

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، لرستان

کلمات کلیدی	چکیده
ماهی خشک آنچوی میان وعده امنیت غذایی	خشک کردن به عنوان یکی از قدیمی ترین شیوه های محافظت از مواد غذایی در برابر فساد شناخته می شود که بشر از گذشته های دور از آن استفاده می نماید. امروزه خشک کردن نه تنها در افزایش عمر ماندگاری بلکه برای ایجاد تنوع در محصولات غذایی و ایجاد ارزش افزوده مطرح می باشد که میزان دسترسی افراد حتی در نواحی دور از ساحل را به این منبع مغذی توسعه می بخشد. ماهی موتو (آنچوی) از جمله گونه های فراوان، ارزان و با اهمیت اکولوژیکی و تغذیه ای در خلیج فارس بخصوص سواحل قشم می باشد که برای تولید محصولات خشک پتانسیل بالایی دارد. بر طبق مطالعات صورت گرفته ماهی آنچوی حاوی مقادیر بالایی پروتئین، مواد معدنی ارزشمند نظیر کلسیم، آهن و ید و چربی (چند غیر اشباع) متعادل می باشد. در این مقاله سعی گردید تولید سنتی و صنعتی ماهی خشک از ماهی آنچوی، روش های نگهداری و نحوه مصرف آن با توجه به منابع علمی و نیز تجربیات میدانی شرح داده شود. تولید این محصول به این دلیل که ارزش تغذیه ای بالایی داشته و هزینه مواد اولیه و فرایند آن به نسبت پایین است از پتانسیل بسیار خوبی برای افزایش سرانه مصرف آبزیان در ایران برخوردار است. با انتخاب ماهی خشک آنچوی تولید شده به روش صنعتی و رعایت نکات ایمنی در خرید و مصرف، می توان گامی مؤثر در جهت تنوع بخشی به سبد غذایی، تأمین پروتئین و ریزمغذی های ضروری و حمایت از تولید داخلی برداشت.

۱. بیان مسئله	(FAO, 2026). غذاهای دریایی علاوه بر اینکه از منابع
غذاهای دریایی از اصلی ترین محصولات غذایی استفاده شده توسط انسان محسوب می شوند و به عنوان یک بخش مهم از سبد غذایی در بسیاری از کشورهای دنیا به ویژه کشورهایی با سواحل گسترده مانند ایران شناخته می شوند. امروزه حدود ۱۵ درصد پروتئین حیوانی که به صورت روزانه توسط انسان مصرف می شود، بواسطه آبزیان دریایی تامین می شود	پروتئینی مهم برای انسان هستند، به دلیل داشتن ترکیباتی با خواص عملکردی مناسب، نقش بسزایی در تامین سلامت جامعه دارند. در سال های اخیر و با بالا رفتن آگاهی ها در خصوص لزوم تغذیه سالم و نقشی که غذاهای دریایی در پیشگیری از بیماری ها دارند تقاضا برای این دسته از محصولات رشد چشمگیری داشته است. به خصوص ماهیان

نیز گفته می شود. این ماهیان کوچک سطح زی (پلاژیک) که با تورهای پرساین (گردان) صید می شوند، علاوه بر تاثیر مهم در چرخه غذایی اکوسیستم دریا، منبع غذایی با ارزشی برای مردم این منطقه به حساب می آیند. صید این ماهیان در شهرستان قشم در طول سال انجام می شود، اما در فروردین به دلیل گردشگری و در تابستان به دلیل گرمای شدید هوا و بازسازی ذخایر متوقف می شود. با وجود فراوانی این گونه، استفاده از آن در تولید محصولات خشک شده صنعتی همچنان محدود است و عمده فرآوری به روش های سنتی و غیربهداشتی انجام می شود که می تواند کیفیت و ایمنی محصول نهایی را به خطر اندازد (Dara و همکاران، ۲۰۲۵). با افزایش آگاهی در خصوص غذاهای دریایی و تاثیر آن در ایجاد امنیت غذایی و نیز افزایش نیاز به تأمین منابع جدید پروتئینی، می توان با توسعه صنعت خشک کردن ماهیان کم ارزش یا ریز با بهره گیری از فناوری های نوین و رعایت استانداردهای بهداشتی، در جهت افزایش مصرف آبزیان، ایجاد اشتغال پایدار در جوامع ساحلی و بهبود وضعیت تغذیه ای حرکت نمود. در مقاله حاضر، فرآیند تولید، نگهداری و مصرف ماهی آنچوی خشک (متوتا) معرفی می شود تا گامی در جهت ترویج مصرف این محصول ارزشمند برداشته شود.

۲. معرفی دستورالعمل

۲.۱. روشهای خشک کردن

۲.۱.۱ روش سنتی

در این شیوه که قدمتی طولانی در سواحل جنوبی ایران دارد، ماهی را پس از صید روی سکوی های مرتفع (برخی مواقع روی زمین) و بر روی تور (عمدتاً پلاستیکی) پهن کرده و در معرض نور خورشید قرار می دهند (شکل ۱). جهت خشک شدن سریعتر و همچنین ایجاد سدی جهت مقابله با عوامل باکتریایی عامل فساد و بیماری، روی ماهیان نمک خوراکی پاشیده می شود (تقریباً ۱۲ کیلو نمک به ازای ۱۰۰ کیلوگرم

دریایی که بعنوان منبعی سرشار از پروتئین، اسیدهای چرب چند غیراشباع، انواع ویتامین ها و مواد معدنی بیش از گذشته مورد توجه قرار گرفته است (Mamun و همکاران، ۲۰۲۴). محصولات دریایی خشک شده مثل ماهی خشک به دلیل قابلیت ماندگاری بالا، قابلیت حمل و نقل راحتتر و ارزش غذایی فوق العاده به صورت سنتی و از گذشته های دور در فرهنگ غذایی جوامع ساحلی ایران جای داشته است. از جمله این محصولات در جنوب می توان به کولی خشک، متو ماهی، میگوهای ریز (عمدتاً میگوی سرتیز و گتک)، ماهی مرکب و در شمال ایران به انواع کپور ماهیان اشاره نمود.

مطالعات زیادی در خصوص نقش ماهی های کوچک سطح زی نظیر آنچوی در رفع نیازهای روزانه به انواع ریزمغذی ها (گرسنگی پنهان) صورت گرفته است (Wessels و همکاران، ۲۰۲۵). رابینسون و همکاران (۲۰۲۵). بررسی سبد غذایی خانواده ها در چند کشور آفریقایی نشان داد که مصرف هفتگی ماهی خشک در حدود ۳۰ درصد خانوارها رایج است که این امر نقش بسزایی در تأمین کلسیم، آهن، روی، سلنیوم، ید و ویتامین های گروه B در این افراد دارد. طبق این تحقیقات، گنجاندن حتی مقادیر اندکی از ماهی خشک در غذای روزانه، می تواند بیش از پانزده درصد از نیاز روزانه به این ریزمغذی های ضروری را تأمین کند.

روش سنتی خشک کردن ماهی مبتنی بر قرار دادن ماهی در معرض نور مستقیم خورشید و جریان هوای آزاد می باشد و همواره با چالش های کیفی و بهداشتی نظیر آلودگی با انواع باکتری های عامل فساد و یا بیماری، کاهش ارزش تغذیه ای و مقادیر بالای هیستامین روبرو می باشد (Dara و همکاران، ۲۰۲۵؛ یاسمی و همکاران، ۱۴۰۰). در آب های نواحی جنوبی ایران، سواحل استان هرمزگان به ویژه در اطراف جزیره قشم، جمعیت قابل توجهی از ماهی آنچوی (Engraulidea) وجود دارد که در زبان محلی به آن "موتو"

به این دلیل که در صنایع شیلاتی هیچ شیوه فرآوری وجود ندارد که بتواند از ماده اولیه بی کیفیت و فاسد محصولی با کیفیت خوب بدست آورد. حفظ زنجیره سرما (Cold chain) از لحظه صید تا آغاز فرایند خشک کردن نقش بسزایی در تولید محصول استاندارد با میزان هیستامین مجاز دارد. پس از ورود محموله و جهت حذف آلودگی های سطحی و موکوس، ماهی با آب تمیز شسته می شود. در مرحله بعد رقم بندی صورت گرفته و گونه های دیگر نظیر ساردین که اندازه درشت تر داشته و زمان بیشتری برای خشک شدن نیاز دارند جدا می شود تا باعث افت کیفیت و فساد محصول نگردد (شکل ۲). ماهیان در مخازن حاوی آب نمک ۵ درصد (میزان نمک می تواند متغیر باشد و به بازار هدف بستگی دارد) به مدت چند ساعت قرار می گیرد که این امر منجر به جذب نمک، خروج بخشی از رطوبت ماهی و

ماهی). میزان دقیق نمک به صورت درصدی از وزن ماهی متغیر است و بسته به تجربه تولیدکننده و شرایط آب و هوایی می تواند متفاوت باشد (مقادیر نهایی نمک در بافت به بیش از ۲۰ درصد می رسد). سکوها مرتفع به منظور برقراری جریان هوا از پایین و خشک کردن یکدست و سریعتر ماهی و همچنین جلوگیری از تماس ماهی با زمین و کاهش آلودگی به خاک و شن طراحی گردیده است. مدت زمان مورد نیاز برای کامل شدن فرایند در روش سنتی، از ۲ الی ۴ روز متغیر می باشد که به عوامل متعددی نظیر شرایط آب و هوا، دما و رطوبت نسبی هوا بستگی دارد. علاوه بر این بهتر است ماهی ها در فواصل زمانی مشخص زیر و رو گردند تا از فساد موضعی جلوگیری شود. در روش سنتی علیرغم پیچیده نبودن و پایین بودن هزینه عملیاتی، محصولاتی بدست می آید که چون در فضای باز خشک می شود با چالش های متعددی نظیر حشرات، حیوانات و گرد و غبار و باران روبرو می باشد که باعث افت کیفیت، ایجاد شکستگی و یکنواخت نبودن محصول نهایی می گردد و این امر بازار پسندی آن را برای مصارف انسانی تحت تاثیر قرار می دهد.



شکل ۲. انتقال ماهی در جعبه های حاوی یخ به کارخانه و جداسازی گونه



شکل ۱. خشک کردن ماهی آنچوی بر روی تورهای پلاستیکی

۲.۱.۲. روش صنعتی

اولین و مهمترین گام در تولید ماهی آنچوی خشک، بدون تردید تهیه ماهی تازه با ظاهری براق و بوی طبیعی می باشد

ماهی در معرض آب جوش هم منجر به پخت ماهی شده و هم با افزایش دمای مرکز ماهی به از دست دادن سریع رطوبت در برابر وزش جریان هوا کمک می کند (شکل ۵). در روش صنعتی ماهی به مدت ۵ تا ۸ ساعت خشک می شود و این امر کاهش هزینه های تولید و همچنین کاهش اکسیداسیون و



شکل ۴. قراردادن سینی های حاوی ماهی در بویلر

تخریب ریز مغذی ها را در پی دارد. محصول نهایی به لحاظ کیفی و میزان رطوبت، یکنواخت تر و مرغوبتر می باشد. در این شیوه چون ماهی ارتباط زیادی با محیط باز ندارد آلودگی های میکروبی کاهش یافته و خطر آلوده شدن به گرد و غبار و آسیب حشرات و جانوران موزی به حداقل رسیده و محصول نهایی رنگ و ظاهر جذاب تری دارد.

بکارگیری خشک کن های کابینتی خورشیدی ساده، ضمن کاهش زمان خشک شدن، محصولی یکنواخت تر، عاری از گرد و غبار و آلودگی های محیطی تولید می کند. این فناوری کم هزینه در تعاونی های صیادی قشم، می تواند ارزش افزوده

استحکام بافت ماهی شده و همچنین محافظت از ماهی در مقابل عوامل نامطلوب بیولوژیکی کمک می کند (شکل ۳).



شکل ۳. آب نمک گذاری و سپس قرار دادن ماهی در سینی های مخصوص

برای ماهی آنچوری که اندازه کوچکی دارد عمدتاً تخلیه شکمی یا سرزنی صورت نمی گیرد و لایه نازکی از ماهی بعد از چیده شدن روی سینی های مشبک، به مدت ۷ الی ۱۰ دقیقه در داخل دستگاه بویلر که حاوی آب جوش ۱۰۰ درجه می باشد، قرار گرفته و سپس خارج می شود (در برخی از موارد بجای آب نمک گذاری اولیه، نمک در بویلر حل می شود (شکل ۴)).

سینی های حاوی ماهی ریز پخته شده بلافاصله پس از خروج و با قرارگیری در برابر تهویه قوی خشک می شود. قرارگیری

یا اتمسفر اصلاح شده می تواند به حفظ کیفیت و نگهداری طولانی تر محصول بیانجامد. البته در حال حاضر از بسته بندی معمولی در کیسه های پلی اتیلنی استفاده می شود که برای عرضه در بازارهای محلی مناسب می باشد (شکل ۶). محصولی که به درستی خشک شده باشد در صورت مناسب بودن بسته بندی می توان چند ماه در دمای محیط و در جای خشک و خنک نگهداری نمود. اگرچه برای نگهداری طولانی مدت تر و نیز جلوگیری از جذب مجدد رطوبت، استفاده از یخچال یا فریزر توصیه می گردد.

۲.۴. کنترل کیفیت

محصول نهایی بدست آمده ابتدا از جنبه های مختلف از جمله رطوبت (زیر ۲۰ درصد)، رنگ و ظاهر (طبیعی و بدون کپک یا علائم فساد)، بو (فاقد بوی ترشیدگی یا آمونیاکی)، پارامترهای شیمیایی (هیستامین، پراکسید و بازهای نیتروژنی فرار) و همچنین بار باکتریایی و قارچی کنترل می گردد تا اطمینان حاصل شود کیفیت و استانداردهای لازم برای عرضه به بازار را دارد.



شکل ۶. بسته بندی و نگهداری در فریزر

و کیفیت محصول را به طور محسوسی افزایش دهد. همچنین فناوری های جدید دیگری نظیر خشک کن های مایکروویو و یا فریز درایر نیز برای بهتر نمودن فرایند خشک کردن توسعه یافتند که می توانند زمان خشک شدن محصول را تا ۹۰ درصد کاهش داده و کیفیت محصول را به طور قابل توجهی افزایش دهند. با این حال هزینه سرمایه گذاری اولیه و نگهداری این تجهیزات بالا بوده و برای محصولات لوکس و با ارزش نظیر میگو کاربرد دارند.



شکل ۵. قرار دادن سینی ها در مقابل تهویه به منظور خشک شدن ماهی

۲.۳. بسته بندی و نگهداری

محصول نهایی باید سریعاً پس از خنک شدن بسته بندی شود تا از جذب دوباره رطوبت و ایجاد آلودگی های ثانویه جلوگیری گردد. استفاده از روش های بسته بندی تحت خلا

۲.۵. ارزش غذایی و اهمیت ماهی خشک

در فرایند خشک کردن، ماهی با از دست دادن بخش زیادی از آب میان بافتی خود در واقع به محصول با ارزش غذایی متراکم حاوی پروتئین، چربی و مواد معدنی تبدیل شده که هر گرم محصول نهایی ارزش غذایی بیشتری نسبت به ماهی تازه دارد. در مطالعه بر روی ترکیبات تقریبی ماهی آنچوی (*Encrasicholina punctifer*) صید شده در جزیره قشم مشخص گردید این ماهی دارای ۵۸ درصد پروتئین، ۶ درصد چربی و ۱۹ درصد خاکستر می باشد که در مقایسه با سایر گونه های ماهی در سطح مطلوبی قرار داشته و این گونه را به گزینه ای غنی و مقرون به صرفه برای تأمین پروتئین، اسیدهای چرب غیراشباع مفید برای سلامت قلب و مغز و املاح ضروری مانند کلسیم، فسفر و آهن تبدیل کرده است (یاسمی و همکاران، ۱۴۰۰). همچنین آنچوی خشک بدلیل آن که به صورت کامل و با استخوان مصرف می شوند منبعی عالی از روی، سلنیوم، ید و ویتامین های گروه B بخصوص ویتامین B_{۱۲} محسوب می شود (Mamun و همکاران، ۲۰۲۴). علاوه بر این، این محصول حاوی مقادیر مناسبی از فرم قابل جذب آهن بوده که می تواند در رفع یکی از شایعترین کمبودهای تغذیه ای بخصوص در بین کودکان و زنان نقش موثری ایفا نماید. سلنیوم و ید نیز از جمله ریزمغذی هایی هستند که نقش کلیدی در عملکرد غده تیروئید و سلامت عمومی بدن ایفا می کنند (Robinson و همکاران، ۲۰۲۵; Wessels و همکاران، ۲۰۲۳). نکته قابل توجه اینکه ماهی خشک به واسطه از دست دادن بخش عمده رطوبت خود، کمتر در معرض عوامل ایجاد فساد میکروبی و شیمیایی بوده و دسترسی به آن حتی در جوامع غیرساحلی می تواند بسیار بیشتر از ماهی تازه باشد. علاوه بر اینها محدودیت در دسترسی به یخچال و زنجیره سرد مانعی برای توسعه آن در مناطق غیرساحلی محسوب نشده و از این نظر،

یک راهکار عملی و مؤثر برای مقابله با سوءتغذیه محسوب می شود.

۲.۶. ایمنی محصولات خشک شده

با وجود مزایای بسیار، آماده سازی غیراصولی ماهی خشک و عدم تأمین مواد اولیه با کیفیت و تازه منجر به تولید محصولاتی با مقادیر بالای هیستامین می شود. که مشکلات سلامتی برای مصرف کننده را در پی خواهد داشت. علاوه بر این، بالا بودن میزان ترکیبات نیتروژنی فرار و عدد پراکسید (بویژه در محصولات خشک سستی) که به ترتیب بیانگر تخریب پروتئین و اکسیداسیون چربی می باشد، نشانگر فساد بیشتر و کیفیت پایین تر محصول است (Dara و همکاران، ۲۰۲۵). همچنین در محصولاتی که به روش سستی خشک می شود اغلب به دلیل قرار گرفتن ماهی در معرض گرد و غبار، هاگ ها و رطوبت متغییر در طی فرایند، میزان کپک و مخمر بیشتر از حد مجاز می باشد (یاسمی و همکاران، ۱۴۰۰، Al-Jobory، ۲۰۲۵). بنابراین، رعایت دقیق نکات زیر در خصوص بهبود فرایند تولید بسیار حائز اهمیت می باشد (Majumdar و همکاران، ۲۰۲۳). در ایران حداقل ضوابط فنی و بهداشتی ماهی خشک نمک سود شده توسط سازمان غذا و دارو تدوین شده (کد مدرک: F-D-136-0) و نمونه های صادراتی علاوه بر این از ضوابط کشورهای مقصد پیروی می نمایند (به عنوان مثال کد: HS:03055410 برای محصولات ارسالی به سریلانکا).

- استفاده از ماهی تازه و با کیفیت مهمترین شرط برای تولید محصول با کیفیت است.
- حفظ زنجیره سرما از لحظه صید تا شروع فرایند بسیار حائز اهمیت می باشد.
- یکنواختی محصول تولید شده با استفاده از روش های استاندارد خشک کردن.

(بخصوص استان هرمزگان) رواج دارد مصرف این محصول به عنوان یک میان وعده مغذی و ارزان به صورت خشک و بدون هیچ گونه فراوری اضافی است. با این حال برای افرادی که به سفتی بافت ماهی خشک عادت ندارند اندکی خیساندن در آب یا آبلیمو تازه قبل از مصرف، طعم آن را دلپذیر می نماید. ماهی آنچوری خشک همچنین می تواند به عنوان یک ماده غذایی اصلی در تهیه انواع غذاها مورد استفاده قرار گیرد. ماهی خشک را می توان با خیساندن در آب به مدت حدود یک ساعت که منجر به کاهش میزان نمک و نرمتر شدن بافت آن می شود در تهیه انواع سوپ ها و سالادهای دریایی و یا به صورت سرخ کرده مصرف نمود. در نقاط مختلف دنیا از جمله ایران از ماهی خشک در تهیه انواع سس های تخمیری و چاشنی های طبیعی نظیر مهیاوه و سوراغ استفاده می شود که طعم خاصی به غذاها می بخشد. این سس ها در ایران به عنوان چاشنی به نان سنتی که به نام نان تموشی شناخته می شود، اضافه می شوند (شکل ۷).

- غوطه وری ماهی در ترکیبات ضد میکروب طبیعی نظیر نمک بهداشتی یا عصاره های گیاهی نظیر زردچوبه و فلفل قبل از آغاز فرایند
- کنترل دقیق تر فرایند جهت تولید محصولاتی بدون نمک تولید و مناسب برای افراد دارای فشار خون بالا.
- بررسی رطوبت نهایی محصول (کمتر از ۲۰ درصد) جهت اطمینان از کاهش احتمال رشد کپک و مخمر.
- انجام مستمر آزمایشات مربوط به کیفیت شامل اندازه گیری هیستامین، بار میکروبی و شاخص های شیمیایی مانند پراکسید و ترکیبات نیتروژنی فرار.
- بکارگیری روش های خوب تولید (GMP) و آنالیز خطر و کنترل نقاط بحرانی (HACCP) در تولید صنعتی ماهی خشک جهت دستیابی به محصولی با توان رقابتی.

۲.۷. چگونه مصرف کنیم؟

ساده ترین روش مصرف که عمدتاً در جوامع محلی ساحلی



ج



ب



الف

شکل ۷. سوراغ (الف) مهیاوه (ب) و نان تموشی (ج)



شکل ۸. ناحیه ای از بدن ماهی خشک که باید حین مصرف جدا شود.

تقدیر و تشکر

نگارنده این مقاله بر خود لازم می داند که از مدیریت محترم شرکت شهاب نقره ای قشم، جناب آقای سلامی، و همکاران ایشان، به خاطر همکاری صمیمانه و تهیه تصاویر مورد استفاده در این مقاله، قدردانی نماید.

منابع

یاسمی، م.، محمدزاده، ب.، قائم مقامی، س.، س.، عابدی، م.، پیشکار، پ. ۱۴۰۰. بررسی ترکیبات تقریبی، کیفیت شیمیایی و میکروبی ماهی موتو خشک شده (*Encrasicicholina punctifer*) در جزیره قشم. (۱۴۰۰). نشریه تغذیه آبزیان دانشگاه گیلان، ۷(۴)، ۱۵-۲۸.

Ahern, M., Lowore, T., Andrianarimanana, M.H., Banda, A., Toppe, J., & Ng'ong'ola-Manani, T. (2025). Exploring the integration of fish powder in school meal programs in Malawi through a food environment lens: acceptability, affordability, and convenience. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1605540. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1605540>

Al-Jobory, H.J. (2025). A Feast or a Threat? Multi-Mycotoxin Contamination in Sun-Dried Fish, Collected from Al Mukha Markets, Taiz, Yemen. *PSM Microbiology*, 10(1), 30-43.

Atter, A., Ofori, H., Akonor, P.T., Andoh-Odoom, A., Ampah, J., Owusu, M., Peget, F., Overa, R., Kolding, J., Pucher, J., & Kjelleevold, M. (2024). Enriched local convenience foods with two different small pelagic fish species

همچنین از آسیاب نمودن ماهی خشک می توان برای تهیه پودر ماهی خوراکی استفاده نمود که می تواند در صنایع غذایی کاربرد داشته باشد. در این رابطه می توان آن را به سوپ، برنج، نان و شیرینی اضافه نمود (Ahern و همکاران، ۲۰۲۵).

۳. توصیه های ترویجی

- خرید محصول استاندارد با بسته بندی مناسب و برچسب حاوی تاریخ تولید و انقضا. از خرید محصول با بوی غیرطبیعی خودداری گردد.
- نگهداری از محصول در یخچال برای حفظ کیفیت و جلوگیری از جذب رطوبت و آلودگی بخصوص در مناطق مرطوب بسیار مفید است.
- خیساندن محصول در حدود ۳۰ تا ۶۰ دقیقه قبل از مصرف در کاهش میزان نمک و نرم شدن بافت بسیار موثر است.
- بدلیل وجود نمک در بافت محصول (بخصوص در روش سنتی) مصرف بیش از اندازه آن بخصوص برای افراد مستعد فشار خون بالا یا بیماران کلیوی توصیه نشده و این افراد می توانند از ماهی خشک بدون نمک استفاده نمایند.
- از آنجایی که ماهی خشک آنچوی بصورت کامل مصرف می گردد، بدلیل وجود استخوان بهتر است رو بسته بندی ذکر گردد و حین مصرف آن توسط کودکان مراقبت های لازم از سوی والدین صورت پذیرد.
- برای بهبود طعم می توان حین مصرف، قسمت شکمی ماهی که حاوی احشا می باشد و طعم تلخی دارد را جدا نمود (شکل ۸).

- Dara, A., Akhondzadeh Basti, A., Mahasti shotorbani, P., Tamadoni Jahromi, S., Jabar Zadeh shiadeh, M., & Azizian, A. (2025). Investigating Histamine Levels, Microbial and Chemical Properties in Industrial and Traditional Drying Methods of Anchovy Fish in Qeshm Island. Archives of Razi Institute, 80(1), 131-137. <https://doi.org/10.32592/ARI.2025.80.1.131>
- FAO. (2026). The State of World Fisheries and Aquaculture 2026. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Majumdar, B.C., Ahammad, B., Kabir, I.E., Mollik, J.R., Baidya, A., Hossain, M.F., Asadujjaman, M., Roy, T.K., & Paul, S.I. (2023). Sensorial, physicochemical and microbial quality evaluations of sun-dried marine fishes available in the Bay of Bengal of Bangladesh. Applied Food Research, 3(2), 100369. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100369>
- Mamun, A.A., Rifat, M.A., Wahab, M.A., Rahman, M.A., Nahiduzzaman, M., Thilsted, S.H., & Kjellekvold, M. (2024). Nutrient composition of dried marine small fish in Bangladesh and their potential to address hidden hunger. Journal of Food Composition and Analysis, 131, 106241. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106241>
- Robinson, J.P.W., O'Meara, L., Fiorella, K.J., Byrd, K.A., Kjellekvold, M., Ansong, R.S., Aura, C.M., Mwirigi, N., Allegretti, A., Karkarey, R., Lamont, T.A.C., Maire, E., Martin, S.M., Omukoto, J.O., Standen, S., Gephart, J.A., Graham, N.A.J., Thilsted, S.H., & Hicks, C.C. (2025). Dried fish provide widespread access to critical nutrients across Africa. Proceedings of the National Academy of Sciences, 122(39), e2426844122. <https://doi.org/10.1073/pnas.2426844122>
- Wessels, L., Kjellekvold, M., Kolding, J., Odoli, C., Aakre, I., Reich, F., & Pucher, J. (2023). Putting small fish on the table: the underutilized potential of small indigenous fish to improve food and nutrition security in East Africa. Food Security, 15, 1025–1039. <https://doi.org/10.1007/s12571-023-01362-8>

The Potential of Dried Anchovy in Enhancing Food Security: A Healthy Snack to a Nutritious Food

Ghasem Taghizadeh

Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Lorestan, Iran

Key words	Abstract
Dried fish Anchovy Snack Food security	Drying is recognized as one of the oldest methods of preserving food against spoilage and has been used since ancient times to extend the shelf life of food products. Today, drying is valued not only for increasing shelf life but also for diversifying seafood products and adding value, thereby improving access to these nutritious foods, even for people living in areas far from the coast. Anchovy (locally known as Moto fish) is one of the most abundant, inexpensive, ecologically and nutritionally important fish species in the Persian Gulf, particularly along the coasts of Qeshm Island, with great potential for the production of dried fish products. According to previous studies, anchovy is a rich source of protein, valuable minerals such as calcium, iron, and iodine, and contains moderate amounts of polyunsaturated fatty acids. This article describes the traditional and industrial production of dried anchovy, its storage methods and consumption patterns, based on scientific literature as well as field observations. Owing to its high nutritional value and the relatively low cost of raw materials and processing, this product has considerable potential to increase seafood consumption in Iran. By choosing industrially produced dried anchovy and observing safety tips in purchasing and consumption, an effective step can be taken toward diversifying the food basket, supplying essential protein and micronutrients, and supporting domestic production.

راهکارهای عملی کاهش صید ضمنی در صید میگوی سواحل مکران

احسان اسدی شریف^{۱*}، جواد امیری^۱، عبدالغفور چاکری^۲ و فائزه سمیع املشی^۲

^۱عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات شیلاتی آبهای دور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، چابهار، ایران

^۲دانش آموخته کارشناسی ارشد شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران

کلمات کلیدی	چکیده
صید ضمنی	صیادی میگو در سواحل مکران یکی از فعالیت‌های اقتصادی مهم و فصلی است که در محدوده‌ی پزم و کنارک
صید میگو	توسط تعداد زیادی قایق سنتی انجام می‌شود. هر قایق در فصل مجاز صید (از شهریور تا آذر ماه) روزانه بین
چابهار	۱۵۰ تا ۱۶۰ کیلوگرم میگو صید می‌کند. در کنار این صید اصلی، مقدار قابل توجهی صید ضمنی شامل ماهی
سواحل مکران	زبان‌ریز، کفشک، زمین‌کن، مضلک و سایر آبزیان نیز به تور وارد می‌شود. مشاهدات میدانی در پزم و کنارک
تخریب بستر	نشان داد که به‌ازای هر ۱۵۰ کیلوگرم میگو، حدود ۵۰ کیلوگرم صید ضمنی وجود دارد؛ که تقریباً ۲۵٪ کل صید
پایداری ذخایر	را تشکیل می‌دهد. بیشترین سهم صید ضمنی مربوط به ماهی زبان‌ریز (حدود ۴۰-۴۵٪) است و پس از آن به
	ترتیب زمین‌کن (۲۵-۳۰٪)، مضلک (۱۵-۲۰٪) و سایر گونه‌ها (۱۰٪) قرار می‌گیرند. در این مطالعه چند راهکار
	ساده و کم‌هزینه مانند اصلاح چشمه تور، استفاده از صفحات خروج صید ضمنی (BRD)، و تنظیم زمان صید
	برای کاهش صید ضمنی معرفی شده است. اجرای این روش‌ها می‌تواند به کاهش قابل توجه صید گونه‌های
	غیرهدف و بهبود پایداری صید میگو کمک کند.

۱. بیان مسئله

صید میگو در سواحل مکران (پزم تا کنارک) از منابع مهم درآمدی صیادان بومی است و بخش بزرگی از اشتغال فصلی منطقه را تأمین می‌کند. با این حال، روش فعلی صید که عمدتاً با تورهای کفروب انجام می‌شود، چالش‌های زیست‌محیطی قابل توجهی ایجاد کرده است.

صید ضمنی یکی از چالش‌های اصلی در صید میگو با تورهای گوشگیر است؛ زیرا این تورها به‌دلیل انتخاب‌پذیری پایین، در شرایط واقعی گونه‌های متعدد کفزی و میان‌زی را نیز گرفتار

می‌کنند. مطالعات انجام‌شده در آب‌های جنوب ایران و مناطق مشابه نشان می‌دهد که صید ضمنی در تورهای گوشگیر می‌تواند سهم قابل توجهی از کل برداشت را تشکیل دهد و گونه‌هایی نظیر زبان‌ریز، زمین‌کن، مضلک، خرچنگ‌ها و سایر بی‌مهرگان بتتیک بیش از دیگران تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Alverson et al., 2021). این گونه‌ها معمولاً اندازه کوچک‌تری داشته یا ارزش اقتصادی پایین‌تری دارند و تلفات ناخواسته آنها می‌تواند ترکیب جمعیتی جامعه کفزی را دگرگون کرده و بازسازی طبیعی ذخایر را با اختلال مواجه



شکل ۱. جداسازی میگو و صید ضمنی از تورهای گوشگیر در سواحل پزم

هدف این مطالعه ارائه تصویری دقیق از ابعاد واقعی صید ضمنی در صید میگو با تورهای گوشگیر در مناطق پزم و کنارک است. در این پژوهش تلاش شده است تا با اتکا به مشاهدات میدانی و اطلاعات به دست آمده از صیادان محلی، میزان صید ضمنی، ترکیب گونه‌ای آن و سهم نسبی گونه‌های غیرهدف به طور مستند ارزیابی شود. شناسایی الگوی فراوانی گونه‌های صید شده، به ویژه گونه‌هایی که بیشترین آسیب پذیری را دارند، می تواند دید روشنی از پیامدهای اکولوژیک و بهره برداری این شیوه صید ارائه دهد. علاوه بر این، مطالعه حاضر در پی معرفی چند راهکار ساده، کم هزینه و قابل اجرا برای صیادان محلی است تا با بهبود انتخاب پذیری ابزار صید، از میزان برداشت ناخواسته کاسته شده و بهره برداری پایدارتر از ذخایر میگو و سایر گونه‌های کفزی ممکن شود.

۲. راهکار

۱.۲. تنظیم زمان صید

سازد (Suuronen & Gilman, 2020). افزایش نرخ صید ضمنی همچنین نشانه روشنی از کاهش کارایی انتخابگری تورهای گوشگیر و ضرورت اصلاح طراحی، بازنگری در اندازه چشمه، و به کارگیری روش های کاهش دهنده صید غیرهدف است.

در فصل صید میگو، حدود صد قایق هر روز از بندرگاه های منطقه به دریا می روند. فعالیت صیادان عمدتاً از ساعت ۳ تا ۹ صبح انجام می شود و تورها بین یک تا دو ساعت در آب باقی می مانند. هرچند این روش صید در ظاهر پربازده است، اما در عمل میزان بالایی از گونه های غیرهدف نیز وارد تور می شود. صید ضمنی بخش مهمی از این فعالیت است که شامل گونه هایی مانند کفشک، مصلک، زمین کن، زبان ریز و سایر گونه ها است؛ گونه هایی که یا اندازه ی کوچک دارند یا بازارپسند نیستند و معمولاً به دریا بازگردانده می شوند. مشاهدات میدانی در پزم و کنارک نشان داد که به ازای هر ۱۵۰ کیلوگرم میگو، حدود ۵۰ کیلوگرم صید ضمنی وجود دارد؛ که تقریباً ۲۵٪ کل صید را تشکیل می دهد. بیشترین سهم صید ضمنی مربوط به ماهی زبان ریز (حدود ۴۰-۴۵٪) است و پس از آن به ترتیب زمین کن (۲۵-۳۰٪)، مصلک (۱۵-۲۰٪) و سایر گونه ها (۱۰٪) قرار می گیرند. این روند، باعث تلفات گسترده ی جانداران غیرهدف و اتلاف بخشی از منابع ارزشمند دریا می شود (شکل ۱).

از جنبه ی مدیریتی نیز، گسترش استفاده از تورهای میگوگیری بدون در نظر گرفتن صید ضمنی، می تواند پایداری ذخایر و سلامت اکوسیستم را در آینده با چالش جدی مواجه کند (Kaiser et al., 2006; Hall et al., 2000). هنگامی که حجم قابل توجهی از گونه های غیرهدف و ریزجثه در هر نوبت صید از بین می روند، بخش مهمی از جمعیت نابالغ و مولد از چرخه ی طبیعی حذف شده و فرصت بازسازی جمعیت ها کاهش می یابد (Alverson et al., 1994).



شکل ۲. تورهای گوشگیر صید میگو به همراه صید ضمنی گیر افتاده در تور در منطقه پزم

۴.۲. کاهش زمان ماند تور در آب

طول مدت ماند تور در آب (Towing time) عامل مهمی در ترکیب صید است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که بازه‌ی زمانی ۶۰ تا ۷۵ دقیقه معمولاً بهترین توازن بین صید میگو و کاهش صید ضمنی را فراهم می‌کند (Broadhurst, 2000). زمان‌های طولانی‌تر نه تنها منجر به افزایش صید گونه‌های غیرهدف می‌شود بلکه باعث آسیب فیزیکی به بستر دریا و کاهش کیفیت صید نیز می‌گردد.

۵.۲. آموزش و پایش میدانی

توسعه‌ی برنامه‌های آموزشی برای صیادان درباره‌ی اثرات صید ضمنی و اهمیت حفظ بستر دریا، نقشی کلیدی در مدیریت پایدار شیلات دارد (Gilman et al., 2015). همچنین، ایجاد سیستم‌های ساده‌ی ثبت داده‌ها (نظیر ثبت زمان، وزن صید و ترکیب گونه‌ها) می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی دقیق‌تر در آینده باشد (ولی نسب و حسینی، ۱۴۰۱). مشارکت صیادان در جمع‌آوری داده‌ها به افزایش پذیرش و اجرای داوطلبانه‌ی روش‌های کاهش صید ضمنی کمک می‌کند (Hall et al., 2000).

نتایج مشاهدات محلی نشان می‌دهد بیشترین میزان صید ضمنی در ساعات اولیه‌ی بامداد (۳ تا ۵ صبح) رخ می‌دهد، زمانی که بسیاری از گونه‌های کفزی کوچک فعال‌تر هستند. انتقال زمان آغاز عملیات صید به حوالی طلوع آفتاب می‌تواند باعث کاهش ورود گونه‌های غیرهدف به تور شود (Andrew and Pepperell, 1992). این تغییر ساده، بدون نیاز به تجهیزات جدید، بهینه‌سازی موثری در بهره‌وری صید محسوب می‌شود.

۲.۲. اصلاح چشمه تور در بخش انتهایی

یکی از مؤثرترین روش‌ها برای رهاسازی گونه‌های کوچک‌تر، استفاده از چشمه‌های درشت‌تر در بخش انتهایی تور (Codend) است. به کارگیری چشمه‌ی ۲۰ تا ۲۵ میلی‌متری، بسته به منطقه و گونه‌ی هدف، موجب کاهش قابل توجه صید ضمنی بدون افت معنی‌دار در میزان صید میگو می‌شود (Broadhurst, 2000; Eayrs, 2007). این روش در کشورهای جنوب شرق آسیا نیز با موفقیت اجرا شده است (Eayrs, 2007; FAO, 2010) (شکل ۲).

۳.۲. به کارگیری صفحه‌های جداکننده (BRD)

صفحات جداساز یا Bycatch Reduction Devices (BRDs) شامل صفحات فلزی یا پلاستیکی هستند که در قسمت جلویی تور نصب می‌شوند (پیغمبری و همکاران، ۱۳۸۲) و با تغییر مسیر جریان آب، گونه‌های بزرگ‌تر و غیرهدف را به سمت خروج هدایت می‌کنند (Watson & McVea, 1977).

ساخت نسخه‌های بومی این ابزار با مواد محلی و هزینه‌ی پایین امکان‌پذیر است و مطالعات در استرالیا و خلیج بنگال اثربخشی بیش از ۳۰ درصدی در کاهش صید ضمنی را گزارش کرده‌اند (Eayrs, 2007).

۳. توصیه ترویجی و جمع‌بندی



شکل ۳. شکل شماتیک از راهکارهای کاهش صید ضمنی

ولی نسب، ت. حسینی، س.پ. (۱۴۰۱). صید ضمنی، شناخت، نگرانی و روش‌های کنترل. نشر آموزش کشاورزی

Alverson, D. L. (1994). A global assessment of fisheries bycatch and discards (Vol. 339). Food & Agriculture Org.

Alverson, D. L., Freeberg, M. H., Pope, J. G., & Murawski, S. A. (2021). *A global assessment of fisheries bycatch and discards*. FAO Fisheries Technical Paper.

Andrew, N.L. and Pepperell, J.G. (1992). The bycatch of shrimp trawl fisheries. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 30: 527-565

FAO. (2010). *Bycatch reduction in trawl fisheries: A manual for practitioners*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 516. Rome: Food and Agriculture

Hall, M. A. (1996). On bycatches. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 6(3), 319-352.

Hall, M. A., Alverson, D. L., & Metuzals, K. I. (2000). By-catch: problems and solutions. *Marine pollution bulletin*, 41(1-6), 204-219.

Kelleher, K. (2005). Discards in the world's marine fisheries: An update. FAO Fisheries Technical Paper No. 470.

صیادی میگو در سواحل مکران یکی از پایه‌های اصلی معیشت جوامع ساحلی است، اما بخشی از صیدهای ناخواسته به دلیل تنظیم نامناسب زمان و ساختار تور رخ می‌دهد. برای کاهش صید ضمنی، توصیه می‌شود آغاز عملیات صید در حوالی ساعت ۵ تا ۶ صبح انجام شود؛ زیرا بسیاری از گونه‌های غیرهدف در این زمان تحرک کمتری دارند و کمتر وارد تور می‌شوند. علاوه بر این، استفاده از چشمه ۲۰ تا ۲۵ میلی‌متری در بخش انتهایی تور به‌طور مؤثر باعث عبور گونه‌های کوچک‌تر و ماندگاری میگوهای مناسب می‌شود. همچنین کاهش مدت ماند تور در آب به ۶۰ تا ۷۵ دقیقه می‌تواند ترکیب صید را بهبود داده و از ورود بیش از حد گونه‌های کفزی و میان‌زی جلوگیری کند.

در کنار این تنظیمات، به‌کارگیری صفحات جداساز (BRD) به‌عنوان یک ابزار ساده و کم‌هزینه، امکان خروج گونه‌های بزرگ‌تر و غیرهدف را هنگام کشیده شدن تور فراهم می‌سازد. اجرای این مجموعه اقدامات، بدون ایجاد تغییرات اساسی در روش صید، می‌تواند به‌طور هم‌زمان صید ضمنی را کاهش دهد، از بستر دریا محافظت کند و پایداری ذخایر میگو را در فصل‌های بعد تضمین نماید. این توصیه‌ها به صیادان کمک می‌کند تا ضمن افزایش پایداری اقتصادی، در آینده نیز به صید قابل قبول و پایدار دست یابند (شکل ۳).

منابع

پیغمبری، س.ی، تقوی مطلق، س.ا. سیف آبادی، س.ج. قدیرنژاد، س.ح. فقیه زاده، س. (۱۳۸۲). مقایسه تاثیر نصب چند نوع وسیله کاهنده صید ضمنی در کاهش صید ماهیان مهم تجاری با طول کمتر از LM50 در ترال ویژه صید میگو در خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران (فارسی)، ۱۲(۳)، ۱۳-۳۴.

- (2013). Rebuilding global fisheries: the World Summit Goal, costs and benefits. *Fish and Fisheries*, 14(2), 174-185.
- Watson, J. W., & McVea, C. Jr. (1977). Development of a selective shrimp trawl for use in the southeastern United States penaeid shrimp fisheries. *Marine Fisheries Review*, 39(12), 18–24.
- Zeller, D., Palomares, M. L., & Pauly, D. (2021). *Re-estimating global marine fisheries bycatch and discards*. Scientific Reports, 11, 17617.
- Kelleher, K. (2020). *By-catch management and reduction: An updated review*. FAO Fisheries Circular.
- Pauly, D., & Zeller, D. (2016). Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. *Nature Communications*, 7, 10244.
- Suuronen, P., & Gilman, E. (2020). *Fisheries bycatch reduction and gear technology—Progress and challenges*. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 30(4), 749–770.
- Ye, Y., Cochrane, K., Bianchi, G., Willmann, R., Majkowski, J., Tandstad, M., & Carocci, F.

Practical Solutions for Reducing Bycatch in Shrimp Fishing on the Makran Coasts

Ehsan Asadi Sharif¹, Javad Amiri¹, Abdol Ghafoor Chakeri¹, Faezeh Samie Amlashi²

¹Offshore Fisheries Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education, and Extension Organization, Chabahar, Iran

²M.Sc. Graduate of Fisheries, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

Key words	Abstract
Bycatch Shrimp fishing Chabahar Makran coasts Seabed destruction Stock sustainability	Shrimp fishing along the Makran coasts is a significant seasonal economic activity conducted by numerous traditional boats in the Pozm and Konarak regions. During the legal fishing season (from September to December), each boat catches between 150 to 160 kilograms of shrimp daily. Alongside this primary catch, a considerable amount of bycatch, including small sole, flatfish, croaker, lizardfish, and other aquatic organisms, is also caught in the nets. Field observations in Pozm and Konarak revealed that for every 150 kilograms of shrimp, approximately 50 kilograms of bycatch are captured, constituting about 25% of the total catch. The largest portion of the bycatch is small sole (around 40–45%), followed by croaker (25–30%), lizardfish (15–20%), and other species (10%). This study introduces several simple and low-cost solutions, such as modifying net mesh sizes, utilizing Bycatch Reduction Devices (BRDs), and adjusting fishing times, to decrease bycatch. Implementing these methods can lead to a substantial reduction in the capture of non-target species and enhance the sustainability of shrimp fishing.

مدیریت کیفیت آب ورودی در مزارع پرورش میگو: نقش استخر ذخیره و فرآیندهای پیش تصفیه

فرهاد کنیه^{۱*}، حدیث حق بین^۳

^۱ سازمان شیلات ایران، اداره کل شیلات استان بوشهر، بوشهر، ایران

^۲ دانش آموخته دکتری علوم و مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی تهران، دانشگاه تهران، تهران

^۳ دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

کلمات کلیدی	چکیده
پرورش میگو	در پرورش میگو کیفیت آب ورودی، نقش مهمی در حفظ شرایط محیط پرورش، خطرات مرتبط با افت کیفیت آب و
مدیریت آب	بیماری دارد. با این حال در بسیاری از مزارع، آب پیش از ورود به استخرهای پرورش به طور کافی آماده و ارزیابی
کیفیت آب	نمی شود. مدیریت آب ورودی باید از مرحله دریافت آب آغاز شود و تا زمان ورود کنترل شده آن به استخر پرورش
آب ورودی	ادامه یابد. در این رویکرد، استخر ذخیره به عنوان یکی از اجزای مهم مدیریت آب، امکان نگهداری و مدیریت اولیه آب
استخر ذخیره	را فراهم می کند. پس از آن، پیش تصفیه آب و استفاده از روش های مناسب آماده سازی می تواند به کنترل بخشی از مواد
پیش تصفیه آب	و عوامل نامطلوب موجود در آب کمک کند. پایش شاخص های اصلی کیفیت آب نیز برای اطمینان از مناسب بودن آب
	پیش از انتقال به استخر پرورش ضروری است. همچنین، توجه هم زمان به شرایط آب و خطرات میکروبی، امکان
	مدیریت بهتر عوامل مؤثر بر سلامت میگو را فراهم می کند. بر این اساس، مدیریت کیفیت آب ورودی در مزارع پرورش
	میگو باید به صورت یک زنجیره مدیریتی شامل استخر ذخیره، پیش تصفیه آب و پایش کیفیت آب انجام شود. اجرای
	این رویکرد می تواند به بهره برداران کمک کند تا پیش از ورود آب به استخر پرورش، مشکلات احتمالی را شناسایی و
	شرایط مناسب تری برای ادامه فرایند پرورش فراهم کند.

و میکروارگانیسم های موجود در آن ها در تجزیه مواد آلی و

چرخه عناصر غذایی نقش دارند؛ با این حال برخی عوامل بیماری زا نیز می توانند در این محیط ها حضور داشته باشند. بنابراین توجه به کیفیت آب نباید تنها به شرایط آن پس از ورود به استخر پرورش محدود شود. یکی از راهکارهای مورد استفاده برای مدیریت آب پیش از ورود به استخر

۱. بیان مسئله

در پرورش میگو آب یکی از عوامل مهم و مؤثر بر شرایط محیطی مزرعه است و مدیریت آن باید با توجه به تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیستی محیط پرورش انجام شود (Do et al., 2025; Hossain et al., 2026). در یک سامانه پرورش میگو، آب و رسوب محیط هایی فعال از نظر میکروبی هستند

پرورش، ایجاد و استفاده از استخر ذخیره است (شکل ۱). (Do et al., 2025) شناخت وضعیت آب، رسوب و توجه به جامعه میکروبی نیز می‌تواند در درک بهتر چرخه مواد مغذی و پایش خطرات زیستی در محیط پرورش موثر باشد (Sarkar et al., 2025). بر این اساس، مدیریت آب ورودی در مزارع پرورش میگو باید از یک مرحله منفرد فراتر رود و به صورت زنجیره‌ای از ذخیره‌سازی، آماده‌سازی، پیش‌تصفیه و پایش کیفیت آب دنبال شود (Susilowati et al., 2017). معرفی این رویکرد به زبان ساده و به‌صورت قابل اجرا می‌تواند به بهره‌برداران کمک کند تا پیش از انتقال آب به استخر پرورش، وضعیت آن را بهتر ارزیابی و مدیریت کنند.

۲. راهکار

راهکار پیشنهادی این مقاله، مدیریت آب ورودی به‌صورت یک زنجیره پیوسته است. در این رویکرد آب مستقیماً از منبع به استخر پرورش منتقل نمی‌شود؛ بلکه ابتدا در یک مسیر مدیریتی مشخص قرار می‌گیرد تا پیش از ورود به محیط پرورش، امکان ذخیره‌سازی، آماده‌سازی، پیش‌تصفیه و ارزیابی کیفیت آن فراهم شود. این مسیر به بهره‌بردار کمک می‌کند تا تصمیم‌گیری درباره انتقال آب به استخر پرورش را بر اساس وضعیت واقعی آب انجام دهد، نه صرفاً بر اساس نیاز به تامین آب.

۱.۲. گام اول: انتقال آب به بخش ذخیره

در نخستین مرحله، آب ورودی به جای انتقال مستقیم به استخر پرورش، به استخر ذخیره هدایت می‌شود. استخر ذخیره به عنوان یک بخش مستقل از سامانه مدیریت آب، پیش از استخر پرورش عمل می‌کند. بنابراین، قرار دادن استخر ذخیره در مسیر آب می‌تواند بخشی از برنامه مدیریت مزرعه باشد؛ هرچند نباید آن را به تنهایی معادل یک واحد تصفیه آب در نظر گرفت. در این مرحله هدف اصلی بهره‌بردار باید جلوگیری از ورود مستقیم آب به استخر پرورش و ایجاد فرصت برای ارزیابی و آماده‌سازی آن باشد به بیان ساده، آب

پرورش، ایجاد و استفاده از استخر ذخیره است (شکل ۱). بررسی انجام شده روی پرورش سنتی میگوی ببری نشان داد که استفاده از استخر ذخیره با افزایش معنی‌دار تولید زیست توده و بقای میگو در مقایسه با سامانه بدون استخر ذخیره همراه بوده است (Sarker et al., 2025; Susilowati et al., 2017).



شکل ۱. نمایی از استخر تیمار بندی آب و ذخیره آب پرورش میگو (عکس از: نگارنده)

این یافته اهمیت قرار دادن استخر ذخیره را به عنوان یکی از اجزای مدیریت آب در سامانه پرورش نشان می‌دهد؛ هر چند این مطالعه به‌صورت مستقیم عملکرد استخر ذخیره را به عنوان یک واحد مستقل تصفیه آب بررسی نکرده است. در سامانه‌های پیشرفته پرورش میگو، استفاده از روش‌های پیش‌تصفیه می‌تواند در حذف ذرات ریز و بخشی از میکروارگانیسم‌های نامطلوب، پیش از ورود آب به مراحل بعدی نقش داشته باشد (Widiasa et al., 2026). همچنین مطالعات مربوط به مدیریت مزرعه بر اهمیت آماده‌سازی، تصفیه، پایش و تنظیم آب پیش از مراحل حساس پرورش تاکید کرده‌اند (Hossain et al., 2026). از سوی دیگر پایش شاخص‌های کیفیت آب برای تصمیم‌گیری درباره مدیریت استخر پرورش ضروری است. دما، pH، شوری، اکسیژن محلول، کدورت و ترکیبات نیتروژنه از جمله عواملی هستند که باید در مدیریت کیفیت آب مورد توجه قرار گیرند



شکل ۲. نمایی از ورودی فیلتراسیون ۳ مرحله ای که شامل توری های ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ میکرون می باشد (عکس از: نگارنده)

حذف ذرات معلق و موجودات ناخواسته، آماده سازی شود. تنها زمانی آب باید به استخر پرورش منتقل شود که شاخص های کیفیت آب در محدوده مناسب قرار داشته باشند.

۲.۳. گام سوم: پیش تصفیه آب براساس نیاز مزرعه
در صورت وجود ذرات معلق، بار آلی بالا یا خطر ورود عوامل نامطلوب، آب ورودی باید پیش از انتقال به استخر پرورش تحت فرآیندهای پیش تصفیه قرار گیرد. انتخاب روش پیش تصفیه باید بر اساس کیفیت آب ورودی و طراحی مزرعه و هدف مدیریتی انجام شود. در مرحله نخست، استفاده از حوضچه یا استخر ته نشینی در استخر ذخیره می تواند با افزایش زمان ماندن آب، موجب کاهش ذرات معلق و مواد قابل ته نشینی شود. پس از آن، در صورت نیاز می توان از فیلتراسیون مکانیکی برای حذف ذرات باقی مانده استفاده کرد. اندازه چشمه یا منافذ فیلتر باید متناسب با هدف حذف ذرات و شرایط آب ورودی انتخاب شود؛ به گونه ای که ضمن کاهش مواد معلق، از حذف بیش از حد موجودات مفید پلانکتونی جلوگیری شود. در شرایطی که خطر ورود عوامل بیماری زا یا بار میکروبی بالا وجود داشته باشد، استفاده از روش های ضد عفونی آب مانند کلرزنی، ازن زنی می تواند مورد توجه قرار گیرد. استفاده از مواد ضد عفونی کننده باید بر اساس کیفیت آب، میزان مواد آلی و دستورالعمل تولیدکننده انجام شود؛ زیرا مصرف نامناسب این مواد می تواند موجب

ابتدا باید وارد بخشی شود که امکان مدیریت آن وجود داشته باشد و سپس، پس از بررسی شرایط برای استفاده در استخر پرورش آماده شود (شکل ۲).

۲.۴. گام دوم: آماده سازی آب پس از ورود به استخر ذخیره
پس از ورود آب به استخر ذخیره، بهره بردار باید پیش از انتقال آب به استخر پرورش، مراحل آماده سازی آب را انجام دهد. ابتدا وضعیت ظاهری آب از نظر رنگ، بو، وجود مواد شناور و ذرات معلق بررسی شود. سپس شاخص های اصلی کیفیت آب شامل دما، شوری، pH، اکسیژن محلول و شفافیت اندازه گیری و با مقادیر بهینه مقایسه شوند. مقادیر توصیه شده برای پارامترهای اصلی کیفیت آب ورودی بر اساس توصیه های FAO در جدول ۱ ارائه شده است. در صورتی که هر یک از این شاخص ها خارج از محدوده مناسب باشند، پیش از انتقال آب باید اقدامات اصلاحی انجام شود. در صورت پایین بودن اکسیژن محلول، استفاده از هوادها توصیه می شود. در صورت نامناسب بودن pH، اصلاح تدریجی آن با استفاده از مواد مجاز نظیر کربنات کلسیم، اکسید آهنک (آهک صنعتی) انجام گیرد. اگر شوری خارج از محدوده مطلوب باشد، شوری آب باید به تدریج با اختلاط آب مناسب با شوری پایین تنظیم شود. در صورت بالا بودن کدورت یا وجود ذرات معلق، آب باید پیش از انتقال، از طریق ته نشینی و فیلتراسیون اولیه با توری های مکانیکی مناسب، به منظور

۵.۲. گام پنجم: توجه به خطرات زیستی و میکروبی
آب و رسوب استخرهای پرورش، محیط‌هایی فعال از نظر میکروبی هستند. میکروارگانیسم‌های موجود در این محیط‌ها در فرایندهای مرتبط با چرخه مواد غذایی و تجزیه مواد آلی نقش دارند، اما برخی عوامل مرتبط با بیماری نیز می‌توانند در محیط پرورش حضور داشته باشند.

بنابراین علاوه بر پایش شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی، عوامل زیستی و میکروبی آب نیز باید پیش از ورود آب به استخر پرورش بررسی شوند. مهم‌ترین عوامل بیماری‌زای قابل انتقال از طریق آب شامل گونه‌های بیماری‌زای *Vibrio*، عامل بیماری لکه سفید (White Spot Syndrome Virus; WSSV) و عامل نکروز حاد هپاتوپانکراس (Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease; AHPND) هستند.

برای پایش این عوامل، نمونه آب از ورودی مزرعه، استخر ذخیره و استخر پرورش و در صورت نیاز نمونه رسوب از چند نقطه استخر جمع‌آوری و برای بررسی‌های میکروبی و مولکولی به آزمایشگاه ارسال می‌شود. در صورت شناسایی عوامل بیماری‌زا، از انتقال آب به استخرهای پرورش خودداری شده و پس از ضدعفونی تجهیزات یا تیمار مناسب، نمونه‌برداری مجدد انجام می‌شود. استفاده از استخر ذخیره، جلوگیری از ورود آب تصفیه‌نشده، حذف ناقلان بیماری، ضدعفونی نمودن تجهیزات، استفاده از بچه‌میگوی عاری از عوامل بیماری‌زا و پایش منظم کیفیت آب و عوامل میکروبی، از مهم‌ترین اقدامات پیشگیرانه برای کاهش خطر بروز بیماری در مزارع پرورش میگو به شمار می‌روند.

۶.۲. گام ششم: انتقال آب به استخر پرورش

پس از ذخیره‌سازی، آماده‌سازی، پایش تصفیه و پایش درباره انتقال آب به استخر پرورش تصمیم‌گیری می‌شود. اگر وضعیت آب با شرایط مورد انتظار مزرعه هماهنگ باشد، آب می‌تواند بصورت کنترل شده منتقل شود و در صورت مشاهده

ایجاد ترکیبات نامطلوب یا آسیب به مراحل بعدی پرورش شود. پس از هرگونه ضدعفونی، باقیمانده مواد ضدعفونی‌کننده بایستی پیش از انتقال آب به استخر پرورش بررسی و از ایمن بودن آب اطمینان حاصل شود. بنابراین، فرآیند پیش‌تصفیه آب ورودی یک مرحله ثابت برای همه مزارع نیست، بلکه باید بر اساس نتایج پایش کیفیت آب و شرایط مزرعه انتخاب شود. ترکیب مناسب استخر ذخیره، ته‌نشینی، فیلتراسیون و در صورت نیاز ضدعفونی می‌تواند خطر ورود ذرات معلق، عوامل بیماری‌زا و ترکیبات نامطلوب را کاهش داده و کیفیت آب ورودی به استخر پرورش را بهبود دهد.

۴.۲. گام چهارم: پایش کیفیت آب پیش از انتقال

پیش از انتقال آب از بخش ذخیره یا واحد پیش‌تصفیه به استخر پرورش، وضعیت آب باید بررسی شود. پایش کیفیت آب به بهره‌بردار کمک می‌کند تا تغییرات مهم را پیش از ورود آب به محیط حساس پرورش شناسایی کند. دما، pH، شوری، اکسیژن محلول و کدورت از جمله شاخص‌هایی هستند در ارزیابی کیفیت آب اهمیت دارند و باید در برنامه پایش مورد توجه قرار گیرند (جدول ۱).

جدول ۱. محدوده‌های راهنمای برخی متغیرهای فیزیکوشیمیایی آب در استخر پرورش میگو براساس توصیه‌های FAO (مقادیر ارائه شده جنبه راهنما دارند و بسته به گونه میگو، سیستم پرورش، شرایط اقلیمی و ویژگی‌های آب ورودی می‌توانند متفاوت باشند).

شاخص کیفیت آب	محدوده مطلوب
دما	۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی گراد
pH	۷/۵ تا ۸/۵
شوری	۲۷ تا ۳۲ قسمت در هزار
اکسیژن محلول	از ۳ تا ۶ میلی‌گرم در لیتر
شفافیت	۳۵ تا ۴۵ سانتی‌متر

SOPs, harmonizing pond management, water quality, and disease resilience in semi-intensive shrimp farming: A Bangladeshi perspective. *Comparative Immunology Reports*, 10, 200281. <https://doi.org/10.1016/j.cirep.2026.20028>

Kungvankij, P., & Chua, TE. (1986). Shrimp culture: Pond design, operation and management (NACA Training Manual Series No. 2). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://www.fao.org/4/ac210e/ac210e00.htm>

Sarkar, A., Patra, RK., Muthaiyan, M., & Mallik, A. (2025). A metagenomic exploration of microbial distribution among the pond sediment, shrimp (*Penaeus monodon*) tissue and pond water: A special focus on nutrient cycling and shrimp viral pathogens. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 23(4), 100568. <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2025.100568>

Susilowati, T., Yuniarti, T., & Basuki, F. (2017). Penggunaan reservoir terhadap performa udang windu (*Penaeus monodon* Fabricius) yang dibudidayakan secara tradisional. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 13(1), 52–57. <https://doi.org/10.14710/ijfst.13.1.52-57>

Widiasa, IN., Sunaryo, S., Yudiati, E., Susanto, H., Putra, GD., Khoiruddin, K., & Wenten, IG. (2026). Pond water dynamics and cultivation performance of super-intensive whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming in membrane-based recirculating aquaculture systems. *Aquaculture and Fisheries*. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2025.12.004>

شرایط نامناسب، انتقال آب باید تا انجام اقدامات مدیریتی لازم به تعویق بیافتد. این مرحله، تفاوت اصلی میان «تامین آب» و «مدیریت آب» را نشان می‌دهد.

۳. توصیه ترویجی

- از ورود مستقیم آب به استخرهای پرورش خودداری و در صورت امکان، ابتدا آب به استخر ذخیره هدایت شود.
- از استخر ذخیره برای نگهداری، بررسی و آماده‌سازی اولیه آب پیش از انتقال به استخرهای پرورش استفاده شود.
- بر اساس کیفیت آب ورودی و امکانات مزرعه، از روش‌های مناسب پیش‌تصفیه برای کاهش ذرات معلق و عوامل نامطلوب استفاده شود.
- پیش از انتقال آب، شاخص‌های مهم کیفیت آب مانند دما، شوری، اکسیژن محلول، کدورت و ترکیبات نیتروژن دار اندازه‌گیری و ثبت شود.
- نتایج پایش و اقدامات انجام‌شده به‌صورت منظم ثبت شود تا در دوره‌های بعدی پرورش بتوان از آن‌ها برای تصمیم‌گیری بهتر استفاده شود.
- علاوه بر شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی، خطرات زیستی و میکروبی آب نیز در برنامه مدیریت مزرعه مدنظر قرار داده شود.
- تنها در صورتی آب به استخرهای پرورش منتقل شود که نتایج پایش نشان‌دهنده مناسب بودن کیفیت آب باشد.

منابع

Do, D, et al., (2025). Evaluation of water quality and key factors influencing water quality in intensive shrimp farming systems using principal component analysis-fuzzy approach. *Desalination and Water Treatment*, 321, 101002. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2025.101002>

Hossain, M. M. M., Ghosh, R. R., Sen, B. K., Alam, M. M., Hasan, M. M., Mondal, S., ... & Islam, M. R. (2026). Strategic integration of

Inlet Water Quality Management in Shrimp Farms: The Role of Reservoir Ponds and Pre-treatment Processes

Farhad Konyeh^{1,2*}, Hadis Haghbini³

¹ Iran Fisheries Organization, Bushehr General Department of Fisheries, Bushehr, Iran

² PhD in Fisheries Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.

³ BSc Student in Fisheries Science and Engineering, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran.

Key words	Abstract
Shrimp aquaculture Water management Water quality Inlet water Reservoir pond Water pre-treatment	In shrimp aquaculture, inlet water quality plays a critical role in maintaining optimal rearing conditions and mitigating risks associated with water quality deterioration and disease outbreaks. However, in many farms, water is insufficiently conditioned and evaluated prior to entering grow-out ponds. Effective inlet water management must initiate at the intake stage and continue until its controlled delivery into the culture ponds. Within this framework, the reservoir pond serves as a key management component, facilitating initial water retention, stabilization, and preliminary handling. Subsequently, water pre-treatment utilizing appropriate conditioning techniques helps mitigate undesirable substances and pathogens. Routine monitoring of core water quality parameters is also imperative to ensure water suitability prior to transfer into rearing units. Furthermore, the concurrent assessment of physico-chemical parameters and microbiological risks provides a robust basis for safeguarding shrimp health. Consequently, inlet water management in shrimp farms should be established as an integrated operational chain comprising reservoir retention, pre-treatment, and rigorous water quality monitoring. Implementing this approach enables farm operators to identify potential hazards prior to pond filling, thereby creating more stable and favorable conditions for the culture cycle.

استفاده از گیاهان دارویی در کنترل بیماری‌های آبزیان: رویکردی پایدار برای ارتقای سلامت ماهی

مسعود صیدگر، قاسم عشوری*

مرکز تحقیقات آرتمیای کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.

کلمات کلیدی	چکیده
آبزی‌پروری گیاه دارو بیماری ماهی ترکیبات زیست‌فعال	گسترش سریع صنعت آبزی‌پروری و افزایش تراکم تولید، این بخش را با چالش جدی بیماری‌های عفونی مواجه کرده است. استفاده گسترده از آنتی‌بیوتیک‌ها و مواد شیمیایی اگرچه در کوتاه‌مدت مؤثر بوده، اما پیامدهایی نظیر مقاومت میکروبی، تجمع زیستی و تخریب محیط‌زیست را به همراه داشته است. در این زمینه، گیاهان دارویی به‌عنوان منبعی غنی از ترکیبات زیست‌فعال با خواص ضد میکروبی، ضد التهابی و تعدیل‌کننده سیستم ایمنی مطرح شده‌اند. این گیاهان می‌توانند به‌عنوان مکمل در خوراک ماهی برای تحریک عملکرد ایمنی ماهی مفید باشند. عصاره‌های گیاهی ممکن است از طریق روش‌های مختلف اثرات مثبتی بر سلامت حیوانات داشته باشند، نه اینکه صرفاً به یک روش واحد متکی باشند. نشان داده شده است که استفاده از گیاهان دارویی به‌عنوان افزودنی‌های غذایی، مکانیسم‌های دفاعی ایمنی را افزایش می‌دهد. این رویکردهای گیاه‌شناسی، نویدبخش راهبردهای پایدار زیست‌محیطی برای مدیریت بیماری‌ها در آبزی‌پروری هستند و از تغییر رویکرد مصرف‌کننده به سمت تقاضای غذاهای دریایی ایمن و پایدار حمایت می‌کنند. مزایایی که درمان‌های گیاهی ارائه می‌دهند، آنها را به‌عنوان ابزارهای ضروری برای توسعه صنعت آبزی‌پروری پایدار و سازگار با محیط زیست نشان می‌دهد.

۱. بیان مسئله
به یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های توسعه پایدار این صنعت تبدیل کرده است (Carbone & Faggio, 2016; Pohlenz & Gatlin, 2014). بیماری‌های ناشی از عوامل باکتریایی، ویروسی، قارچی و انگلی نه تنها موجب کاهش رشد، افزایش تلفات و افت بهره‌وری اقتصادی می‌شوند، بلکه پایداری زیست‌محیطی سامانه‌های آبزی‌پروری را نیز تهدید می‌کنند (Buchmann, 2022; Lieke et al., 2020).

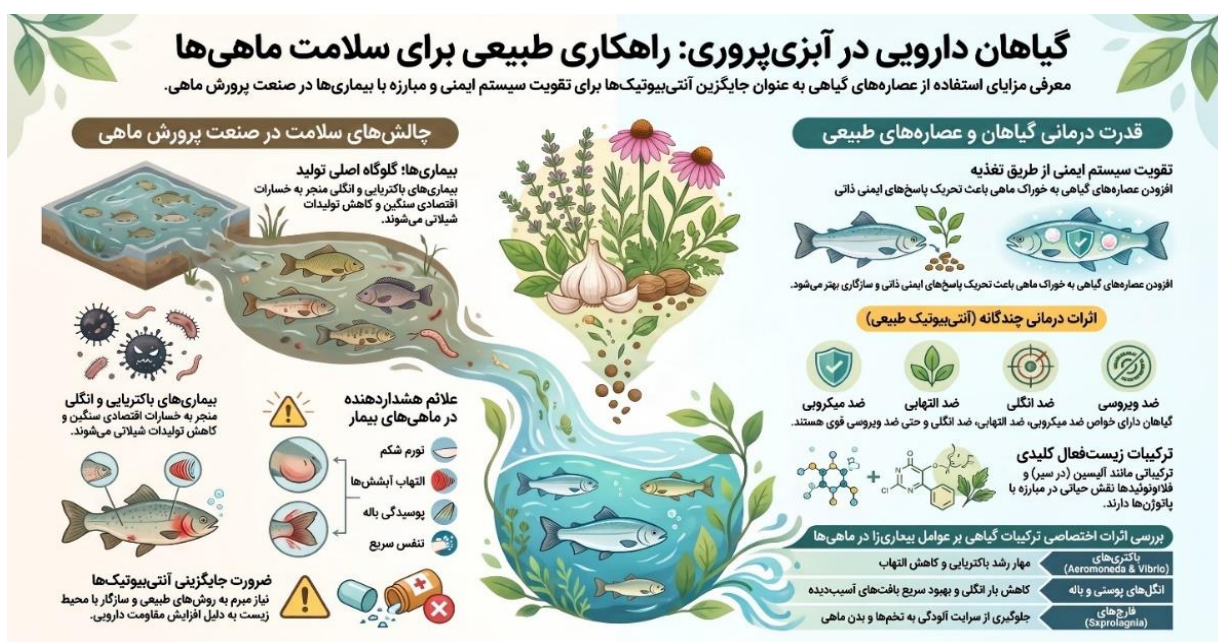
آبزی‌پروری در دهه‌های اخیر به‌عنوان یکی از سریع‌ترین بخش‌های تولید غذا در جهان رشد کرده و نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی و پاسخگویی به تقاضای فزاینده برای پروتئین‌های با منشأ آبزی ایفا می‌کند. با این حال، افزایش تراکم پرورش، تشدید تنش‌های محیطی و گسترش سیستم‌های تولید متراکم، بروز و انتشار بیماری‌های عفونی را

*نویسنده مسئول: ashuri.gh@gmail.com

بخشیده و وابستگی به داروهای شیمیایی را کاهش دهند (Dawood et al., 2021; Hu et al., 2024; Pan et al., 2023). افزون بر این، استفاده از فرآورده‌های گیاهی با رویکردهای نوین آبی‌پروری پایدار هم‌راستا بوده و با کاهش بار آلاینده‌های شیمیایی، به حفظ سلامت محیط‌زیست و ایمنی محصولات غذایی کمک می‌کند (Mansour et al., 2022; Lieke et al., 2020).

گون در طب سنتی چین و چریش و زردچوبه در هند به عنوان بخشی از طب سنتی هند (آیورودا) مورد استفاده قرار می‌گرفتند. در اروپای قرون وسطی، از داروهای طبیعی مانند سیر و آویشن برای بیماری شیگلا استفاده می‌شد. همه این شیوه‌های سنتی قدیمی سهم قابل توجهی در تعریف رویکردهای گیاه‌شناسی مدرن در تحقیقات آبی‌پروری داشته‌اند (Pérez-Llorén et al., 2021). استفاده از گیاهان دارویی در آبی‌پروری به تدریج از شیوه‌های مرسوم از طریق یک فرآیند سیستماتیک به کاربردهای علمی تبدیل شده است. با وجود افزایش چشمگیر مطالعات مرتبط با گیاهان دارویی در آبی‌پروری، شواهد موجود همچنان پراکنده بوده و اطلاعات مربوط به مکانیسم اثر، دامنه فعالیت علیه گروه‌های

در پاسخ به این چالش‌ها، استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها و ترکیبات شیمیایی برای پیشگیری و کنترل بیماری‌ها به‌طور گسترده رواج یافته است. با وجود اثربخشی نسبی این راهبردها، شواهد نشان می‌دهد که مصرف مداوم و گاه بی‌رویه این ترکیبات با پیامدهایی نظیر ظهور سویه‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک، تجمع بقایای دارویی در بافت آبریان، اختلال در عملکرد سیستم ایمنی و آلودگی اکوسیستم‌های آبی همراه است (Cabello, 2006; Reverter et al., 2014). این نگرانی‌ها موجب شده است که توسعه جایگزین‌های ایمن، پایدار و سازگار با محیط‌زیست به یکی از اولویت‌های اصلی تحقیقات آبی‌پروری تبدیل شود (Gabriel et al., 2015; Sakai, 1999). در این میان، گیاهان دارویی و ترکیبات زیست‌فعال مشتق از آن‌ها به دلیل دارا بودن خواص ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی و تعدیل‌کننده سیستم ایمنی (شکل ۱)، به‌عنوان گزینه‌ای امیدبخش برای ارتقای سلامت آبریان مطرح شده‌اند (Effendi et al., 2022; Mansour et al., 2022). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که عصاره‌ها، روغن‌های اسانسی و متابولیت‌های ثانویه گیاهی می‌توانند مقاومت میزبان را در برابر عوامل بیماری‌زا افزایش داده، عملکرد رشد را بهبود



شکل ۱. گیاهان دارویی در آبی‌پروری

مختلف عوامل بیماری‌زا و قابلیت کاربرد عملی این ترکیبات در سامانه‌های پرورش تجاری به صورت یکپارچه جمع‌بندی نشده است (Effendi et al., 2022; Reverter et al., 2014). این شکاف دانشی، ارزیابی جامع ظرفیت واقعی گیاهان دارویی را برای جایگزینی یا کاهش مصرف داروهای شیمیایی با چالش مواجه کرده است. از این رو، هدف مطالعه حاضر مرور و تحلیل نظام‌مند نقش گیاهان دارویی و ترکیبات زیست‌فعال آن‌ها در پیشگیری و کنترل بیماری‌های باکتریایی، ویروسی، قارچی و انگلی در آبزیان، و تبیین سازوکارهای بالقوه آن‌ها در بهبود سلامت، افزایش مقاومت بیماری و ارتقای پایداری تولید آبزیان است.

۲. راهکار

۲.۱.۲. عفونت‌های باکتریایی در آبزی پروری

باکتری‌های بیماری‌زا بار اصلی بیماری را در پرورش ماهی تشکیل می‌دهند. *Aeromonas hydrophila* ضایعات اولسراتیو^۲ و اتساع شکم در کپورماهیان و تیلاپیا ایجاد می‌کند، در حالی که گونه‌های ویبریو^۳ ضایعات پوستی، زخم‌ها و تلفات بالا در ماهیان دریایی از جمله آزادماهی و هامور به بار می‌آورند (Effendi et al., 2020).

بیماری کلومناریس با عامل فلاوباکتریوم کلومناریس، بیشتر ماهی‌های کپور، گربه‌ماهی و تیلاپیا را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علائم آن شامل ضایعات سفید یا زرد روی پوست است که در نهایت منجر به مرگ و میر می‌شود. درمان‌های سنتی شامل آنتی‌بیوتیک‌هایی مانند پرمنگنات پتاسیم و اکسی تتراسایکلین است، اگرچه برگ‌های بادام هندی حاوی تانن‌های ضد باکتری یک درمان طبیعی برای جلوگیری از تکثیر باکتری‌ها و کمک به ارتقاء سلامت ماهی هستند (Nhin et al., 2023). استرپتوکوکوزیس، به دلیل باکتری

-هایی مانند استرپتوکوکوس اینیایی و استرپتوکوکوس آگالاکتیه، ماهی‌های گرمابی، از جمله ماهی تیلاپیا و قزل‌آلای رنگین‌کمان را مبتلا می‌کند. مننژیت، اگزوفتالمی و شنای نامنظم از علائم بارز این عفونت هستند که در صورت درمان دیر هنگام ممکن است کشنده باشند. استفاده از گیاهان دارویی، به ویژه آویشن با خواص ضد باکتریایی قوی، اکنون برای چنین کاربردهایی در حال بررسی است (Al-Fattah et al., 2020). عفونت با سودوموناس در ماهی‌های آب شیرین، از جمله ماهی قزل‌آلا، گربه‌ماهی و کپور، ممکن است منجر به علائم مختلفی از جمله ضایعات و پوسیدگی شود. جایگزین‌های گیاهی مانند عصاره زنجبیل به دلیل خواص ضد باکتریایی‌شان ارزشمند هستند (Barde, 2023). گیاهان دارویی در آبزی پروری شامل عصاره‌های گیاهی و روغن‌های ضروری هستند که دارای خواص ضد میکروبی برای کنترل عفونت‌های باکتریایی هستند، وابستگی به آنتی‌بیوتیک‌ها را تا حد زیادی کاهش می‌دهند و خطر گونه‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک را به حداقل می‌رسانند. علاوه بر این، محرک‌های ایمنی متعددی در گیاهان دارویی وجود دارند که سلامت ماهی و مقاومت آن‌ها در برابر بیماری را افزایش می‌دهند (Pan et al., 2023).

با وجود ادامه مصرف آنتی‌بیوتیک‌هایی مانند فنیکل‌ها، سویه‌های مقاوم در حال گسترش هستند. شواهد جدید نشان می‌دهد که سیر (*Allium sativum*) - به واسطه آلیسین و ترکیبات گوگردی- رشد آئروموناس و ویبریو را مهار کرده و تلفات را کاهش می‌دهد (Espinoza et al., 2020; Moses et al., 2024). زردچوبه، غنی از کورکومینوئیدها، فعالیت ضدباکتریایی قابل مقایسه‌ای ارائه می‌دهد (Espinoza et al., 2024; Mendivil Co., 2021). این ترکیبات گیاهی را می‌توان به شکل پودر خشک در خوراک

و یکپارچگی اپیتلیوم را به خطر می‌اندازد و خطر عفونت ثانویه را افزایش می‌دهند. عصاره‌های سیر و افسنتين، چریش و زردچوبه^۵ برای مدیریت پایدار انگل‌ها با کاهش وابستگی به آفت‌کش‌های سنتزی توصیه شده‌اند (Ogaba et al., 2022, Piasecki et al., 2020). دانه‌ی خربزه درختی یا پاپایا (*Carica papaya*) حاوی پاپائین^۶ و کیموپاپائین^۷، اثربخشی خود را علیه ترماتودهای مونوزن و نماتودها نشان داده است (Anees et al., 2024; Radwan et al., 2023). با این حال، بیشتر مطالعات اثربخشی آزمایشگاهی را گزارش می‌کنند بدون آنکه پروتکل‌های مزرعه‌ای استاندارد ا ارائه دهند.

۳.۱.۲. عفونت‌های قارچی

اگرچه عفونت‌های قارچی معمولاً سرایت‌کننده نیستند، اما می‌توانند، به ویژه به عنوان عفونت ثانویه پس از آسیب باکتریایی یا ضربه، بسیار مخرب باشند. ساپروولگنیازیس^۸، ناشی از گونه‌های ساپروولگنیا (*Saprolegnia spp.*)، در ماهیان آب‌سرد شیوع دارد و با پلاک‌های سفید پنبه‌ای نمایان می‌شود (Sheikha and Mankod, 2021). برانکیومایکوزیس^۹ (پوسیدگی آبشش) در کپور، به واسطه گونه‌های برانکیومایسس (*Branchiomyces spp.*)، موجب تنگی نفس و نکروز آبشش می‌گردد (Sheikha and Mankod, 2021). ترکیبات ضدقارچ گیاهی، از جمله عصاره‌های زردچوبه و چریش، اثربخشی قابل مقایسه با سولفات مس را بدون ماندگاری زیست‌محیطی نشان داده‌اند (Afshari et al., 2023). زنجبیل (*Zingiber officinale*) حاوی اوژنول^{۱۰} و لینالول^{۱۱} نیز خواص ضدقارچی و اشتهاآور

یا به صورت عصاره آبی به کار برد. با این وجود، روابط دوز/پاسخ و سازوکارهای دقیق عمل هنوز به طور کامل مشخص نشده‌اند.

۲.۱.۲. آلودگی‌های انگلی

مشکلات مربوط به انگل‌ها، شامل کاهش رشد و مرگ و میر بالا است که تأثیر قابل توجهی بر آبی‌پروری می‌گذارد. ارگانسیم‌های مسئول این بیماری‌ها شامل تک‌یاخته‌ها، کرم‌های روده و سخت‌پوستان هستند (Buchmann, 2022).

ایکتیوفتیریازیس، لکه‌های سفید روی پوست، آبشش‌ها، دشواری تنفس و افزایش تولید مخاط ایجاد می‌کند. داروهای طبیعی که شامل عصاره‌های سیر و چریش هستند، با رویکردهای سازگار با محیط زیست در کاهش شدت این بیماری انگلی و کاهش کاربرد داروهای شیمیایی در حال آزمایش هستند (Bula et al., 2023). گونه‌های تریکودینا، ماهی‌های آب شیرین و دریایی را آلوده می‌کنند و باعث ترشح فراوان مخاط با آبشش‌های آسیب‌دیده، ساییده شده و تنفس سریع می‌شوند. انگل‌های مونوزن اغلب در ماهی‌های آب شیرین مانند کپور طلایی و تیلپیا دیده می‌شوند که باعث پوسیدگی آبشش، تولید بیش از حد مخاط و رفتار شنای نامنظم و مرگ می‌شوند. درمان‌های شیمیایی مانند محلول‌های گیاهی طبیعی مانند انار یا سیر نیز دارای خواص ضد انگلی هستند که می‌توانند برای حفظ سلامت روده مورد استفاده قرار گیرند (Hadeld and Clayton, 2021). کوبه‌پودهای انگلی^۴ (*Argulus and Lernaea spp.*) ضایعات پوستی در سالمون‌ماهیان و کپورماهیان ایجاد کرده

Branchiomycosis^۹
eugenol^{۱۰}
linalool^{۱۱}

Parasitic copepods^۴
Neem and turmeric extracts^۵
papain^۶
chymopapain^۷
Saprolegniasis^۸

دارد (Naliato et al., 2021). خلأ اصلی مربوط به کاربرد این ضدقارچ‌های گیاهی در برنامه‌های جامع مدیریت کیفیت آب است.

۴.۱.۲. بیماری‌های ویروسی

عفونت‌های ویروسی خسارات فاجعه‌باری ایجاد می‌کنند، با این حال هیچ داروی ضدویروسی تجاری برای آبی‌پرووی وجود ندارد. ویروس نکروز عفونی خون‌ساز (IHN) در آزادماهیان، ویروس نکروز عفونی پانکراس (IPNV) در ماهی آزاد جوان، ویروس سیتی‌سمی خونریزی‌دهنده ویروسی (VHSV) در گونه‌های دریایی و آب‌شیرین، و ویرمی بهاره کپور (SVCV) در کپورماهیان همگی ویژگی‌های مشترکی از جمله تلفات بالا (تا ۱۰۰٪ در IHN)، فقدان داروهای ضدویروسی مؤثر، و اتکا به واکسیناسیون، امنیت زیستی و مدیریت کیفیت آب دارند (Afshari et al., 2023; Hillestad et al., 2021; Mohammadisefat et al., 2023; Pyecroft et al., 2022). گیاهان دارویی با خواص محرک سیستم ایمنی از جمله استراگالوس^{۱۲}، شیرین‌بیان^{۱۳} (*Glycyrrhiza glabra*) حاوی گلیسیریزین و فلاونوئیدها، جای سبز و جینسینگ برای افزایش دفاع ضدویروسی ذاتی در دست بررسی هستند (Chattaraj et al., 2022; Hu et al., 2024; Rajil et al., 2020; Wahab et al., 2021). یک خلأ قابل توجه وجود دارد:

بیشتر مطالعات در مرحله پیش‌بالینی هستند و استانداردسازی دوز و تأیید ایمنی برای کاربرد تجاری را ندارند.

۲.۲. ترکیب و تحلیل سازوکارها و کاربردهای گیاه‌درمانی

جدول ۱ عصاره‌های گیاهی مورد استفاده علیه عوامل بیماری‌زای اصلی در آبی‌پرووی را خلاصه می‌کند. سیر از طریق حمام غوطه‌وری، آئروموناس را مهار می‌کند؛ اکیناسه^{۱۴} (آلکامیدها^{۱۵})، پلی‌ساکاریدها) به عنوان پودر خوراکی علیه ایکتیوفتریازیس^{۱۶} مصرف می‌شود؛ چریش به خوراک برای بیماری کلومناریس^{۱۷} افزوده می‌شود؛ زردچوبه (کورکومینوئیدها^{۱۸}) عفونت آئروموناس را هدف قرار می‌دهد؛ زنجبیل (جینجرول^{۱۹})، شوگائول^{۲۰}) در حمام برای بیماری‌های گوارشی و پوستی به کار می‌رود؛ آلوه‌ورا^{۲۱} (پلی‌ساکاریدها، آنتراکینون‌ها^{۲۲}) پوسیدگی باله را درمان می‌کند؛ شیرین‌بیان (گلیسیریزین، فلاونوئیدها) در حمام برای ساپرولگنیازیس استفاده می‌شود؛ ریحان^{۲۳} (اوژنول، لینالول) و بابونه^{۲۴} (آپژنین^{۲۵}) کامازولن^{۲۶}) تریکودینیاژیس^{۲۷} و انگل‌های خارجی را هدف قرار می‌دهند؛ بادرنجبویه^{۲۸} (سیترونال^{۲۹})، اسید رزمارینیک^{۳۰})، خربزه درختی یا پاپایا (پاپائین^{۳۱})، کیموپائین^{۳۲})، آویشن^{۳۳} (تیمول^{۳۴})، کارواکرول^{۳۵})، مریم‌گلی^{۳۶} (کافور^{۳۷})، اسید رزمارینیک^{۳۸} (اسید رزمارینیک^{۳۹})، ۱،۸-سینثول^{۴۰})، کارنوزول^{۴۱})، اسید کافئیک^{۴۲})

lemon balm^{۲۸}
citronellal^{۲۹}
rosmarinic acid^{۳۰}
papain^{۳۱}
thyme^{۳۲}
thymol^{۳۳}
carvacrol^{۳۴}
sage^{۳۵}
camphor^{۳۶}
rosmarinic acid^{۳۷}
rosemary^{۳۸}
Rosmarinic acid^{۳۹}
1,8- Cineole^{۴۰}
carnosol^{۴۱}
caffeic acid^{۴۲}

Astragalus^{۱۲}
licorice^{۱۳}
echinacea^{۱۴}
alkamides^{۱۵}
ichthyophthiriasis^{۱۶}
columnaris^{۱۷}
curcuminoids^{۱۸}
gingerol^{۱۹}
shogaol^{۲۰}
aloe vera^{۲۱}
anthraquinones^{۲۲}
basil^{۲۳}
chamomile^{۲۴}
apigenin^{۲۵}
chamazulene^{۲۶}
trichodiniasis^{۲۷}

سازگار با محیط زیست ارائه دهند (Xia et al., 2020). سیر به دلیل وجود ترکیبات فعال زیستی فراوان مانند آلیسین، آجوتن^{۴۳} و دی‌آلیل سولفید^{۴۴}، دارای خواص ضد باکتریایی قوی است. تولید آلیسین هنگام خرد شدن سیر می‌تواند رشد را سرکوب کرده و میزان مرگ و میر ناشی از بیماری توسط باکتری‌هایی مانند *Aeromonas hydrophila* و سویه‌های *Vibrio* را در آبی پروری کاهش دهد (Espinoza et al., 2020). زردچوبه سرشار از کورکومینوئیدها بود، در حالی که ترکیبات آلیسین و گوگرد موجود در سیر نشان دهنده اثر ضد باکتریایی بالایی است (Espinoza et al., 2020). این مواد طبیعی همچنین می‌توانند به عنوان مکمل‌های غذایی در غذای آبی پروری یا به عنوان عصاره‌های محلول در آب برای بهبود ایمنی و سایر عملکردهای متابولیکی در آبی پروری استفاده شوند (Mendivil Co., 2021).

عصاره‌های ضد انگلی مشتق شده از گیاهان، جایگزین جدید و امیدوارکننده و ایمنی برای درمان‌های شیمیایی در آبی‌پروری ارائه می‌دهند. این رویکرد طبیعی می‌تواند بار انگلی را کاهش داده و وضعیت سلامت ماهی و همچنین میزان بقا را بدون آسیب به محیط زیست افزایش دهد، زیرا آنها به صورت شیمیایی سنتز نشده‌اند (Dawood et al., 2021). عصاره آبی چریش را می‌توان به صورت خوراکی یا مخلوط با غذای ماهی استفاده کرد و مستقیماً در مناطق آسیب دیده اعمال کرد. قارچ‌کش ارگانیک چریش نیز فعالیت باکتریواستاتیک و ضد قارچی دارد. دانه‌های خربزه درختی یا پاپایا، به‌ویژه آن‌هایی که حاوی پاپائین و کیموپاپائین هستند، به‌عنوان درمان‌های ضد انگلی برای دام‌های آبی‌پروری، به‌ویژه علیه نماتدها و کرم‌های نواری، بسیار مورد توجه بوده‌اند (Anees et al., 2024, Radwan et al., 2023).

مجموعه درمانی را کامل می‌کنند (Bharathi et al., 2021; Iqbal et al., 2024; Xia et al., 2020). سازوکارهای ضدباکتریایی شامل اختلال در غشا و مهار آنزیمی است؛ اثرات ضدانگلی از راه سمیت مستقیم و تحریک ایمنی عمل می‌کنند؛ فعالیت ضدقارچی به واسطه تخریب دیواره سلولی میانجیگری می‌شود؛ و اثرات ضدویروسی شامل مهار همانندسازی ویروس و تقویت پاسخ‌های شبیه ایترفرون است (Dawood et al., 2021; Hu et al., 2024). نعنای فلفلی (دارای منتول، منتون) برای درمان بیماری انگلی ایکتیوفتیریازیس، جنسینگ (دارای جینسنوزیدها، پلی ساکارید) برای درمان عفونت قارچی ساپروگلگنیازیس و تقویت سیستم ایمنی ذاتی، پونه کوهی (دارای کارواکترول، تیمول) در درمان عفونت باکتریایی ناشی از آنروموناس، دارچین (دارای سینامالدهید، اوژنول) در درمان عفونت باکتریایی ویبریوز، قاصدک (دارای تاراگزاسترول، فلاونوئیدها) در درمان عفونت باکتریایی ناشی از فلاوباکتریوم ها، گل همیشه بهار (دارای لوتئین، زآگزانتین) و بومادران (دارای سسکوئی‌ترپن‌ها، لاکتون‌ها، فلاونوئیدها) در درمان بیماری انگلی ایکتیوفتیریازیس و افسنتین (دارای آرتمیسینین، سسکوئی‌ترپن‌ها) در درمان کرم های انگلی ابلش می‌توانند موثر باشند (Iqbal et al., 2024).

نتیجه‌گیری کلی این است که گیاهان دارویی کنترل چندهدفه و زیست‌تخریب‌پذیر بیماری را فراهم می‌کنند. با این حال، منابع علمی فاقد کارآزمایی‌های مقایسه‌ای اثربخشی در برابر داروهای متداول و پروتکل‌های عصاره‌گیری استاندارد هستند، خلأهایی که پژوهش‌های آینده باید پر کنند. عصاره‌های گیاهی می‌توانند رشد باکتری‌ها را با قدرتی مشابه آنتی‌بیوتیک‌های مصنوعی مهار کنند و به عنوان یک آنتی‌باکتریال طبیعی برای اهداف آبی‌پروری، گزینه‌ای

استفاده از گیاهان ضد ویروسی سرخارگل^{۴۵} در آبی‌پروری، سیستم ایمنی را، به ویژه در برابر هرپس ویروس گربه ماهی تقویت می‌کند و از تکثیر ویروس جلوگیری می‌کند. می‌توان آن را به صورت عصاره یا مخلوط با غذای ماهی تجویز کرد و مزایایی مانند افزایش ایمنی ذاتی و سازگاری و کاهش عفونت را به همراه دارد (Hu et al., 2024).

شیرین بیان، یکی دیگر از گیاهان دارویی قدرتمند، حاوی گلیسیریزین^{۴۶} و فلاونوئیدها^{۴۷} است که خواص ضد ویروسی موثری مانند تبخال و آنفولانزا دارند. می‌توان آن را به صورت خوراکی یا رقیق شده مصرف کرد تا تکثیر ویروس را مهار

گیاهان ضد قارچ در آبی‌پروری نه تنها به عنوان یک مکانیسم دفاعی در برابر قارچ عمل می‌کنند، بلکه شرایط بهتری را برای افزایش سلامت و بهره‌وری ماهی فراهم می‌کنند (Bharathi et al., 2021). زنجبیل را می‌توان به صورت مایع یا مخلوط با غذای ماهی مصرف کرد. با توجه به مزایای آن به عنوان یک رژیم غذایی آبی‌پروری، دارای اثرات ضد قارچی و خواص گوارشی با طیف گسترده است. ترکیبات روغنی اوژنول و لینالول، به ریحان به عنوان یک گیاه ضد قارچ شهرت بخشیده‌اند. اینها قارچ‌کش‌های قوی علیه عوامل بیماری‌زای ساپروولگنیایی تخم و ماهی هستند (Naliato et al., 2021).

جدول ۱. عصاره‌های گیاهی و کاربردهای آنها در برابر عوامل بیماری‌زای اصلی در آبی‌پروری*

ردیف	نام گیاه	اجزای تشکیل دهنده	نام بیماری ماهی	نوع بیماری	تأثیر بر روی قسمت بدن ماهی	علائم و نشانه‌ها	درمان بر پایه گیاه
۱	سیر	آلیسین، ترکیبات گوگردی	عفونت آئروموناسی	باکتریایی	پوست و آبشش‌ها	ضایعات، خونریزی‌ها	حمام‌های غوطه‌وری با عصاره سیر
۲	سرخارگل	آلکامیدها، پلی‌ساکاریدها	ایکتیوفتیریازیس	انگلی	پوست، آبشش‌ها	لکه‌های سفید، بی‌حالی	مکمل غذایی با پودر اکیناسه
۳	چریش	آزادیراکتین، لیمونوئیدها	بیماری کلومناریس	باکتریایی	پوست، دهان	رشد پنبه‌ای، زخم‌ها	افزودن عصاره برگ چریش به خوراک دام
۴	زردچوبه	کورکومینوئیدها	عفونت آئروموناسی	باکتریایی	پوست، اندام‌های داخلی	خونریزی، التهاب	گنجاندن پودر زردچوبه در رژیم غذایی
۵	زنجبیل	جینجرول، شوگاول	عفونت ویبریو	باکتریایی	دستگاه گوارش	نفخ، از دست دادن اشتها	حمام غوطه‌وری با عصاره زنجبیل
۶	آلوئه ورا	پلی‌ساکاریدها، آنتراکینون‌ها	عفونت با فلاوباکتریوم	باکتریایی	پوست، فلس‌ها	پوسیدگی باله، قرمزی پوست	کاربرد موضعی ژل آلوئه ورا
۷	شیرین بیان	گلیسیریزین، فلاونوئیدها	عفونت ساپروولگنیازیس	قارچی	پوست، آبشش‌ها	رشد پنبه‌ای، سفید، بی‌حالی	حمام درمانی با عصاره شیرین بیان
۸	ریحان	اوژنول، لینالول	عفونت آئروموناسی	باکتریایی	پوست، تنفسی	ضایعات، ناراحتی تنفسی	مکمل غذایی با پودر ریحان

۹	بابونه	آپیژتین، جامازولن	تری‌کودین‌ریازیس	انگلی	آبشش‌ها، پوست	مخاط اضافی، حمام غوطه‌وری با شنای نامنظم چای بابونه
۱۰	بادرنجبویه	سیترونل، اسید رزمارینیک	ایکتیوفتیریزیس	انگلی	پوست، فلس‌ها	لکه‌های سفید، افزودن عصاره سایش با اشیاء بادرنبویه به خوراک دام
۱۱	پاپایا-خربزه درختی	پاپائین، کیموپاپائین	کرم‌های آبشش	انگلی	آبشش‌ها	دیسترس تنفسی، حمام درمانی با مخاط بیش از حد عصاره برگ پاپایا
۱۲	آویشن	تیمول، کارواکرول	عفونت آئروموناسی	باکتریایی	پوست، دستگاه گوارش	ضایعات، نفخ مکمل غذایی با روغن آویشن
۱۳	مریم‌گلی	اسید رزمارینیک، کافور، توژون	عفونت آئروموناسی	باکتریایی	پوست، دستگاه گوارش	ضایعات، مشکلات گوارشی با عصاره مریم‌گلی
۱۴	رزماری	اسید رزمارینیک، کارنوزول، و ۱،۸- سینئول	عفونت ویبریو	باکتریایی	دستگاه گوارش	از دست دادن حمام‌های غوطه‌وری اشتها، با عصاره رزماری التهاب داخلی
۱۵	نعناع فلفلی	منتول، منتون	ایکتیوفتیریزیس) <i>Ichthyophthirius</i> (<i>multifiliis</i>	انگلی	پوست، آبشش‌ها	لکه‌های سفید، افزودن روغن نعناع سوزش به خوراک
۱۶	جینسینگ	جینسنوزیدها، پلی ساکارید	عفونت ساپروگلنیزیس، عفونت ویروسی	قارچی	پوست، فلس‌ها	رشد پنبه‌ای، کاربرد موضعی بی‌حالی عصاره جینسینگ
۱۷	پونه کوهی	کارواکرول، تیمول	عفونت آئروموناسی	باکتریایی	پوست، دستگاه گوارش	ضایعات، مکمل غذایی با مشکلات گوارشی روغن اورگانو
۱۸	دارچین	سینامالدهید، اوزنول	عفونت ویبریو	باکتریایی	دستگاه گوارش	از دست دادن حمام‌های غوطه‌وری اشتها، با عصاره دارچین التهاب داخلی
۱۹	قاصدک	تاراگزاسترول، فلاونوئیدها	عفونت فلاوباکتریومی	باکتریایی	پوست، آبشش‌ها	پوسیدگی باله، مکمل غذایی با قرمزی پوست عصاره قاصدک
۲۰	گل همیشه بهار	لوتئین، زاگزاتین	ایکتیوفتیریزیس	انگلی	پوست، فلس‌ها	لکه‌های سفید، حمام درمانی با سوزش عصاره گل همیشه بهار
۲۱	بومادران	سسکوئی‌ترین‌ها، لاکتون‌ها، فلاونوئیدها	ایکتیوفتیریزیس	انگلی	پوست، آبشش‌ها	لکه‌های سفید، حمام غوطه‌وری با سوزش عصاره بومادران
۲۲	افسنطین	آرتمیسینین، سسکوئی‌ترین‌ها	کرم‌های آبشش	انگلی	آبشش‌ها	اختلال تنفسی، حمام درمانی با موکوس بیش از حد عصاره افسنطین

Anees, A., Gupta, R., Phanindra, P. V., Fabiyi, O.A., Thera, U.K., Bello, T.T. et al. (2024) 7 Green Nanoparticles Synthesis and of Applications. Adv Nanotechnol Plants Methods Appl. 89. doi: 10.1201/b23308-7.

Barde, R.D. (2023) Investigation into the Virulence of *Psuedomonas uorescens* associated with the diseased fresh water *Cirrhina mrigala*. Journal of Survey in Fisheries Sciences. Mar; 10(3S): 1733-42. doi: 10.17762/sfs. v10i3S.610.

Bharathi, S., Antony, C., Uma, A., Sudhan, C., Praveenraj, J., Naduvathu, P.P. (2021) Potential Herbs as Eco-green Drugs for Aquaculture: A Review. Agricultural Reviews. 42(4): 420-6. doi: 10.18805/ag. R-2060.

Buchmann, K. (2022) Control of parasitic diseases in aquaculture. Parasitology. Dec; 149(14): 1985- 97. doi: 10.1017/S0031182022001093.

Bula, B., Etana, M., Abdisa, T., Getu, M. (2023) Epidemiology of Helminthes, Protozoans and Ectoparasites of Fishes: A Review.; 6(1): 1126.

Carbone, D. & Faggio, C. 2016. Importance of prebiotics in aquaculture as immunostimulants. Effects on immune system of *Sparus aurata* and *Dicentrarchus labrax*. Fish & Shellfish Immunology 54: 172-178.

Dawood, M.A.O., El Basuini, M.F., Zaineldin, A.I., Yilmaz, S., Hasan, M.T., Ahmadifar, E. et al. (2021) Antiparasitic and antibacterial functionality of essential oils: An alternative approach for sustainable aquaculture. Pathogens. 10(2): 185. doi: 10.3390/pathogens10020185.

Effendi, I., Yoswaty, D., Syawal, H., Austin, B., Lyndon, A.R., Kurniawan, R. et al. (2022) The use of

کرده و مکانیسم دفاعی را تحریک کند (Wahab et al., 2021).

۳. توصیه‌های ترویجی و جمع بندی

برای خروج از کاربردهای سنتی و تجربی و رسیدن به پروتکل‌های علمی، پژوهش‌های سیستماتیک در محورهای زیر ضروری است:

- تعیین دوز و شیوه تجویز: مشخص‌سازی سطوح بهینه مصرف و مقایسه روش‌ها (افزودنی در جیره خوراکی در برابر حمام‌درمانی/غوطه‌وری).
- فارماکوکینتیک و بقایای بافتی: بررسی رفتار دارو در بدن آبزی و ارزیابی میزان و زمان ماندگاری بقایا در بافت‌های مصرفی.
- اثرات سینرژیک (هم‌افزایی): بررسی نتایج تلفیق هم‌زمان با پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها.
- ارزیابی ایمنی زیستی: سنجش حاشیه ایمنی برای آبزی هدف و سایر ارگانیسم‌های غیرهدف در سامانه.

منابع

Afshari, F., Sotoudeh, E., Mozanzadeh, M. T., & Ghasemi, A. (2023). Dietary mixture of short-chain fatty acids, a phytogenic agent, and a permeabilizer improved growth, antioxidant enzymes, and immunocompetence in whiteleg shrimp juveniles (*Penaeus vannamei*). Aquaculture International, 31(2), 847-866. doi: 10.1007/s10499-022-01003-5.

Al-Fattah, H.A., Mahmoud, N., Al-Razik, A., Al-Moghny, A., Ibrahim, M.S. (2020). Characterization and Pathogenicity of *Streptococcus Iniae* Isolated from *Oreochromis niloticus* Fish Farms in Kafr-Elshiekh Governorate, Egypt. Alexandria Journal of Veterinary Sciences. Apr; 64(2). doi: 10.5455/ajvs.4984617.

- medicinal herbs in aquaculture industry: a review. Current Aspects in Pharmaceutical Research and Development. 7: 7-20. doi: 10.9734/bpi/caprd/v7/2190C.
- Espinoza, T., Valencia, E., Albarrán, M., Díaz, D., Quevedo, R.A., Díaz, O. et al. (2020) Garlic (*Allium sativum* L) and its beneficial properties for health: A review. Agro-industrial Sciences. 10(1): 103-15. doi: 10.17268/agroind.sci.2020.01.14. Gabriel, N.N.; Qiang, J.; He, J.; Ma, X.Y.; Kpundeh, M.D. & Xu, P. 2015. Dietary Aloe Vera supplementation on growth performance, some haemato-biochemical parameters and disease resistance against *Streptococcus iniae* in tilapia (GIFT). Fish & Shellfish Immunology 44 (2): 504-514.
- Hadeld, C., Clayton, L. (2021) editors. Clinical Guide to Fish Medicine. doi: 10.1002/9781119259886.
- Hu, Y., Zhang, X., Shan, L., Liu, L., Chen, J. (2024) The antiviral activity of currently used medicinal plants in aquaculture and structure-activity relationship of their active ingredients. Reviews Aquaculture. 16(1): 154-73. doi: 10.1111/raq.12825.
- Iqbal, T., Salma, U., Umair, M., Iqbal, H., Asmara, Khalid, T., & Hyder, S. (2024). Utilizing Medicinal Plants for Disease Treatment in Aquaculture: An Approach to Improve Fish Health: Medicinal Plants in Aquaculture. MARKHOR (The Journal of Zoology), 5(03). <https://doi.org/10.54393/mjz.v5i03.z.119>.
- Mansour, A.T., Ashour, M., Alprol, A.E., Alsaqu, A.S. (2022) Aquatic plants and aquatic animals in the context of sustainability: Cultivation techniques, integration, and blue revolution. Sustainability. Mar; 14(6), 3257. doi: 10.3390/su14063257.
- Mendivil, CO. (2021) Dietary sh, sh nutrients, and immune function: A review. Frontiers Nutrition. 7: 617652. doi: 10.3389/fnut.2020.617652.
- Naliato, R.F., Carvalho, P.L.P.F., Vicente, I.S.T., Xavier, W dos S., Guimarães, M.G., Rodrigues, E.J.D. et al. (2021) Ginger (*Zingiber ocinale*) powder improves growth performance and immune response but shows limited antioxidant capacity for Nile tilapia infected with *Aeromonas hydrophila*. Aquaculture Nutrition. 27(3): 850-64. doi: 10.1111/anu.13229.
- Nhinh, D.T., Hoa, D.T., Giang, N.T., Van Van, K., Dang, L.T., Crumlish, M. et al. (2023) Synergistic infection of *Edwardsiella ictaluri* and *Flavobacterium oreochromis* in cage cultured tilapia (*Oreochromis* sp.). Journal of Fish Diseases. Oct; 46(10): 1125-36. doi: 10.1111/jfd.13832
- Ogaba, S.E., Solomon, S.G., Omeji, S. (2022) Prevalence of sh Parasites IN *Bagrus bayad* and *Protopterus annectens* from Upper River Benue in Mutum Biu, Taraba State, Nigeria. Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research. Sep; 19(5): 39-53. doi: 10.9734/ajfar/2022/v19i5476.
- Pan, J., Zhu, Y., Abdel-Samie, M.A., Li, C., Cui, H., Lin, L. (2023) Biological properties of essential oil emphasized on the feasibility as antibiotic substitute in feedstuff. Grain & Oil Science and Technology. Mar; 6(1): 10-23. doi: 10.1016/j.gaost.2022.11.001.
- Pérez-Lloréns, J.L., Acosta, Y., Brun, F.G. (2021) Seafood in Mediterranean countries: a culinary journey through history. International Journal of Gastronomy and Food Science. Dec, 26: 100437. doi: 10.1016/j.gfs.2021.100437.
- Reverter, M.; Bontemps, N.; Lecchini, D.; Banaigs, B. & Sasal, P. 2014. Use of plant extracts in fish

aquaculture as an alternative to chemotherapy: Current status and future perspectives. *Aquaculture* 433: 50-61. doi: 10.1016/j.aquaculture.2014.05.048

Sheikha, G. F., Mankod, I, P. C. (2021) A case report of *branchiomyces* sp. infection in carp (*Catla catla*) from Vadodara, Gujarat. In: National Conference on Present Day Biology: Recent Advancements in Biological Sciences.; 34.

Wahab, S., Annadurai, S., Abullais, S.S., Das, G., Ahmad, W., Ahmad, M.F. et al. (2021) *Glycyrrhiza glabra* (Licorice): A comprehensive review on its phytochemistry, biological activities, clinical evidence and toxicology. *Plants*. 10(12): 2751. doi: 10.3390/plants10122751.

Xia, Y-T, Chan GK-L, Wang H-Y, Dong TT-X, Duan R, Hu W-H et al. (2020) The anti-bacterial effects of aerial parts of *Scutellaria baicalensis*: Potential application as an additive in aquaculture feedings. *Aquaculture*. 526: 735418. doi: 10.1016/j.aquaculture.2020.735418.

The use of medicinal plants in the control of aquatic animal diseases: a sustainable approach to promoting fish health

Masoud Seidgar, Ghasem Ashouri*

National Artemia Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Urmia, Iran

Key words	Abstract
Aquaculture Herbal medicine Fish disease Bioactive compounds	The rapid expansion of the aquaculture industry and the increasing density of production have exposed this sector to a serious challenge from infectious diseases. Although the widespread use of antibiotics and chemicals has been effective in the short term, it has entailed consequences such as microbial resistance, bioaccumulation, and environmental degradation. In this context, medicinal plants have emerged as a rich source of bioactive compounds with antimicrobial, anti-inflammatory, and immunomodulatory properties. These plants can be useful as feed supplements for fish to stimulate immune function. Herbal extracts may exert positive effects on animal health through various mechanisms, rather than relying on a single mode of action. It has been shown that the use of medicinal plants as dietary additives enhances immune defense mechanisms. These phytobiological approaches hold promise for environmentally sustainable disease management strategies in aquaculture and support the shift in consumer attitudes towards a demand for safe and sustainable seafood. The benefits offered by herbal therapeutics position them as essential tools for the development of a sustainable and environmentally friendly aquaculture industry.