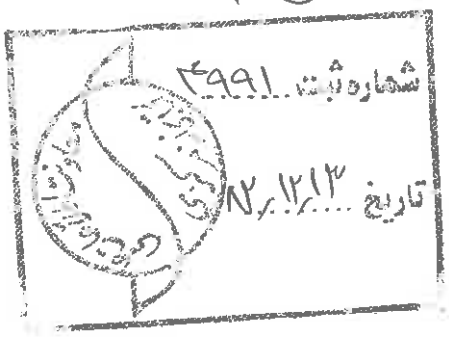
به نام خدا

(۱۴۷۳)

تکثیر و پرورش آزادماهیان

۱۰



مؤلف : علی فرزانفر

ویراستار فنی : منصور شریفیان

سرشناسه: فرزانفر، علی، ۱۳۴۹ -
عنوان و پدیدآور: تکثیر و پرورش آزاد ماهیان/مؤلف علی فرزانفر؛ ویراستار فنی منصور شریفیان
مشخصات نشر: تهران: مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، مدیریت اطلاعات علمی، ۱۳۸۴.
مشخصات ظاهری: ۱۸۰ ص: جدول، نمودار
شابک: ۲۰۰۰۰ ریال :ISBN 964-5856-18-3
یادداشت: واژه‌نامه
یادداشت: کتابنامه: ص. ۱۷۲ـ۱۷۵
موضوع: ماهیها - پرورش و تکثیر
موضوع: ماهی آزاد - پرورش و تکثیر
شناسه افزوده: مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، مدیریت اطلاعات علمی
رده‌بندی کنگره: ۴ف۲م/SH۱۶۷
رده‌بندی دیویی: ۶۳۹/۳۷۵۷
شماره کتابخانه ملی: ۸۵ـ۲۳۴۵۹م

نام کتاب: تکثیر و پرورش آزادماهیان
مؤلف: علی فرزانفر
ویراستار فنی: منصور شریفیان
ویراستار ادبی: گل‌اندام آل‌علی
شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه
چاپ اول: ۱۳۸٤
ناشر: موسسه تحقیقات شیلات ایران - مدیریت اطلاعات علمی
آماده‌سازی و نظارت بر چاپ: انتشارات قصیده‌سرا
شابک: ۳-۱۸-۵۸۵٦-۹٦٤ ISBN: 964-5856-18-3
قیمت: ۲۰۰۰۰ ریال

پیشگفتار

ترویج فرهنگ علم‌آموزی و به شراکت درآوردن جویندگان علم در آموخته‌هایمان، نزد همه اقوام و ملل، کاری بس پسندیده بشمار می‌رود. اینک که با یاری خداوند منان قطره‌ای از اقیانوس بیکران دانش آبزی‌پروری بر ما گشوده شده است، فرصت را غنیمت دانسته و آنرا با دیگران به اشتراک می‌گذاریم.

در عرصه صنعت آبزی‌پروری، حضور انگشت شمار کتب فارسی در پیشخوان کتابفروشی‌ها، برای ما پیام هشداری است که گویا در ذکات علم و نشر آن اندکی کوتاهی داشته‌ایم.

حال که با عنایت به ایزد یکتا، در چند سال اخیر تکثیر و پرورش آزادماهیان، بخصوص قزل‌آلای رنگین کمان در کشورمان، رشد افزونی داشته است، تدوین سیاهه‌ای از مرکب علم و تجربه امری ضروری بنظر می‌رسد.

البته تاکنون تعدادی کتاب در این باب به رشته تحریر درآمده است که هر یک از ارزش اعتبار علمی ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. در این مجموعه سعی گردیده است تا با مدنظر قرار دادن ویژگی‌های آزادماهیان ایران، نکته‌های مبهم در علم تکثیر و پرورش اندکی برای دانش پژوهان بیشتر روشن گردد. در کتابی که پیش روی دارید، اغلب مباحث مرتبط با تکثیر و پرورش این ماهیان در نه فصل مجزا نگاشته شده است. در این کتاب می‌توانید پیرامون زیست‌شناسی آزاد ماهیان ایران، نیازهای زیست‌محیطی، غذا و تغذیه، فعالیتهای جانبی، مولدین، فنون تکثیر و پرواربندی، اصول مهندسی، طراحی استخرها و سیستمهای مداربسته پرورش آزاد ماهیان مطالب مفیدی را مطالعه نمائید. در تدوین این کتاب سعی گردیده است که ضمن تکمیل موضوعات مطروحه در کتاب نخست اینجانب (روشهای نوین در تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان) بیشتر به نکته‌ها و مسائل مهم علمی دیگری پرداخته شود که در سایر کتب تخصصی در حاشیه جای داشتند.

بهر تقدیر بهره‌گیری از اندوخته‌های معلمان و اساتید محترم و نیز استفاده از مفاهیم و عبارات ارزشمند دانشمندان و نویسندگان شایسته، جملگی دو بال مستحکم در انجام این مهم بوده‌اند. از اینرو وظیفه خود می‌داند که ضمن بوسه بر دست آبزی‌پروران زحمتکش، از کلیه اساتید و خبرگان علمی تشکر نموده و همگان را به راهنمایی در تصحیح اشتباهات احتمالی این کتاب دعوت نمایم. همچنین زحمات و راهنماییهای همکاران خود در مؤسسه تحقیقات شیلات ایران بویژه مدیریت اطلاعات علمی، بخش تکثیر و پرورش و نیز مرکز تحقیقات ماهیان سردآبی را ارج می‌نهم. خطوط پایانی این مجموعه در مرکز تحقیقات ماهیان سردآبی شکل گرفت. لذا جای دارد که از همکاریها و رهنمودهای جناب آقای دکتر مرتضی علیزاده قدردانی بعمل آید. بعلاوه، از همکاری بسیار دلسوزانه همسرم سرکار خانم معصومه بیاتی تشکر می‌نمایم که در کلیه مراحل تدوین این کتاب مرا یاری نمودند. همچنین از سرکار خانم زهرا بیاتی برای چیدمان واژه‌های این کتاب نیز کمال قدردانی بعمل می‌آید. ویراستاری علمی نیز توسط متخصصی با تجربه آقای دکتر منصور شریفیان انجام شده است که می‌تواند ضامن مطمئنی در صحت کلام این کتاب باشد. زحمت ویراستاری ادبی این کتاب نیز بعهده سرکار خانم گل‌اندام آل‌علی بوده است که ضمن تشکر، آرزوی توفیق روز افزون برای ایشان را از خداوند متعال خواستارم. در پایان سپاس ایزد یکتا را که مرا در تحریر دومین کتابم یاری نمود.

« علی فرزانفر »

فهرست مطالب

پیشگفتار

مقدمه ۱

فصل اول: رده‌بندی و زیست‌شناسی ۳

۱-۱- تاریخچه پرورش آزادماهیان ۳

۱-۲- رده‌بندی و زیست‌شناسی ۴

۱-۲-۱- آزادماهیان مهم در ایران ۸

۱-۲-۱- زیست‌شناسی عمومی آزادماهیان ۱۲

۱-۲-۲-۱- باله‌ها ۱۲

۱-۲-۲-۱- پوست و فلسها ۱۳

۱-۲-۲-۱- ساختار اسکلتی و ماهیچه‌ای ۱۴

۱-۲-۲-۱- دستگاهها و اندامهای داخلی ۱۶

فصل دوم: نیازهای زیست‌محیطی تکثیر و پرورش آزادماهیان ۳۲

۲-۱- درجه حرارت ۲۲

۲-۲- اکسیژن ۳۴

۲-۳- اسیدیته (pH) ۳۷

۲-۴- آمونیاک و ترکیبات نیتروژنی ۳۸

۲-۵- دی‌اکسید کربن ۴۳

۲-۶- قلیائیت تام ۴۴

۲-۷- سختی آب ۴۴

۲-۸- شوری ۴۶

۲-۹- مواد معلق و کدورت ۴۶

۲-۱۰- سرعت جریان آب ۴۷

۲-۱۱- مقدار جریان آب مورد نیاز ۴۷

۲-۱۲- نور ۴۸

۲-۱۳- منابع آبی مناسب برای پرورش آزاد ماهیان ۴۹

فصل سوم : غذا و تغذیه ۵۲
۱-۳- نیازهای غذایی ۵۲
۱-۱-۳- اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و منابع غذایی پروتئینی ۵۳
۱-۱-۳- اسیدهای چرب، لیپیدها و منابع غذایی چرب ۶۲
۱-۱-۳- هیدراتهای کربن ۶۶
۱-۱-۳- ویتامین‌ها ۶۸
۱-۱-۳- مواد معدنی ۷۰
۲-۳- انواع روشها و تجهیزات غذادهی ۷۴
۱-۲-۳- مدیریت نحوهٔ غذادهی ۷۴
۲-۲-۳- غذادهی دستی ۷۸
۳-۲-۳- غذادهی با تجهیزات مکانیکی ۸۰
۴-۲-۳- شکل غذا و جیره‌های غذایی ۸۱
۳-۳- تأثیر غذا در رشد ماهی ۸۵
۴-۳- تأثیر رنگدانه‌های خوراکی در غذا ۸۷
فصل چهارم: فعالیتهای جانبی ۸۹
۱-۴- رقم‌بندی ماهیان ۸۹
۲-۴- حمل و نقل ۹۲
۱-۲-۴- عوامل مؤثر بر حمل ماهی و نکات مهم ۹۴
۲-۲-۴- تجهیزات مخصوص حمل ماهی ۹۷
۱-۲-۲-۴- مخازن حمل ماهی ۹۷
۲-۲-۲-۴- پمپ و نقاله مخصوص انتقال ماهی از استخر به مخزن حمل ماهی ۹۸
۳-۲-۲-۴- تجهیزات سنجش فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب برای مخازن حمل ماهی ۱۰۰
فصل پنجم: ماهیان مولد ۱۰۱
۱-۵- انتخاب ماهیان مولد ۱۰۱
۲-۵- شرایط نگهداری ماهیان مولد ۱۰۲

۳-۵- تغذیه ماهیان مولد ۱۰۳
۴-۵- برنامه‌های ویژه اختلاط ماهیان مولد برای تکثیر ۱۰۴
فصل ششم: تکثیر آزاد ماهیان ۱۰۷
۱-۶- بیهوشی، تخم‌کشی و اسپرم‌گیری (روش تکثیر و اصول فنی مربوطه)..... ۱۰۷
۲-۶- وسایل و تجهیزات لازم در تکثیر ماهیان مولد ۱۱۰
۱-۲-۶- تفریخگاهها ۱۱۰
۱-۱-۲-۶- کانالها و تراف‌های داخلی سالن انکوباسیون ۱۱۴
۲-۱-۲-۶- میزان جریان آب مورد نیاز و تراکم ۱۱۷
۳-۱-۲-۶- میزان نور در سالن ۱۱۸
۴-۱-۲-۶- نگهداری از تخمها ۱۱۸
۵-۱-۲-۶- نگهداری از لاروها ۱۲۱
۳-۶- تولید بچه ماهی انگشت قد..... ۱۲۳
فصل هفتم : پرواربندی ۱۲۵
۱-۷- پرورش غیر متراکم..... ۱۲۵
۲-۷- پرورش متراکم ۱۲۶
۱-۲-۷- تراکم ماهی..... ۱۲۷
۲-۲-۷- میزان جریان آب مورد نیاز..... ۱۲۸
فصل هشتم: اصول مهندسی استخرها و مخازن نگهداری ماهی ۱۳۰
۱-۸- استخرهای دانمارکی..... ۱۳۰
۲-۸- استخرهای مدور ۱۳۲
۳-۸- کانالهای دراز ۱۳۷
۴-۸- استخرهای دراز ۱۴۰
۵-۸- کانالهای دراز با واحدهای دورانی ۱۴۰
۶-۸- استخرهای بیضی شکل با جریان دورانی..... ۱۴۲
۷-۸- مخازن سیلویی ۱۴۳
فصل نهم: پرورش آزادماهیان در سیستم‌های مداربسته(RAS)..... ۱۴۵
۱-۹- سیستم حذف ذرات معلق ۱۴۶
۱-۱-۹- جداسازی ذرات معلق به روش رسوبگذاری ۱۴۶

۲-۱-۹- جداسازی مواد معلق به روش فیلتر کردن ۱۴۸
۱-۲-۱-۹- فیلترهای میکرواسکرین یا استوانه دوار ۱۴۸
۲-۲-۱-۹- فیلترهای میکرواسکرین با صفحه لغزنده ۱۵۰
۳-۲-۱-۹- فیلترهای میکرواسکرین تسمه‌ای ۱۵۱
۴-۲-۱-۹- فیلترهای شنی ۱۵۱
۳-۱-۹-جداسازی مواد معلق به روش شناور سازی ۱۵۳
۲-۹- سیستم‌های حذف ترکیبات آمونیاکی از آب ۱۵۷
۱-۲-۹- روشهای تصفیه زیستی ۱۵۸
۲-۲-۹- استفاده از سیستم های تبادل یونی برای حذف ترکیبات آمونیاکی ..۱۶۵
۳-۹- سیستم گندزدایی ۱۶۷
۱-۳-۹- اشعه ماوراءبنفش ۱۶۸
۲-۳-۹- ازن (O_3) ۱۷۱
منابع ۱۷۲
واژه نامه ۱۷۶

مقدمه

دریاها و اقیانوسها سالانه قابلیت تولید حدود ۲٤۰ میلیون تن ماهی را دارند. از این میزان بایستی حدود ۸۰ میلیون تن را ذخائر تولید مثلی و ۸۰ میلیون تن غذای سایر ماهیان در نظر گرفت. لذا، انسان فقط می‌تواند به ۸۰ میلیون تن باقیمانده در دریاها اکتفا نماید. از اینرو، برداشت از دریاها محدود بوده و بهره‌برداری بی‌رویه موجب کاهش ذخایر آبزیان و تنزل میزان صید در سالهای آتی می‌گردد. لذا، هر گونه افزایش تقاضا بیش از توان در دریاها و اقیانوسها، تنها از طریق آبزی‌پروری میسر خواهد بود.

چنانچه بخواهیم تعریف جامعی از آبزی‌پروری داشته باشیم، می‌توان آنرا فعالیتی در جهت پرورش انواع گیاهان و جانوران آبزی در محیطهای آبی تعریف کرد. آبزی‌پروری به طور کلی به سه روش : پرورش در سیستمهای مختلف استخری، پرورش در قفس و پرورش در آبهای کم‌عمق ساحلی تقسیم‌بندی می‌گردد.

براساس سالنامه آماری سازمان خواربار جهانی ملل متحد (FAO) ، میزان کل تولید آبزیان پرورشی در سال ۲۰۰۳، بالغ بر ٤۲۳۰٤۱٤۱ تن بوده است. کشور چین با تولید سالانه ۲۸۸۹۲۰۰۵ تن آبزیان پرورشی، در میان کشورهای جهان مقام اول را دارد. براساس همین منبع، ایران نیز با تولید ۹۱۷۱٤ تن آبزیان پرورشی، پس از کشور یونان در مقام بیست و پنجم جهان قرار دارد. در سال ۲۰۰٤، میزان تولید آزادماهیان در جهان حدود ۱۹۷۸۱۰۹ تن، بوده است و این در حالیست که ایران در همین سال تنها با تولید ۳۰۰۰۰ تن ماهی قزل‌آلای رنگین کمان، یک و نیم درصد از تولید جهانی آزادماهیان را بخود اختصاص داده است. از سوی دیگر، طی ده سال اخیر، روند صعودی میزان تولید ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در ایران پیشرفت بسیار قابل توجهی داشته است. بطوریکه میزان تولید سالانه این ماهی در سال ۱۹۸٤، از مقدار ۵۰۰ تن، به مرز ۳۰۰۰۰ تن در سال ۱۳۸۳ رسیده است (Fish State., 2004).

با نگاهی اجمالی به وضعیت تولید آزادماهیان پرورشی در جهان و مقایسه آن با ایران، در می‌یابیم که در حال حاضر تنها سهم کوچکی از سهم تولید این آبزیان با ارزش به ما تعلق دارد. حضور ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بعنوان تنها گونه اصلی متعلق به خانواده آزادماهیان در کارگاههای پرورش ماهیان سردآبی در کشور می‌تواند عامل بالقوه بروز مشکلات و مسائل مرتبط با تکثیر و پرورش تک‌گونه‌ای آبزیان باشد. بعلاوه، وجود مراکز متعدد تکثیر و پرورش این ماهیان با یک منبع تأمین آب مشترک می‌تواند زنگ خطر بسیار جدی برای تولیدکنندگان محسوب گردد.فقدان یا بکارگیری ناصحیح قوانین موجود در رعایت احداث مزارع پرورش ماهی و همچنین فقدان سیستمهای تصفیه پساب مزارع نیز می‌تواند موجب بروز مسائل زیست‌محیطی و بیولوژیک غیرقابل جبرانی گردد. در زمینه توسعه پایدار تولید آزادماهیان پرورشی، اشاره به برخی نکته‌های دیگر نظیر بهبود وضعیت ژنتیکی و تولید نژادهای مقاوم با رشد بیشتر، کاهش ضریب تبدیل غذا به گوشت، بهبود مدیریت تولید و بهداشتی، توسعه صنایع مرتبط با فرآوری و همچنین بازاریابی و صادرات، امری بسیار با اهمیت محسوب شده که بایستی بیشتر بدان پرداخته شود.

لذا، بهره‌گیری علمی از منابع مستعد آبی کشور از جمله رودخانه‌ها، قنوات، چاه‌ها، آب‌بندانها، سدها و حتی منابع آبی لب‌شور می‌تواند تا حد فراوانی به افزایش تولید آبزیان بخصوص آزادماهیان کمک نماید. با توجه به قرارگیری ایران در منطقه خشک و نیمه خشک جغرافیایی و نیز اهمیت فراوان منابع آبی، ترویج استفاده از سیستمهای مداربسته پرورش ماهیان سردآبی می‌تواند از اهمیت شایانی برخوردار باشد. لذا، نگاهی علمی‌تر بر فرآیند ساخت این کارگاهها و نیز مدیریت تولید در آنها می‌تواند تا حد زیادی در رفع مشکلات موجود مفید واقع گردد.

« فصل اول»

رده‌بندی و زیست شناسی آزادماهیان

۱-۱: تاریخچه پرورش آزاد ماهیان

ماهی آزاد[۱]، قزل‌آلا[۲] و ماهی آزادچار[۳] متعلق به جنس انکورینچوس[۴] و سالولینوس[۵] می‌باشند که بومی آبهای سرد مناطق نیمکره شمالی هستند و در آبهای شیرین تخمریزی می‌نمایند.

نخستین مطلب نگاشته شده در خصوص آزادماهیان متعلق به آقای "پلینی"[۶] در کتاب "تاریخ طبیعی" مربوط به قرن اول پس از میلاد می‌باشد که در آنجا کلمه "سالمو" [۷] به معنی "ماهی آزاد" قید شده است. بعلاوه، در سال ۱۵۲۷ میلادی توسط آقای "هکتور بوس"[۸] استاد دانشگاه آبردین[۹] اطلاعات عمومی در خصوص تاریخچه زندگی، مهاجرت‌های مربوط به تخمریزی، رفتارهای تخمریزی و کلیاتی درباره لارو و نوزاد این ماهیان منتشر شده است (Pennel & Barton,1996). تاریخچه پرورش آبزیان[۱۰]متعلق به چهار هزار سال پیش در منطقه شرق آسیاست که با پرورش کپور ماهیان در کشور چین آغاز شد. پرورش آزاد ماهیان که شاخه‌ای از صنعت پرورش

1-Salmon 2-Trout 3-Charr 4-Oncorhynchus 5-Salvelinus
6-Pliny 7-Salmo 8-Boece 9-University of Aberdeen
10- Aquacultre

آبزیـان است، از دهـه ۱۸۶۰ در اروپا بطور وسیع پایه‌گذاری شد (Heen *et al.*, 1993).

در قرن ۱۴ میلادی آقای "ابی"، اذعان داشت که او تخمهای بارور شده‌ای از ماهی آزاد داشته که با قرار دادن آنها در داخل جعبه‌ای چوبی در زیر سنگریزه‌های بستر رودخانه موفق به دستیابی بچه‌ماهی از آنها شده است (Pennel & Barton, 1996). از دهه ۱۸۶۰، صنعت پرورش آزاد ماهیان از دانمارک به نروژ گسترش یافت. از دهه ۱۹۷۰، پرورش آزاد ماهیان در اغلب نقاط اروپا متداول شد. در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰، پرورش ماهی قزل‌آلا با استفاده از آب دریا انجام پذیرفت. در سال ۱۹۶۵، آقای "مووی" [۱] اقدام به پرورش ماهی آزاد در قسمت محصور شده‌ای از دریا نمود. در سال ۱۹۶۹، سیستم‌های شناور[۲] پرورش ماهی در نروژ پایه‌گذاری شد و بتدریج **تا به امروز صنعت پرورش آزادماهیان به شکل کنونی در اغلب نقاط جهان گسترش** پیدا کرده است (Heen *et al.*, 1993).

۲-۱: رده‌بندی آزادماهیان

این ماهیان از راسته آزادماهی شکلان[۳] و مشتمل بر شش خانواده که عبارتند از: آزادماهیان[۴]، سفیدماهیان[۵]، بلندباله ماهیان[۶] ، نازک فلس ماهیان[۷]، اردک ماهیان[۸] و سگ ماهیان[۹] که در این مجموعه تنها خانواده نخست، بطور مختصر تشریح می‌گردد.

از جنس‌های معروف این خانواده می‌توان به جنس سالمو[۱۰]، هاچو[۱۱]، اونکورهینچوس[۱۲]، سالموتیموس[۱۳]، سالولینوس[۱۴] و استنودوس[۱۵]، اشاره نمود.

1- Movey 2- Floating pen culture 3- Salmoniforms 4- Salmonidae 5- Coregonidae
6- Thymalidae 7- Osmeridae 8- Esocidae 9- Umberidae 10 - Salmo
11- Hucho 12- Oncorhynchus 13- Salmothymus 14- Salvelinus 15- Stenodus

ماهیان این خانواده فاقد مجرای تخم‌بر بوده و پس از رسیدگی، تخمها در حفره شکمی افتاده و پس از عبور از مجرای تناسلی به خارج هدایت می‌شوند. از اینرو با کشیدن ملایم دست در زیر شکم ماهی مولد، تخمها براحتی خارج می‌شوند. ماهیان این خانواده در آبهای سرد با اکسیژن فراوان زندگی و در پاییز و زمستان تخمریزی می‌نمایند.

در میان خانواده‌های راسته آزادماهی شکلان بجز خانواده‌های اردک ماهیان و سگ ماهیان، مابقی دارای یک باله چربی کوچک هستند که در حد واسط بین باله پشتی و دمی آنها قرار دارد و فاقد شعاعهای استخوانی سخت و نرم می باشند(وثوقی و مستجیر،۱۳۷۱).

آزادماهیان در اغلب نقاط جهان پراکنش گسترده‌ای دارند. این ماهیان در زمره ماهیان سرد آبی محسوب می‌گردند و اغلب متعلق به مناطق سردسیری یا معتدله جهان می‌باشند (جدول ۱-۱).

در گذشته ماهی قزل‌آلا رنگین کمان را متعلق به جنس Salmo و Salvelinus قلمداد می‌کردند، در حالیکه ماهی آزاد را مربوط به جنس Oncorhynchusمی‌دانستند. اما در سال ۱۹۸۹، ماهی قزل‌آلای رنگین کمان را که قبلاً تحت عنوان علمی *Salmo gairdneri* معروف بود، جزو جنس Oncorhynchus طبقه بندی نمودند. امروزه قزل‌آلای رنگین کمان با نام علمی *O. mykiss* معروف است و از لحاظ علمی این ماهی جزو گونه‌های آزاد ماهیان محسوب می‌گردد (Stickney, 1991).

در بین خانواده آزاد ماهیان، قزل‌آلای رنگین کمان، قزل‌آلای خال قرمز، ماهی آزاد دریای خزر و میزان محدودی ماهی آزاد زیبا و ماهی آزاد کتا، در آبهای ایران یافت می‌شوند که در این مجموعه بطور مختصر معرفی می‌گردند.

جدول ۱-۱ : نام علمی ، نام عمومی و نام قاره‌ای که آزادماهیان در آن پراکنش گسترده‌ای دارند

(اقتباس از کتاب Pannell & Barton, 1996)

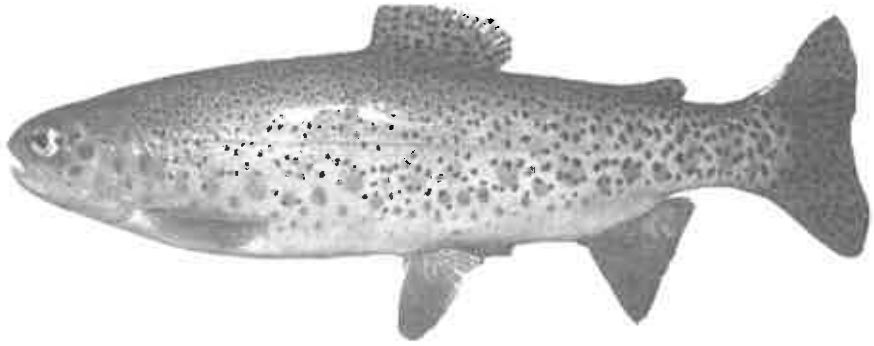
نام علمی	نام عمومی	خاستگاه
Oncorhynchus Spp.	***ماهی قزل‌آلا و آزاد***	
O. aguabonita	قزل آلای طلایی	آمریکای شمالی
O. apache	قزل آلای آپاچی	آمریکای شمالی
O. chysogaster	قزل آلای طلایی مکزیکی	آمریکای شمالی
O. clarki	قزل آلای گلوبریده	آمریکای شمالی
O. gilae	قزل آلای گیلا	آمریکای شمالی
O. gorbuscha	ماهی آزاد صورتی یا کوژپشت	آسیاو آمریکای شمالی
O. keta	ماهی آزاد چام- سگ آزادماهی، آزادماهی کتا	آسیاو آمریکای شمالی
O. kisutch	ماهی آزاد کوهو- ماهی آزاد نقره ای	آسیا و آمریکای شمالی
O. masou	ماهی آزاد ماسو-گیلاس آزاد ماهی – یامامه	آسیا
O. mykiss	ماهی قزل آلای رنگین کمان، قزل آلای سرنقره ای	آسیاو آمریکای شمالی
O. nerka	ماهی آزادساک آمی، کوکانی، ماهی آزاد قرمز	آسیاو آمریکای شمالی
O. rhodurus	ماهی آزاد آماگو، بیواماسو	آسیا
O. tshawytscha	ماهی آزاد چینوک، شاه ماهی آزاد آزاد ماهی بهاری، تایی	آسیاو آمریکای شمالی
Salmo Spp.	***قزل‌آلا***	
S. ischchan	قزل آلای سوان	اروپا
S. letnica	قزل آلای اورید	اروپا
S. platycephalus	قزل آلای سر پهن	اروپا
S. salar	ماهی آزاد اقیانوس اطلس، ماهی آزاد سباگو	اروپا و آمریکای شمالی
S. trutta	قزل آلای قهوه ای، قزل آلای آریایی	اروپا
S. trutta caspius	قزل آلای دریای خزر، ماهی آزاد دریاچه خزر	آسیا
S. trutta fario	قزل آلای خال قرمز	

ادامه جدول ۱-۱ :

خاستگاه	نام عمومی	نام علمی
	چـارها	***Salvelinus Spp.***
آسیا، اروپا و آمریکای شمالی	چار قطبی، چار، قزل آلای سانایی، آزادماهی مهاجر آلپ	*S. alpinus*
آمریکای شمالی	قزل آلای گاری، چار گاری	*S. confluentus*
آمریکای شمالی	قزل آلای جویباری، چار جویباری	*S. fontinalis*
آسیا	چار خال سفید، چار ژاپنی	*S. leucomaenis*
آسیاو آمریکای شمالی	چار دالی واردن	*S. malma*
آمریکای شمالی	قزل‌آلای دریاچه ای، چار دریاچه ای	*S. namaycush*
	هاچن‌ها	***Hucho Spp.***
اروپا	هاچن، ماهی آزاد دانوب	*H. hucho*
آسیا	هاچن ژاپنی، ماهی چشمه ای	*H. perryi*
آسیا و اروپا	تایمن	*H. taimen*
		Salmothymus Spp.
اروپا	قزل‌آلای آدریاتیک مکومنا	*S. obtusirostris*
	هیبریدها	
	قزل‌آلای ببری اسپلایک	*Salmotrutta×Salvelinus fontinalis* *Salvelinusfontinalis×S.namaycush*

۱-۲-۱ : آزاد ماهیان مهم در ایران

۱- ۱-۲-۱ : ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)



شکل ۱-۱ : ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

این ماهی دارای یک نوار پهن بصورت رنگین کمان در هر طرف بدن است و روی سر، بدن، پشت، باله چربی و باله دمی آن لکه‌های تیره رنگی مشاهده می‌شود. حداکثر طول این ماهی ۷۰ سانتی‌متر و وزن آن به ۷ کیلوگرم بالغ می‌گردد. قزل‌آلای رنگین کمان از سال ۱۸۸۰ از آمریکای شمالی به سایر نقاط دنیا انتقال یافت. این ماهی را متعلق به گروه ماهیان رودرو[1] می‌دانند. یعنی کلیه مهاجرت‌های تولیدمثلی خود را درآب شیرین انجام می‌دهد(وثوقی و مستجیر، ۱۳۷۱). این ماهی بطور طبیعی در ایران، در دریاچه‌هایی با آب سرد، نهرها و رودخانه‌هایی با بستر قلوه سنگی و سنگلاخی بسر می‌برد. زیستگاه این ماهی تا حدی مشابه قزل‌آلای خال قرمز می‌باشد. در اغلب رودخانه‌های حوزه جنوبی دریای خزر بوسیله انسان معرفی شده است(نادری جلودار و عبدلی،۱۳۸۳).

1-Potamodromous

این ماهی دارای قابلیت بسیار خوبی برای پذیرش غذای دستی و پرورش مصنوعی است و از سرعت رشد قابل قبولی برخوردار می‌باشد.

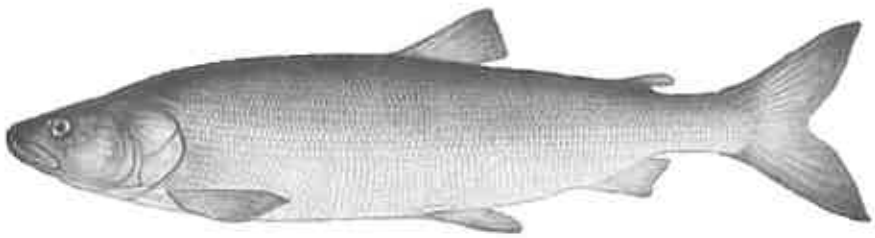
۲- ۱-۲-۱ : ماهی قزل‌آلای خال قرمز *(Salmo trutta fario)*

شکل ۲-۱ : ماهی قزل‌آلای خال قرمز *(Salmo trutta fario)*
(اقتباس از نادری جلودارو عبدلی، ۱۳۸۳)

رنگ بدن این ماهی، در پشت زیتونی تا سیاه متمایل به قهوه‌ای، پهلوها نقره‌ای یا زرد و نارنجی رنگ و شکم متمایل به زرد می‌باشد. باله چربی آن به رنگ روشن و اطراف خط جانبی آن خالهای سیاه و قرمز رنگ مشاهده می‌شوند. طول آن حداکثر به ۶۰-۵۰ سانتی‌متر می‌رسد (شکل ۲-۱) . این ماهی مهاجر بوده، در اعماق دریاچه‌ها زندگی می‌نماید و برای تخمریزی در فصل پاییز وارد دهانه رودخانه‌ها شده، تخمریزی می‌کند و در همین منطقه بچه ماهیان رشد می‌کنند و در سنین ۳-۱ سالگی و معمولاً در اوائل بهار وارد دریاچه می‌شوند. ماهیان مسن‌تر اغلب در عمق آب و ماهیان جوان در سطح آب یافت می‌شوند. این ماهی در رودخانه‌هایی با آب زلال و سرد و سرشار از اکسیژن زندگی می‌کنند. ماهیان نر این گونه در ۲ سالگی و ماده‌ها در ۳ سالگی بالغ می‌شوند. آنها به محل زیست خود بسیار علاقمندند و از آن بشدت دفاع می‌کنند(وثوقی و مستجیر،۱۳۷۱). این ماهی در مناطقی با دمای آب کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد و آبهای پر اکسیژن زندگی می‌نمایند. این گونه هنگام مهاجرت جهت تولید مثل نیاز به آب با جریان تند بیش از یک متر بر ثانیه و بستر سنگلاخی توأم با

قلوه سنگی دارند. در قسمتهای فوقانی اغلب رودخانه‌های حوزه جنوب دریای خزر از ارس تا رودخانه تجن و سایر مناطق کوهستانی داخل کشور مشاهده می‌شوند. در میان رودخانه‌های مربوط به حوزه البرز مرکزی، رودخانه هراز و سد لار دارای بیشترین فراوانی این گونه هستند (نادری جلودار و عبدلی، ۱۳۸۳).

۳-۱-۲-۱ : ماهی آزاد زیبا (*Stenodus leucichthys*)



شکل ۳-۱: ماهی آزاد زیبا (*Stenodus leucichthys*)

وجه تمایز این ماهی با سایر گونه‌های آزاد ماهیان در ایران، بزرگ بودن فلسها و داشتن فلسهای کمتر روی خط جانبی می‌باشد. بعلاوه، این ماهی دارای رنگی روشن و فاقد خالهای تیره است(شکل ۳-۱). ماهی آزاد زیبا، در تابستان و فصول گرم مناطق میانی و جنوبی دریای خزر را ترجیح می‌دهد و در زمستان به قسمتهای شمالی می‌رود. اغلب آنها جهت تولید مثل به رودخانه ولگا مهاجرت می‌نمایند. این ماهی بندرت در قسمتهای غربی سواحل ایران یافت می‌شود(نادری جلودار و عبدلی، ۱۳۸۳).

۴ – ۱-۲-۱ : ماهی آزاد کتا (*Oncorhynchus keta*)

شکل۴-۱: ماهی آزاد کتا(*Oncorhynchus keta*)

این ماهی فاقد لکه‌های سیاه روی بدن و باله دمی است، اما باله چربی و دندانهای ومر(Vomer) همانند سایر آزاد ماهیان مشاهده می‌شود. رنگ این ماهی در حالت معمولی نقره‌ای است، اما هنگام مهاجرت برای تولید مثل، به رنگ زرد تغییر می‌کند (شکل ۴-۱) . طی سالهای ۱۹۶۶-۱۹۶۲، ماهی آزاد کتا به دریای خزر معرفی گردید. تعداد معدودی از این گونه در ناحیه آستارا و انزلی یافت شده است(نادری جلودار و عبدلی، ۱۳۸۳).

۵- ۱-۲-۱ : ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*)

شکل۵-۱: ماهی آزاد دریای خزر(*Salmo trutta caspius*)(اقتباس از نادری جلودار و عبدلی، ۱۳۸۳)

رنگ بدن این ماهی نقره‌ای است و در پهلوها لکه‌های ستاره‌ای شکل دیده می‌شود. باله پشتی و مخرجی این ماهی دارای لکه‌های رنگی می‌باشند(شکل ۵-۱) . طول متوسط این ماهی حدود ۷۷ سانتی‌متر و وزن آن حدود ۴۸۰۰ گرم است. محل زندگی آن کرانه‌های دریای خزر می‌باشد و جهت تخمریزی در اواخر پاییز و اوایل زمستان، وارد رودخانه‌های منتهی به دریای خزر می‌شود. تعداد کلی تخمکهای این ماهی بطور متوسط ۷۰۵۶ عدد و قطر آنها بطور متوسط بالغ بر ۵/۱ میلی‌متر می‌گردد. غذای این ماهی در سنین پایین اغلب لارو حشرات و در سنین بالاتر، از ماهیان کوچکتر تغذیه می‌نماید(وثوقی و مستجیر، ۱۳۷۱). بیشترین فراوانی این گونه مربوط به قسمت‌های غربی حوزه جنوب دریای خزر و آبهای سرد می‌باشد. ماهیهای بالغ جهت تولید مثل در دو فصل بهار و پاییز به برخی رودخانه‌های استانهای گیلان(شفارود و گرگانرود) و مازندران (سردآبرود، چشمه کیله، چالوس) مهاجرت می‌نمایند(نادری جلودار و عبدلی،۱۳۸۳).

۲-۲-۱ : زیست شناسی عمومی آزادماهیان

اغلب آزادماهیان بخصوص گونه‌هایی که بیشتر تحت پرورش قرار می‌گیرند، دارای آناتومی و خصوصیات فیزیولوژیک مشترکی هستند. بطوریکه بیشتر افراد بسادگی قادر به تشخیص نوع گونه بچه ماهیان کوچک این خانواده نمی‌باشند.

۱-۲-۲-۱ : باله‌ها

باله‌های سینه‌ای این ماهیان در دو سوی نیمه پایینی هر طرف بدن قرار دارد. یک جفت باله شکمی نیز در سطح پایینی شکم بچشم می‌خورد. همچنین یک عدد باله مخرجی در محلی نزدیک مخرج وجود دارد. در انتهای بدن این ماهیان یک عدد باله دمی مشاهده می‌شود. بعلاوه، یک عدد باله چربی کوچک در سطح پشتی بدن بین باله پشتی و دمی قرار گرفته است و فقط این باله توسط شعاعهای استخوانی حمایت نمی‌گردد.

۲-۲-۲-۱: پوست و فلسها

تمامی سطح بدن بجز منطقه سر و باله‌ها از فلس‌های مدور پوشیده شده است. لاروها تا اندازه ۳ سانتی‌متری فاقد هرگونه فلس می‌باشند. اما پس از آن فلسها شروع به رشد کرده و روی آن پس از چندی از موکوس چسبناکی پوشانده می‌شود (Sedgwick, 1988).

پوست در این ماهیان از سه بخش لایه فوقانی، میانی و تحتانی تشکیل یافته است که بترتیب هر یک از زیر بخشهای اپی‌درم، مزودرم و درم ساخته شده‌اند. اپی‌درم لایه نازک و شفافی است که شامل غدد تخصص یافته‌ای به‌نام سلولهای کاسه‌ای می‌باشد که وظیفه تولید موکوس را بعهده دارند و هنگام بروز استرس، تعداد آنها بیشتر می‌شود. لایه‌های موکوسی در ماهیان وظایف مهمی را بعهده دارند که از جمله می‌توان به ایجاد حالت تعادل اسمزی و همچنین محافظت مکانیکی و بیولوژیک در برابر ورود عوامل بیماریزا اشاره کرد. از اینرو، چون ماهی قزل‌آلای رنگین کمان نسبت به ماهی آزاد اقیانوس اطلس دارای لایه ضخیم‌تری از این مواد موکوسی هستند، لذا در برابر بیماریهای انگلی و بسیاری از بیماریهای دیگر، مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهد. مطالعات نشان داده‌اند که موکوس حاوی موادی است که می‌تواند بهترین سد دفاعی در برابر ورود عوامل بیماریزا نظیر قارچها، انگل‌ها و باکتری‌ها باشد.

در زیر اپیدرم، فلس‌ها جای گرفته‌اند که از مواد استخوانی تشکیل شده و در کیسه‌های کوچکی جای گرفته‌اند. بدن ماهی و فلس‌ها در فصل تابستان سریعتر از زمستان رشد می‌نماید، لذا سطح فلس‌ها بصورت دوایر متحدالمرکز تیره و روشن می‌توانند بیانگر میزان رشد و سن ماهی باشند. هنگامیکه یک فلس صدمه دیده یا می‌افتد، فلس جدیدی جایگزین آن می‌گردد. لایه پایین‌تر، درم است که در زیر فلس‌ها قرار دارد و مسئول ایجاد حرکات کششی و انعطافی پوست است.

آزاد ماهیان جوان هنگامیکه در بستر آب در حال شنا کردن می‌باشند، دارای رنگی کاملاً مشخص هستند. این ماهیان دارای رنگ‌آمیزی بخصوصی از ترکیب رنگهای

خاکستری ـ سبز و قهوه‌ای بوده و در بخشهای فوقانی بدن آنها ۱۲-۸ لکه تیره (علامت و ویژگی آزاد ماهیان در حالت پار[۱]) بهمراه لکه‌های ریزتر سیاه یا قرمز بچشم می‌خورد. هنگام تخمریزی، آزاد ماهیان رنگ خود را تغییر می‌دهند که این حالت موجب جلب توجه جنس مخالف می‌گردد. زیباترین وضعیت این تغییر رنگ اغلب در ماهی "چار[۲]" یا کتا " هنگامی روی می‌دهد که ماهی با تن کردن لباس عروسی به رنگهای قرمز، سفید، مشکی و نقره‌ای درمی‌آید. تغییر رنگ معمولاً تحت کنترل سیستم‌های عصبی و هورمونی بوده و سلولهایی بنام کروماتوفور[۳] موجب بروز تغییرات رنگی در سطح پوست ماهی می‌گردد. کروماتوفورها به سه دسته تقسیم می‌گردند، که عبارتند از (Willoughby, 1999):

الف) ملانوفورها[٤] : شامل رنگدانه‌های ملانینی و مسئول ایجاد رنگهای سیاه یا قهوه‌ای می‌باشند.

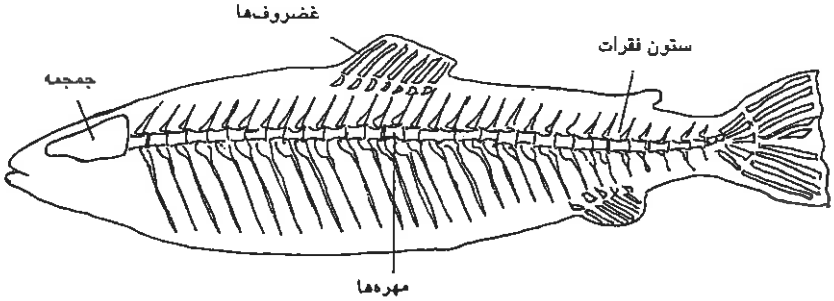
ب) ایریدوفورها[٥] : شامل رنگدانه‌های گوانینی و مسئول ایجاد رنگهای نقره‌ای هستند.

ج) گزانتوفورها[٦] : شامل رنگدانه‌های کاروتنوئیدی و مسئول ایجاد رنگهای زرد یا قرمز می‌باشند.

۳-۲-۲-۱ : *ساختار اسکلتی و ماهیچه‌ای*

اسکلت بدن آزاد ماهیان جوان همانند سایر جانوران از غضروف ساخته شده است که بتدریج با مواد کلسیمی اشباع و تبدیل به ساختار استخوانی می‌گردند. شکل عمومی اسکلت بدنی آزاد ماهیان در شکل (۶-۱) مشخص شده است (Willoughby, 1999).

1-Parr 2-Charr 3-Chromatography 4-Melanophores 5- Iridophores 6- Xanthophores



شکل۶-۱: ساختار عمومی اسکلت آزاد ماهیان (اقتباس از کتاب Salmonid Farming)

حدود ۶۶- ۵۵ درصد از حجم ماهیچه‌های بدن آزادماهیان را ماهیچه‌های سفید تشکیل می‌دهند. ماهیچه‌های سفید از پوشش مویرگی و خونرسانی ضعیفی برخوردارند. از اینرو اغلب در مواقعی که جانور نیاز به حرکت‌های بسیار سریع در مدتی کوتاه دارند، اینگونه ماهیچه‌ها بکار گرفته می‌شوند. ماهیچه های قرمز، نوع دیگری از عضلات در آزادماهیان هستند که بدلیل وجود شبکه‌های مویرگی خونی فراوان در آنها، رنگ تیره‌تری نسبت به نوع اول دارند. این دسته از عضلات، اغلب در فعالیت‌های طولانی‌تر و شناهای متداول بکار گرفته می‌شوند. عضلات تیره در آزاد ماهیان حدود ۱ درصد از کل وزن بدن را تشکیل می‌دهند. اما در بخش ساقه دمی این ماهیها، ۱۵ درصد از عضلات تیره می‌باشند (Pennell & Barton, 1996).

رنگ طبیعی صورتی عضلات آزادماهیان وحشی به علت وجود رنگدانه‌های طبیعی در غذای آزاد ماهیان می‌باشد. حضور رنگدانه‌های طبیعی در پلانکتونها که مورد تغذیه شگ ماهیان و بدنبال آن آزادماهیان قرار می‌گیرند، از علل اصلی بروز رنگ صورتی در آزادماهیان دریایی هستند. آستاگزانتین[1] مهمترین رنگدانه موجود در عضلات آزادماهیان دریایی است. در آزادماهیان پرورشی به‌علت فقدان این رنگدانه

1- Astaxanthin

و بمنظور رسیدن به رنگ مشتری‌پسند، مناسب است از سایر ترکیبات مجاز رنگی نظیر رنگدانه کانتاگزانتین[۱] در غذای ماهی استفاده نمود (Willoughby, 1999).

۴-۲-۲-۱: دستگاهها و اندامهای داخلی

۱- *دستگاه گردش خون و اندامهای مربوطه*

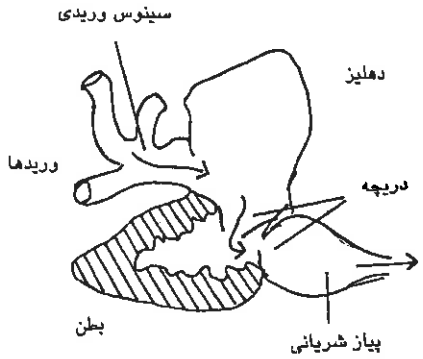
الف) قلب

در آزاد ماهیان نظیر سایر ماهیها قلب در انتهای محفظه شکمی، پشت سر و زیر ستون مهره‌ها جای گرفته است. محوطه شکمی از انتها به سوراخ مخرجی و از سوی دیگر به انتهای محل اتصال باله‌های سینه‌ای به بدن ختم می‌گردد (بسیاری از اندامهای داخلی بدن ماهیها در این ناحیه وجود دارند)(Sedgwick, 1988) .

قلب توسط یک دیواره عمودی (چین صفاقی) از جنس بافت پیوندی از حفره شکمی جدا شده است (ماهیان فاقد پرده دیافراگم می‌باشند). بخشهای مختلف قلب عبارتند از: ۱- سینوس وریدی[۲] که وظیفه آن جمع‌آوری خونی است که از تمام قسمتهای بدن می‌آید، ۲- دهلیز [۳]، ۳- بطن [٤] ، ۴- پیاز شریانی[٥].

سینوس و دهلیز دارای دیواره نازک ولی بطن دارای دیواره ضخیم عضلانی است که از دو لایه به نامهای "پارس کورتیکالز" [٦] و "پارس اسپونجیوزا" [۷] تشکیل شده است. میان بطن و آئورت شکمی، پیاز شریانی قرار دارد که از برگشت خون جلوگیری می‌کند (وثوقی و مستجیر، ۱۳۷۱) (شکل ۷-۱).

1-Canthaxanthin 2-Sinus 3-Atium 4-Ventricel 5-Bulbus arteriosus
6- Pars corticals 7- Pars spongiosa



شکل ۷-۱: ساختار عمومی قلب ماهی (اقتباس از کتاب Willoughby, 1999)

ب) خون

دامنه حجم خون در گردش اولیه ۷-۳ درصد می‌باشد که حاوی سلولهای خونی و مایع پلاسماست. سلولهای خونی در طحال و کلیه تشکیل می شوند. بعلاوه، درمیان آزاد ماهیان جوان، غده تیموس نیز (که در ناحیه حلقی جای گرفته) در تولید گلبولهای سفید نقش مؤثری دارد.

سلولهای خونی معادل ۴۵-۲۵ درصد از حجم کلی خون را اشغال می‌کنند که به آن "هماتوکریت" اطلاق می‌گردد. در خون ماهیان به طور عمده دو نوع سلول خونی گلبولهای قرمز (اریتروسیت) و گلبولهای سفید (لوکوسیت) یافت می‌شود. میزان هماتوکریت با وضعیت محیطی جانور و نوع گونه متفاوت است. در صورت وجود عوامل بیماریزا در بدن یا بهم خوردن تعادل تراکم مواد معدنی در خون یا هر دو این عوامل، میزان هماتوکریت متغیر خواهد بود. بعلاوه، حجم بسیار زیاد هماتوکریت نیز خود می‌تواند بیانگر احتمال وجود شرایط محیطی نامساعد همراه با استرس باشد. لوکوسیت‌ها نیز که از سایر سلولهای خونی محسوب می‌گردند، در هر میلی‌متر مکعب خون تراکمی حدود ۸×۱۰^{۳} الی ۲۱×۱۰^{۳} دارند. از جمله مهمترین

لوکوسیت‌ها، می‌توان به لنفوسیت‌ها، ترومبوسیت‌ها، مونوسیت‌ها یا ماکروفاژها و گرانولوسیت‌ها اشاره نمود. لوکوسیت‌ها در برابر عوامل گوناگون بیماریزا در بدن ماهی مقاومت ایجاد می‌کنند و پاسخهای ایمنی مختلفی بوجود می‌آورند. وظیفه اصلی این سلولها تولید پادتن می‌باشد. ترومبوسیت‌ها اغلب در فرآیند لخته شدن خون نقش دارند. مونوسیت‌ها، ماکروفاژها و گرانوسیت‌ها، وظیفه ریزه‌خواری دارند، بعلاوه گرانوسیت‌ها موادی برای ازبین بردن باکتریها ترشح می‌نمایند (Pennel & Barton, 1996).

۲- دستگاه تنفسی و اندامهای مرتبط

تنفس در آزادماهیان توسط دو حفره آبششی در طرفین سر ماهی صورت می‌گیرد. در آبششها، تعداد زیادی کمان غضروفی آبششی بچشم می‌خورد که هنگام تنفس و بر اثر باز شدن حفره دهانی و بستن شکافهای آبشش، آب با فشار از لابلای رشته‌های آبششی عبور می‌کند، در این هنگام در محفظه آبششی، مواد دفعی بدن ماهی از جمله دی‌اکسید کربن از آبششها دفع و جذب اکسیژن صورت می‌پذیرد. کمان‌های آبششی که درون محفظه برانشی جای دارند، توسط سرپوش آبششی پوشیده شده‌اند. سرپوش مذکور، به استخوان جمجمه متصل، اما انتها و لبه پشتی آن آزاد است. این وضعیت به اخذ اکسیژن بیشتر از آب، کمک می‌نماید. در برانش، همچنین سلولهایی بمنظور تولید موکوس و سلولهایی با وظیفه دفع مواد زائد از خون وجود دارد (فرزانفر، ۱۳۷۲).

الف) آبششها و اندامهای مرتبط

در آزاد ماهیان چهار جفت کمان آبششی وجود دارد. یکی از هر جفت کمان، در یک حفره مشترک در طرفین سر جای گرفته‌اند و بوسیله سرپوش آبششی پوشیده شده‌اند. رشته‌های آبششی متعددی بصورت دوتایی روی هر کمان آبششی قرار گرفته‌اند و تعداد متعددی صفحات ثانویه بشقابی شکل نیز به هر رشته اتصال دارند.

همانطوریکه قبلاً توضیح داده شد، محل اصلی تبادل گازها در آزاد ماهیان در این مناطق می‌باشد (Shepherd & Bromage, 1992 ; Pennel & Barton, 1996). در قسمت داخلی کمان آبششی، خارهای آبششی[۱] قرار دارند که مانند فیلتر عمل نموده و به مواد غذایی مورد لزوم اجازه خروج نمی‌دهد (وثوقی و مستجیر، ۱۳۷۱). بعلاوه، در آزاد ماهیان این خارها نقش حفاظتی برای رشته‌های آبششی نیز دارند و از انسداد آبششها وسط گل و لای و ذرات معلق در آب جلوگیری می‌نماید. خارهای آبششی آزاد ماهیان در اوایل دوره زندگی (که از پلانکتونها تغذیه می‌کنند) نقش بسیار مهمی دارند (Willoughby, 1999).

در آزاد ماهیان اولین صفحه آبششی به "شبه آبشش" [۲] معروف است. این صفحه در بخش داخلی سرپوش آبششی قرار گرفته و بخاطر پرخون بودن آن به رنگ قرمز تیره بوده و کاملاً متمایز شده است. وظیفه این اندامک کاملاً مشخص نیست اما شواهد مربوط به شکل ظاهری آن، دلالت بر دخالت این اندامک در تغییرات اکسیژن آب دارد (Pennel & Barton, 1996).

ب) کیسه شنا

کلیه آزاد ماهیان دارای یک کیسه شنا با غشایی نازک بوده که درست در زیر کلیه جای گرفته است. با تغییر فشار در کیسه شنا، ماهی قادر است مسیر وضعیت شناوری خود را در آب تغییر دهد و بدین ترتیب بتواند در اعماق مختلف وضعیت معینی پیدا نماید. از اینرو از آن بعنوان یک اندام هیدروستاتیک نام می‌برند. بعلاوه، تصور می‌گردد که این اندام قادر به دریافت برخی پیامهای صوتی نیز باشد. در آزادماهیان کیسه شنا به محوطه گلو متصل است، لذا ماهی می‌تواند بسرعت هوا را خارج ساخته و به عمق بیشتری فرو رود. هنگامیکه یک آزاد ماهی به عمق بیشتری می‌رود، می‌توان حبابهای هوای خارج شده از دهان را مشاهده نمود

1-Gill rakers 2- Pseudobranch

(Willoughby, 1999) . اولین مرحله پر شدن کیسه شنا هنگام شناهای اولیه نوزاد آزاد ماهیان بطرف سطح آب روی می‌دهد. در این زمان کیسه زرده بتدریج در حال جذب شدن است (Pennel & Barton, 1996).

۳- دستگاه گوارش و اندامهای مرتبط

آزاد ماهیان، جانورانی گوشتخوارند و دارای سیستم گوارشی کوتاهی می‌باشند. ساختار دندانهای این جانوران قابلیت انجام شکار را بخوبی برای آنها میسر می‌سازد. دهان در این ماهیان از قسمتهای مختلفی مانند فک میانی، فک فوقانی، فک تحتانی، استخوان تیغه‌ای (Vomer) و زبان تشکیل شده است. در این ماهیان علاوه بر فکین، دندانهایی در سقف دهان و قاعده زبان نیز یافت می‌شوند (فرزانفر، ۱۳۷۲). در محوطه معده واکنش‌های وابسته به ترشح اسید معده، آنزیمها و همچنین حرکات معده می‌تواند موجب خرد شدن مواد غذایی شود و مراحلی از هضم نیز صورت پذیرد. در بخش انتهایی معده و در محل اتصال به روده حدود ۸۰- ۳۰ کیسه رشته‌ای به‌نام "ضمائم پیلوریک" [1] قرار گرفته‌اند که در هضم می‌توانند نقش مؤثری داشته باشند.

مواد غذایی از سوی معده از طریق دریچه‌ای یکطرفه به‌نام "پیلور" وارد روده می‌شود تا به کمک آنزیمهای آن هضم بیشتر مواد غذایی انجام پذیرد. آب، املاح و ویتامین‌ها نیز ازطریق جداره روده جذب می‌گردند. سپس سایر مواد باقیمانده به صورت مدفوع از مخرج ماهی دفع می‌شود (Willoughby, 1999).

غدد گوارشی مانند کبد، کیسه صفرا و پانکراس نقش بسزایی در هضم مواد غذایی دارند. کبد بعلت داشتن اندازه‌ای بزرگ و همچنین بافتی نرم براحتی قابل شناسایی می‌باشد. رنگ این غده از قرمز تیره تا قهوه‌ای روشن متفاوت است. در کبد، مولکولهای مواد غذایی مانند پروتئین‌ها، چربی‌ها و هیدرات‌های کربن بر حسب نیاز بدن در خون آزاد شده یا در آن بصورت ذخیره باقی می‌مانند. در کنار کبد، کیسه

1-Pyloric

صفرا قرار گرفته است که مایع سبز رنگی به‌نام صفرا تولید می‌نماید. عمل اصلی این مایع، تأثیر در مواد چربی و شکستن مولکولهای آن می‌باشد. پانکراس در آزادماهیان بصورت غدد پراکنده در میان ضمائم پیلوریک ظاهر می‌گردد. پانکراس با تولید آنزیمهای گوناگون به هضم مواد غذایی کمک می‌کند و با ترشح هورمون انسولین، در کنترل قند خون نقش مؤثری دارد (Pennel & Barton, 1996 ; Willoughby, 1999).

عفونت‌های انگلی و میکروبی بخصوص ویروس‌ها نظیر بیماری ویروسی IPN پانکراس، موجب بروز صدمات جدی به کبد و در نتیجه سبب کاهش ضریب جذب مواد غذایی هضم شده در عضلات ماهی می‌گردد. بسیاری از سموم، هورمونها، آنزیمها و بسیاری از مواد متابولیک در کبد ذخیره و خنثی می‌شوند. وجود مقادیر فراوانی از مواد چربی در غذای ماهی می‌تواند منجر به بروز دژرسانس و نارسایی در عملکرد کبد گردد (Shepherd & Bromage, 1992).

۴-دستگاه دفعی و اندامهای مرتبط

کلیه‌ها از نوع کلیه میانی[1] است و بصورت دو جسم طویل به رنگ قرمز تیره در دو طرف ستون مهره‌ها جای دارند و از ناحیه سر تا انتهای حفره داخلی کشیده شده‌اند (وثوقی و مستجیر، ۱۳۷۱). تمامی آزاد ماهیان دارای کلیه نفرونی هستند که وظیفه هر واحد نفرونی جداسازی مواد زائد و سموم از خون بوده و نیز در تنظیم تعادل املاح و یونها نیز نقش مؤثری دارند (Pennell & Barton, 1996).

به مقدار نمک در آب دریا "شوری" اطلاق می‌شود. میزان شوری در آب دریاها بالغ بر ۳۴ واحد در هزار است. این مقدار تقریباً سه برابر بیشتر از میزان شوری در بدن آزادماهیان می‌باشد. به کمک پدیده اسمز، یک ماهی در دریا میزان فراوانی آب را از طریق آبشش‌های خود از دست می‌دهد و برای جبران این مقدار آب از دست رفته،

1-Mesonephric

ماهی بایستی آب فراوان مصرف کند. نمک اضافی نیز از طریق سلولهای مخصوصی در آبشش‌ها و کلیه ترشح می گردد. معده و روده ها نیز در ایجاد تعادل آب و نمک نقش مؤثری دارند.

ولی در آب شیرین نیز ماهیان با مشکل فشار اسمزی بیشتر نسبت به آب اطراف خود مواجهند. در نتیجه، آب از طریق آبشش‌ها و لوله گوارش به داخل بدن وارد می‌شود. لذا ماهی بایستی بطور دائم با تولید ادرار فراوان، آب زیادی را از بدن خود دفع نماید (Willoughby, 1999) .

کلیه‌ها در آزاد ماهیان مسئول تولید گلبولهای قرمز وسفید خون (لنفوسیت‌ها) هستند. سلولهای اخیر در بافتی به نام "هموپیوتیک" [1] تولید می‌گردند که در انتهای بخش قدامی کلیه قرار گرفته است (Willoughby, 1999).

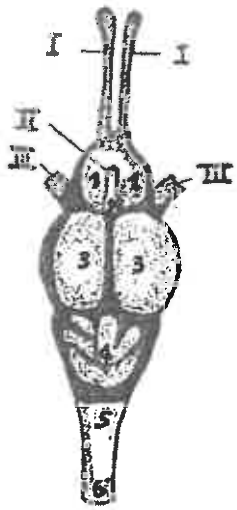
کلیه‌ها نسبت به بروز عفونت‌ها بسیار حساسند. از اینرو اغلب بمنظور شناسایی و تعیین عوامل بیماریزا[2] مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرند (Pennell & Barton, 1999).

۵- سیستم عصبی و حواس

الف) مغز و اعصاب

مشابه مهره‌داران پیشرفته نظیر انسان، سیستم عصبی در ماهیان نیز از مغز، نخاع، اعصاب تشکیل یافته است. اما مغز که داخل فضای جمجمه را پر کرده است، در مقایسه با مغز انسانها (که حدود ۲درصد وزن بدن را تشکیل می‌دهد) کوچک بوده و فقط ۰/۲-۰/۱ درصد از وزن بدن جانور را شامل می‌شود (Shepherd & Bromage, 1992).

1-Haemopoietic 2- Pathogens



شکل ۸-۱: مغز در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (وثوقی مستجیر، ۱۳۷۱)
I: اعصاب بویایی II: غده پینه آل III: اعصاب چشمی
۱- مغز جلویی، ۲- مغز دوقلو، ۳- لبهای بینایی مغز میانی، ۴- مغز کوچک یا مخچه ،
۵- مغز پشتی یا بصل النخاع، ۶- طناب نخاعی

در ماهیان مغز از پنج قسمت تشکیل شده است(شکل ۸-۱) که عبارتند از: ۱- مغز قدامی[۱] ۲- مغز رابط[۲] ، ۳- مغز میانی[۳] ، ۴- مغز کوچک (مخچه)[۴] و ۵- مغز پشتی(بصل النخاع)[۵]

مغز جلویی کوچک بوده و درقسمت قدامی آن لب بویایی [۶] جای دارد(وثوقی و مستجیر، ۱۳۷۱). مغز رابط در ماهیان کوچک بوده و اغلب قسمتهای آن بجز پایه غده پینه‌آل توسط مغز میانی پوشیده شده است. پایه مذکور بصورت حفره‌ای بوده که جسم پینه‌آل در آن جای گرفته است. اپی تالاموس[۷]، تالاموس[۸] و هیپوتالاموس[۹] از جمله قسمتهای مهم تشکیل دهنده مغز رابط می‌باشند. تالاموس مابین اپی تالاموس و

1-Telencephalon 2-Diencephalon 3-Mesencephalon 4-Metencephalon
5-Myelencephalon 6-Olfactory lobes 7-Epithalamus 8-Thalamus
9-Hypothalamus

هیپوتالاموس قرار دارد و از ساقه هیپوفیز[۱] و هیپوفیز[۲] تشکیل شده است (وثوقی و مستجیر، ۱۳۷۱ ؛ Dhami & Dhami, 1983) .

مرکز بینایی در مغز میانی قرار دارد و در آزاد ماهیان بطور قابل ملاحظه‌ای بزرگ و دارای اهمیت خاصی است.

کلیه حرکات مختلف بدن ماهیان توسط مخچه تنظیم می‌گردد و بدین جهت این اندام در ماهیانی که دارای حرکات سریعی هستند، از رشد قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. بصل‌النخاع رابط بین نخاع با مغز بوده و در عین حال مرکز تشکیل پنجمین و دهمین عصب از ده جفت عصب بویایی می‌باشد. چنین حالتی درمورد عصب بینایی یا دومین جفت عصب مغزی نیز صدق می‌کند. به همین علت به نوارهای عصبی آنها می‌توان کلمه "مسیر عصبی" نیز اطلاق کرد. بقیه رشته‌ها، اعصاب حقیقی هستند زیرا آنها نه تنها محل دریافت و هدایت جریانهای عصبی هستند، بلکه همزمان دستورات لازم را نیز اجرا می‌کنند (وثوقی و احمدی، ۱۳۶۵).

۶-اندامهای حسی

الف) حس لامسه

گیرنده‌های لامسه، اعصابی با انتهایی برهنه‌اند که سراسر پوست بدن ماهی را می‌پوشانند (Dhami & Dhami, 1983).

ب) حس چشایی

حس چشایی از تجمع سلولهای حسی بوجود آمده که به شکل سلولهای مجتمع روی سطح پوست زیرین[۳] در قسمت حلق وجود دارند. این سلولها روی لبها و حفره دهانی تراکم بیشتری دارند. سلولهای مذکور ماهی را قادر می‌سازد تا از تغییرات شیمیایی محیط خارج خود مطلع گردد (وثوقی و احمدی، ۱۳۶۵ ؛ Dhami & Dhami, 1983).

1- Hypophisis stem 2- Hypophisis 3- Epithelium

ج) حس بویایی

برخلاف نور و صدا، محرک‌های شیمیایی با بوهای بخصوص معمولاً دوام بیشتری دارند و مسیر انتشار کاملاً مشخصی ندارند. تشخیص بین مزه و بو در محیط آبی بسیار مشکلتر از خشکی می‌باشد. اما در مورد ماهیان این مشکل با وجود گیرنده‌های بسیار قوی چشایی تا حد زیادی رفع شده است (Bone *et al.*, 1995).

آزاد ماهیان شکارچیان بسیار پر جنب و جوشی هستند که برای انجام شکار، بعد از حس بینایی به حس بویایی خود متکی‌اند. بعلاوه، ماهیان رودرو[1] نظیر آزاد ماهیان، برای یافتن مسیر مهاجرت خود به آب شیرین جهت تخمریزی، بسیار به حس بویایی متکی می‌باشند. اغلب، آزادماهیان برای تخمریزی به همان رودخانه‌ای باز می‌گردند که سالها قبل درآنجا متولد شده‌اند. چنین توانایی، بیشتر به حس بویایی این جانوران مرتبط است زیرا مشاهده شده که ماهیان کور در بیشتر مواقع موفق به انجام مهاجرت شدند ولی آنهایی که حفره‌های بینی آنها مسدود شده، قادر به انجام این کار نشده‌اند (Shepherd & Bromage, 1992).

ماهیان دارای دو سوراخ بینی هستند که به حفره دهانی ارتباطی ندارد. این سوراخها در جلوی چشمها قرار دارند. هر سوراخ بینی توسط یک چین پوستی به دو بخش تقسیم می‌شود. در کف این سوراخها حفره یا گودال بویایی قرار دارد که در این حفره یک سری سلولهای پوششی حساس به بو قرار دارند. هنگام شنا، آب از یک طرف وارد و پس از گذشتن از حفره بویایی از طرف دیگر خارج می‌گردد و به این وسیله سلولهای حساس بویایی تحریک می‌شوند (وثوقی و مستجیر، ۱۳۷۱).

د) حس بینایی

چشم در آزاد ماهیان، همانند سایر ماهیها دارای یک عدسی مدور و فاقد پلک است. البته از لحاظ ساختار داخلی شباهت بسیاری به سایر جانوران دارد. چشم در ماهیان، بسیار ظریف و حساس بوده و تا حد قابل ملاحظه‌ای در معرض انواع

1- Anadromous

آسیب‌های احتمالی یا بیماریهای گوناگون است. معمولاً در فاصله‌ای در حدود یک متر، چشم قابلیت تمرکز را دارد، اما هنگامیکه عدسی بطرف عقب چشم قرار می‌گیرد، ماهی می‌تواند فاصله‌ای بالغ بر ۱۲ متر را نیز بخوبی ببیند. چشم ماهیها تطابق زیادی برای دیدن در شرایط کم نوری در آب را دارد و در مقایسه با انسان قابلیت بینایی بالاتری را در شرایط مشابه دارد. در چشم آزاد ماهیان نیز همانند سایر ماهیها، دو نوع سلول تخصصی استوانه‌ای و مخروطی وجود دارد. سلولهای استوانه‌ای قابلیت تشخیص در روشنایی و تاریکی را به جانور می‌دهند و سلولهای مخروطی نسبت به رنگ‌ها حساسیت دارند (Willoughby, 1999).

چشم‌های ماهی با زاویه ۳۰-۲۰ درجه در جلوی سر قرار گرفته‌اند. بنابر این، اجسام واقع در این زاویه در جلوی چشم، دیده نمی‌شوند. ماهیها همچنین قادرند خارج از آب را ببینند ولی مشروط به آن که اجسام خارج از آب، در زاویه بین دو چشم یعنی ۹۸-۹۷ درجه قرار داشته باشند (وثوقی و مستجیر، ۱۳۷۱؛ Bone *et al.*, 1995).

ه) حس شنوایی

گوش خارجی و میانی در ماهیها وجود ندارد. گوش داخلی در ماهیها دارای ساختاری حلزونی بنام لابیرنت[1] می‌باشد که علاوه بر تشخیص صداها، در حفظ تعادل نیز نقش مهمی دارد. لابیرنت دارای دو بخش است ، بخش فوقانی آن دارای سه مجرای نیم دایره است که درون آن مایعی به‌نام آندولنف وجود دارد. این بخش از لابیرنت، مربوط به حس چرخش می‌باشد. در قسمت تحتانی لابیرنت، سه حفره وجود دارد که در داخل آنها سنگریزه‌های شنوایی[2] جای گرفته است. اولین سنگریزه شنوایی "ساجیتا"[3] نام دارد که در حفظ تعادل بدن نقش دارد. سنگریزه‌های دیگری به‌نام لاپیلا[4] و آستریکاس[5] نیز در امر شنوایی به ماهی کمک می‌نمایند (وثوقی و مستجیر، ۱۳۷۱).

1-Labyrinth 2-Otolith 3-Sagitta 4-Lappila 5-Astericus

صدا در آب نسبت به هوا، سرعت بیشتری دارد، از اینرو اغلب ماهیها دارای قدرت شنوایی خوبی هستند و بخوبی می‌توانند صداهایی با فرکانس‌های پایین را نیز تشخیص دهند. سرعت صدا در آب (با نماد C نشان داده شده است- بر حسب متر بر ثانیه) با توجه به محیطزیست‌های گوناگون متفاوت بود و با معادله ذیل محاسبه می‌گردد:

$$C= ۱۴۱۰+(۴/۲۱T - ۰/۰۳۷T^۲)+۱/۱S + ۰/۰۱۸۱D$$

T = دمای آب (درجه سانتی گراد)

S = میزان شوری آب (قسمت در هزار)

D= عمق آب (متر)

دامنه شنوایی گوش انسان ۲۰۰۰۰-۳۰ هرتز (هر هرتز معادل یک سیکل در ثانیه می‌باشد) است. حساسیت شنوایی ماهی قزل‌آلا، کمی بیشتر از ۴۰۰ هرتز می‌باشد(Willoughby, 1999).

ی) خط جانبی

در زیر فلسهایی که در امتداد طولی ماهی از سر به دم در هر دو طرف ماهی کشیده شده است ، گیرنده‌هایی وجود دارند که نسبت به تغییرات بسیار بطئی در آب حساسند. خط جانبی بصورت حفره‌های مجزایی هستند که هر یک توسط سوراخهای کوچکی که روی فلسها قراردارند، با محیط آبی در تماس می‌باشند. بدین ترتیب، کوچکترین تغییری در محیط اطراف به گیرنده‌های موجود در زیر فلسهای این منطقه منتقل شده و بدین طریق ماهی می‌تواند از موانع اطراف یا از حضور سایر ماهیها در اطراف خود آگاه گردد (Dhami & Dhami, 1983).

تعداد فلسها روی خط جانبی و تعداد آنها از خط جانبی تا بالا و پایین بدن از ویژگی‌هایی است که در تشخیص ماهیان کمک مؤثری می‌نمایند و آنرا به Lateral Line = L.L. نمایش می‌دهند (وثوقی و مستجیر، ۱۳۷۱). فرمول فلسهای خط

جانبی در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان[۱] بصورت ۱۲۸ $\frac{۲۹-۳۱}{۲۲-۲۵}$ ۱۲۳ می‌باشد. براساس این فرمول، تعداد ۱۲۸-۱۲۳ فلس روی خط جانبی و تعداد ۳۱-۲۹ فلس بالای آن و تعداد ۲۵-۲۲ فلس زیر خط جانبی قرار دارد.

فرمول فلسهای ماهی آزاد دریای خزر[۲] بصورت ۱۳۲ $\frac{۲۵-۳۱}{۲۲-۳۰}$ ۱۱۹ است (نادری و همکاران، ۱۳۸۳).

۷- دستگاه تولید مثل

در آزاد ماهیان دستگاه تولید مثل از یک جفت تخمدان[۳] و لوله‌های مربوطه در انواع ماده و بیضه‌ها[۴] و لوله‌های مرتبط در ماهیان نر، تشکیل شده است و این دستگاهها هنگام بلوغ ظاهر می‌گردند. در این ماهیها، مجرای تخم‌بر[۵] و اسپرم‌بر[۶] بشکل یک مجرای منفرد می‌باشد. مجرای تخم‌بر میان مخرج و حفره ادراری به خارج راه دارد و مجرای اسپرم بر با کیسه مثانه[۷] یکی شده و سینوس ادراری[۸] را تشکیل می‌دهند (وثوقی و مستجیر، ۱۳۷۱).

بیضه‌ها، غددی به رنگ صورتی با بافتی ظریف هستند که زیر کیسه‌های شنا قرار گرفته و وظیفه آنها تولید اسپرم است. اسپرماتوزوئید تولید شده در بیضه‌ها به کمک چندین مجرای ظریف به کانال اسپرم بر هدایت می‌گردد و توسط منفذ مربوطه به خارج هدایت می‌گردد. در ماهی ماده همانطوریکه قبلاً نیز ذکر شد، یک جفت تخمدان و یک جفت مجرای تخم‌بر وجود دارد. تخمدانها، غددی بزرگ بوده که در حفره شکمی و زیر کیسه‌های شنا قرار گرفته‌اند. در فصل تخمریزی حجم تخمدانها بیشتر می شود (Dhami & Dhami, 1983).

تعیین جنسیت در ماهیان توسط کروموزمهای جنسی درون تخمکها وتوسط اسپرم‌ها انجام می‌شود. تخمکهای معمولی جنس ماده حاوی کروموزم X بوده، در حالیکه در

1-*Oncorhynchus mykiss* 2- *Salmo trutta caspius* 3- Ovary 4- Testis
5-Oviduct 6 -Sperm duct 7- Urinary duct
8- Urogenital Aperture

اسپرماتوزوئیدها، کروموزم Y یا کروموزوم X وجود دارد. هنگامیکه یک اسپرم، تخمکی را بارور می‌سازد، یکی از کروموزمهای X یا Y اسپرماتوزوئید، با یکی از کروموزمهای X تخمک ترکیب می‌گردد. در صورت ترکیب کروموزم Y اسپرماتوزوئید با کروموزم X تخمک ماده، سلول تخم با جنسیت نر حاصل می‌شود و اگر کروموزوم X اسپرماتوزوئید با کروموزوم X تخمک ماده ترکیب شود، سلول تخم حاصل ماده خواهد بود (Willoughby, 1999).

۸- سیستم غلد درون‌ریز

این سیستم از یک سری غدد فاقد مجرا تشکیل شده است که ترشحات خود را بطور مستقیم وارد جریان خون می‌نمایند. این مواد به "هورمون" معروفند (Willoughby, 1999). در ماهیان، هورمونهای استروئیدی و هورمونهای تیروزینی با منشأ تیروئید، موادی آبگریز[۱] بوده و دارای قابلیت عبور از لایه‌های چربی غشاء سلولی و ورود به داخل سلول و هسته می‌باشند. هورمونهای پپتیدی، از ساختارهای پیچیده آمینواسیدی تشکیل شده‌اند. آنها موادی آبدوست[۲] و چربی گریز[۳] هستند که معمولاً قابلیت عبور از غشاء را به آسانی ندارند و فقط توسط گیرنده‌هایی[۴] قابلیت عبور می‌یابند که در جداره غشاء جای دارند (Pennel & Barton, 1999).

فهرست غدد، هورمونهای مترشحه آنها، وظایف و نقش این مواد در جدول شماره (۲) آورده شده است.

1-Hydrophobic 2- Hydrophilic 3-Lipophobic 4- Receptors

جدول ۲-۱ : غدد درون‌ریز یا بافت‌های غده‌ای، نام، جنس و وظایف هورمونهای مترشحه در آزادماهیان
(اقتباس از Shepherd & Bromage, 1992; Pennel & Barton, 1999)

غده یا بافت غده ای	هورمون	جنس هورمون	وظیفه هورمون
بخش قدامی هیپوفیز	تیروتروپین(TSH)	پپتیدی	تحریک بافت تیروئید
	پرولاکتین (PRL)	پروتئینی	تنظیم فشار اسمزی و تعادل یونی در آب شیرین
	هورمون رشد (سوماتوتروپین GH)	پروتئینی	محرک و کنترل رشد طولی
	آندرنوکورتیکوتروپیک هورمون (ACTH)	پپتیدی	تحریک و کنترل ترشحات کورتیکواستروئیدها
	گنادوتروپین (GTH I, II)	پروتئینی	تحریک و کنترل استروئیدهای تولید شده، و تأثیر بر میزان اسپرم سازی و تخمک گذاری
	هورمون محرکه آلفاملانوسیت (α-MSH)	پپتیدی	کنترل پیگمانهای رنگی پوست
	سوماتولاکتین (SL)		وظیفه آن تاکنون بخوبی مشخص نشده است.
جسم پینه آل	ملاتونین	پپتیدی	تأثیر بازدارنده در گنادها و نیز اثر بر رنگدانه سازی
هیپوفیز اولیه یا Urophysis	یوروتنسین ها		احتمالاً در تنظیم ترشح Zn (وثوقی و مستجیر، ۱۳۷۱) و تنظیم یونهای بدن
آبشش انتهایی Ultimobranchial	کلسی تونین	پپتیدی	دخالت در تنظیم کلسیم
غده آندرنال	کورتیکواستروئیدها (عمدتاً کورتیزول)	استروئیدی	هورمون اصلی استرس ، نقش های گوناگون در پاسخ به استرس

ادامه جدول ۲-۱ :

غده یا بافت غده ای	هورمون	جنس هورمون	وظیفه هورمون
لوزالمعده (پانکراس)	انسولین	پپتیدی	کاهش دهنده قند خون
	گلوکاگن	پپتیدی	افزایش قند خون
	سوماتوستاتین	پپتیدی	بازدارنده هر دو هورمون فوق ـ وظیفه آن در ماهیها بخوبی شناخته نشده است.
گنادها: بیضه ها	تستسترون (T)	استروئیدی	اثر متابولیک ، کنترل صفات ثانویه جنسی و تولید اسپرم
	۱۱-کوتستسترون(11-KT)	استروئیدی	
گنادها: تخمدانها	• ۱۷-بتا استرودیول	استروئیدی	اثر متابولیک ، تولید زرده و تخمک
	• استرون ها	استروئیدی	
	• پروژسترون ها	استروئیدی	
بافت تیروئیدی	تیروکسین (T4)	آمینو اسیدی	کنترل رشد ، متابولیسم ، تغذیه ، تولید مثل و دگردیسی
	تری یدوتیرونین (T3)	آمینو اسیدی	
جسمک کرپوسپول (Corpuscles of stannous)	هیپوکلسین	پپتیدی	کنترل و کاهش دهنده کلسیم خون
کلیه(سلولهای جاکستاگلومرولار، (Juxtaglomerular cells)	رنین / آنژیوتنسین		مؤثر در ایجاد تعادل الکترولیتی و مایعات بدن
دیواره روده	شبه هورمونهایی نظیر سکرتین و گاسترین		مؤثر در گوارش و هضم غذا

«فصل دوم»

نیازهای زیست محیطی تکثیر و پرورش آزادماهیان

تصور تأسیس یک کارگاه تکثیر و پرورش ماهیان سردآبی، همواره با دو فاکتور بسیار مهم یعنی آب و مکان، می‌تواند به حقیقت بپیوندد. این دو فاکتور یعنی آب و زمین با یکدیگر در ارتباط می‌باشند. بدین ترتیب که ارزش زمین برای تأسیس یک کارگاه با میزان کیفیت و کمیت آب مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بنابر این، فاکتورهای کمی و کیفی آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

۱-۲: درجه حرارت

دما یکی از فاکتورهای مهم در رشد و نمو ماهی می‌باشد. ماهیان، موجوداتی خونسردند[1] بطوریکه فعالیت آنها با تنزل درجه حرارت کاهش می‌یابد. با پایین آمدن دما، جنب و جوش، اشتها، سوخت و ساز و رشد در ماهی کاهش می‌یابد. هنگامیکه دمای آب از ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر می‌شود، اغلب فعالیت‌های آزادماهیان روندی غیرعادی می‌یابد، بطوریکه احتیاجات اکسیژنی آنها بشدت بالا می‌رود و این در حالیست که اکسیژن محلول در آب نیز بشدت کاهش پیدا می‌کند. با افزایش دما و

1- Polikilotherm

کاهش اکسیژن محلول در آب و نیز بالا رفتن نیاز اکسیژنی ماهی، شدت مرگ و میر زیاد می‌شود. بعلاوه، یکی از آثار مهم افزایش دمای آب، حل شدن بیشتر ذرات معلق (با منشأء آلی) در آب و بدنبال آن کاهش کیفیت آب می‌باشد. بدیهی است، رشد میکروارگانیسمها نیز در چنین وضعیتی مشکل را دوچندان خواهد نمود (فرزانفر، ۱۳۷۲).

سوخت و ساز ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در دمای ۱۸-۱۶ درجه سانتی‌گراد، حالتی ایده‌آل می‌یابد. این بدان معناست که در این دامنه حرارتی، ماهی بهترین استفاده را از غذای مصرفی می‌نماید و از نظر پرورش‌دهنده بمعنای بهترین درجه حرارت آب برای ضریب تبدیل غذای مصرفی به گوشت تولید شده می‌باشد. همانطوریکه قبلاً نیز ذکر گردید، با افزایش دمای آب، ظرفیت نگهداری و حمل اکسیژن در آب نیز کاهش می‌یابد. از اینرو در این حالت، بایستی ظرفیت نگهداری ماهی در حجم آب کاهش یابد یا جهت جبران کمبود اکسیژن حاصله، آب بیشتری وارد سیستم گردد. در آبهای طبیعی، حداکثر دمای قابل تحمل برای ماهی قزل‌آلا حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. اما این میزان برای محیطهای پرورشی، نباید از ۲۳- ۲۲ درجه سانتی‌گراد فراتر رود. بهترین و مطمئن‌ترین دمای آب برای قزل‌آلا در مدت پرواربندی ۱۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد است (Sedgwick, 1990).

شایان ذکر است که درجه حرارت قابل تحمل و دمای اپتیمم در هر گونه از خانواده آزادماهیان در مراحل مختلف رشد و نمو متفاوت می‌باشد. برای مثال، برای آزادماهی اقیانوس اطلس در حال تخمریزی و ماهیهای تازه متولد شده آنها، دمای ۱۰-۵ درجه سانتی‌گراد، درجه حرارت مطلوبی محسوب می‌گردد، در حالیکه بچه ماهیان جوان تحت تغذیه اولیه، دمای ۱۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد را ترجیح می‌دهند. این دامنه حرارتی، برای بچه ماهیان جوان قزل‌آلا نیز دمای مطلوبی محسوب می‌گردد. ولی برای مولدین این گونه، دمای ۱۰-۴ درجه سانتی‌گراد مناسب‌تر است. بهتر است دمای آب برای نگهداری تخم آزادماهیان از ۱۰ درجه سانتی‌گراد تجاوز ننماید. زیرا بسیار مشاهده شده است که نوزادان حاصل از تخمهای متولد شده در

دمای بالا، با مشکلاتی روبرو و پس از مدتی با تلفات زیادی مواجه می‌شوند (Willoughby, 1999). مشابه این وضعیت در بسیاری از کارگاههای تکثیر و تولید بچه ماهی در کشورمان توسط نگارنده مشاهده شده است.

۲-۲ : اکسیژن

اکسیژن یکی از ارکان حیاتی برای متابولیسم و فعالیتهای فیزیکی بدن بشمار می‌رود. این عنصر برای تبادل مواد غذایی جهت تولید انرژی بسیار ضروری است.

اتمسفر زمین شامل ۲۱ درصد اکسیژن و ۷۸ درصد نیتروژن می‌باشد. این دو گاز هر دو در آب محلول هستند، ولی به علت قابلیت بیشتر حل شدن اکسیژن در آب، هوای محلول در آب شامل ۳۵ درصد اکسیژن و ۶۵ درصد نیتروژن است (فرزانفر، ۱۳۷۲).

میزان اکسیژن محلول در آبهای راکد تحت تأثیر محیط، شرایط فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیک آب است. البته با توجه به نیاز بالای اکسیژنی ماهیان سردآبی که حداقل ۷ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شده است، به طور عمده می‌توان آبهای سرد و تمیزی را برای پرورش این ماهیان در نظر گرفت که میزان آلودگی و تراکم پلانکتونی پایینی داشته باشند. زیرا همواره افزایش بار آلودگی با کاهش میزان اکسیژن محلول در آب همراه بوده بعلاوه، تراکم بالای فیتوپلانکتونها در آب موجب بهم خوردن تعادل گازی و اسیدیته(pH) طی شبانه روز می‌شود که در نتیجه سبب بروز مشکلات فراوانی در امر پرورش این ماهیان خواهد شد(فرزانفر ، ۱۳۸۰).

قابلیت حلالیت اکسیژن در آب با فاکتورهایی نظیر درجه حرارت آب، فشار و میزان نمکهای محلول در آب، در ارتباط است. نکته‌های ذیل بیانگر عوامل گوناگون مؤثر در میزان حلالیت اکسیژن در آب می‌باشد (Willoughby, 1999) :

۱- با افزایش دمای آب، میزان اکسیژن محلول در آب تقلیل می‌یابد. برای نمونه در آب شیرین با دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و فشار یک اتمسفر (فشار سطح دریاهای آزاد)، **حداکثر قابلیت حلالیت اکسیژن در آب ۱۰/۹ میلی‌گرم در لیتر**

است، در حالیکه در آبی با همین فشار ولی با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، این میزان به ۹/۲ میلی‌گرم در لیتر کاهش می‌یابد.

۲- چنانچه فشار اتمسفر کاهش یابد، میزان حلالیت اکسیژن نیز کم می‌شود، در نتیجه این امر سبب بروز مشکلاتی برای پرورش‌دهندگان ماهی در عرض‌های جغرافیایی بالاتر کره زمین می‌گردد.

۳- میزان حلالیت اکسیژن در آب با افزایش شوری آب، کاهش پیدا می‌یابد. با دارا بودن مقادیر مربوط به دو عامل از سه عامل شوری، دما و اکسیژن محلول می‌توان عامل سوم را با استفاده از فرمول ذیل محاسبه نمود:

$$\text{میزان اکسیژن محلول در آب (میلی گرم/ لیتر)} = \frac{۴۷۵ - (۲/۸۳ - ٪۱۱t) \times S}{۱/۳۸(۳۳/۵ + t)}$$

t = دما (درجه سانتی گراد)

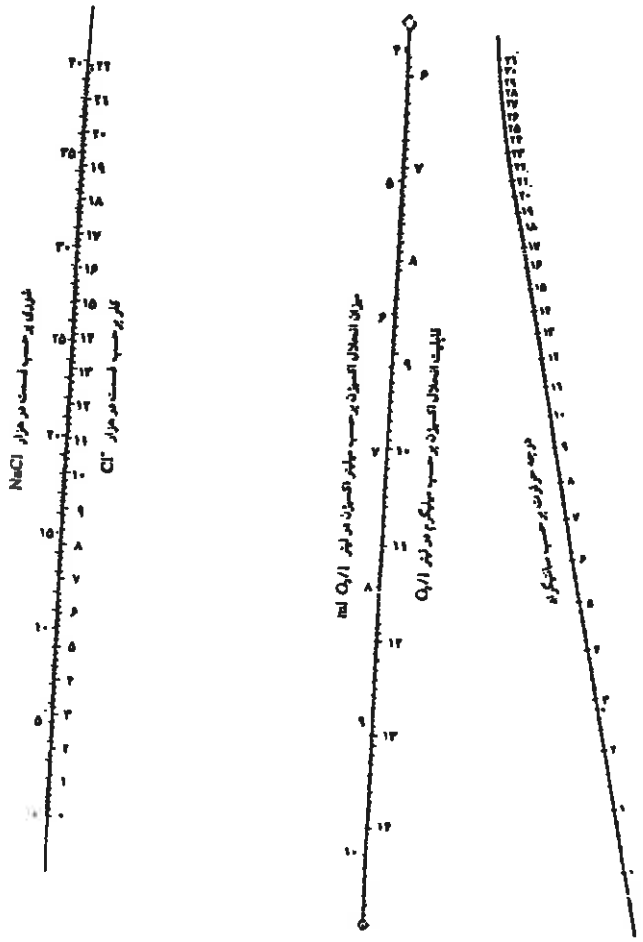
S = شوری (قسمت در هزار)

بعلاوه، می‌توان از نمودار (۱-۲) برای پیدا کردن درصد اشباع اکسیژن در شوریها و دماهای مختلف، استفاده نمود (Soleim, 1980).

میزان نیاز به اکسیژن در آزادماهیان از مراحل جنینی تا رسیدن به مرحله بلوغ متغیر می‌باشد. اکسیژن مورد نیاز از مرحله چشم‌زدگی تخم[۱] تا هنگام تفریخ تخمها، بین حداقل ۱۱-۶ میلی‌گرم در لیتر متغیر می‌باشد. در مراحل پس از تولد، لاروها حداقل به ۷/۸ میلی‌گرم در لیتر اکسیژن نیاز دارند. برای سایر مراحل پرورش آزادماهیان نیز توصیه می‌گردد که میزان اکسیژن محلول در آب از این مقدار تقلیل نیابد. میزان تحمل کمبود اکسیژن و نیازهای اکسیژنی آزادماهیان با توجه به نوع گونه آنها متفاوت می‌باشد. حد حاد[۲] کمبود اکسیژن برای ماهیان بالغ این خانواده بطور متوسط در حدود ۴ میلی‌گرم در لیتر تعیین شده است. چنانچه میزان حلالیت اکسیژن محلول در آب از ۶/۵ میلی‌گرم در لیتر کمتر شود، ماهیها در وضعیت مزمن[۳] کمبود اکسیژن قرار خواهند گرفت. از اینرو نبایستی میزان اکسیژن محلول

1-Eyed stage 2-Chronic 3-Acute

در آب از این مقدار کمتر شود. شایان ذکر است که مقادیر و اعداد مذکور در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد با ۶۹ درصد اشباعی اکسیژن محاسبه شده‌اند (Barton & Pennel , 1996).



نمودار ۱-۲ : رابطه بین مقادیر مختلف شوری، دما و مقادیر اشباع اکسیژن

(اقتباس از Soliem, 1980)

« با کشیدن یک خط راست بین دو پارامتر از سه پارامتر در این دیاگراف و امتداد آن تا برخورد با پارامتر دیگر، مقدار پارامتر دلخواه بدست می‌آید.»

میزان مصرف اکسیژن با متابولیسم ماهیان ارتباط دارد. متابولیسم تحت تأثیر عوامل متعددی می‌باشد که ممکن است موجب کاهش یا افزایش میزان مصرف اکسیژن گردد. افزایش دما، شوری، تحرک فعالیت و نیز افزایش میزان مصرف غذا، موجب افزایش مصرف اکسیژن می‌شوند. بعلاوه، میزان مصرف اکسیژن با طول ماهی نیز در ارتباط است. ماهیان بزرگتر به ازاء هر کیلو وزن بدن نسبت به ماهیان کوچکتر، اکسیژن کمتری مصرف می‌نمایند (فرزانفر، ۱۳۷۲).

۳-۲: اسیدیته (pH)

اسیدیته با واحدpH مشخص می‌گردد. pH با عبارت" لگاریتم منفی غلظت یون هیدروژن در آب" بصورت ذیل تعریف می‌شود:

$$pH = -Log\,[H^+]$$

این تعریف بیانگر این مطلب است که با افزایش یون H^+ ، pH آب کاهش (اسیدیته افزایش) می‌یابد. pH برابر ۷، خنثی تعریف شده است.

۰ ⟵ ۷ ⟵ ۱۴

اسیدی خنثی بازی

منبع یونهای هیدروژن، اسیدهای محلول در آب می‌باشند.

$H^+ + Cl^- \rightleftharpoons HCl$ اسیدکلریدریک

$H^+ + HSo_4^- \rightleftharpoons H_2So_4$ اسید سولفوریک

$H^+ + So_4^{2-} \rightleftharpoons HSo_4^-$

دی‌اکسید کربن از سوخت و ساز جانوران تولید شده و در بدن ماهی تولید اسید کربنیک می‌کند. این اسید سپس شکسته شده و به یونهای هیدروژن و کربنات تبدیل می‌گردد.

$$Co_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2Co_3$$

$$H_2Co_3 \rightleftharpoons H^+ + HCo_3^-$$

$$HCo_3^- \rightleftharpoons H^+ + Co_3^{2-}$$

معمولاً یونهای هیدروژن موجود در خون و آبششها، با یونهای مثبت دیگر موجود در آب مانند یون سدیم (Na^+) تعویض می‌گردند. حال اگر آب دارای یونهای مثبت بیشتری باشد، این عمل بخوبی انجام نمی‌شود. تجمع یونهای هیدروژن در خون و اسیدی شدن آن، موجب مرگ ماهی می‌شود (فرزانفر، ۱۳۷۲).

به‌علت وجود نمک‌های محلول در آب دریاها، نوسان pH کمتر مشاهده می‌شود زیرا آنها نقش بافری در آب ایفا می‌کنند. اما در آب شیرین، به‌علت وجود نمکهای محلول کمتر و نقش بافری ضعیف‌تر، نوسانات pH شدیدتر است (Willoughby, 1999).

آبهای شیرین با pH حدود هفت یا آبهای کمی قلیایی برای کارگاههای پرورش آزادماهیان در اولویت هستند. دامنه pH= ۶/۵-۷/۵ برای آزادماهیان مناسب در نظر گرفته می‌شود. pH بالای ۹ و پایین‌تر از ۵/۵ می‌تواند برای ماهی و بخصوص تخم و لارو ماهی کشنده باشد. تشکیل آبهای اسیدی اغلب به‌علت بارش بارانهای اسیدی، وجود آلودگی‌های صنعتی در آبها، ذوب برف یا بر اثر تبدیل مواد ازته آلی به اسیدنیتریک در سیستم‌های بسته می‌باشد. آبهایی با pH بالاتر از ۸ نیز اغلب بدلیل فعالیت ارگانیک گیاهان ماکروفیت و جلبکها در آب یا بر اثر اختلاط فاضلابهای صنعتی یا گاهی به‌علت عبور منبع آلی از مسیر سنگهای مادری آهکی پدید می‌آیند (Pennel & Barton, 1999).

۴-۲ : آمونیاک و ترکیبات نیتروژنی

آمونیاک اولین محصول نیتروژنی حاصل از هضم مواد پروتئینی در ماهی است. بجز آمونیاک، ترکیبات نیتروژن‌دار دیگری نیز مانند آمونیم (NH_4^+) ، نیتریت ($N0_2$)

و نیترات (No_3) نیز بر اثر فعالیتهای متابولیک ماهی پدید می‌آید. فعالیت برخی باکتریها، نوع ترکیب نیتروژنی را که وارد منابع آبی می‌گردد، تبدیل به آمونیاک می‌کنند که هر دوی این ترکیبات برای آزادماهیان بسیار سمی بشمار می‌روند (فرزانفر ، ۱۳۸۰).

در شیمی آب معمول است که ترکیبات آلی نیتروژنی را بر حسب نیتروژن آنها معرفی می‌کنند بطوریکه (جعفری باری، ۱۳۸۰):

نیتروژن کل آمونیاکی:$N-(NH_4^+NH_3)$ یا TAN[1] نیتروژن آمونیاکی یونیزه شده: $NH_4^+ - N$

نیتروژن نیتراتی:$NO_2 - N$ نیتروژن آمونیاکی یونیزه نشده: $NH_3 - N$

در آب ، آمونیاک تولید شده طی واکنش‌هایی تبدیل به هیدرواکسیدآمونیم و یون آمونیم می‌گردد. یون آمونیم برای ماهی سمی نبوده، ولی آمونیاک آزاد ماده‌ای بسیار سمی است (Shepherd & Bromage, 1992).

$$\underset{\text{شکل سمی}}{NH_3 + H_2O} \rightleftharpoons NH_4OH \rightleftharpoons \underset{\text{شکل غیر سمی}}{NH_4^+ + OH^-}$$

در اکثر حالتها، شکل غیر سمی یعنی حالت $NH_4^+ - N$، غالب است. البته فراوان بودن یک ترکیب خاص بستگی به pH، درجه حرارت و شوری دارد. pH معمولاً بیشترین اثر را دارد بطوریکه بر اساس آن معادله تعادل مذکور برقرار می‌گردد. وقتی pH پایین می‌رود، واکنش به سمت راست میل می‌کند و وقتی pH بالا می‌رود، واکنش به سمت چپ منتقل می‌شود. افزایش یک واحد در pH معمولاً موجب ۱۰ برابر شدن نسبت $NH_3 - N$ در محلول می‌گردد (جعفری باری، ۱۳۸۰).

هنگامیکه آمونیاک در آب حل شود، این ماده با آمونیم به حالت تعادل درمی‌آید که نتیجه این موازنه چنین است:

$$NH_3 + H_2O \overset{H^+}{\rightleftharpoons} NH_4^+ + OH^-$$

1-TAN=نیتروژن آمونیاکی کل

همانطوریکه مشاهده می‌شود، آمونیاک با گرفتن یک یون هیدروژن (پروتون) از آب، تولید یون آمونیم می‌کند و همانطوریکه قبلاً نیز اشاره شد، مقدار تشکیل یون آمونیم از آمونیاک با اسیدیته و دما در ارتباط است. در آبهای اسیدی، یون H^+ موجب تولید NH_4^+ می شود.

$$NH_3 + H^+ \longrightarrow NH_4^+$$

عبارت فوق بدین معناست که در آبهای اسیدی، آمونیاک کمتری وجود دارد. آبهای قلیایی دارای یون OH^- بیشتری هستند که موجب تولید آمونیاک از آمونیم می‌شوند.

$$NH_4^+ + OH^- \rightleftharpoons NH_3 + H_2O$$

به عبارت دیگر pH بالای آبها با تولید آمونیاک بیشتر همراه است(فرزانفر، ۱۳۷۲).

به‌علت وجود املاح بیشتر در آب دریا، سمیت آمونیاک ۳۰ درصد کمتر از آبهای شیرین می‌باشد(Willoughby, 1999).

در جدول (۱-۲) میزان مولکول گرم (مول) $NH_3 - N$ را در درجه حرارت و مقادیر مختلف pH ، نمایش می‌دهد. با استفاده از این جدول، غلظت آمونیاک یونیزه نشده را می‌توان با معادله ذیل بدست آورد(جعفری باری، ۱۳۸۰).

آمونیاک یونیزه نشده (mg/l برحسب NH_3 –N) = (a) × (TAN)

a = کسری از آمونیاک یونیزه نشده (قابل استخراج از جدول شماره۱-۲)

TAN = نیتروژن آمونیاکی کل (نیتروژن بر حسب mg/l)

بعلاوه، می‌توان با استفاده از رابطه ذیل، تولید نیتروژن آمونیاکی کل را محاسبه نمود (جعفری باری، ۱۳۸۰):

$$TAN = \%3 \times R$$

R = کل تغذیه انجام شده (کیلوگرم)

همچنین بین مقدار نیتروژن آمونیاکی کل و میزان اکسیژن مصرف شده توسط ماهی رابطه ذیل نیز برقرار است (جعفری باری، ۱۳۸۰):

TAN = ٪۵۳ × اکسیژن مصرف شده توسط ماهی در یک روز (kg)

جدول ۱-۲ : کسری از مولکول گرم آمونیاک یونیزه نشده(a) در محلول های آبی با درجه حرارتها و مقادیر مختلف pH (اقتباس از جعفری باری، ۱۳۸۰).

حرارت (درجه سانتیگراد)	pH								
	۶	۶/۵	۷	۷/۵	۸	۸/۵	۹	۹/۵	۱۰
۰	–	–	–	۰/۰۰۳	۰/۰۰۸	۰/۰۲۵	۰/۰۷۶	۰/۲۰۷	۰/۴۵۳
۱	–	–	–	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۰/۰۲۸	۰/۰۸۲	۰/۲۲۱	۰/۴۵۳
۲	–	–	–	۰/۰۰۳	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۸۹	۰/۲۳۶	۰/۴۹۴
۳	–	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۱	۰/۰۳۲	۰/۰۹۶	۰/۲۵۱	۰/۵۱۵
۴	–	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۱۱	۰/۰۳۵	۰/۱۰۳	۰/۲۶۷	۰/۵۳۵
۵	–	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۱۲	۰/۰۳۸	۰/۱۱۱	۰/۲۸۳	۰/۵۵۶
۶	–	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۱۳	۰/۰۴۱	۰/۱۱۹	۰/۳	۰/۵۷۶
۷	–	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۱۴	۰/۰۴۴	۰/۱۲۸	۰/۳۱۷	۰/۵۶۹
۸	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۱۶	۰/۰۴۸	۰/۱۳۷	۰/۳۳۵	۰/۶۱۴
۹	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۱۷	۰/۰۵۲	۰/۱۴۷	۰/۳۵۳	۰/۶۳۳
۱۰	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۱۸	۰/۰۵۶	۰/۱۵۷	۰/۳۷۱	۰/۶۵۱
۱۱	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۱۶۸	۰/۳۸۹	۰/۶۶۸
۱۲	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	۰/۰۲۱	۰/۰۶۴	۰/۱۷۹	۰/۴۰۸	۰/۶۸۵
۱۳	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	۰/۰۲۳	۰/۰۶۹	۰/۱۹	۰/۴۲۶	۰/۷۰۲
۱۴	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۸	۰/۰۲۵	۰/۰۷۴	۰/۲۰۲	۰/۴۴۵	۰/۷۱۷
۱۵	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۰/۰۲۷	۰/۰۸	۰/۲۱۵	۰/۴۶۴	۰/۷۳۳

ادامه جدول ۱-۲ :

حرارت (درجه سانتیگراد)	pH								
	۶	۶/۵	۷	۷/۵	۸	۸/۵	۹	۹/۵	۱۰
۱۶	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۰/۰۲۹	۰/۰۸۵	۰/۲۲۸	۰/۴۸۳	۰/۷۴۷
۱۷	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۱	۰/۰۳۱	۰/۰۹۱	۰/۲۴۱	۰/۵۰۲	۰/۷۶۱
۱۸	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۱۱	۰/۰۳۳	۰/۰۹۸	۰/۲۵۵	۰/۵۲	۰/۷۷۴
۱۹	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۱۱	۰/۰۳۶	۰/۱۰۵	۰/۲۷	۰/۵۳۹	۰/۷۸۷
۲۰	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۱۲	۰/۰۳۸	۰/۱۱۲	۰/۲۸۴	۰/۵۵۷	۰/۷۹۹
۲۱	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۱۳	۰/۰۴۱	۰/۱۱۹	۰/۲۹۹	۰/۵۷۵	۰/۸۱
۲۲	–	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۱۴	۰/۰۴۴	۰/۱۲۷	۰/۳۱۵	۰/۵۹۲	۰/۸۲۱
۲۳	–	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۱۵	۰/۰۴۷	۰/۱۳۵	۰/۳۳	۰/۶۰۹	۰/۸۳۲
۲۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۱۶	۰/۰۵	۰/۱۴۴	۰/۳۴۶	۰/۶۲۶	۰/۸۴۱
۲۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۱۸	۰/۰۵۴	۰/۱۵۳	۰/۳۶۳	۰/۶۴۳	۰/۸۵۱
۲۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۱۹	۰/۰۵۷	۰/۱۶۲	۰/۳۷۹	۰/۶۵۹	۰/۸۵۹
۲۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	۰/۰۲	۰/۰۶۱	۰/۱۷۲	۰/۳۹۶	۰/۶۷۴	۰/۸۶۸
۲۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	۰/۰۲۲	۰/۰۶۶	۰/۱۸۲	۰/۴۱۲	۰/۶۸۹	۰/۸۷۵

مثال: در یک مزرعه پرورش ماهی، با دمای آب ۱۶ درجه سانتی‌گراد و PH برابر با هفت و شوری صفر، روزانه ۵۰ کیلوگرم غذای کنسانتره مصرف می‌شود. غلظت آمونیاک یونیزه نشده $NH_3 - N$ (میلی‌گرم در لیتر) و میزان اکسیژن مصرف شده در روز (کیلوگرم) چقدر است؟

$TAN = \%۳ \times R$

$TAN = \%۳ \times ۵۰$

$TAN = ۱/۵$ میلی‌گرم در لیتر

غلظت آمونیاک یونیزه نشده = (a) × (TAN)

$= ۰/۰۰۳ \times ۱/۵$

$= ۰/۰۰۴۵$ میلی‌گرم در لیتر

(kg) اکسیژن مصرف شده توسط ماهی دریک روز × ٪ ۵۳ = TAN

کیلوگرم اکسیژن مصرف شده در روز ۲۸/۳ = $\frac{۱/۵}{٪۵۳}$ = O_2 (Kg) مصرف شده ماهی در یک روز

۵-۲ : دی اکسید کربن

دی اکسید کربن گازی قابل حل در آب است که محصول نهایی تنفس در جانوران محسوب می‌گردد. دریا، به دلیل دارا بودن خاصیت بافری، خطر کمتری از نظر تجمع گاز CO_2 برای جانوران دریایی دارد. اما در آبهای شیرین و بخصوص در آبهای سبک، این گاز می‌تواند به علت تشکیل اسید مشکل آفرین باشد. معمولاً غلظت ۱۲ میلی‌گرم در لیتر گاز CO_2 در آب بعنوان حد کشنده در ماهی در نظر گرفته می‌شود(Willoughby, 1999). هر چه غلظت CO_2 در آب افزایش یابد، pH آب به سمت اسیدی میل می کند. اختلاف در pH پایین خون، اختلاف غلظت موردنیاز برای انتشار از میان آبششها را کاهش داده و سطح CO_2 خون افزایش می‌یابد. میزان ظرفیت حمل اکسیژن توسط مولکول هموگلوبین می‌تواند به‌رغم وجود مقادیر زیادی اکسیژن در آب، موجب بروز اختلال در تنفس ماهی گردد. این پدیده به‌نام اثر بور-روت[1] نامیده می‌شود. در این فعالیت، دی‌اکسید کربن بهمراه اکسیژن، توسط نوزادها و تخمها مصرف می‌شود. اصولاً بایستی آبهای مورد استفاده برای تکثیر، عاری از CO_2 باشند (جعفری باری، ۱۳۸۰).

عوارض ناشی از فراوانی اسید کربنیک آزاد در ماهی با توجه به غلظت آن بترتیب عبارتند از: ناآرامی ماهی، افزایش تنفس، بهم خوردن تعادل، قرار گرفتن به پهلو و پشت بطور موقت، قرار گرفتن به پهلو و پشت بطور **دائم**، اختلالات تنفسی و فلج

1-Bohr- Root

تنفسی، حرکات انعکاسی[1] و در نهایت منجر به مرگ ماهی می‌شود. کاهش اکسیژن در ماهی، منجر به خفگی آن می‌گردد. لذا باز بودن آبششها در ماهیان تلف شده نشانه خوبی از افزایش اسید کربنیک آزاد در آب است (اسماعیلی ساری، ۱۳۷۹).

۲-۶ : قلیائیت تام

قلیائیت تام با مقدار کل یونهای قابل سنجش در آب تعیین می‌گردد که بر حسب میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم ($CaCo_3$) بیان می‌گردد. یونهای اصلی شرکت کننده در قلیائیت عبارتند از کربنات (Co_3^-) و بیکربنات (HCo_3^-) و در درجات پایین‌تر، هیدرو اکسیدها، آمونیم، سیلیکاتها و فسفاتها قرار می‌گیرند.

قلیائیت تام اثر مستقیم بر ماهی ندارد. قلیائیت تام در حدود ۴۰۰-۲۰ میلی‌گرم در لیتر برای اهداف پرورش ماهی میزانی قابل قبول است (جعفری باری، ۱۳۸۰). در پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان قلیائیت تام در حدود ۱۸۰ میلی‌گرم در لیتر، مقداری مناسب تشخیص داده شده است (فرزانفر، ۱۳۷۲).

۲-۷ : سختی آب

آب مورد استفاده در پرورش آبزیان اغلب خالص نیست و شامل مواد گوناگون محلول یا غیر محلولی است که هر یک موجب بروز خواص مختلفی در آب می‌گردند. نشان دادن کلیه خصوصیات ایجاد شده توسط مواد موجود در آن تقریباً غیر ممکن است. لذا، اندازه‌گیری خصوصیات مهم یک منبع آبی معمولاً به چند مورد کلی‌تر محدود می‌گردد. معمولاً سختی فقط در آبهای شیرین مورد سنجش قرار می‌گیرد. بطور کلی، سختی با قابلیت کف کردن صابون در آب مقیاس می‌شود (بطور کلی، مقیاس سختی آب را با قابلیت کف کردن صابون در آن می‌سنجند). صابون توسط یونهای کلسیم و منیزیم جدا می‌شود، البته یونهای آلومینیوم، آهن، منگنز،

1-Reflective

استرانسیم و روی نیز تا حدی در این فرآیند دخیل هستند. در آبهای سخت‌تر معمولاً صابون بیشتری برای ایجاد کف نسبت به آبهای سبک‌تر مصرف می‌گردد (Wheaton, 1977).

سختی کل عبارت است از مجموع سختی حاصل از یونهای کلسیم و منیزیم در آب در اشکال کربنات یا غیر کربنات .

سختی منیزیم + سختی کلسیم = سختی کل

سختی کربنات عبارت است از سختی ناشی از غلظت کربنات و ۱/۲ غلظت بی کربنات.

۱/۲ × سختی غلظت بی کربنات + سختی غلظت کربنات = سختی کربنات

معیار اندازه‌گیری سختی بر حسب مول بر مترمکعب است. در کشورهای مختلف واحدهای متفاوتی را برای اندازه‌گیری معیار سختی انتخاب نموده‌اند که تعدادی از آنها بشرح ذیل است (اسماعیلی ساری، ۱۳۷۹):

الف) معیار سختی آب در کشور آلمان (dh) [۱]:

مبنای اندازه‌گیری سختی در کشور آلمان CaO یا آهک زنده است. در این مبنای اندازه‌گیری، سختی معادل ۱۰ گرم اکسید کلسیم در مترمکعب آب است.

$1\ dh = 10\ gr\ CaO/m^3$

ب) معیار سختی آب در کشور انگلستان (eh) [۲]:

در کشور انگلیس معیار بر حسب کربنات کلسیم بیان می‌شود.

$1\ eh = 10gr\ CaCo_3/m^3$

ج) معیار سختی آب در کشور فرانسه (fh) [۳]:

$1fh = 10gr\ Ca\ Co_3\ /m^3$

د) معیار سختی آب در کشور آمریکا:

اندازه‌گیری سختی در کشور آمریکا، بر حسب ppm ، کربنات کلسیم در آب است.

$1\ mol\ CaCo_3/m^3 = 100\ ppm$

1-dh Deutsch haertegerad 2-English hardness 3-France hardness

جهت سهولت تبدیل، می‌توان میزان سختی در کشورهای مختلف را با استفاده از فرمول ذیل تبدیل نمود.

1 dh = 1.25 eh = 1.79 fh = 17.9 ppm

واحد اندازه گیری سختی در ایران نیز بر حسب ppm کربنات کلسیم است.

۸ -۲ : شوری

یکی از خصوصیات مهم آب، قابلیت انحلال نمکها در آن می‌باشد که آنرا بر حسب گرم در کیلوگرم (gr/kg) اندازه‌گیری می‌نمایند. بطور متوسط شوری آب دریاها ۳۵gr/kg می‌باشد. با انحلال نمک‌ها در آب، نقطه انجماد در آب پایین می‌رود بطوریکه آب دریا با شوری ۳۵ در هزار، در دمای ۱/۸۹- درجه سانتی‌گراد منجمد می‌گردد. نقطه انجماد در آب بر اساس فرمول ذیل محاسبه می‌گردد (Willoughby, 1999).

$T= \%۵۴ \times S$

T = نقطه انجماد آب

S = شوری

بطور کلی، تعریف شوری عبارت است از " مقدار کل مواد جامد بر حسب گرم در یک کیلوگرم آب دریا هنگامیکه کلیه کربنات‌ها به اکسید تبدیل شد، نمکهای برم و ید بوسیله کلر جایگزین و کلیه مواد آلی اکسید شده باشند". شوری طبیعی آب دریا از صفر تا بیش از ۴۰ قسمت در هزار (ppt) متفاوت است (Wheaton, 1977). مناسب‌ترین درجه شوری برای رشد ماهیان سرد آبی مانند قزل‌آلای رنگین کمان حدود ۶-۳ قسمت در هزار تعیین شده است (فرزانفر، ۱۳۸۰).

۹-۲ : مواد معلق و کدورت

کدورت آب می‌تواند ناشی از وجود مواد آلی یا معدنی معلق در آب باشد که بر اثر فرسایش خاک، ضایعات معادن، نخاله‌های ساختمانی یا تراکم رشد پلانکتونی بوجود

می‌آید(فرزانفر، ۱۳۸۰) بعلاوه، کدورت آب می‌تواند بر اثر ورود آب ناشی از ذوب شدن برفها در فصل بهار، نیز باشد. مواد سیلتی معلق در آب می‌توانند به آبشش ماهیها چسبیده و در نتیجه موجب ترشح موکوس از پوست ماهی گردد. در این حالت چنانچه غلظت مواد سیلیتی زیاد و مدت تماس این مواد با آبشش‌ها نیز طولانی باشد، موکوس با این مواد ترکیب و موجب انسداد آبششها و در نهایت مرگ ماهی گردد (Willoughby, 1999).

۱۰- ۲ : سرعت جریان آب

یکی از ارکان مهم مورد نیاز، انتخاب آب مناسب با جریان دائمی می‌باشد. جریان آب در فراهم نمودن اکسیژن مورد نیاز و نیز خارج ساختن مواد دفعی ماهی و بازمانده های مواد غذایی و سایر مواد مضر نقش بسیار مهمی دارد. سرعت جریان آب مورد نیاز با توجه به درجه حرارت آب و سن ماهی متغیر خواهد بود (جدول ۲-۲) (Sedgwick, 1990).

هر چه ماهی بزرگتر باشد، بهمان نسبت سرعت جریان آب بیشتری را تحمل می‌نماید. معمولاً سرعت جریان آب در کانالها نبایستی بیشتر از ۳-۲ سانتی‌متر در ثانیه باشد. قزل‌آلای بزرگ تا ۲۰ سانتی‌متر در ثانیه را نیز تحمل می‌کند. وجود جریانهای سریعتر موجب بالا رفتن متابولیسم ماهی شده و از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد (بشارت و نظافتی، ۱۳۷۱).

۱۱-۲ : مقدار جریان آب مورد نیاز

همانطوریکه متذکر شدیم، در پرورش متراکم آزاد ماهیان همواره در دسترس بودن آب جاری از اهمیت ویژه ای برخوردار است. با توجه به رابطه انحلال اکسیژن در آب و دمای آب، انتظار می‌رود که با بالا رفتن درجه حرارت آب ، آب جاری بیشتری نیز مورد نیاز باشد. بعلاوه، همراه با افزایش رشد و بالا رفتن وزن ماهی، آب جاری بیشتری مورد نیاز است. همچنین زیاد شدن فعالیت ماهی و انجام تغذیه

نیز می‌تواند در روند افزایش نیاز اکسیژنی ماهی و بدنبال آن احتیاج به جریان آب بیشتر مؤثر باشد. گونه‌های مختلف خانواده آزادماهیان، نسبت به جریان آب نیازهای متفاوتی دارند. برای نمونه، ماهی قزل‌آلای رنگین کمان نیاز به جریان آب بالاتری نسبت به ماهی آزاد دارد(Bromage & Shepherd, 1992).

جدول ۲-۲ : میزان آب مورد نیاز برای یک تن ماهی قزل آلای رنگین کمان ۲۰۰ گرمی (اقتباس از Sedgwick, 1990)

درجه حرارت آب (درجه سانتی‌گراد)	میزان مصرف اکسیژن (کیلوگرم/ روز)	میزان آب مورد نیاز (لیتر در ثانیه)
۶	۲/۶	۴/۳
۸	۳/۴	۶/۲
۱۰	۴/۳	۸/۶
۱۲	۵/۱	۱۱/۲
۱۴	۶	۱۴/۳
۱۶	۶/۸	۱۷/۷
۱۸	۷/۷	۲۰/۹

۲-۱۲ : نور

میزان، شدت و طول مدت تابش از جمله خصوصیات مهم نور در آبزی پروری بشمار می‌روند که می‌توانند ماهی را با توجه به نوع گونه و مراحل مختلف رشد تحت تأثیر قرار دهند. بطور کلی اثر نور بیشتر بر مراحل مربوط به تخم و دوران لاروی و نیز تولید مثل نمایان می‌باشد (Moksness *et al.*, 2003).

در معرض قراردادن تخم آزادماهیان در مقابل نورهایی با طیف آبی یا بنفش بسیار کشنده محسوب می‌گردد. تخمها بایستی در تاریکی نگهداری شوند. هنگامیکه از نور

مصنوعی استفاده می‌شود، بایستی از بکار بردن لامپ‌های فلورنست بشدت پرهیز نمود. نور زرد یا نارنجی از امنیت بیشتری برخوردارند (Sedgwick, 1990).

بعلاوه، تابش مستقیم نور خورشید می‌تواند موجب خسارتهای ناشی از آفتاب سوختگی شود و به همین علت در مناطق مرتفع، برای پرورش متراکم، بایستی از تابش مستقیم نور جلوگیری کرد (بشارت و نظافتی، ۱۳۷۱).

آفتاب سوختگی یا لکه‌های طاسی[۱] ، ابتدا بصورت یک سوختگی ساده است که بر حسب اتفاق ممکن است آماسی و عفونی نیز شود (مخیر، ۱۳۶۷).

۱۳-۲ : منابع آبی مناسب برای پرورش آزاد ماهیان

منابع آبی مورد استفاده برای آزاد ماهیان به دو دسته منابع آبی زیر زمینی و آبهای جاری تقسیم بندی می‌شوند. منابع آبی زیرزمینی از جمله چشمه‌ها، قنات‌ها و آب چاهها در بسیاری از اوقات برای تکثیر و پرورش آزاد ماهیان مورد استفاده قرار می‌گیرند.

همواره چشمه‌ها از جمله بهترین و مناسبترین منابع آبی معرفی شده‌اند. از مزایای ویژه استفاده از چشمه‌ها می‌توان به مواردی از قبیل دمای ثابت طی فصول مختلف و فقدان آلودگی‌های بیولوژیک اشاره کرد. معایب این گروه از منابع آبی نیز اغلب محلولیت زیاد گازهایی نظیر دی‌اکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد، متان، ازت و همچنین در بسیاری از اوقات وجود ترکیبات مختلف آن می‌باشد. بعلاوه، آب چشمه‌ها اغلب فاقد اکسیژن محلول کافی برای آزاد ماهیان می‌باشند. از اینرو بایستی پیش از انتقال آب در مخازن نگهداری ماهی، عملیات هوادهی انجام پذیرد.

چشمه‌ها به سه نوع چشمه‌های سقوطی [۲]، حوضچه‌ای[۳] و گسترده[۴]، تقسیم می‌گردند.

1-Bald Spots 2- Rheocren 3- Limnaocren 4- Holocren

در چشمه‌های سقوطی، آب از ارتفاعی از داخل کوه یا صخره بیرون می‌ریزد. اینگونه چشمه‌ها بهترین نوع منبع آبی برای پرورش ماهی قزل‌آلا بشمار می‌روند. دسته دوم چشمه‌های حوضچه‌ای هستند که پس از خروج از زمین، ابتدا آب وارد حوضچه‌ای شده و سپس به مسیر اصلی وارد می‌شود. اینگونه چشمه‌ها دارای اکسیژن محلول کمتری می‌باشند و در آنها امکان رشد گیاهان بیشتر از نوع قبلی است. چشمه‌های گسترده نیز انواع دیگری از چشمه‌ها هستند که فاقد مجرای خاص خروجی بوده، معمولاً دبی زیادی ندارند و در پرورش آزاد ماهیان از طرفداران کمی برخوردارند (بشارت و نظافتی، ۱۳۷۱).

قناتها از سایر منابع آبی زیر زمینی در کشورمان محسوب می‌گردند. دمای آب قنات معمولاً با درجه حرارت چاه مادر یکسان می‌باشد. معایب بهره‌برداری از قناتها همانند چشمه‌هاست و معمولاً اکثر اهالی منطقه در استفاده از یک قنات شریک هستند که خود معمولاً موجب بروز مشکلاتی در زمینه بهره‌برداری از قناتها می‌گردد.

بهره‌گیری از چاهها با توجه به یکسان بودن درجه حرارت آنها طی سال و نیز ثابت بودن شرایط فیزیکوشیمیایی آب و معمولاً فقدان آلودگی، برای پرورش ماهی قزل‌آلا نسبتاً مثبت ارزیابی می‌شوند. از معایب استفاده از چاهها، بالا بودن نسبت ترکیب گازهایی نظیر ازت، دی‌اکسید کربن و متان می‌باشد. از اینرو، بایستی حتماً پیش از انتقال آب چاه برای استفاده ماهیان، آنرا با کمک سیستم‌های هوادهی یا دوش‌های مخصوص کاملاً گازگیری نمود. سایر معایب بهره‌گیری از منابع آب چاهها، دبی کم آب و نیز وابستگی استفاده از آن به منبع الکتریسته می‌باشد. از اینرو بایستی همواره در صورت اتخاذ تصمیم برای بهره‌برداری از آب چاه، یک موتور پمپ ذخیره و نیز یک مولد برق نیز در کنار منبع الکتریسته اصلی در نظر گرفت (هدایت و همکاران، ۱۳۷۹).

رودخانه‌ها از مهمترین منابع آبی جاری روی سطح زمین می‌باشند. بمنظور برنامه‌ریزی تولید، بایستی مبنای حداقل آب دهی متوسط چند ساله (بازگشت ۳۰ ساله) بررسی گردد. از محاسن مهم رودخانه‌ها، فقدان آهن محلول است.

رودخانه‌های مناسب برای پرورش ماهی قزل‌آلا نوسان دمایی بین ۱۸-۱۴ درجه سانتی‌گراد را دارند، دارای آبی شفاف و بستری قلوه سنگی یا شنی می‌باشند. بعلاوه، بایستی این رودخانه‌ها کمتر سیلابی شده و در معرض آلودگی‌های صنعتی و شهری نیز واقع نگردند. از معایب قابل توجه استفاده از رودخانه‌ها می‌توان احتمال گل آلودگی و سیلابی شدن، رسوبگذاری زیاد، احتمال یخبندان، نوسانات حرارتی زیاد و ایجاد شوک‌های حرارتی روزانه به ماهی و احتمال انتقال آلودگیهای میکروبی و شیمیایی اشاره کرد (هدایت و همکاران، ۱۳۷۹).

«فصل سوم»

غذا و تغذیه

۳-۱ : نیازهای غذایی

آزاد ماهیان نیز همانند سایر جانوران برای فراهم نمودن انرژی مورد نیاز خود تغذیه می‌کنند. رژیم غذایی ماهی، بایستی علاوه بر دارا بودن انرژی لازم، حاوی مواد دیگری مانند اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب ضروری، ویتامین و مواد معدنی باشد تا بتواند به رشد جانور نیز کمک نماید. آزاد ماهیان همانند سایر ماهیها خونسردند و نرخ سوخت و ساز در بدن آنها با دمای آب تطابق دارد. از اینرو، این جانوران انرژی بسیار کمی مصرف می‌نماید. بعلاوه، آزاد ماهیان از مزیت دیگری نیز برخوردارند که همان دارا بودن بدنی دوکی شکل است که در نتیجه انرژی بسیار کمتری را برای حرکت در آب مصرف می‌کنند و نیز مواد دفعی نیتروژنی در آنها ساده‌تر دفع می‌گردد. لذا، این گروه از ماهیها نسبت به سایر جانوران، در زمینه مصرف انرژی و پروتئین، از امتیازهای بیشتری برخوردارند (Pennel & Barton, 1996).

آزاد ماهیان، جانورانی گوشتخوارند. آنها در طبیعت با شکار کردن و خوردن سایر جانوران آبزی شکم خود را سیر می‌کنند. سیستم گوارشی این جانوران به شکلی است که قادرند تا از غذاهایی با منشأ جانوری تغذیه کنند. لذا، در تنظیم رژیم غذایی آنها، استفاده گسترده از منابع گیاهی با محدودیت روبرو می‌باشد (Sedgwick, 1990).

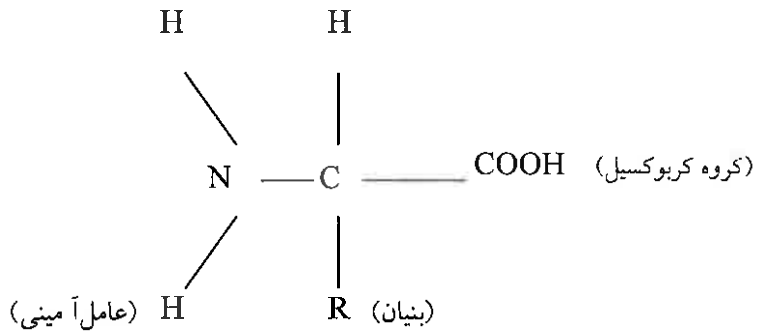
جگر یکی از ابتدایی ترین مواد غذایی است که از ابتدا برای تغذیه ماهی قزل‌آلا مورد استفاده قرار گرفته است. پس از توسعه صنعت آبزی‌پروری، مشخص شد که جگر به تنهایی منبع غذای کاملی محسوب نمی‌گردد و بتدریج آنرا با قسمتهای دیگری از امعاء و احشاء گاو از قبیل قلب و طحال مخلوط می‌کردند. پیشکسوتان پرورش ماهی در امریکا، حتی سر بریده شده گاو را بالای استخرها آویزان می‌کردند تا بعد از چند روز کرمهایی که در نتیجه تخم‌گذاری حشرات در قسمتهای مختلف آن بوجود می‌آمد، در داخل آب افتاده و مورد تغذیه ماهیها قرار گیرند. این کار احتمالاً یکی از اولین تلاشهای تهیه مواد غذایی طبیعی برای ماهی بوده است (عمادی ، ۱۳۶۰).

غذای آزاد ماهیان بایستی شامل منابع غذایی ذیل باشد:

۱-۱-۳ : اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و منابع غذایی پروتئینی

پروتئین‌ها که ساختار اصلی بافتها و اندامهای بدنی جانوران را شامل می‌شوند از واحدهایی به‌نام اسیدهای آمینه تشکیل می‌گردند. اسیدهای آمینه از ۲۰ نوع مختلف هستند که توسط پیوندهای پپتیدی به یکدیگر متصل و پروتئین‌ها را بوجود می‌آورند. آزادماهیان بخودی خود به پروتئین نیازی ندارند ولی، برای تشکیل ساختار پروتئین‌ها به اسیدهای آمینه مختلف احتیاج دارند (Pennel & Barton, 1999).

اسیدهای آمینه از عناصری از قبیل کربن، اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن و گاهی گوگرد تشکیل شده اند. ساختار عمومی یک اسیدآمینه به صورت ذیل است :



یادآور می‌گردد که تفاوت اسیدهای آمینه به طور عمده مربوط به ساختار بنیان R آنها و شکل این بنیان می‌باشد. بنیان R به شش صورت ذیل است (Heen *et al.*, 1993) :

۱- انواع آلیفاتیک (گلیسین، آلانین، سرینین، ترئونین، والین، لوسین، ایزولوسین)
۲- انواع آروماتیک (فنیل آلانین ، تیروزین)
۳- انواع اسیدآمینه‌های گوگردی (سیستئین، سیستین، متیونین)
۴- انواع هتروسیکل (تریپتوفان، پرولین، هیدروکسی پرولین)
۵- انواع اسیدیک (اسپراتیک، گلوتامیک اسید)
۶- انواع بازی (آرژنین، هسیتیدین، لیزین)

اسیدهای آمینه به دو گروه ضروری و غیر ضروری تقسیم می‌شوند. اسیدهای آمینه غیرضروری توسط بدن ماهی ساخته می‌شوند، ولی اسیدهای آمینه ضروری بایستی به غذای ماهی اضافه گردد. مطالعات اخیر نشان داده است که بدن ماهی قادر به ساخت ۱۰ نوع از اسیدهای آمینه نبوده، لذا بایستی آنها در جیره غذایی ماهی گنجانده شوند (جدول۱-۳) (Shepherd & Bromage, 1992).

نیاز غذایی ماهیها به اسیدهای آمینه در مراحل مختلف رشد و نمو تغییر می‌نماید. از اینرو توصیه می‌گردد با توجه به این مراحل، نسبت به افزودن اسیدهای آمینه به غذای ماهی به میزان مناسب اقدام گردد(Heen *et al.*, 1993). (جدول۲-۳). البته یادآور می‌گردد که مقادیر در جدول مذکور مربوط به مراحل ابتدایی رشد و نمو بوده لذا در برخی موارد مشاهده می‌شود که نیاز به یک اسیدآمینه خاص با بالاتر رفتن سن ماهی و میزان رشد آن، کمتر یا بیشتر گردد.

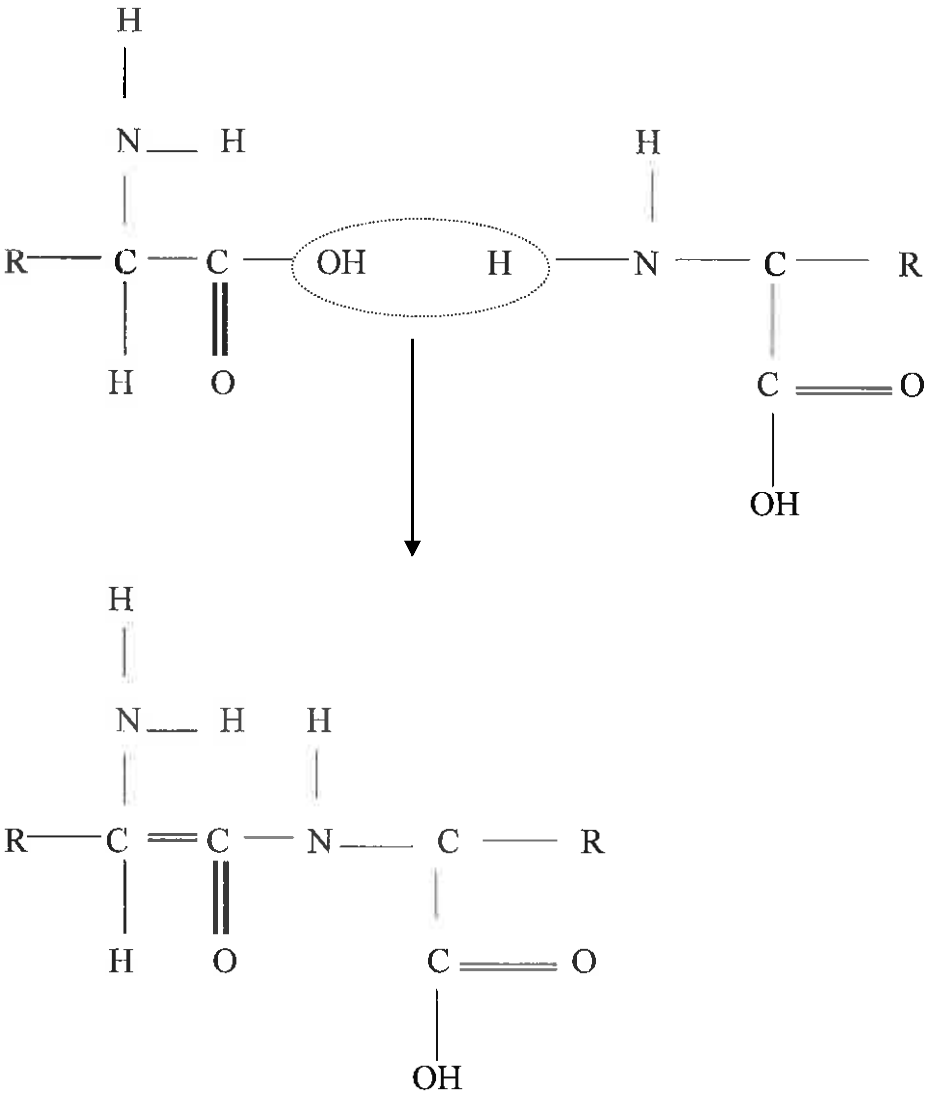
جدول ۱-۳: نیاز متوسط ماهی قزل آلای رنگین کمان به اسیدهای آمینه ضروری گوناگون (برحسب درصد پروتئین) (Pennel & Barton, 1996; Sheperd & Bromage, 1992)

اسیدآمینه	میزان موردنیاز (بر حسب درصد پروتئین در جیره غذایی)	ملاحظات
آرژنین	۵/۹ – ۳/۳	نیاز به آرژنین با توجه به میزان شوری آب تغییر می‌کند. برای مثال، چنانچه در آب شیرین ۳/۳ درصد از ماده پروتئینی از آرژنین تأمین شده باشد، اما در شوری۲۰ درصد، این میزان به ۲/۸ درصد تقلیل می‌یابد.
لیزین	در ماهی قزل آلا ۴/۲	درمابقی گونه های خانواده آزادماهیان ، این میزان بیش از ۵ درصد در جیره پروتئین است.
هیستیدین	۱/۸	هنگامیکه میزان آن بالا باشد بر رشد اثر مثبت دارد
ایزولوسین	۲/۸	
متیونین	۳/۳	هنگامیکه جانور با غذایی سرشار از اسیدآمینه سیستین تغذیه شود، نیاز به متیونین جهت رشد در آن کاهش پیدا می‌یابد.
سیستین	۰/۹	
فنیل آلانین	۶ (در صورت کافی نبودن اسیدآمینه تیروزین در رژیم غذایی)	این اسیدآمینه بهمراه اسیدآمینه تیروزین جزو اسیدهای آمینه آروماتیک می‌باشد. ماهی می‌تواند فنیل‌آلانین را به تیروزین تبدیل نماید یا با مصرف غذاهایی که سرشار از تیروزین است، نیاز خود را به فنیل‌آلانین برطرف سازد. با وجود قابلیت تبدیل این دو اسیدآمینه به یکدیگر در بدن ماهی، اما هر دو اسیدآمینه کاملاً ضروری می‌باشد.
	یا	
تیروزین	۵ (در صورت دارا بودن میزان ۴ درصد تیروزین در رژیم غذایی)	
ترئونین	۴/۱	این اسید آمینه برای برخی آزادماهیان نظیر ماهی آزاد چینوک و ماهی آزاد چام، ۳ -۲/۲ درصد می‌باشد.
تریپتوفان	۰/۶	کمبود آن در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان و ماهی آزاد ساک آی، موجب تغییر شکل محوری ستون فقرات(Lordosis)وتغییر شکل عمودی (Scoliosis) می‌گردد. پس از اضافه کردن تریپتوفان به غذای ماهی، بسرعت عوارض کمبود برطرف می‌گردد.
والین	۳/۶	میزان بالای این اسیدآمینه در جیره پروتئینی می‌تواند از رشد ماهی جلوگیری نماید. هنگامیکه ۱۵-۱۰ درصد از پروتئین غذایی ماهی حاوی این اسیدآمینه باشد، مشاهده شده که آزادماهیان رشد بسیار بطئی داشته‌اند.

جدول۲-۳ : مقایسه سطوح مختلف نیاز به اسیدهای آمینه ضروری در بافتها و مقاطع مختلف رشد و نمو ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Onchorhynchus mykiss*) برحسب درصد پروتئین داده شده (Heen *et al.*, 1993)

اسیدآمینه	میزان‌موردنیاز برای رشد	پروتئین زرده تخم	پروتئین کیسه زرده لارو	بچه ماهی شناگر
آرژنین	۳/۵	۴/۵	۶/۶	۵/۷
هسیتیدین	۱/۶	۲/۲	۲/۹	۲/۵
ایزولوسین	۲/۴	۵/۷	۵/۹	۴/۵
لوسین	۴/۴	۹/۱	۹/۹	۷/۹
لیزین	۵/۳	۷/۱	۹	۷/۷
متیونین	۱/۸	۱/۲	۳/۳	۲/۹
فنیل آلانین	۳/۱	۳/۸	۵/۶	۴/۵
ترئونین	۳/۴	۵/۴	۵	۴/۶
تریپتوفان	۰/۵	—	—	—
والین	۳/۱	۸/۲	۷/۷	۵/۹
سیستین	۰/۹	۱/۱	۱/۵	۱

همانطوریکه قبلاً نیز متذکر گردید، اسیدهای آمینه واحد سازنده و تشکیل دهنده پروتئین‌ها می‌باشند بطوریکه کلیه پروتئین‌ها از اتصال یکسری اسیدهای آمینه به یکدیگر بوسیله پیوندهای پپتیدی بوجود می‌آیند (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳ : چگونگی تشکیل یک دی پپتید بوسیله ارتباط دو اسیدآمینه به کمک یک پیوند پپتیدی (Heen *et al.*, 1993)

پروتئین‌ها در جانوران دارای اشکال گوناگون و وظایف مشخصی می‌باشند. در ماهیها پروتئین‌ها وظایف عمده ذیل را بعهده دارند (Willoughby, 1999):

۱- انتقال‌دهنده مواد (مانند هموگلوبین)
۲- حمایت‌کننده و حرکتی (مانند کلاژن)
۳- دفاعی و مرتبط با سیستم دفاعی (مانند پادتن‌ها)
۴- انقباضی (مانند اکتین)
۵- تنظیم‌کننده کار سلولها (هورمونهایی مانند انسولین)
۶- وظیفه آنزیمی (مانند آنزیمهای گوارشی)
۷- ذخیره‌ای (مانند آلبومین)

میزان هضم‌پذیری پروتئین در ماهی به عواملی نظیر اندازه ماهی، سن ، تعادل در ترکیب موادغذایی مصرف شده، میزان تغذیه، تناوب و تعداد دفعات تغذیه، دمای آب و عوامل استرس‌زا بستگی دارد. به منظور تعیین نرخ بازده یک پروتئین می‌توان از معادله ذیل نیز استفاده نمود (فرزانفر، ۱۳۸۰):

$$\text{نرخ بازده پروتئین (PER)} = \frac{\text{میزان وزن زنده بدست آمده (گرم)}}{\text{میزان پروتئین تغذیه شده(گرم)}}$$

میزان پروتئین مورد نیاز در یک ماهی نیز تحت تأثیر عواملی از قبیل، اندازه ماهی، دمای آب، نرخ تغذیه، کمیت و کیفیت غذاهای زنده و میزان کلی انرژی قابل هضم در مواد تشکیل دهنده جیره غذایی می‌باشد. مقدار پروتئین مورد نیاز در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان برای نگهداری و حفظ بافتها حداقل یک گرم به ازاء هر کیلوگرم وزن بدن در روز می‌باشد. این میزان برای نگهداری بدن حداکثر ۱۲ گرم به ازاء هر کیلوگرم وزن بدن در روز تعیین شده است (Shepherd & Bromage, 1992).

میزان پروتئین مورد نیاز در جیره غذایی ماهیان سردآبی با توجه به نوع ماهی و اندازه آن متغیر می‌باشد. اما بطور متوسط معمولاً میزان ۵۰ درصد پروتئین را برای غذای آغازین[۱]، ۵۰-۴۰ درصد را برای غذای رشد[۲] و حدود ۳۵ درصد را برای غذای پرواربندی یا بازاری[۳] در نظر می‌گیرند (بشارت و نظافتی، ۱۳۷۱). معمولاً غذاهای

1-Starter 2-Grower 3-Production

تهیه شده برای آزادماهیان زمانی مرغوب محسوب می‌گردند که غنی از پروتئین‌هایی با منشأ حیوانی باشند. غذاهایی که ۳۵-۲۸ درصد پروتئین دارند، غذاهایی با کیفیت پایین یا متوسط و آنهایی که دارای ۵۰-۴۰ درصد پروتئین باشند، غذاهای درجه یک و ممتاز اطلاق می‌گردد. پودر ماهی به عنوان یکی از منابع حیوانی سرشار از پروتئین در سراسر جهان شناخته شده است، تولید جهانی پودر ماهی بیش از ۴،۱۰۰،۰۰۰ تن می‌باشد که اغلب در ۱۶۰ کارخانه پودر ماهی در کشورهای پرو و شیلی تولید می‌گردد (Willoughby, 1999).

کیفیت پودر ماهی بستگی به نوع گونه ماهی، اندازه، مرحله بلوغ، تازگی و چگونگی فرآیند تولید دارد. میزان پروتئین پودر ماهی اغلب ۵۶-۵۰درصد می‌باشد. پودر ماهی حاصل از ماهیهای فاسد نشده، منبع خوبی از کلسیم به میزان ۷- ۲/۲درصد، فسفر به میزان ۳/۸-۱/۹ درصد، آهن، روی و سایر عناصر کمیاب و همچنین ویتامینهایی نظیر کولین، بیوتین، اسید پانتوتنیک، نیاسین، B_{12} و تمامی اسیدهای آمینه ضروری است(افشار مازندران، ۱۳۸۱). براساس اعلام مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد کیفیت برای پودر ماهی به شرح جدول (۳-۳) می‌باشد.

جدول ۳-۳ : استاندارد کیفیت پودر ماهی در ایران (اقتباس از افشار مازندران، ۱۳۸۱)

ترکیب شیمیایی	
مشخصات	مشخصات
رطوبت	حداکثر ۱۰
پروتئین	حداکثر ۶۰
چربی	حداکثر ۱۰
کلسیم	حداکثر ۶
فسفر	حداکثر ۳
مواد غیرمحلول در اسید	حداکثر ۲
نمک	حداکثر ۲
فیبرخام	حداکثر ۲
آفلاتوکسین	حداکثر ۳۰ ppb
ازت غیر پروتئینی	منفی

بطور کلی، در غذای آزاد ماهیان علاوه بر پروتئین‌هایی با منشأ جانوری، تا حدودی از پروتئین‌های گیاهی نظیر سویا، ماش و کنجد نیز استفاده می‌شود (فرزانفر، ۱۳۸۰). دانه سویا محتوی عوامل مضری از لحاظ تغذیه‌ای نیز می‌باشد. برخی از این مواد از فعالیت آنزیم تریپسین جلوگیری می‌نمایند. تریپسین آنزیم مهمی در هضم مواد پروتئینی محسوب می‌گردد. لذا استفاده از سویا پیش از منهدم نمودن ساختار این مواد در جیره غذایی آزادماهیان توصیه نمی‌گردد. استفاده از حرارت مناسب یا خشک کردن می‌تواند در از بین بردن این مواد مفید واقع شود (فرزانفر، ۱۳۷۲). بعلاوه، ثابت شده که حرارت دادن به سویا می‌تواند تا حد زیادی موجب بالا بردن میزان هضم پذیری پروتئین موجود در سویا، در ماهی گردد (Lovell *et al.*, 1992). اسید فیتیک[1] از جمله مواد موجود در سویا می‌باشد که می‌تواند موجب کاهش جذب مواد معدنی و نیز کاهش قابلیت هضم پروتئین‌ها در رژیم غذایی آزاد ماهیان گردد (Heen *et al.*, 1993). از سوی دیگر، کنجاله سویا پخته شده حاوی ۳۸درصد پروتئین خام می‌باشد که می‌تواند بعنوان ماده‌ای مناسب در جیره غذایی ماهی قرار گیرد. همچنین قیمت پایین‌تر این ماده گیاهی نسبت به سایر پروتئین‌های جانوری از امتیازات استفاده از آن است (Shepherd & Bromage, 1992). در این راستا آقای "همر" [2] و همکارانش (سال ۲۰۰۵)، از نوعی سویا در جیره غذایی ماهی آزاد اقیانوس اطلس[3] استفاده نمودند. این افراد در نتایج آزمایشهای خود دریافتند که ماهیهای تغذیه شده با سویا، نسبت به نمونه‌های شاهد، رشد معنی‌داری را نشان می‌دادند.

بجز منابع گیاهی و جانوری حاوی پروتئین که مختصری در خصوص آنها شرح داده شد، منابع پروتئینی تک سلولی و میکروبی نیز وجود دارند که در چند سال اخیر در بسیاری از کشورهای صنعتی از آنها بعنوان یک منبع پروتئینی در جیره غذایی آزادماهیان بجای پودر ماهی استفاده می‌گردد. این مواد بطور کلی به دو گروه به

1- Phytic Acid 2- Hemer 3- *Salmo salar L.*

نام‌های "پروتئین‌های زیستی"[۱] و پودرهای جلبکی[۲] معروف می‌باشند (Willoughby, 1999). اساس تولید پروتئین‌های زیستی بر پایه استفاده از باکتریهایی است که در گاز طبیعی زندگی می‌نمایند. این باکتریها اغلب متعلق به باکتریهای گروه متانوتروف[۳] با نام علمی *Methylococcus capsulatus* بوده که بهمراه سایر باکتریهای هتروتروف دریایی در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد به آب اشباع شده از گاز متان و آمونیاک افزوده می‌شوند. پس از خاتمه فرآیند، محصولی تولید می‌گردد که شامل ۷۰ درصد پروتئین، ۱۰درصد چربی، ۱۰ درصد کربوهیدرات و ۷ درصد مواد معدنی می‌باشد.

پروتئین تولید شده بدین روش، دارای پروفیل آمینو اسیدی مشابهی با پودر ماهی است. پودرهای جلبکی نیز منبع پروتئینی دیگری هستند که از گونه‌های جلبکی گوناگونی نظیر کلرلا[۴] ، سیندسموس[۵] و اسپیرولا[۶] تهیه می‌شوند.

سیلاژ ماهی یکی از منابع پروتئینی قابل استفاده بجای پودر ماهی در جیره غذایی آزادماهیان محسوب می‌گردد. سیلاژ را می‌توان از افزودن اسیدفرمیک، یا اسید پروپیونیک به ضایعات مربوط به فرآوری آبزیان و ماهیان مرده تهیه نمود. در این حالت، پس از مدتی گوشت ماهی بصورت مایع یا نیمه مایع درآمده و به علت کاهش pH درآن، از فعالیت میکروارگانیسمها جلوگیری خواهد شد (متین فر و دادگر، ۱۳۷۹).

بطور معمول بعلت احتمال خطر انتقال عوامل بیماریزا استفاده از اعماء و احشاء، سر و دم ماهی و همچنین ماهیان مرده در جیره غذایی آزادماهیان توصیه نمی‌شود. اما با استفاده از این روش، این مشکل برطرف خواهد شد. در کشور نروژ بیش از ۷۵درصد از آزادماهیان مرده در مزارع جهت تولید مصرف و مجدداً بعنوان غذای ماهی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند (Willoughby, 1999).

غذاهای زنده نیز از مهمترین منابع پروتئین بشمار می‌روند.

1-Bio-protein 2-Algal meals 3- Methano trophic bacteria 4-Chlorella
5- Scenedosmus 6- Spirula

یکی از منابع پروتئینی بسیار با ارزش طبیعی کرمهای خاکی اولیگوکیت [۱] می‌باشند که براحتی قابلیت تکثیر و پرورش را بصورت مصنوعی دارند و حاوی ۶۷-۵۰ درصد پروتئین خام هستند.

۲-۱-۳ : اسیدهای چرب، لیپیدها و منابع غذایی چرب

چربیها از اتمهای کربن، هیدروژن و اکسیژن تشکیل شده‌اند. به مولکولهای چربی، تری‌گلیسیرید نیز اطلاق می‌گردد که از ترکیب سه مولکول اسید چرب و یک مولکول گلیسرول بوجود آمده‌اند (شکل۳-۳).

اسیدهای چرب به دو شکل سیر شده و سیر نشده وجود دارند. در ساختار مولکول اسیدهای چرب سیر نشده (غیراشباع)[۲]، حداقل یک پیوند دوگانه یا سه گانه وجود دارد. اسیدهای چرب سیر نشده بعلت وجود چنین پیوندهایی، حالت مایع داشته و در دمای معمولی اتاق بصورت روان می‌باشند. ولی اسیدهای چرب فاقد پیوندهای مذکور، حالتی‌جامد داشته‌واسیدهای‌چرب‌اشباع یا سیر شده[۳] نام دارند (شکل ۴-۳).

اسیدهای چرب دارای یک نام عمومی هستند. این ترکیبات در کنار فرمول خطی خود، دارای علائم خاص عددی از قبیل ۱۴:۰ ، ۲۰:۱، ۳- n ۳: ۱۸، ۶- n ۲ :۱۸، ۶- n ۵ :۲۲ یا ۳- n ۶ : ۲۲ نیز می‌باشند. این نامگذاری بر اساس طول زنجیره کربن در مولکول، تعداد اتصالهای دوگانه کربن و جایگاه اولین اتصال دوگانه شکل گرفته است. برای مثال، در خصوص فرمول اسیدچرب لینولئیک[۴] ، ۳-n۳: ۱۸ خواهیم داشت:

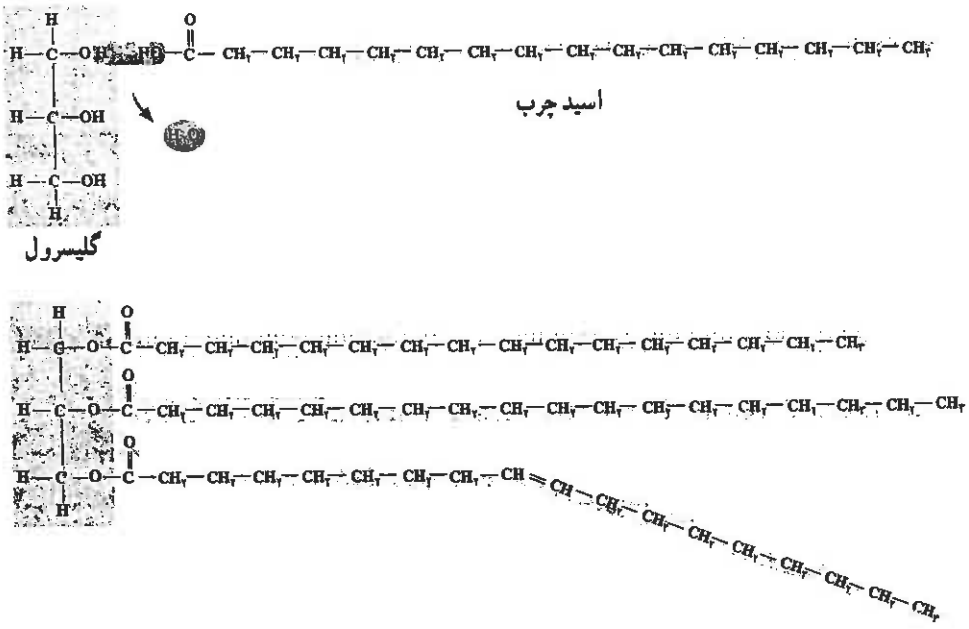
$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH = CH\text{-}CH_2\text{-}CH = CH\text{-}CH_2\text{-}CH = CH\text{-}(CH_2)_7\text{-}COOH$$

در این فرمول عدد ۱۸ بیانگر تعداد اتمهای کربن ۳n به معنای محل قرارگیری اولین پیوند دوگانه از سمت چپ و عدد ۳ نشان‌دهنده تعداد پیوندهای دوگانه است (متین فر و دادگر، ۱۳۷۹).

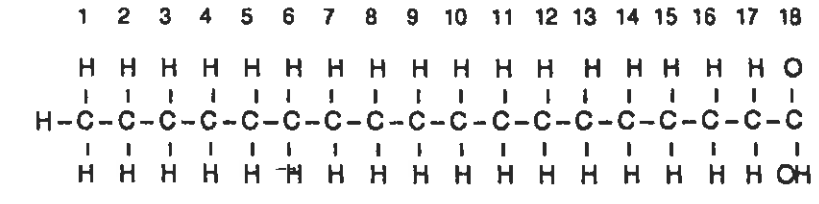
اسیـــدهای چرب ضروری عهـــده‌دار وظایف داخـــل سلولـــی بسیار مهمی هستند و

1- Oligochaete 2- Unsaturated fatty acids 3- Saturated fatty acids

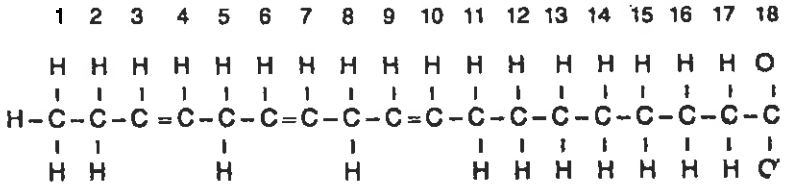
4 -Linoleic Acid



شکل ۳-۳ : ساختار یک مولکول تری گلیسیرید و چگونگی تشکیل آن



Stearic acid 18:0 – saturated fat



Linolenic acid 18:3 (n-3) – unsaturated fat

شکل ۴-۳ : ساختار عمومی دو نوع مولکول اسید چرب سیر شده و سیر نشده

(Willoughby, 1999)

بایستی با وارد کردن آنها در جیره غذایی از علائم کمبود این مواد در ماهی پیشگیری نمود. آزادماهیان به میزان زیادی به اسیدهای چرب دارای سه پیوند دوگانه (n-۳) نیاز دارند. اسید چرب لینولنیک (C۱۸: ۳n-۳) و اسید چرب لینولئیک (C۱۸:۳۸-۶) از مواد مورد نیاز برای ماهی قزل‌آلا می‌باشند. اما اسید ایکوزاپنتانوئیک[1] (C۲۰: ۵n-۳) و اسیدهای چرب غیراشباع مشابه از جمله منابع چربی بسیار مهمتر برای آزادماهیان بشمار می‌روند که بایستی حتماً در جیره غذایی این ماهیان درنظر گرفته شوند (Pennel & Barton, 1996).

زیرا آزاد ماهیان خود توانایی تولید برخی از اسیدهای چرب را دارند، اما قادر نیستند تا اسیدهای چرب خانواده امگا ۳ (n-۳) و امگا ۶ (n-۶) را برای بسازند.

میزان مورد نیاز به اسیدهای چرب امگا ۳ (n-۳) در برخی از آزادماهیان در حدود ۱درصد از جیره غذایی بوده، در حالیکه این میزان برای اسیدهای چرب خانواده امگا ۶ (n-۶) کمتر از مقدار مذکور است (Willoughby, 1999). مقدار اسید چرب ۳n-۳ مورد نیاز در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان نیز ۱/۶-۰/۸ درصد در جیره درنظر گرفته می‌شود.

کمبود اسیدهای چرب ضروری در ماهی می‌تواند موجب عوارضی شامل: کاهش رشد، افزایش ضریب تبدیل غذایی، خراشیدگی باله دمی، التهاب کبد، تغییر نفوذپذیری غشاهای حیاتی، دژنراسیون چربی کبد، کاهش حجم گلبولهای قرمز، کاهش تعداد سلولهای خونی، هماتوکریت، هموگلوبین و تأثیر در فرآیند بلوغ، تخمک‌گذاری، قابلیت خروج ماهیها از تخم و کاهش ضریب بازماندگی تخمها (افشار مازندران، ۱۳۸۱) گردد. بعلاوه، ماهیهای دچار کمبود اسیدهای چرب گروه لینولنیک بر اثر تحریک (برای مثال، فوت کردن سریع به کناره حوضچه یا دستکاری بوسیله یک تور)، شنای سریع انجام می‌دهند و بدنبال آن بی حرکت و بیحال می‌گردد یا در سطح آب شناور یا به عمق آب فرو می‌رود. خوراندن اسید لینولنیک، حداقل به میزان یک درصد به

1-Eicosa Pentaenoic Acid

ماهی قزل‌آلا و ماهی آزاد، موجب برطرف شدن عوارض فوق خواهد شد(مخیر، ۱۳۶۷). منابع غذایی فراوانی برای تأمین اسیدهای چرب موردنیاز وجود دارد که بسیاری از این منابع منشأ دریایی داشته و قیمت بالایی دارند، لذا استفاده از منابع گیاهی غنی از اسیدهای چرب معمولاً از اولویت خاصی برخوردارند (جدول ۴-۳).

جدول ۴-۳ : میزان اسیدهای چرب امگا۳ و امگا۶ در برخی منابع غذایی چرب (بر حسب درصد) (اقتباس از Shepherd & Bromage, 1992)

منبع غذایی	امگا ۶	امگا ۳
روغن کبد ماهی پولاک	۲-۳/۵	۰/۲-۲
روغن کبد ماهی کاد	۲-۳/۵	۱-۱/۵
روغن شگ ماهی	۱/۵ -۲/۵	۰/۵-۱
روغن ساردین	۲-۴	۱-۲
روغن سویا	۴۹-۵۲	۱/۵-۱۱
روغن ذرت	۳۴-۶۲	۰-۳
روغن دانه پنبه	۳۴-۵۵	ــــــ
روغن زیتون	۵-۸	۰/۵-۱/۵

چربیها یکی از انواع لیپیدها بشمار می‌روند. فسفولیپیدها[1]، موم‌ها[2]، استروئیدها[3] و اسفنگومیلین‌ها[4] نیز انواع دیگری از لیپیدها محسوب می‌گردند. فسفولیپیدها جزء اصلی غشاء سلولی بوده و از لحاظ ساختمانی نیز شباهت زیادی به تری‌گلیسیریدها دارند. تفاوت اصلی این دو نوع لیپید در آن است که مولکول گلیسرول در فسفولیپید به دو مولکول اسید چرب و یک گروه فسفات متصل است. این نوع از لیپیدها نقش

1-Phospholipids 2-Waxes 3-Steroids 4-Sphingomyelins

بسیار مهمی در امر تغذیه و فیزیولوژی سلولی دارند (Shepherd & Bromage, 1992).

مومها نیز اجزاء ذخیره انرژی در گیاهان و برخی از جانوران می‌باشند، استروئیدها جزء اولیه در ساختار هورمونهای جنسی هستند. اسفنگومیلین‌ها در غشاء سلولهای مغزی و عصبی وجود دارند (متین‌فر و دادگر، ۱۳۷۹). علاوه بر انواع لیپیدهای مذکور، برخی ویتامین‌ها نیز نظیر ویتامین‌های A، D، E و K محلول در چربی می‌باشند. در ارتباط با این ویتامین‌ها بعدها توضیح بیشتری داده خواهد شد.

میزان هضم‌پذیری چربیها بستگی به نقطه ذوب آنها، درجه حرارت آب و اندازه ماهی دارد. در معده ماهیها چربیهایی با نقطه ذوب پایین، بهتر هضم می‌شوند. میزان چربی در جیره غذایی آزادماهیان، نبایستی از ۸-۵ درصد تجاوز نماید. زیرا در اکثر اوقات، بر اثر مصرف بیش از حد چربیها، مشکلاتی نظیر دژنراسیون کبد و کلیه در ماهیها پدید خواهد آمد (فرزانفر، ۱۳۸۰). بمنظور جلوگیری از اکسید شدن چربیهای موجود در جیره غذایی آزادماهیان، بایستی از مواد آنتی‌اکسیدانت[1] استفاده نمود. از جمله مهمترین و معروفترین این مواد، ویتامین E (آلفا-توکوفرول[2]) است (Pennel & Barton, 1996). چگونگی فرآیند تأثیر این ماده در جلوگیری از اکسید شدن اسیدهای چرب اشباع و ویتامین‌ها در قسمت مربوط به ویتامین‌ها توضیح داده می‌شود.

۳-۱-۳ : هیدراتهای کربن

این دسته از ترکیبات از اتمهای کربن، اکسیژن و هیدروژن به نسبت های ۱، ۲، ۱ تشکیل شده‌اند. بطور کلی، هیدراتهای کربن از لحاظ ساختمانی به مونوساکاریدها، دی‌ساکاریدها و پلی‌ساکاریدها تقسیم می‌گردند.

از مهمترین مونوساکاریدها می‌توان به هگزوزها (با ۶ اتم کربن) و پنتوزها (با ۵ اتم کربن) اشاره نمود. از گروه اول می‌توان گلوکز، فروکتوز و گالاکتوز را نام برد و

1- Antioxidant 2- α- Tocopherol

از گروه دوم قندهای ریبوز و دزوکسی ریبوز ترکیبات مهمی در چرخه زیستی و مواد هسته‌ای سلول‌های جانوری می‌باشند. گلوکز با فرمول عمومی $C_6H_{12}O_6$ در خون جانوران بعنوان سوخت اصلی سلولها مصرف می‌گردد. فروکتوز (قند میوه) و گالاکتوز قندهای دیگری از منوساکارید محسوب می‌گردند که اهمیت چندانی معمولاً در تغذیه آزادماهیان ندارند (Shepherd & Bromage, 1992).

از ترکیب منوساکاریدها، دی‌ساکاریدها بوجود می‌آیند. ساکارز (قند مربوط به شکر)، مالتوز (قند جوانه) و لاکتوز (قند شیر) از جمله دی‌ساکاریدهایی هستند که در برخی از جیره‌های غذایی آزادماهیان جای دارند.

ساکارز + آب ⇌ فروکتوز + گلوکز

مالتوز + آب ⇌ گلوکز + گلوکز

لاکتوز + آب ⇌ گالاکتوز + گلوکز

دسته سوم از هیدراتهای کربن، پلی‌ساکاریدها می‌باشند که از ترکیب چندین مونوساکارید پدید می‌آیند. از جمله مهمترین پلی‌ساکاریدها می‌توان به گلیکوژن، سلولز، نشاسته و کیتین اشاره کرد. در میان این گروه از قندها، گلیکوژن در آزادماهیان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و سلولهای جانوری گلوکز اضافی خود را بصورت این ترکیب در سلولهای کبدی و ماهیچه ای ذخیره کرده و در صورت نیاز به گلوکز تبدیل و مصرف می‌کنند (Johnson, 2001). در طبیعت، هیدراتهای کربن اغلب بصورت پلی‌ساکاریدی یافت می‌شوند. سلولز فراوانترین پلی‌ساکارید موجود در طبیعت است و در ساختمان دیواره سلولی گیاهان وجود دارد. کیتین نیز پلی‌ساکارید دیگری است که در پوسته حشرات و میگو بچشم می‌خورد. ماهیان گوشتخوار نظیر آزادماهیان، توانایی بالایی در هضم و شکستن پلی‌ساکاریدها را ندارند. از اینرو، رشد ماهی تا حدی تحت تأثیر این گروه از مواد می‌باشد. پلی‌ساکاریدهایی نظیر نشاسته یا سلولز حداکثر تا ۲۰ درصد قابلیت هضم‌پذیری

دارند. از اینرو افزودن منابع سلولزی بعنوان ماده انرژی‌زا به غذای آزادماهیان کار مناسبی نمی‌باشد (Willoughby, 1999).

به علت میزان تولید کم آنزیم آمیلاز در گونه‌های گوشتخوار، نشاسته بخوبی هضم نمی‌شود (افشار مازندران، ۱۳۸۱) اما با توجه اینکه هیدراتهای کربن نیز می‌توانند در امر تولید انرژی در ماهی نقشی داشته باشد، لذا بهتر است که جهت انجام هضم بهتر این مواد (بخصوص مواد نشاسته‌ای) آنها را بصورت پخته وارد جیره غذایی ماهی نمود (Shepherd & Bromage, 1992).

معمولاً به ازاء هر کیلوگرم وزن بدن ماهی آزاد، خوراندن بیش از ۴/۵ گرم هیدرات کربن در روز به ماهی توصیه نمی‌شود. مصرف بیش از اندازه این ترکیبات به مدت طولانی، موجب بروز عوارضی از جمله کاهش وزن، خواهد شد. بعلاوه، کبد این گونه ماهیان به علت تجمع بیش از حد گلیکوژن، از اندازه طبیعی خود بزرگتر شده ودارای ظاهری رنگ پریده می‌گردند (فرزانفر، ۱۳۸۰).

۴-۱-۳ : ویتامین‌ها

در سیستم‌های پرورش غیر متراکم ماهی، در بسیاری از مواقع افزودن ویتامین به جیره غذایی امری ضروری محسوب نمی‌گردد. اما در سیستمهای پرورش متراکم ماهی، افزودن ویتامین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بطور کلی، این ترکیبات به منظور رشد، تولید مثل و متابولیسم صحیح در کلیه جانوران نقش بسزایی دارد و اغلب بصورت ترکیبات کوآنزیمی یا آنزیمی موجب تسریع فعالیت‌های زیستی می‌گردند(بشارت و نظافتی، ۱۳۷۱). بعلاوه، آنها سبب می‌شوند تا بدن بتواند سایر ترکیبات موجود در جیره غذایی را بخوبی مصرف نماید (عمادی، ۱۳۶۰). معمولاً وزن مولکولی ویتامین‌ها بسیار کم بوده و همچنین به میزان اندکی نیز بایستی بعمراه غذا توسط ماهیهای پرورشی مصرف گردند. آزمایشها نشان داده‌اند که آزادماهیها به چهار نوع ویتامین محلول در چربی و یازده نوع ویتامین محلول در آب (بجز از هشت ویتامین گروه B، سه نوع ویتامین) نیاز دارند (جدول ۵-۳)

(Shepherd & Bromage, 1992). اغلب ویتامین‌های افزوده شده به غذاهای آماده آبزیان، طی فرآیند تولید پلیت یا طی مدت نگهداری غذا در انبار از بین می‌روند. از اینرو، بهتر است مقادیر بیشتری از حد مورد نیاز ویتامین‌ها به جیره افزوده شود تا از ظاهر شدن علائم مربوط به کمبود ویتامین در ماهیها جلوگیری شود (Heen *et al.*, 1993). ویتامین‌ها ترکیبات آلی پیچیده‌ای هستند که با وجود نیاز بسیار کم بدن به آنها، چنانچه حتی یکی از این مواد در جیره غذایی ماهی وجود نداشته باشد، عوارض ناشی از آن بسرعت در جانور ظاهر می‌گردد. تعیین نیازهای ویتامینی در آبزیان کار بسیار مشکل و وقت‌گیری است و نیاز به جمع‌آوری اطلاعات و انجام آزمایشهای فراوان دارد (Moksness *et al.*, 2004).

جدول ۵-۳ : مقادیر مورد نیاز ویتامین برای ماهی قزل‌آلای رنگین کمان
(اقتباس از Pennel & Barton, 1996)

ویتامین	شرایط	میزان مورد نیاز (mg/kg وزن خشک غذا)
تیامین _گروه B	WG , ADS	۱۰ -۱
ریبوفلاوین(B2)	WG,ADS	۱۵-۵
پیرودوکسین (B6)	MG	۲
پانتونوئیک اسید – گروه B	MG	۲۰
نیاسین – گروه B	MG	۱۰
بیوتین – گروه B	MG	۰/۰۸
اسید فولیک – گروه B	MG	۱۰
B12	R	۰/۰۲
کولین	MG	۱۰۰ – ۵۰
اینوسیتول	MG	۵۰۰ –۲۵۰
اسکوربیک اسید (C)	MLS MG	۱۰۰ ۴۰
ویتامین A (رتینول)	MG	واحد بین المللی(IU)۲۵۰۰
ویتامین D (کولکالسیفرول)	MG	۲۴۰۰ -۱۶۰۰ IU
ویتامین E (توکوفرولز)	MG MLS	۳۰ -۲۵ ۱۰۰
ویتامین K (منادیون)	MG	۱۰

علائم اختصاری:

ADS : حداقل میزان ویتامین مورد نیاز برای جلوگیری از بروز علائم کمبود یتامین در ماهی

R : میزان مورد نیاز

WG : میزان ویتامین مورد نیاز برای افزایش وزن

MG : میزان ویتامین مورد نیاز برای دستیابی به حداکثر میزان رشد

MLS : حداکثر ظرفیت نگهداری ویتامین در کبد

برخی خصوصیات ویتامین‌های محلول در آب و چربی، منابع طبیعی حاوی این ویتامین‌ها و همچنین علائم کمبود آنها در جدول (۶-۳) نشان داده شده‌اند.

۵-۱-۳ : مواد معدنی

در محیطهای طبیعی، مواد معدنی مورد نیاز آزادماهیان از طریق محیط اطراف آنها و بدن جانورانی تأمین می‌شود که ازآنها تغذیه می‌کنند. از اینرو اینگونه مواد بایستی به جیره غذایی این جانوران افزوده شود (Sedgwick, 1988). عناصر معدنی از جنبه‌های گوناگون متابولیسمی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. این عناصر علاوه بر سخت و مستحکم نمودن استخوانها، در مایعات بدن نیز جهت نگهداری و ایجاد تعادل اسمزی با محیط آلی اطراف ماهی و سیستم اعصاب و غدد ترشحی نیز نقش مؤثری ایفا می‌نمایند. همچنین این مواد جزء عناصر تشکیل‌دهنده بسیاری از آنزیم‌ها و رنگدانه‌ها بوده، در برخی از فعالیتهای متابولیک و انتقال انرژی نیز نقش بسزایی دارند (بشارت و نظافتی، ۱۳۷۱).

ماهیان قادرند بسیاری از یونهای معدنی را از سطح پوست و آبششهای خود جذب کنند (بجز لوله گوارش و کلیه) و مواد معدنی زائد را بدین ترتیب دفع نمایند(Willoughby, 1999). در آزادماهیان بخصوص در مراحل جوانی هنگامیکه

جدول ۶-۳ : خصوصیات منابع طبیعی محتوی ویتامین ها و علائم کمبود ویتامین‌ها در آزادماهیان

(اقتباس از افشار مازندران، ۱۳۸۱ ; Hcen *et al.*, 1993 ; Pennel & Barton, 1996)

نام ویتامین	خصوصیات و وظایف	منابع	علائم کمبود در ماهی
تیامین	قابل انحلال در آب ، حساس در مقابل حرارت ، نور ، اکسیژن هوا ، رطوبت و محلولهای ، قلیایی ، بی رنگ بخشی از آنزیم کوکاربوکسی لاز مؤثر در رشد، حفظ اشتها، هضم غذا ، تولید مثل ، بافتهای عصبی ، متابولیسم انرژی	سبزیجات ، سبوس‌ها، مخمرها	بر اثر تغذیه با شگ ماهیان اغلب پدید می آید، علائم عبارتند از: بی اشتهایی، حساسیت زیاد در مقابل محرک ها بفقدان تعادل ، پریدگی رنگ ، توقف رشد، پریدگی رنگ کبد
ریبوفلاوین	قابل انحلال در آب حساس در مقابل نور و محلولهای قلیایی، در کوآنزیمهای بافتی یافت میشود. وجود آن برای تجزیه پیروات، اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه و تبدیل تریپتوفان به اسید نیکوتینیک ضروری است، مؤثر در متابولیسم انرژی سلولی	مخمر ، جگر ، شیر ، دانه سویا	خونریزی در چشمها ، بینی و سرپوش برانشی ، تیرگی رنگ بدن، تیرگی چشم و چسبندگی عدسی و قرنیه ، کاهش رشد
پیرودوکسین	محلول درآب ، حساس در مقابل نور و حرارت ، متابولیسم و مصرف پروتئین ها و واکنشهای آنزیمی ، سنتز سرتونین و rRNA	مخمرها ، دانه کامل غلات ، زرده تخم مرغ ، بافتهای غده ای و کبد	تشنج و ناراحتی های عصبی ، تنفس سریع ، کاهش اشتهاء و کم خونی ، تلفات زیاد در کوتاه مدت، جمود نعشی سریع
پانتونوئیک اسید	محلول در آب ، آبدوست و چسبناک، حساس در مقابل حرارت ، رطوبت، محلولهای اسیدی و قلیایی ، نقش در چرخه های متابولیسمی ، اکسیداسیون و سنتز اسیدهای چرب ، کلسترول و فسفولیپیدها ، انتقال انرژی فسفات در مولکول ATP ، اکسیداسیون پیروات در چرخه سلولی	سبوس غلات ، مخمر، گوشت ماهی، جگر و طحال	کاهش رشد ، اختلالات تولید مثلی، چسبندگی رشته های آبششی، تورم سرپوش آبششی، نکروز و تنبلی و بی‌تحرکی و شنای غیر طبیعی در سطح آب
نیاسین	محلول در آب ، حساس در مقابل رطوبت ، جزئی از کوآنزیمهای NAD و NADP بعنوان گیرنده هیدروژن در چرخه سلولی	مخمر ، سبزیجات و علوفه	کاهش اشتهاء ، خراشیدگی های پوستی و باله، تغییر شکل فک ها، بالا رفتن ضریب تبدیل غذا به گوشت، ایجاد ضایعات سیاه در بدن و آبششها

ادامه جدول ۶-۳:

نام ویتامین	خصوصیات و وظایف	منابع	علائم کمبود در ماهی
بیوتین	محلول در آب ، حساس در مقابل نور. اسیدی و قلیایی در بسیاری از واکنش های کربوکسیلاسیون و دکربوکسیلاسیون اختصاصی بعنوان واسط دی اکسید کربن، بیوسنتز اسیدهای چرب ، تنظیم گلوکز خون	جگر ، مخمر، فرآورده های شیری	کاهش اشتهاء ، اختلالات پوستی ، دیستروفی عضلانی، تشنجهای اسپاسمی ، قطعه شدن گلبولهای قرمز، از دست رفتن رنگدانه ها و سیاه شدن ماهی
اسیدفولیک	محلول در آب ، حساس در مقابل حرارت و نور و اکسیژن هوا و محلولهای اسید و قلیایی ، در شکل گیری گلبولهای قرمز ، دخیل در متابولیسم اسیدهای آمینه و بیوسنتز پورین ها و پریمیدین ها (اسیدهای نوکلئیک تک حلقه ای و دو حلقه ای)	مخمر ، پودر ماهی ، جگر ، کلیه	کم خونی ، کاهش اشتها و رشد ، شکنندگی باله ها، تجمع رنگدانه های سیاه در پوست، خون مردگی در طحال ، فقدان تقارن در گلبولهای قرمز
سیانوکوبالامین	محلول در آب ، حساس در مقابل نور و اکسیژن هوا، دخیل در خون سازی ، بلوغ و رشد گلبولهای قرمز، متابولیسم طبیعی کلسترول و سنتز بازهای پورین و پریمیدین	امعاء و احشاء ماهی ، پودر ماهی ،ضایعات کشتارگاهی ، محصولات جانبی طیور	کم خونی بسیار شدید و کشنده ، کاهش اشتهاء ، افزایش ضریب غذایی
کولین	منبع گروه متیل و دخیل در واکنشهای ترامتیلاسیون، نقش در غشاهای طبیعی ، بعنوان استیل کولین بعنوان انتقال دهنده عصبی، حامل لیپترویک و ضد خونریزی	جوانه گندم، حبوبات، سبزیجات	کاهش رشد و اشتهاء، افزایش زمان تخلیه معده ، ایجاد نقاط قرمز و خونریزی در کلیه، تورم کبد، دیستروفی عضلانی
اینوستیول	از اجزاء ساختمانی بافتهای زنده و ترکیب اینوستیول فسفوگلسرید، دارای خاصیت لیپوتروپیکی از طریق تجمع کلسترول ، حفظ متابولیسم چربی و کارکرد غشاهای سلولی	حبوبات ، مخمر، ریشه گندم	کاهش رشد ، افزایش زمان تخلیه معده ، ایجاد رنگ سیاه در ماهی ، تغییر شکل باله ها، کم خونی ، کم اشتهایی

ادامه جدول ۶-۳:

نام ویتامین	خصوصیات و وظایف	منابع	علائم کمبود در ماهی
اسید اسکوربیک	محلول در آب ، حساس در مقابل نور و حرارت و اکسیژن هوا و محلولهای قلیایی ، در بدن آبزیان این ویتامین سنتز نمی شود لذا بایستی حتماً در جیره غذایی گنجانیده شود. حفاظت در مقابل اکسیداسیون و مهارشدگی آنزیم ها و هورمونها ، تنظیم رشد ، سنتز RNA ، مؤثر در برخی فعالیت های آنزیمی همانند سنتز کلاژن ، عامل بیولوژیک احیاءکننده H در چرخه های متابولیسمی ، غیر سمی نمودن داروهای آروماتیک ، مؤثر در بلوغ گلبولهای قرمز	بافت تازه گوشت ماهی ، حشرات تازه ، انواع محصولات سنتیک محتوی این ویتامین از قبیل: ال _ اسکوربی۱ و۲ سولفات	اختلالات متابولیسمی ، تغییر شکل ستون مهره ها و آتروفی نخاع ، تغییر شکل آبشش ها ، خونریزی داخلی و خارجی ، خراشیدگی باله، کاهش جذب کلسیم از محیط اطراف توسط آبشش ها ، کاهش مقاومت در مقابل عوامل بیماریزای باکتریایی و کاهش کلی ایمنی بدن و تولید پادتن ها
ویتامین A	از ویتامین های محلول در چربی دخیل در ساختار رنگدانه هایی نظیر کاروتن ، قابلیت متابولیسم آهسته در بدن ماهی ، حساس در مقابل حرارت و نور و اکسیژن هوا و رطوبت هوا و محلولهای اسیدی ، مؤثر در وضعیت بینایی، مؤثر در حفظ سلولهای مخاطی ، افزایش رشد سلولها، افزایش مقاومت در مقابل بیماری ها، مؤثر در انتقال کلسیم از غشاهای سلولی ، مؤثر در فعالیت های تولیدمثلی ، افزایش رشد و نمو جنین	ویتامین E	کاهش رشد و میزان دید ، تیرگی قرنیه ، شاخی شدن بافت مخاطی ، خونریزی در چشم و باله ها و چسبیدگی مهره ها به یکدیگر
ویتامین K	محلول در چربی ، حساس در مقابل نور و محلولها ی اسیدی و قلیایی ، مؤثر در فرآیند لخته شدن خون، دخیل در فرآیند متابولیسم انرژی و کاهش تأثیر آلفاتوکسینها در بدن	سویا ، برگ برخی از گیاهان ، جگر ، انواع محصولات سنتیک بصورت استات و فسفات	کم خونی ، خونریزی در آبششها ، چشمها ، طولانی شدن مدت انعقاد خون در کلیه جانوران

در آب شیرین زندگی می‌کنند، بیشتر مواد معدنی مورد نیاز از طریق غذا تأمین می‌گردد (Heen *et al.*, 1993) . زیرا معمولاً آب شیرین حاوی مواد معدنی کمتری نسبت به آب دریاست، از اینرو استفاده از مکملهای معدنی مورد استفاده در خوراک گونه‌های آب شیرین بمراتب بیشتر از گونه‌های دریایی است (علیزاده و دادگر ، ۱۳۸۰). جدول ۷-۳ بیانگر اطلاعات جامعی پیرامون مواد معدنی در ارتباط با آزادماهیان است.

۲-۳: انواع روشها و تجهیزات غذادهی

۱-۲-۳ : مدیریت نحوهٔ غذادهی

غذادهی یکی از اقدامات کلیدی مرتبط با پرورش متراکم آبزیان می‌باشد. غذادهی نیز همانند بسیاری از روشهای تکثیر و پرورش متراکم آبزیان پیشرفت زیادی کرده و اتخاذ یک روش و تدبیر خاص برای یک مزرعه بستگی به عوامل متعددی دارد که شامل موارد ذیل است: نوع و مقدار غذا، میزان کل ماهی موجود و اندازه ماهی، نوع و اندازه‌امکانات تولید غذا و استراتژی معمول غذادهی در مزرعه (Willoughby, 1999).

بعلاوه، در نظر گرفتن عوامل متعددی نظیر دمای آب، اندازه ماهی و وزن توده زنده موجود در استخرها در محاسبه میزان غذای مورد نیاز بسیار مهم است (جدول ۸-۳). بعلاوه، می‌توان با استفاده از معادله ذیل بطور دقیق تعداد دفعات غذادهی روزانه را برای آزادماهیان محاسبه نمود (Timmons *et al.*, 2001).

$$\text{تناوب غذادهی روزانه (ساعت)} = ۴۰ \times \frac{\sqrt{W}}{T^{1/1}}$$

W = وزن بدن (گرم) ، T = دما (درجه سانتی‌گراد)

پخش غذا روی استخرها معمولاً به چهار روش انجام می‌پذیرد (شکل ۵-۳). روش اول که اغلب در استخرهای دراز بکار می‌رود، می‌تواند بصورت دستی و یا مکانیکی انجام پذیرد. در این روش بهتر است غذادهی از محل آب ورودی صورت پذیرد.

جدول ۷-۳: اطلاعات مربوط به خصوصیات، میزان کمی مواد معدنی مورد نیاز، منابع تأمین کننده و علائم کمبود مواد معدنی در آزاد ماهیان (اقتباس از افشارمازندارن، ۱۳۸۱؛ Pennel& Barton, 1996 ; Heen *et al.*, 1993)

نوع ماده معدنی	خصوصیات	میزان مورد نیاز (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن)	منابع	علائم کمبود
کلسیم	حدود ۹۹ درصد از کلسیم در استخوانها، دندانها و فلسها تمرکز دارد	۳۰۰۰	پودر استخوان پخته شده با بخار، کربنات کلسیم، آهک آسیاب شده، منوکلسیم فسفات، دی‌کلسیم فسفات، تری‌کلسیم فسفات و سولفات کلیسم	کاهش رشد وضریب تبدیل غذا به گوشت در حد ضعیف، ناهنجاری‌های اسکلتی
فسفر	اغلب ترکیبات گیاهی حاوی فسفر، بشکل کمپلکس با فیتین **Phytin** بوده که برای آزادماهیان قابل جذب نیست. حدود ۸۰ درصد از فسفر بدن ماهی در استخوانها، دندانها و فلس تمرکز دارد	۶۰۰۰	پودر ماهی، پودر گوشت، پودر استخوان پخته شده با بخار، فسفات کلسیم، دی‌کلسیم فسفات، تری‌کلسیم فسفات، دی‌آمونیم فسفات، مونو آمونیم دی‌سدیم فسفات، منوسدیم فسفات، پتاسیم فسفات و سولفات پتاسیم	ضریب تبدیل غذا به گوشت ضعیف، شکل غیرطبیعی اسکلت بدن، ستون مهره‌هایی اسفنجی و پرک و سایر ناهنجاری‌های اسکلتی
منیزیم	منیزیم با کلسیم و فسفر از لحاظ توزیع و متابولیسم ارتباط نزدیکی دارند. مؤثر در ساختارهای اسکلتی ، اندامها و بافت های عضلانی. نقش در کوفاکتورهای آنزیمها. دخیل در انتقال پیامهای عصبی ماهیچه ای و با اهمیت در فرآیند تنفس	۵۰۰	از طریق آب یا منابع غذایی	کاهش اشتهاء و رشد، بی‌تحرکی، تشنج ناهنجاری‌های اسکلتی و ماهیچه‌ای، مرگ و میر
آهن	جزئی از ترکیب هموگلوبین، سیتوکرومها و پراکسیدازها است. دخیل در فرآیندهای وابسته به تنفس. میزان جذب آهن در غذای آزادماهیان به فراوانی ویتامین C در جیره بستگی دارد	۶۰-۳۰	بافت های پرخون جانوری نظیر طحال، جگر و کلیه	کم خونی، کاهش سطح هماتوکریت و هموگلوبین خون

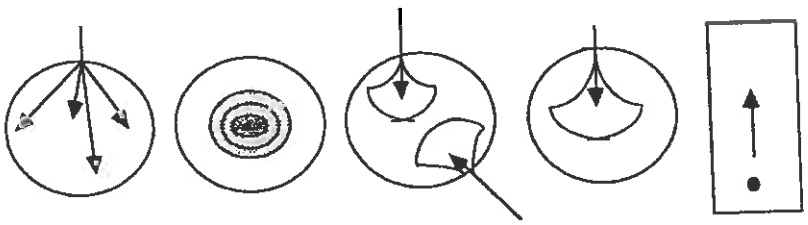
ادامه جدول ۷-۳:

نوع ماده معدنی	خصوصیات	میزان مورد نیاز (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن)	منابع	علائم کمبود
منگنز	بعنوان یک کوفاکتور در تعداد زیادی از آنزیمها نظیر کینازها، ترانسفرازها، و دکربوکسی لازها. فعال‌کننده برخی از آنزیمها نظیر گلیکوسیل ترانسفراز. شرکت در ساختمان برخی آنزیمها مانند آرژیناز، پیروات کربوکسی لاز، سوپراکسی داز دسمولاز و دخیل در ساخت مجدد سلولهای خونی	۲۰-۱۳	از طریق آب و غذا	انحنای غیرطبیعی ستون فقرات، بد شکلی دم
مس	بعنوان یک کوفاکتور در تیروزیناز، اسید اسکوربیک، سوپراکسیداز دسموتاز، دوپامین تیا هیدروکسی لاز و تیروزیناز. مورد نیاز در تولید رنگدانه و بعنوان یکی از عناصر ارتباطی در ترکیبات کلاژنی و الاستینی. در خون ماهی بعنوان یک کمپلکس پرتئینی مس ـ سروپلاسمین شاخص است.	۵	——	کاهش ترکیب سوپراکسید روی‌ـمس دسموتاز در جگر، کاهش فعالیت سیتی کروم C اکسیداز در قلب

ادامه ۷-۳:

نوع ماده معدنی	خصوصیات	میزان مورد نیاز (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن)	منابع	علائم کمبود
روی	یکی از عناصر حیاتی در آزاد ماهیان و مؤثر در بسیاری از فعالیت‌های آنزیمی. جزئی از متالوآنزیمها و مؤثر در متابولیسم کربوهیدراتها، لیپیدها و پروتئین‌ها. دخیل در پروتئین‌های هسته و متابولیسم پروستوگلاندین‌ها. در آبهای حاوی مقادیر بسیار زیاد روی، پروتئین‌های زرده تخم آزاد ماهیان منعقد و مراحل دگردیسی در لاروها بخوبی صورت نمی‌گیرد.	۳۰	از طریق منابع آبی و جیره غذایی	کاهش رشد، کوتوله‌گی، تلفات زیاد، کاهش ترام پون منگنز در استخوانها، ضریب کم تفریخ تخمها، کاهش رشد غیرطبیعی در قسمت دم
ید	عنصر حیاتی و بسیار مهم برای سنتز بیولوژیک هورمون تیروئید یا تیروکسین است	۱/۱ -۰/۳	آب و به مقادیر بیشتر از طریق غذا	هیپرپلازی تیروئید. در خصوص ماهی آزاد، اغلب علائم کمبود هنگام پدیده Smoltification روی می‌دهد
سلنیوم	جزئی از آنزیم گلوتاتیون پرواکسیداز و مؤثر در مکانیسمهای آنتی اکسیدانتی چربیها و بازدارنده اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع. مقادیر بیش از اندازه آن (۱۰-۱۵ mg/kg) موجب بروز مسمومیت می‌شود	۰/۱ ppm	در جیره غذایی	دیستروفی عضلانی، کاهش فعالیت گلوتاتیون
کبالت	یکی از اجزاء مهم و ضروری برای ویتامین B۱۲	۱۰ - ۵		احتمالاً در کمبود خون و هموگلوبین

انجام این شیوه می‌تواند بصورت دستی یا مکانیکی شود. روش دوم پخش غذا بصورت V شکل است که می‌تواند از یک محل یا هر نقطه روی استخرهای گرد انجام گیرد. اغلب پرورش دهندگان این شیوه را برای ماهیان پرواری، روش مناسبی می‌دانند. روش دواری، روش بعدی است که برای تفریخگاهها در نظر گرفته می‌شود. همچنین در پرورش ماهی در قفس نیز کاربرد این شیوه معمولاً توصیه می‌گردد. پخش غذا بصورت طولی در خطوط مستقیم نیز از سایر روشهای غذادهی است که بصورت دستی یا مکانیکی معمولاً در پرورش ماهی در قفس انجام می‌شود (Willoughby, 1999).



شکل ۵-۳ : روشهای مختلف پخش غذا روی استخر(Willoughby, 1999)

۲-۲-۳: غذادهی دستی

غذادهی دستی دربرگیرنده مزایا و معایب بسیاری است. یکی از مزایای مهم استفاده از این روش، کنترل و نظارت بر میزان اشتهای ماهی می‌باشد. در این روش، پرورش‌دهنده می‌تواند براحتی سیرشدن ماهی را از روی میزان علاقه ماهیان به گرفتن غذا تشخیص دهد. بعلاوه، همواره بایستی در نظر داشت که شیوه صحیح غذادهی به ماهیان اهمیت ویژه‌ای دارد و بهتر است این عمل با آرامش و تناوب بشکلی صورت گیرد تا کلیه ماهیها بتوانند فرصت کافی برای گرفتن غذا را از سطح آب داشته و از سوی دیگر، غذای داده شده نیز در هر پرتاب به اندازه‌ای باشد تا

غذای اضافه به کف استخر سقوط ننماید. زیرا در این صورت علاوه بر ضرر اقتصادی و اتلاف غذا، می‌تواند موجب بروز فساد این مواد و آلودگی آب گردد (فرزانفر، ۱۳۷۲).

جدول ۸-۳: میزان غذادهی به ماهی قزل آلای رنگین کمان (درصد وزن ماهی زنده) (اقتباس از فرزانفر، ۱۳۸۰)

اندازه ماهی (cm) / دمای آب (درجه سانتیگراد)	۲/۵ تا ۳/۵	۳/۵ تا ۵	۵ تا ۷/۵	۷/۵ تا ۱۰	۱۰ تا ۱۲/۵	۱۲/۵ تا ۱۵	۱۵ تا ۱۷/۵	۱۷/۵ تا ۲۰	۲۰ تا ۲۲/۵	۲۲/۵ تا ۲۵	>۲۵
۴	۲/۶	۲/۴	۲/۱	۱/۸	۱/۵	۱/۳	۱/۱	۰/۹	۰/۸	۰/۷	۰/۶
۶	۳	۲/۸	۲/۵	۲/۱	۱/۷	۱/۵	۱/۳	۱/۱	۱	۰/۹	۰/۸
۸	۳/۵	۳/۳	۲/۹	۲/۴	۱/۹	۱/۷	۱/۵	۱/۳	۱/۲	۱/۱	۱
۱۰	۴/۱	۳/۹	۳/۴	۲/۸	۲/۲	۲	۱/۷	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۱/۲
۱۲	۴/۸	۴/۶	۴	۳/۲	۲/۵	۲/۳	۲	۱/۷	۱/۶	۱/۵	۱/۴
۱۴	۵/۶	۵/۴	۴/۶	۳/۷	۲/۹	۲/۶	۲/۳	۲	۱/۸	۱/۷	۱/۶
۱۶	۶/۵	۶/۳	۵/۳	۴/۳	۳/۵	۳	۲/۶	۲/۳	۲/۱	۲	۱/۹
۱۸	۴/۶	۴/۴	۳/۷	۳	/۴	۲/۲	۱/۹	۱/۶	۱/۵	۱/۴	۱/۳
۲۰	۲/۸	۲/۶	۲/۳	۲	۱/۶	۱/۴	۱/۲	۱	۰/۹	۰/۸	۰/۷
دفعات غذادهی در روز	۱۰	۸	۸	۶	۶	۴	۴	۳	۳	۲	۲

یکی از مزایای مهم غذادهی دستی، ارزیابی وضعیت سلامت ماهیان توسط پرورش‌دهنده است. زیرا در لحظات اول عملیات غذادهی، به محض برخورد غذا به سطح آب، ماهیهای سالم با جنب و جوش بسیار زیاد موجب بهم خوردن و قلیان در سطح آب می‌گردند که خود نشانه مهمی از سلامت ماهیان می‌باشد. بهره‌گیری از این

روش غذادهی با وجود مزایای زیاد، به علت وقت‌گیر بودن برای مزارع پرورش ماهی بسیار بزرگ توصیه نمی‌گردد (Shepherd & Bromage, 1992).

۳-۲-۳ : غذادهی با تجهیزات مکانیکی

مطالعات نشان داده‌اند که بین رفتارهای تهاجمی، میزان گرسنگی رابطه مستقیمی وجود دارد. این امر یکی از ارکان و علل ساخت سیستم‌های غذاده مکانیکی می‌باشد که در برخی از آنها ماهی با ضربه زدن یا گاز گرفتن پاندول یا یک وسیله الکترونیکی دیگر می‌تواند موجب آزادشدن غذا از مخزن شده و از آن تغذیه نمایند. تحقیقات بسیاری نیز در ارتباط با چگونگی آموزش ماهیان برای استفاده از غذاده‌های مکانیکی انجام شده است و ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بعنوان یکی از ماهیان موفق برای بکارگیری اینگونه تجهیزات معرفی گردیده است (Willoughby, 1999).

یکی از تجهیزات غذادهی مکانیکی استفاده از غذاده‌های تقاضایی[1] می‌باشد. در این شیوه، غذای ماهی درون مخزنی انباشته و غذا از طریق پاندولی که بدرون آب وارد شده با ضربه زدن ماهیها روی سطح آب می‌ریزد. از مزایای مهم این سیستم می‌توان به مواردی از قبیل جلوگیری از اسراف غذا و هدر رفتن غذا، رشد بیشتر، افزایش تولید، بهبود ضریب تبدیل غذا به گوشت، کاهش آلودگی آب و کاهش میزان شیوع بیماریها اشاره کرد (فرزانفر، ۱۳۸۰).

نوعی دیگر از غذاده‌های اتوماتیک تحت عنوان " غذاده‌های تفنگی دانمارکی " وجود دارند که بوسیله هوای فشرده، مقادیری از غذای ذخیره شده در مخزن، روی سطح آب پخش می‌گردد. انواع پیشرفته این تجهیزات در مزارع بزرگ پرورش ماهی بکار گرفته می‌شود که در این سیستمها چندین غذاده تفنگی مجزا در استخرهای نگهداری ماهی نصب می‌شود و توسط لوله‌های هوایی به یک کمپرسور مرکزی اتصال دارند (شکل ۶-۳) (Sedgwick, 1990).

1-Demand Feeders

شکل ۶-۳ : نمونه‌ای از یک دستگاه غذاده تفنگی (اقتباس از Sedgwick, 1990)

۴-۲-۳: شکل غذا و جیره های غذایی

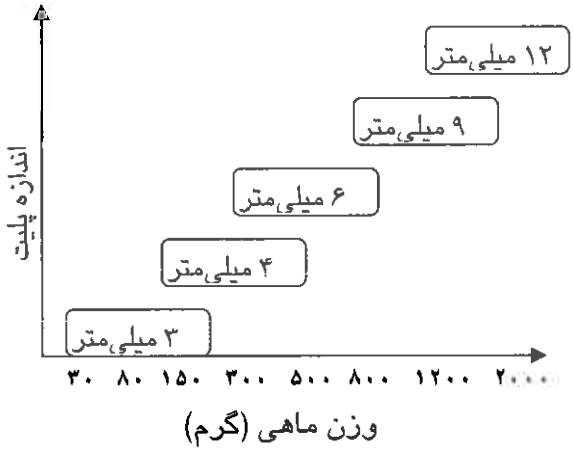
بطورکلی، غذای داده شده به آزادماهیان در کارگاههای پرورش ماهی به سه دسته کلی، غذاهای تر، غذاهای مرطوب و خشک تقسیم می‌گردند. گروه اول دارای ۷۰-۵۰ درصد رطوبت، گروه دوم ۴۰-۳۰ درصد و گروه سوم کمتر از ۱۰ درصد رطوبت دارند (Moksness *et al.*, 2004). گروه اول به طور عمده شامل ترکیبی از ضایعات کشتارگاههای دام و طیور شامل برخی از احشاء غیرقابل مصرف نظیر جگرهای ناسالم، طحال، قلب و قطعاتی از عضلات می‌باشد. اینگونه جیره‌های غذایی معرفی شده به کارگاههای پرورش آزادماهیان با وجود دارا بودن مقادیر متنابهی از مواد غذایی با ارزش(جدول ۹-۳) و همچنین قیمت پایین تا حد امکان توصیه نمی‌شود زیرا سبب ایجاد شرایط نامناسب بهداشتی و نیز احتمال انتقال عوامل بیماریزای گوناگون، شیوع بیماریها و حشرات موذی در محیط می‌گردد. البته بدیهی است فقط در شرایط

خاص، استفاده از غذای تر کاملاً پخته شده با مدنظر قراردادن شرایط بهداشتی و در حد محدود، مجاز می‌باشد (عمادی، ۱۳۶۰ ؛ Pennel & Barton, 1996).

غذاهای مرطوب نوع دیگری از غذاهای متداول برای آزادماهیان است. استفاده از این نوع غذاها، بخصوص در مراحل ابتدایی رشد و نمو ماهیان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده، لذا توجه به نکات بهداشتی در تهیه این نوع غذا بسیار مهم و ضروری است. برای دستیابی به شکل فیزیکی مناسب می‌توان پس از ترکیب مواد اولیه تشکیل دهنده غذا و اختلاط، آنها را بصورت پلیت‌هایی اکسترود، منجمد و بسته‌بندی نمود و در مواقع لزوم بتدریج آنها را از انبار سردخانه خارج و برای مصرف بچه ماهیها استفاده نمود. برای تهیه غذای مرطوب می‌توان غذای تر را با نسبت ۶۰:۴۰ پس مانده‌ها و خاکه‌های غذای خشک کاملاً مخلوط و بوسیله اکسترودر یا سایر غذاسازها، آنها را بشکل پلیت درآورد. سیلاژ ماهی، تهیه شده از احشاء و ماهیهای مرده تکه شده می‌تواند جایگزینی مناسب بعنوان غذای تر درترکیب و تولید غذای مرطوب مورد استفاده قرارگیرد (Lovell, 1989).

جدول ۹-۳: ترکیب مواد مغذی برخی احشاء گاو و گوسفند به عنوان غذای تر مورد استفاده در برخی کارگاههای پرورش آزادماهیان (اقتباس از: عمادی، ۱۳۶۰)

نوع غذا	پروتئین (درصد)	چربی (درصد)	قند (درصد)	آب (درصد)	خاکستر (درصد)	فیبر (درصد)
قلب گاو	۱۴/۸	۲۴/۷	۰/۹	۵۳/۲	۰/۹	–
قلب گوسفند	۱۶/۹	۱۲/۶	–	۶۹/۵	۰/۹	–
کلیه گاو	۱۳/۷	۱/۹	۰/۴	۷۴	۱	–
کلیه گوسفند	۱۵/۳	۴/۱	–	۷۷/۹	–	–
جگر گاو	۲۰/۲	۳/۱	۲/۵	۷۲/۳	۱/۳	–
جگر گوسفند	۲۳/۱	۹	۵	۶۱/۲	۱/۷	–
طحال گاو	۱۸	۲/۳	–	۷۵/۲	۱/۴	–



نمودار ۱-۳: اندازه پیشنهادی غذا برای آزادماهیان در وزن های مختلف
(اقتباس از Willoughby, 1999)

غذاهای خشک معمولاً توسط کارخانه‌های تولید غذای ماهی ساخته می‌شود و مسئولیت کیفیت این محصولات نیز بعهده آنها می‌باشد. غذاهای خشک عامل مهمی در بوجود آوردن ماهیهای سالم هستند و مزایای بسیار زیادی دارند که با وجود قیمت نسبتاً بالا، استفاده از آنرا برای اغلب پرورش‌دهندگان غیر قابل چشم‌پوشی است و از امتیازات آنها می‌توان به مواردی نظیر آسان تهیه نمودن، انجام غذادهی با سرعت بیشتر، آلودگی کمتر محیط آب بر اثر حل شدن غذا، قابلیت انبار کردن و حمل و نقل بهتر اشاره نمود.

غذاهای خشک به طور عمده بشکل پلیت و با اندازه‌ها و ترکیبات گوناگون ساخته می‌شوند. البته اندازه گرانول‌های غذایی، نوع ترکیبات و مواد متشکله آنها با توجه به نوع کارخانه سازنده، گونه ماهی مورد نظر و اندازه ماهیها متفاوت است(نمودار۱-۳) (جداول ۱۰-۳و ۱۱-۳).

جدول ۱۰-۳: نمونه ای از فرمول جیره غذایی در پرورش ماهی قزل‌آلا در ژاپن (اقتباس از Shepherd & Bromage, 1992)

ماده غذایی	درصد در جیره
پودر ماهی	۵۳
پودر گوشت و استخوان	۲
پودر کنجاله سویا	۵
آرد ذرت یا آرد گلوتن گندم	۳
مخمر	۲
آرد گندم	۳۲/۷
مخلوط ویتامینی	۱
کلرین کلراید	۰/۳
مخلوط مواد معدنی	۱

دو روش کلی برای تولید پلیت های خشک در کارخانجات بکار می‌رود که عبارتند از: پلیتهای تولید شده با استفاده از بخار آب و هوای فشرده، پلیت‌های تولید شده بوسیله اکسترودها که این پلیت‌ها از قابلیت تنوع فیزیکی و خصوصیات تغذیه‌ای مناسب‌تری نسبت به نوع اول برخوردارند. بعلاوه، پلیت‌هایی که بوسیله بخار و هوای فشرده تولید شده‌اند، وزن مخصوص بالاتری دارند و سریعتر در آب فرو می‌روند. پلیت‌هایی که بوسیله اکسترودرها تهیه می‌گردند، دارای سطحی صاف‌ترند و به مدت ۵-۲ دقیقه نیز پس از فرموله و مخلوط شدن، بوسیله بخار آب و فشار پخته می‌شوند. بطوریکه در پایان، محصول تولیدی حاوی ۳۰-۲۰ درصد رطوبت است. معمولاً اینگونه پلیت‌ها دارای حدود ۲۵ درصد چربی و حاوی میزان کمی هیدرات کربن هستند. از اینرو، علاوه بر خواص تغذیه‌ای بیشتر، قابلیت شناوری بهتری نیز دارند (Moksness *et al.*, 2004).

جدول ۱۱-۳: جیره‌های غذایی پیشنهادی توسط بانک اطلاعات آبزیان و اداره حیات‌وحش ایالات متحده (اقتباس از Lovell, 1989)

نوع ماده غذایی	آغازی (درصد)	جوان در حال رشد (درصد)	پرواری (درصد)
پودر ماهی	حداقل ۵۰	حداقل ۳۰	۲۰
آرد گندم	حداقل ۱۰	۵	۵
جوانه گندم	-	۱۷/۵	۳۷/۵
آرد یا کنجاله سویا	۱۵	۲۵	۱۵
پودر خون خشک	۱۰	۱۰	۱۰
مواد معدنی	۰/۰۵	۰/۱	۰/۱
مخلوط ویتامینی	۰/۶	۰/۴	۰/۴
کلرورکولین	۰/۲۲۵	۰/۱۷۵	۰/۱۷۵
اسیداسکوربیک(ویتامین C)	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵
روغن ماهی	۱۲	۱۰	۱۰
سولفانات لیگنین (همبند)	۲	۲	۲
	بیش از ۵۰ درصد پروتئین بیش از ۱۷ درصد چربی کمتر از ۱۰ درصد رطوبت	بیش از ۴۲ درصد پروتئین بیش از ۱۳ درصد چربی کمتر از ۱۰ درصد رطوبت	بیش از ۳۲ درصد پروتئین بیش از ۱۳ درصد چربی کمتر از ۱۰ درصد رطوبت

۳-۳ : تأثیر غذا در رشد ماهی

رشد یکی از پیچیده‌ترین پدیده‌هایی است که نمی‌توان تنها با پیگیری یک فاکتور به چگونگی آن پی برد. اما عواملی از قبیل کمیت غذا و مواد تشکیل‌دهنده آن و نحوهٔ تغذیه ماهی از آن، در زمره مهمترین عوامل مؤثر در رشد محسوب می‌گردند. میزان رشد ماهی با نسبت تبدیل غذا FCR[1] مرتبط بوده و از رابطه ذیل بدست می‌آید(Willoughby, 1999):

$$FCR = \frac{\text{وزن غذای خورده شده}}{\text{وزن بدنی حاصله}}$$

1-Feed Conversion Ratio

هنگامیکه FCR برابر یک باشد، به این معنی است که با مصرف یک کیلوگرم غذا، یک کیلوگرم به وزن ماهی اضافه می‌شود. بدیهی است که هرچه FCR کوچکتر باشد، غذای مصرفی مرغوب‌تر خواهد بود. معمولاً در ماهیهای کوچکتر، میزان FCR کمتر از ماهیهای بزرگتر می‌باشد.

گرچه برای دستیابی به حداکثر میزان رشد بایستی به طور دائم ماهیها غذادهی گردند، اما در شرایط ذیل بهتر است غذادهی متوقف شود (Timmons *et al.*, 2001):

- بالا بودن دمای آب
- تحت دسترس بودن ماهیها یا در شرایط بیماری
- ۴۸-۲۴ ساعت قبل از حمل و نقل
- ۲۴ ساعت قبل از نمونه‌گیری
- ۴-۳ روز قبل از عمل‌آوری
- در شرایط کمبود اکسیژنی آب
- در شرایط کیفیت نامناسب آب

چنانچه میزان تغذیه ماهی درحد متعارف و مناسبی باشد، با توجه به رابطه ذیل، می‌توان وزن آنرا محاسبه نمود (Soleim, 1980):

$$W = 1/6 \frac{L^3}{100}$$

در این معادله:

L= طول ماهی(سانتی‌متر)

W= وزن ماهی (گرم)

در معادله فوق، ضریب ۱/۶ برای ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در نظر گرفته شده است. این ضریب برای ماهی آزاد اقیانوس اطلس در حدود ۱/۲ می‌باشد. برای مثال، یک ماهی قزل‌آلای ۱۰ سانتی‌متری بایستی بر اساس این معادله، وزنی در حدود ۱۶ گرم داشته باشد (Soleim, 1980).

۴-۳ : تأثیر رنگدانه‌های خوراکی در غذا

آستاگزانتین[۱] رنگدانه اصلی کاروتنوئیدی[۲] در آزادماهیان است که موجب رنگین شدن تخمکها، گوشت و پوست ماهی می‌گردد. در حال، حاضر آستاگزانتین و کانتاگزانتین[۳] بصورت مصنوعی ساخته می‌شوند.

رنگدانه‌ها عموماً در پوست متمرکز می‌گردند اما در تعدادی از خانواده آزادماهیان، در بافت‌های ماهیچه‌ای نیز مشاهده می‌شوند. آستاگزانتین که در پوست سخت‌پوستان یافت می‌شود، عامل اصلی رنگ گوشت صورتی آزادماهیان است. ماهیان خود قادر به ساخت این رنگدانه نیستند، لذا بایستی ماهی آن را از طریق تغذیه مصنوعی یا طبیعی تأمین نماید. رنگدانه مذکور عامل اصلی ساخت ویتامین A در ماهی بشمار می‌رود (Pennel & Barton, 1996). بعلاوه، رنگ مخصوص تخم برخی از آزادماهیان نیز بعلت تغذیه از همین رنگدانه است. هنگامیکه غلظت کاروتنوئید در گوشت ماهی به ۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم برسد، عضله از لحاظ ظاهری دارای رنگ مناسبی می‌گردد و از لحاظ بازاری به مرغوبیت ویژه‌ای می‌رسد. اضافه کردن رنگدانه بطور مستقیم در غذای ماهی یا استفاده از برخی منابع جانوری و گیاهی می‌تواند در دستیابی به گوشت صورتی و همچنین تخمکهای نارنجی یا قرمز رنگ مفید واقع گردد. استفاده از ۴ درصد تفاله هویج یا ۲-۱ درصد گاماروس در جیره پایه می‌تواند موجب بروز رنگ مناسبی در گوشت ماهی گردد. چنانچه استفاده از رنگدانه‌های خوراکی بطور مستقیم در غذا در نظر داشته باشیم، افزودن مخلوطی از رنگدانه‌ها در جیره می‌تواند نتیجه مطلوبی داشته باشد (جدول ۱۲-۳)(بحری، ۱۳۷۷).

1-Astaxanthin 2-Carotenoid 3-Canthaxantin

جدول ۱۲-۳: تأثیر میزان کاروتنوئیدها، استاگزانتین و کانتاگزانتین در رنگدانه های قزل‌آلای رنگین‌کمان (بحری، ۱۳۷۷)

نام رنگدانه	مقدار(میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی)		
کاروتنوئید	۰-۲۵	۲۵-۵۰	۵۰-۱۰۰
آستاگزانتین	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۰۳
کانتاگزانتین	۰/۰۹	۰/۱۹	۰/۰۲

اغلب، استفاده از کاروتنوئیدهای مصنوعی قانونمند شده است. در کشورهای عضو اتحادیه اروپایی، حد مجاز استفاده از آنتاگزانتین یا کانتاگزانتین به مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خوراک کامل است یا مخلوط این دو رنگدانه در خوراک نباید از ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم تجاوز نماید. ماهیان قزل‌آلایی که جهت فروش به عنوان ماهیهای Plate-sized پرورش داده می‌شوند، پس از رسیدن به وزن ۱۰۰ گرم تا پایان دوره پرورش از خوراکهای محتوی ۳۵-۳۰ میلی‌گرم رنگدانه در هر کیلوگرم جیره خشک استفاده می‌کنند (علیزاده و دادگر، ۱۳۸۰؛ بشارت و نظافتی، ۱۳۷۱).

«فصل چهارم»

فعالیت‌های جانبی

۱-۴ : رقم‌بندی ماهیان

همنوع خواری[1] پدیده ایست که در میان برخی از جانوران از جمله آزادماهیان مشاهده می‌گردد. این امر معمولاً زمانی روی می‌دهد که گله ماهیان در استخرهای نگهداری ماهی، از نظر اندازه وزنی در یک گروه قرار نگیرند. ایجاد اختلاف وزنی و غیر همسان شدن ماهیها به طور عمده به دلایل ژنتیکی یا دسترسی نداشتن یکسان ماهیها به غذا می‌باشد. از اینرو، انجام عملیات رقم‌بندی می‌تواند علاوه بر حل مشکل همنوع‌خواری، از بروز بسیاری از مشکلات دیگر نیز جلوگیری نماید. مسائلی از قبیل کاهش رشد توده زیستی (بیوماس)، هدر رفتن غذا، آلودگی آب، به تأخیر افتادن زمان صید و بسیاری دیگر ازمشکلات مدیریتی می‌توانند در این زمره قرار گیرند (فرزانفر، ۱۳۸۰). بایستی خاطر نشان ساخت که در پرورش آزاد ماهیان، انجام رقم‌بندی‌های غیرضروری توصیه نمی‌شود. همچنین بمنظور انجام عملیات رقم‌بندی بایستی غذادهی به ماهیها برای چند روز قطع شود، انجام این امر بطور پی در پی، می‌تواند موجب کاهش وزن و رشد ماهیان گردد. بعلاوه، بدلیل تماس مداوم دست با پوست ماهی و از بین رفتن مخاط پوستی، امکان رشد بسیاری از میکروارگانیسمها و قارچهای پوستی نیز فراهم می‌شود. عملیات رقم‌بندی بهتر است هنگامیکه ماهیها در تفریخگاه قرار دارند، به تعداد دفعات یک یا دو بار انجام پذیرد. اولین رقم‌بندی بهتر

1-Canibalism

است زمانی صورت گیرد که تعداد ۵۰۰ عدد از بچه ماهیان، وزنی معادل یک کیلوگرم داشته باشند. انجام دو الی سه نوبت رقم‌بندی در سایر مراحل رشد ماهی، از مرحله بچه ماهیان انگشت قد تا ماهیهای یک ساله و حتی مولدین توصیه می‌گردد (Shephered & Bromage, 1992).

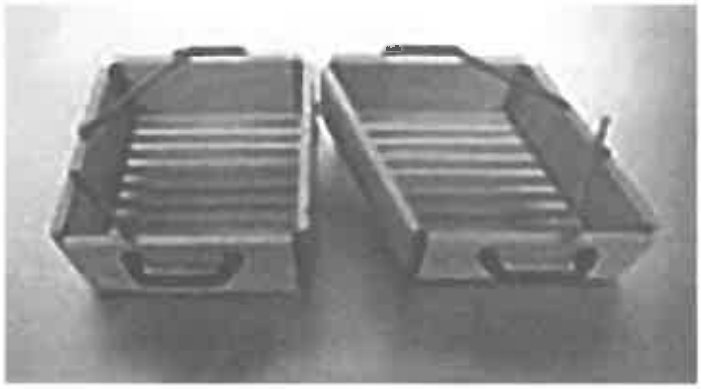
در استخرهای دراز به منظور انجام رقم‌بندی، ماهیها را در گوشهٔ انتهای خروجی جمع کرده و این امکان را به آنها می‌دهند تا از رقم‌بند نصب شده در محل خروجی عبور نمایند. رقم‌بند مذکور بصورت لوله‌هایی موازی بوده که با فواصل معینی از یکدیگر قرار دارند. فواصل به شکلی تعیین شده که تنها عبور ماهیان درشت‌تر امکان‌پذیر است. بدین ترتیب پس از گذشت چند ساعت، ماهیهای کوچکتر بطور خودکار بر اثر جریان آب از میان چارچوب رقم‌بند عبور کرده و ماهیهای استخر رقم‌بندی می‌گردند. بمنظور انجام رقم‌بندی بیشتر می‌توان این عملیات را با چندین رقم بند متوالی و با فواصل لوله‌های متفاوت از سوی رقم‌بند بزرگ به کوچک انجام داد (Sedgwick, 1990).

نوع دیگری از رقم‌بندهای دستی ساخته شده‌اند که معمولاً استفاده از آنها در کارگاههای پرورش ماهی قزل‌آلا در ایران، بسیار متداول می‌باشد. این نوع از رقم‌بندها معمولاً برای جداسازی و رقم‌بندی ماهیهای کوچک مناسب هستند. در اینگونه وسایل با توجه به فواصل مربوط به لوله‌های موازی، عملیات رقم‌بندی اجرا می‌شود (شکل ۱-۴) (فرزانفر ، ۱۳۸۰).

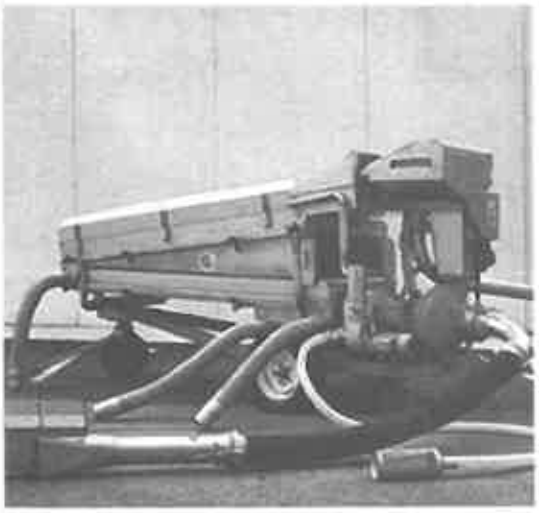
رقم‌بندهای اتوماتیک امروزه تنوع بسیار زیادی یافته و هر یک دارای ویژگیهای گوناگونی هستند. معمولاً رقم‌بندهای اتوماتیک مجهز به یک پمپ ویژه [1] جهت پمپ ماهی بهمراه آب می‌باشند. مهمترین ویژگی اینگونه پمپ‌ها آن است که ماهیها هنگام عملیات پمپاژ آسیب نمی‌بینند. در این رقم‌بندها، ماهی و آب بوسیله پمپ روی دو

1-Fish Pump

صفحه مسطح شیبدار ریخته می‌شوند که با یکدیگر دارای یک زاویه حاده (قابل تغییر) هستند. این صفحات بشکلی قرار می‌گیرند که فاصله بین آنها از بالا جائیکه



شکل ۱-۴ : تصویر یک نوع رقم‌بند دستی (اقتباس از کاتالوگ Aquatech).



شکل ۲-۴: تصویر یک پمپ ماهی و رقم‌بند اتوماتیک (اقتباس از کاتالوگ Aquatech).

ماهیها ریخته می‌شوند به طرف انتهای سطوح شیب‌دار در پایین بیشتر می‌گردد. از اینرو بر اساس جثه ماهی و عرض شکاف مذکور، ماهیها عبور کرده و توسط

لوله‌های هدایت کننده‌ای با قطر ۲۰ سانتی‌متر، آب بهمراه ماهی‌ها به استخرهای موردنظر انتقال پیدا می‌یابند (شکل ۲-۴).

۲-۴: حمل و نقل

حمل و نقل ماهی با سیستمها و روش‌های متفاوتی انجام می‌پذیرد. حمل ماهی در تانکهای مخصوص نگهداری ماهی زنده مجهز به سیستم‌های انتقال اکسیژن و همچنین دستگاههای اندازه‌گیر دیجیتال فاکتورهای مهم آب نظیر دما و اکسیژن انجام می‌پذیرد. اینگونه مخازن با توجه به ظرفیت آنها، می‌توانند با استفاده از وسایل نقلیه گوناگون نظیر وانت، کامیون یا تریلر حمل گردند (شکل ۳-۴).

از مهمترین مشکلاتی که معمولاً هنگام حمل ماهی زنده بروز می‌کنند عبارتند از: کمبود اکسیژن، افزایش آمونیاک و دی‌اکسید کربن. همواره بایستی توجه داشت که میزان اکسیژن محلول در آب مخزن نگهداری ماهی از ۶ میلی‌گرم در لیتر کمتر نشود. در صورت کاهش میزان اکسیژن، می‌توان با استفاده از پمپ‌های مخصوص هوادهی و سنگ هوای تعبیه شده در مخزن، نسبت به هوادهی در آب اقدام نمود. بعلاوه، کپسولهای اکسیژن همواره می‌توانند جایگزین بهتری برای بالا بردن میزان اکسیژن محلول در آب باشند. همچنین شکل مخزن حمل نیز می‌تواند در میزان حلالیت اکسیژن در آب مؤثر باشد. مخازن با شکلی دوار در حلالیت اکسیژن، مناسب‌تر تشخیص داده شده‌اند. در صورت انجام هوادهی صحیح، معمولاً تا هنگامیکه میزان دی‌اکسیدکربن محلول در آب از ۱۵ میلی‌گرم در لیتر تجاوز ننماید، مشکلی جدی بوجود نخواهد آمد.

اسیدیته (pH) آب نیز بهتر است کمتر از ۷/۵ باشد ، زیرا معمولاً در pH بالاتر، آمونیاک بشکل غیر یونیزه و سمی در آب حل خواهد شد که می‌تواند در سفرها و جابجایی‌های طولانی سبب بروز تلفات گردد. بمنظور کاهش و کنترل آمونیاک در

مخازن حمل ماهی، استفاده از سنگ زئولیت[۱] از نوع کلینوپتلایت[۲] در کیسه های پلاستیکی مشبک توصیه می‌شود (Shepherd & Bromage, 1992).

یکی از مهمترین فاکتورهایی که بایستی هنگام حمل ماهی بدان توجه داشت، مسئله دمای آب است. در صورت افزایش درجه حرارت آب میزان متابولیسم

شکل ۳-۴ : یک تریلر مخصوص حمل ماهی زنده
(اقتباس از Shepherd & Bromage, 1992).

ماهی بالا رفته و در نتیجه میزان مصرف اکسیژن و تولید مواد دفعی نیز بیشتر شود. بعلاوه، در دمای پایین‌تر قابلیت نگهداری اکسیژن در آب نیز افزایش یافته، لذا مشکل انتقال اکسیژن کمتر بوجود خواهد آمد از اینرو، ایزوله نمودن مخازن حمل ماهی برای جلوگیری از تبادل گرما با محیط، می‌تواند تا حد زیادی به این امر کمک نماید (Sedgwick, 1988).

برای حمل ماهیان کوچک (خانواده آزادماهیان) در فواصل کوتاه بهتر است تراکم ماهی در مخازن مخصوص حمل، از ۳۰-۲۰ کیلوگرم در مترمکعب تجاوز ننماید (فرزانفر، ۱۳۸۰).

1-Zeolite 2-Clinoptilolite

حدود ۴۸ ساعت پس از تخمگیری و لقاح، تخمهای تازه لقاح یافته (تخمهای سبز) را می‌توان با احتیاط بهمراه آب جابجا نمود. بمنظور حمل تخمهای چشم‌زده[۱] ، بایستی توجه داشت که فقط در بسته‌بندی‌های مناسب و در جعبه‌های پلی‌استیرن بهمراه یخ پودر شده می‌توان مدت ۴۸ ساعت در داخل سینی‌های مخصوص اقدام به جابجایی تخم‌های چشم‌زده کرد.

هر جعبه دارای تعدادی سینی با کف سوراخدار بوده که پایین‌ترین سینی در جعبه خالی و بالاترین سینی را با یخ خشک پر می‌کنند. باقیمانده سینی‌ها، محتوی تخم چشم‌زده خواهند شد. طی حمل و نقل، یخها بتدریج ذوب شده و محیط مرطوب و خنکی داخل جعبه ایجاد می‌شود. بدین ترتیب، آب ناشی از ذوب یخ در آخرین سینی کف جعبه جمع می‌گردد.

معمولاً بچه ماهیان نورس را در کیسه‌های پلاستیکی بزرگی حمل می‌کنند که محتوی ۲۵ درصد آب و ۷۵ درصد اکسیژن هستند. کیسه‌های پلاستیکی دو لایه بوده و در داخل جعبه‌هایی بسته‌بندی می‌گردند که اطراف آن پودر یخ ریخته می‌شود. دمای مناسب برای حمل بچه ماهیان در این حالت نبایستی از ۱۰ درجه سانتی‌گراد تجاوز نماید (بشارت و نظافتی ، ۱۳۷۱).

۱-۲-۴ : عوامل مؤثر درحمل ماهی و نکات مهم

در حمل تخم ماهی، بچه ماهیان نورس و ماهیان انگشت قد نکات چندی را همواره بایستی در نظر قرار داد که از آنجمله می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود (Pennel & Barton, 1996 ; Timmons *et al.*, 2001):

۱- Eyed eggs : در اصطلاح به زمانی اطلاق می‌گردد که چشمهای جنین ماهی بصورت دو نقطه سیاه با چشم غیرمسلح قابل رویت باشد(عمادی، ۱۳۶۰).

۱- کاهش متابولیسم ماهیها طی حمل و نقل

کاهش میزان هیجان، جنب و جوش و بطور کلی نرخ متابولیسم ماهی طی مدت حمل و نقل می‌تواند موجب کاهش مصرف اکسیژن و تولید دی‌اکسید کربن و آمونیاک گردد. از اینرو استفاده از برخی مواد شیمیایی بی‌هوش کننده مجاز، در حد و اندازه تعریف شده و بطور محدود می‌تواند تا حد زیادی مفید واقع گردد. "متومیدیت"[۱] با نام تجاری ماری‌نیل[۲] دارویی است که در کشور کانادا برای بیهوشی ماکیان مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما بتازگی تأثیر بیهوش‌کننده آن برای کاربردهای شیلاتی نیز مشخص شده است. استفاده از ۰/۲-۰/۱ میلی‌گرم در لیتر از این ماده طی حمل و نقل آزادماهیان اسملت می‌تواند در بی‌حسی آنها نقش مؤثری ایفا نماید. در ایالات متحده تاکنون مجوزهای لازم برای مصرف این ماده جهت مقاصد شیلاتی صادر نشده است. تری‌کائین متان سولفات[۳] با نام تجاری MS222 ترکیب دیگری است که استفاده گسترده‌ای در بیهوشی و بی‌حسی ماهیان دارد. این ماده از ترکیب دیگری گرفته شده است که برای بی‌حسی موضعی انسان بکار می‌رود. اما در حال حاضر در کشورهای زیادی از این ترکیب برای بیهوشی یا بی‌حسی آزادماهیان، بخصوص ماهی قزل‌آلای رنگین کمان استفاده می‌شود. بکارگیری میزان ۲۵ میلی‌گرم در لیتر از MS222 در آب محتوی آزادماهیان هنگام حمل و نقل توصیه می‌گردد. یادآور می‌شود که استفاده از این ماده ، تأثیر جانبی کمتری نسبت به سایر ترکیبات بیهوش‌کننده دارد.

۲- گرسنگی دادن به ماهی

غذا ندادن به ماهی برای مدتی محدود قبل از حمل یکی از روشهای شناخته شده‌ای است که بمنظور کاهش میزان متابولیسم ماهی و کاهش مصرف اکسیژن و تولید

1-Metomidate 2-Marinil 3- Tricaine Methanesulfonate

مواد دفعی نظیر دی‌اکسید کربن، آمونیاک و مدفوع، بکار گرفته می‌شود. برای مثال، ماهی قزل‌آلای رنگین کمان، ۴۸ ساعت بایستی گرسنه بماند تا نرخ سوخت و ساز بدن رو به کاهش رود. میزان مصرف اکسیژن پس از ۶۰ ساعت گرسنگی حدود ۲۵ درصد و مقدار تولید آمونیاک حدود ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. بچه ماهیان کوچکتر از ۰/۱ گرم حداقل بایستی قبل از انتقال و حمل و نقل به مدت دو روز گرسنه بمانند. برای ماهیان بزرگتر، مدت ۳ روز زمانی مناسب تشخیص داده شده است.

۳- کاهش دمای آب

درجه حرارت آب یکی از عوامل بسیار مهم محیطی است که می‌تواند میزان بقاء ماهیها را در زمان حمل ونقل بیشتر نماید. با پایین نگهداشتن دمای آب، نرخ متابولیسم بدن ماهی تحت کنترل قرار می‌گیرد. از اینرو، میزان اکسیژن مصرفی و تولید مواد زائد سمی حاصل از سوخت و ساز نیز کاهش می‌یابد. تجربیات عملی نشان داده‌اند که فقط با کاهش یک درجه سانتی‌گراد از دمای آب مخزن، می‌توان ظرفیت نگهداری ماهی را در آن ۱۰ درصد افزایش داد. استفاده از سیستم‌های خنک‌کننده برقی در تانکرهای مجهز حمل ماهی یا بهره‌گیری از قالب‌های یخ بزرگ عاری از کلر، می‌تواند تا حد زیادی در خنک کردن آب موجود در مخازن حمل ماهی مؤثر واقع گردد. بکارگیری سیستم‌های هوادهی همزمان با افزودن قالب‌های یخ، تأثیر بیشتری در کاهش سریع دما در این مخازن دارد. نکته قابل توجه در انتقال ماهی از مخازن نگهداری در کارگاه به مخازن حمل ماهی، انجام عملیات تطابق دمایی یا آداپتاسیون، پیش از انتقال نهایی ماهی به این مخازن می‌باشد. زیرا اختلاف دمایی زیاد بین محیط آبی قبلی و جدید، موجب بروز شوک شدید به ماهیان و در نتیجه بروز تلفات یا احتمال افزایش بروز بیماریهای عفونی کلیوی در ماهیان می‌شود.

۴- شدت نور

کم کردن میزان شدت نور هنگام حمل و نقل، می‌تواند تا حدود زیادی از استرس ناشی از جابجایی ماهیها جلوگیری نماید. در تاریکی، میزان فعالیت‌های فیزیولوژیک در ماهی حدود ۲۵درصد کاهش پیدا می‌کند. از اینرو، کم کردن شدت نور در مخازن حمل ماهی می‌تواند در جابجایی ماهیها مفید واقع شود.

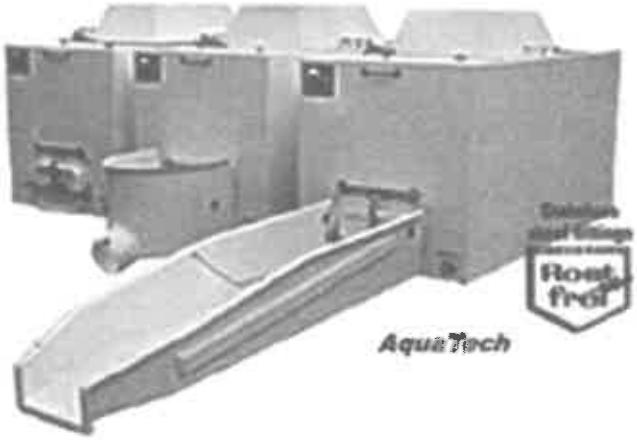
۵- افزودن نمکهای معدنی در آب

فوائد استفاده از نمکهای معدنی هنگام حمل و نقل ماهی طی چندین دهه گذشته آشکار شده است. افزودن ۱-۰/۱ درصد نمک طعام (NaCl) به آب، علاوه بر افزایش ضریب بازماندگی ماهی قزل‌آلا طی حمل و نقل، موجب بالا رفتن نرخ بقاء آنها پس از تخلیه در استخرها نیز گردد.

۲-۲-۴ : تجهیزات مخصوص حمل ماهی

۱-۲-۲-۴ : مخازن حمل ماهی

بمنظور حمل ماهی زنده، بتازگی مخازنی از جنس فایبرگلاس فشرده یا استیل ضد زنگ، در طرحها و رنگ‌های متنوع ابداع و ساخته شده‌اند. اغلب این مخازن مجهز به شیرهای ورودی و خروجی مخصوص بوده که به اپراتور این امکان را می‌دهد که پس از تخلیه ماهی، آب داخل مخزن را بخوبی تخلیه نماید. به اینگونه مخازن معمولاً پمپ‌های گردش آب و هوا (۱۲ ولتی) ، کاهنده‌های فشار هوا، فلومتر، سیلندرهای اکسیژن (واحدهای اکسیژن مایع) متصل است(شکل ۴-۴).



شکل ۴-۴: نوعی از مخازن مخصوص حمل ماهی زنده (اقتباس از کاتالوگ Aquatech)

۲-۲-۲-۴ : پمپ و نقاله مخصوص انتقال ماهی از استخر به مخزن حمل ماهی

اینگونه پمپ‌ها جهت انتقال ماهی زنده بهمراه آب ساخته شده‌اند. پمپ‌های مذکور قابلیت اتصال به نقاله‌های مخصوص انتقال ماهی را از داخل استخر به مخازن حمل ماهی دارند. نقاله‌های مذکور قطری در حدود ۳۸ سانتی‌متر داشته، قابلیت انتقال ۶ تن ماهی ۳ گرمی تا ۳ کیلوگرمی را در هر ساعت دارند. بعلاوه، این وسیله قابلیت اتصال به لوله‌های انتقالی بلند و کوتاه را دارند. همچنین قابلیت چرخش و تغییر زاویه نیز در این وسیله تعبیه شده تا به آسانی ماهیهای پمپ شده را بتوان به هر مکان دیگری در کارگاه انتقال داد. نمونه‌ای از این نوع نقاله با الکتروموتور به قدرت ۷ کیلوواتی و ولتاژ ۳۸۰ ولت کار می‌کند(شکل ۵-۴).

شکل۵-۴: وسیله ای برای انتقال ماهی زنده بهمراه آب از داخل استخر به مخزن حمل ماهی (اقتباس از کاتالوگ Aquatech).

شکل ۶-۴:یک نوع دستگاه دیجیتال خودکار برای اندازه‌گیری اکسیژن ، دما ، فشار و pH (اقتباس از کاتالوگ Aquatech)

۳-۲-۲-۴ : تجهیزات سنجش فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب برای مخازن حمل ماهی

یکی از کاربردی‌ترین و بهترین دستگاههای دیجیتالی برای اندازه‌گیری برخی از فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب، استفاده از میکروپروسسورهای گرافیکی می‌باشد.

اینگونه وسایل قابلیت سنجش اکسیژن محلول در آب، دما ، فشار و pH را بطور همزمان دارد. بعلاوه، مقادیر اندازه‌گیری شده بسرعت بصورت گراف روی صفحه مونیتور دستگاه ظاهر شده و کارشناس را از وضعیت آب داخل تانکر در هر لحظه مطلع می‌کند. از مزایای مهم اینگونه دستگاهها، ضد آب بودن، کالیبراسیون خودکار، قابلیت نصب آسان و کوچکی آنها می‌باشد. بدیهی است از این دستگاه می‌توان برای مقاصد دیگری در زمینه آبزی‌پروری استفاده نمود (شکل ۶-۴).

« فصل پنجم»

ماهیان مولّد

یکی از مهمترین عملیات آبزی‌پروری، انجام فعالیت تکثیر ماهیان مولد و تولید بچه ماهی است. فرآیند تولید بچه ماهی بطور کلی به سه دسته تقسیم می‌گردد که عبارتند از: عملیات قبل از تکثیر (مرتبط با تولید و انتخاب مولدین)، عملیات تکثیر و چگونگی انجام آن و عملیات پس از تکثیر (مرتبط با تولید تخم چشم‌زده و لارو).

در این فصل همچنین به معرفی و مشخصات وسایل و تجهیزات مرتبط با تکثیر و مسائل مربوط به تفریخگاهها نیز پرداخته می‌شود.

۱-۵ : انتخاب ماهیان مولد

مولدین یکی از مهمترین ارکان یک کارگاه تکثیر و پرورش ماهی هستند. زیرا تولید تخم چشم‌زده و بدنبال آن بچه ماهیان سالم و با کیفیت، تا حد زیادی به انتخاب مولدین بستگی دارد. از اینرو، یکی از کارهای مهم و حساس قبل از انجام عملیات تکثیر، انتخاب ماهیان مناسب برای تولید مولدین از میان گله ماهیان موجود در کارگاه، می‌باشد. از لحاظ علمی، ماهی مولد بایستی براساس معیارهای خاصی انتخاب گردد که از مهمترین آنها می توان به موارد ذیل اشاره نمود (Sedgwick, 1990; Pennel & Barton, 1996) :

۱- ماهیانی که شکل ظاهری خوبی داشته و از سلامت جسمانی مناسبی برخوردار باشند، مورد انتخاب قرار گیرند.
۲- ماهیان مورد انتخاب سابقه بروز بیماری نداشته باشند.
۳- ماهیان مولد اشتهای خوبی نسبت به غذا داشته و در دماهای مختلف آب تغذیه نمایند. ضریب تبدیل غذا به گوشت در آنها در حد قابل قبولی ارزیابی گردد.
۴- ماهیان مورد انتخاب با مصرف غذاهایی با میزان پایین پروتئین نیز از قابلیت رشد خوبی برخوردار باشند.
۵- ماهیان مولد سابقه ژنتیکی قابل قبول و رضایت بخشی داشته باشند و در حد امکان از لحاظ ژنتیکی، حاصل تلاقی‌های پی در پی تکثیر مصنوعی **ماهیان یک کارگاه یا یک منطقه نباشند.**
۶- ماهیان مولد مورد انتخاب بایستی در بین ماهیهای هم سن و هم گروه خود تخمک‌های درشت‌تر و بیشتری تولید نمایند.

بایستی به این نکته همواره توجه داشت که اندازه تخمک ماهیها، با افزایش سن ماهی تا مدت یکسال پس از بلوغ افزایش می‌یابد، اما پس از آن با بالا رفتن سن ماهی، تخمک‌های حاصله ضعیف‌تر می‌شوند (Sedgwick, 1990).

۲-۵ : شرایط نگهداری ماهیان مولد

بمنظور استحصال تخمک و اسپرم زیاد و با کیفیت از ماهیان مولد، بایستی نگهداری این ماهیان در شرایط ویژه‌ای صورت پذیرد. تحقیقات نشان داده اند که بروز استرس هنگام نگهداری مولدین می‌تواند تا حد زیادی در افزایش مرگ و میر میان تخمهای چشم‌زده حاصله و همچنین بچه ماهیان نورس دخالت داشته باشد. بعلاوه، استرس موجب تعویق در فرآیند تخم‌ریزی[1] می‌گردد. همچنین علائم دیگری نظیر

1- Ovulation

کاهش اندازه تخمک در افراد ماده و نیز پایین آمدن تعداد اسپرم‌ها در مولدین نر از علائم دیگر مرتبط با بروز استرس هنگام نگهداری مولدین است (Willoughby, 1999).

زمان بلوغ جنسی در ماهیها نیز همانند جانوران دیگر، یکی از بحرانی ترین دوره‌های زندگی بشمار می‌رود که بایستی حداکثر دقت و مواظبت در نگهداری آنها بعمل آید. در این هنگام، شکم ماهیان ماده پر از تخمک بوده، بسیار حساس است و هرگز توانایی تحمل خشونت کارگران را ندارد. بدین منظور هنگام رقم‌بندی و تخمکشی بایستی حداکثر دقت صورت گیرد. زیرا هر گونه بی‌احتیاطی و خشونت می‌تواند موجب آسیب به دستگاه تولید مثلی ماهی، تخمکها و کاهش میزان باروری شود (عمادی، ۱۳۶۰).

برخی عوامل محیطی از قبیل میزان تابش نور خورشید، درجه حرارت آب و شدت جریان آب، تأثیر به سزایی در وضعیت رسیدگی جنسی ماهیان مولد دارد. کوتاه شدن طول روز، پایین آمدن دمای آب و افزایش جریان آب می‌تواند تأثیر مثبتی در رسیدگی جنسی ماهیان مولد داشته باشد (Pennel & Barton, 1999). می‌توان با تنظیم رژیم نوری و دمایی برای ماهیان مولد ، اقدام به انجام تکثیر خارج از فصل نمود.

۳-۵ : تغذیه ماهیان مولد

ماهیان مولد بایستی با رژیم غذایی مخصوصی مورد تغذیه قرار گیرند. در میان آزادماهیان در طبیعت، برخی همانند ماهی آزاد اقیانوس اطلس[1]، تا چند ماه قبل از مهاجرت برای تولید مثل، تغذیه نمی‌کنند. اما بعضی دیگر، همانند ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تا مدت بیشتری به غذا خوردن ادامه می‌دهند. از اینرو، بهتر است یک تا

1-*Salmo salar*

دو هفته قبل از شروع عملیات تکثیر، غذادهی به ماهیان مولد قطع شود (Bromage& Shepherd,1992).

اندازه تخمک ماهی، تا حد زیادی به میزان تغذیه مولدین بستگی دارد. مقادیر مناسب اسیدهای آمینه ضروری و نیز ویتامین (C)[۱] در غذا می‌تواند موجب بالا رفتن درصد تفریخ[۲] گردد. بعلاوه، ویتامین‌ها و اسید اسکوربیک در تولید و متابولیسم هورمونهای جنسی استروئیدی نقش مؤثری دارند. تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده از رنگدانه‌های خوراکی تأثیر چندانی در نرخ باروری، بقاء تخمها یا رشد بچه ماهیان ندارد. استفاده از مقادیر بالای کاروتنوئید (۱۰۰-۸۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم غذا) می‌تواند موجب رنگدانه‌سازی[۳] در بدن پس از تخمریزی گردد (Willoughby, 1999).

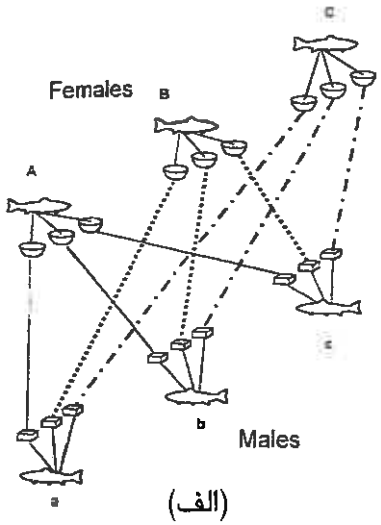
۴-۵ : برنامه‌های ویژه اختلاط ماهیان مولد برای تکثیر

کاهش یا از بین رفتن تنوع ژنتیکی در یک کارگاه تکثیر معمولاً امری اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌گردد. زیرا اختلاط متناوب اسپرم‌ها و تخمک‌های حاصل از نسل‌های متوالی والدین بتدریج منجر به کاهش تنوع ژنی و اختلالات کروموزمی در میان نوزادان نسلهای آتی خواهد شد. حضور نوزادان ناقص‌الخلقه با فنوتیپ‌های شایعی از قبیل: کوتاه شدن فاصله باله دمی و مخرجی، کاهش میزان رشد و نیز بلوغ زودرس در میان ماهیان بزرگسال، از جمله علائم شاخص اختلالات کروموزمی می‌باشند. از اینرو، معرفی تخمهای چشم‌زده سالم از لحاظ شکل ظاهری و با ذخیره ژنتیکی مناسب، از طریق مراکز معتبر تکثیر می‌تواند در ایجاد بانک ژنی قابل قبول در میان ماهیان یک کارگاه مؤثر واقع گردد (Shepherd & Bromage, 1992).

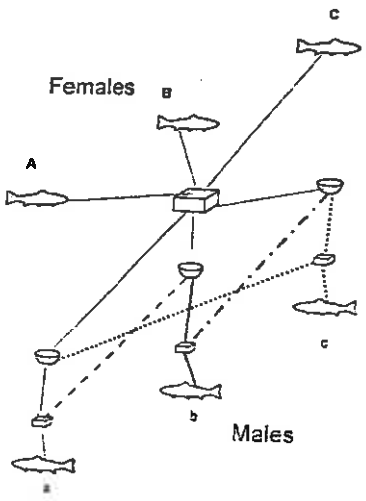
در طبیعت، گاهی هر آزادماهی بالغ ماده چندین بار و با چند ماهی نر اقدام به تخمریزی می‌نمایند. در صورتیکه یکی از نرها از لحاظ باروری ضعیف یا عقیم باشند، با اینکار افراد ماده می‌توانند تا حد زیادی کاهش درصد لقاح را جبران نمایند.

1- Ascorbic acid 2- Hatching 3- Pigmentation

با توجه به این نوع رفتار طبیعی و بمنظور جلوگیری از کاهش درصد لقاح و همچنین کاهش میزان لقاح‌های فامیلی و ایجاد بانک ژنی مناسب‌تر در میان نوزادان، در مراکز تکثیر مصنوعی می‌توان به دو روش گزینشی اقدام به تخمگیری و اسپرم‌گیری جهت لقاح نمود این فرآیند در شکل (۱-۵) نمایش داده شده است (Pennel & Barton, 1996).



(الف)



(ب)

شکل ۱-۵: (الف) برنامه تکثیر و تلاقی‌گری برای اختلاط چند مرحله‌ای اسپرم و تخمک ماهیان مولد نر و ماده (ب) یک برنامه تکثیر و تلاقی‌گری برای جبران ضعف احتمالی در باروری اسپرم‌های ماهیان مولد نر

«فصل ششم»

تکثیر آزاد ماهیان

۱-۶ : بیهوشی، تخم‌کشی و اسپرم‌گیری (روش تکثیر و اصول فنی مربوطه)

همانطوریکه قبلاً نیز ذکر شد، بایستی یک تا دو هفته پیش از شروع عملیات تکثیر مولدین، عملیات غذادهی را قطع نمود. بطور معمول چنانچه مسائل مرتبط با تنوع ژنتیکی و اختلاط فامیلی مد نظر نباشد و همچنین نرها نیز قدرت باروری مناسبی نشان دهند، از یک ماهی مولد نر برای باروری ۳-۲ ماهی مولد ماده استفاده می‌گردد. پس از انتخاب مولدین مورد نظر، بایستی آنها را به آرامی به طرف محل تکثیر هدایت و عملیات بیهوش کردن ماهیها را با استفاده از ترکیبات و داروهای بیهوشی مخصوص شروع کرد (Sedgwick, 1996). یکی از ترکیبات مناسب برای بیهوشی MS_{222} است که به منظور لقاح مصنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

افزودن ۱۰۰-۵ میلی‌گرم از این ترکیب در هر لیتر آب با اسیدیته حدود ۷، موجب ایجاد حالت بی‌حسی و بیهوشی در مولدین می‌گردد. یکی دیگر از ترکیبات بیهوش‌کننده ارزان قیمت‌تر که می‌تواند جایگزین مناسبی برای MS_{222} باشد، ترکیب ۲ فنواکسی تانول می‌باشد که به میزان ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر تجویز می‌شود. این ترکیب در دمای بالای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بصورت محلول بوده، از اینرو براحتی قابل استفاده می‌باشد. کلیه جابجایی‌های ماهی دستمالی کردن جانور بایستی در حالت بیهوشی انجام پذیرد تا آسیب یا شوکی به مولدین وارد نگردد (Shepherd& Bromage, 1990).

در بسیاری از مزارع تکثیر ماهیان سردآبی در کشورمان، استفاده از پودر گل میخک متداول شده است. این گیاه با نام علمی *Syzgium aromatium* از خانواده

Myrtaceae بوده و حاوی ماده مؤثری به‌نام اوژنول می‌باشد که با غلظت ۱۵۰ppm موجب بروز حالت بیهوشی در ماهیهای مولد می‌گردد. جذب این ماده از طریق آبششها صورت می‌پذیرد و بسرعت سبب قطع موقت ارتباط سیستم عصبی مرکزی (NS) در ماهی و در نتیجه سبب بیهوشی می‌گردد چنانچه از غلظت مذکور برای بیهوشی مولدین استفاده گردد، حدود ۲ دقیقه طول می‌کشد تا ماهیان بیهوش شوند. مدت زمان بی هوشی حدود ۵ دقیقه بوده و ۳ دقیقه نیز طول می‌کشد تا ماهیها بهوش آیند. یادآور می‌گردد چنانچه مدت بیهوشی از ۵۲ دقیقه بیشتر به طول بیانجامد، می‌تواند موجب مرگ ماهی شود (مهرابی ، ۱۳۸۱).

پس از بیهوش نمودن ماهی، بسرعت بایستی ماهی را توسط یک پارچه حوله‌ای به شکلی گرفت تا ضمن خشک نمودن قسمت تحتانی ماهی، سعی گردد تا در حد ممکن از پاک شدن مخاط روی پوست ماهی نیز جلوگیری شود. زیرا در این صورت ممکن است پس از بهوش آمدن ماهی و رهاسازی در استخر مولدین، از بین رفتن مخاط روی پوست (که بعنوان پوشش حفاظتی عمل می‌نماید) موجب بروز عفونت‌های میکروبی یا رشد قارچها و انگل‌های پوستی گردد (فرزانفر ، ۱۳۷۲).

مالش ملایم دست روی شکم ماهی از سمت سر به طرف دم، از جمله متداولترین روشهای استحصال تخمک از آزادماهیان است. برای انجام اینکار معمولاً وجود یک نفر اپراتور کفایت می‌کند. اما برای ماهیان بسیار بزرگ بهتر است که یکنفر ماهی را بطور مورب از طرف سر به دم به شکلی بگیرد تا سر ماهی رو به بالا بوده و مخرج ماهی روی یک ظرف پلاستیکی تمیز و خشک قرار گیرد. در این حالت، نفر دوم یا همان اپراتور اول می‌تواند با مالش ملایم روی شکم ازسمت سر به مخرج، موجب خروج و بیرون ریختن تخمک‌ها گردد. هنگام تخم‌کشی بایستی دقت نمود که ناحیه بالاتر از باله‌های شکمی فشار داده نشود، زیرا سبب آسیب به قلب و کبد ماهی می‌گردد. بعلاوه، در این هنگام هرگز نباید سعی شود تا آخرین تخمکها نیز با فشار خارج گردند، زیرا ممکن است بر اثر فشار، جدار تخمکها پاره شود. به منظور اسپرم‌گیری نیز می‌توان از همان روشی عمل نمود که برای استحصال تخمک از ماهی ماده تشریح شد و مایع منی خارج شده از ماهی نر را داخل یک ظرف پلاستیکی خشک مجزا ریخت یا آنرا مستقیماً به تخمک‌ها اضافه و مخلوط کرد. قبل از

افزودن اسپرم‌ها به تخمک‌ها، بایستی میزان تحرک آنها مورد ارزیابی قرار گیرد. در صورت کم تحرک بودن اسپرمها، می‌توان با اضافه کردن یون Ca^{+2} به مایع به میزان یک میلی‌مول، موجب افزایش تحرک اسپرمها شد. بعلاوه، می‌توان برای جبران تعداد کم اسپرمها یا کم تحرکی برخی از آنها، از نسبت بالاتر اسپرم به تخمک، یعنی تعداد افراد نر بیشتر برای تلقیح استفاده کرد. شایان ذکر است که از هر ماهی مولد نر می‌توان ۸ -۳ بار اسپرم‌گیری نمود (Pennel & Barton,1996).

عملیات تلقیح شروع فوق را در اصطلاح "لقاح خشک" می‌نامند. در این روش، سوراخ میکروپیل تخمک پس از استحصال از ماهی ماده مدت بیشتری باز می‌ماند و فرصت کافی برای اضافه نمودن اسپرم وجود خواهد داشت. بایستی پس از استحصال تخمک توجه نمود که چنانچه تعداد تخمکهای پاره شده موجود در ظرف زیاد باشد، آلبومین خارج شده از این تخمکها می‌تواند موجب بسته شدن سوراخ میکروپیل سایر تخمکها گردد و در نتیجه درصد لقاح را پایین آورد. از اینرو در مشاهده اینگونه تخمکها، بایستی بسرعت آنها را شست و از ظرف خارج نمود. استفاده از محلول ۷ گرم در لیتر نمک طعام در این حالت می‌تواند موجب جلوگیری از بسته شدن سوراخ میکروپیل تخمکها و انعقاد اسپرم‌ها گردد (عمادی، ۱۳۶۰).

پس از مخلوط کردن اسپرم‌ها با تخمکها، توسط یک پر بلند، چند دقیقه مخلوط را بهم می‌زنند و سپس به آن آب اضافه می‌نمایند. به محض آنکه اسپرم از طریق سوراخ میکروپیل وارد تخمک گردد، از طریق پدیده اسمز، تخمک آب جذب کرده، سلول تخم حاصل تورم یافته و بارور می‌گردد.تخمهای تلقیح شده می‌توانند در مخلوط مایع تخمدان و اسپرم به مدت یک ساعت و نیم، سالم باقی بمانند و سپس مستقیماً به تراف‌ها منتقل گردند. بهتر است پیش از انتقال تخمها به تراف‌ها، آنها را یکبار به مدت ۲-۱ دقیقه شستشو داد. تحرک اسپرماتوزوئید در محیط بدون آب و در مایع تخمدان حدود ۴-۳/۵ دقیقه است. در حالیکه در آب بیش از ۰/۵ دقیقه زنده نمی‌ماند. تخمها بسرعت پس از افزودن آب به ظرف حاوی آنها و بعد از شروع مرحله متورم شدن، بسیار حساس هستند. بیشترین تلفات معمولاً در ۳۰ دقیقه اول صورت می‌گیرد. آماس کردن تخمها در آب گرمتر سریعتر انجام می‌شود. بطوریکه در آب ۶/۵ درجه سانتی‌گراد این عمل طی مدت یک ساعت و بیست و پنج دقیقه صورت گرفته، ولی در دمای ۱۳ درجه سانتی‌گراد، طی ۲۵ دقیقه روی می‌دهد. اگر در

دمای اخیر مخلوط لقاحی بیش از یک ساعت ثابت باقی بماند، بیش از ۲۰ درصد تخمهای حاصله از بین خواهند رفت. بایستی به این نکته نیز توجه داشت که همواره تخمکها قبل از لقاح حجم کمتری را اشغال می‌کنند و پس از لقاح ۱/۴ برابر حجم آن اضافه می‌گردد. لذا بایستی در ظرف بزرگتر نگهداری گردند (Sedgwick, 1988,1990).

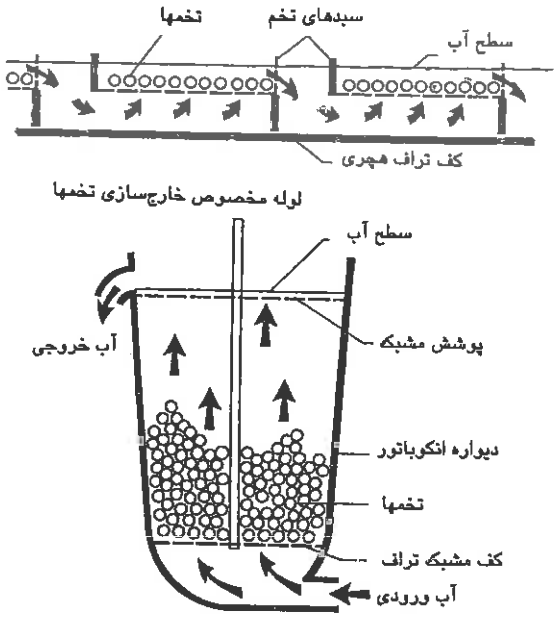
چنانچه تخمها پس از لقاح در معرض نور آبی، ماوراء بنفش یا طیف نوری این نور قرار گیرند، بشدت آسیب دیده و تلفات زیادی خواهند داشت. از اینرو بهتر است انجام عملیات تکثیر و مراحل پس از آن، در محل سرپوشیده و دور از تابش نور لامپ‌های فلورسنت باشد و اغلب استفاده ازنور زرد یا نارنجی توصیه می‌گردد (Sedgwick, 1988;1990).

۲-۶ : وسایل و تجهیزات لازم در عملیات تکثیر ماهیان مولد

۱-۲-۶ : تفریخگاهها[1]

سیستمهای گوناگونی برای گذراندن دوره انکوباسیون آزاد ماهیان مورد استفاده قرار می‌گیرند. از جمله این وسایل می‌توان به انواعی از تراف‌ها[2] و سبدهای داخلی آنها اشاره نمود. ترافهای معمول مورد استفاده برای آزاد ماهیان، ترافهای کالیفرنیایی نام دارند. اینگونه تراف‌ها معمولاً ۲۰ سانتی‌متر ارتفاع، ۵۰-۴۰ سانتی‌متر عرض و ۴-۲ متر طول دارند. البته تراف‌هایی با طول بیشتر نیز ساخته می‌شوند که بدلیل سرعت تعویض آب کمتر، استفاده از آنها توصیه نمی‌گردد. معمولاً در تراف‌ها، ۴ عدد سبد چهار گوش جایگزین می‌گردد. کف سبدها بایستی در حدود ۳ سانتی‌متر بالاتر از کف تراف باشد. بستر و دیواره جلویی هر سبد از جنس توری ضد زنگ می‌باشد. آب از داخل تراف‌ها از کف هر توری به درون سبدها به آهستگی جریان می‌یابد و از قسمت جلویی خارج می‌گردد (شکل ۱-۶)(Shepherd & Bromage, 1992).

1-Hatcheries 2-Troughs



شکل ۱-۶: نمایی از سینی‌های تراف‌های افقی(شکل بالا) و تراف‌های عمودی(شکل پایین)(Shepherd & Bromage, 1992)

در کف هر یک از سبدها، یک یا حداکثر دو لایه تخم ریخته می‌شود. تعداد ظرفیت هر تراف به اندازه تخم‌ها بستگی دارد.

اینگونه تراف‌ها می‌توانند از جنس بتونی یا سیمانی، آلومینیومی، چوبی یا فایبرگلاس باشند. البته مورد اخیر، به دلیل سهولت در حمل و نقل، قابلیت نظافت مناسب‌تر، و نیز امکان ساخت تراف‌های چند طبقه از آنها و صرفه‌جویی در مساحت اشغال شده، در دنیا متداول‌تر می‌باشند (Sedgwick, 1990).

در ایران اغلب انکوباتورهای کالیفرنیایی ساخته شده از فایبرگلاس ۴۰ سانتی‌متر عرض و طولی بالغ بر ۲۲۰ سانتی‌متر و چهار سینی دارند. هر سینی ظرفیت نگهداری ۱/۵ لیتر تخم را دارد. معمولاً هر لیتر تخم ماهی قزل‌آلای رنگین کمان از پنج هزار الی ده هزار عدد تخم تشکیل شده است. به عبارت دیگر، گنجایش معمول هر سینی ۱۵۰۰۰-۷۵۰۰ تخم و ظرفیت هر تراف ۶۰۰۰۰-۳۰۰۰۰ تخم می‌باشد.

معمولاً به ازاء هر ۱۰۰۰ عدد تخم در دمای ۱۰-۸ درجه سانتی‌گراد، حدود ۰/۵ لیتر در دقیقه آب در نظر گرفته می‌شود. لذا در هر تراف کالیفرنیایی که شامل چهار عدد سینی باشد، ۸ لیتر آب با اکسیژن اشباع شده در دقیقه مورد نیاز است (بشارت و نظافتی، ۱۳۷۱).

سایر انکوباتورهای رایج برای آزاد ماهیان، انکوباتورهای چکه‌ای می‌باشند. در این نوع انکوباتورها، آب پس از جمع شدن در سینی پخش‌کننده آب، بصورت چکه‌ای به آرامی از یک سینی به سینی دیگر می‌ریزد و رطوبت لازم را برای تخمها ایجاد می‌کند. سینی‌ها که کف آن از توری می‌باشد، در قفسه‌ای روی یکدیگر قرار می‌گیرند. جهت جریان آب در این انکوباتورها، از بالا به پایین بوده بطوریکه قطره‌های آب از هر سینی به صفحه زیرین می‌ریزد (عمادی، ۱۳۶۰). استفاده از این نوع انکوباتورها معمولاً در ایران کاربرد کمتری دارند.

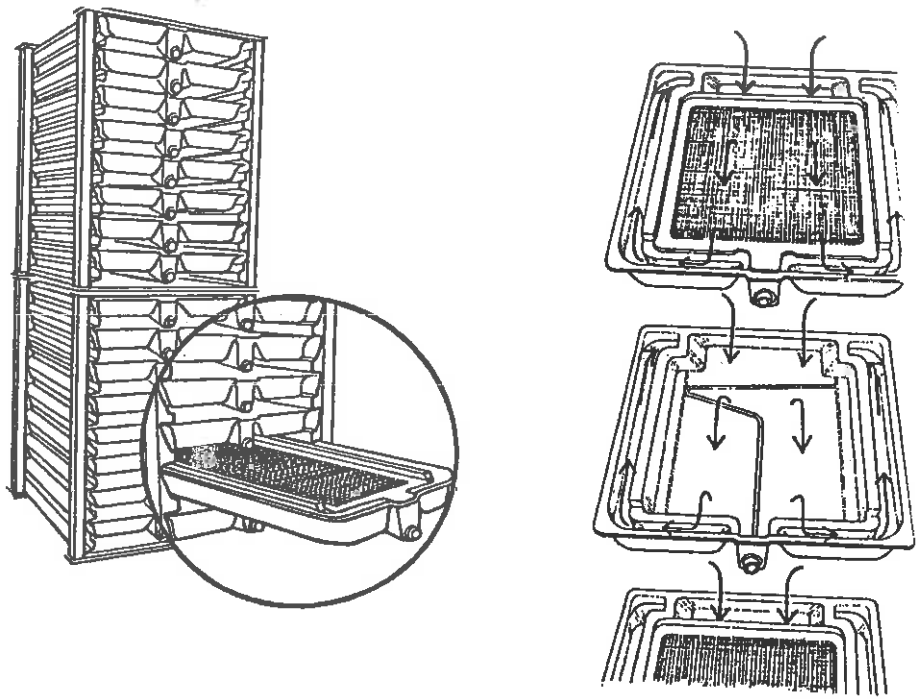
اشکال دیگری از سیستمهای انکوباسیون تخم وجود دارد که برپایه سینی‌ها و سبدهای هچری ساخته می‌شود. به این شکل از جعبه‌های مخصوص تخم، جعبه‌های "آتکین"[۱] یا "مونتانا"[۲] گفته می‌شود. جعبه‌های مذکور معمولاً سه تا چهار مرتبه گودتر از سبد تراف‌های کالیفرنیایی بوده، از اینرو هر یک گنجایش نگهداری ۵ لیتر تخم را دارد. هچری‌های خمره‌ای یا عمودی، نوعی دیگر از انکوباتورهای مورد استفاده برای آزاد ماهیان می‌باشند که قابلیت نگهداری ۱۰۰-۵ لیتر تخم را دارد. در این انکوباتورها آب از قسمت پایین وارد شده و با عبور از میان تخم‌ها از قسمت فوقانی خارج می‌شود. معمولاً در قسمت تحتانی صفحه مشبک و توری قرار می‌گیرد و روی آن یک لایه سنگریزه قرارمی‌دهند تا آب بتواند از فضای بین سنگریزه‌ها عبور کرده به سمت بالا جریان یابد (شکل ۲-۶).

1-Athkin 2-Montana

شکل ۲-۶: انکوباتور عمودی و سینی‌های تخم مربوطه(Shepherd & Bromage, 1992)

انکوباتور ایستاده با جریان عمودی (به نام هیلت[1] نیز معروف است) نوع دیگری از انکوباتورهای مورد مصرف برای آزاد ماهیان می‌باشد که دارای ۱۶-۸ سینی است. از امتیازات ویژه استفاده از این انکوباتور آن است که می‌توان تخمهای استحصال شده از یک مولد ماده را بطور مجزا در یک سینی ریخت و از میزان، درصد بقاء و نیز وضعیت رشد و نمو لاروهای حاصل از یک مولد آگاهی پیدا کرد و آنرا بخوبی مورد ارزیابی قرار داد (شکل ۳-۶) (Pennel & Barton, 1996).

1- Health



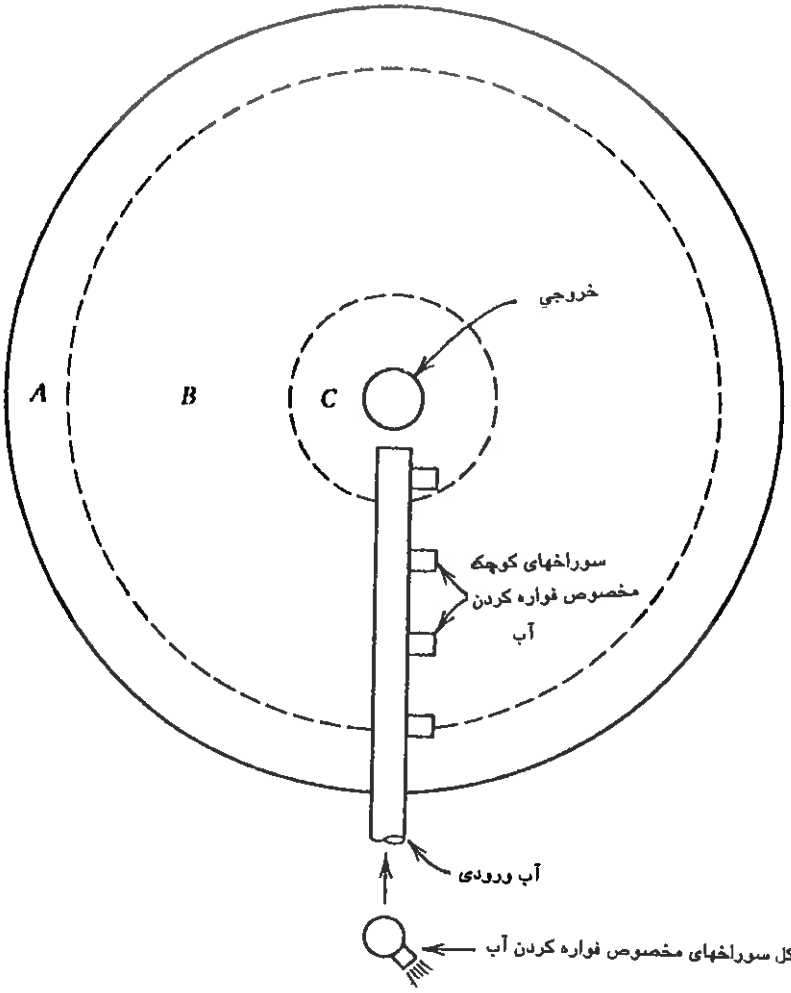
شکل۳-۶: نمونه‌ای از یک انکوباتور ایستاده هیت با ۱۶ سینی و وضعیت و جهت جریان آب در سه سینی از این انکوباتور (اقتباس از Pennel & Barton, 1996)

۱-۱-۲-۶: کانالها و تراف‌های داخلی سالن انکوباسیون

پس از جذب کیسه زرده توسط لاروها و همچنین شروع تغذیه فعال باید مدتی لاروها را در همان محل انکوباتورها نگهداشت و سپس به کانالهای دیگری منتقل نمود که در همان سالن انکوباسیون قراردارند. اینگونه کانالها معمولا طولی در حدود ۵-۴ متر و عرضی در حدود ۴۰ سانتی‌متر دارند. میزان جریان آب مورد نیاز در این کانالها با توجه به درجه حرارت آب و تعداد بچه ماهی‌های نگهداری شده در کانال، متفاوت خواهد بود. اما بطور متوسط جریان آبی در حدود ۵۵-۴۳ لیتر در دقیقه را برای این کانالها در نظر می‌گیرند (عمادی، ۱۳۶۰).

در بسیاری از مراکز تکثیر، از حوضچه‌های گرد یا چهار گوش سیمانی یا فایبرگلاس برای نگهداری لاروها استفاده می‌گردد. بطور معمول اینگونه حوضچه‌ها ابعاد بزرگی نداشته و در صورت مدور بودن، حداکثر قطری در حدود ۲ متر و چنانچه شکل چهار گوش داشته داشته باشند، نبایستی طول و عرض آنها از ۲ متر بیشتر باشد. عمق مناسب برای نگهداری لاروها ۴۰-۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. از مزایای ویژه این حوضچه‌ها، سرعت تعویض آب مناسب، قدرت پاکسازی، خارج‌سازی ذرات معلق بطور خودکار و همچنین قابلیت اتصال گروهی حوضچه‌ها به کانالهای ورودی و خروجی آب می‌باشد. همچنین اینگونه حوضچه‌ها ضمن اشغال فضای کمتر، قابلیت انتقال سریع و آسان را به هر نقطه‌ای از کارگاه دارند (شکل ۴-۶)(Sedgwick, 1988).

شکل ۴-۶ : مخازن چهارگوش از جنس فایبرگلاس، مخصوص نگهداری لاروها و بچه ماهیان (اقتباس از Sedgwick, 1988)



شکل ۵-۶ : نمای بالایی از یک مخزن مدور، مخصوص نگهداری لارو و بچه ماهی و محل نصب ورودی‌ها و خروجی (Wheaton,1977)

در مخازن مدور، آب بصورت کاملاً چرخشی در مخزن جریان می‌یابد و از ناحیه مرکزی مخزن توسط یک لوله مشبک ایستاده یا یک صفحه مشبک نصب شده در کف، خارج می‌شود. آب ورودی نیز دراین مخازن معمولاً بکمک نازل‌هایی که در یک شعاع دایره‌ای جای می‌گیرند، تحت زاویه ۵۰-۲۵ درجه به سمت پایین فواره می‌گردد (شکل ۵-۶). یادآور می‌گردد در سیستمهایی که برای جبران کمبود اکسیژن محلول

در آب، از مخلوط کننده‌های اکسیژن استفاده شده، اکسیژن مولکولی به آب تزریق می‌گردد. تزریق فواره‌ای بدلیل قطره‌سازی آب موجب خروج گاز اکسیژن فوق اشباع خواهد شد. لذا در اینگونه سیستمها بایستی آب ورودی در محلی زیر سطح آب، وارد مخزن نگهداری ماهی گردد.

در استخرها و مخازن مدور، هر چه نسبت شعاع دایره به عمق بیشتر باشد، ناحیه سکون (ناحیه مرده) در استخر بیشتر می‌شود و بدنبال آن خروج مواد زائد از محل خروجی بخوبی انجام نمی‌پذیرد (Wheaton, 1977).

۲-۱-۲-۶: میزان جریان آب مورد نیاز و تراکم

میزان جریان آب مورد نیاز در استخرها و حوضچه‌های مخصوص نگهداری بچه ماهیان بایستی در حدی باشد تا ضمن تأمین احتیاجات اکسیژنی ماهی، بتواند در خارج ساختن مواد زائد و فضولات از حوضچه نیز بخوبی عمل نماید. بعلاوه، بالا بودن بیش از اندازه میزان جریان ورودی می‌تواند منجر به افزایش تقلا و شنای ماهی شود و موجب شود تا ماهی انرژی زیادی را صرف شنا در جهت مخالف آب نماید (فرزانفر، ۱۳۷۲).

معمولاً در این نوع حوضچه‌ها به ازاء هر متر مربع، حدود ۱۰۰۰۰ عدد بچه ماهی یک گرمی در نظر گرفته می‌شود. برای این مقدار بچه ماهی در آبی با دمای ۱۲-۱۰ درجه سانتی‌گراد، حدود ۵ لیتر در دقیقه آب ورودی کافی خواهد بود. لذا برای حوضچه‌ای با ابعاد ۲×۲ می‌توان ۴۰۰۰۰ قطعه بچه ماهی نگهداری نمود. برای حوضچه مذکور حداقل ۲۰ لیتر در دقیقه آب مورد نیاز خواهد بود. شایان ذکر است که با تزریق اکسیژن مولکولی در آب ورودی حوضچه‌ها می‌توان ظرفیت نگهداری بچه ماهی را بالا برد (Sedgwick, 1990).

۳-۱-۲-۶: میزان نور در سالن

کلیه مراحل تکثیر، لقاح مصنوعی و تولید تخم سبز، چشم‌زده تا مراحل مربوط به رشد و نمو لاروی و تولید نوزاد بهتر است تا در سالن یا سوله‌های مسقف انجام گیرد. به کلیه مراحل پس از لقاح تا تولید نوزاد در اصطلاح "دوره انکوباسیون" اطلاق می‌شود که در سالن‌های هچری (تفریخگاه) صورت می‌پذیرد.

مهمترین علت انجام این گروه از فعالیت‌ها در محیط سر بسته، تنظیم شدت نور و کنترل برخی طول موجهای نوری نظیر طول موجهای بنفش و آبی می‌باشد. زیرا این طول موجها که دارای دامنه موجی کوتاهی هستند، انرژی و قدرت زیادی داشته و می‌توانند موجب از بین بردن پوسته نازک تخمها گردند. از اینرو بهتر است طی دوران انکوباسیون و حتی مدتی پس ازجذب کیسه زرده نیز روی انکوباتورها توسط ورقهای یونولیتی پوشانده شود تا نور با تخمها و لاروهای نورس برخورد کمتری داشته باشد.

بعلاوه، توصیه می‌شود از نصب لامپ‌های فلورسنت در سالن هچری بشدت جلوگیری گردد. مساحت سالن‌های تخم‌کشی با توجه به میزان تولید هچری و همچنین انکوباتورهای نصب شده می‌تواند متفاوت باشد.

۴-۱-۲-۶: نگهداری از تخمها

نگهداری و مراقبت از تخمها مسئله‌ایست که از جنبه‌های گوناگون بایستی بدان پرداخته شود. اما پیش از بحث در این خصوص، آشنایی با مراحل مختلف رشد و نمو جنینی بشرح ذیل می‌تواند در نحوه کار با تخم این ماهیان کمک نماید (عمادی، ۱۳۶۰).

۱- بارور شدن: این مرحله چند ثانیه پس از مخلوط نمودن تخمک‌ها و اسپرمهای استحصالی از ماهیان مولد صورت می‌پذیرد.

۲- سخت شدن تخم‌ها: مرحله‌ایست که طی آن تخمها آب جذب کرده و سخت می‌شوند. از زمانیکه تخمها سخت می‌شوند تا ۴۸ ساعت پس از آن، با توجه به دمای آب می‌توان تخمها را شمارش یا حمل و نقل نمود.

۳- مرحله حساسیت: این مرحله از ۴۸ ساعت پس از تخمگیری تا رسیدن به مرحله چشم‌زدگی ادامه می‌یابد. تا قبل از فرارسیدن به مرحله بحرانی و حساس می‌توان تخمهای مرده را جمع‌آوری نمود ولی طی این مرحله نباید به تخمها دست زد.

۴- مرحله چشم‌زدن: در این مرحله چشمهای جنین بصورت دو نقطه سیاه رنگ قابل رویت هستند. از این مرحله به بعد می‌توان تخمها را تمیز کرده و تخمهای مرده و قارچ‌زده را جمع‌آوری نمود. حمل و نقل و جابجایی تخمها اغلب در این مرحله انجام می‌پذیرد. مصرف اکسیژن در جنین با پیشرفت رشد و نمو بتدریج زیاد می شود. از اینرو بایستی نسبت به برطرف کردن نیازهای اکسیژنی جنین، اقدامات لازم انجام داد.

از جمله اولین و مهمترین اقدامات مرتبط با نگهداری و محافظت از تخم‌ها، جدا کردن و خارج ساختن تخمهای مرده از تراف‌ها می‌باشد. زیرا با انجام این کار از تشکیل کلنی‌های قارچی و همچنین انتقال قارچها به سایر تخمها جلوگیری خواهد شد.

بمنظور جدا کردن تخمهای مرده و سفید شده، از چندین روش مختلف استفاده می‌گردد. یکی از روشهای متداول استفاده از پی‌پت می‌باشد. یک کارگر با تجربه می‌تواند بسرعت تخمهای مرده را با این روش جمع‌آوری نماید.

البته این کار خسته‌کننده و موجب خستگی چشمها می‌گردد. روش دیگر برای خارج سازی تخم‌های مرده، استفاده از سیفونهای مختلف با حریان دائمی آب می‌باشد. در این روش، تخمها با سرعت بیشتری نسبت به روش قبلی جدا می‌شوند. معلق کردن تخمهای مرده در محلول آب نمک نیز شیوه دیگری برای جداسازی تخمهاست. با استفاده از این روش، کلیه تخمهای سالم ته‌نشین و تخمهای خراب، معلق در سطح آب

قرار می‌گیرند. بدست آوردن غلظت مناسب نمک در آب، بستگی به میزان ترکیبات و اندازه تخمها دارد و بطور تجربی بدست می‌آید (عمادی، ۱۳۶۰).

همانطوریکه قبلا نیز به آن اشاره گردید یکی دیگر از مهمترین اقداماتی که در حفاظت از تخمها بایستی بدان توجه نمود، محافظت از نور بخصوص نورهایی با طیف آبی می‌باشد.

استفاده از محلولهای قارچ‌کش و ضد عفونی‌کننده، از سایر اقداماتی است که برای مبارزه با قارچها معمول هستند.

مدت زمانی که طول می‌کشد تا تخم مراحل بعدی رشد و نمو را طی کند، با توجه به درجه حرارت آب، نوع نژاد، ترکیبات غذایی زرده و اندازه تخم متغیر خواهد بود. اما بطور تقریبی می‌توان برای ماهی قزل‌آلا، مراحل زمانی نمو را در درجات مختلف آب به شرح جدول (۱-۶) خلاصه نمود.

جدول ۱-۶: رابطه دمای آب و مراحل زمانی نمو (روز)

(اقتباس از Pennel & Barton, 1996)

دمای آب (درجه سانتیگراد)	مراحل زمانی مختلف نمو تخم و لارو (روز)		
	چشم زدگی	مرحله خروج لارو از تخم	مرحله شروع به تغذیه فعال
۴	۳۹	۸۰	۱۱۸
۵	۳۲	۶۶	۹۷
۶	۲۷	۵۵	۸۱
۷	۲۲	۴۶	۶۷
۸	۱۹	۳۹	۵۷
۹	۱۶	۳۳	۴۹
۱۰	۱۴	۲۹	۴۱
۱۱	۱۲	۲۴	۳۶
۱۲	۱۰	۲۱	۳۰

۵-۱-۲-۶: نگهداری از لاروها

پس ازتبدیل تخم‌ها به لارو، تا مدتی لاروها از کیسه زرده [1] خود تغذیه می‌نمایند. تا هنگامیکه کلیه لاروها از تخم خارج نشده اند، آنها را درهمان سبدهای داخل تراف نگهداری می‌نمایند، طی این مدت بایستی پوسته تخم ها، لاروها و تخم‌های مرده را از داخل سبد خارج ساخت. پس از خروج کلیه لاروها از تخم، محتویات سبدها را در ظرف تراف خالی می‌کنند تا ضمن فراهم آمدن فضای بیشتر برای لاروها، جابجایی و حرکت آب در تراف به شکل بهتری انجام می‌پذیرد. در این وضعیت نیز بهتر است بمنظور محافظت از نور مستقیم، روی تراف‌ها را بوسیله ورقه‌های یونولیتی پوشاند. زیرا نور مستقیم در این حالت نیز می‌تواند موجب بدنیا آمدن لاروهای ناقص و همچنین مرگ و میر لاروها و نوزادها گردد. لاروهایی که از کیسه زرده استفاده می‌کنند، در تاریکی از رشد ونمو بهتری برخوردارند.

نظریات مختلفی در خصوص زمان دقیق شروع به تغذیه فعال وجود دارد. برخی معتقدند که بهترین زمان هنگامی است که ۵۰ درصد از کیسه زرده جذب شده باشد. برخی تحلیل ۹۰-۷۰ درصد ذخیره این کیسه را زمان مناسب در نظر می‌گیرند. اما ساده‌ترین و بهترین روش آن است که در محدوده زمانی قابل پیش‌بینی برای شروع تغذیه فعال، می‌توان با ریختن روزی چند بار میزان اندکی غذا روی سطح آب و ارزیابی تمایل لاروها به خوردن غذا، زمان دقیق غذادهی را ارزیابی و تعیین نمود. بدیهی است چنانچه مدت زیادی از زمان شروع تغذیه فعال گذشته و ماهیها گرسنه بمانند، تلفات زیادی در میان لاروها مشاهده خواهد شد.

هنگامیکه تعداد زیادی پوسته تخم روی بستر مشاهده شود و تلاش برای شنای فعال و حرکت به سطح آب در میان لاروها افزایش یابد، زمانی است که لاروها حبابهای هوا را از سطح آب می‌بلعند تا بتوانند کیسه شنای خود را از هوا پر نمایند. در این هنگام چنانچه عمق آب در تراف‌ها زیاد باشد، لاروها بزحمت می‌توانند خود را

1- Yolk sac

به سطح آب برسانند و ممکن است کیسه هوایی بسیاری از لاروها خالی بماندو مشکلات زیادی از لحاظ شناوری برای ماهیها بوجود آید. از اینرو، نبایستی عمق آب در ترافها در این هنگام از ۱۵ سانتی‌متر بیشتر باشد. میزان جریان آب مورد نیاز نیز به ازاء نگهداری هر ۱/۳-۱ کیلوگرم لارو نبایستی از حدود ۱ لیتر در دقیقه تجاوز نماید. برای نگهداری نوزاد آزادماهیان تا وزن ۵-۴ گرم، آب با دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد ایده‌آل می‌باشد. در چنین دمایی حدود ۱۳۰-۱۲۰ روز طول می‌کشد تا پس از لقاح، نوزادها به وزن اخیر برسند (Pennel & Barton,1996).

هنگامیکه تغذیه فعال شروع می‌گردد، بایستی لاروها در حدود ۱۰-۵ درصد وزن بدن تغذیه شوند. در این هنگام، لاروها حدود ۱۵۰ میلی‌گرم وزن دارند، همواره بطور مداوم تمایل به غذا خوردن دارند (Lovell, 1988). آزاد ماهیان همواره تغذیه از غذاهای زنده را نسبت به غذاهای فرموله شده، بیشتر ترجیح می دهند. اما بسرعت به تغذیه از غذاهای فرموله نیز عادت می‌کنند. اندازه غذای ایده‌آل برای تغذیه از غذاهای تر و نرم، به نسبت ۱:۱ عرض دهان بوده، اما برای تغذیه از غذای پلیت بایستی اندازه ذرات غذایی بیشتر از نصف پهنای دهان نباشد (Pennel& Barton, 1996).

هنگام شروع به تغذیه، استفاده از طحال چرخ کرده توصیه می گردد که ۴-۳ بار بخوبی چرخ شده و کاملاً پوست و زواید چربی آن گرفته شده است (بشارت و نظافتی، ۱۳۷۱). به‌منظور جلوگیری از پخش شدن ضایعات غذاهای تری که بدین ترتیب آماده می‌شوند، بهتر است که ابتدا آنها را به پشت ورقه‌های یونولیتی مالیده، سپس روی سطح آب قرار داده تا ضمن تغذیه نوزاد ماهیها، مقادیر اضافی آن وارد آب نشده و موجب بروز آلودگی نگردد.

معمولاً غذای آغازین بهتر است که حاوی ۵۵-۴۹ درصد پروتئین، ۱۶-۱۱ درصد چربی و ۱۵-۱۱ درصد هیدرات کربن باشد (Soleim, 1980).

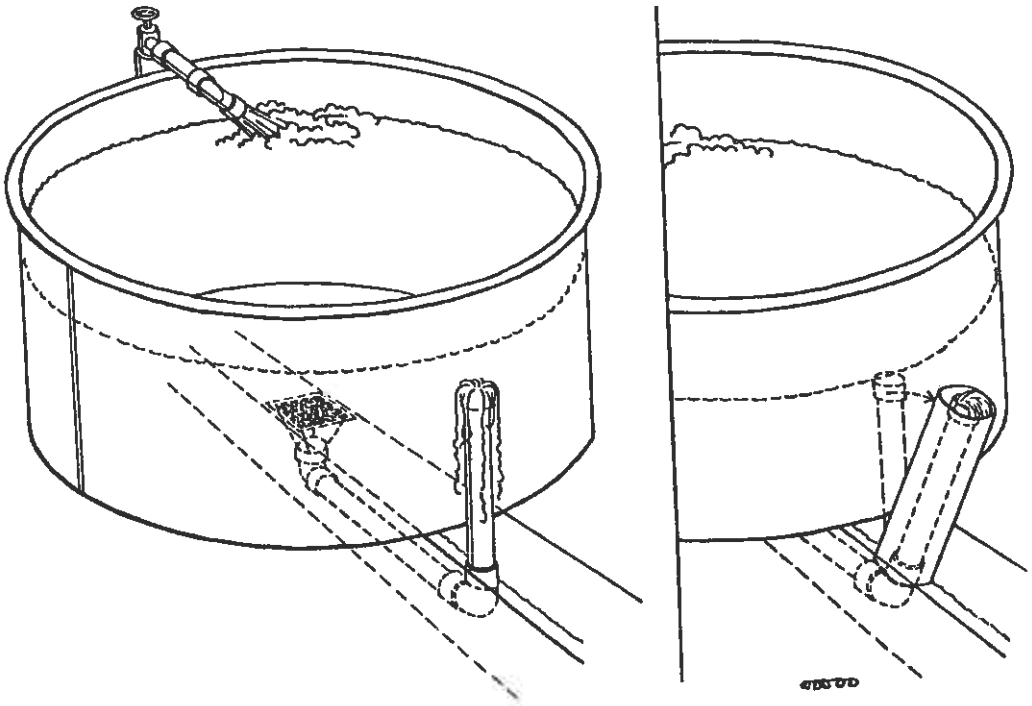
۳-۶ : تولید بچه ماهی انگشت قد

پس از آنکه وزن بچه ماهیان به حدود ۲ گرم رسید، می‌توان آنها را در هر نوع استخر و مخزنی منتقل نمود. اما معمولاً ماهیها را در مخازن یا استخرهای بتونی بزرگتری نگهداری می‌کنند. آنها معمولاً عرضی حدود ۱۰۰-۳۰ سانتی‌متر، عمقی حدود ۷۰-۲۰ سانتی‌متر و۵ -۳ متر طول دارند. از این نوع مخازن می‌توان از هنگام آغاز تغذیه فعال تا رسیدن به اندازه انگشت قد استفاده کرد.

بسیاری از مخازن نگهداری بچه ماهیان انگشت قد، بصورت گرد یا چهارگوش بوده اغلب از جنس فایبرگلاس می‌باشند. اینگونه مخازن مساحتی بین ۴-۱ مترمربع داشته و عمق آنها در حدود ۲۵ سانتی‌متر می‌باشد. در بسیاری از مواقع، مخازن اخیر را در محیط سربسته قرار می‌دهند تا بچه ماهیان در معرض نور مستقیم خورشید و سایر تغییرات فیزیکی محیطی قرار نگیرند. آب ورودی هر مخزن به کمک یک شیر ورودی کنترل می‌گردد. در مرکز مخازن مذکور، معمولاً یک صفحه توری قرار دارد که محل خروج آب از مخزن می‌باشد (شکل ۶-۶). در بسیاری از موارد به جای مخازن، صفحه صاف مشبک در کف مخزن و یک لوله ایستاده نصب گردیده که جدار آن شیارهای نازک و بلندی زده شده است. از مزایای ویژه این نوع خروجی‌ها، امکان خارج سازی مواد زائد و دفعی معلق در آب از کلیه سطوح و عمقهای مختلف استخر می‌باشد. از اینرو در این نوع سیستم، مواد معلق مدت بسیاری کمی در آب بصورت معلق باقی می‌مانند و در هر عمقی که شناور باشند، توسط لوله مرکزی خروجی، از سیستم بیرون می‌ریزند. لوله دیگری که در خارج استخر قرار دارد، برای تعیین سطح ارتفاع یا تغییر ارتفاع استخر بکار گرفته می‌شود. با تغییر ارتفاع این لوله یا خم یا راست کردن آن می‌توان ارتفاع استخر را تغییر داد.

آب ورودی می‌تواند از نقطه‌ای روی سطح آب یا بصورت فواره‌ای از یک لوله نصب شده در شعاع داخلی مخزن روی سطح آب پاشیده شود. در این حالت ضمن بوجود آمدن اختلاط و تلاطم کافی در آب، می‌تواند موجب انجام هوادهی بیشتر و کامل‌تر در آب گردد. یادآور می‌شود، در صورت استفاده از سیستم‌های

اکسیژن‌رسانی و بهره‌برداری از مخلوط کننده‌های اکسیژن و آب، بایستی آب ورودی از داخل لوله‌هایی وارد استخر شود که در زیر سطح آب تعبیه گردیده است. در غیر اینصورت اکسیژن مولکولی محلول در آب بر اثر فواره شدن آب ورودی همانند سایر گازهای محلول از دسترس خارج می‌شود.



شکل ۶-۶ : نمایی از یک مخزن گرد نگهداری بچه ماهی

(اقتباس از Pennel& Barton, 1996)

«فصل هفتم »

پرواربندی آزاد ماهیان

دانش (علم) پرورش ماهی تا حد زیادی به روشهای مرتبط با رشد ماهی بستگی دارد. در این زمینه، تکنیک‌های متعددی استفاده می‌شود که از آنجمله می‌توان به روش غیر متراکم و همچنین شرایط متراکم پرورش ماهی اشاره نمود. تفاوت بین این دو روش به طور عمده به نحوه تغذیه آنها و استفاده از منابع غذایی طبیعی و غیر طبیعی، همچنین میزان تراکم ماهیها در واحد سطح مخازن نگهداری، مرتبط می‌باشد. با توجه به شرایط و امکانات موجود، می‌توان یکی از دو روش کلی فوق را برای پرورش ماهیان بازاری اتخاذ نمود.

۱-۷ : پرورش غیر متراکم

در این شیوه، ماهیها از لحاظ تغذیه‌ای فقط به تولید غذای طبیعی در استخر وابسته هستند. در شرایط پرورش غیرمتراکم، مهمترین عامل محدودکننده، میزان تراکم ماهی در واحد سطح می‌باشد. علت این امر به طور عمده به میزان کم اکسیژن محلول و همچنین احتمال زیاد بروز بیماریها مربوط است. تحت این نوع شرایط پرورش، هر هکتار استخر (یا منابع آبی بزرگ دیگر)، توانایی تولید غذای طبیعی را برای تولید ۶۰ کیلوگرم ماهی دارد.

در شرایط غیرمتراکم، عمق آب اهمیت ویژه‌ای دارد. عمق زیاد می‌تواند پتانسیل لازم برای گریز از دمای بالای آب در فصول گرما و نیز فرار ازشکارچیان را فراهم آورد. عمق منابع آبی در حدود ۳ متر معمولاً ایده‌آل می‌باشند. بعلاوه، با توجه به افزایش وزن مخصوص آب از دمای ۴-۰ درجه سانتی‌گراد و استقرار لایه آبی ۴ درجه سانتیگراد در زیر لایه‌های سردتر، امکان ایجاد یک پناهگاه زمستانی نیز طی فصول سرد فراهم خواهد شد.

با توجه به قابلیت تولید غذای طبیعی در هر استخر می‌توان میزان تراکم‌پذیری را پیش‌بینی نمود. در فصل بهار، معمولاً امکان تولید کوپه پودها[1] افزایش می‌یابد که می‌تواند بعنوان یک منبع غذایی مهم برای بچه ماهیان مطرح باشد. معمولاً برای ماهیدار نمودن استخرهای طبیعی تعداد ۱۰۰۰-۷۵۰ عدد بچه ماهی ۲۰-۱۰ گرمی استفاده می‌شود. این ماهیها معمولاً پس از یکسال به وزنی بالغ بر ۰/۵ کیلوگرم می‌رسند. اینگونه استخرها را یکسال پس از ماهیدار کردن می‌توان برای انجام صید تفریحی با قلاب در نظر گرفت (Stickney, 1991).

۲-۷: پرورش متراکم

در پرورش متراکم ماهی، تقریباً ماهی بطور کامل به غذادستی یا غیر طبیعی وابسته می‌باشد. چنانچه غذای طبیعی نیز در اختیار ماهیها قرار گیرد، معمولاً میزان آن در مقایسه با غذای دستی بسیار کم وتأثیرآن ناچیز خواهد بود.

پرورش متراکم ماهی، معمولاً به شیوه‌های گوناگونی صورت می‌پذیرد. در اغلب روشهای رایج، استفاده از مخازن و استخرهای سیمانی، بتونی، فایبرگلاس و پلاستیکی در شکل‌ها و طرحهای مختلف متداول می‌باشد.

1-Copepoda

از ارکان مهم و قابل توجهی که بایستی در پرورش متراکم ماهی همواره مد نظر قرار گیرد، میزان تراکم ماهی در واحد سطح و نیز میزان دبی آب ورودی مورد نیاز براساس تراکم ماهی و دمای آب می‌باشد.

۱-۲-۷ : تراکم ماهی

شاخص تراکم، بیانگر حداکثر ظرفیت نگهداری ماهی در واحد حجمی استخر می‌باشد. میزان این شاخص با توجه به نیازهای رفتاری و زیستی ماهی تعیین می‌گردد. با توجه به اندازه ماهی (سانتی‌متر)، می‌توان میزان تراکم ماهی در متر مکعب را از معادله ذیل بدست آورد:

طول ماهی (سانتی‌متر) × ۲ = وزن توده زنده (کیلوگرم در مترمکعب)

عدد ۲، ضریب ثابت تبدیل است. میزان تراکم با توجه به اندازه‌های مختلف ماهی، تغییر می‌کند. برای مثال، ماهیان ۱۵ سانتی‌متری می‌توانند با تراکمی درحدود ۳۰ کیلوگرم در متر مکعب در استخر نگهداری شوند (Stickney, 1991).

علاوه بر رابطه فوق در ارتباط با تراکم ماهی در واحد حجم، روابط دیگری نیز توسط برخی از محققین ارائه شده که هر یک با توجه به شرایط نگهداری ماهی، وضعیت جغرافیایی و همچنین خصوصیات کمی و کیفی آب، تفاوتهایی با یکدیگر نشان می‌دهند. برای مثال، تیمونز و همکاران (۲۰۰۱)، استفاده از معادله ذیل را برای محاسبه میزان تراکم ماهی قزل‌آلا در واحد حجم استخر پیشنهاد نموده اند:

$$D = \frac{L}{0.32}$$

D= تراکم ماهی (کیلوگرم)

L= طول ماهی (سانتی‌متر)

با توجه به معادله فوق، برای ماهیان ۱۵ سانتی‌متری، تراکمی در حدود ۴۷ کیلوگرم در متر مکعب محاسبه خواهد شد.

البته همانطوریکه اشاره شد، معادله اخیردر شرایط متفاوتی نسبت به معادله اول قابل اجراست و اغلب جهت بهره‌برداری در سیستم‌های فوق متراکم ماهی و با استفاده از اکسیژن مولکولی و سایر ادوات کنترل شرایط محیطی، توصیه می‌گردد.

۲-۲-۷ : میزان جریان آب مورد نیاز

میزان جریان آب ورودی به استخرها و مخازن پرورش ماهی در سیستم های متراکم، همواره تحت تأثیر عواملی از قبیل وزن توده زنده در استخر، اندازه ماهیها، درجه حرارت آب، ارتفاع محل از سطح دریا و میزان حلالیت اکسیژن در آب می‌باشد(فرزانفر، ۱۳۸۰). در این خصوص رابطه بین وزن توده زنده در هر متر مکعب و همچنین طول متوسط هر ماهی و مقدار اندیکس F از جدول (۱-۷) استخراج می‌گردد و مقدار آب مورد نیاز به شرح ذیل محاسبه می‌گردد:

$$I = \frac{W}{L \times F}$$

I = مقدار آب موردنیاز (لیتر در دقیقه)

W = وزن توده زنده(کیلوگرم)

L = طول متوسط ماهی (سانتی‌متر)

F = مقدار قابل استخراج از جدول (۱-۷)

براساس این رابطه و جدول (۱-۷)، در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد و ارتفاع ۳۰۰ متری از سطح دریا، برای ماهیهای قزل‌آلای ۱۵ سانتی‌متری با بیوماس ۱۱۵۵ کیلوگرم، میزان آب مورد نیاز برابر با ۱۱۰۰ لیتر در دقیقه یا حدود ۱۸ لیتر در ثانیه خواهد بود (Stickney, 1991).

جدول ۱-۷: مقادیر اندیکس جریان پیشنهادی دبی آب ورودی براساس رابطه بین دما و ارتفاع محل از سطح دریا (اقتباس از **Stickney, 1991**)•

درجه حرارت آب (سانتی گراد)	ارتفاع از سطح دریا (متر)					
	۰	۳۰۰	۶۰۰	۹۰۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰
۵	۰/۰۹	۰/۰۸۳	۰/۰۷۶	۰/۰۷	۰/۰۶۴	۰/۰۵۹
۶	۰/۰۸۳	۰/۰۷۶	۰/۰۷	۰/۰۶۴	۰/۰۵۹	۰/۰۵۵
۷	۰/۰۷۶	۰/۰۷	۰/۰۶۴	۰/۰۵۹	۰/۰۵۵	۰/۰۵
۸	۰/۰۷	۰/۰۶۴	۰/۰۵۹	۰/۰۵۵	۰/۰۵	۰/۰۴۶
۹	۰/۰۶۴	۰/۰۵۹	۰/۰۵۵	۰/۰۵	۰/۰۴۶	۰/۰۴۲
۱۰	۰/۰۵۹	۰/۰۵۵	۰/۰۵	۰/۰۴۶	۰/۰۴۲	۰/۰۳۹
۱۱	۰/۰۵۵	۰/۰۵	۰/۰۴۶	۰/۰۴۲	۰/۰۳۹	۰/۰۳۶
۱۲	۰/۰۵	۰/۰۴۶	۰/۰۴۲	۰/۰۳۹	۰/۰۳۶	۰/۰۳۳
۱۳	۰/۰۴۶	۰/۰۴۲	۰/۰۳۹	۰/۰۳۶	۰/۰۳۳	۰/۰۳
۱۴	۰/۰۴۲	۰/۰۳۹	۰/۰۳۶	۰/۰۳۳	۰/۰۳	۰/۰۲۸
۱۵	۰/۰۳۹	۰/۰۳۶	۰/۰۳۳	۰/۰۳	۰/۰۲۸	۰/۰۲۶
۱۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۳	۰/۰۳	۰/۰۲۸	۰/۰۲۶	۰/۰۲۴
۱۷	۰/۰۳۳	۰/۰۳	۰/۰۲۸	۰/۰۲۶	۰/۰۲۴	۰/۰۲۲
۱۸	۰/۰۳	۰/۰۲۸	۰/۰۲۶	۰/۰۲۴	۰/۰۲۲	۰/۰۲
۱۹	۰/۰۲۸	۰/۰۲۶	۰/۰۲۴	۰/۰۲۲	۰/۰۲	۰/۰۱۸
۲۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۴	۰/۰۲۲	۰/۰۲	۰/۰۱۸	۰/۰۱۷

« فصل هشتم»

اصول مهندسی استخرها و مخازن نگهداری ماهی

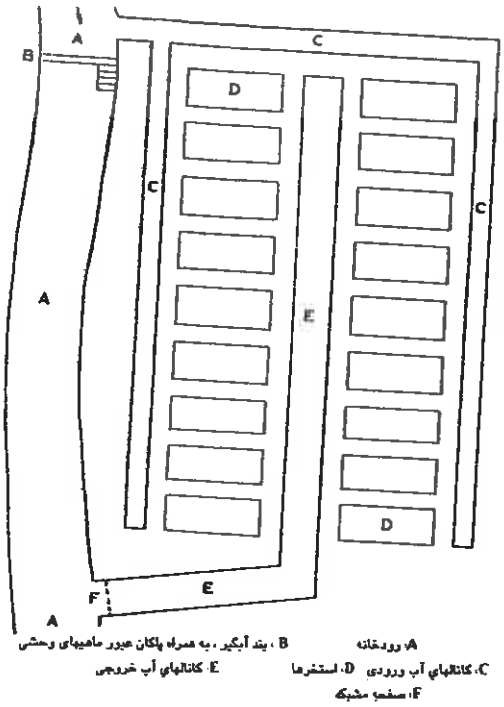
در صورت انتخاب هر نوع سیستم نگهداری ماهی، یکسری ضوابط خاصی همواره بایستی مد نظر واقع گردد. برای مثال، نسبت مناسب قطر مخازن مدور به عمق آنها یا نسبت صحیح طول استخرهای دراز به عرض و همچنین عمق استخر، از جمله نکات مهمی هستند که همواره در طراحی استخرها بایستی بدان توجه داشت. از اینرو، طراحی و ارائه الگوهای مناسب در آبزی‌پروری نه تنها می‌تواند در کاهش هزینه‌های مربوط به نگهداری ماهی نقش بسزایی داشته باشد بلکه خود موجب افزایش ضریب بقاء و رشد مناسب‌تر ماهی خواهد شد.

لذا در این خصوص سعی خواهد شد تا با معرفی بهترین و متعارف‌ترین سیستمها و مخازن نگهداری ماهی، امکان توسعه پرورش آزاد ماهیان بیشتر فراهم گردد.

۱-۸ : استخرهای دانمارکی

در بسیاری از کشورها، پرواربندی بچه ماهیان در سیستم‌های سنتی با استفاده از استخرهای خاکی صورت می‌گرفته است. معمولاً در این استخرها بچه ماهیانی با وزن بیش از ۵ گرم را نگهداری می‌کرده‌اند. در حال حاضر، نیز در برخی از کشورها

در مناطق دارای زمینهای مسطح و ارزان قیمت، از این شیوه استفاده می‌شود. اما در مناطقی که به ماهیها غذای تر می‌دهند، کاربرد این روش می‌تواند موجب بروز و شیوع آلودگی میکروبی در استخرها گردد. استخرهای مذکور که به استخرهای دانمارکی معروفند، معمولاً بطور موازی در کنار هم قرار گرفته و دارای ورودیهای آب مجزا می‌باشند (شکل ۱-۸). خروجی کلیه استخرها نیز وارد یک کانال مشترک می‌شود که آب را در نهایت به طرف خارج کارگاه هدایت می‌کنند. اینگونه استخرها، ۲-۱ متر عمق دارند و سرعت آب در آنها کم می‌باشد تا ماهیها انرژی زیادی را صرف شنا ننماید. بعلاوه، در این استخرها ماهیها قادر به شکار و خوردن غذای طبیعی موجود در استخر نیز می‌باشند. از اینرو، ضریب تبدیل غذا به گوشت در اینگونه استخرها در حد قابل قبولی است (Sedgwick, 1992).



شکل ۱-۸ : طرحی از استخرهای خاکی دانمارکی (Sedgwick, 1992)

۲-۸ : استخرهای مدور

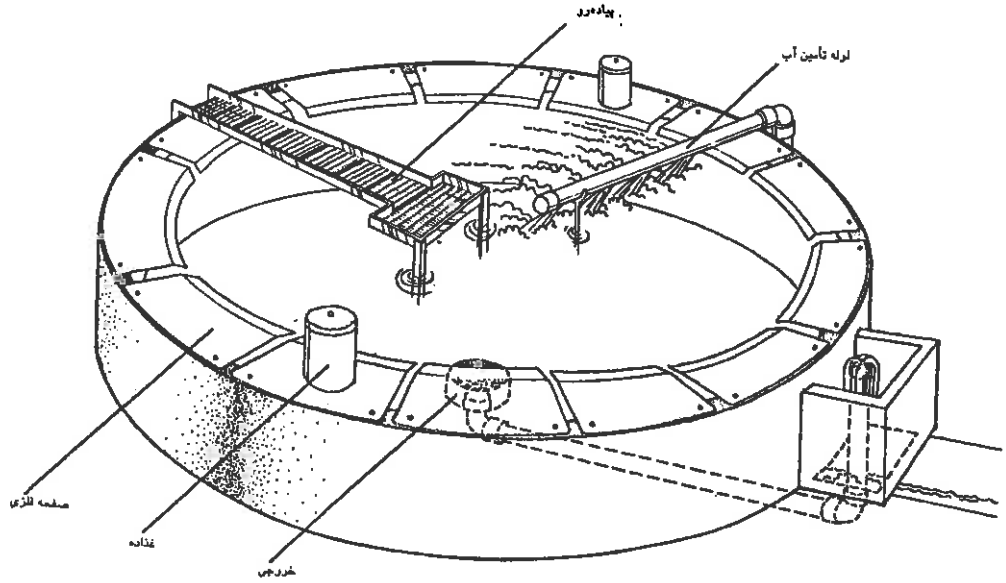
در سالهای اخیر، استفاده از استخرهای گرد بزرگ برای پرواربندی آزادماهیان نسبت به انواع کوچکتر بیشتر متداول شده است. زیرا اینگونه استخرها نسبت به استخرهای کوچکتر از هزینه نگهداری کمتری برخوردار هستند و همچنین پتانسیل تولید ماهی بیشتری دارند. معمولاً قطر استخرهای مدور حدود ۴-۲ متر است، اما در سالهای اخیر بهره‌گیری از مخازن بسیار بزرگتر با قطر ۸ متر و حتی بیش از آن نیز متداول شده است (Sedgwick.1992).

از مزایای ویژه استخرهای گرد می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد (عمادی، ۱۳۶۰؛Timmons *et al*, 1992):

- برقراری سرعت‌های متفاوت آب در یک استخر، امکان جای‌گیری ماهیها در نقاط متفاوت به تناسب قدرت بدنی و وضعیت فیزیکی آنها، پراکنش یکنواخت ماهیها در کلیه نقاط استخر،
- امکان خارج سازی سریع و خودکار مواد جامد معلق و سایر ضایعات مربوط به متابولیسم و تغذیه ماهیها از استخر،
- نگهداری آسانتر،
- برقراری محیط آبی یکسان از لحاظ کیفیت در استخر،
- نیاز به آب ورودی کمتر،

ساختار عمومی استخرهای گرد مخصوص پرواربندی و مخازن گرد مخصوص نگهداری بچه ماهیان تقریباً مشترک می‌باشد. اما معمولاً ابعاد استخرهای پرواربندی بزرگتر بوده و در نحوه طراحی ورودیها و خروجی‌ها نیز تفاوتهایی مشاهده می‌گردد (شکل ۲-۸).

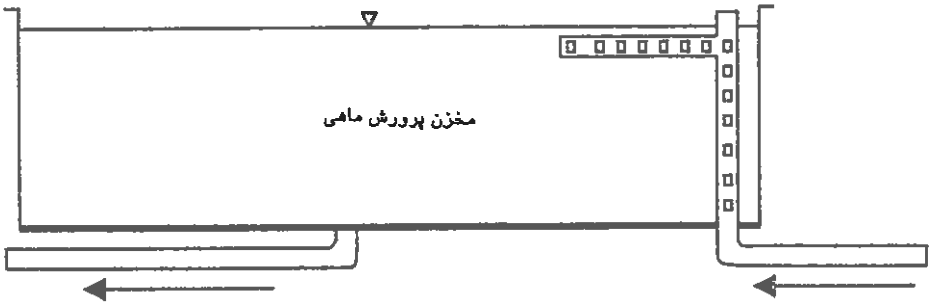
بمنظور بهینه نمودن جریان چرخشی آب ورودی استخرهای گرد، استفاده از لوله‌های مشبک افقی و عمودی در زیر سطح آب توصیه می‌گردد. در این حالت مواد زائد معلق و ته‌نشین شده در کف استخر به نحو مطلوب‌تری از طریق لوله خروجی،



شکل ۲- ۸: نمایی از یک استخر گرد مخصوص پرواربندی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (Pennel & Barton, 1996)

خارج می‌گردد. بعلاوه، استفاده از این شیوه موجب می‌شود تا سرعت جریان آب در نقاط گوناگون استخر از اختلاف کمتری برخوردار باشد. از سایر مزایای بهره‌گیری از این نوع سیستم ورودی آب، هماهنگی اندازه میزان رشد ماهیها و اختلاف کمتر در گله خواهد بود (شکل ۳-۸).

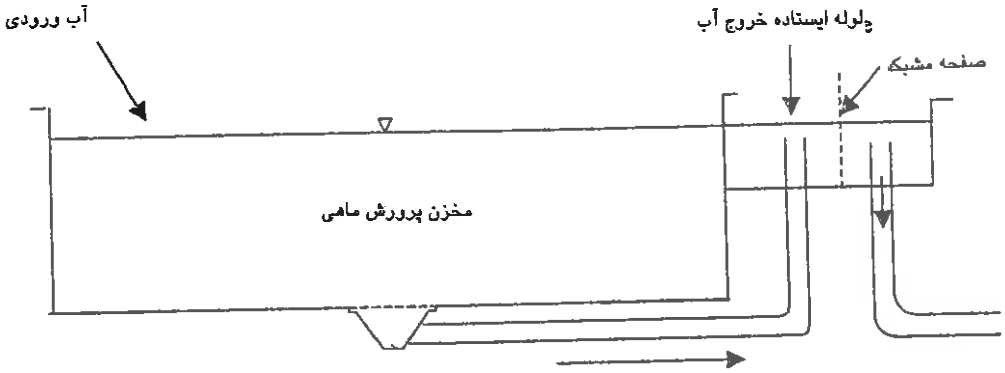
درخصوص خروجی استخرهای مدور تا کنون طرحهای متعددی ارائه و اجرا شده است. معمولاً تغییر عمق آب در استخرها توسط لوله‌ای تنظیم می‌گردد که قابلیت خم



شکل ۳-۸ : ورود آب بصورت عمودی و افقی در استخرهای گرد ماهیان پرواری (اقتباس از Timmons & *et al.*, 2001)

یا راست شدن را دارد (شکل ۲-۸). محل خروجی استخرهای مدور، به اشکال و مدلهای متفاوتی طراحی می‌گردد. یکی از ابتدایی‌ترین طرحهای رایج، استفاده از توری‌های استیل یا آلومینیومی در محل خروجی وسط استخر می‌باشد. این شیوه ضمن ساده و کم هزینه بودن، مشکلاتی را نیز در برخواهد داشت. برای مثال، معمولاً مواد زائد جامد، مایع یا کلوئیدی معلق در آب که بسختی ته‌نشین می‌گردند، بسختی از خروجی نصب شده در کف استخر خارج خواهند شد (Wheaton, 1977).

روش دیگری که بتازگی برای خارج نمودن ماهیهای مرده در کف استخر و همچنین بیرون ریختن هر گونه مواد جامد معلق بکار گرفته می‌شود، استفاده از خروجی کفی بدون توری می‌باشد. در این روش، به ماهیهای مرده یا هر گونه مواد جامد معلق در استخر اجازه داده می‌شود تا بوسیله لوله خروجی اول از محیط استخر خارج گردد. اما در خارج از استخر مخزن کوچک دیگری تعبیه شده است که ماهیهای مرده یا سایر مواد زائد در آن ریخته می‌شود. در مخزن کوچک دوم، یک توری برای جلوگیری از فرار احتمالی ماهیهای وارد شده وجود دارد. مخزن اخیر، دارای پوششی است که برای تنظیم ارتفاع آب در استخر بکار گرفته می‌شود. طراحی



شکل ۴-۸: یک نوع استخر گرد فاقد دریچه توری خروجی مرکزی (اقتباس از Timmons *et al.*, 2001)

این سیستم با مد نظر قرار دادن این اصل انجام شده است که فقط ماهیهای مرده یا ماهیهای بسیار ضیف از طریق خروجی بدون توری بیرون می‌روند (شکل ۴-۸).

روش دیگری در طراحی خروجی‌های استخرهای گرد بکار گرفته می‌شود که طی آن از یک لوله ایستاده مشبک یا شیاردار در محل خروجی استفاده می‌گردد. ارتفاع این لوله کمی بیش از عمق استخر می‌باشد. اندازه و عرض شیارها با توجه به اندازه ماهیهای موجوددراستخرمتغیرخواهدبود(جدول ۱-۸) (Timmons & *et al.*, 2001).

جدول ۱-۸: اندازه شیارهای افقی روی لوله مرکزی خروجی استخرهای گرد، متناسب با وزن ماهیهای موجود در استخر (اقتباس از Timmons *et al.*, 2001)

وزن ماهی (گرم)	اندازه شیار (میلی‌متر)
بچه ماهی تا وزن ۰/۴۵	۳/۲ × ۱/۶
۰/۴۵-۲/۳	۶/۴ × ۳/۲
۳/۳-۱۵	۱۲/۷ × ۶/۴
> ۱۵	۱۹/۱ × ۱۲/۷

در این روش به دلیل وجود شیارهای متعدد در کلیه نقاط لوله ایستاده خروجی، آب بهمراه مواد زائد معلق از اعماق مختلف استخر، بسرعت از محیط استخر خارج می‌گردد. مواد زائد معلق دارای وزن مخصوص متفاوتی هستند. لذا، در اعماق مختلف، شناور یا روی بستر قرار می‌گیرند. از اینرو، بهره‌گیری از این نوع سیستم خروجی می‌تواند حتی در خارج سازی مواد چربی یا پروتئین‌های کلوئیدی شناور روی سطح آب نیز بسیار مؤثر واقع گردند. معمولاً یک راهرو از خارج استخر به طرف لوله مرکزی تعبیه می‌گردد تا کارگر بتواند لوله مشبک مرکزی را نظافت نماید (شکل ۵-۸)(Shepherd & Bromage, 1992).

شکل ۵-۸: تمیز کردن لوله مشبک مرکزی یک استخر گرد توسط کارگر
(Shepherd & Bromage, 1992)

۳-۸ : کانالهای دراز[1]

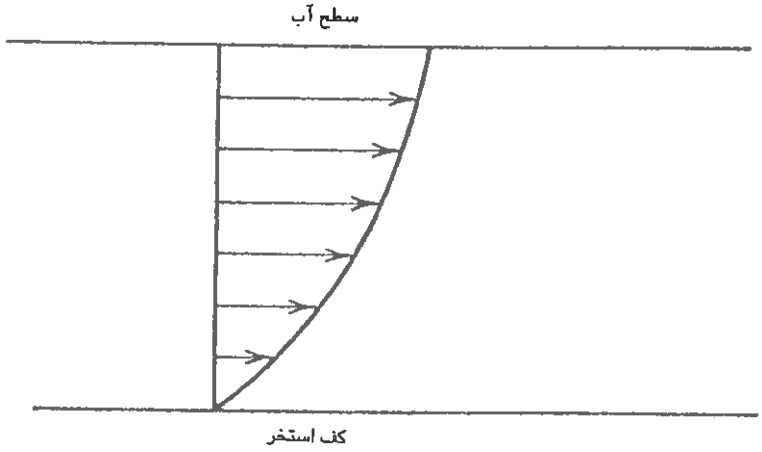
اینگونه کانالها، یکی از ابتدایی‌ترین استخرهای نگهداری و پرورش آزادماهیان بشمار می‌روند. کانالهای دراز، ابتدا در آمریکای شمالی طراحی و مورد استفاده قرار گرفته است. معمولاً آنها از مصالحی مانند بلوکهای سیمانی یا بتون ساخته می‌شوند. طول این کانالها گاهی اوقات به ۱۰۰ متر نیز بالغ می‌گردد. عرض کانالهای دراز معمولاً ۴-۲ متر می‌باشد و عمق آنها در حدود یک متر است. شیب این کانالها معمولاً ۲۰-۱۰ سانتی‌متر در هر ۳۰ متر است. ظرفیت نگهداری ماهی در آنها حدود ۵-۴ کیلوگرم در هر متر مکعب می‌باشد (Sedgwick, 1990). از مزایای ویژه این نوع کانالها، بهره‌گیری بهینه از زمین، امکان جابجایی و رقم‌بندی ساده‌تر ماهیها، تراکم‌پذیری بیشتر و درمان آسانتر ماهیان می‌باشد. بعلاوه، شیوه ساخت و نگهداری از کانالهای دراز تشابه بسیاری با استخرهای دراز دارد. البته، معمولاً آنها نیازبه جریان آب ورودی بیشتری دارند. در این نوع کانالها، مواد متابولیک حاصل از ماهیها معمولاً در قسمت‌های انتهایی کانال تجمع یافته و مشکلاتی را بوجود می‌آورند. از اینرو، توصیه می‌گردد که در صورت امکان از طراحی و ساخت کانالهای دراز به طور سری جلوگیری شود. زیرا در این حالت کانالهای دراز بطور پلکانی پشت سر یکدیگر قرار می‌گیرند و مواد متابولیک زائد و همچنین باقیمانده‌های غذای ماهیهای کانالهای بالایی، وارد کانالهای پایین دست شده و موجب تجمع زیاد این مواد در کانالهای آخری می‌گردد.

طراحی کانالهای دراز بطور موازی، روش رایج دیگری است که در بسیاری از مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا استفاده می‌شود. در این شیوه که به آب ورودی بیشتری نیاز می‌باشد، کلیه ورودیها و خروجی‌های کانالهای دراز از یکدیگر مجزاست و آب، کمتر به هوادهی یا اکسیژن دهی‌نیاز دارد. بعلاوه، از مزایای دیگر این نوع طراحی، سرایت نکردن عوامل احتمالی بروز بیماریها از یک کانال به کانال دیگر است. همچنین

1-Raceways

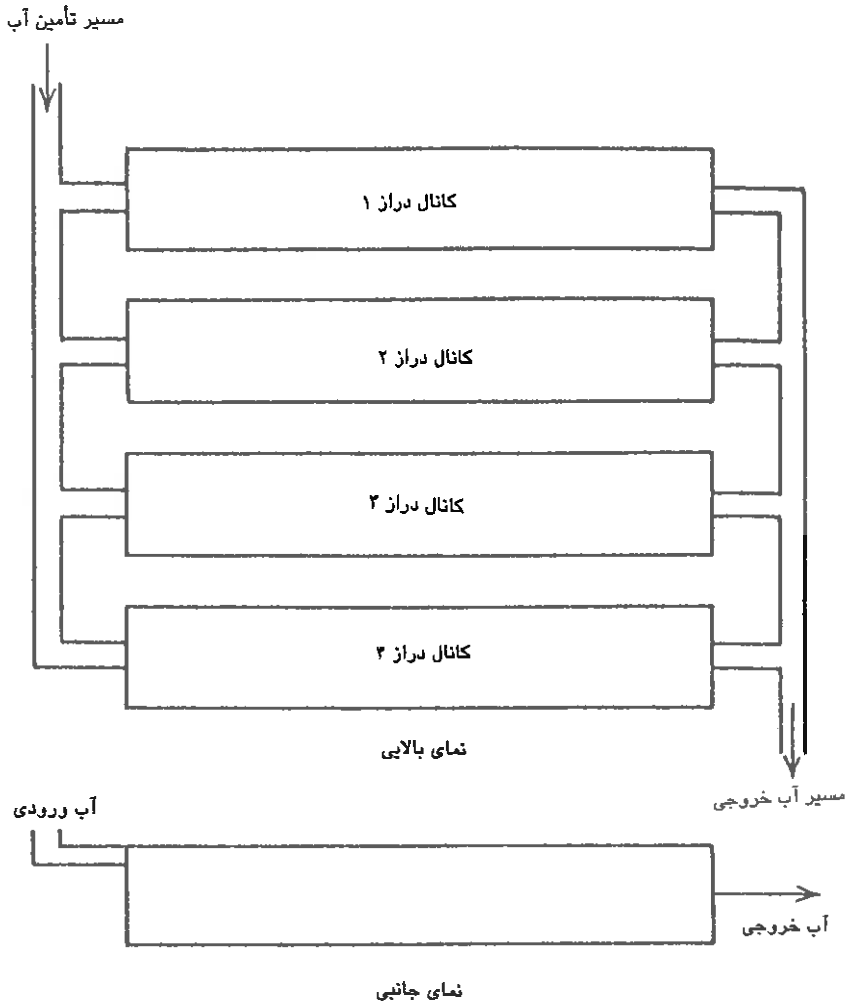
در صورت انجام عملیات شستشو، حمام دادن ماهیها یا هر گونه تغییرات در هر کانال، کیفیت و کمیت آب در سایر کانالها حفظ خواهد شد (تصویر ۶-۸) (Wheaton & Fredrick, 1977).

در کانالهای دراز، نمودار سرعت جریان خطی آب از سطح به عمق بصورت منحنی نزولی می‌باشد (نمودار ۱-۸). از اینرو، بایستی همواره میزان دبی آب ورودی در



نمودار ۱-۸: نمودار عمودی سرعت آب در یک کانال دراز با دبی کم آب ورودی (اقتباس از Wheaton, 1977)

حدی باشد تا از ته‌نشینی ذرات معلق در کف کانال جلوگیری گردد. سرعت تعویض آب حدود ۳-۲ بار در ساعت برای این کانالها مناسب است. کم بودن میزان دبی آب ورودی در کانالهای دراز می‌تواند موجب تشکیل نقاط مرده با سرعت صفر در نزدیک بستر و اطراف دیواره‌ها شود و با کاهش میزان اکسیژن محلول در آب در این نقاط و تولید مقادیر متنابهی از گازهای مضر نظیر H_2S نیز همراه گردد. در صورت بالا بودن تراکم ماهیها در اینگونه کانالها، معمولاً ماهیها فرصت کافی برای فرار از این نقاط را نداشته و موجب بروز تلفات زیادی در میان ماهیها خواهد شد (Wheaton, 1977).



شکل۶-۸ : طراحی موازی کانالهای دراز (اقتباس از Wheaton, 1977)

۸-۴ : استخرهای دراز

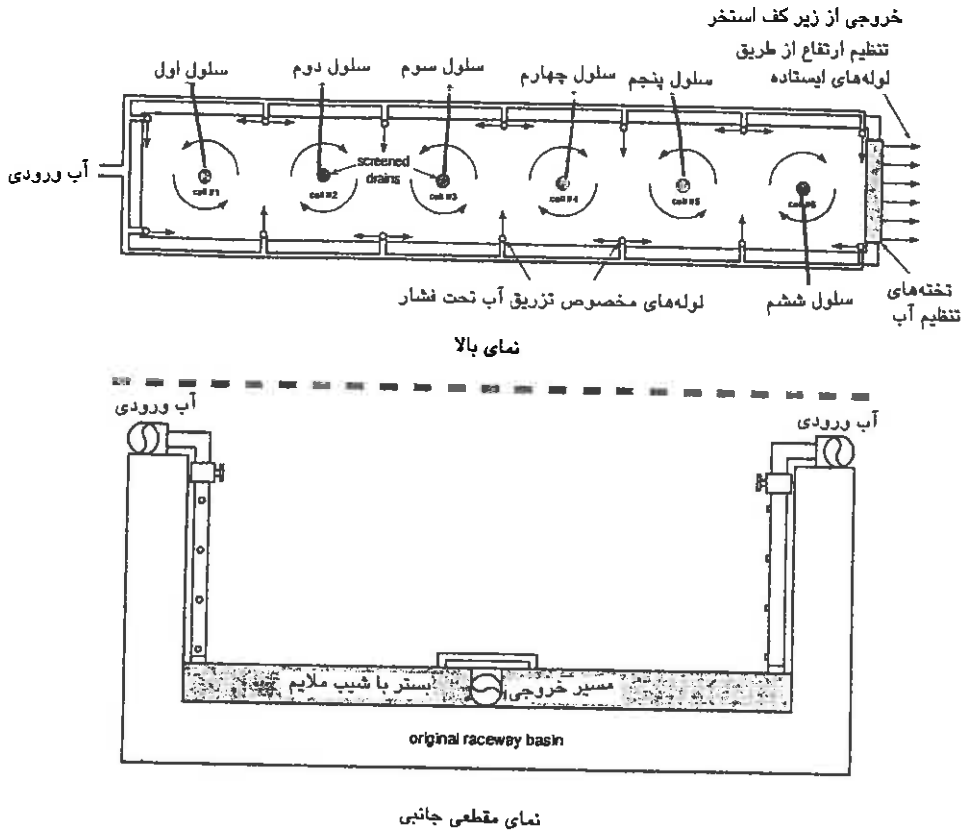
اینگونه استخرها ساختمانی مشابه کانالهای دراز داشته، اما طول آنها بهتر است متجاوز از ۱۲-۱۰متر نگردد. عرض استخرهای دراز حدود ۲-۱ متر در نظر گرفته می‌شود. ظرفیت نگهداری ماهی در این استخرها با واحد سرعت تعویض آب ۲۰-۵ متر در ثانیه (یا سانتیمتر در ثانیه)، در حدود ۵۰-۳۰ کیلوگرم در متر مکعب است. اما با توجه به نوسانات احتمالی درجه حرارت، بالا رفتن دمای آب و همچنین احتمال بروز شرایط نامناسب فیزیکوشیمیایی آب، در کشورمان معمولاً تراکم ۱۰ کیلوگرم ماهی در هر متر مکعب در نظر گرفته می‌شود.

۸-۵ : کانالهای دراز با واحدهای دورانی

بهره‌گیری توأم از مزایای کانالهای دراز و استخرهای گرد و به حداقل رساندن معایب استفاده از دو سیستم مذکور، ایده‌ای است که در طراحی کانالهای دراز با واحدهای دورانی بدان پرداخته شده است. اساس طراحی این سیستم، ایجاد سلولهای فرضی کوچک چرخش و خروج آب در طول مسیر کانالهای دراز می‌باشد. هر سلول توسط انشعابات لوله‌های افقی واقع در دور تا دور کانال، آب ورودی خود را گرفته و توسط یک خروجی واقع در مرکز هر سلول دایره‌ای، پساب را از طریق یک لوله مشترک به خارج ازکانال هدایت می‌نماید.

نحوهٔ قرارگیری انشعابات آب ورودی در هرسلول فرضی بشکلی خواهد بود تا بتواند جریان چرخشی مناسبی را در هر سلول فراهم آورد. برای این منظور، ابتدا طول استخر را از هر دو ضلع به فواصل مساوی فرضی تقسیم کرده، سپس از هر گوشه مربعات فرضی ایجاد شده، لوله‌های ورودی یک در میان در مسیر مستقیم یا طرفین قرار می‌گیرند (شکل ۷-۸). محل تلاقی چهار گوشه هر مربع فرضی، محل نصب لوله خروجی می‌باشد. پساب کلیه خروجی‌ها وارد یک لوله فاضلاب مرکزی کار گذاشته شده در زیر بستر کانال می‌شود (Timmons *et al.*, 2001). لوله‌های خروجی هر سلول، بصورت ایستاده و شیاردار بوده و معمولاً از جنس پلیکا با

قطرهای متفاوت در نظر گرفته می‌شوند. قطر شیارهای تعبیه شده روی هر لوله می‌تواند بر اساس جدول (۸-۱) تعیین گردد. بدیهی است طول لوله‌های خروجی بایستی از عمق کانال بیشتر در نظر گرفته شود تا هنگامیکه سطح آب در کانال در بالاترین سطح قرار می‌گیرد، ماهیها از محل خروجی به بیرون هدایت نشوند. بعلاوه، بایستی همواره در نصب خروجی‌های روی لوله مرکزی فاضلاب هر کانال، دقت لازم مبذول گردد تا ضمن کار، لوله‌های ایستاده خروجی از محل خود خارج نگردند.

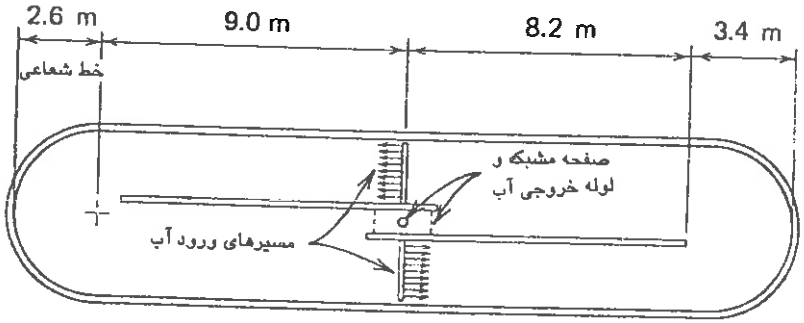


شکل۷-۸ : نمایی از یک کانال دراز با چند سلول دورانی
(اقتباس از Timmons *et al.*, 2001)

۸-۶ : استخرهای بیضی شکل با جریان دورانی

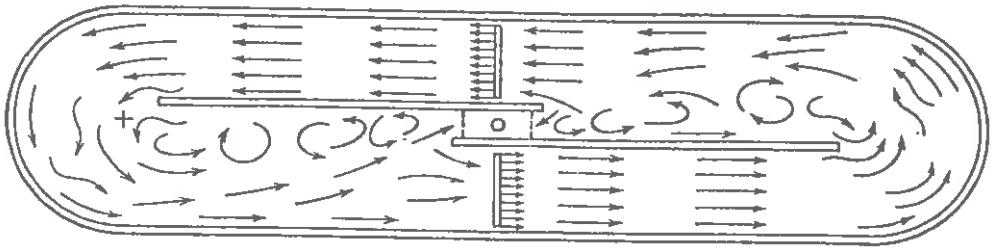
اینگونه استخرها یا نام "فاستر- لوکاس"[1] معروفند. در طراحی اخیر که می‌تواند در کانالهای دراز و با استخرهای دراز با طول بیش از ۲۰ متر اجرا گردد، اضلاع کوچک مستطیل کانال یا استخرهای دراز حذف و با ایجاد ضلع مورب در آنها، مخزن نگهداری ماهی به یک بیضی بزرگ تبدیل می‌گردد. دو دیواره بریده در بخشی از طول استخر قرار گرفته و یک خروجی مرکزی مدور با قطر کافی در فاصله‌ای مساوی در بین دو دیواره قرار می‌گیرد (شکل ۸-۸).

آب ورودی بوسیله یک محور افقی مشبک بصورت فواره ای از بالا و به دو جهت مخالف روی سطح آب پاشیده یا از طریق لوله های موازی سوراخدار در عرض هر دو جهت نیمه طولی استخر و از نزدیک کف بستر تا مجاورت سطح آب، به داخل استخر تزریق می‌گردد. وضعیت و جهت جریان آب در استخرهای فاستر لوکاس در شکل (۸-۹) مشخص شده است. بر اساس این تصویر، جهت پیکانهای جریان آب در ناحیه پشتی نیمه دیواره‌ها بصورت نامنظم بوده، از اینرو جهت هدایت مواد معلق و رسوبی بطرف خروجی بخوبی صورت نمی‌پذیرد (شکل ۸-۹).



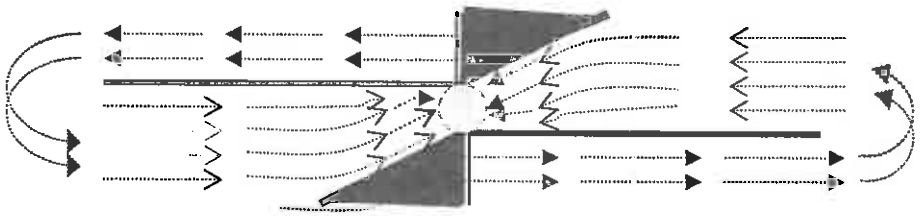
شکل ۸-۸ : طراحی یک استخر فاستر- لوکاس (اقتباس از Wheaton, 1977)

1-Foster- Lucus



شکل ۹-۸ : الگوی گردش آب در یک استخر فاستر- لوکاس
(اقتباس از Wheaton, 1977)

با توجه به بی نظمی جریان در برخی از نقاط استخرهای مدل "فاستر- لوکاس"، گنجاندن یک دیواره شیبدار در پشت خط محور افقی ورودیها، احتمالاً می‌تواند در بهبود جهت جریان آب میسر واقع گردد (شکل ۱۰-۸).

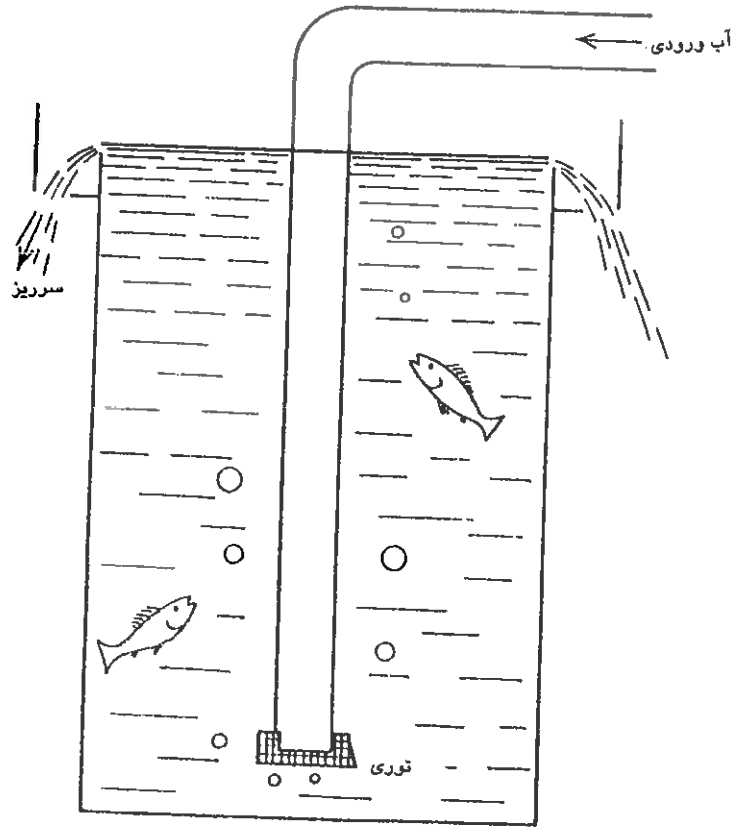


شکل ۱۰-۸: روش پیشنهادی جهت اصلاح استخرهای مدل فاستر-لوکاس (طرح از مولف)•

۸-۷: مخازن سیلویی

اینگونه مخازن نگهداری ماهی دارای عمق زیاد بوده و آب ورودی از طریق یک لوله به کف مرکز مخزن پمپ می‌گردد. آب خروجی نیز از قسمت فوقانی مخزن بصورت سرریز بیرون می‌ریزد. دبی آب مورد نیاز و نیز تراکم ماهی در اینگونه

مخازن معمولاً زیاد می‌باشد. مخازن سیلویی معمولاً بایستی به شکل استوانه‌ای یا مخروطی باشند. برای این مخازن می‌توان ارتفاعی در حدود ۵ متر و قطری در حدود ۲/۵ متر در نظر گرفت. در صورت تأمین آب ورودی در حدود ۳۰ لیتر در ثانیه، در مخازن فوق می‌توان حدود ۳۰۰۰ کیلوگرم ماهی قزل‌آلای پرواری را نگهداری کرد. از اینرو، استفاده از این سیستم برای مناطقی توصیه می‌گردد که از لحاظ زمین با محدودیت روبرو هستند. (شکل ۱۱-۸) (Wheaton, 1977)



شکل ۱۱-۸ : نمایی از یک مخزن سیلویی نگهداری ماهی (اقتباس از Wheaton, 1977)

«فصل نهم»

پرورش آزاد ماهیان در سیستم‌های مدار بسته(RAS)

استفاده از تکنولوژی سیستم مداربسته پرورش آبزیان (RAS)[1]، از ۳۰ سال پیش تاکنون در حال توسعه می‌باشد. بهره‌گیری از این سیستم از مزایای قابل توجهی برخوردار است که از آنجمله می‌توان به مواردی از قبیل قابلیت کنترل شرایط محیطی عوامل بیماریزا، درجه حرارت، میزان رشد و تولید اشاره نمود. بطور کلی، با استفاده از این سیستم می‌توان مدیریت مناسب‌تری نسبت به عوامل فیزیکوشیمیایی و بیولوژیک آب اعمال نمود و شرایط مطلوبی را برای رشد و متابولیسم ماهیها فراهم کرد.

با استفاده ازسیستم‌های هواده و حذف ذرات معلق، می‌توان تنها با فراهم آوردن ۵۰ درصد آب مورد نیاز به سیستم، اقدام به پرورش ماهی در مخازن نگهداری ماهی نمود. چنانچه از فیلترهای بیولوژیک در اینگونه سیستم‌ها نیز استفاده گردد، می‌توان با تبدیل ترکیبات نیتروژندار مضر به سایر ترکیبات نیتروژندار غیر مضر، ۸۰-۷۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی کرد. تعبیه برخی روشهای تصفیه آب و کنترل عواملی نظیرpH، دما و نیز عوامل بیماریزای میکروبی، می‌تواند در بالا بردن کیفیت آب در گردش مؤثر واقع گردد (Willoughby, 1999).

1-Recirculating aquaculture system (RAS)

معمولاً در سیستمهای پرورش ماهی به روش مداربسته بخشهایی نظیر، مخازن نگهداری ماهی، سیستمهای حذف ذرات معلق، فیلترهای زیستی، سیستمهای اکسیژندهی و هوادهی و سیستمهای گندزدا و قسمت کنترل از جمله قسمتهای مهم و اساسی بشمار می‌آیند. با توجه به اینکه سیستمهای مداربسته شکل روز کشور می‌باشد، بهتر است در زمینه مزایا و معایب سیستمهای مداربسته توضیحات بیشتری آورده شود.

۱-۹ : سیستم حذف ذرات معلق

به کل ذرات معلق موجود در آب "TSS"[1] گفته می‌شود. میزان TSS به مقدار غذای باقیمانده و میزان مواد دفعی ماهیها بستگی دارد. معمولاً ۲۵درصد از غذای خشک خورانده شده به ماهی بصورت TSS در آب رها می‌گردد. با وجودیکه مواد دفعی بیشترین درصد ترکیبات معلق آب را تشکیل می‌دهند، اما میزان مواد غذایی خورده نشده می‌تواند مشکلات بیشتری را ایجاد نماید. زیرا اینگونه ترکیبات بتدریج در آب خرد شده و به قطعات ریزتری تبدل می‌شوند و اغلب به کمک میکروفیلترها از آب قابل جداسازی نمی‌باشند. بطور کلی، می‌توان اذعان کرد که جداسازی کلیه مواد معلق از آب به سه روش انجام می‌پذیرد که عبارتند از: جداسازی به روش رسوبگذاری، فیلترکردن و شناورنمودن (Timmons *et al.*, 2001).

۱-۱-۹ : جداسازی ذرات به روش رسوبگذاری

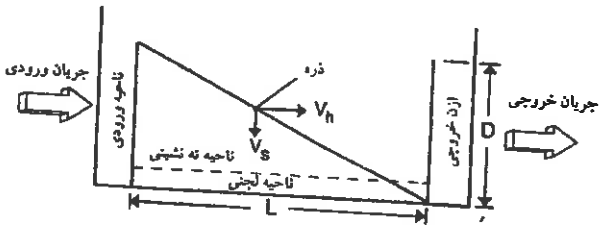
از جمله ساده‌ترین روشهای جداسازی مواد معلق، رسوبگذاری بر اساس خاصیت جاذبه و وزن ذرات معلق است. مصرف کم انرژی، هزینه‌های پایین مرتبط با نصب، مدیریت رسوبگیرها و بی‌نیازی به مهارت و تخصص‌های فنی پیشرفته، از امتیازات ویژه استفاده از این روش است (فرزانفر، ۱۳۸۰).

1-Total suspended solids

از جمله مهمترین مواردی که در طراحی رسوبگیرها بایستی مد نظر قرار گیرد عبارتند از: مساحت سطح حوضچهٔ رسوبگیر، زمان ماندگاری آب، عمق رسوبگیر و میزان سرعت جریان سرریز، سرعت ته‌نشینی ذرات که با در نظر گرفتن وضعیت حوضچه ترسیب تعیین می‌شود. در این حوضچه‌ها چهار ناحیه قابل تشخیص است:

۱- ناحیه ورودی، ۲- ناحیه ترسیب، ۳- ناحیه تشکیل لجن، ۴- ناحیه خروجی.

ناحیه ورودی برای کاهش سرعت پساب و توزیع یکنواخت جریان بطور افقی و عمودی طراحی می‌شود. در ناحیه ترسیب برقراری شرایط آرام برای ته‌نشینی بهتر ضروری است. طراحی نامناسب دهانه ورودی حوضچهٔ رسوبگیر موجب افزایش سرعت و آشفتگی جریان و معلق ماندن ذرات در آب می‌گردد. از اینرو، قرار دادن دیواره آرام کننده[1] ضروری می‌باشد. ناحیه تشکیل لجن بایستی به حد کافی عمیق باشد تا حجم لازم برای انباشته شدن مواد ته‌نشین شده فراهم گردد. خروجی حوضچه‌های ترسیب معمولاً با یک سرریز مناسب برای کنترل جریان ساخته می‌شوند (شکل ۱-۹) (جعفری باری، ۱۳۸۰).



شکل ۱-۹ : چهار ناحیه مشخص شده در یک حوضچه رسوبگیر
(اقتباس از جعفری باری، ۱۳۸۰)

1-Baffling

به علت نیروی جاذبه، ذرات معلق در جهت محورهای عمودی به سمت نواحی پایینی ستون آبی کشیده می‌شوند. چنین وضعیتی تا زمانی ادامه می‌یابد که نیروی جاذبه با نیروهای مخالف به حالت تعادل برسند. در این حالت با یکنواخت شدن سرعت ذرات، مواد معلق به حالت سکون درآمده و حرکت آنها متوقف می‌شود که به آن سرعت "آستانه پایان" (V_S) اطلاق می‌گردد.

۲-۱-۹ : جداسازی مواد معلق به روش فیلتر کردن

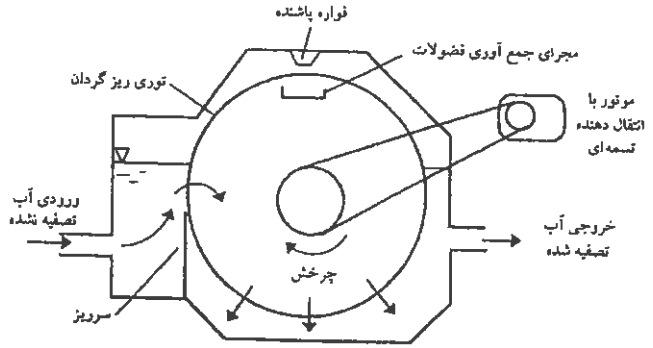
عملیات فیلتراسیون می‌تواند به روشهای مختلفی انجام پذیرد. استفاده از صفحات توری، بستر دانه تسبیحی و بستر مشبک از جمله مواردی هستند که در قالب دستگاهها و تجهیزات گوناگون برای جداسازی مواد معلق در آبزی‌پروری بکار گرفته می‌شوند.

۱-۲-۱-۹ : فیلترهای میکرواسکرین یا (استوانه دوار)

از جمله ادوات مورد استفاده در روش فیلتراسیون، فیلترهای میکرواسکرین می‌باشد که دارای استوانه مدور با پوشش توری بسیار ریز یا دیسک‌های مشبک هستند. استوانه مدور و دیسک‌های مشبک هر دو در آب غوطه‌ور بوده و بطور مداوم بهمراه جریان آب قابلیت جداسازی مواد معلق را از آب دارند. بعلاوه، اینگونه فیلترها مجهز به ادوات شستشوی دائمی فیلتر نیز می‌باشند (Willoughby, 1999).

فیلترهای میکرواسکرین یا استوانه دوار (Drum filter)، معمولاً مجهز به یک موتور الکتریکی است که موجب چرخاندن استوانه‌ای می‌گردد که بطور افقی در محفظه‌ای چند ضلعی قرار می‌گیرد. ابعاد چشمه توری بکار گرفته برای استوانه مذکور معمولاً ۴۰۰-۶۰ میکرون می‌باشد. آب جهت فیلتراسیون به بخش داخلی استوانه جریان یافته و با عبور از روی استوانه مشبک، موجب تجمع مواد جامد معلق در سطح داخلی فیلتر می‌گردد. جهت جداسازی مواد چسبیده شده به سطح توری، از فواره‌های اتوماتیک یا فشار آب زیاد استفاده می‌شود. در این حالت فشار آب حاصله، منجر به پاک کردن سطح توری و هدایت مواد معلق به سمت خروجی سیستم خواهد شد(شکل۲-۹) (فرزانفر، ۱۳۸۰).

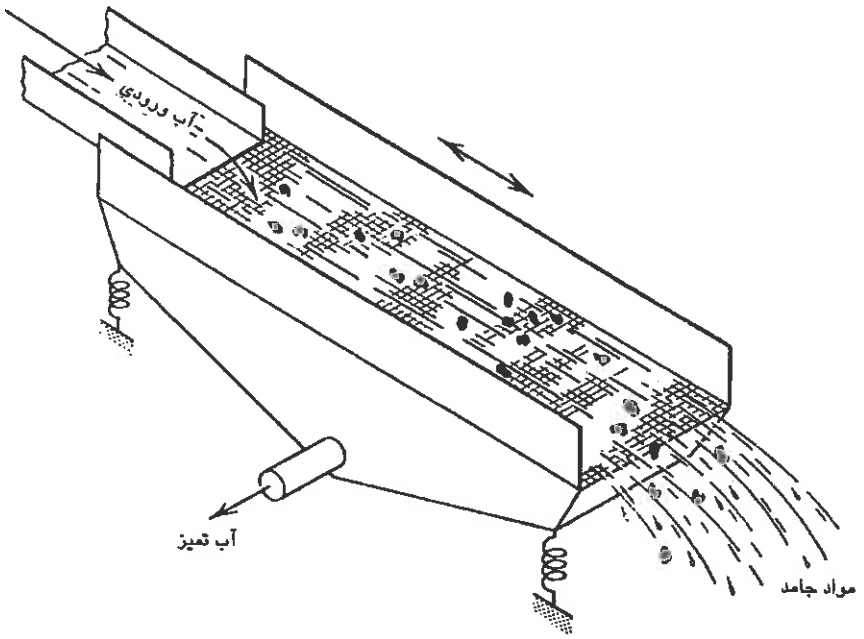
الف)



شکل ۲-۹: تصویر یک درام فیلتر الف) یک توری ریز جریان شعاعی، ب) یک توری ریز دوار• (اقتباس از جعفری باری، ۱۳۸۰)

۲-۲-۱-۹ : فیلترهای میکرواسکرین با صفحه لغزنده

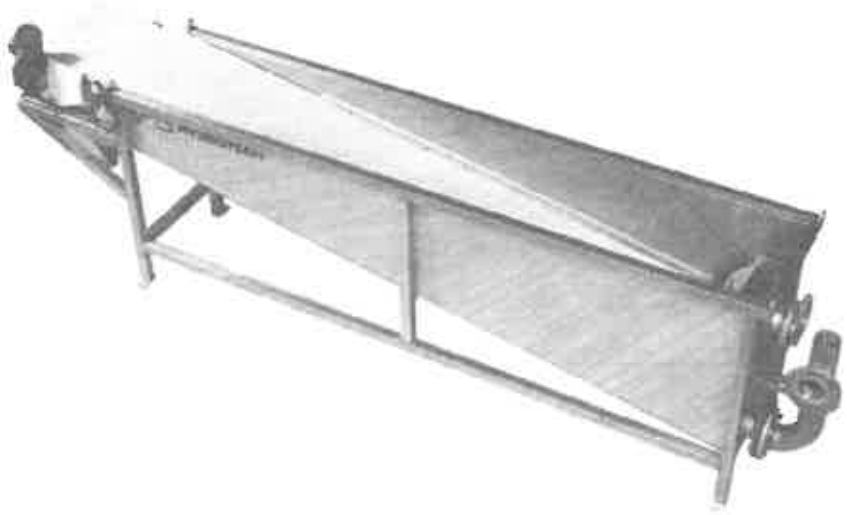
یکی دیگر از تجهیزات قابل استفاده برای خارج‌سازی مواد معلق داخل آب، صفحات مشبک لغزان هستند (شکل ۳-۹). مبنای طراحی این فیلتر که نوعی از فیلترهای میکرواسکرین محسوب می‌گردد، بر اساس ریزش آب روی یک صفحه توری لرزان است که جداسازی مواد معلق به کمک آن می‌باشد. بمنظور ایجاد لغزش و لرزه مورد نیاز، از یک تکان‌دهنده الکتریکی استفاده می‌گردد. توری‌های مورد استفاده روی صفحات لرزان بایستی از قابلیت تعویض برخوردار باشند تا متناسب با اندازه ذرات معلق و دبی آب بتوان توری‌های مختلف را با چشمه مناسب نصب کرد. لذا، برای دستیابی به بهترین وضعیت فیلتراسیون، بهتر است که میزان تواتر صفحه و اندازه چشمه‌های توری قابل تنظیم باشد تا بتوان در شرایط متفاوت تنظیمات لازم را انجام داد (Wheaton, 1977).



شکل ۳-۹: یک نوع فیلتر مخصوص جداسازی مواد معلق با صفحه مشبک لرزان (اقتباس از: Wheaton, 1977)

۳-۲-۱-۹ : فیلترهای میکرواسکرین تسمه‌ای

فیلترهای میکرواسکرین تسمه‌ای نیز نوع دیگری از فیلترهای متداول برای جداسازی مواد معلق می‌باشند که می‌توانند با کمک نازل‌های تعبیه شده دربالای یک صفحه توری چرخان، قابلیت پاکسازی دائمی را برای فیلتر داشته باشند (شکل ۴-۹) (Timmons *et al.*, 2001).



شکل ۴-۹: یک نوع فیلتر میکرواسکرین تسمه‌ای (Timmons *et al.*, 2001)

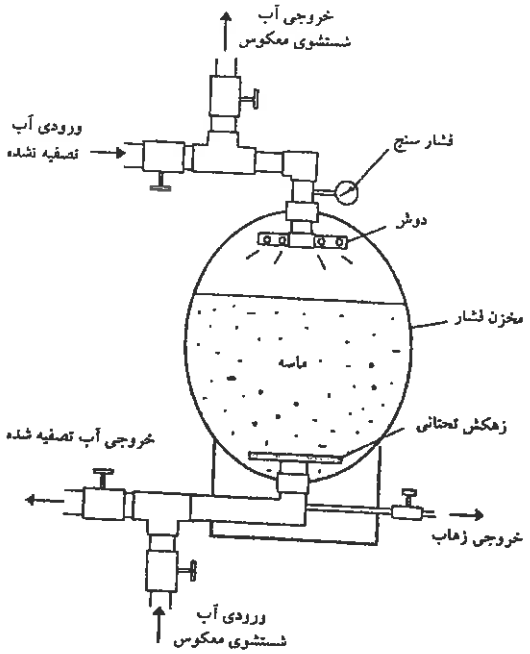
۴-۲-۱-۹: فیلتر های شنی

نوع دیگر صافی که برای حذف مواد جامد قبل از صافی زیستی بکار می‌رود، محیط دانه‌ای یا صافی‌های شنی هستند که انواع مختلف آن در آبزی‌پروری مورد استفاده قرار می‌گیرند. اینگونه صافی‌ها بر اساس دانه‌بندی مواد تشکیل‌دهنده آنها به دو نوع یکنواخت و غیر یکنواخت تقسیم می‌گردند. صافی یکنواخت فقط از یک نوع ماسه با دانه‌بندی همسان تشکیل شده، اما صافیهای غیر یکنواخت حاوی دانه‌های

ماسه، سنگریزه‌ها یا ترکیبات دیگری با ابعاد متفاوت است. همچنین صافیهای شنی به صافی‌های تند یا کند، یا تحت فشار و بدون فشار تقسیم‌بندی می‌گردند. صافی‌های تند، پیش‌ساخته‌اند و معمولاً قابلیت تصفیه آب را با دبی‌های بسیار زیاد ندارند (شکل ۵-۹). اما صافی‌های کند بصورت پیش ساخته نبوده، معمولاً در محل ساخته می‌شوند. فیلترهای اخیر معمولاً روباز بوده و به علت سرعت کم جریان آب، نیاز به سطح وسیعی دارند (جعفری باری، ۱۳۸۰).

در فیلترهای شنی غیر یکنواخت کند، از قسمت فوقانی فیلتر به طرف بخشهای تحتانی آن، معمولاً چند لایه مواد مختلف از ابعاد بزرگ به کوچک رویهم طبقه‌بندی شده‌اند. ترتیب قرارگیری لایه‌ها، بر اساس اندازه قطعات تشکیل‌دهنده هر لایه از درشت به ریز می‌باشد. بعلاوه، قطعات بزرگتر در لایه زیرین بایستی دارای چگالی بیشتری نسبت به لایه‌های بالاتر باشد. این ترتیب قرارگیری لایه‌ها بر اساس میزان درشتی و چگالی موجب می‌شود تا ضمن کارایی مناسب فیلتر برای جداسازی مواد معلق، ترتیب قرارگیری لایه‌ها نیز پس از عملیات شستشو مجدداً حفظ گردد. در این مورد، استفاده از قطعات بزرگ سنگ گارنت با وزن مخصوص ۴/۲، در پایین‌ترین لایه و ماسه با وزن مخصوص ۲/۶۵ در لایه وسط و یک لایه نازک ذغال فعال با وزن مخصوص ۱/۶، در بالاترین لایه می‌تواند ترکیب مناسبی در جهت طراحی یک فیلتر ثقلی شنی باشد. بدیهی است مساحت مورد نیاز برای ساخت یک فیلتر و همچنین حجم متناسب برای هر لایه، با توجه به دبی آب ورودی و نیز میزان و اندازه ذرات معلق، نیاز به انجام محاسبات دقیق دارد[1] (فرزانفر، ۱۳۸۰).

۱- کتاب Aquaculture engineering، نوشته F. W. Wheaton ، سال ۱۹۷۷، صفحات ۴۹۶-۴۷۵.

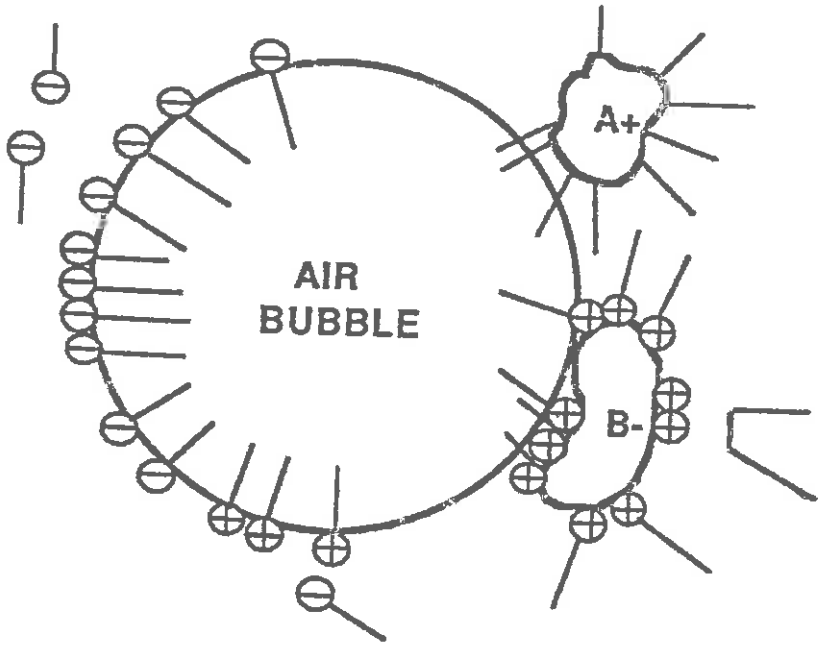


شکل ۵-۹ : یک صافی ماسه‌ای تحت فشار(اقتباس از: جعفری باری، ۱۳۸۰)

۳-۱-۹ : جداسازی مواد معلق به روش شناورسازی

تولید میزان انبوهی از حبابهای ریز هوا درداخل آب، می‌تواند ذرات معلق بسیار ریز را بهمراه خود درسطح آب شناور نماید. کاربرد این روش در نقاط بسیاری از دنیا مرسوم می‌باشد و اغلب به منظور جداسازی ذرات معلق کمتر از ۳۰ میکرون بکار گرفته می‌شود.

بعلاوه، بسیاری از ترکیبات پروتئینی و چربی با منشأ متابولیسمی یا منابع دیگر در آب پراکنده می‌باشند که به طور عمده به کمک این روش می‌توان نسبت به فیلتراسیون آنها اقدام نمود. سایر خواص استفاده از سیستم‌های حباب‌ساز برای جداسازی مواد معلق، بهره‌گیری از ماهیت دو گانه حباب‌های هوا و دارا بودن دو قطب مثبت و منفی در هر حباب می‌باشد. بطوریکه مواد معلق، یونها و حتی بسیاری



شکل ۶-۹: خصوصیات مولکولی سطح یک حباب از لحاظ بار الکتریکی

(اقتباس از: Timmons *et al.*, 2001)

از باکتریهای موجود درآب با بار الکتریکی منفی یا مثبت، به قطب مخالف خود در سطح حبابها چسبیده و در سطح آب شناور می‌گردند (شکل ۶-۹) (Timmons *et al.*, 2001).

از مزایای مهم استفاده از این سیستم می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود: ۱- کمک به تقلیل انسداد لوله‌ها، صافی‌ها، تلمبه‌ها و غیره، ۲- حذف ترکیبات آلی محلول یا کلوئیدی در آب و افزایش شفافیت آب، ۳- کاهش قابل توجه ذرات ریز معلق در آب، ۴- افزایش هوادهی، ۵- ثابت نگهداشتن اسیدیته آب با حذف اسیدهای آلی

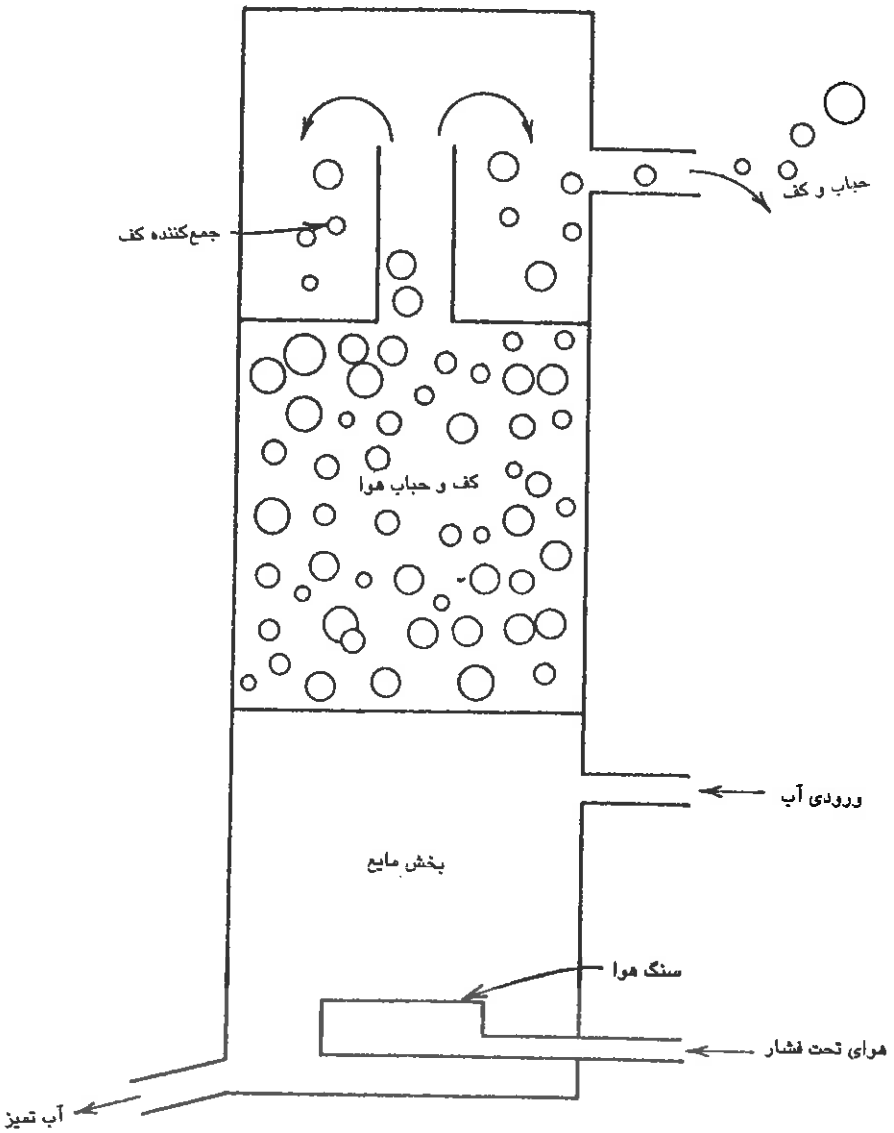
در طراحی فیلترهای مذکور، عواملی از قبیل نسبت هوا به آب، قطر حباب‌های تولید شده هوا، ارتفاع و قطر ستون، ارتفاع و فاصله حرکت حبابهای کف در داخل ستون و

همچنین مدت تماس حبابهای هوا و آب، بایستی همواره مد نظر قرار گیرد (جعفری باری، ۱۳۸۰).

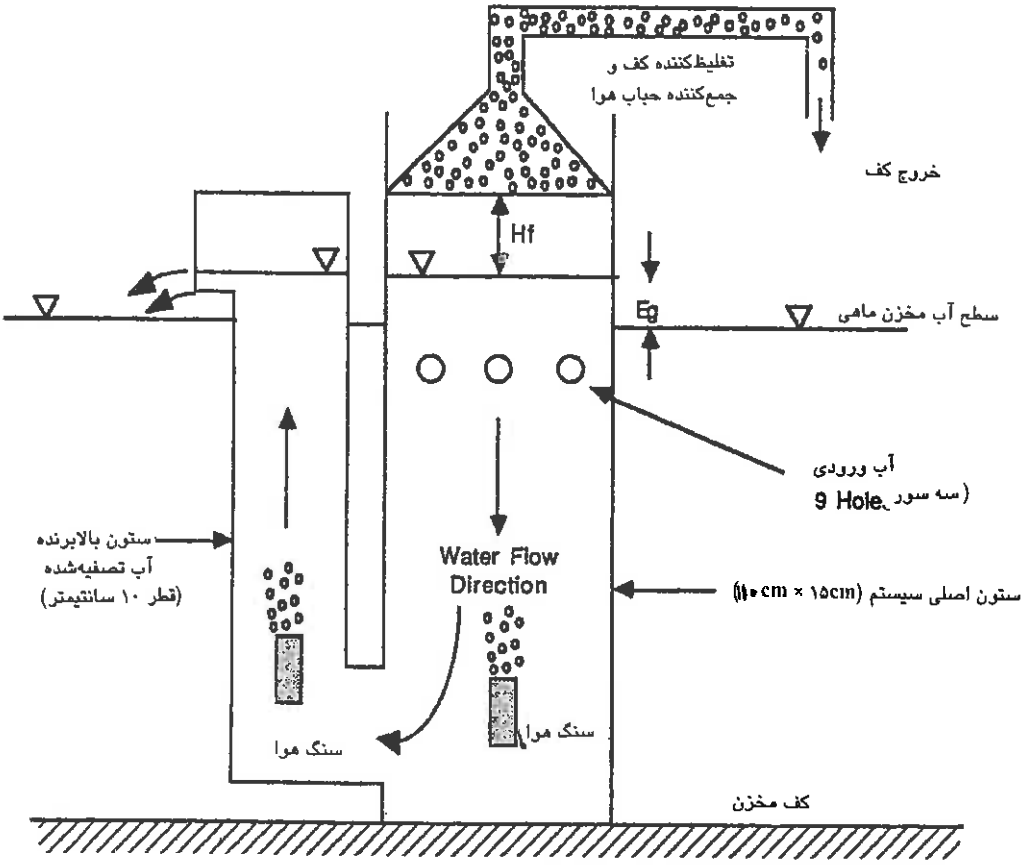
عامل دیگر مؤثر در افزایش بازدهی در این سیستم، میزان pH می‌باشد. با افزایش pH، میزان حذف مواد پروتئینی محلول در آب و ذرات معلق موجود در آن بشدت افزایش می‌یابد. بطوریکه میزان حذف این مواد در pH=۸/۳، تقریباً دو برابر بیشتر از آبی با pH=۵/۳ است (Timmons *et al.*, 2001).

روشهای متعددی در طراحی سیستم‌های حذف ذرات معلق بوسیله حباب هوا وجود دارد. یک از ابتدایی‌ترین روشهای طراحی این سیستم در شکل(۷-۹) نمایش داده شده است. بطوریکه در شکل مشخص است، در این طراحی آب ورودی به فیلتر از ناحیه فوقانی محل تزریق حبابهای هوا وارد ستون شده و از ناحیه بالایی ستون، کف‌های حاصل ذرات ریز معلق در آب را با خود به بیرون از ستون می‌ریزند. اما آب تمیز و تصفیه شده از ناحیه‌ای در زیر محل رهاسازی حبابهای هوا، از ستون خارج می‌گردد.

در شکل ۸-۹ یک طرح با دو لوله با قطر متفاوت نمایش داده شده است. در لوله گشادتر، آب ورودی از طریق سوراخهایی در نزدیکی سطح آب وارد سیستم می‌شود و جریان حبابهای هوا از ناحیه‌ای در نزدیک کف لوله با شدت وارد لوله می‌شود. در این شکل نیز جهت جریان آب داخل ستون لوله بر خلاف جریان حبابها خواهد بود. در لوله باریکتر نیز جریان حباب‌ها تعبیه می‌گردد . جریان هوای تولید شده در ستون اخیر، موجب بجریان انداختن جریان آب تصفیه شده می‌شود. استفاده از پمپ هوای سانتریفوژ به علت تولید حبابهای ریزتر می‌تواند مؤثرتر واقع گردد. بهره‌گیری از طراحی اخیر، بازدهی بهتری نسبت به طرح قبلی دارد (Timmons *et al.*, 2001).



شکل ۷-۹: طرح یک واحد ساده سیستم حذف ذرات معلق بوسیله کف
(اقتباس از Wheaton, 1977)



شکل ۸-۹: طرح یک سیستم حذف ذرات معلق بوسیله کف با دو ستون
(اقتباس از Timmons *et al.*, 2001)

۲-۹ : سیستم‌های حذف ترکیبات آمونیاکی از آب

یکی از مهمترین ترکیبات سمی و دفعی در سیستمهای مدار بسته پرورش آزادماهیان، آمونیاک می‌باشد. امروزه در دنیا، بمنظور حذف و کاهش ترکیبات آمونیاکی در آبزی‌پروری، معمولاً دو روش کلی رایج است. کاربرد روشهای تصفیه زیستی[1] و استفاده از موجودات زنده گوناگون بعنوان مصرف‌کننده آمونیاک و

1-Biological filteration

تبدیل آن به سایر ترکیبات غیر مضر، یکی از اصول و روشهای متداول در این امر محسوب می‌گردد. علاوه بر این روش، بکارگیری برخی مواد و ترکیبات طبیعی و رزین‌های مصنوعی نیز می‌تواند بعنوان یک پایگاه تبادل یونها در حذف ترکیبات نیتروژندار آمونیاکی در آب مفید واقع گردد.

۱-۲-۹: روشهای تصفیه زیستی

استفاده از موجودات زنده مختلف بعنوان هتروتروف‌های[1] ترکیبات نیتروژندار آمونیاکی، می‌تواند یکی از روشهای مؤثر برای کاهش بار آلودگی آمونیاکی در آب کارگاههای مداربسته آزاد ماهیان محسوب گردند. بنابر این، بهره گیری از میکروارگانیسمها رایج‌ترین شیوه محسوب شده و در اغلب کارگاهها به اشکال گوناگونی طراحی و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بیش از ۴۰۰ گونه باکتری متعلق به حداقل پنج جنس ، قادر به اکسید کردن آمونیاک و تبدیل آن به نیتریت هستند. از جمله جنس‌های قابل توجه می‌توان به Nitrosomonas ,Nitrosospira ,Nitrosocystis ,Nitrosogloea ,Nitrosococcus اشاره کرد. در این میان باکتریهای جنس نیتروموناس از اهمیت بیشتری برخوردارند و دو گونه *N. monocella* , *Nitrosomonas europea* از این جنس نقش مهمی در اکسیداسیون آمونیاک دارند. بعلاوه، دو جنس باکتریایی Nitrobacter و Nitrocystis قابلیت مناسبی را برای اکسیداسیون ترکیبات نیتریتی و تبدیل آنها به نیترات‌ها نشان می‌دهند. از دو جنس اخیر، دو گونه *N. agile* و *N. wingradeski* می‌توانند نقش بسزایی داشته باشند (جعفری باری، ۱۳۸۰). پدیده نیتریفیکاسیون[2] به فرآیند اکسیداسیون زیستی آمونیاک و تبدیل آن به نیتریت و نیترات اطلاق می‌گردد. این فرآیند با دخالت باکتریهای مذکور، بطورکلی در دو مرحله ذیل انجام می‌پذیرد:

1- Heterotophes 2-Nitrification

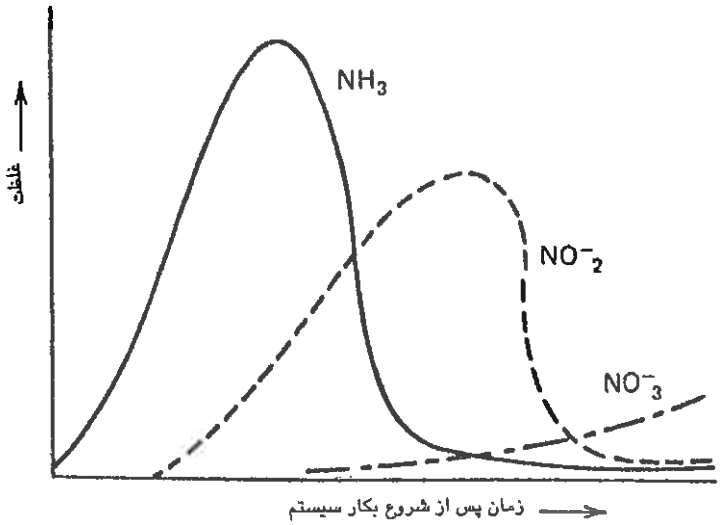
$$NH_4^+ + \frac{3}{2}\ O_2 \xrightarrow{\text{Nitrosomonas}} 2H^+ + NO_2^-$$

$$NO_2^- + \frac{1}{2}\ O_2 \xrightarrow{\text{Nitrobacter}} NO_3^-$$

واکنش نخست، با دخالت باکترهای نیتروزوموناس، اولین مرحله معدنی شدن[1] یعنی تبدیل آمونیاک آلی به نیتریت انجام می‌شود و در واکنش دوم نیتروباکترها، نیتریت را به نیترات تبدیل می‌کند. این واکنش‌ها، فرآیندهایی انرژی خواه می‌باشند. دراین واکنش، نیتروزوموناس‌ها و نیتروباکترها، از اکسیژن بعنوان عنصر گیرنده الکترون استفاده می‌کنند. از اینرو، بایستی در محل فعالیت این باکتریها، اکسیژن بوفور یافت شود تا ادامه فرآیند نیتریفیکاسیون بدرستی انجام پذیرد (فرزانفر، ۱۳۸۰). بنابراین، ۴/۶-۴ کیلوگرم اکسیژن لازم است تا یک کیلوگرم نیتروژن آمونیاکی در فیلترهای بیولوژیک به یک کیلوگرم ترکیب نیتراتی کم ضرر تبدیل گردد (Wheaton, 1977 ; Timmons *et al.*, 2001). نمودار ۱-۹، بیانگر تغییرات و رابطه بین میزان آمونیاک، نیتریت و نیترات طی مراحل راه‌اندازی و شروع به کار یک فیلتر زیستی می‌باشد. در مراحل اولیه نیتریفیکاسیون، معمولاً جمعیت باکتریها بسیار کم می‌باشد. از اینرو، فعالیت‌های متابولیسمی ماهیان در سیستم پرورشی، می‌تواند بسرعت منجر به افزایش میزان آمونیاک در آب گردد.

در این زمان، معمولاً یک وضعیت بحرانی برای ماهیان در سیستم‌های مداربسته بوجود می‌آید، زیرا حتی مقادیر بسیار کم ترکیبات آمونیاکی در آب می‌تواند برای آزاد ماهیان کشنده و سمی باشد. اولین مراحل کاهش غلظت آمونیاک با افزایش جمعیت باکتریهای نیتروزوموناس همراه است که می‌تواند بعنوان عاملی مؤثر در جایگزینی ترکیبات آمونیاکی به نیتریت ها باشد.البته شایان ذکر است که کاهش

1- Mineralation



منحنی ۱-۹ : تغییرات میزان نیتروژن در ترکیبات مختلف طی مراحل اولیه راه‌اندازی یک فیلتر زیستی (اقتباس از:Wheaton, 1977)

سریع غلظت آمونیاک معمولاً علامت و نشانه قابل اطمینانی برای انجام عملیات نیتریفیکاسیون محسوب نمی‌گردد. زیرا دو نوع از باکتریهای نیتریفیکانت در سیستم‌های تصفیه بیولوژیک نقش دارند که متعلق به هر دو گروه باکتریهای هتروتروف[1] و اتوتروف[2] می‌باشند. باکتریهای دسته اول، معمولاً با سرعت بیشتری تکثیر و تولید می‌گردند. از اینرو، اینگونه باکتریها از منابع اکسیژنی آلی استفاده می‌کنند، اما برای انجام فعالیت‌های متابولیک خود نیاز به نیتروژن غیرآلی دارند. این

1-Heterotrophic bacteria 2-Autotrophic bacteria

منبع نیتروژنی در ابتدای راه‌اندازی فیلتر بصورت ترکیب آمونیاکی در سیستم وجود دارد. هنگامیکه میزان کربن آلی در سیستم رو به کاهش می‌رود، رشد باکتریهای هتروتروف متوقف خواهد شد. از اینرو، کاهش میزان آمونیاک در آب می‌تواند در نتیجه حضور گسترده و جمعیت فراوان باکتریهای هتروتروف بوده و هیچ ارتباطی با فرآیند نیتریفیکاسیون نداشته باشد. اما خوشبختانه این رویداد معمولاً پدیده نادری است و افزایش جمعیت نیتروزوموناس‌ها با افزایش غلظت ترکیبات نیتریتی همراه است. وقتی، غلظت نیتریت‌ها از بالاترین حد خود بتدریج کاهش می‌یابد، هنگامی است که نیتروباکترها درآب تثبیت شده و عملیات تبدیل نیتریت به نیترات توسط آنها شروع می‌شود. مرحله بحرانی دیگری معمولاً در فرآیند شروع بکار یک فیلتر زیستی وجود دارد و آن مرحله‌ایست که میزان تولید نیتریت درآب از حد مجاز و قابل تحمل آزادماهیان فراتر رفته و موجب مرگ و میر گردد. لذا چنانچه در خصوص بالا رفتن غلظت نیتریت نیز همانند آمونیاک در مرحله نخست، مراقبت‌های ویژه مبذول گردد، معمولاً هیچگونه مشکلی بوجود نخواهد آمد (Wheaton, 1977). غلظت زیاد نیتریت در یک فیلتر زیستی نشاندهنده فقدان کارایی مناسب فیلتر می‌باشد. سمیت نیتریت به علت تأثیر آن در ظرفیت حمل اکسیژن توسط هموگلوبین خون است. هنگامیکه ترکیب اخیر وارد جریان خون می‌گردد، نیتریت موجب اکسید شدن آهن موجود در مولکول هموگلوبین شده و آنرا از حالت فرو[۱] به فریک[۲] تبدیل می‌نماید. در نتیجه این امر، هموگلوبین به متوموگلوبین[۳] تغییر شکل داده و ظاهری قهوه‌ای رنگ می‌یابد. به این پدیده در اصطلاح بیماری "خون قهوه‌ای"[۴] اطلاق می‌گردد. با افزایش میزان یون کلر در آب و افزودن نسبت یک به بیست نمک طعام یا کلرید کلسیم، می‌توان تا حد زیادی از بروز این بیماری جلوگیری کرد (Timmons *et al.*, 2001).

1-Ferrous 2-Ferric 3-Methemoglobin 4-Brown-blood disease

۱-۱-۲-۹ : انواع فیلترهای زیستی

استفاده از فیلترهای زیستی، مناسب‌ترین راه حل برای حذف نیتروژن آمونیاکی در قسمتهای متراکم پرورش ماهی محسوب می‌گردند. یک فیلتر زیستی هنگامی صد درصد ایده‌آل خواهد بود که بتواند تمامی نیتروژن آمونیاکی محلول در آب را حذف نماید. اما متأسفانه تا کنون هیچکدام از فیلترهای زیستی ساخته شده چنین بازدهی ندارند.

از انواع فیلترهای زیستی می‌توان به: فیلترهای زیستی غوطه‌ور[۱] ، چکه‌ای[۲]، گردشی[۳]، دانه تسبیهی شناور[۴]، دانه تسبیهی متحرک[۵] و فیلترهای زیستی با بستر سیال[۶] (Timmons *et al.*, 2001) اشاره کرد.

۱- فیلترهای زیستی غوطه‌ور

اینگونه فیلترها دارای بستر غوطه‌وری هستند که باکتریهای نیتریفیکانت روی آنها رشد کرده و با عبور آب خروجی مخزن نگهداری ماهی از روی آنها، موجب حذف آمونیاک می‌گردند.

مدت زمان لازم برای حذف آمونیاک بر اساس دبی و میزان جریان ورودی آب به فیلتر تنظیم می‌گردد. بستر مورد استفاده برای فیلترهای اخیر می‌تواند از جنس قطعات سنگی با ابعاد حدود ۵ سانتی‌متر یا از جنس پلاستیک با ابعاد ۲/۵ سانتی‌متر باشد. از مشکلات عمده استفاده از این فیلترها، می‌توان به مواردی از قبیل کمبود اکسیژن محلول در آب، تجمع زیاد ذرات معلق و در نتیجه مشکلات ناشی از زدودن این مواد و شستشوی سیستم اشاره نمود.

بهره‌گیری از فیلترهای اخیر، به علت هزینه‌های زیاد مربوط به تعمیر و نگهداری از طرفداران زیادی برخوردار نمی‌باشد. فیلترهای زیستی غوطه‌ور با بستر در حال

1-Submerged biofilters 2-Rotating biologica contactors(RBC) 3-Trickling biofilters
4-Floating bead biofilters 5-Dynamic bead biofilters 6-Fluidized-bed biofilters

حرکت، نسل جدیدی از فیلترهای غوطه‌ور هستند که حاوی استوانه‌های پلی‌اتیلنی به طول ۷ میلی‌متر و قطر ۱۰ میلی‌متر می‌باشند. این بستر بایستی در محلی قرار داده شود که بخوبی هوادهی می‌گردد. سطح قابل استفاده برای باکتریها در این حالت از دو نوع فیلترغوطه‌ور قبلی بیشتر بوده و مشکلات مربوط به تجمع ذرات معلق و کمبود اکسیژن نیز کمتر رخ می‌دهد. از معایب این فیلتر، ایجاد و حفظ وضعیت لرزش و تحرک در بستر مذکور می‌باشد.

۲- فیلترهای زیستی چکه‌ای

تنها تفاوت فیلترهای چکه‌ای با فیلترهای غوطه‌ور در این است که در فیلترهای اخیر، آب از قسمت فوقانی فیلتر بصورت قطره‌ای، بستر کشت باکتریها را مرطوب می‌سازد و هیچگاه بستر در آب غوطه‌ور نمی‌گردد. از اینرو، قسمت اعظم فضای فیلتر در تماس با هواست، لذا، معمولاً باکتریهای موجود بر سطح فیلتر دچار کمبود اکسیژن نمی‌شوند. سایر مزایای استفاده از این فیلتر، نصب و مدیریت آسان و کم هزینه، هوادهی خودکار سیستم و نیز خارج‌سازی خودکار گازهای محلول در آب بخصوص CO_2 می‌باشد.

در گذشته، بسترهای سنگی بعنوان فیلترهای چکه‌ای مورد استفاده قرار می‌گرفتند، اما امروزه اغلب فیلترهای چکه‌ای پلاستیکی مرسوم است.

۳-فیلترهای زیستی گردشی

اینگونه فیلترها بوسیله گردش یک بستر زیستی قابل چرخش عمل می‌نمایند. بستر مذکور حاوی دیسک‌ها یا حلقه‌هایی است که داخل پساب خروجی دارای حرکت دورانی است و باکتریهای متصل به بستر بطور متناوب در محیط مایع و هوا قرار می‌گیرند. بطور معمول بایستی حدود ۴۰ درصد حجم فیلتر داخل محیط آبی واقع

شده باشد. معمولاً یکی از مهمترین عوامل محدودکننده در انجام نیتریفیکاسیون در این فیلترها، میزان کم نیتریت و آمونیاک می‌باشد و اغلب اکسیژن نقش محدودکنندگی کمتری دارد. از مزایای ویژه فیلترهای RBC، قابلیت پاک‌کنندگی و شستشوی خودکار فیلترهای مذکور است.

۴- فیلترهای دانه تسبیحی شناور

بمنظور حذف ترکیبات آمونیاکی در دبی‌های ورودی کمتر از ۲۰۰۰-۱۰۰۰ لیتر در دقیقه، این نوع فیلترها بکار گرفته می‌شود. نحوهٔ عملکرد فیلترهای دانه تسبیحی، شباهت زیادی به فیلترهای شنی مخصوص حذف ذرات معلق دارد. روی دانه‌های بکار رفته در این فیلترها، باکتریهای مناسب برای عملیات نیتریفیکاسیون رشد می‌نمایند تا شرایط مناسب برای حذف ترکیبات آمونیاکی فراهم گردد. بعلاوه، بسیاری از مواد زائد محلول در آب نیز توسط دانه‌های این فیلتر جذب می‌گردند. اینگونه فیلترها حاوی روکش مقاومت در مقابل بیوفولینگ‌ها[1] بوده و لذا برای شستشوی آنها، میزان آب کمتری مورد نیاز است. معمولاً فیلترهای دانه تسبیحی به کمک جریان ملایم هوای وارد شده از قسمت‌های تحتانی بطور دائم شستشو می‌گردند.

معمولاً دانه‌های بکار رفته در ساختار این فیلترها از جنس پلی‌اتیلن بوده و قطری در حدود ۵-۳ میلی‌متر و وزن مخصوصی در حدود ۰/۹۱ دارند. در بسیاری از اوقات، از فیلترهای مذکور برای جداسازی ذرات معلق نیز استفاده می‌گردد.

1-Anti-biofoulings

۵- فیلترهای زیستی با بستر سیال

فیلترهای اخیر در به طور گسترده در سیستم‌های آبزی‌پروری بزرگ بکار گرفته می‌شوند. از مزایای بسیار مهم استفاده از این فیلترها، سطح مخصوص بسیار وسیعی است که از بکارگیری دانه‌های پلاستیکی یا شنی حاصل می‌گردد. میزان بازدهی اینگونه فیلترها معمولاً ۹۰-۵۰ درصد ارزیابی می‌شود. میزان قابلیت حذف آمونیاک به ازاء هر متر مکعب از این فیلتر طی یک روز ۰/۴-۰/۲ کیلوگرم TAN می‌باشد. از معایب مهم و قابل توجه بکارگیری فیلترهای زیستی، هزینه زیاد عملیات پمپاژ آب و مشکلات فراوان مربوط به اداره سیستم بعلت تجمع مواد معلق و بیوفولینگ‌هاست.

سیال بودن بستر در این نوع فیلتر هنگامی روی می‌دهد که فشار آب کافی برای حرکت مواد تشکیل‌دهنده بستر وجود داشته باشد. حرکت و جابجایی بستر موجب انتقال مناسب‌تر اکسیژن محلول در آب و در نتیجه انجام نیتریفیکاسیون بهینه خواهد بود.

محاسبه میزان شدت جریان آب مورد نیاز برای این فیلترها عملی بسیار مهم و حساس محسوب می‌گردد و ادوات و تجهیزات مخصوصی برای ایجاد فشار آب لازم برای حرکت در بستر مورد نیاز است.

۲-۲-۹ : استفاده از سیستم‌های تبادل یونی برای حذف ترکیبات آمونیاکی

فیلترهای زئولیتی ، آلومینوسیلیکاتهای هیدراته متبلور از فلزات قلیایی و قلیایی خاکی می‌باشند که با درجه‌های مختلف با سایر کاتیونها و مولکولهای آب عمل جانشینی کاتیونی[1] انجام می‌دهند. بطور کلی، خانواده زئولیت‌ها بایستی در برگیرنده فرمول عمومی ذیل باشند:

1-Cation exchange

$M_{\frac{2}{n}}O.\ AL_2O_3.\ XSio_2.\ YH_2O$

در این فرمول :

M= نمایانگر کاتیونهای قلیایی یا قلیایی خاکی

n = عدد اکی‌والانی کاتیونی

X= متفاوت بین ۲ الی ۱۰

Y= متغیر از ۲ الی ۷

زئولیت‌ها براساس ترکیبات تشکیل‌دهنده آنها یعنی میزان ساختارهای کاتیونی (Si : $(AL+Fe^{3+})$ و مقادیر کاتیونهای قابل تبادل (Ca, K, Na) تقسیم‌بندی می‌شوند. از جمله مهمترین انواع زئولیت‌های طبیعی می‌توان به کلینوپتیلولیت[۱]، موردنایت[۲]، هیولندایت[۳]، اریونایت[۴]، چابازایت[۵]، فیلیپسایت[۶]، آنال‌سایم[۷]، لامونتایت[۸]، وایراکایت[۹] و ناترولایت[۱۰] اشاره نمود. کلینوپتیلولیت، از جمله مهمترین این ترکیبات است که دارای خصوصیات منحصر بفردی است و کاربردهای وسیعی در زمینه کشاورزی، آبزی‌پروری، اصلاح خاک، جذب فلزات سنگین، تصفیه فیزیکی و شیمیایی آب، گاز، روغن، نفت، پساب‌های صنعتی، کشاورزی و نیروگاههای اتمی دارد (Hawkins, 1984).

کلینوپتیولیت قابلیت فراوانی برای جذب برخی یونها دارد. انتخاب و جذب یونها توسط این نوع زئولیت به ترتیب عبارت است از:

$K^+ > NH_4^+ > Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}$

1-Clinopilolite 2-Mordenite 3-Heulandite 4-Erionite 5-Chabazite
6-Phillipsite 7-Analcime 8-Laumontite 9- Wairakite 10- Natrolite

چنانچه در معادله فوق مشاهده می‌شود بیشترین میل ترکیب کلینوپتیولیت با یون پتاسیم و کمترین آن با یون منیزیوم است.

از اینرو کلینوپتیولیت در مزارع مداربسته پرورش آبزیان می‌تواند بعنوان عامل جاذب آمونیاک موجب کاهش یا حذف آمونیاک محلول در آب گردد. ظرفیت اشباع شدن زئولیت توسط آمونیاک محلول به سه عامل اندازه مولکولی، کاتیونهای هیدراته و نسبت $\frac{Si}{Al}$ بستگی دارد. میزان قابلیت و قدرت تبادل یون زئولیت‌ها براساس سه عامل مذکور، می‌تواند بین ۲/۲-۱/۲ میلی‌گرم بر گرم محاسبه گردد.

کلینوپتیولیت‌هایی که از ۱۰-۸ حلقه تشکیل شده‌اند یا از واحدهایی به اندازه ۵/۶ آنگستروم بوجود آمده‌اند، برای حذف یون آمونیم ایده‌آل بشمار می‌روند (Celik *et al.*, 2001). بمنظور انجام شستشوی فیلترهای تبادل یونی بخصوص با هسته اصلی کلینوپتیولیت، استفاده از آب نمک غلیظ بهمراه محلول سود توصیه شده است. انجام عملیات شارژ یا احیاء[1] سیستم با استفاده از محلول نمکی NaOH با غلظت ۳۰ گرم در لیتر و ۱/۵ گرم در لیتر محلول NaOH طی ۲۴ ساعت، بخوبی امکان‌پذیر خواهد بود. بعلاوه، پیشنهاد شده که پس از مرحله احیاء برای زدودن نمک اضافه، آنرا با آب شستشو داده و سپس در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک نمود (Celik *et al.*, 2001 ; Jorgensen & Weatherley, 2003).

۳-۹ : سیستم گندزدایی

میکروارگانیسمهای بیماریزا از جمله عوامل مشکل‌زایی هستند که معمولاً در اشکال گوناگون در قالب انگل، باکتری، قارچ و ویروس در کارگاههای پرورش آبزیان ظاهر می‌گردند.

1-Regeneration

به علت خطر جدی استفاده از برخی مواد شیمیایی نظیر کلر برای آبزیان، بهره‌گیری از ابزارآلات و تجهیزات مخصوص ضدعفونی آب، مناسب‌ترین شیوه برای کاهش بار میکروبهای بیماریزا محسوب می‌شود که ازن (O_3) و اشعه ماوراء بنفش (UV)، در زمره بهترین گزینه‌ها قرار دارند.

۱-۳-۹: اشعه ماوراء بنفش (UV)[1]

اشعه طبیعی یا مصنوعی ماوراءبنفش با طول موج بین ۴۰۰-۱۹۰ نانومتر، می‌تواند بطور مستقیم یا غیر مستقیم موجب تخریب و تغییر در ساختار اسیدهای نوکلئیک میکرواراگانیسم‌ها گردد. اشعه ماوراءبنفش دارای انرژی در حدود ۹۵ کیلوکالری بر مول‌فوتون بوده و قادر به شکستن پیوندهای کووالانسی بین دو اتم کربن در اسیدهای نوکلئیک می‌باشد (برای شکستن این پیوند حدود ۸۳ کیلو کالری بر مول انرژی لازم است).

استفاده از امواج با طول موج پایین به علت انرژی بیشتر آنها می‌باشد و می‌توان انرژی امواج نوری را براساس رابطه پلانک محاسبه نمود (Wheaton, 1977; Timmons *et al.*, 2001; فرزانفر، ۱۳۸۰): 6.62×10

$$E = h_\rho \frac{c}{\lambda}$$

در این رابطه:

E= انرژی یک ذره کوانتم

h_p = ثابت پلانک (6.62×10^{-27} Erg)

C = سرعت نور (سانتی متر/ ثانیه 3×10^{10})

λ = طول موج طیف نوری (سانتی‌متر)

1- Ultra violet

امواج ماوراءبنفش در طول موج ۲۶۰۰ آنگستروم، معمولاً بیشترین اثر کشندگی را بر باکتریها، قارچها، ویروسها و سایر میکروارگانیسمهای کوچک دارند. در این طول موج، آب حداکثر قابلیت نفوذ و حداقل میزان جذب را دارد. شایان ذکر است که به منظور از بین بردن گونه‌های مختلف میکروارگانیسمها، بایستی اشعه ماوراءبنفش با سطح انرژیهای گوناگون مورد استفاده گردد (جدول۱-۹).

جدول ۱-۹: انرژی اشعه ماوراءبنفش در سطوح مختلف برای از بین بردن میکروارگانیسمها (فرزانفر، ۱۳۸۰)

میکروارگانیسم	UV انرژی($\mu W\ S/cm^2$)
• اسپورهای کپک	
Penicillium roqueforti	۲۶۴۰۰
Aspergillus	۳۳۰۰۰۰
• مخمرها	
Brewer's Yeast	۶۶۰۰
Baker's Yeast	۸۸۰۰
Common yeast cake	۱۳۲۰۰
• باکتریها	
Streptococcus hemolytics	۵۵۰۰
Staphylococcus aureus	۶۶۰۰
Escherichia coli	۷۰۰۰
Proteus vulgaris	۷۵۰۰
Bacillus subsitilis	۱۱۰۰۰
Bacillus subsitilis spores	۲۲۰۰۰
• ویروس	
Bacteriophage (E.Coli)	۶۶۰۰
Influenza Virus	۳۴۰۰
• تخم نماتودها	۴۰۰۰۰

لامپ‌های بکار گرفته در این سیستم‌ها، با برانگیختن اتمهای بخار جیوه، اشعه ماوراءبنفش تولید می‌نمایند. نور ساطع شده بر اساس انرژی آزاد شده هنگام برانگیخته شدن اتمهای جیوه و برگشت به سطح انرژی اولیه بوجود می‌آید. لامپهای ماوراءبنفش در سه گروه لامپ‌های کاتدی گرم، کاتدی سرد و لامپهای پر تراکم قرار می‌گیرند. لامپ‌های خانواده کاتدی گرم، با ولتاژ کم کار می‌کنند که حاوی گاز آرگون

بوده و الکترود آن نیز از جنس فلز تنگستن می‌باشد. روی این الکترود، پوششی از جنس اکسید کلسیم، باریم یا استرانیسم قرار می‌گیرد. این لامپ‌ها در دمای پایین محیط بخوبی عمل نکرده و بازده پایینی دارند. لامپ‌های دسته دوم نیز دارای قدرت تابشی مشابه نوع قبل بوده اما مشکلات خاص خود را نیز دارند. برای روشن کردن لامپ‌های اخیر، ولتاژ بسیار بالایی مورد نیاز است. اما در طول مدت استفاده در دمای پایین محیط، مشکلی از نظر بازدهی برای لامپ‌ها بوجود نمی‌آید و نیازی به گرم کردن اولیه ندارند. این لامپ‌ها مجهز به الکترودنیکلی هستند و حاوی گازهای آرگون و نئون به انضمام بخار جیوه می‌باشند. لامپ‌های پر تراکم، ترکیبی از دو لامپ دسته اول و دوم بوده، به کمک ولتاژ بالا روشن می‌شوند و پس از روشن شدن لامپ‌های کاتدی سرد، بوسیله لامپ‌های کاتدی گرم کار می‌کنند. برخی از مشخصات سه نوع لامپ مذکور در جدول ۲-۹ **خلاصه شده است (فرزانفر، ۱۳۸۰؛ Wheaton,1977).**

جدول ۲-۹: مشخصات لامپ‌های مخصوص عملیات گندزدایی (Wheaton, 1977)

نوع	کاتد گرم	کاتد سرد	پرتراکم
وات مجاز	۳۰	۱۷	۳۹
طول کلی(cm)	۷۶/۲	۸۸/۳	۷۶/۲
قطر لامپ (cm)	۲/۵۴	۱/۶	۱/۹
ولتاژ عملیاتی	۱۰۳-۱۰۸	۴۱۰	۱۳۰
شدت جریان عملیاتی (آمپر)	۰/۳۴	۰/۰۵	۰/۴۲
عمرمفید (ساعت)	۷۵۰۰	۱۷۵۰۰	۷۵۰۰
میزان شدت UV تولید شده در یک متر از لامپ ($\mu W\ S/cm^2$)	۷۲-۸۰	۴۶	۱۲۰
بازده UV (وات مربوط به طول موج ۲۳۳۷ آنگستروم)	۷/۲-۸/۴	۵/۲	۱۳/۸

۲-۳-۹ : ازن (O_3)

استفاده از ازن بصورت گسترده از سال ۱۸۹۳ در شهر "نیس" فرانسه بمنظور عملیات گندزدایی آب شرب شروع شد. ازن مولکولی متشکل از سه اتم اکسیژن می‌باشد که در حالت برانگیخته بصورت مولکول O_3 در آمده است. جهت برانگیختن اتم اکسیژن، O_2 خالص را تحت شرایط خاصی از یک میدان مغناطیسی با ولتاژ بالا عبور داده، سپس بمنظور تولید مولکول O_3 ، گاز اکسیژن یا هوای معمولی را ازمیان اتمهای برانگیخته عبور می‌دهند (فرزانفر، ۱۳۸۰).

به علت واکنش سریع ضد میکروبی، تولید اکسیژن در آب و همچنین کم خطر بودن، استفاده از این ماده در آبزی‌پروری بسیار مرسوم شده است. بعلاوه، ازن بعنوان اکسیدکننده، یک ماده ضد باکتری و ویروس‌کش قوی کاربرد فراوانی دارد. تزریق ازن در آب می‌تواند از طریق تشکیل ذرات قابل ته‌نشینی به افزایش میزان کیفیت آب کمک نماید. بهره‌گیری از ازن در آبزی‌پروری همواره نیاز به یک تولیدکننده ازن و یک واحد انتقال‌دهنده ازن به آب دارد (Timmons *et al.*, 2001)[۱].

۱- جهت اطلاعات بیشتر درخصوص تولید واحدهای تولیدکننده و انتقال دهند به کتاب Recirculating aquaculture systems نوشته آقای Timmons و همکاران (سال ۲۰۰۱) رجوع نمایید.

منابع

- افشار مازندران، ن.، ۱۳۸۱، راهنمای عملی تغذیه و نهادهای غـذایی و دارویـی آبزیان در ایران. انتشارات نوربخش. ۲۱٦ص.
- اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۷۹. مبانی مدیریت کیفی آب در آبزی پروری. مؤسـسه تحقیقات شیلات ایران، ص۲٦۲.
- بحری، ا. ه.، ۱۳۷۷. بررسی استفاده از رنگدانه های طبیعی(به منظور تغییر رنگ عضله) در جیره غای ماهی قزل آلای رنگین کمان، پایان نامه کارشناسی ارشـد. گروه شیلات و محیط زیست دانشگاه منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۱۱۵ص.
- بشارت، ا.، امین نظافتی،م.، ۱۳۷۱. جزوه آموزشی دوره تکمیلی پرورش ماهیان سردآبی معاونت تکثیر و پرورش آبزیان. اداره کل آموزش و ترویج. ۱۰٦ص.
- جعفری باری، م.،۱۳۸۰ .ترجمه اصول مهندسـی آبزیـان Fundamentals of aquacultural engineering by: Lawson, Thomas معاونت تکثیر و پرورش آبزیان- اداره کلی آموزش و ترویج.
- علیزاده، م.، دادگر، ش.، ۱۳۸۰، مدیریت تغذیه در پرورش متراکم آبزیان. نوشته استفن گدارد. معاونت تکثیر و پـرورش آبزیـان، اداره کـل آمـوزش و تـرویج، ۱۹۰ص.
- عمادی، ح.، ۱۳٦۰، ترجمه راهنمای تکثیر و پـرورش مـاهی قـزل آلا و مـاهی آزاد، نوشته ارل لیت ریتز. مؤسسه فنی پرورش ماهی. ۲۱۲ص.
- فرزانفر، ع.، ۱۳۷۲. نقش کیفیت آب در پرورش ماهی قزل آلا، ماهنامه آبزیـان، شماره ۱۰، صفحات ۱٦-۲۰.

- فرزانفر، ع.، ۱۳۷۲. بررسی تولید و پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان در ایران. پایان نامه کارشناسی شیلات. دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان.
- فرزانفر، ع.، ۱۳۸۰. روشهای نوین در پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان. مؤسسه تحقیقات شیلات ایران. ۱۰٦ ص.
- متین فر، ع.، دادگر، ش.، ۱۳۷۹. غذا و تغذیه ماهی و میگو. نوشته مایکل نیو. مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، ۳٤۰ص.
- مخیر، ب. ۱۳٦۷. بیماریهای ماهیان پرورشی. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ۳٦۹ص.
- مهرابی، ی.، ۱۳۸۱. بیهوشی و روش عمل تکثیر دو بار در سال ماهی قزل آلای رنگین کمان. مؤسسه سعیدی. ۱۰۰ص.
- نادری جلودار، م.، عبدلی، ۱.، ۱۳۸۳. اطلس ماهیان حوزه جنوبی دریای خزر(آبهای ایران). موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۸۰ص.
- وثوقی ، غ.، احمدی . م.، ۱۳٦۵. ترجمه ماهی و ماهیگیری، نوشته ردتیمار ریدل. مرکز نشر دانشگاهی، تهران. ۲۹۱ ص.
- وثوقی، غ.، مستجیر، ب.، ۱۳۷۱. ماهیان آب شیرین، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ۳۱۷ص.
- هدایت، م. شیری، ا.، آرین نژاد، غ.، مصطفایی، م. ر.، یوسفیان، م.، ۱۳۷۹. راهنمای متقاضیان سرمایه گذاری در آبزی پروری (جلد اول- تکثیر و پرورش ماهی). معاونت تکثیر و پرورش آبزیان. شرکت سهامی شیلات ایران. ۸۱ص.

- Bone, Q., Marshal, N.B., Blaxter, J. H.S., 1995. Biology of fishes. Blakie Academic and professional. 332p.

- Celik, M. S., Ozdemir, B., Turan, M., Koyunca, I., Atesok, G., H. Z. Sarikaya, 2001. Removal of ammonia by natural clay minerals using fixed and fluidized bed column reactors. Water science and technology. 1:81-88.

- Dhami, P. S., Dhami, J.K., Chordated zoology. G.S. Sharma publisher. India. P. 327-379.

- Fishstat plus (Version 2.3), 2004. Statistical report software for fisheries data. FAO.

- Hawkins, D. B., 1984. Occurance and availability of natural zeolites in : Zeo- agriculture, use of natural zeolites in agriculture an aquaculture, by Pond, W. G & Mumpton, F. A. Westview Pres. 296 P.

- Hemre, G. I., Sanden, M., Bakke- Mckellep, A. M., Sagstad, A., Krognahl, A. 2005. Growth feed utilization and health of Atlantic salmon, *salmo solar L.* Fed genetically modified compared to non- modified commercial hybrid soyabean. Aquaculture nutrion. 11: 157-167.

- Heen, K., Monahan, R.L., Utter, F., 1993. salmon aquaculture. Fishing News books. 278p.

- Johnson, G. B., 2001. Biology, Principles & Explorations. Holt, Rinehart and Winston.

- Jorgensen, T. C. , Weatherley, L. R., 2003. Continous ion exchange removal of ammonium ion onto clinoptilolite in the presence of contaminants. Paper #246. Dept. of chemical & Process engineering. University of conterbury, New Zealand.

- Lovell, R.T., Youngcho, C. B., dabrowski, K., Hughed, S. Lall, S., Murai, T., Wilson, R. P., 1992. Nutrient requirement of fish. National Academic press. 114 pp.

- Lovell, T. 1989. Nutrition and feeding of fish. Van Nostrand Reinhold. New york, USA. 260pp.

- Moknsness, E., Kjorsvik, e., Olsen, Y., 2003. culture of cold- water marine fish. Blackwell publishing. 528p.

- Pennell, W., Barton, B.A., 1996. Princiles of salmonid culture. Elsevier. Netherlans. 1039p.

- Sedgwick, S. D., 1990. Trout farming handbook. Fishing news books. England. 208p.

- Shepherd, J. Bromage, N., 1992. Intensive fish farming. Oxford Blackwell scientific publications. 404p.

- Soleim, Ø., 1980. Salmon and trout farming. Privately printed. Slatthaugveien 36, 5222 Nesttun, Norway. 74p.

- Stickney, R. R., 1991. Culture of salmonid fishes. CRC Press., 189pp.

- Timmons, M. B., Ebeling, J. M., Wheaton, F. W., Summerfelt, S. T., Vinci, B. J., 2001. Recirculating aquaculture systems. NRAC

- Wheaton, F. W., 1977. Aquaculture engineering. A Wley- Intersciences publication. 708p.

- Whilloughby, S., 1999. Salmonid farming. Fishing news books. 329p.

واژه‌نامه

Acute,۳۵	مزمن
Algal meals, ۶۱	پودر های جلبکی
Anadromous , ۲۵	ماهیان رودرو
Analcime, ۱۶۶	آنال سایم
Antioxidant, ۶۶	آنتی اکسیدانت
Anti-biofoulings ,۱۶۴	بیوفولینگ ها
Aquaculture,۳	پرورش آبزیان
Ascorbic acid, ۱۰۴	ویتامین (C)
Astaxanthin, ۱۵,۸۷	آستاگزانتین
Astericus, ۲۶	آستریکاس
Athkin, ۱۱۲	آتکین
Atium, ۱۶	بطن
Autotrophic bacteria, ۱۶۰	باکتریهای اتوتروف
Baffling, ۱۴۷	دیواره آرام کننده
Bald Spots, ۴۹	لکه های طاسی
Biological filteration, ۱۵۷	روشهای تصفیه زیستی
Bio-protein, ۶۱	پروتئین های زیستی
Bohr- Root, ۴۳	بور- روت
Boece, H., ۳	هکتور بوس
Brown-blood disease, ۱۶۱	بیماری خونِ قهوه ای
Bulbus arteriosus, ۱۶	پیازشریانی
Canibalism, ۸۹	همنوع خواری

کانتاگزانتین	**Canthaxanthin, ۱۶, ۸۷**
کاروتنوئیـدی	**Carotenoid, ۸۷**
عمل جانشینی کاتیونی مولکولهای آب	**Cation exchange, ۱۶۵**
ماهی آزادچار	**Charr, ۳,۱۴**
چابازایت	**Chabazite, ۱۶۶**
کلرلا	**Chlorella, ۶۱**
کروماتوگرافی	**Chromatography, ۱۴**
حد حاد	**Chronic, ۳۵**
غذاده های تقاضایی	**Demand Feeders, ۸**
مغز رابط	**Diencephalon, ۲۳**
فیلترهای دانه تسبیهی متحرک	**Dynamic bead biofilters, ۱۶۲**
اسید ایکوزاپنتانوئیک	**Eicosa Pentaenoic Acid, ۶۴**
معیار سختی آب در کشور انگلستان	**English hardness, ۴۵**
اپی تالاموس	**Epithalamus, ۲۳**
پوست زیرین	**Epithelium, ۲۴**
اریونایت	**Erionite, ۱۶۶**
اردک ماهیان	**Esocidae, ۴**
مرحله چشم زدگی تخم	**Eyed stage, ۳۵**
تخم چشم زده	**Eyed egg, ۹۴**
نسبت تبدیل غذا به گوشت	**Feed Conversion Ratio (FCR) , ۸۵, ۸۶**
آهن فریک	**Ferric, ۱۶۱**
آهن فرو	**Ferrous, ۱۶۱**

Fish pump, ۹۰	پمپ ویژه انتقال ماهی بهمراه آب
Floating bead biofilters, ۱۶۲	فیلترهای زیستی گردشی
Floating pen culture , ۴	سیستم‌های شناور
Fluidized-bed biofilters, ۱۶۲	فیلترهای زیستی با بستر سیال
France hardness, ۴۵	معیار سختی آب در کشور فرانسه
Fuster- Lucus, ۱۴۲	فاستر-لوکاس
Gill rakers, ۱۹	خار آبششی
Grower, ۵۸	غذای رشد
Haemopoieti،۲۲	هموپیوتیک
Hatcheries, ۱۱۰	تفریخگاهها
Hatching, ۱۰۴	درصد تفریخ
Health, ۱۱۲	انکوباتور ایستاده با جریان عمودی
Hydrophobic, ۲۹	مواد آبگریز
dH Deutsch haertegrad , ۴۵	معیار سختی آب در کشور آلمان
Hypophisis, ۲۴	هیپوفیز
Hypophisis stem, ۲۴	ساقه هیپوتالاموس
Hypothalamus , ۲۳	هیپوتالاموس
Iridophores, ۱۴	ایریدوفورها
Labyrinth, ۲۶	لابیرنت
Lappila, ۲۶	لاپیلا
Laumontite, ۱۶۶	لامونتایت
Limnaocren, ۴۹	چشمه های حوضچه ای
Linoleic acid, ۶۲	اسید لینولئیک

Lipophobic, ۲۹	چربی گریز
Marinil, ۹۵	ماری نیل
Melanophores, ۱۴	ملانوفورها
Mesencephalon, ۲۳	مغز میانی
Mesonephric , ۲۱	کلیه میانی
Metencephalon, ۲۳	مغز کوچک(مخچه)
Methemoglobin, ۱۶۱	متوموگلوبین
Methano trophic bacteria, ۶۱	باکتریهای گروه متانوتروف
Metomidate, ۹۵	متومیدیت
Mineralation, ۱۵۹	مرحله معدنی شدن
Montana, ۱۱۲	مونتانا
Mordenite, ۱۶۶	موردنایت
Movey, ۴	مووی
Myelencephalon, ۲۳	مغز پشتی (بصل النخاع)
Natrolite, ۱۶۶	ناترولایت
Nitrification, ۱۵۸	نیتریفیکاسیون
Olfactory lobes, ۲۳	لب بویایی
Oligochaete, ۶۲	کرمهای خاکی اولیگوکیت
Oncorhynchus, ۳،	انکورینچوس
Oncorhynchus mykiss, ۲۸	قزل آلای رنگین کمان
Otolith, ۲۶	سنگریزه های شنوایی
Osmeridae, ۴	نازک فلس ماهیان
Ovary, ۲۸	تخمدان

Oviduct, ۲۸	مجرای تخم بر
Ovulation, ۱۰۲	فرآیند تخم ریزی
Parr, ۱۴	پار
Pars corticals, ۱۶	پارس کورتیکالز
Pars spongiosa, ۱۶	پارس اسپونجیوزا
Pathogens , ۲۲	عوامل بیماریزا
Phospholipids, ۶۵	فسفولیپیدها
Phytic Acid, ۶۰	اسید فیتیک
Pigmentation, ۱۰۴	رنگدانه سازی
Phillipsite, ۱۶۶	فیلیپسایت
Pliny, ۳	پلینی
Polikilotherm, ۳۲	موجودات خونسرد
Potamodromous, ۸	ماهیان رودرو
Production, ۵۸	پرواربندی یا بازاری
Pseudobranch, ۱۹	شبه آبشش
Pyloric, ۲۰	ضمائم پیلوریک
Raceways, ۱۳۷	کانالهای داز
RAS: Recalculating aquaculture systems,۱۴۵	سیستم مدار بسته پرورش آبزیان
Receptors, ۲۹	گیرنده
Reflective, ۴۴	حرکات انعکاسی
Regeneration, ۱۶۷	عملیات شارژ یا احیاء
Rheocren, ۴۹	چشمه های سقوطی
Rotating biologica contactors(RBC), ۱۶۲	فیلترهای زیستی چکه ای

ساجیتا	**Sagitta,** ۲۶
سالمو	**Salmo,** ۴،۳
ماهی آزاد اقیانوس اطلس	***Salmo salar L.,*** ۶۰،۱۰۳
ماهی آزاد دریای خزر	***Salmo trutta caspius,*** ۲۸
ماهی آزاد	**Salmon,** ۳
راسته آزادماهی شکلان	**Salmoniforms,** ۴
آزادماهیان	**Salmonidae,** ۴
سالموتیموس	**Salmothymus,** ۴
سالولینوس	**Salvelinus,** ۳،۴
اسیدهای چرب اشباع	**Saturated fatty acids,** ۶۲
سیندسموس	**Scenedosmus,** ۶۱
سینوس وریدی	**Sinus,** ۱۶
مجرای اسپرم بر	**Sperm duct,** ۲۸
اسفنگومیلین	**Sphingomyelins,** ۶۵
اسپیرولا	**Spirula,** ۶۱
غذای آغازین	**Starter,** ۵۸
استنودوس	**Stenodus,** ۴
استروئید	**Steroids,** ۶۵
فیلترهای زیستی غوطه ور	**Submerged biofilters,** ۱۶۲
نیتروژن آمونیاکی کل	**TAN,** ۳۹
کل ذرات معلق موجود در آب	**TSS: Total suspended solids**
مغز قدامی	**Telencephalon,** ۲۳
بیضه ها	**Testis,** ۲۸

Thalamus, ۲۳	تالاموس
Thymalidae, ۴	بلندباله ماهیان
Trickling biofilters, ۱۶۲	فیلترهای زیستی چکه ای
Tricaine Methanesulfonate, ۶۵	تری کائین متان سولفات
Troughs, ۱۱۰	تراف ها
Trout, ۳	قزل‌آلا
Ultra violet, ۱۶۸	اشعه ماوراء بنفش
University of Aberdeen, ۳	نشگاه آبردین
Umberidae, ۴	سگ ماهیان
Unsaturated fatty acids, ۶۲	اسیدهای چرب غیر اشباع
Urinary duct, ۲۸	کیسه مثانه
Urogenital Aperture, ۲۸	سینوس ادراری
Ventricel, ۱۶	دهلیز
Wairakite, ۱۶۶	وایراکایت
Waxes, ۶۵	موم ها
Xanthophores, ۱۴	گزانتوفورها
Yolk sac, ۱۲۱	کیسه زده
Zeolite, ۹۳	زئولیت
α- Tocopherol, ۶۶	آلفا توکوفرول

SALMONOID AQUACULTURE

By : Ali Farzanfar