

## اثرات کمبود اکسیژن محلول در آب بر سلامت فیل ماهی (*Huso huso*) پرورشی

فروزان باقرزاده لاکانی\*

انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران. صندوق پستی: ۳۴۶۴-۴۱۶۳۵

### چکیده

اکسیژن مانند دما، عامل مؤثری بر نرخ متابولیسم ماهیان است. اکسیژن ناکافی نرخ متابولیسمی را کاهش می‌دهد و آن را مختل می‌کند و در نتیجه باعث مرگ ناشی از خفگی می‌شود. کمبود اکسیژن محلول در آب یا هیپوکسی پدیده‌ای است که در محیط‌های آبی رخ می‌دهد و در حالت کلی یک سیستم آبی با غلظت اکسیژن کم بین ۱ الی ۳۰ درصد اشباع هیپوکسی نامیده می‌شود. هیپوکسی حتی برای مدت کوتاه می‌تواند برای ماهیان مضر یا کشنده باشد. هیپوکسی (۲-۳ میلی‌گرم در لیتر) در پرورش فیل ماهی پرورشی با میانگین وزن  $280/9 \pm 49/2$  گرم و  $1217/9 \pm 138/1$  کیلوگرم، در یک دوره دو ماهه سبب بروز آسیب بافتی در آبشش و طحال و تغییر در شاخص‌های فیزیولوژیک گردید و ماهی‌ها شرایط عمومی طبیعی نداشته، شنای کندتری داشتند و تمایل به مصرف غذا نشان نمی‌دادند. کاهش تمایل به مصرف غذا در فیل ماهیان به دلیل تلاش ماهی‌ها جهت استفاده بهینه از اکسیژن بوده است که کاهش رشد را نیز به دنبال دارد و این امر در نهایت سبب ضعف عمومی ماهی‌ها شده و ماهی مستعد ابتلا به بیماری‌ها می‌گردد. اگرچه فیل ماهی با حداقل مقدار اکسیژن ۲-۳ میلی‌گرم در لیتر می‌تواند در آب زنده بماند، اما نه تنها فاقد رشد خواهد بود، بلکه از وزن آن نیز کاسته شده و با توجه به طولانی بودن دوره پرورش فیل ماهی این امر سبب ضرر اقتصادی پرورش دهندگان ماهیان خاویاری خواهد شد. لذا با توجه به این که هیپوکسی اثر نامطلوبی بر سلامت فیل ماهیان پرورشی دارد، پرورش این ماهیان با اکسیژن بالا (۹-۱۰ میلی‌گرم در لیتر) توصیه می‌گردد.

واژگان کلیدی: فیل ماهی، هیپوکسی، آبشش، طحال، فیزیولوژی.

<sup>۱</sup> نویسنده مسئول: [\\*F.Bagherzadeh.I@areeo.ac.ir](mailto:F.Bagherzadeh.I@areeo.ac.ir)

**بیان مسأله****مقدمه**

اکسیژن محلول مهمترین پارامتر کیفی آب در آبی‌پروری است و تولید موفق ماهی به مدیریت خوب اکسیژن بستگی دارد. غلظت‌های اکسیژن محلول بسیار پایین منجر به اثرات نامطلوب جدی بر سلامتی ماهی می‌شود که می‌توان به بی-اشتهایی، استرس تنفسی، کمبود اکسیژن بافتی، بی‌قراری و در نهایت مرگ اشاره کرد (مشائی، ۱۳۷۹). زمانی که اکسیژن محلول به وضعیت اشباع نزدیکتر باشد، سلامتی و شرایط فیزیولوژیک، بهترین خواهد بود و زمانی که اکسیژن محلول کمتر از این مقدار باشد، ممکن است با افزایش استرس، کاهش فعالیت شنا و کاهش مصونیت در برابر بیماری‌ها، رشد ماهیان به شدت کاهش یابد. همچنین تنفس و فعالیت تغذیه‌ای نیز کاهش می‌یابد. میزان اکسیژن پایین‌تر از یک حد بحرانی سبب کاهش مصرف غذا در ماهیان می‌گردد. زمانی که میزان اکسیژن محلول پایین است، ماهی نمی‌تواند غذای مصرفی را جذب کند. بنابراین، کاهش اکسیژن محلول در دسترس فاکتور اصلی برای تعیین مصرف غذا است و کمبود اکسیژن محلول در آب سبب کاهش رشد ماهیان نیز می‌گردد. نکته قابل توجه این است که با کاهش نرخ رشد، امکان بروز بیماری افزایش می‌یابد (Mallya, 2007).

**تعریف هیپوکسی**

هیپوکسی پدیده‌ای است که در محیط‌های آبی رخ می‌دهد و در حالت کلی یک سیستم آبی با غلظت اکسیژن کم بین ۱ الی ۳۰ درصد اشباع هیپوکسی نامیده می‌شود. اکثر ماهیان نمی‌توانند در محیط با اکسیژن کمتر از ۳۰ درصد اشباع زندگی کنند. از سوی دیگر، هیپوکسی عموماً به عنوان اکسیژن محلول کمتر از  $2/8 \text{ mg O}_2/\text{L}$  (مساوی  $\text{mL O}_2/\text{L}$  یا  $91/4 \text{ mM}$ ) نیز بیان می‌گردد (Diaz and Rosenberg, )

(1995). کمبود اکسیژن یا هیپوکسی حتی برای مدت کوتاه می‌تواند برای ماهیان مضر یا کشنده باشد.

**اثرات هیپوکسی بر عملکرد تولید مثل و رشد ماهیان**  
هیپوکسی تأثیر عمیقی بر تولیدمثل و رشد ماهی دارد. شواهد آزمایشگاهی و میدانی نشان داد که هیپوکسی می‌تواند با مهار رشد بیضه‌ها و تخمدان‌ها، تأثیر بر تولید و کیفیت اسپرم و تخمک، کاهش لقاح و موفقیت تخم‌ریزی، و تأثیر بر زنده ماندن لاروها و همچنین کیفیت و تناسب اندام بچه ماهیان، باعث اختلالات عمده تولیدمثلی شود. عملکرد تولیدمثلی و درون‌ریز به شکل ویژه‌ای نسبت به تداخل ناشی از مواجهه با هیپوکسی آسیب‌پذیرند. هیپوکسی برهم زنده درون‌ریز است و می‌تواند سطوح هورمون‌های جنسی تستوسترون و استرادیول را کاهش دهد. اختلال‌های مربوط به هورمون‌های جنسی تکوین گنادها را در ماهیان نر و ماده به تعویق انداخته و به کاهش تحرک اسپرم، کاهش موفقیت لقاح، کاهش نرخ تفریح و کاهش بقای لاروی منجر می‌شود. هیپوکسی این فرآیندهای تولید مثلی کلیدی را از طریق کاهش کلی متابولیسم و عملکردهای تولید مثلی مختل نمی‌کند، اما این کار را با تأثیر بر هورمون‌های خاص، انتقال دهنده‌های عصبی، و گیرنده‌ها در امتداد محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-گناد و همچنین آنزیم‌های خاص انجام می‌دهد. هیپوکسی یک عامل آسیب‌زا است و می‌تواند ناهنجاری‌ها را در طول تکوین جنینی افزایش دهد. هیپوکسی می‌تواند تکوین جنینی را نیز با تأخیر مواجه سازد و تعادل تستوسترون و استرادیول را در مراحل بسیار آغازین تکوین دچار آشفتگی کند که بر این اساس تکوین جنسی متعاقب آن نیز ممکن است تحت تأثیر قرار گیرد (Wu et al., 2004).

## نقش اکسیژن محلول در آب بر عملکرد فیزیولوژیک ماهیان خاویاری

میزان اکسیژن محلول نخستین شاخص کیفیت آب برای ماهیان پرورشی است. اکسیژن به صورت غیرفعال از اتمسفر به درون آب انتشار می‌یابد. حداکثر میزان اکسیژن حل شده بستگی به متغیرهایی مانند دما، شوری و ارتفاع دارد. ماهی اکسیژن را از آب به وسیله انتشار فعال و از طریق آبشش‌ها جذب می‌کند. غلظت مناسب اکسیژن محلول در آب برای تسهیل انتشار غیرفعال از آب به خون لازم است. اگر غلظت اکسیژن محلول پایین‌تر از نیاز ماهی باشد، ماهی نمی‌تواند به طور کارآمدی انرژی را به شکل قابل استفاده تبدیل کند و سبب کاهش میزان رشد، ضریب تبدیل غذایی و توانایی شناکردن می‌شود. میزان تهویه آبشش با کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش می‌یابد و ماهی دچار بلعیدن هوا می‌شود. هنگامی که اکسیژن محلول به حد کشنده برسد، ابتدا اثراتی مانند بی‌اشتهایی، اختلال‌های تنفسی و هیپوکسی بافتی اتفاق می‌افتد و سبب بیهوشی و سپس مرگ می‌شود (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۸). در این راستا، مطالعات گوناگونی در خصوص اثر اکسیژن محلول بر گونه‌های مختلف ماهیان خاویاری صورت گرفته است که از جمله می‌توان به جذب اکسیژن و انتقال آن طی مواجهه با هیپوکسی، اثر هیپوکسی بر متابولیسم ماهی خاویاری، واکنش‌های تنفسی به هیپوکسی محیطی، اثرات تنفسی و گردش خون در استرس هیپوکسی، نرخ مصرف اکسیژن و اثر هیپوکسی بر آپوپتوز سیستم عصبی مرکزی اشاره کرد.

## معرفی دستاورد یا راهکار

اثر کمبود اکسیژن محلول در آب بر شاخص‌های خونی

فیل ماهی پرورشی

## اثر اکسیژن محلول در آب بر روند تکوین و میزان تخم-گشایی ماهیان خاویاری

اکسیژن مانند دما، عامل مؤثری بر نرخ متابولیسم ماهیان است. اکسیژن ناکافی نرخ متابولیسم را کاهش می‌دهد و آن را مختل می‌کند و در نتیجه باعث مرگ ناشی از خفگی می‌شود. حساسیت به کمبود اکسیژن برای همه گونه‌های ماهیان شایع است. البته به درجات مختلف به نوع گونه، مراحل تکاملی (تخم‌های لقاح یافته، لارو و ماهیان بالغ) و فرآیندهای زندگی ماهیان (تغذیه، دوره رشد، دوره تولید مثل) بستگی دارد (طاهری میرقائد و ابراهیم‌زاده، ۱۳۹۶). هیپوکسی در بسیاری از گونه‌های ماهی رشد و تکامل جنین را به تأخیر می‌اندازد و جنین‌ها در برخی گونه‌ها ممکن است تحت آنوکسی دچار توقف کامل رشد شوند. جنین‌های ماهی که تحت هیپوکسی رشد کرده‌اند، ساختار طبیعی خود را از دست داده‌اند و معمولاً ناهنجاری‌هایی در رشد ستون فقرات و عروق آن‌ها مشاهده می‌شود. در ماهیان خاویاری نیز در تاسماهی بالتیکی (*Acipenser sturio*) اشباعیت اکسیژن آب (۳۰، ۵۰ یا ۹۰ درصد) بر نرخ بقای جنینی اثر نداشت. اما نرخ تخم‌گشایی زیاد جنین‌ها (نزدیک به ۸۰ درصد) فقط در سطح اشباعیت ۹۰ درصد حاصل شد. در حالی که، شرایط کمبود اکسیژن نرخ تخم‌گشایی را به طور مؤثر متوقف کرد (Delage et al., 2014). نتایج مطالعات آزمایشگاهی و میدانی نشان داد که درصد بالاتری از ناهنجاری در ماهیان که تحت شرایط هیپوکسیک ایجاد می‌شود، احتمالاً از طریق تغییر آپوپتوز طبیعی آن‌ها بوده است. مطالعات *in vitro* و *in vivo* نشان دادند که سطح بیان ژن‌های خاص به طور مستقیم یا غیرمستقیم با چرخه سلولی، تکثیر سلولی و آپوپتوز مرتبط است که این امر زیربنای برخی از فرآیندهای اساسی مربوط به رشد بوده و تحت تأثیر هیپوکسی قرار می‌گیرد.

افزایش همزمان هماتوکریت، هموگلوبین و تعداد گلبول قرمز در ماهیان نشان دهنده آزاد شدن گلبول قرمز از اندام‌های ذخیره می‌باشد. بنابراین، با توجه به افزایش تعداد گلبول‌های قرمز، هماتوکریت و هموگلوبین در فیل ماهیان پرورشی، به نظر می‌رسد که فیل ماهی نیز برای مواجهه با شرایط هیپوکسی از آزاد کردن گلبول قرمز از اندام‌های ذخیره استفاده می‌کند.

### اثرات کمبود اکسیژن محلول بر ساختار بافت آبشش

#### فیل ماهی پرورشی

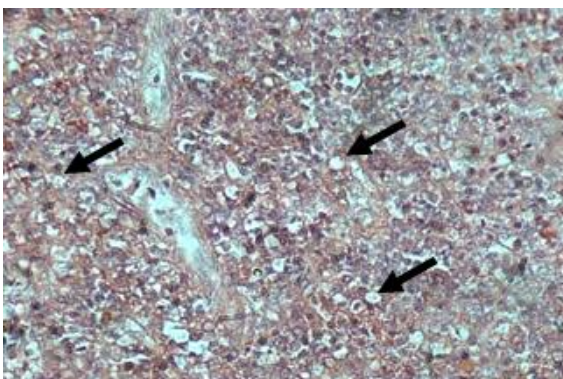
آبشش ماهی‌ها سطح وسیعی داشته و عملکردهای مختلفی دارد که شامل تنفس، تنظیمات اسمزی، دفع مواد زاید نیترژن‌دار و تعادل اسید و باز می‌باشد به همین دلیل سلامت آبشش ماهیان به عنوان شاخص کارآمدی از کیفیت آب در نظر گرفته می‌شود. در فیل ماهیان پرورشی پس از دو ماه مواجهه با شرایط هیپوکسی، در هر دو گروه وزنی ساختار بافت آبشش دچار آسیب‌های مختلف شد (Bagherzadeh Lakani *et al.*, 2013) (شکل‌های ۱ و ۲) که نشان دهنده اثر منفی کمبود اکسیژن بر ساختار این بافت می‌باشد.

کیفیت و کمیت شاخص‌های خونی می‌تواند شاخص خوبی برای تشخیص و تعیین سلامت و یا بیماری‌های ماهیان باشد. بنابراین، استفاده از شاخص‌های خون‌شناسی قادر است اطلاعات گسترده‌ای در مورد واکنش‌های فیزیولوژیک ماهی در مقابله با تغییرات محیط خارجی، نظیر بروز استرس و انواع بیماری‌ها در اختیار محققین قرار دهد. هیپوکسی یکی از شاخص‌های مهم استرس در ماهیان است که منجر به تغییر شاخص‌های خونی بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی می‌شود. ماهیانی که در شرایط اکسیژن پایین زندگی می‌کنند، ممکن است هموگلوبین و تعداد بیشتری گلبول قرمز در خونشان داشته، و بنابراین ظرفیت خون بالاتری برای حمل اکسیژن داشته باشند و در بسیاری از ماهیان در پاسخ به هیپوکسی، گلبول قرمز برای حفظ pH درون سلولی متورم می‌شود. افزایش هماتوکریت و میزان هموگلوبین ماهیان مختلف، علل مختلف داشته و از پاسخ‌های ابتدایی ماهیان است و در واقع به آن‌ها این امکان را می‌دهد که از اکسیژن موجود در محیط حداکثر استفاده را داشته باشند. گمان می‌رود که افزایش هماتوکریت طی استرس در نتیجه بروز کاهش حجم پلاسما، تورم گلبول‌های قرمز و یا آزاد شدن تعداد بیشتری گلبول قرمز از بافت‌های خون‌ساز به خون رخ دهد. تغییر هر یک از فاکتورهای فوق منجر به تغییر هماتوکریت شده و تنها تغییر در حجم پلاسما و آزاد شدن تعداد بیشتری گلبول قرمز قادر به تغییر غلظت هموگلوبین خون است. افزایش هماتوکریت اگر با افزایش هموگلوبین همراه نباشد و تنها با افزایش MCV همراه باشد، ناشی از تورم گلبول قرمز است. در فیل ماهی پرورشی با وزن ۲۵۰-۳۰۰ گرم و ۱/۲-۱ کیلوگرم در یک دوره پرورش دو ماهه با میزان اکسیژن ۲-۳ میلی‌گرم در لیتر، تعداد گلبول‌های قرمز، MCV، میزان هماتوکریت و هموگلوبین افزایش یافته و میزان MCHC و MCH کاهش یافت (باقرزاده لاکانی و همکاران، ۱۳۹۴).

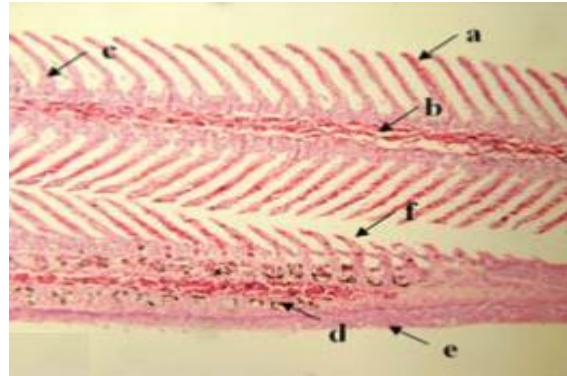
### اثرات کمبود اکسیژن محلول بر ساختار بافت طحال فیل -

#### ماهی پرورشی

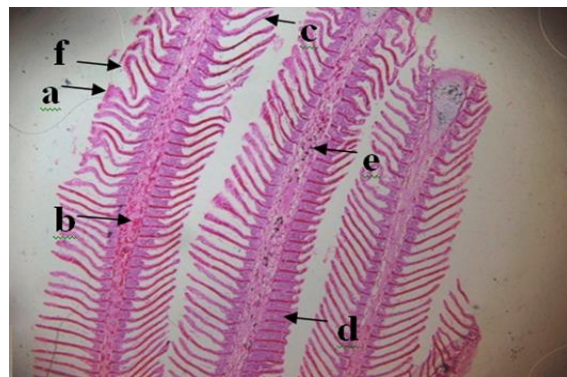
ساختار میکروسکوپی طحال متشکل از دو بخش مشخص پالپ سفید و پالپ قرمز می‌باشد. پالپ قرمز خونساز (تولیدکننده گلبول قرمز) و پالپ سفید، لنف‌ساز است. طحال تعدادی از گلبول‌های قرمز بالغ را در خود به صورت پایدار نگهداری می‌کند تا در خلال دوره‌های بروز استرس یا فعالیت‌های فیزیکی گسترده به داخل گردش خون آزاد شوند. زمانی که ماهی کمتر فعالیت دارد، تعداد گلبول قرمز در خون محیطی کم و سلول‌های خونی ذخیره‌ای در طحال بسیار زیاد هستند. اما در شرایطی که ماهی در حال فعالیت و یا استرس می‌باشد، تعداد گلبول‌های قرمز خون زیاد شده، طحال نازک می‌گردد که به علت آزاد شدن سلول‌های خونی به داخل رگ‌ها می‌باشد. در فیل ماهی پرورشی پس از ۸ هفته پرورش دو گروه وزنی ۲۵۰-۳۰۰ گرم و ۱-۱/۲ کیلوگرم هر دو گروه وزنی پرخونی نشان دادند و در گروه وزنی پایین وجود استحال سلولی و واکوئوله شدن سیتوپلاسم سلول‌ها و در گروه وزنی بالا قسمت غنی از گلبول قرمز مشاهده شد (شکل‌های ۳ و ۴) (باقرزاده لاکانی و همکاران، ۱۳۹۵).



شکل ۳- وجود استحال سلولی و واکوئوله شدن سیتوپلاسم سلول‌ها در بافت طحال فیل ماهی ۲۵۰-۳۰۰ گرمی پس از دو ماه پرورش در شرایط هیپوکسی (H&E, 750X).



شکل ۱- اثر هیپوکسی بر ساختار بافت آبشش در گروه وزنی ۲۵۰-۳۰۰ گرم. پرخونی شدید در تیغه‌های ثانویه (a) - خونریزی (b) - هیپرپلازی (c) - افزایش رنگدانه‌های ملانین در رشته‌های اولیه آبشش (d) - از بین رفتن تیغه‌های ثانویه (e) - کوتاه شدن تیغه‌های ثانویه (f) (H&E, 750X).



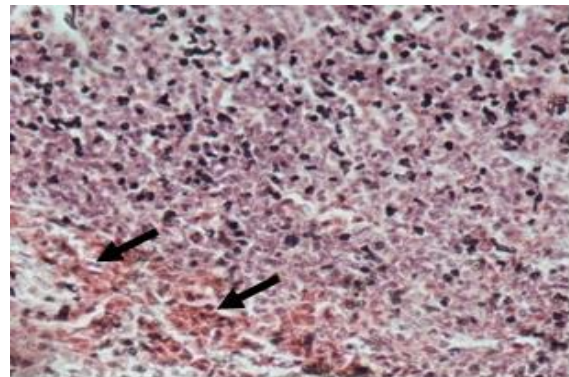
شکل ۲- اثر هیپوکسی بر ساختار بافت آبشش در گروه وزنی ۱-۱/۲ کیلوگرم. هیپرپلازی رأسی تیغه‌های ثانویه (a) - خونریزی (b) ادم در غشای پایه تیغه‌های ثانویه (c) - هیپرپلازی و ازدیاد سلولی همراه با ضخیم شدن اپیتلیوم رشته‌های اولیه آبشش (d) - افزایش رنگدانه‌های ملانین در رشته‌های اولیه (e) - خمیدگی تیغه‌های ثانویه (f) (H&E, 750X).

خاویاری، با افزایش میزان اکسیژن محلول در بازه ۱۰-۹ میلی گرم در لیتر که میزان غذای دریافتی ماهی افزایش، اما ضریب تبدیل غذایی کاهش می یابد، با میزان غذای کمتر ماهیانی با وزن بالاتر تولید کنند. در فیل ماهی پرورشی با میانگین وزن  $280/9 \pm 49/2$  گرم و  $1217/9 \pm 138/1$  کیلوگرم پس از یک دوره پرورش دو ماهه وزن نهایی ماهیان پرورش یافته در بازه ۱۰-۹ میلی گرم در لیتر درصد افزایش وزن بدن ماهیان به ترتیب دو و چهار برابر افزایش یافت. همچنین اختلاف قابل توجهی در وزن نهایی و سلامت ماهیان ایجاد شده و فیل ماهیان شنای فعال تر، رنگ شفاف تر و کیفیت عضله بهتر، میزان جذب غذا، نرخ رشد ویژه و وزن بالاتری داشتند. این نتیجه در بلند مدت اثرات اقتصادی چشمگیری برای پرورش دهندگان فیل ماهی خواهد داشت. لذا با توجه به این که هیپوکسی اثر نامطلوبی بر فیل ماهیان پرورشی دارد، پرورش این ماهیان با اکسیژن بالا (۱۰-۹ میلی گرم در لیتر) توصیه می گردد.

#### منابع

باقرزاده لاکانی، ف.، ستاری، م.، شریف پور، ع.، کاظمی، ر.، حلاجیان، ع.، ۱۳۹۵. آسیب شناسی اثرات سطوح مختلف اکسیژن بر بافت طحال در دو گروه وزنی فیل ماهی (*Huso huso*). نشریه علمی پژوهشی مجله توسعه آبی پروری، ۲: ۳۰-۲۱.

باقرزاده لاکانی، ف.، ستاری، م.، کاظمی، ر.، یزدانی ساداتی، م. ع.، پوردهقانی، م.، عشوری، ق.، ۱۳۹۴. اثرات هیپوکسی، نورموکسی و هیپراکسی بر فاکتورهای هماتولوژی و پارامترهای بیوشیمیایی خون در دو گروه وزنی از فیل ماهی (*Huso huso*) پرورشی. نشریه علمی پژوهشی اقیانوس شناسی، ۲۲: ۶۸-۵۹.



شکل ۴- قسمت غنی از گلبول قرمز در بافت طحال فیل ماهی ۱-۱/۲ کیلوگرمی پس از دو ماه پرورش در شرایط هیپوکسی (H&E, 750X).

#### توصیه ترویجی (جمع بندی)

زمانی که اکسیژن محلول در آب پایین تر از حد بهینه فیل - ماهیان پرورشی باشد، اثرات فیزیولوژیک منفی متعددی در این ماهیان بروز می کند که تغییرات در شاخص های خونی و آسیب به بافت های آبشش و طحال به تفصیل اشاره گردید. این تغییرات حتی سبب تغییرات رفتارشناسی در این ماهیان می گردد که در آزمایشات مشهود بوده، و در شرایط کمبود اکسیژن به دلیل تغییرات رخ داده و آسیب های مورد اشاره، ماهی ها شرایط عمومی طبیعی نداشته، شنای کندتری داشتند و تمایل به مصرف غذا نشان نمی دادند. کاهش تمایل به مصرف غذا در فیل ماهیان به دلیل تلاش ماهی ها جهت کاهش متابولیسم (به دلیل کمبود اکسیژن) بوده است که کاهش رشد را نیز به دنبال دارد و این امر در نهایت سبب ضعف عمومی ماهی ها شده و ماهی مستعد ابتلا به بیماری ها می گردد. اگرچه فیل ماهی با حداقل مقدار اکسیژن ۲-۳ میلی گرم در لیتر می تواند زنده بماند، اما نه تنها فاقد رشد خواهد بود، بلکه از وزن آن نیز کاسته شده و با توجه به طولانی بودن دوره پرورش فیل ماهی این امر سبب ضرر اقتصادی آبی پروران ماهیان خاویاری خواهد شد. بنابراین، پیشنهاد می گردد پرورش دهندگان ماهیان

International Symposium Chongqing, China October 12-14, pp. 75.

سلطانی، م.، میرزرگر، س.س.، نعمت الهی، م.ع.، صیدگر، م.، ۱۳۹۸. سلامت ماهیان. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۵۲ ص.

طاهری میرقائد، ع.، ابراهیم زاده، س. م.، ۱۳۹۶. بیماری-های ماهیان، راهبردهای پیشگیری و کنترل. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۷۸ ص.

عبد... مشایی، م.، ۱۳۷۹. فیزیولوژی ماهی در سیستم‌های پرورش متراکم (ترجمه). معاونت تکثیر و پرورش آبزیان- اداره کل آموزش و ترویج. ۳۰۲ ص.

Bagherzadeh Lakani, F., Sattari, M., Sharifpour, I., Kazemi, R., 2013. Effect of Hypoxia, Normoxia and Hyperoxia conditions on gill histopathology in two weight groups of Great Sturgeon (*Huso huso*)- Caspian Journal of Environmental Sciences (CJES) 11, 77-84.

Delage, N., Cachot, J., Rochard, E., Fraty, R., Jatteau, P., 2014. Hypoxia tolerance of European sturgeon (*Acipenser sturio* L., 1758) young stages at two temperatures. Journal of Applied Ichthyology 6, 1-8.

Diaz, R.J. and Rosenberg, R., 1995. Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. Oceanogr. Marine Biology 33, 245-303.

Mallya, Y.J., 2007. The effects of dissolved oxygen on fish growth in aquaculture, UNU-Fisheries Training Programme. Final Project, pp: 75-92.

Rudolf, Wu., Eva Shang, and Zhou, BS., 2004. Endocrine disrupting and teratogenic effects of hypoxia on fish, and their ecological implications.

**Effects of water soluble oxygen deficiency on beluga (*Huso huso*) health***Forouzan Bagherzadeh Lakani*<sup>1\*</sup>

International Sturgeon Research Institute, Fisheries Science Research Institute, Agricultural Education and Extension Research Organization, Rasht, Iran. PO Box: 3464-41635

\*Corresponding author email: F.Bagherzadeh.l@areeo.ac.ir

**Abstract**

Oxygen, like temperature, is an important factor in the metabolic rate of fish. Insufficient oxygen lowers and disrupts the metabolic rate, resulting in death from suffocation. Hypoxia is a phenomenon that occurs in aqueous environments and is generally called a hypoxic water system with a low oxygen concentration between 1 and 30% saturation. Hypoxia can be harmful or deadly to fish, even for a short time. Hypoxia (2-3 mg/l) in farmed beluga with an average weight of  $280.9 \pm 49.2$  g and  $1217.9 \pm 138.1$  g, in a period of two months caused tissue damage in the gills and spleen and changes in physiological indices and the fish did not have normal general conditions, swam more slowly and showed no desire to intake food. The decrease in feed intake in beluga is due to the fish's efforts to make optimal use of oxygen, which also leads to reduced growth, and this ultimately causes the general weakness of the fish and makes the fish susceptible to disease. Although beluga can survive with a minimum of 2-3 mg/l of oxygen, not only they do not grow but they also lose weight, which will lead to aquatic economic loss due to the long beluga culture period. Therefore, due to the fact that hypoxia has an adverse effect on the health of beluga, it is recommended to breed these fish with high oxygen (9-10 mg / l).

**Keywords:** Beluga, Hypoxia, Gill, Spleen, Physiology.