

بررسی تاثیر آستازانتین بر افزایش تولید و رسیدگی جنسی در صنعت پرورش ماهیان خاویاری

میر حامد سید حسنی*، ایوب یوسفی جوردهی^۱، محمود محسنی^۱، تورج سهرابی^۱، هوشنگ یگانه^۱، فاطمه فداکار ماسوله^۱

۱- انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران، صندوق پستی: ۳۴۶۴-۴۱۶۳۵

چکیده

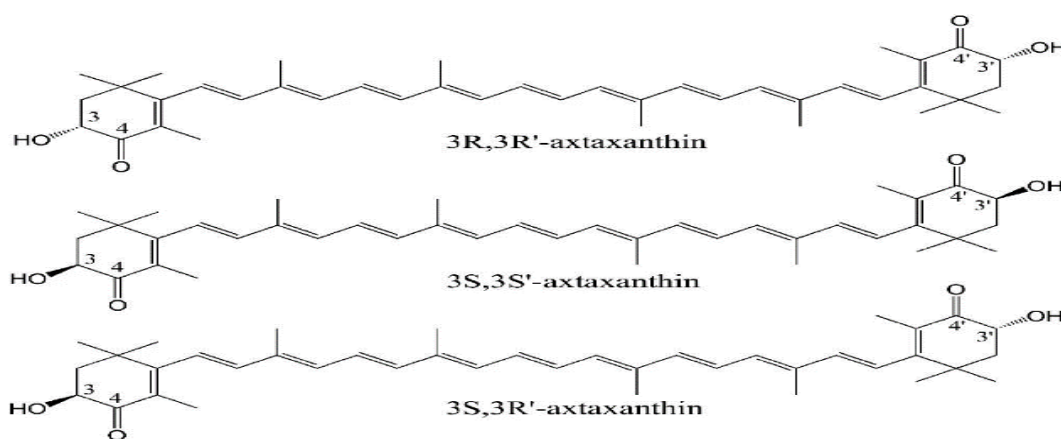
آستازانتین یک رنگدانه طبیعی با خواص آنتی اکسیدانی بسیار قوی است. مطالعات نشان داده است که مصرف آستازانتین موجب بهبود سیستم ایمنی اختصاصی و غیراختصاصی آبزبان شده و شاخص های ایمنی نظیر فاگوسیتوز و لیزوزیم افزایش و ظرفیت آنتی اکسیدانی بهبود می یابد. اما مهم ترین نقش آستازانتین در تولید مثل آبزبان است. این مکمل بر هورمون های جنسی مانند ۱۷ بتا-استرادیول و ۱۱ کتوتستوسترون تاثیر مثبت دارد که در فرآیند تولیدمثل و سنتز هورمون های استروئیدی مؤثرند. در این مقاله به اهمیت آستازانتین به عنوان یک محرک رشد، تقویت کننده سیستم ایمنی و کاهش دهنده مدت زمان رسیدگی جنسی ماهیان خاویاری پرداخته شده و دستورالعمل های کاربردی برای افزودن آن در تغذیه مولدین ماهیان خاویاری ارائه خواهد شد.

کلمات کلیدی: آستازانتین، رسیدگی جنسی، رشد، سیستم ایمنی، استروئیدهای جنسی، ماهیان خاویاری

* نویسنده مسئول: mirhamedhassani@yahoo.com

بیان مسئله

آستازانتین که گاهی به نام‌های آستاگزانتین یا آستازانتین نیز شناخته می‌شود، یک رنگدانه طبیعی از گروه کاروتنوئیدها است که رنگ قرمز-نارنجی دارد. این ترکیب شیمیایی به طور خاص به نام ۳،۳-دی هیدروکسی-۴،۴-دی کتونیل- β ، β' -کاروتن شناخته می‌شود و فرمول مولکولی آن $C_{40}H_{52}O_4$ است. آستازانتین در شرایط فشار ۱۰۰ کیلوپاسکال، نقطه ذوب ۲۱۶ درجه سانتی‌گراد و نقطه جوش ۷۷۴ درجه سانتی‌گراد دارد.

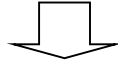


شکل ۱: ساختار شیمیایی آستازانتین و ایزومرهای آن (Lim et al., 2017)

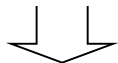
آستازانتین به دو شکل طبیعی و مصنوعی وجود دارد. آستازانتین در شکل طبیعی در باکتری‌ها، مخمر قرمز (*Phaffia rhodozyma*)، ریزجلبک‌ها (*Haematococcus pluvialis*)، کلرلا ولگاریس (*Chlorella vulgaris*)، کلرلا زوفینگینسیس (*Chlorella zofingiensis*) و کلروکوکوم اسپ (*Chlorococcum sp*) و زئوپلانکتون‌های آبی که از جلبک‌های دریایی (غنی از بتاکاروتن، فووکوزانتین و دیاتوکسانتین) تغذیه می‌کنند، وجود دارد. اما آستازانتین مصنوعی از طریق فرایندهای شیمیایی یا بیولوژیکی با استفاده از منابع میکروبی طبیعی مانند مخمر قرمز (*Xanthophyllomyces dendrorhous*) که قبلاً *Phaffia rhodozyma* نامیده می‌شد و ریزجلبک (*Haematococcus pluvialis*) تولید می‌شود (Harith et al., 2020).

شمایى از نحوه توليد آستازانتين

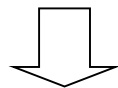
كشت جلبك: ابتدا جلبك‌هاى هماتوكوكوس پلووياليس در شرايط بهينه رشد داده مى‌شوند. اين مرحله شامل تأمین نور، دما، مواد مغذی و CO₂ مورد نیاز برای رشد جلبك است.



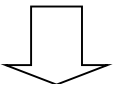
تحريك توليد آستازانتين: تحت شرايط تنش محيطى (مانند کاهش نيتروژن، افزايش شدت نور يا استفاده از عوامل استرس‌زا)، جلبك شروع به توليد آستازانتين مى‌كند



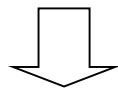
برداشت جلبك: پس از رسيدن جلبك‌ها به غلظت مناسب آستازانتين، آن‌ها از محيط كشت جداسازى مى‌شوند



خشك كردن: برای حفظ کیفیت و ماندگاری بیشتر، جلبك‌هاى برداشت‌شده خشك مى‌شوند



استخراج آستازانتين: از روش‌هاى مانند استخراج با حلال، استخراج فوق بحرانی CO₂ يا استفاده از امواج مافوق صوت برای جداسازى آستازانتين از سلول‌هاى جلبك استفاده مى‌شود



خالص‌سازى و فرآورى: در اين مرحله، تركيب استخراج‌شده خالص‌سازى شده و برای مصارف صنعتى آماده‌سازى مى‌شود (Ambati et al., 2014)

فواید آستازانتين در آبزى پرورى

- ظرفيت آنتى‌اكسيدانى، ايمنى و مقاومت در برابر بيمارى‌ها:

- افزايش استرس اكسيداتيوى و بيمارى‌هاى عفونى در آبزى پرورى متراكم به‌ويژه در مراحل اوليه توليد، يك نقطه ضعف اساسى يا تهديد اصلى است كه تأثير قابل توجهى بر توليدات آبزى پرورى در جهان دارد. شرايط نامساعد محيطى (تغيير دما، هيپوكسى)، آلودگى آب، تغذيه نامناسب، كمبود آنتى‌اكسيدان‌ها نظير ويتامين E، C و سلنيوم، توليدمثل و افزايش ترشح هورمون‌هاى جنسى، عفونت‌ها و بيمارى‌ها و بروز استرس‌هاى فزيكى موجب ايجاد و افزايش استرس اكسيداتيوى در آبزىان مى‌شود آستازانتين به‌دليل غيراشباع بودن و پتانسيل اكسيداتيوى فوق‌العاده بالای آن يك آنتى‌اكسيدان قوى است. اين تركيب ۱۰۰ برابر بيشتر از

- رنگ ماهى: رنگ ماهى عيارى مهم است كه مصرف كنندگان برای ارزىابى وضعيت سلامت، ارزش غذايى، درجه تازگى و طعم ماهى و سخت پوستان پرورشى آن را مورد توجه قرار مى‌دهند. آستازانتين يك كاروتنوئيد با ارزش است كه مسئول رنگ صورتى مایل به قرمز در باله‌ها، پوست، ماهيچه‌ها و غدد جنسى در ماهيان و سخت پوستان پرورشى است.

- رشد ماهى: يکى از تاثيرات مثبت اين ماده افزايش رشد آبزىان پرورشى از طريق تاثير بر افزايش هضم و جذب اجزای غذايى و استفاده بهينه از مواد مغذى جيره است.

می‌گردد. این تغییرات در نهایت به بلوغ نهایی تخمدان کمک می‌کند (Abdel-Ghani *et al.*, 2019).

انواع فرم فیزیکی آستازانتین جهت تغذیه آبزیان

- پودر آستازانتین برای خوراک پودری آبزیان که معمولاً با درجات غذایی یا خوراکی برای ماهی‌ها و سخت‌پوستان عرضه می‌شود.
- روغن آستازانتین به خوراک مایع یا قالب‌های روغنی اضافه می‌شود.
- کپسول یا بیوپودرهای ترکیبی که برای کاربری‌های خاص، به عنوان مکمل غذایی در فرمول‌های غذایی آبزیان مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- امولسیون‌ها و پودرهای امولوسیونی که برای بهبود توزیع یکنواخت در خوراک‌های آبی و خشک مورد استفاده می‌شوند.

توکوفرول (ویتامین E) و بتاکاروتن توانایی مقابله با رادیکال‌های آزاد را دارد. تجویز آستازانتین مصنوعی در ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های غذایی حاوی آستازانتین موجب بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، کاهش استرس و مقاومت در مقابل بیماری‌های عفونی می‌شود.

- مطالعات روی ماهیان پاکو (*Piaractus mesopotamicus*) و کفشک زیتونی (*Paralichthys olivaceus*) نشان داد که درمان با داروهای گیاهی حاوی آستازانتین باعث افزایش فعالیت لایزوزیم سرم می‌شود و به بهبود سیستم‌های دفاعی بدن در برابر پاتوژن‌ها کمک می‌کند. و پاسخ‌های ایمنی بدن را در سه سطح ایمنی ذاتی، سلولی و هومورال تقویت کند (Elbahnaswy and Elshopakey, 2024).

- آستازانتین، یک کاروتنوئید طبیعی با خواص آنتی‌اکسیدانی قوی، اثرات قابل توجهی بر رشد و بلوغ جنسی ماهیان دارد. این مطالعات نشان داده‌اند که آستازانتین می‌تواند با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش آسیب‌های سلولی، محیط مناسبی برای رشد غدد جنسی فراهم آورد. علاوه بر این، اثرات آنتی‌اکسیدانی آستازانتین به تقویت سیستم ایمنی کمک می‌کند که در نهایت به حفظ سلامت عمومی و عملکرد غدد جنسی در ماهیان منجر می‌شود (Elbahnaswy & Elshopakey, 2024). آستازانتین موجب کاهش میزان ژن‌های مرتبط با گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و کاتپسین B در تخمک شده، ترشح استروژن و پروژسترون را افزایش داده و باعث فعال شدن ژن ER α

که قادر به تغییر بیان ژن‌ها و تنظیم فعالیت‌های سلولی است. این پروسه‌ها می‌تواند باعث تنظیم فرایندهایی مانند رشد غدد جنسی، بلوغ تخمدان‌ها، تولید تخمک و دیگر فرایندهای مرتبط با باروری شوند. در نتیجه، ژن ER α نقش بسیار مهمی در تنظیم پاسخ‌های ایمنی، هورمونی و فیزیولوژیکی بدن، به ویژه در فرایندهای مرتبط با باروری و بلوغ جنسی ایفا می‌کند.

۲- ژن ER α (Estrogen Receptor Alpha) یک ژن است که پروتئین گیرنده استروژن آلفا را کد می‌کند. این پروتئین یک گیرنده هورمونی است که در بسیاری از بافت‌ها و سلول‌ها، از جمله غدد جنسی (تخمدان‌ها و بیضه‌ها)، مغز و بافت‌های دیگر، وجود دارد. نقش اصلی ER α در پاسخ به هورمون استروژن است که در تنظیم بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی بدن، به ویژه در رشد، بلوغ جنسی و تنظیم فرایندهای تکثیر سلولی و تمایز نقش دارد. هنگامی که استروژن به گیرنده ER α متصل می‌شود، این گیرنده به صورت یک کمپلکس فعال می‌شود

مزاياء و محدوديت‌هاى فرمهاى آستازانتين در خوراك آبزبان (EFSA, 2014)

فرم	مزاياء	محدوديت‌ها
پودر آستازانتين	آسان براى تركيب با خوراك پودرى ماهى‌ها و سخت‌پوستان. امكان استفاده در فرمول‌هاى مختلف خوراك به راحتى	نياز به دقت بالا در توزيع يكنواخت در خوراك. پايدارى محدود در برابر رطوبت و حرارت
روغن آستازانتين	قابليت جذب بالا در بدن ماهى‌ها و سخت‌پوستان. مناسب براى استفاده در خوراك‌هاى مايع يا قالب‌هاى روغنى	مشكلات در حمل و نقل و نگهدارى به دليل حساسيت به نور و حرارت. ممكن است در خوراك‌هاى خشك و پودرى مشكل توزيع يكنواخت ايجاد كند
كپسول يا بيوپودرهاى تركيبى	مناسب براى استفاده در مكمل‌هاى غذايى مخصوص ماهيان يا سخت‌پوستان با نيازهاى خاص دقت بالا در دوزدهى و امكان كنترل مصرف	هزينه بالاتر نسبت به فرم‌هاى ديگر نياز به مصرف دقيق كه ممكن است در برخى شرايط دشوار باشد
امولسيون‌ها و پودرهاى امولسيونى	بهبود توزيع يكنواخت آستازانتين در خوراك‌هاى آبى و خشك افزايش جذب و كارايى استفاده از آستازانتين	نياز به فرآيندهاى خاص براى توليد و نگهدارى. حساسيت به شرايط نگهدارى و پايدارى كم در برابر نور و حرارت

آستازانتين توليد شده توسط شركت‌هاى مختلف در شكل‌ها و فرم‌هاى مختلفى عرضه مى‌شود كه بسته به نوع كاربرد، تفاوت‌هاى دارند. اين محصولات معمولاً در اشكال زير توليد مى‌شوند:

۱- Cyanotech (آمرىكا): يكى از توليدكنندگان شناخته شده آستازانتين طبيعى است كه اين كاروتنوئيد را از جلبك *Haematococcus pluvialis* استخراج مى‌كند؛ محصولات اين شركت عمدتاً به شكل پودر و محصولات مكمل عرضه مى‌شوند و براى مصرف انساني و آبزى پرورى كاربرد دارند .

۲- Algatech (اسرائيل): آستازانتين طبيعى با منبع *Haematococcus pluvialis* توليد مى‌كند. اطلاعات رسمى شركت بيشتر روى منبع و خلوص تمرکز دارد، اما مانند Cyanotech معمولاً به صورت پودر يا كنسانتره‌هاى قابل استفاده در فرمولاسيون خوراك است (در سايت فرم‌هاى دقيق بسته‌بندى ذكر نشده).

۳- DSM (هلند): يكى از توليد كنندگان بزرگ در توليد آستازانتين مصنوعى/طبيعى صنعتى است. اين شركت آستازانتين را به عنوان ماده اوليه براى خوراك آبزبان، خوراك حيوانات و مكمل‌ها عرضه مى‌كند. اطلاعات خاص درباره اشكال محصول

-فرایند امولسیون و پخش یکنواخت

روش کلاسیک امولسیون (اگر از روغن حامل استفاده می‌شود):

-در یک مخزن همزن، مقدار مناسبی از روغن حامل (روغن ماهی) را اندازه‌گیری کنید.

-به آرامی پودر آستازانتین را به روغن اضافه کرده و با سرعت کم تا متوسط هم بزنید تا یک پودر خشک در روغن ایجاد شود.

-از یک امولسیون‌کننده غذایی استفاده کنید و به مخلوط اضافه کنید تا امولسیون پایدار شکل بگیرد.

-مخلوط را به مدت کافی هم بزنید تا توزیع یکنواخت در روغن/امولسیون ایجاد شود.

-امولسیون را با دستگاه اسپری به همزمانی با جیره خشک اسپری کنید تا لایه یکنواختی روی سطح هر پلیت ایجاد شود.

-پس از اسپری، جیره را به مدت کوتاهی هم بزنید تا امولسیون به‌طور یکنواخت پخش شود.

-غلظت امولسیون مایع آستازانتین روی پلیتها، بررسی شود.

-پلیتها را در یک توری در اتاقی خشک در دمای ۲۵-۳۰ درجه و یا در خشک‌کن در دمای ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار دهید تا خشک شوند

- دوز مناسب آستازانتین در دوره‌های لاروی، رشد و تولیدمثل ماهیان خاویاری

تعیین دوز مناسب آستازانتین برای ماهیان خاویاری به عوامل متعددی مانند مرحله رشد، رنگ گوشت، سلامت گوارشی و شرایط آب و محیط بستگی دارد. توجه کنید که مقادیر پیشنهادی معمولاً بر پایه داده‌های منتشرشده در

(پودر، روغن، امولسیون) با برند DSM در منابع عمومی کمتر موجود است، اما صنعت خوراک معمولاً این موارد را در فرم‌های پودری و بی‌دلت (microencapsulated beadlets) ارائه می‌دهد.

۴- BASF (آلمان): آستازانتین را خصوصاً در قالب پودرهای مخصوص آبی‌پروری عرضه می‌کند به طور مثال Lucantin® Pink CWD و Lucantin® Pink NXT با تکنولوژی پوشش/کپسوله‌سازی برای پایداری بهتر و استفاده در خوراک آبی طراحی شده‌اند.

این اشکال مختلف آستازانتین به‌طور عمده در صنایع غذایی، دارویی، آبی‌پروری و سایر کاربردهای صنعتی استفاده می‌شوند. انتخاب فرم آستازانتین بستگی به نیاز خاص مصرف‌کننده و نوع کاربرد دارد. اما در تغذیه ماهیان خاویاری در کشور آستازانتین بیشتر به‌شکل پودری و عمدتاً از محصولات BASF (آلمان) و DSM (هلند) استفاده می‌شود.

نحوه اضافه کردن آستازانتین به جیره غذایی ماهیان خاویاری

آستازانتین به جیره غذایی ماهیان خاویاری در سه مرحله لاروی، ماهیان در حال رشد و ماهیان پیش‌مولد اضافه می‌شود. با توجه به این که اکثر پرورش‌دهندگان ماهیان خاویاری از غذاهای تجاری آماده استفاده می‌کنند جهت اضافه‌کردن آستازانتین به‌شکل پودری مراحل ذیل باید طی شود:

- انتخاب حلال مناسب برای آستازانتین پودری

روغن حامل (Oil carrier): معمولاً روغن‌های خنثی مانند روغن خام سویا یا کلزا یا روغن‌های گیاهی با نقطه ذوب پایین می‌باشد. استفاده از روغن حامل برای امولسیون کردن آستازانتین امکان افزودن آن را به جیره‌های مایع یا پودر امولسیون‌شده فراهم می‌کند.

كارهاى پژوهشى ارائه شده و براى گونه خاويارى خاص بايد با مطالعات داخلى معتبر تكرر و حد بهينه تعيين شود

غالباً ۵۰ تا ۱۰۰۰ ميلي گرم در كيلوگرم غذاى خشك، با تنظيم بر اساس پاسخ بيولوژيكي توصيه مى شود .

دوره لاروى:

در دوره لاروى با هدف رنگدهى مناسب بافت بدن و افزايش سلامت عمومى در دوره لاروى محدود ۵ تا ۲۰ ميلي گرم در كيلو گرم آستازانتين به لاروها بسته به گونه و فرمت محصول پيشنهاد مى شود (Nakano & Wiegertjes, 2020).

- نکات مهم:

- با افزايش وزن و سايز، نياز به كاروتنوئيدها نيز تغيير مى كند؛ بنا بر اين به ارامى دوزها را افزايش دهيد.
- پايش شاخصهاى رشد، سلامت كبد و كيفيت گوشت/بافت براى تنظيم دوز ضرورى است.

دوره رشد:

هدف كاربرى: حفظ رنگ مطلوب بدن و پايدارى شاخصهاى رشد و مصرف خوراك. محدوده دوز معمول:

جدول دوز پيشنهادهى آستازانتين براى گونههاى مختلف

گونه آبزى	هدف اصلى	مقدار آستازانتين (mg/kg) خوراك	رفرنس
قزل آلا و آزادماهى	رنگدهى گوشت و بهبود كيفيت فيله	۴۰-۱۰۰	EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP). (2014)
تيلاپيا	افزايش رشد، بهبود ايمنى	۲۰-۴۰	Li et al., 2025
كپور	تقويت ايمنى، كاهش استرس	۲۰۰-۴۰	Kumar et al., 2009
ميگو	رنگدهى پوسته و بهبود بقا	۵۰-۱۰۰	Li et al., 2025
ماهىهاى زينتى	افزايش رنگ و جذابيت ظاهرى	۳۰-۸۰	Li et al., 2018
استر لياذ	بهبود رشد و بهبود كيفيت گامتهاى جنسى	۷۵	فداكار و همكاران، ۱۳۹۶

دوره مولد سازی

نرم افزار اکسل این جیره را تنظیم نمود و در یک کارگاه با در اختیار داشتن یک چرخ گوشت، آسیاب و خشک کن آن را تولید نمود.

- ۳- اقلام اولیه جیره شامل آرد ماهی، آرد سویا، گلو تن گندم، روغن ماهی، روغن کانولا، لستین سویا، پرمیکس معدنی، مونو کلسیم فسفات، آستازانتین و سایر افزودنی ها می باشد.
- توصیه می شود به منظور تامین اسید آمینه های ضروری آرد ماهی به میزان ۵۰ درصد جیره غذایی اضافه شود.

- سویا و آرد گندم به منظور تامین بخشی از پروتئین مورد نیاز و کربوهیدرات قابل هضم جهت استفاده بهینه از پروتئین موجود در آرد ماهی به میزان ۱۲ و ۱۱ در نظر گرفته شود.

- توصیه می شود جهت جلوگیری از افت اسیدهای امینه موجود در جیره غذایی به دلیل انبارداری به تمام جیره های غذایی ۱ درصد متیونین و لایزین و جهت استفاده موثر از منابع پروتئین و چربی جیره غذایی ۱۰۰۰ میلی گرم در کیلو گرم ال-کارنتین، ۱/۵ درصد پرمیکس ویتامینی و ۱ درصد پرمیکس معدنی به عنوان مکمل به جیره اضافه شود.

- توصیه می شود میزان افزودن آستازانتین به جیره غذایی ۲۰۰ میلی گرم / کیلوگرم جیره باشد.
- برای حل کردن آستازانتین، روغن ماهی یا سویا را به آرامی و در دمای حدود ۴۰-۵۰ درجه سانتی گراد گرم شود.. در مرحله بعد مقدار معینی از آستازانتین به روغن اضافه شود. نسبت معمول برای حل کردن

- هدف کاربردی: حفظ رنگدانه های ویژه در بافت های تولید مثل و بهبود ویتلاسیون بافت ها در ترکیب با سایر کاروتنوئیدها (Nakano & Wiegertjes, 2020)
- محدوده دوز معمول: ممکن است به سمت بالا بودن دامنه پیش رود، مثلاً ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی گرم در کیلو گرم یا بیشتر بسته به فرمولاسیون و هدف رنگ دهی نهایی.
- نکات مهم:
- در دوره تولید مثل، نیاز به کنترل دقیقی بر پایش استروئیدهای جنسی از طریق خون گیری و رشد گنادی از طریق لاپراسکوپي مورد نیاز است.

دستورالعمل کارگاهی پرورش مولدین فیلماهی با جیره های کارگاهی ساخته شده در مزرعه که آستازانتین به آن اضافه شده است

- مولدین فیلماهی از میان پیش مولدینی با ظاهر خوب و تندرست انتخاب شوند، هم سایز بوده و سعی شود که ماهیان در مرحله یکسان جنسی مرحله جنسی (II) باشند، توصیه می شود جهت تشخیص این امر از لاپراسکوپي و یا روش غیرتهاجمی سونوگرافی استفاده شود.
- جیره غذایی تنظیم دارای ۵۰ درصد پروتئین، ۱۵ درصد چربی و ۱۸ تا ۱۸/۵ مگاژول در کیلوگرم ماده خشک جیره انرژی ناخالص است. می توان به کمک

خون و بافت ها اشاره دارد که برای حفظ متابولیسم و عملکرد صحیح سلول ها ضروری است.

۳- ویتلاسیون بافت ها به فرآیندی اطلاق می شود که در آن اکسیژن به بافت های بدن منتقل می شود و دی اکسید کربن و سایر مواد زائد از آن ها خارج می شوند. این فرآیند در سطح میکروسکوپی در سلول ها و بافت ها رخ می دهد و معمولاً در سیستم گردش خون و از طریق جریان خون انجام می شود. در واقع، ویتلاسیون بافت ها به تبادل گازها بین

تخم بوسيله سوند برداشت و فاصله بين هستک و قطب حيوانی (A) و فاصله قطب حيوانی به قطب گیاهی (B) اندازه گیری شده و اگر نسبت این دو شاخص A/B بين ۷ تا ۹ باشد ماهی جهت تزریق هورمون جهت استحصال تخم و یا خاویار آماده است.

منابع

فداکار، آ.، بهمنی، م.، یوسفی جوردهی، آ.، ۱۳۹۶. تعیین سطوح باقیمانده کاروتنوئید آستازانتین در مراحل مختلف رشد و نمو جنینی و لارو و تأثیر آن بر برخی شاخص‌های ایمنی در ماهی استرلیاد پرورشی (*Acipenser Ruthenus*). نشریه توسعه آبی پروری، ۱۱(۴)، ۷۹-۸۹.

Abd El Gawad, E. A., Wang, H. P., & Yao, H. (2019). Diet supplemented with synthetic carotenoids: Effects on growth performance and biochemical and immunological parameters of yellow perch (*Perca flavescens*). *Frontiers in Physiology*, 10, 1056.

Ambati, R. R., Phang, S. M., Ravi, S., & Aswathanarayana, R. G. (2014). Astaxanthin: Sources, extraction, stability, biological activities and its commercial applications—A review. *Marine Drugs*, 12(1).

Calvo, N. S., Reynoso, C. M., Resnik, S., Cortés-Jacinto, E., & Collins, P. (2020). Thermal stability of astaxanthin in oils for its use in fish food technology. *Animal Feed Science and Technology*, 270, 114668.

Elbahnaswy, S., & Elshopakey, G. E. (2024). Recent progress in practical applications of a potential carotenoid astaxanthin in aquaculture industry: A review. *Fish*

آستازانتین در روغن به‌طور میانگین ۱ تا ۵ درصد از وزن کل روغن است. پس از اضافه کردن آستازانتین به روغن، آن را به‌طور کامل و یکنواخت هم بزنید. برای این کار می‌توان از همزن‌های مکانیکی یا همزن‌های مغناطیسی استفاده نمود هم‌زدن باید به‌گونه‌ای انجام شود که آستازانتین به‌طور کامل در روغن حل شود. در مرحله بعد روغن پس از ساخت جیره به جیره اسپری شود، یا در هنگام مخلوط کردن مواد خشک غذا به آن اضافه و سپس به خشک کن انتقال یابد (Calvo et al., 2020).

- غذادهی بین ۰/۵ تا ۱ درصد وزن رعایت و غذا در دو عده به ماهیان عرضه گردد .
- مولدین فیلماهی را می‌توان در حوضچه‌های بتنی با تراکم ۶۰ کیلوگرم در متر مربع نگهداری نمود و توصیه می‌شود از تراکم بیش از حد جلوگیری شود.
- توصیه می‌شود هر شش ماه یک بار ماهیان بیومتری و مراحل رسیدگی جنسی آنها بوسیله روش‌های غیرتهاجمی مورد بررسی قرار گیرد.
- جهت پرورش پیش‌مولدین توصیه می‌شود به‌منظور ثابت نگاه داشتن درجه حرارت جهت رشد بهیته رشد و تناسلی از آب چاه استفاده و درجه حرارت در طی ۹ ماه سال بین ۲۱ تا ۱۷ درجه سانتیگراد نگاه داشته شود.
- توصیه می‌شود دوره‌های زمستان‌گذرانی در فصل زمستان به منظور رشد مواد تناسلی اعمال شود .
- از مرحله ۴ رسیدگی جنسی (IV) تغذیه ماهیان قطع گردد .
- در مرحله چهار رسیدگی جنسی گنادهای رسیده و تخم به و سیله سونوگرافی و یا لاپراسکوپ قابل تشخیص بوده و در این مرحله باید مولدین را جدا و به حوضچه‌هایی با جریان آب فواره‌ای و اکسیژن بالای ۸ میلی‌گرم در میلی‌لیتر منتقل نمود .
- ماهیان در این حوضچه‌ها از لحاظ علایم رسیدگی جنسی ظاهری مورد بررسی قرار گرفته و چند عدد

Physiology and Biochemistry, 50 (1), 97–126.

EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP). (2014). Scientific opinion on the safety and efficacy of synthetic astaxanthin as a feed additive for salmon and trout, other fish, ornamental fish, crustaceans and ornamental birds. *EFSA Journal*, 12(6), 3724.

Harith, Z. T., Tan, S. Y., Liew, S. H., & Rahman, R. A. (2020). Optimised production and extraction of astaxanthin from microbial sources. *Microorganisms*, 8(10), 1567.

Kumar, V., Pillai, B. R., Sahoo, P. K., Mohanty, J., & Mohanty, S. (2009). Effect of dietary astaxanthin on growth and immune response of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). *Asian Fisheries Science*, 22(1), 61–69.

Lim, K. C., Yusoff, F. M., Shariff, M., & Kamarudin, M. S. (2018). Astaxanthin as feed supplement in aquatic animals. *Reviews in aquaculture*, 10 (3), 738-773.

Li, F., Wang, R., Gao, Y., & Li, X. (2018). Effects of dietary supplementation with algal astaxanthin on growth, skin coloration and antioxidant capacity of blood parrot (Hybrid). *Journal of Applied Ichthyology*, 34 (1), 318–325.

Li, B., Chen, C., Zhou, X., Liu, H., Zhou, Z., Wang, X. & Liang, S. (2025). Effectiveness of astaxanthin as a feed supplement to improve growth performance and feed utilization in aquaculture animals: A meta-analysis. *Antioxidants*, 14 (5), 609.

Nakano, T., & Wiegertjes, G. F. (2020). Properties of carotenoids in fish fitness: A review. *Marine Drugs*, 18 (11), 568.

Astaxanthin Application in the sturgeon farming industry

*Mirhamed Seyed Hassani*¹, Ayoub Yousefi Jourdehi¹, Mahmoud Mohseni¹, Tooraj Sohrabi¹
Hooshang Yeganeh¹, Fatemeh Fedakar Masouleh¹*

International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran, P.O. Box: 41635-3464

Corresponding Author: mirhamedhassani@yahoo.com

Abstract

Astaxanthin is a natural pigment with very strong antioxidant properties. Studies have shown that consuming astaxanthin improves the specific and non-specific immune systems of aquatic animals, increases immune indices such as phagocytosis and lysozyme, and improves antioxidant capacity. But the most important role of astaxanthin is in aquatic reproduction. This supplement has a positive effect on sex hormones such as 17 beta-estradiol and 11 ketotestosterone, which are effective in the reproductive process and synthesis of steroid hormones. This article discusses the importance of astaxanthin as a growth stimulant, immune system booster, and reducer of sexual maturity in sturgeon, and provides practical guidelines for adding it to the diet of sturgeon broodstock.

Keywords: Astaxanthin, Sexual maturation, Growth, Immune system, Sex steroids, Sturgeon