کاربرد کارتنوئیدها و اهمیت آن‌ها در آبزی‌پروری

محمد سوداگر[1*]، سپیده فیروزبخش[1]، حمیده ذکریائی[1]

۱- گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان- ایران

*sudagar_m@yahoo.com

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹٤ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹٤

چکیده

رنگ ماهیان یکی از مهم‌ترین صفات کیفی آبزیان است که رنگدانه‌های موجود در رژیم غذایی مسئول ایجاد طیف گسترده‌ای از رنگ در آن‌ها می‌باشند. اگرچه رنگدانه‌ها را بعنوان تغییر دهنده‌ی رنگ آبزیان می‌شناسند، اما عملکردهای مختلف دیگری را به رنگدانه‌ها نسبت می‌دهند که از آن جمله می‌توان به خاصیت آنتی‌اکسیدانی رنگدانه‌ها، تأثیر در رشد، بقاء و اثرات بسیار مهمی که در تولیدمثل ماهیان دارند، اشاره نمود. در این بررسی به مطالعه منابع کارتنوئیدها، مقدار و پایداری کارتنوئیدها، ساختار و انواع کارتنوئیدهای جانداران آبزی، کارایی و قابلیت هضم و تغییر کارتنوئیدها در آبزیان مختلف پرداخته خواهد شد. همچنین کارتنوئیدهایی با ساختار جدید در آبزیان مختلفی از جمله: آزادماهیان، کپورماهیان، ماهیان زینتی، سخت‌پوستان، اسفنج‌های دریایی و نرم‌تنان آبزی معرفی خواهند شد و در نهایت به بررسی نقش کارتنوئیدها در آبزیان و اثرات آن‌ها روی تولید مثل، قابلیت لقاح و رشد لاروها پرداخته خواهد شد.

کلمات کلیدی: کارتنوئیدها، آبزی پروری، تولیدمثل، بقاء.

مقدمه

در سال‌های اخیر، استفاده از تکنیک‌های نوین علمی از جمله عوامل موثر در بهبود فرآیند تکثیر و تولیدمثل آبزیان، مورد توجه آبزی‌پروران و به ویژه پرورش‌دهندگان ماهیان زینتی قرار گرفته است (Izquierdo *et al*., 2001). همچنین تامین جیره‌ی غذایی مناسب و فراهم بودن عوامل محیطی مناسب را می‌توان از اصلی‌ترین عوامل تاثیرگذار بر فرایند تولیدمثلی مولدین پرورشی برشمرد که در تولید محصولات جنسی با کیفیت و میزان بازماندگی بیش‌تر لاروها و تولید آبزیان مقاوم‌تری نیز موثر است (Wooster and Bowser, 2000)؛ از این‌رو، از مواد و افزودنی‌هایی در کیفیت روند تکثیر آبزیان استفاده می‌شود که از جمله‌ی آن می‌توان به ویتامین‌هایی همچون C ،E (Fernandez-Palacios *et al*., 1998) و رنگدانه‌ها (Harris, 1984؛ Craik, 1985) اشاره نمود. رنگ ماهیان به طور عمده به دلیل حضور کروماتوفور که محتوی رنگدانه می‌باشد، بوده و معمولا روی پوست حضور دارند. چهار گروه رنگدانه اصلی مسؤل ایجاد رنگ در بافت و پوست حیوانات و گیاهان می‌باشند که عبارتند از: ملانین، پورین، پریدیوم و کارتنوئید. کارتنوئیدها که به‌راحتی در چربی حل می‌شوند دامنه رنگی زرد تا قرمز را در پوست ایجاد می‌نمایند (Fujiwara *et al*., 1992). در واقع کارتنوئیدها یکی از منابع اصلی تأمین رنگ بدن آبزیان به شمار می‌روند. رنگ‌های مختلف بدن آبزیان به‌وسیله کارتنوئیدهای خاص و همچنین ترکیبی از مولکول‌های پروتئین-کارتنوئید حاصل می‌شود. رنگ‌ها به‌عنوان یک عامل مهم در زندگی همه موجودات نقش عمده‌ای را ایفا می‌کنند. رنگ بدن موجودات زنده تابع دو عامل ژنتیکی و تغذیه‌ای می‌باشد. کاروتنوئیدها همان پیگمان‌های رنگی هستند که در محصولات گیاهی و جانوری یافت شده ولی، فقط گیاهان، قارچ‌ها و تنها گروهی از باکتری‌ها و مخمرها قادر به تولید آن می‌باشند. این مواد از طریق زنجیره‌ی غذایی وارد بدن جانوران می‌شوند (Torrissen and Christiansen, 1995). کارتنوئیدها توسط مسیر ایزوپرنوئید تولید می‌شوند؛ مسیری که طی آن ترکیبات متنوعی همچون اسیدهای چرب ضروری، استروئیدها، استرول‌ها و ویتامین‌های E، D، A و K ساخته می‌شوند. این مواد در تمام گیاهان و حیولنات وجود دارد. کارتنوئیدها به دو گروه کاروتن و زانتوفیل تقسیم‌بندی می‌شوند. اگر چه بیش از ۶۰۰ نوع کارتنوئید در طبیعت یافت شده است اما تعداد کمی از آن‌ها به‌عنوان ماده افزودنی در غذای جانوران، داروها، مواد آرایشی و رنگ غذا مورد استفاده قرار می‌گیرند. کارتنوئیدهای آبزیان در عضلات، پوست و بافت‌ها یافت می‌شوند. ماهیان دارای کارتنوئیدهای گوناگونی هستند که غالب بودن نوع کارتنوئیدها بستگی به گونه ماهی دارد. کارتنوئیدهای رایج ماهی با رنگ‌هایشان شامل: لوتین با رنگ زرد مایل به سبز، بتاکاروتن با رنگ نارنجی، بتادورادزانتین با رنگ زرد، زیازانتین با رنگ زرد مایل به نارنجی، کانتازانتین با رنگ نارنجی- قرمز، آستازانتین با رنگ قرمز، ایچینون با رنگ قرمز و تارازانتین با رنگ زرد را شامل می‌شوند (Hatlen *et al*., 1998). رنگ کارتنوئیدها به‌وسیله کرومافورهایی که حداقل از ۷ رنجیره مضاعف ساخته شده، ایجاد می‌شود. این رنگدانه‌ها معمولا زرد تا قرمز هستند (اگر چه بتاکاروتن نارنجی است). کانتازانتین کرومافور بیش‌تری دارد و در نتیجه نور را در طول موج‌های بالاتر جذب می‌کند. بنابراین بیش‌تر رنگ صورتی ظاهر می‌شود. آستازانتین همان کرومافور کانتازانتین را دارد. در منابع طبیعی کارتنوئیدها همیشه شامل ترکیبی با رنگدانه‌های مختلف هستند، این غلظت‌ها ثابت است. بنابراین این رنگ‌ها بستگی به مقدار نسبی مصرف کارتنوئید دارد (Gupa *et al*., 2006). گروهی دیگر از کارتنوئیدها که فاقد اکسیژن هستند به عنوان کاروتن شناخته شده که شامل: آلفا کاروتن، بتاکاروتن و لیکوپن می‌شوند. از مهم‌ترین منابع کارتنوئیدی مصنوعی که در آبزی‌پروری از آن‌ها استفاده می‌شود؛ آستازانتین و کانتازانتین می‌باشند که این مواد به صورت صنعتی و طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. بعضی از منابع طبیعی آستازانتین مثل مخمر قرمز (*Xanthophyllomyces ehodorhous*) و بعضی از جلبک‌ها مثل جلبک (*Huematococcus Pluvialis*) است. از دیگر منابع کارتنوئیدی که از اهمیت کم‌تری برخوردارند می‌توان به سخت‌پوستان و محصولات جانبی آن‌ها برای استفاده از آستازانتین موجود در بدن‌شان و بعضی از میکروارگانیسم‌ها مثل جلبک‌ها که دارای منابع متنوعی از کارتنوئیدها هستند، اشاره کرد (Tizkar, 2012). جلبک‌ها مهم‌ترین منابعی هستند که مستقیماً به‌وسیله صدف‌ها و سخت‌پوستان پرورشی مورد مصرف قرار می‌گیرند و می‌توانند به‌عنوان غذای مورد مصرف لارو ماهیان قرار گیرند. استفاده از ترکیبات غذایی گیاهی به‌عنوان منبع تولید رنگدانه کاربرد دارد و امروزه تحقیقاتی روی پتانسیل بکارگیری این مواد در حال انجام است (Gouveia *et al*., 1997; Raymundo *et al*., 2005). اما استفاده از منابع رنگدانه مصنوعی رایج‌تر بوده که علت آن راحتی بدست آوردن آن می‌باشد که البته دارای قیمت بالایی در بسیاری از کشورها می‌باشند که هزینه بالای آن سبب شده تا آکواریوم‌داران تمایل چندانی به استفاده نداشته باشند (Sales and Janssens, 2003). بدلیل اهمیت فراوان رنگدانه‌ها

محققان در خصوص رنگدانه‌ها و تأثیرات آن‌ها در آبزی‌پروری به مطالعه پرداخته‌اند. نتایج حاصل از بررسی‌های Ahmadi و همکاران (2008) روی تأثیر سطوح مختلف رنگدانه آستازانتین بر شاخص‌های رشد و درصد بقاء میگوی پاسفید (*Litopenaeus vannamei*) نشان داد که جیره غذایی حاوی ۵۰ میلی‌گرم آستازانتین به‌دلیل صرفه اقتصادی، جیره‌ی مناسب در پرورش میگوهای جوان می‌باشد. Tizkar و همکاران (2012)، با بررسی اثر جیره‌ی غذایی حاوی رنگدانه‌ی آستازانتین در ماهی طلایی به این نتیجه رسیدند که در طی مراحل نمونه‌برداری، میانگین وزن و طول ماهیان اختلاف معنی‌داری را با یک‌دیگر نشان نداد. این نتیجه در مطالعات انجام شده توسط سایر محققان نیز تأیید شده است. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که کارتنوئیدهای موجود در جیره تأثیری در رشد ماهی طلایی نداشته‌اند. درسال‌های اخیر، تکثیر و پرورش ماهیان آکواریومی در ایران در حال رشد بوده است؛ به‌همین دلیل پیدا نمودن راه‌کارهایی که به تولید هر چه بهتر و به افزایش بازماندگی لاروها کمک کند، در این راستا می‌تواند ارزشمند باشد. یکی از این راه‌کارها ممکن است استفاده از رنگدانه‌های طبیعی و مصنوعی در جیره‌ی غذایی ماهیان بخصوص ماهیان مولد باشد.

مقدار کارتنوئیدها

مقدار رنگدانه کارتنوئید در غذای ماهی روی رنگدانه بدن تأثیرگذار است. تثبیت کارتنوئیدها در ماهیچه زمانی که مقدار رنگدانه‌های مصرف شده بالاست، افزایش می‌یابد. با این حال اگر رنگدانه از مقدار مشخصی افزایش یابد، هیچ اثری ندارد. این محدودیت که برای کانتزانتین نزدیک به ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است، شاید به اشباعیت پتانسیل جذب مربوط شود. همچنین تثبیت کانتازانتین کم‌تر از آستازانتین است که این تفاوت جذب بهتر آستازانتین را نشان می‌دهد. کارتنوئیدها در طی ذخیره‌سازی و آماده‌سازی نهایی یافت نمی‌شوند. غلظت ۵-۶ میلی‌گرم کارتنوئید در هر کیلوگرم ترجیح داده می‌شود. برای یک ماهیچه شامل ۸۰ میلی‌گرم کانتازانتین در هر کیلوگرم غذا و یک مقدار متوسط بدست آمده مدت توزیع رنگدانه حدود ۲ تا ۳ هفته است. اگرچه این میزان رو به افزایش است و امروزه یافتن غلظت‌های حدود ۸-۱۲ میلی‌گرم کارتنوئید در هر کیلوگرم ماهیچه غیرمعمول نیست، هر چند جیره غذایی بیش‌تری را ایجاب می‌کند (Choubert, 1982).

میزان پایداری کارتنوئیدها

پایداری کارتنوئیدهای ترکیب شده در داخل غذای ماهی زیاد نمی‌باشد. بنابراین باید در مقابل اکسیداسیون که دلیل اصلی کاهش آن است، احتیاط شود. به همین دلیل با پوشاندن آن‌ها با ژلاتین یا به وسیله پراکنش در یک کربوهیدرات حامل ماده از رنگدانه‌های مصنوعی محافظت می‌شود. همچنین غذادهی می‌تواند در یک فضای خنثی بلافاصله بعد از تولید انجام شود. لذا؛ خطر اکسیداسیون به مقدار زیادی کاهش می‌یابد. بعلاوه آنتی‌اکسیدان‌ها پایداری کارتنوئیدها را با توجه به اکسیداسیون افزایش می‌دهند. پلت‌های غذایی باعث از دست دادن بخش قابل توجهی از رنگدانه‌های کارتنوئیدی می‌شوند (برای مثال این مقدار برای کانتازانتین حدود ۲۰٪ برآورد می‌شود)؛ این آسیب باعث می‌شود کارتنوئیدها در پلت‌ها در اثر افزایش نواحی سطحی که در معرض هوا قرار می‌گیرند، به سرعت تخریب شوند (Choubert *et al.*, 1994).

قابلیت هضم کارتنوئیدها

جذب و ذخیره کارتنوئیدها به ساختمان شیمیایی، قابلیت انحلال و قابلیت باند شدن این ترکیبات با سایر مولکول‌ها بستگی دارد. به‌عنوان مثال بتاکاروتن‌ها در بدن آبزیان به آرامی جذب می‌شوند و با ضریب بسیار پایینی به آستازانتین تبدیل می‌شوند. اما به نظر می‌رسد که فرم مولکولی آلفاکاروتن در بدن ماهیان زینتی با قابلیت بالاتری ذخیره و جذب می‌شود، ولی بر خلاف کارتنوئیدها گزانتوفیل‌ها در بدن آبزیان به خوبی ذخیره و جذب می‌شوند. به عنوان مثال لوتئین که از خانواده گزانتوفیل‌هاست، ابتدا به فرم استر در سلول‌های رنگدانه‌ای ذخیره می‌شود و مقدار اضافی آن به بخش‌های سفید رنگ ماهی نفوذ می‌کند که این امر یک پدیده‌ی نامطلوب تلقی می‌شود. به همین دلیل در مصرف رنگدانه‌های طبیعی در خوراک ماهیان زینتی باید دقت شود تا موجود از جیره غذایی مقادیر کافی رنگدانه را دریافت نماید. پس از مصرف، رنگدانه-های کارتنوئیدی می‌توانند از طریق مدفوع دفع شده و یا در بدن جانور جذب و یا این که انتقال یابند. سپس محصولات حاصل از انتقال می‌توانند به نوبه‌ی خود از بین رفته و یا توسط مخاط روده جذب شوند. از سوی دیگر باید متذکر شد که هیچ تغییر شکل و یا تبدیلی در رنگدانه کانتازانتین در برخی از گونه‌های ماهی قزل‌آلا مشاهده نشده است. به‌علاوه، کارتنوئیدها ترکیبات محلول در چربی هستند که جذب آن‌ها به جذب لیپید مربوط می‌شود و قابلیت هضم آن‌ها نیز تحت‌تأثیر مقدار لیپید موجود در جیره‌ی غذایی قرار

می‌گیرد. طی یک مقایسه ثابت شد آستازانتینی که حاوی لیپید باشد، قابلیت هضم بالاتری (۸۵-۹۰٪) نسبت به آرد میگو (۷۵-۸۰٪) دارد، هم‌چنین قابلیت هضم به طور عمده به شکل و ماهیت کارتنوئیدها بستگی دارد. بنابراین می‌توان گفت برای مثال قابلیت هضم آستازانتین از ۱۰-۶۰٪ متغیر بوده و گاهی اوقات بسته به منشأ آن بیش‌تر است در حالی‌که، قابلیت هضم کانتازانتین به ۲۰-۳۰٪ می‌رسد. آستازانتین در شکل استری نسبت به شکل آزاد آن قابلیت هضم بالاتری دارد. به نظر می‌رسد که آستازانتین به طور عمده مورد مصرف ماهیان آزاد قرار گیرد (Matsuno and Hirao, 1989). امروزه قابلیت هضم بهتر شکل استری، موضوع بسیاری از بحث‌ها می‌باشد. برای مثال رنگدانه آستازانتین در سه شکل دی استر، مونو استر و فرم آزاد وجود دارد که در آنالیز مدفوع تنها به بررسی شکل آزاد آن می‌پردازند. روش دیگر بررسی قابلیت استفاده و دسترسی به کارتنوئیدها اندازه‌گیری مقدر رنگدانه‌های موجود در خون ماهی است. بررسی‌ها نشان داد رنگدانه کانتازانتین در سرم خون سه ساعت بعد از خوردن غذا یافت می‌شود و بیش‌ترین غلظت آن ۲۴ ساعت بعد از مصرف غذاست که این زمان برای رنگدانه آستازانتین کم‌تر می‌باشد (Choubert and Storebakken, 1989).

فاکتورهای موثر بر عملکرد کارتنوئیدها

از میان فاکتورهای متعددی که بر عملکرد کارتنوئید تأثیر می‌گذارند؛ منبع رنگدانه، شکل و غلظت، ساختار رژیم غذایی به ویژه ساختارهای حاوی چربی، اندازه ماهی، شرایط بدنی، بلوغ جنسی و زمینه‌های ژنتیکی از مهم‌ترین عواملی هستند که به شمار می‌آیند. محققین بر قابلیت هضم یا جذب روده‌ای و متابولیسم و دفع کارتنوئیدها تمرکز کرده‌اند که همه‌ی آن‌ها بر بهره‌وری و استفاده از کارتنوئیدها در رژیم غذایی توافق نظر دارند. برای مثال میزان جذب آستازانتین بر غلظت مورد استفاده اثر دارد (Torrissen *et al.*, 1989). No و Storebakken (1992) تأثیر شوری و دمای آب را بر رنگ‌آمیزی قزل آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). با استفاده از رژیم غذایی آماده شده با رنگدانه آستازانتین و کانتازانتین در آب شور و شیرین مورد بررسی قرار دادند. نتایج بدست آمده نشان داد شوری آب محل پرورش بر ساختار کارتنوئید اثر نداشت و کارتنوئیدهای رژیم غذایی بدون تغییر در گوشت ماهی مشاهده شدند. علی‌رغم این‌که معمولا رنگدانه آستازانتین در پوست دیده می‌شود؛ در پوست ماهیان تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی رنگدانه کانتازانتین، همین رنگدانه در پوست مشاهده شده و به آستازانتین تبدیل نشد. از سویی دیگر تحقیقات در رنگ‌آمیزی با آستازانتین در دمای ۵ و ۱۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در اثبات تفاوت‌ها در حفظ کارتنوئیدها به شگفت انجامید؛ نتایج نشان داد پوست قزل‌آلای رنگین‌کمان با وجود دمای پایین‌تر، کارتنوئیدهای بیش‌تری را در خود ذخیره کرد که این امر موید تأثیر بهتر دماهای پاین در جذب رنگدانه‌ها می‌باشد (Firuz bakhsh, 2012). Foss و همکاران (1987) و Torrissen (1981) ثابت کردند رنگدانه آستازانتین در گوشت ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان به دلیل تقدم جذب در دستگاه گوارش و همچنین رسوب در گوشت از کانتازانتین بسیار راحت‌تر رسوب می‌گردد. با ترکیب دو رنگدانه در رژیم غذایی، رسوب کلی کارتنوئید بالاتری نسبت به رسوب هر یک از آن‌ها اتفاق افتاد و نشان داد که میزان رسوب با افزایش وزن ماهی افزایش می‌یابد که این امر بیانگر اثر وزن ماهی بر میزان عملکردهای کارتنوئیدها می‌باشد. همچنین Foss و همکاران (۱۹۸۷) مشاهده کردند که ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان از آستازانتین استری نشده ۱/۳ تا ۱/۵ برابر بیش‌تر و بهتر از کانتازانتین استفاده می‌کنند. نتیجه‌ای که به تفاوت‌های قابلیت‌های هضمی، توانایی بیش‌تر اکتومیوزین‌های ماهیچه‌ای در جذب آستازانتین و تبدیلات متابولیکی بهتر کانتازانتین نسبت داده شده است. مقادیر گزارش شده برای حفظ کارتنوئیدهای رژیمی متفاوت می‌باشد. برای مثال این مقدار در ماهی قزل‌آلا برای آستازانتین از ۳ تا ۱۸ درصد و برای کانتازانتین ۲ تا ۷ درصد متغیر می‌باشد.

فعالیت‌های بیولوژیک کارتنوئیدها در گونه‌های آبزی

هر روزه دلایل اثبات‌کننده بیش‌تری در خصوص نقش بیولوژیکی کارتنوئیدها در متابولیسم ماهیان ببه غیر از نقش آن‌ها در رنگ‌آمیزی آبزیان گزارش می‌شود. از این‌رو عملکرد کارتنوئیدها در ماهی‌های آزاد و گونه‌های آبزی دیگر توسط Tacon (1981) مورد مطالعه قرار گرفت و بعد از آن در سال Torrissen (1981) آن را مورد بازبینی قرار داد و نشان داد کارتنوئیدها دارای عملکردهای بیولوژیکی متعددی در جانداران دریایی می‌باشند. آن‌ها بیان کردند که کارتنوئیدها در حالت کلی سیستم ایمنی اختصاصی و سیستم ایمنی غری اختصاصی بدن را بهبود می‌بخشند. به‌علاوه، عملکردهایی مانند محافظت در برابر نور فرابنفش، ایفاکردن نقش پرووِیتامین A، بالابردن آستانه تحمل در برابر سطوح بالای آمونیاک و سطوح پایین اکسیژن (افزایش مقاومت در برابر استرس)، سرعت

بخشیدن به رشد و سرعت بلوغ، نقش در واکنش‌های تولیدمثلی به عنوان یک هورمون بارور کننده و بهبود بخشیدن به کیفیت تخم‌ها را به کارتنوئیدها نسبت می‌دهند. افزون بر این، Miki (1991) اظهار داشت که برخی از کاترنوئیدها مانند آستازانتین بعنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی در جانوران دریایی عمل می‌کند.

غلظت کارتنوئیدها در زمان رسیدگی جنسی و تکثیر

در زمان رسیدگی جنسی، غلظت رنگدانه‌ها در ماهیان ماده در تخمدان‌ها بالاتر از مقدار آن در ماهیچه است. در این زمان غلظت کارتنوئیدها در ماهیچه به طور معنی‌داری در هر دو جنس نر و ماده کاهش می‌یابد. در آزادماهیان دراین زمان کارتنوئیدها به‌طور انتخابی به پوست ماهیان نر و تخمدان ماهیان ماده منتقل می‌شوند. در نتیجه غلظت کارتنوئیدها در پوست آزادماهیان حدود ۱۰ برابر بیش‌تر از غلظت آن‌ها در ماهیچه می‌رسد (Kitahara, 1983). تحقیقات نشان داد تخم‌های بزرگ‌تر به مقادیر بالاتری از رنگدانه‌های کارتنوئیدی برای فعالیت‌های متابولیکی طی دوران جنینی نیاز دارند و همبستگی بین زمان نمو جنینی با مقدار غلظت کارتنوئیدها در تخم هر گونه وجود دارد (Mikulin, 2003). چهار ماه پس از تخم‌ریزی ماهیان ماده دوباره مقدار کارتنوئیدها در ماهیچه افزایش می‌یابد و در ماهیان نر ۱۸ هفته پس از اسپرم‌ریزی مقدار کارتنوئیدها در ماهیچه به ۱/۳ برابر می‌رسد. علت تفاوت این امر این است که طول دوره اسپرم‌ریزی در ماهیان نر بیش از طول دوره تخم‌ریزی در ماهیان ماده است (Loginova, 1967). به‌علاوه، Zakariaee و همکاران (2014) طی بررسی اثر رنگدانه آستازانتین بر رسیدگی جنسی و هماوری ماهی فایتر نتیجه گرفتند که این رنگدانه اثر مثبتی در تسریع بر میزان رسیدگی جنسی ماهیان مولد داشت. همچنین آن‌ها نتیجه گرفتند بقاء لاروهای حاصله در ماهیان تغذیه‌شده با جیره غذایی حاوی این رنگدانه نسبت به گروه شاهد افزایش یافت که این امر ثابت‌کننده تأثیر مثبت کارتنوئیدها در افزایش مقاومت سیستم ایمنی بدن می‌باشد.

کارتنوئیدها در ماهیان زینتی

کارتنوئیدها منبع اصلی رنگ‌آمیزی در ماهی‌های زینتی و ماهی‌های گرمسیری به شمار می‌روند که مسئول رنگ‌های مختلف زرد، قرمز و رنگ‌های دیگر می‌باشند. این کارتنوئیدها معمولا از طریق وجود ارگانیسم‌های حاوی کارتنوئید در زنجیره‌ی غذایی دریایی به دست می‌آیند. اما در مواد غذایی دیگر همچون ذرت زرد، خوراک گلوتن ذرت و یونجه به عنوان منابع کارتنوئیدهای زیازانتین و لوتئین به‌کار می‌روند (Lovell, 1992). از جمله دیگر مواد غنی‌شده با کارتنوئیدها می‌توان به خوراک گل جعفری که حاوی رنگدانه لوتئین، فلفل قرمز و کریل و یا خوراک تهیه شده با سایر سخت‌پوستان که حاوی رنگدانه آستازانتین است، اشاره نمود (Boonyaratpaln and Umprasert., 1989). به علاوه کانتازانتین به عنوان یک رنگ‌دهنده‌ی موثر برای ماهی گرمسیری گورامی و همچنین جهت بهبود فرآیندهای تناسلی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Fey and Meyers, 1980).

کارتنوئیدها در آزاد ماهیان

گوشت ماهی آزاد وحشی اقیانوس‌ها و رودخانه‌ها با درجات مختلفی معمولا قرمز، صورتی و یا نارنجی است. این رنگ به دلیل کارتنوئیدهای موجود در رژیم غذایی ماهی است که معمول‌ترین کارتنوئید در آزادماهیان آستازانتین و بعد از آن کانتازانتین و لوتئین می‌باشد. سطح کارتنوئیدها در ماهیان آزاد متفاوت است که این تفاوت در طعمه‌هایشان، اندازه ماهی، مرحله بلوغ و متابولیسم خاص رنگ‌آمیزی را نشان می‌دهد. در ماهی آزاد وحشی رنگ به استتار و جذابیت ماهی کمک می‌کند. به‌علاوه، رنگدانه‌ها آنتی‌اکسیدان‌های قوی قدرتمندی هستند. هنگامی که مولدهای ماده ماهی آزاد برای تولیدمثل آماده می‌شوند، گزانتوفیل‌ها به تخم‌ها منتقل شده تا سرعت بلوغ اووسیت‌ها را افزایش دهند، سپس رنگدانه به کیسه زرده اطراف جنین می‌رود و زمانی‌که تخم‌ها رها شدند، رنگدانه‌ها وظیفه حفاظت از تخم‌ها را در برابر صدمات وارده توسط نور و همچنین کمک به جنس نر در پیدا کردن تخم‌ها را بر عهده دارند. در ماهی‌های آزاد پرورشی، آستازانتین و کانتازانتین را بعنوان مکمل غذایی برای بدست آوردن رنگ گوشت دلخواه به رژیم غذایی ماهی اضافه می‌کنند. رژیم‌های غذایی که به منظور رنگ‌دهی به ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و یا ماهی آزاد اقیانوس آرام داده می‌شوند، معمولا حاوی ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم رنگدانه بر کیلوگرم از کل غذاست. سطح رنگ گوشت از ۴ تا ۵ میلی‌گرم رنگدانه بر کیلوگرم غذا برای بدست آوردن رنگ گوشت دلخواه به عنوان حداقل رنگ شناخته می‌شود (Torrissen, 1989). همچنین ماهی آزاد وحشی با خوردن سخت‌پوستان کوچک و یا ماهیان دیگر کارتنوئیدها را به سیستم گوارشی خود وارد می‌کنند.

کارتنوئیدها در سخت‌پوستان

کارتنوئید در کاراپاس سخت‌پوستان هم به صورت آزاد و هم به فرم استری وجود دارد. محققان بیان کردند که اغلب کارتنوئید سخت-پوستان رنگدانه‌ی آستازانتین می‌باشد (Liaaen-Jensen, 1998). در سخت‌پوستان آستازانتین در عنوان کارتنوپروتئین‌هایی همچون کراستانسینین وجود دارد و در رنگ‌های بنفش، آبی و زرد خود را نشان می‌دهد. بسیاری از سخت‌پوستان قادرند آستازانتین را از بتاکاروتن که از طریق تغذیه جلبک وارد بدن شده است، بوسیله ۳- هیدروکسی، چینون، کانتازانتینو آدنیرویین سنتزکنند (Matsuno, 2001). به‌علاوه، برخی از سخت‌پوستان می‌توانند زیازانتین را به آدونیزانتین و لوتئین را به فریتچیلازانتین و پاپیریواریترینون تبدیل کنند (Britton *et al*., 2004). در سال‌های اخیر نیز دو کارتنوئید جدید به نام‌های ۳، ۲- دی هیدروکسی کانتازانتین و (Maoka and Akimoto, 2006) و ۳، ۲- دی‌هیدروسیسیرین (Maoka and Ando, 2007) از خرچنگ هرمیت (*Paralithodes brevipes*) و خرچنگ آب شیرین (*Procambarus clarki*) استخراج شد.

کارتنوئیدها در خارپوستان

ستاره دریایی(*Acanthaser planci*) یکی از انواع خارپوستان می‌باشد که معمولا از صدف‌های دوکفه‌ای و سخت‌پوستان کوچک تغذیه می‌کند. در سال‌های اخیر چند کارتنوئید جدید که عبارتند از: ۴- کتودیپوکسی نئوزانتین، ۴- کتوهیدروکسی دیائوزانتین و ۷ و۸- دی هیدرودیادیوزانتین به‌عنوان ترکیبات فرعی به‌همراه کارتنوئیدهای اصلی آستازانتین و پریدینینول و چند کارتنوئید فرعی دیگر شامل: دیادینوزانتین، دیاتوزانتین و آلوزانتین از این جانور استخراج شد (Maoka *et al*., 2010).

کارتنوئیدها در اسفنج دریایی

بسیاری از اسفنج‌های دریایی به دلیل حضور کارتنوئیدها دارای رنگ‌های بسیار زیبایی هستند که منشأ این کارتنوئیدها ترکیبات آریلی می‌باشند که بیش از ۲۰ نوع در این موجودات گزارش شده است که برخی از آن‌ها مانند: ایزرنیواتن، رینواتین و رنیواپورپورین هستند (Britton *et al*., 2004). به استثنای اسفنج‌های دریایی، کارتنوئیدهای آریل تنها در باکتری‌های گوگردی سبز یافت می‌شوند (Liaaen-Jensen, 1998). بنابراین به نظر می‌رسد کارتنوئیدهای آریلی که در اسفنج‌ها یافت می‌شود، ریشه در باکتری‌های هم‌زیست دارند (Matsuno, 1981). این کارتنوئیدهای گوگردی که از اسفنج‌های دریایی استخراج می‌شوند؛ به‌دلیل داشتن گروه استیلی، باستازانتین نام گرفته‌اند (Britton *et al*., 2004).

کارتنوئیدها در نرم‌تنان

حلزون‌ها و شکم‌پایان دریایی نمونه‌ی بارزی از نرم‌تنان بوده که گیاه‌خوار می‌باشند و از جلبک‌های قرمز و قهوه‌ای تغذیه می‌کنند. در این موجودات چند گونه از آپوکارتنوئیدها گزارش شدند (Britton *et al*., 2004). آپوکارتنوئیدها ترکیباتی هستند که از اکسیداسیون کارتنوئیدها مشتق می‌شوند. Marasco به علاوه بسیاری از گونه‌های حلزون‌های دریایی مانند تریتون‌ها (*Charonia saoliae*) گوشت‌خوار بوده که از ستاره‌های دریایی تغذیه می‌کنند. بنابراین، آستازانتین، ۷، ۸- دی هیدروآستازانتین، ۷، ۸، ۹- تترادی هیدرو آستازانتین و تمامی کارتنوئیدهای یافت شده در ستاره دریایی به عنوان کارتنوئیدهای اصلی یافت شده در این موجودات محسوب می‌شوند (Britton et al., 2004). کیتون‌ها نیز مانند اغلب نرم‌تنان گیاه‌خوار بوده و از جلبک‌های چسبیده تغذیه می‌کنند که اغلب کارتنوئیدهای موجود در آن‌ها لوتئین، زیازانتین، فکوزانتین و سایر متابولیت‌های آن‌ها است (Tsushima *et al*., 1998). نرم‌تنان خوراکی همچون *Haliotis discus* و *Turbon cornutus* و *Torbun shell* از جلبک‌های قرمز و قهوه‌ای تغذیه می‌کنند و از کارتنوئیدهای یافت شده در این صدف‌ها که از ریزجلبک‌ها نشأت می‌گیرد، می‌توان به بتاکاروتن، آلفاکاروتن، زیازانتین، فکوزانتین و لوتئین اشاره نمود (Maoka *et al*., 2010). در واقع صدف‌های دو کفه‌ای (صدف‌های اوبستر، صدف‌های خوراکی، صدف اسکالپ، ماسل، آرک شل‌ها و غیره) دارای کارتنوئیدهای مختلفی هستند که نشان‌دهنده-ی تفاوت ساختاری آن‌هاست؛ زیرا این صدف‌ها کارتنوئیدهای بدست آمده از رژیم غذایی‌شان را ذخیره کرده و آن‌ها را از طریق واکنش‌های متابولیکی به مواد دیگر تبدیل می‌نمایند (Maoka, 2009).

انواع کارتنوئیدها

بتاکاروتن

بتاکاروتن (β-Carotene) یک رنگدانه طبیعی قرمز- نارنجی است که در هویج، سیب‌زمینی شیرین و زردآلو یافت می‌شود و باعث ایجاد رنگ نارنجی آن‌ها شده است. این کارتنوئید یکی از بیش‌ترین رنگدانه‌های طبیعی موجود است که ساختار آن شامل ۲ واحد تک

یونی بتایی است (Firuzbakhsh, 2012). رنگدانه بتاکاروتن پیش‌ساز ویتامین A بوده، به طوری که در اثر شکسته شدن به دو مولکول ویتامین A تبدیل شده و عملکردی مشابه با این ویتامین را در جیره غذایی ماهیان ایفا می‌نماید و باعث بهبود دگردیسی در ماهیان جوان و کاهش درصد ناهنجاری درهنگام جداشدن چشم‌ها از یک‌دیگر در مراحل جنینی می‌شود (Torrissen, 1990). بتاکاروتن یک آنتی‌اکسیدان و با جاذب رادیکال‌های آزادی است (Edge *et al*., 1997)، که مانع پیری و آسیب بافت‌ها می‌شود و به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی که این رنگدانه دارد، از آن در تهیه مکمل‌های غذایی و مواد دارویی استفاد می‌شود (Tim *et al*., 2007). تحقیقات نشان داد که مصرف جیره‌های غذایی غنی از آنتی‌اکسیدان باعث افزایش سیستم ایمنی بدن آبزیان در برابر رادیکال‌های آزاد می‌شود. جلبک دونالیلا (*Dunaliella salina*) از جمله جلبک‌های ریز دریایی است که منبع غنی از رنگدانه بتاکاروتن می‌باشد (Teodoresco, 1985). تغذیه با جلبک دونالییلا، به دلیل وجود مقدار فراوان بتاکاروتن باعث افزایش فعالیت کمپلمان (عامل مکمل) و لیزوزیم شده و در نهایت باعث افزایش سطوح ایمنی بدن موجود می‌گردد (Amar *et al*., 2004; Wang و همکاران (2006) اثر جلبک دونالییلا روی فاکتورهای رشد، درصد بقا، رنگ پوست، گوشت و همچنین توانایی آنتی‌اکسیدانی آن را روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی کردند و نتیجه این آزمایش نشان داد که بتاکاروتن، باعث افزایش رنگدانه در پوست و گوشت ماهی، افزایش وزن، کاهش درصد تلفات و در نهایت باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود. تاثیر پودر خشک شده این جلبک، که حاوی بتاکروتن بود، روی رشد، عملکرد ایمنی و کاهش بیماری در میگوی ببری سیاه (*Penaeus monodon*) مورد آزمایش قرار گرفت که باعث افزایش وزن و کاهش عفونت ویروسی سندرم بیماری لکه سفید و کاهش استرس شد. لازم به ذکر است که شدت رنگ در این میگو، با مقدار دونالییلا موجود در جیره غذایی ارتباط مستقیم دارد. در آزمایش دیگری، در لاروهای گونه‌هایی از طوطی‌ماهی (*Oplegnathus. fasciotus*) و (*Oplegnathus punctatus*) که با روتیفرهای غنی‌شده با بتاکاروتن تغذیه شده بودند، افزایش بقای لاروی مشاهده شد (Tachibana *et al*., 1997). در سال‌های اخیر استفاده از دونالییلا به عنوان منبع غذایی غنی از بتاکاروتن یا در ترکیب با دیگر ارگانیسم‌های دریایی مانند: روتیفر و آرتمیا به‌عنوان استاندارد، در آکواریوم و مزارع تکثیر آبزیان مورد استفاده قرار گرفته و معلوم شده است که علاوه بر افزایش وزن، باعث گسترش رنگ و بالا بردن محتوای چربی در میکروارگانیسم‌های دریایی می‌شود (Wang *et al*., 2006).

Ranjbar و همکاران (۲۰۱۳) از گیاه پنیرک (*Malva neglecta*) و گشنیز (*Coriandrum sativum*) حاوی بتا کاروتن طبیعی به عنوان جایگزین کاروتنوئیدهای مصنوعی استفاده کردند و نتیجه گرفتند که رنگدانه‌های طبیعی پنیرک و گشنیز در ایجاد تغییرات رنگ در پوست ماهی گورامی نام علمی تاثیر قابل توجهی دارد. Sinha و Amed Asimi (۲۰۰۱) بیان کردند که گلبرگ گل رزچینی(*Hibiscus rosasinesis*) که دارای بتاکاروتن طبیعی است موجب افزایش رنگ پوست ماهی طلایی می‌شود.

آستازانتین

آستازانتین (۳ و ۳- β- دی هیدروکسی ، β- کاروتن- ۴ ،۴ دی اون) کتوکارتنوئید قرمز رنگی است که در گیاهان، جانوران، باکتری‌ها و قارچها شناسایی شده است (Johnson and An, 1991). این رنگدانه در بسیاری از سخت‌پوستان و ماهیان به دلیل افزایش استفاده از مواد مغذی که نتیجه‌ی آن بهبود رشد می‌باشد؛ از فاکتورهای ضروری جهت رشد محسوب می‌شود (Tizkar, 2012). خروج متابولیت‌های داخلی از دیواره‌ی تخم در سلامت جنین اهمیت بسیار بالایی دارد که کاروتنوئیدهای داخل تخم در مراحل جنینی و لاروی مسئول تامین سلامت لاروها می‌باشند (Craik and Harvey, 1984). گل گیاه آلاله وحشی (*Adonis spp.*) مقادیر قابل توجهی آستازانتین استری دارد که گاهی به‌صورت تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. افزون بر این، این ماده در جانوران دریایی به طور گسترده پراکنده شده و رنگ قرمز تا صورتی ماهی آزاد، قزل‌آلا و سخت‌پوستان به این کارتنوئید نسبت داده شده است (Mori *et al*., 1989). به علاوه؛ در ترکیب با پروتئین‌ها و لیپیدها، انواع رنگ‌های آبی، سبز، بنفش را در موجودات دریایی ایجاد می‌کنند. به همین دلیل از آن به طور وسیع در صنایع شیلات برای رنگ‌کردن گوشت ماهی‌های پرورشی استفاده می‌شود (Mori *et al*., 1989؛ No and Storebakken, 1992). آستازانتین به دلیل داشتن خاصیت ضد سرطانی (Gradelet et al., 1997)، آنتی‌اکسیداتیو و افزایش پاسخ ایمنی بدن (Jyonouchi *et al*., 1994؛ Jyonouchi *et al*., 1995) در صنایع دارویی نیز به‌کار می‌رود (Lawlor and O brine, 1995). رنگدانه‌ی آستازانتین به طور طبیعی در مخمر قرمز (*Xanthophyllomyces ehodorhous*) و جلبک

هماتوکوکوس (*Haematococcus plavialis*) تولید می‌شود (Bjerkeng, 2008). این جلبک دو تاژکی ساکن آب شیرین بوده و تحت شرایط تنش، مقدار زیادی آستازانتین تولید و در سیتوپلاسم خود ذخیره می‌کند (Grunewald *et al*., 1997). تجمع آستازانتین در جلبک هماتوکوکوس، با تغییر مورفولوژیک سلول‌های سبز تاژک‌دار (سلول رویشی) به اسپورهای غیرمتحرک (کیست) قرمز غنی از آستازانتین همراه می‌باشد (Kobayashi *et al*., 1991). احتمال می‌رود مولکول‌های منفرد اکسیژن در تحریک بیوسنتز آستازانتین در این جلبک نقش موثری ایفا می‌کنند (Kobayashi *et al*., 1993). تحقیقات نشان داد که شوری، کمبود فسفات و مصرف ائوزین، کیست‌زایی را تحریک کرده و در نتیجه‌ی آن تشکیل آستازانتین افزایش می‌یابد. با افزودن هیستیدین به محیط کشت این جلبک به‌عنوان خاموش‌کننده‌ی مولکول‌های منفرد اکسیژن، تشکیل اکسیژن تحت شرایط کمبود فسفات کاهش یافته؛ از این‌رو انباشته‌شدن آستازانتین در این جلبک به پاسخ‌های آنتی‌اکسیداتیو آن مربوط می‌شود که زنده مانی این جلبک را تحت شرایط دشوار محیطی افزایش می‌دهد (Farahi ashtiyani *et al*., 2002). عده‌ای از محققان معتقدند که احتمالاً آستازانتین به عنوان یک منبع برای تولید ویتامین A در مرحله رشد و نمو جنینی تخم دارای اهمیت زیادی نباشد؛ بلکه نقش این ماده به عنوان پیش‌ساز ویتامین A در مرحله نوزادی و زمانی‌که کبد در حال توسعه است، ضروری‌تر به نظر می‌رسد (Ornsrud *et al*., 2004). تحقیقات انجام شده، نشان داده است که میزان رنگ‌پذیری عضلات ماهی آزاد پرورشی (Bjerkeng *et al*., 1997) و قزل‌آلای رنگین‌کمان (Nickell, 1998) با افزایش میزان چربی در جیره‌های حاوی رنگدانه آستازانتین افزایش یافته است. Leger (۱۹۸۶) بیان داشت که آستازانتین موجود در جیره‌های حاوی چربی؛ همراه با نمک‌های صفراوی، اسیدهای چرب و دیگر ویتامین‌های محلول در چربی از روده جذب می‌شوند. Parker (۱۹۹۶) معتقد است که جذب آستازانتین همراه با اسیدهای چرب در روده یک فعالیت (فرایند) آرام بوده و اسیدهای چرب در روده به آرامی به تری‌اسیل گلیسرول (TAG) تبدیل شده و آستازانتین و یا دیگر زانتوفیل‌های شبیه به آن همراه با TAG به‌صورت لیپوپروتئین‌هایی به‌نام چیلومیک رون در می‌آیند و سپس به خون منتقل می‌شوند (Sheridan *et al*., 1985). آستازانتین و دیگر رنگدانه‌های زانتوفیل براساس قطبیت سلولی‌شان به سطح چیلومیکرون‌ها متصل می‌شوند (Zaripheh and Erdman, 2002).

کانتازانتین

کانتازانتین (Canthaxanthin) یک ترکیب شیمیایی با جرم مولی ۵۶۴/۸۲ g/mol می‌باشد. فرمول شیمیایی $C_{40}H_{52}O_2$ بوده از گروه کاروتنوئید و شکل ظاهری این ترکیب، بلورهای ارغوانی است. این رنگدانه در بدن برخی از جانداران مختلف مانند شانک‌ماهیان دیده می شود. کانتازانتین رنگدانه طبیعی نوعی قارچ به رنگ زرد صورتی می‌باشد. اما به هر حال در برخی از سخت‌پوستان، حشرات و ماهی‌ها هم یافت می‌شود. این رنگدانه جهت تقویت پیگمانتاسیون زرده تخم‌مرغ‌های تولیدی و جوجه‌های گوشتی استفاده می‌شود. این رنگدانه عملکردهای فیزیولوژیکی متعددی را برعهده دارد و در زمان کمبود ویتامین A به این ویتامین تبدیل می‌شود. یکی از منابع رنگدانه کانتازانتین پریان میگوها (Phallocryptus spinose) می‌باشند (Velu *et al*., 2003; Munuswamy, 2005). که در مقایسه با غذای کنسانتره در مولدین ماهیان زینتی آب شیرین نه تنها موجب افزایش تعداد تخم، بهبود تخم‌گشایی در آن‌ها و کاهش زمان لازم تا تخم‌ریزی می‌شود، بلکه می‌تواند متضمن تولید رنگ‌های بسیار زیبایی در آن‌ها گردد (Munuswamy, 2005).

لوتئین

لوتئین رنگدانه بزرگ زرد رنگ گیاهی است که در عصاره گل همیشه بهار، علف، یونجه و گلبرگ‌های جعفری (Torrissen and Christiansen, 1995) یافت می‌شود و به عنوان یک آنتی‌اکسیدان فعال در بافت‌های مختلف محسوب می‌گردد (Yeum and Russel, 2002). منابع غذایی حاوی لوتئین شامل گیاهان سبز تیره، سبزیجات نشاسته‌دار، پوست تخم‌مرغ، میوه‌جات می‌باشد. این رنگدانه قابلیت جذب و تثبیت در عضله آزادماهیان را دارد (Welker *et al*., 2001). لذا جایگزینی رنگدانه گیاهی با رنگدانه مصنوعی امری مهم محسوب می‌شود. در حال حاضر از آستاگزانتین مصنوعی برای رنگ‌پذیری آزاد ماهیان استفاده می‌شود، ولی اکنون می‌توان از کاروتنوئیدهای گیاهی برای این منظور استفاده کرد (Vernon Carer *et al*., 1994; Yanar *et al*., 1997). Talebi و همکاران (۲۰۱۳) تاثیر رنگدانه گیاهی لوتئین بر رشد و فاکتورهای خونی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که استفاده از این رنگدانه در جیره غذایی، تاثیر مثبتی بر فاکتورهای ذکر شده خواهد داشت. همچنین Talebi و همکاران (۲۰۱۱)، تاثیر فلفل دلمه‌ای قرمز را بر رشد، رنگ‌پذیری بافت و فاکتورهای خونی ماهی

قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد بررسی قرار دادند که نتایج این تحقیق نشان از تاثیر مثبت این رنگدانه گیاهی بر فاکتورهای یاد شده داشت. میزان بقای بسیار بالا، رشد مناسب ماهیان و عدم تأثیرپذیری شاخص‌های عملکرد رشد و مصرف غذایی از جیره‌های غذایی در بررسی‌های Ghobadi و Khodabakhsh (۲۰۱۳) ثابت کرد که رنگدانه گیاهی لوتئین اثرات منفی بر روی سلامتی ماهی آزاد دریای خزر نداشته و برعکس تاثیر مثبت بروز می‌دهد و از جمله علل احتمالی افزایش وزن می‌توان به اثر مثبت کاروتنوئیدها بر متابولیسم، تسریع هضم و جذب و افزایش بهره‌وری از مواد مغذی اشاره نمود (Tacon, 1981; Amar *et al*., 2001). احتمالاً یکی از مهم‌ترین عوامل بهبود شرایط رشد در ماهیان تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی رنگدانه لوتئین، نقش مثبت این رنگدانه در بهبود شرایط ایمنی ماهیان می‌باشد. بطور کل رنگدانه‌ها به خاطر خاصیت آنتی‌اکسیدانی مناسب، سیستم ایمنی را تقویت کرده و باعث افزایش مقاومت می‌شوند که در نهایت موجب کاهش استرس و بقای بیش‌تر ماهیان و همچنین بهبود شرایط رشد می‌گردند. افزودن رنگدانه لوتئین که حاوی مقادیر بالایی از ویتامین Aبه عنوان آنتی‌اکسیدان می‌باشد، به جیره غذایی باعث افزایش بقا شد که با یافته‌های Amani nejad و همکاران (۲۰۰۹)، Bjerkeng و همکاران (۲۰۰۰) و Torrisen و همکاران (۱۹۹۶) مشابهت دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

اگر چه کارتنوئیدها برای سلامتی جانداران مفید هستند اما به عنوان منبع غذایی اهمیت بالایی در تغذیه آبزیان ندارند. کارتنوئیدها دارای یک گروه بی‌نظیر بتاکاروتن، آلفاکاروتن و بتاکریپتوزانتین هستند که پیش‌ماده سازنده ویتامین A در جانداران است. به علاوه، کانتازانتین در آزادماهیان نیز به رتینول تبدیل می‌شود که در بینایی اهمیت فراوانی دارد. کارتنوئیدهای لوتئین، زیازانتین و آستازانتین نیز به عنوان مواد سازنده ۳، ۴ دهیدرورتینول (ویتامینA_2) در برخی از ماهیان آب شیرین نیز گزارش شده است (Matsuno, 1991؛ Schiedt, 1998) بسیاری از جانداران دریایی کارتنوئیدها را در پوشش خود ذخیره می‌کنند. این کارتنوئیدهای پوششی ممکن است با حفاظت موجود در برابر نور، استتار و تغییر رنگ در زمان تولید مثل، رابطه داشته باشند. به علاوه، کارتنوئیدها فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی بسیار خوبی برای کم کردن مقدار اکسیژن و جلوگیری از پراکسیداسیون چربی‌ها انجام می‌دهند. برای مثال آستازانتین در آزاد ماهیان فشار اکسایشی را فرو می‌نشاند (Nakano *et al*., 1999; Nakano *et al*., 1995). از سویی دیگر، تحقیقات نشان داد که جانوران دریایی کارتنوئیدها را در گنادهای خود ذخیره می‌کنند. همان‌گونه که رنگدانه آستازانتین در سالمون‌های پرورشی و سیم دریایی سرخ باعث تقویت تخمدان‌ها، افزایش قابلیت باروری، بهبود در میزان لاروگشایی تخم‌ها و رشد و بقاء لاروها می‌شود (Torrissen and Christiansen, 1995). همچنین در توتیای دریایی نیز استفاده از جیره غذایی مکمل با بتاکاروتن که به اکینون متابولیزه شد، باعث بهبود قابلیت تولید مثل و در نتیجه بقاء لاروهای حاصله افزایش یافت(Tsushima *et al*., 1997). افزون بر این محققان ثابت کردند که کارتنوئیدها باعث افزایش قدرت سیستم ایمنی بدن در جانداران دریایی می‌شوند (Kawakami *et al*., 1988; Thompson *et al*., 1995). از دیگر قابلیت‌های کارتنوئیدها استفاده از آن‌ها در رنگ‌آمیزی ماهیان پرورشی می‌باشد. برای مثال از آستازانتین‌های طبیعی به دست آمده از مخمر قرمز و جلبک هماتوکوکوس پلاویالیس و منابع مصنوعی آن، به طور گسترده جهت رنگ‌آمیزی آزادماهیان، ماهیان قزل‌آلا و ماهی سیم دریایی سرخ مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج نشان داد برتری انتخاب کارتنوئیدها نسبت به یک‌دیگر، به تفاوت در نوع و گونه‌ی ماهی و یا هر آبزی موردنظر دیگر بستگی دارد. به علاوه گیرنده‌های دریافت‌کننده‌ی کارتنوئیدی در برخی از آبزیان به طور انتخابی قابلیت جذب بیش‌تر یکی از انواع کارتنوئیدها را نسبت به سایرین دارا می‌باشند؛ برای مثال در آزاد ماهیان قابلت جذب آستازانتین نسبت به کانتازانتین بالاتر بوده و این نسبت در برخی از ماهیان زینتی و گونه‌های دریایی زرد رنگ مانند ماهی دم زرد در ارتباط با رنگدانه لوتئین که از گل گیاه جعفری استخراج می‌شود، نسبت به سایر رنگدانه‌ها صدق می‌کند. از این‌رو از رنگدانه زیازانتین که از جلبک اسپیرولینا به دست می‌آید، برای ایجاد رنگ قرمز در ماهیان زینتی قرمز رنگ مانند کپور زینتی استفاده می‌شود (Torrissen and Christiansen, 1995). لذا استفاده از رژیم غذایی حاوی کارتنوئیدها باعث بهبود رنگ ماهیان زینتی که نتیجه‌ی آن بازارپسندی بهتر و قیمت بیش‌تر این ماهیان می‌شود را در پی داشته باشد (Matsuno, 2006).

کارایی منبع کاروتنوئیدی برای ذخیره‌سازی و تولید رنگدانه‌ها نیز بستگی به گونه ماهی دارد. تمامی ماهی‌ها راه‌های مشابهی برای متابولیسم کاروتنوئیدها ندارند. برای مثال گلدفیش توسط ۴ کتوزئاگزانتین ۱۳- رنگدانه گزانتوفیلیزرد زیازانتین را به رنگدانه کاروتنوئیدی قرمز آستازانتین تبدیل می‌کند (Hata and Hata,

1972) و برخلاف آن ماهی برعکس قزل‌آلای رنگین‌کمان توانایی تبدیل آستازانتین را به زیازانتین دارد (Katsuryama and Komori, 1987).

در این بررسی، کارتنوئیدهای جانداران دریایی از طرق محصولات شیمیایی و طبیعی و کارتنوئیدهای دارای ساختار جدید که از سایر جانداران آبزی به دست می‌آید مورد بررسی قرار گرفت. به علاوه، هنوز هم در سایر جانداران آبزی کارتنوئیدهای جدیدی می‌توانند وجود داشته باشند که کشف نشدند که می‌توانند اطلاعاتی در ارتباط با عملکرد زنجیره غذایی و هم‌چنین مسیرهای متابولیکی در جانداران دریایی در اختیار محققین قرار دهند.

با توجه به این که رنگدانه‌ها به عنوان افزودنی در جیره غذایی ماهیان دارای عملکرد زیستی در تولیدمثل، تنفس و تغذیه آبزیان می‌باشند، استفاده از آنان در جیره‌غذایی توصیه می‌شود. استفاده از کارتنوئیدها در جیره غذایی مولدین نر و ماده به منظور تکثیر موفق و فراهم‌آوردن نسلی با کیفیت و کمیت بهتر و تعیین سطوح بهینه این رنگدانه‌ها در شرایط مختلف پرروشی از اهمیت خاصی برخوردار است. با این وجود، با توجه به این که استفاده از رنگدانه‌های مصنوعی ممکن است دارای اثرات مخرب بر محیط‌زیست باشد، توصیه می‌شود از رنگدانه‌های طبیعی در تولید و فرآوری آبزیان استفاده شود. این کارتنوئیدهای طبیعی مسیرهای مطمئنی را برای بسیاری از صنایع غذایی دریایی فراهم می‌کند تا محصولات‌شان را به عنوان یک محصول طبیعی با تفاوت چشم‌گیر از محصولات حاصل از رنگدانه‌های مسنوعی ترویج نمایند. به طورکلی رنگ آبزیان، به حفظ و نگهداری رنگدانه‌های کارتنوئیدی بستگی دارد که به منظور بهبود ضریب نگه‌داری می‌بایست فاکتورهایی مانند: جذب، تثبیت و متابولیسم این رنگدانه‌ها به طور دقیق محاسبه شود.

منابع

Ahmadi, S., Farhangi, M., Rafiee, GH. R. and Ghaedniya, B., 2008. The effect of astaxanthin on growth and survival rate of Litopenaeus vannamei. Journal of Marine Science and Technology. Volume 32, Issue 2, Summer 2008.

Amar, E. C., Kiron, V., Satoh, S. and Watanabe, T., 2001. Influence of various dietary synthetic carotenoids on bio-defence mechanism in rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). Aquaculture Research, 32: 162-173.

Amani nejad, B., Emadi, H., Emtiyaz ju, M. and Hasan zade sahafi, H., 2009. Safety indicators) complement and peroxidase (rainbow trout (*ncorhynchus mykiss)*. Journal of Marine Biology, First Year, Issue IV, pp.9 - 12.

Bjerkeng, B., Storebakken, T. and Liaaen, S., 1992. Pigmentation of rainbow trout from start feeding to sexual maturation. Aquaculture, 108: 333-346.

Bjerkeng, B., Storebakken, T. and Liaaen-Jensen, S., 2000. Response to carotenoids by rainbow trout in the sca: resporption and metabolism of dictary astaxanthin and canthaxanthin. Aquaculture, 91: 153-162.

Bjerkeng, B., 2008. Carotenoids in aquaculture: Fish and crustaceans. *In*: (G. Britton, S. Liaaen-Jensen, & H. Pfander Eds.), Birkhäuser, Basel, Switzerland. 4:237-250.

Boonyaratpalin, M. and Unprasert, N., 1989. Effect of pigments from different sources on colour changes and growth of red *Oreochromis niloticus*. Aquaculture, 79: 375-380Britton, G., Liaaen-Jensen, S. and Pfander, h., 2004. Carotenoides hand book. Birkhauser. Basel. Switzerland.

Choubert, G., 1982. Method for colour assessment of canthaxanthin pigmanted rain bow trout (*Salmo gairdneri*). Sci. Aliments. 2: 451 - 463.

Choubert, G. and Storebakken, T., 1989. Dose response to astaxanthin and canthaxanthin pigmantation of rain bow trout fed various carotenoid concentrations Aquaculture. 81: 69 - 77.

Choubert, G., Milicua, J.C.G. and Gomez, R., 1994. The transport of astaxanthin in immature rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* serum.Comp Biochem Physiol A Physiol, 108:245-248.

Craik, J.C.A., and Harvey, S.M., 1984. Egg quality in rainbow trout: the relation between egg viability, selected aspects of egg composition, and time of stripping. Aquaculture, 40:115-134.

Craik, J.C.A., 1985. Egg quality and egg pigment content in salmonid fishes. Aquaculture 47: 61–88.

Edge, R., McGarvey, D.J. and Truscott, T.G., 1997. The carotenoid as antioxidants. A review. Journal of Photochemistry and Photobiolog Biology, pp189 -200.

Farahi ashtiyani, S., Mahdiye, M. and Nahvi, A., 2002. The effect of Salinity, phosphate deprivation and eosin on growth and production of astaxanthin in *Haematococcus pluvialis.* Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources .jld second Shshm.shmarh. Pp. 201-212.

Fernandez-Palacios, H., Izquierdo, M.S., Gonzalez, M., Robaina, L., Valencia, A., 1998. Combined effect of dietary a-tocopherol and ny3 HUFA on egg quality of gilthead seabream broodstockŽSparusaurata.Aquaculture 161, 475–476.

Fey, M. and Meyers, S.P., 1980. Evaluation of carotenoid fortified flake diets with the pearl

Johnson, E. A. and An, G. H., 1991. Astaxanthin from microbial sources. Crit. Rev. Biotechnxanthin xol. 11:297-326.

Jyonouchi, H., Zhang, L., Gross, M. and Tomita, Y., 1994. Immunomodulating actions of carotenoids: enhancement of invivo and invitro antibody production to T-dependent antigents. Nutr. Cancer 21: 47-58.

Jyonouchi, H., Sun, S. and Groos, M. D., 1995. Astaxanthin a catotenoid without vitamin A activity. Augments antibody response in culture including T- helper cell clons and suboptimal doses of antigen .J.Nutr. 125: 2483- 2492.

Kawakami, T., Tsushima, M., Katabami, Y., Mine, M., Ishida, A. and Matsuno, T., 1988. Effect of P,P-caroten, P-echinenone, astaxanthin, fucoxanthin, vitamin A and vitamin E on the biological defense of the sea urchin (*Pseudocentrotus depressus*). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 226: 165 - 170.

Kitahara, T., 1983. Behavior of Carotenoids in the chum salmo *(Oncorhynchus keta*) during development. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 50(3): 531 - 536.

Katsuyama, M. and Komori, T., 1987. Metabolism of three stereoisomers of astaxanthin in the fish, rainbow trout and tilapia. Comparative Biochemistry and Physiology, 86B, 1-5.

Kobayashi, M, Kakizono, T and Nagai, S. 1993. Enhancement carotenoid biosynthesis by oxidative stress in acetate-induced cyst cells of a green unicellular alga (*Haematococcus pluvialis).* Appl. Environ. Microbiol. 59: 867-873.

Lawlor, S. M. and O·Brine, M. N., 1995. Astaxanthin antioxidant effects in chiken embryo fibroblasts, Nutr. Res. 15:1695- 1710.

Leger, C., 1986. Digestion, Absorption and Transport of Lipids. In Nutrition and Feeding in Fish Edited by: Cowey CB, Mackie AM, Bell JG.Academic Press, 299-331.

Loginova, T. A., 1967. Carotenoid of rain bow trout in the developments of gonadsand the eggs in the metabolism and biochemistry of fishes. Vysshaya Shkova press. Moscow. 336 – 340(in Rassian).

Lovell, T., 1992. Aquaculture Ma Sazine. Spet. Oct. 77 – 79.

Maoka, T. and Ando, S., 2007. Isolation of purple nur-carotenoid 2, 3- Dihydroserythrin from Craw fish (*Procombarus clarkius*). Fish. Sci. 73: 967 – 968.

Maoka, T. and Akimoto, N., 2006. 2, 3-Dihydroxycanthaxanthin, a new carotenoid with a 2-hydroxy-4- oxo-p-end grup from the hermit Crab. Paralithodes brevipes. Chem. Pharm. Bull. 54: 1462 – 1464.

Gourami Trichogaster leeri. J. Aquaricult., 1: 15-19.

Firuzbakhsh, S., 2012. The use of pigmants in Aquaculture. master thesis. Faculty of Fisherise and Environment. Gorgan university of agriculture sciences and natural resourses. 69 pp.

Foss, P., Storebakken, T., Austreng, E. and Liaaen-Jensen, S., 1987. Carotenoids in diets for salmonids. V. Pigmentation of rainbow trout and sea trout with astaxanthin, astaxanthin dipalmitate and canthaxanthin. Aquaculture, 65, 293-305

Fujiwara, Y., Maoka, T., Ookubo, M. and Matsuno, T., 1992. Crassostreaxanthins A and B: Novel marine carotenoids from the oyster (*Crassostrea gigas*). Tetrahedron Lett. 33: 4941 - 4944.

Ghobadi, Sh. and Khodabakhsh, E., 2013. The effect of plant pigments lutein on growth factors, nutrition, survival and staining Gvshtmahy Caspian (*Salmo trutta caspius*). Journal of Marine Biology - University of Ahvaz Issue eighteenth

Gouveia, L., Gomes, E. and Empis, J., 1997. Use of Chlorella volgaris in diets for rainbow trout to enhance pigmentation of muscle. Journal of Applied Aquaculture, 7: 61-70.

Gradelet, S., Astorg, P., Le Bon, A. M., Berges, R. and Suschetet, M. 1997. Modulation of aflatoxin B_1 Carcinogenicity, genoloixcity and metabolism in rat liver by dietary carotenoids: evidence for a protective effect of CYPIA inducens. Cancer Lett. 114:221-222

Grunewald, K., Hagen, C. and Braune, W., 1997. Secondary carotenoid accumulation in flagellates of the green alga (*Haematococcus pluvialis).* Eur. J. Phycol. 32: 387- 392

Gupa, S. K., Pal, A. K. and Venkateshwarlu, G., 2006. Use of natural carotenoid for pigmantation in fishes. 46 -49.

Harris, L.E., 1984. Effects of a broodfish diet fortified with canthaxanthin on female fecundity and egg color.Aquaculture. 43: 179–183.

Hata, M. and Hata, M., 1972. Carotenoid pigments in goldfish IV. Carotenoid metabolism. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 38, 331- 338. Nickell, D., 1998. Problems of pigmentation in rainbow trout. Trout News, 26:26-30.

Hatlen, B., Jobling, M. and Bjerkeng, B. 1998. Relationships between carotenoid concentration and colour of fillets of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), fed astaxanthin. Aquaculture Res. 29: 191-202.

Izquierdo, M.S., Fernandez-Palacios, H. and Taco, A.G., 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. Aquaculture 197: 25–42.

status and egg incubation temperature on subsequent development of the early vertebral column in Atlantic salmon fry .Fish Biol., 64, 399

Parker, R.S. 1996. Carotenoids .4. Absorption, metabolism, and transport of carotenoids. FASEB J, 10:542-551.

Ranjbar, A., Khodadadi, M., Avkh kismi, M. and Salehpoor, A., 2013. Compare the use of natural carotenoids plant of *Malva neglecta* and *Coriandrum sativum* Golden Gourami fish individually on the color of skin *(Trichogaster trichopterus*). Aquaculture and Fisheries 14 (4): 3-15.

Raymundo, A., Gouveida, L., Batista, A. P., Empis, J. and Sousa, I., 2005. Fat mimetic capacity of cholorella vulgaris biomas in oil-in-water food emulsions stabilized by pea protein. Food Research International, 38: 961-965.

Sales, J. and Janssens, P. X., 2003. Nutrient requirments of ornamental fish. Aquat. Living. Resour. 16: 533 – 540.

Schiedt, K., (a)1998. Absorption and metabolism of carotenoids in birds, fish and crustaceans. In Carotenoids Biosynthesis and Metabolism; Britton, G., Liaaen-Jensen, S., Pfander, H., Eds., Birkhäuser: Basel, Switzerland, Volume 3, pp. 285–358.

Sheridan, M.A., Friedlander, J.K.L., Allen, W.V., 1985. Chylomicra in the serum of postprandial steelhead trout (*Salmo gairdnerii*).Comp Biochem Physiol B, Biochem Mol Biol, 81:281-284.

Sinha, A. and Amed Asimi, O., 2007. China rose (*Hibiscus rosasinensis*) petals: A potent natural carotenoid source for goldfish (Carassius auratus). Aquaculture Research, 38(11): 1123-1128.

Tachibana, K., Yagi, M., Hara, K., Mishima, T. and Suchimote, M., 1997. Effects of feeding of Bcarotiene supplemented rotifers on survival and lymphocyte proliferation reaction of fish larvae Japanese parrotfish (*Oplegnathus fasciotus)* and spotted parrotfish (*Oplegnathu punctatus*): Preliminary trials. Hydrobiologia, 358:313-316.

Tacon, A. G. J., 1991. Speculative review of possible carotenoid function in fish. Progressive Fish-Culturist, 43: 205-208.

Talebi, M., Khara, H., Zoriehzahra, J., Ghobadi, Sh., Khodabandelo, A. and Mirrasooli, E., 2011. The Effects of Lutein on Growth and Blood Factors of Rainbow Trout. International Conference on Chemical, Ecology and Environmental Sciences (ICCEES'2011), Dec. 17-18, 2011 in Pattaya, Thailand.

Talebi, M., Khara, H., Zoriehzahra, J., Ghobadi, Sh., Khodabandelo, A. and Mirrasooli, E., 2013. Study on Effect of Red Bell Pepper on Growth, Pigmentation and Blood Factors of

Maoka, T., 2009. Resent progress in structural studies of carotenoids in animals and plants. Arc. Biochem. Biophys. 483: 191 – 195.

Maoka, T., Akimoto, N., Terada, Y., Komemushi, S., Harada, R., Sameshima, N. and Sakogami, Y., 2010. Stracture of minor carotenoids from crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci*). J. Nat. PROD. 73: 675 – 678.

Marasco, Erin K., Vay, Kimleng, Schmidt-Dannert, Claudia (2006). "Identification of Carotenoid Cleavage Dioxygenases from Nostoc sp. PCC 7120 with Different Cleavage Activities". Journal of Biological Chemistry (ASBMB) *281(42): 3158* 31593. Doi:10.1074/jbc.M606299200. PMID 169 20703.

Matsuno, T., Hirao, S., 1989. Marine carotenoids. In Marine Biogenic Lipids, Fats, and Oils; Ackman, R.G., Ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, Volume 1, pp. 251–388.

Matsuno, T., 1991. Xanthophylls as procurer of retinoids. Pure. Appl. Chem. 63: 81 – 88.

Matsuno, T., 2001. Animal carotenoids. In Carotenoids Chemistry and Biology; Krinsky, N.I., Mathews-Roth, M.M., Taylor, R.F., Eds., Plenum Press: New York NY,USA, pp. 59-74

Miki, W., 1991. Biological functions and activities of animal carotenoids. Pure Appl. Chem. 63, 141–146.

Mikulin, A. Y., 2003. The influence of carotenoids contained in the eggs upon the offspring quality at artificial fish breeding. Proceedings book, Internat. Symp. Coldwater Aquaculture, 8–13, September 2003, St Petersburg, Russia, p. 72.

Mori. T., Makabe, K., Yamaguchi, K., Konosu, S. and Atai, T. 1989. Comparison between klill Astaxanthin diester and synthesized free Astaxanthin suplemented to diets in their absorption and deposition by juvenile coho salmon *(Oncorhynchus kisutch).* Comp. biochem. Physiol. *9*38: 255- 264.

Munuswamy, N., 2005. Fairy shrimps as live food in aquaculture, aquatic feeds: Formulation and beyond, 2(1), 10–12.

Nakano, T., Tosa, M. and Takeuchi, 1995. Improvement of biochemical feature in fish health by red yeast and synthetic astaxanthin. J. Agric. Food. Chem. 43: 1570 – 1573.

Nakano, T., Kammuri, E., Sato, M. and Takeuchi, 1999. Effect of astaxanthin rich red yeast (*Phaffia rhodozyma*) on oxidative stress in rain bow trout. Biochim. Biophys. Ads. 1426: 119 – 125.

No, H. K. and Strorebakken, T., 1992. Pigmentation of rain-bow trout with astaxanthin and canthaxanthin in freshwater and saltwater.Aquaculture. 110: 123-134.

Ornsrud, R., Wargelius, A., Sale, O., Pittman, K., Waagbo, R. J., 2004. Influence of egg vitamin A

Japanese abalone *Haliotis discus*. Fish.Sci. 64, 660–661.

Tsushima, M., Kawakami, T., Mine, M. and Matsuno, T., 1997. The role of carotenoids in the development of the sea urchin pseudocentrotus depressus. Invert. Repord. Develop. 32: 149 – 153.

Velu, C.S. and Munuswamy, N., 2003. Nutritional evaluation of decapsulated cysts of fairy shrimp (*Streptocephalus dichotomus*) for ornamental fish larval rearing. Aquaculture Research, 34, 967-974.

Vernon Carter, J., Ponce Palafox, J. T. and Pedroza Islas, R., 1994. Bioensayo de pigmentation de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) con extractos de chile ancho (*Capsicum annum*). Archivos Latinoamericanosde Nutricion, 44: 252-255.

Welker, C., De Negro, P. and Sarti, M., 2001. Green algal carotenoids and yellow pigmentation of rainbow trout fish. Aquaculture International, 9: 87-93.

Wooster, G.A., Bowser, P.R., 2000. Remediation of Cayuga Syndrome in landlocked Atlantic salmon (*Salmo salar*) using egg and sac-fry bath treatments of thiamin-hydrochloride. J. World Aquacult., Soc. 31,149–157.

Wang, Y.J., Huchien, Y. and Hugpan, Ch., 2006. Effects of dietary supplementation of carotenoids on survival, growth, pigmentation and antioxidant capacity of characins, (*Hyphessobry callistus*). Department of Aquaculture, National Taiwan Ocean University Keelung, Taiwan. 202P

Yanar, M., Kumlu, M., Celik, M., Yanar, Y. and Tekelioglu, N., 1997. Pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with carotenoids from red pepper. Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh, 49: 193-198.

Yeum, Yeum, K. J. and Russell, R. M., 2002. Carotenoid bioavailability and bioconversion. Annual Review of Nutrition, 22: 433-504.

Zakariaee, H., Sudagar, M., Mazandarani, M. and Hosseini, S. A., 2014. The effect of Astaxanthin on sexual maturing and focundity and survival larval of fighter fish (*Betta splendens*). Journal of Animal Environment In press

Zaripheh, S., Erdman, JW. 2002. Factors that influence the bioavailability of xanthophylls. J Nutr.132:531S-534S.

Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). World Journal of Zoology, 8 (1): 17-23.

Teodoresco, E.C., 1905. Organization et development du Dunaliella, nouveau genre de volvocaceepolyblepharilee. Beih z bot central b, Bd, XVIII: 215-232.

Thompson, I., Choubert, G. D., Houlihan, F. and Secombes, C. J., 1995. The effect of dietary vitamin A and Astaxanthin on the immonocompetence rainbow trout. Aquaculture. 133: 91 – 102.

Tim, J., Bowden, T.J., Thompson, K.D., Morgan, A.L. and Nikoskelainen, A., 2007. Seasonal variation and immune response: A fish perspective. Department of Zoology, University of Aberdeen, Scotland, UK. pp.695-70

Tizkar, B. 2012. The Physiological effects of Carotenoids astaxanthin and beta-carotene on the activities of reproduction and growth of goldfish (*Carassius auratus*). Ph.D. Thesis. Faculty of Fisherise and Environment. Gorgan University of agriculture sciences and natural resourses. 148 pp.

Torrissen, K.R., 1981. The effects of light on the mortality of different pigmented Atlantic salmon (*Salmo salar*) eggs. I.C.E.S. C.M./M: 16.

Torrissen, OJ. Hardy, K. W., Shearer, K. D., 1989. Pigmentation of salmonid carotenoid deposition and metabolism. CRC. Crit. Rev. Aquat. Sci. 1: 209 – 225.

Torrissen, O. J., 1990. In The Current Status of Fish Nutrition in Aquaculture, (ed. M. Takeda and T. Watanabe),p. 387. Tokyo University of Fisheries, Tokyo.

Torrissen, O. J., and Christiansen, R., 1995. Requirements for carotenoids in fish diets. J. Appl. Ichthyology. 11,225-230.

Torrissen, O. J., Hardy, R. W., Shearer, K. D., Scott, T. M. and Stone, F. E., 1996. Effect of Dietray Lipid on Apparent Digestibility Coefficients for Canthaxanthin in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 88: 351-362

Tsushima, M., Kawakami, T. M. and Matsuno, T., 1989. Comparative biochemical etadies of carotenoids in marine invertebrates. The first positive identification of 5,5-caroten derivatives and isolation of two new carotenoids from chitons. Comp. Biochem. Physiol. 93B: 665 – 671.

Tsushima, M., Matsuno, T., 1998. The role of b-carotene on growth and survival of juvenile