



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
دانشکده شیلات و محیط زیست  
پایان نامه کارشناسی ارشد

اثرات رژیم غذایی حاوی کاروتنوئیدها (آستاگزانتین و بتاکاروتن) روی رشد، بقا و  
رنگی شدن ماهی ردپیکوک (*Aulonocara hansbaenschi*)

پژوهش و نگارش  
ساناز فلاحزاده

استاد راهنما  
دکتر محمدرضا ایمانپور

استاد مشاور  
دکتر بهاره شعبانپور

پاییز ۹۰

### تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیتهای علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می شود، بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به موارد ذیل متعهد می شوند:

- ۱) قبل از چاپ پایان نامه (رساله) خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.
- ۲) در انتشار نتایج پایان نامه (رساله) در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.
- ۳) انتشار نتایج پایان نامه (رساله) باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب ساناز فلاحزاده دانشجوی رشته تکثیر و پرورش آبزیان مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آنرا قبول کرده و به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی و امضا

## تقدیم به

روح مطہر پدر عزیز و دوست داشتنی ام که موفقیتم آرزوی ہمیشگی اش بود

مادر مہربان، صدیق و نیک سیرتم کہ کوشید تا با سایم و رنج کشید تا با ارامم

ہمسرفداکارم کہ مشوق اصلی و پشتوانہ محکمہ برایم بودہ است

## تشکر و قدردانی

اکنون که به فضل و یاری ایزد منان، توفیق پیمودن مسیری کوتاه از راه بی‌منتهای علم و دانش نصیب گردید، لازم می‌دانم مراتب سپاس و قدردانی خود را خدمت عزیزانی ابراز نمایم که از همراهی و همکاری سودمندشان بهره‌مند بوده‌ام.

از جناب آقای دکتر ایمانپور که همواره با راهنمایی‌های ارزنده در مراحل تحقیق همراه من بودند و سرکار خانم دکتر شعبانپور که مسئولیت مشاوره این پایان‌نامه را بر عهده داشتند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنم.

از جناب آقای دکتر جعفری و جناب آقای دکتر سوداگر به خاطر تقبل زحمت داوری این تحقیق و همچنین از جناب آقای دکتر وارسته نماینده محترم تحصیلات تکمیلی، کمال تشکر را دارم. از جناب آقای رجایی، مدیر محترم مرکز تکثیر و پرورش ماهیان زینتی خزر ماهی آراد، که امکانات لازم را در اختیار بنده قرار دادند و نهایت همکاری را با من نمودند، صمیمانه سپاسگذاری می‌نمایم.

از خانم مهندس ابوالفتحی و خانم مهندس پاکروان‌فر به پاس محبت‌های بی‌دریغشان صمیمانه تشکر می‌نمایم.

در پایان از محبت‌ها و دلگرمی‌های تمامی کسانی که در این مدت همیار من بوده‌اند کمال قدردانی را دارم. یادم می‌ماند که به پاس لحظات ارزشمندی که متعلق به خودشان بود و از من دریغ نورزیدند، مدیونشان بمانم و همواره روزهایی سرشار از موفقیت و سربلندی را برایشان آرزو مندم.

## چکیده

هدف از مطالعه حاضر، تعیین اثرات رژیم غذایی مکمل شده با کاروتنوئید بر عملکرد رشد، بقا و رنگی شدن در ماهی ردپیکوک *Aulonocara hansbaenschi* از ماهیان زیتتی بود. این آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۳ تکرار اجرا شد. دو نوع کاروتنوئید، آستاگزانتین و بتاکاروتن در دو سطح ۴۰ و ۱۰۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم غذا روی جیره تجاری اسپری شد. یک جیره بدون کاروتنوئید به عنوان جیره شاهد در نظر گرفته شد. ماهیان به مدت ۸ هفته مورد غذایی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که ماهیان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی، در مقایسه با تیمار شاهد، اختلاف معنی داری در وزن به دست آمده، ضریب تبدیل غذایی، فاکتور وضعیت، نرخ رشد ویژه و بقا نداشتند ( $p > 0.05$ ). میزان آستاگزانتین و بتاکاروتن در پوست ماهی، با افزایش غلظت کاروتنوئید در جیره غذایی افزایش یافت. بدون توجه به نوع و غلظت کاروتنوئید جیره غذایی، آستاگزانتین کاروتنوئید عمده در ماهی ردپیکوک بود. تفاوت معنی داری بین نسبت آستاگزانتین به بتاکاروتن در تیمارهای آزمایشی وجود داشت ( $p < 0.05$ ). نسبت نهایی بالاتر آستاگزانتین به بتاکاروتن نشان می‌دهد که ماهی ردپیکوک، اکثر بتاکاروتن جیره غذایی را داخل بدن به آستاگزانتین برای ذخیره‌سازی تبدیل می‌کند. تیمارهای تغذیه شده با جیره حاوی رنگدانه آستاگزانتین، درصد بیشتر تجمع رنگدانه در پوست را نشان داد. در صورتی که تیمارهای تغذیه شده با رنگدانه بتاکاروتن، نیز تجمع رنگدانه در پوستشان دیده شده که دارای مقادیر کمتری بود.

کلمات کلیدی: ماهی ردپیکوک (*Aulonocara hansbaenschi*)، کاروتنوئید، آستاگزانتین، رنگی شدن، بتاکاروتن.

## فهرست

صفحه	عنوان
	<b>فصل اول</b>
۲.....	۱-۱ مقدمه
۴.....	۲-۱ کلیات
۴.....	۱-۲-۱ ردپیکوک و خاستگاه آن
۶.....	۲-۲-۱ کاروتنوئیدها
۷.....	۱-۲-۲-۱ تقسیم‌بندی کاروتنوئیدها
۸.....	۲-۲-۲-۱ ساختار کاروتنوئیدها
۱۰.....	۳-۲-۲-۱ هضم و جذب کاروتنوئیدها
۱۱.....	۴-۲-۲-۱ تبدیل متابولیکی کاروتنوئیدها
۱۲.....	۵-۲-۲-۱ فعالیت‌های زیستی کاروتنوئیدها
۱۲.....	۶-۲-۲-۱ آستاگزانتین
۱۳.....	۱-۶-۲-۲-۱ ساختار شیمیایی آستاگزانتین
۱۳.....	۲-۶-۲-۲-۱ ایزومرهای نوری آستاگزانتین
۱۴.....	۳-۶-۲-۲-۱ ایزومرهای هندسی آستاگزانتین
۱۴.....	۴-۶-۲-۲-۱ آستاگزانتین آزاد و استری شده
۱۵.....	۵-۶-۲-۲-۱ منابع آستاگزانتین
۱۷.....	۷-۲-۲-۱ بتاکاروتن
۲۰.....	۳-۱ فرضیات
۲۰.....	۴-۱ اهداف
	<b>فصل دوم</b>
۲۱.....	مروری بر مطالعات انجام شده



۲۲	۱-۲ تحقیقات داخل کشور
۲۳	۲-۲ تحقیقات خارج از کشور

### فصل سوم

۲۸	مواد و روش‌ها
۲۹	۱-۳ محل انجام آزمایش
۲۹	۲-۳ اکواریوم‌های پرورش ماهی
۲۹	۳-۳ تهیه جیره‌های آزمایشی
۳۰	۴-۳ نمونه‌برداری از جیره
۳۰	۵-۳ تجزیه جیره
۳۱	۶-۳ تهیه ماهی و سازگار نمودن
۳۱	۷-۳ آغاز دوره پرورش
۳۲	۸-۳ زیست‌سنجی
۳۲	۹-۳ تغذیه ماهیان
۳۲	۱۰-۳ کنترل عوامل فیزیکی‌وشیمیایی آب
۳۳	۱۱-۳ نمونه‌برداری
۳۳	۱۲-۳ شاخص‌های مورد مطالعه
۳۳	۱-۱۲-۳ شاخص‌های رشد
۳۳	۱-۱-۱۲-۳ افزایش وزن بدن
۳۳	۲-۱-۱۲-۳ ضریب رشد ویژه
۳۴	۳-۱-۱۲-۳ فاکتور وضعیت
۳۴	۲-۱۲-۳ ضریب تبدیل غذایی
۳۴	۳-۱۲-۳ درصد بقا
۳۴	۴-۱۲-۳ شاخص‌های رنگی شدن
۳۵	۱۳-۳ تجزیه آماری

## فصل چهارم

نتایج	۳۶
۱-۴ شاخص‌های رشد	۳۷
۲-۴ شاخص‌های رنگی شدن	۳۷

## فصل پنجم

بحث و نتیجه‌گیری	۴۱
۱-۵ بحث	۴۲
۲-۵ نتیجه‌گیری کلی	۴۶
۳-۵ پیشنهادهای اجرایی	۴۶
۴-۵ پیشنهادهای پژوهشی	۴۶
منابع	۴۷

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۳۷.....	جدول ۱- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد در ماهیان ردپیکوک تغذیه شده با تیمارهای آزمایشی.....
۳۸.....	جدول ۲- مقادیر اولیه رنگدانه‌ها در پوست ماهیان ردپیکوک.....
۳۸.....	جدول ۳- میزان رنگدانه آستاگزانتین در پوست ماهیان ردپیکوک تغذیه شده با جیره حاوی آستاگزانتین.....
۳۸.....	جدول ۴- میزان رنگدانه بتاکاروتن در پوست ماهیان ردپیکوک تغذیه شده با جیره حاوی بتاکاروتن.....
۴۰.....	جدول ۵- مقایسه میانگین نسبت آستاگزانتین به بتاکاروتن در پوست ماهیان ردپیکوک تغذیه شده با تیمارهای آزمایشی.....

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۵.....	شکل ۱-۱ ردپیکوک .....
۶.....	شکل ۲-۱ دریاچه مالاوی .....
۲۹.....	شکل ۱-۳ محل انجام آزمایش .....
۳۹.....	شکل ۱-۴ رابطه بین میزان آستاگزانتین جیره غذایی و پوست .....
۳۹.....	شکل ۲-۴ رابطه بین میزان بتاکاروتن جیره غذایی و پوست .....

## فهرست روابط

صفحه	عنوان
۳۳	۱-۳ افزایش وزن بدن
۳۳	۲-۳ ضریب رشد ویژه
۳۴	۳-۳ فاکتور وضعیت
۳۴	۴-۳ ضریب تبدیل غذایی
۳۴	۵-۳ درصد بقا

# فصل اول

## مقدمه

## ۱-۱- مقدمه

در صنعت پرورش ماهی، تغذیه مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده در رشد و بقا آبزیان است و تهیه غذا یکی از مهم‌ترین ارکان در تولید ماهیان زیتتی به‌شمار می‌رود. هزینه غذا به‌طور معمول ۳۰ تا ۶۰ درصد کل هزینه لازم برای یک مجموعه تولید ماهیان زیتتی را تشکیل می‌دهد. بنابراین غذاهای مصنوعی باید با توجه به اصول علمی فرموله شوند (افشارمازندران، ۱۳۸۱). بسیاری از بیماری‌های آبزیان از سوء تغذیه ناشی می‌شود، لذا فراهم کردن یک جیره غذایی مناسب که حاوی درشت‌مغذی‌ها و ریزمغذی‌های مورد نیاز باشد، یک عامل کلیدی در صنعت پرورش ماهی محسوب می‌شود. استفاده از یک جیره غذایی کامل، رشد خوب، سلامت و ایمنی بهینه، موفقیت در تولیدمثل، کیفیت بالا و پایدار گوشت و در نهایت اطمینان از تولید تخم و اسپرم با کیفیت بالا را به‌منظور تولید بیشتر تضمین می‌کند.

سال‌هاست که ماهیان زیبا، رنگارنگ و کوچکی از خانواده سیکلیده وارد تجارت اکواریوم شده است. خاستگاه بیشتر این ماهیان دریاچه مالوی است. خانواده سیکلیده یک خانواده مهم از ماهیان زیتتی است و پوست ماهیان سیچلاید دارای ترکیب رنگی گوناگون می‌باشد. یکی از گونه‌های معروف این خانواده ردپیکوک می‌باشد.

با توجه به اهمیت رنگ به‌عنوان یک عامل اساسی در بازارپسندی ماهیان زیتتی، در واقع ذره‌بین روی رنگ خارجی پوست ماهیان زیتتی و اثر مکمل‌های غذایی روی این فرآیند قرار داده شده است. رنگ‌ها به‌عنوان یک عامل مهم در زندگی همه موجودات زنده نقش عمده‌ای را ایفا می‌کنند. رنگ بدن موجودات زنده تابع دو عامل ژنتیکی و تغذیه‌ای می‌باشد (کپ و دورماز<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷). در حال حاضر در پرورش انواع موجودات آبی از انواع رنگدانه‌ها استفاده می‌شود تا به این ترتیب از این افزودنی به‌عنوان یک عامل خوش‌رنگ‌کننده پوست بدن آبزیان، بهره‌های لازم تجاری برده شود.

کاروتنوئیدها که گروهی از رنگدانه‌های طبیعی و جزء ریزمغذی‌ها می‌باشند، یکی از منابع اصلی تأمین رنگ بدن آبزیان به‌شمار می‌روند و ضروری است که به جیره غذایی آبزیان اضافه شوند (کریستیانسن و توریزن<sup>۲</sup>، ۱۹۹۷؛ گوئرین<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۳). رنگ‌های مختلف بدن آبزیان به‌وسیله کاروتنوئیدهای خاص و هم‌چنین ترکیبی از مولکول‌های پروتئین-کاروتنوئید حاصل می‌شود.

<sup>۱</sup> - Kop & Durmaz

<sup>۲</sup> - Christiansen & Torrissen

از آنجایی که فقط گیاهان و پروتئست‌ها (باکتری، جلبک و قارچ) قادر به ساخت کاروتنوئیدها می‌باشند، حیوانات آبزی و به‌خصوص ماهیان باید آن‌ها را از طریق جیره غذایی دریافت نمایند. از این‌رو کاروتنوئیدها در شرایط پرورشی می‌بایست به‌صورت مکمل غذایی مورد استفاده قرار گیرند (وزنیاک<sup>۲</sup>، ۱۹۹۶).

رنگدانه‌ها نقش مهمی در جیره غذایی حیوانات و صنعت تولید خوراک دام ایفا می‌کنند. کارکردهای کاروتنوئیدها به‌وسیله بسیاری از محققان بررسی شد که شامل کارکرد شبه آنتی‌اکسیدانی، فعالیت‌های پروویتامینی برای ویتامین A، تحریک دستگاه ایمنی، مهار جهش‌زایی، نقش حیاتی در تولیدمثل و همچنین استفاده در مراحل لاروی یا مراحل تغذیه آغازی‌اند (افشارمازندران، ۱۳۸۱). در این راستا، کاروتنوئیدهای سنتزی مختلف مانند آستاگزانتین، بتاکاروتن، کانتاگزانتین و منابع طبیعی (مخمر، باکتری، آلوئه ورا و پودر سخت‌پوستان) برای افزایش رنگی شدن ماهی و سخت‌پوستان به رژیم غذایی اضافه می‌شوند (شهیدی<sup>۳</sup> و همکاران، ۱۹۹۸؛ کالینوسکی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۵).

منابع طبیعی کاروتنوئیدها، اغلب حاوی ترکیبی از رنگدانه‌های مختلف می‌باشد، غلظت آن‌ها ثابت نیست و رنگی که ایجاد می‌کند خیلی غیر یکنواخت است و به نسبت کاروتنوئیدهای مختلف وابسته است. اما استفاده از کاروتنوئیدهای سنتزی رایج‌تر بوده که علت آن دسترسی آسان آن‌ها بوده و اینکه همیشه حاوی یک رنگدانه خاص می‌باشند (سلز و جانسنز<sup>۵</sup>، ۲۰۰۳).

آستاگزانتین، مهم‌ترین رنگدانه کاروتنوئیدی است که امروزه به‌صورت چشمگیری در صنعت آبزی‌پروری مورد استفاده قرار می‌گیرد (کریستیانسن و توریزن، ۱۹۹۷). آستاگزانتین یک ریزجزء اصلی و مهم در جیره غذایی آبزیان محسوب می‌شود که عملکردهای زیستی مهمی از جمله جلوگیری از اکسید شدن اسیدهای چرب ضروری غیراشباع<sup>۶</sup> PUFA، حفاظت از اثرات منفی نور ماوراءبنفش، به‌عنوان پیش‌ساز ویتامین A، ایجاد واکنش‌های ایمنی، خاصیت رنگدهی زیستی و همچنین بهبود رفتارهای تولیدمثلی را کنترل می‌کند (توریزن و همکاران، ۱۹۸۹؛ لورنز و سیسوسکی<sup>۷</sup>، ۲۰۰۰).

---

<sup>1</sup> - Guerin

<sup>2</sup> - Wozniak

<sup>3</sup> - Shahidi

<sup>4</sup> - Kalinowski

<sup>5</sup> - Sales & Janssens

<sup>6</sup> - Polyunsaturated fatty acid

<sup>7</sup> - Lorenz & Cysewski



بتاکاروتن نیز یکی از مهم‌ترین ترکیبات کاروتنوئیدی است که امروزه به‌عنوان یک رنگ طبیعی به‌طور وسیعی در فرآورده‌های غذایی، لوازم آرایشی و غذای دام و طیور مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌علاوه این ماده هم یک آنتی‌اکسیدان قوی بوده و هم به‌عنوان پیش‌ساز ویتامین A در انسان و حیوانات به‌کار می‌رود (زاجیک<sup>۱</sup>، ۱۹۶۴؛ کیم<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۹۶).

تاکنون مطالعات چندانی درباره تأثیر رنگدانه‌های سنتزی یا طبیعی روی ماهیان سیچلاید صورت نپذیرفته است. لذا در این تحقیق سعی بر این بوده تا تأثیر کاروتنوئیدهای سنتزی آستاگزانتین و بتاکاروتن روی رشد، بقا و رنگی شدن ماهی ردپیکوک مورد بررسی قرار گیرد.

## ۲-۱- کلیات

### ۱-۲-۱- ردپیکوک و خاستگاه آن

ماهیان زیتنی به دو گروه ماهیان زیتنی آب شیرین و آب شور (دریایی) تقسیم می‌شوند. در مورد ماهیان اکواریومی، نگهداری ماهیان آب شیرین نسبت به ماهیان آب شور تا اندازه‌ای آسان‌تر است زیرا شرایط لازم جهت ماهیان آب شور بسیار حساس‌تر است (عمادی، ۱۳۶۱). خانواده سیکلیده، یک خانواده مهم از ماهیان زیتنی و از ماهیان عمومی و موردپسند اکواریوم‌داران است و یکی از گونه‌های معروف آن ردپیکوک با نام علمی *Aulonocara hansbaenschi* می‌باشد.



شکل ۱-۱- ردپیکوک

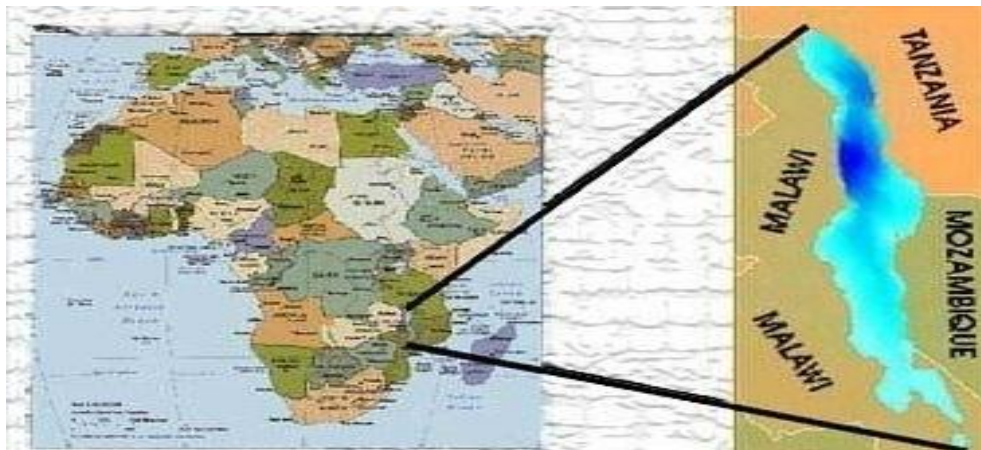
<sup>۱</sup> - Zajic

<sup>۲</sup> - Kim

خانواده سیکلیده از رده ماهیان استخوانی *Osteichthyes* زیررده *Actinopterygii* و راسته سوف ماهیان *Perciformes* می باشد. خانواده سیکلیده به عنوان یک نمونه برجسته از تکامل مهره داران است (شیخیان، ۱۳۸۳) و از آنجا که در شرایط اسارت به راحتی به تولیدمثل می پردازند، ترجیحا استفاده از آن ها افزایش می یابد. بر اساس بعضی از برآوردها ۲۰۰۰ گونه و تقریبا ۱۴۰ جنس در این خانواده وجود داشته که بعد از خانواده کپور ماهیان و گاو ماهیان احتمالا سومین خانواده بزرگ ماهیان استخوانی است. سیچلایدها عمدتا در دریاچه های بزرگ شرق آفریقا مانند دریاچه مالاوی، ویکتوریا و تانگانیا یافت شده و وجود ۸۰۰ تا ۲۰۰۰ گونه در آنجا تخمین زده می شود. یکی از جذابیت های این خانواده در این است که به نظر می رسد آن ها یاد می گیرند که صاحبانشان را تشخیص دهند و کاملا اهلی شوند (بهمنی، ۱۳۸۱).

بیشتر سیکلیدهای آفریقایی موجود در بازار ایران از جنس سیکلیدهای دریاچه مالاوی است. اصولا سیکلیدهای مالاویایی را کسانی نگه داری می کنند که به رنگ های باز و گرم و همچنین حرکت های سریع این گونه از ماهیان و عادات رفتاریشان و به وجود آوردن رنگین کمان زنده در محیط اکواریوم علاقه مند می باشند.

دریاچه مالاوی یا نیاسا نهمین دریاچه بزرگ دنیا می باشد و در جنوب شرقی آفریقا جای گرفته و سه کشور در پیرامون آن قرار گرفته اند. بیشتر این دریاچه که شامل کرانه غربی و جنوبی آن است به مالاوی تعلق دارد. شمال شرقی دریاچه مالاوی متعلق به تانزانیا بوده و بخش شرقی آن موزامبیک است. دریاچه مالاوی بر اثر حرکات تکتونیکی و زمین شناختی به وجود آمده است. این دریاچه زیبا بیشتر به خاطر حضور سیکلیدهای زیبا خود در بین اکواریوم داران معروف می باشد.



شکل ۱-۲- دریاچه مالاوی

دریاچه مالاوی، ۵۶۰ کیلومتر طول و ۷۵ کیلومتر عرض دارد و عمق متوسط آن ۲۹۲ متر و بیشترین عمق آن ۷۰۶ متر گزارش شده است (ارجینی، ۱۳۸۴). از لحاظ اقتصادی دریاچه مالاوی برای افراد پیرامونش بسیار پربهاست. شاید مهم‌ترین محصول صادراتی مالاوی، سیکلیدهای مالاوی باشد. تنوع زیستی این دریاچه بیش از هر دریاچه دیگری روی کره زمین است. جمعیت غالب ماهیان دریاچه مالاوی را سیکلیدها تشکیل می‌دهند. بیشتر سیکلیدهای این دریاچه بومی آن بوده و به‌طور طبیعی در سایر مناطق جهان وجود نداشته‌اند. بنابراین می‌توان دریاچه مالاوی را بزرگترین، زیباترین و رنگارنگ‌ترین اکواریوم آب شیرین جهان دانست. در دریاچه مالاوی سه نوع بستر به چشم می‌خورد. بخشی از این دریاچه قله‌سنگی بوده و زیستگاه اصلی سیکلیدهاست. بخش دیگر آن پوشیده از ماسه است و بخش سوم که در اصل در دهانه ورود رودخانه‌ها به این دریاچه وجود دارد دارای موقعیت گلی و دارای بقایای گیاهان است. دمای آب این دریاچه در بیشتر زمان‌ها بین ۲۳ تا ۲۸ درجه در نوسان است. pH دریاچه بین ۷/۷ تا ۸/۶ می‌باشد و آب دریاچه مالاوی نسبتاً سخت است (ارجینی، ۱۳۸۴).

#### ۱-۲-۲- کاروتنوئیدها

کلمه رنگدانه از واژه لاتین Pigmentum که اشاره به وسایل و مواد نقاشی، آرایشی و تزئینی دارد، مشتق شده و در ضمن تصویری از رنگ را نیز ایجاد می‌کند (شهیدی و همکاران، ۱۹۹۸). در علم زیست‌شناسی هر ماده‌ای که بتواند رنگ را به بافت‌ها و سلول‌های زنده گیاهی و جانوری القا نماید و

باعث تغییر رنگ در آنها شود، رنگدانه نامیده می‌شود که یک خانواده بزرگ از رنگدانه‌های طبیعی، کاروتنوئیدها می‌باشد. نام کاروتنوئید از نام علمی هویج *Daucus carota* مشتق شده که حاوی رنگدانه کاروتنوئیدی کاروتن می‌باشد. این کاروتنوئید اولین بار توسط وکنرودر<sup>۱</sup> در سال ۱۸۳۱ استخراج و شناسایی شد.

کاروتنوئیدها، رنگدانه‌های زیستی محلول در چربی هستند و دارای دامنه رنگی وسیعی از زرد تا قرمز می‌باشند که در بسیاری از بافت‌های گیاهی تولید شده و می‌توانند توسط جانوران متابولیسم و ذخیره شوند. این مواد در هر دو سلسله گیاهی و جانوری دارای پراکنش وسیعی می‌باشند و در تمامی اعضاء زنده یافت می‌شوند. رنگدانه‌های زیستی فوق مسئول رنگ بسیاری از میوه‌ها، سبزیجات، گل‌ها، بسیاری از پرندگان، حشرات، قارچ‌ها و جانوران آبی می‌باشند و از دهه ۱۹۵۰ مورد توجه دانشمندان قرار گرفته‌اند. تا امروز بالغ بر ۶۰۰ نوع کاروتنوئید طبیعی مختلف استخراج و شناسایی شده است (چوبرت<sup>۲</sup>، ۲۰۰۱). در واقع انواع دقیق ترکیبات کاروتنوئیدی به دلیل ساختارهای مختلف ایزومری آنها بسیار بیشتر از ۶۰۰ نوع می‌باشند که هنوز به صورت جداگانه لیست نشده‌اند.

اگرچه کاروتنوئیدها اغلب در غلظت‌های پایین موجود می‌باشند، ولی تولید کل آنها در طبیعت بسیار زیاد و بالغ بر یکصد میلیون تن در سال تخمین زده شده است که به‌طور عمده از طریق چرخه فتوسنتز ساخته و به‌طور متوالی در برگ‌ها، جلبک‌ها و زئوپلانکتون‌ها ذخیره می‌شوند (کریستیانسن و توریزن، ۱۹۹۷).

#### ۱-۲-۲-۱- تقسیم‌بندی کاروتنوئیدها

کاروتنوئیدها به دو گروه کاروتن‌ها و گزانتوفیل‌ها تقسیم می‌گردند. کاروتن‌ها هیدروکربن‌هایی هستند که در ساختمان آنها تنها هیدروژن و کربن وجود دارد و از آن‌جمله می‌توان از آلفاکاروتن و بتاکاروتن نام برد. گزانتوفیل‌ها، مشتق اکسیژن‌دار کاروتن‌ها می‌باشند که از مولکول‌های کربن، هیدروژن و اکسیژن تشکیل شده‌اند (کریستیانسن و توریزن، ۱۹۹۷؛ دورینگ و هاریزون<sup>۳</sup>، ۲۰۰۴).

<sup>۱</sup> - Wackeneroder

<sup>۲</sup> - Choubert

<sup>۳</sup> - During & Harrison