دانشکده علوم

گروه زیست شناسی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در گرایش بافت شناسی و جنین شناسی

عنوان:

بررسی اثرات بافتی تغذیه با منابع مختلف آهن و روی (نانو ذره و شکل معدنی) در ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

اساتید راهنما:

دکتر فرح فرخی

دکتر امیر توکمه چی

استاد مشاور:

دکتر رضا ملک زاده ویایه

نگارش:

اکرم حاجی رحیمی هرفته

شهریور ۱۳۹۱

"حق چاپ و نشر برای دانشگاه ارومیه محفوظ می‌باشد"

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

دو بیکران بی همتا و زلال اندیش و دو سرو قامتی که کوهر وجودشان، نسیم کلامشان و باران محبتشان را همواره بی هیچ منت و ادعا مرهمی نمودند بر خستگی هایم و با صبر و پشتیبانی همیشگی خود در تمامی دوران زندگی ام امید موفقیت را در من زنده نگاه داشتند

تقدیم به برادران و خواهر مهربانم

که با چشم هایی پر از برق شوق، و زیبایی حضور در کنارم، خستگی های این راه را به امید و روشنی راه تبدیل نمودند

بهترین درس ها را در زمان سختی آموختم و دانستم:

صبور بودن یک ایمان است و خویشتن داری یک نوع عبادت

فهمیدم ناکامی معنی تاخیر است، نه شکست

و خندیدن یک نیایش است...

تقدیر و تشکر:

"به نام تنهایی که هیچ کس را تنها نمی گذارد"

پروردگار متعال را سپاسگذارم که به این حقیر فرصت داد که در سایه ی لطفش انجام این تحقیق را به پایان برسانم.

اینک بر خود وظیفه می دانم که از زحمات تمامی عزیزانی که مراد اجرای هرچه بهتر این پایان نامه یاری نموده اند، از صمیم قلب تقدیر و تشکر کنم.

از پدر و مادر بسیار عزیز و گرانقدرم و برادران و خواهر دلسوزم، که همواره مشوق و پشتیبان من در تمامی جنبه های زندگی ام به ویژه تحصیل بوده اند، نهایت تشکر را دارم.

از اساتید راهنمای محترم به پاس راهنمایی هایشان در طول اجرای این مطالعه، کمال تشکر را دارم: استاد راهنمای محترم و ارجمندم سرکار خانم دکتر فرخی که با حمایت هایشان همواره یاری رسانم بوده اند. استاد گرانقدر، مهربان و بزرگوارم جناب آقای دکتر توکمه چی که در مسیر این تحقیق دلسوزانه همراهم بوده اند و از راهنمایی های علمی و عملی شان همواره برخوردار بوده ام و از استاد مشاورم جناب آقای دکتر ملک زاده به دلیل مشاوره های ارزنده شان سپاسگذارم. همچنین از اساتید محترمی که زحمت داوری پایان نامه ایجانب را به عهده گرفتند جناب آقای دکتر نجاتی و جناب آقای دکتر مناف فر و همچنین نماینده تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر نادر علی نهایت تشکر را دارم.

از دوست خوبم زهرا آرمند که در تمام مراحل صمیمانه و دلسوزانه همراه و پشتیبانم بود، سپاسگذارم.

همچنین از ریاست، اعضاء هیئت علمی و تمامی کارشناسان و کارکنان پژوهشکده آرتمیا و جانوران آبزی به ویژه خانم روحی و خانم پاک برای تمامی امکاناتی که در اختیار من قرار دادند، سپاسگذارم.

از تمامی همکلاسی های عزیزم و دوستان و هم خوابگاهی های مهربانم که در این مدت یاری ام کرده اند کمال تشکر را دارم و از خداوند منان توفیق روز افزون و موفقیت در همه ی مراحل زندگی شان را خواستارم.

اکرم حاجی رحیمی

چکیده

هدف از مطالعه حاضر بررسی اثرات تغذیه‌ای نانوذرات آهن و روی بر میزان رشد، سطح آنزیم های کبدی و بافت های بدن ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بود. برای این منظور تعداد ٤٢٠ قطعه ماهی قزل آلای رنگین کمان (با میانگین وزن اولیه ٤/٧±٤٥ گرم) از یکی از مزارع پرورش ماهی میاندوآب تهیه وبلافاصله به آزمایشگاه پژوهشکده آرتمیا و آبزیان دانشگاه ارومیه منتقل شدند. بلافاصله ماهیان ضدعفونی و به مدت ١٠ روز با شرایط آزمایشگاهی سازش یافتند. سپس ماهیان به صورت تصادفی به هفت گروه تقسیم شدند، گروه اول به عنوان شاهد در نظر گرفته شد و سایر گروه ها به ترتیب مقادیر ١٠، ٥٠ و ١٠٠ میکرو گرم از نانوذرات آهن و روی را در هر گرم غذا به مدت ٦٠ روز دریافت کردند. برای زیست سنجی (وزن نهایی، وزن بدست آمده، فاکتور وضعیت و نرخ رشد ویژه)، اندازه گیری آنزیم های کبدی (ALP، SGOT و SGPT) و بافت شناسی نمونه برداری در روز های صفر، ٣٠، ٦٠ و ٧٥ (١٥ روز پس از قطع تغذیه با نانوذرات) انجام شد. نتایج حاصل از زیست سنجی نشان داد که ماهیان تغذیه شده با نانوذرات دارای شاخص های رشد بهتری نسبت به ماهیان شاهد بودند. همچنین بهبود شاخص های رشد در ماهیان تغذیه شده با روی وابسته به غلظت بود، اما این یافته در مورد ماهیان تغذیه شده با آهن مشاهده نشد. یافته های حاصل نشان داد که سطح سرمی آنزیم های کبدی در ماهیان تغذیه شده با نانوذرات در مقایسه با ماهیان شاهد تغییر می‌کند، طوریکه بر میزان فعالیت آنزیم های ALP و SGOT افزوده می شود ولی از فعالیت آنزیم SGPT کاسته شده بود. در بررسی حاضر اثرات بافتی نانوذرات بر بافت های کبد، کلیه، عضله، روده و مغز ماهیان مورد مطالعه قرار گرفت. یافته ها نشان داد که هر دو نانوذره دارای اثرات تخریب بر بافت کبد بوده اما بر میزان خونسازی در کلیه قدامی و تعداد ملانوماکروفاژها در کلیه میانی افزوده می شود. همچنین تغذیه با نانوذرات سبب رشد و گسترش لایه های عضلانی روده و رشد قابل توجه نورون های مغز می شوند. بر اساس نتایج حاصل می توان گفت که نانوذرات آهن و روی فقط در کبد اثرات سوء بافتی دارند در حالیکه سبب بهبود شاخص های رشد قزل آلای رنگین کمان می شوند.

واژه های کلیدی: ماهی قزل آلای رنگین کمان، نانوذرات آهن و روی، شاخص‌های رشد.، اثرات بافتی، آنزیم‌های کبدی

فهرست:

چکیده فارسی

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه..... ۱

۱-۲- نقش ماهی در تغذیه انسان..... ۳

۱-۳- مواد معدنی ٤

۱-٤- نقش عنصر آهن و روی در بدن انسان ٥

۱-٤-۱- کلیاتی در مورد عنصر آهن ۷

۱-٤-۲- کلیاتی در مورد عنصر روی..... ۸

۱-٥- تاریخچه نانوتکنولوژی..... ۱۰

۱-٦- نانوتکنولوژی..... ۱۱

۱-٦-۱- معرفی نانوذرات..... ۱۲

۱-٦-۲- اهمیت و ضرورت مقیاس نانو..... ۱۲

۱-٦-۳- تفاوت نانوذرات با ذرات دیگر..... ۱۳

۱-٦-٤- انواع نانوذرات..... ۱٤

۱-٦-٥- روش ساخت نانوذرات..... ۱٤

۱-٦-٦- کاربرد نانوذرات در تشخیص و درمان بیماری ها..... ۱٥

۱-٦-۷- عوارض و سمیت نانوذرات..... ۱۹

۱-۷- مروری بر بافت شناسی برخی از بافت های ماهیان..... ۱۹

۱-۷-۱- کلیه ۱۹

۱-۷-۲- کبد ۲۱

۱-۷-۳- ماهیچه ۲٤

۱-۷-٤- روده ۲٥

۱-۷-۵- مغز ۲۷

فصل دوم: مواد و روش ها

۲-۱- تهیه و ذخیره سازی ماهی..... ۳۰
۲-۲- نحوه سنتز زیستی نانوذرات ۳۱
۲-۳- تهیه غذا و نحوه غذادهی ماهیان..... ۳۲
۲-٤- زیست سنجی ماهیان ۳۳
۲-۵- نمونه برداری بافتی..... ۳٤
۲-۵-۱- تهیه مقاطع بافتی..... ۳۵
۲-۵-۲- مراحل مختلف رنگ آمیزی..... ۳٦
۲-٦- خونگیری و تهیه سرم..... ۳۸
۲-۷- بررسی های آنزیمی..... ۳۹
۲-۸- تجزیه و تحلیل داده ها..... ۳۹

فصل سوم: نتایج

۳-۱- نتایج مربوط به پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب ٤۰
۳-۲- نتایج مربوط به زیست سنجی ٤۰
۳-۳- نتایج بافتی ٤۲
۳-۳-۱- نتایج مربوط به بافت کبد ٤۳
۳-۳-۲- نتایج مربوط به بافت کلیه قدامی ٤٦
۳-۳-۳- نتایج مربوط به بافت کلیه میانی ٤۹
۳-۳-٤- نتایج مربوط به بافت عضله ۵۲
۳-۳-۵- نتایج مربوط به بافت روده ۵۵
۳-۳-٦- نتایج مربوط به بافت مغز..... ۵۸
۳-٤- نتایج آنزیمی ٦۱

فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری

٤-١- بحث مربوط به بررسی های انجام شده در زمینه تأثیر نانوذرات.....٦٦

٤-٢- بحث مربوط به بررسی های بافتی.....٦٩

پیشنهادات.....٧٦

منابع.....٧٧

چکیده انگلیسی

فهرست تصاویر:

تصویر۲-۱- استخرهای بتنی با ابعاد ($5/4\times0/45m^2$) که تا ارتفاع ۰/۳ متر آبگیری شدند..... ۳۱

تصویر ۲-۲- نانوذرات آهن..... ۳۱

تصویر ۲-۳- نانوذرات روی..... ۳۱

تصویر ۲-٤- مراحل افزودن نانوذرات به غذا..... ۳۲

تصویر ۲-۵- زیست سنجی ماهیان تغذیه شده با نانوذرات..... ۳۳

تصویر ۲-٦- تشریح ماهیان تغذیه شده با نانوذرات..... ۳٤

تصویر ۲-۷- خونگیری از ماهیان تغذیه شده با نانوذرات..... ۳۸

تصویر ۳-۱- مقطع عرضی از بافت کبد قزل آلای رنگین کمان در روز صفر و روز ۳۰ تیمار با نانوذرات آهن و روی، بزرگنمایی ۱۰×، رنگ آمیزی H&E..... ٤۳

تصویر ۳-۲- مقطع عرضی از بافت کبد قزل آلای رنگین کمان در ٦۰ تیمار با نانوذرات آهن و روی، بزرگنمایی ۱۰×، رنگ آمیزی H&E..... ٤٤

تصویر ۳-۳- مقطع عرضی از بافت کبد قزل آلای رنگین کمان در روز ۷۵ (۱٤ روز پس از قطع تیمار با نانوذرات آهن و روی)، بزرگنمایی ۱۰×، رنگ آمیزی H&E..... ٤۵

تصویر ۳-٤- مقطع عرضی از بافت کلیه قدامی قزل آلای رنگین کمان در روز صفر و روز ۳۰ تیمار با نانوذرات آهن و روی، بزرگنمایی ۱۰×، رنگ آمیزی H&E..... ٤٦

تصویر ۳-۵- مقطع عرضی از بافت کلیه قدامی قزل آلای رنگین کمان در روز ٦۰ تیمار با نانوذرات آهن و روی، بزرگنمایی ۱۰×، رنگ آمیزی H&E..... ٤۷

تصویر ۳-٦- مقطع عرضی از بافت کلیه قدامی قزل آلای رنگین کمان در روز ۷۵ (۱٤ روز پس از قطع تیمار با نانوذرات آهن و روی)، بزرگنمایی ۱۰×، رنگ آمیزی H&E..... ٤۸

تصویر ۳-۷- مقطع عرضی از بافت کلیه میانی قزل آلای رنگین کمان در روز صفر و روز ۳۰ تیمار با نانوذرات آهن و روی، بزرگنمایی ۱۰×، رنگ آمیزی H&E..... ٤۹

تصویر ۳-۸- مقطع عرضی از بافت کلیه میانی قزل آلای رنگین کمان در روز ٦۰ تیمار با نانوذرات آهن و روی، بزرگنمایی ۱۰×، رنگ آمیزی H&E..... ۵۰

تصویر ۳-۹- مقطع عرضی از بافت کلیه میانی قزل آلای رنگین کمان در روز ۷۵ (۱٤ روز پس از قطع تیمار با نانوذرات آهن و روی)، بزرگنمایی ۱۰×، رنگ آمیزی H&E..... ۵۱

تصویر ۳-۱۰- مقطع عرضی از بافت عضله قزل آلای رنگین کمان در روز صفر و ۳۰ تیمار با نانوذرات آهن و روی، بزرگنمایی ۱۰×، رنگ آمیزی H&E..... ۵۲

تصویر ۳-۱۱- مقطع عرضی از بافت عضله قزل آلای رنگین کمان در روز ٦۰ تیمار با نانوذرات آهن و روی، بزرگنمایی ۱۰×، رنگ آمیزی H&E..... ۵۳

تصویر ۳-۱۲- مقطع عرضی از بافت عضله قزل آلای رنگین کمان در روز ۷۵ (١٤ روز پس از قطع تیمار با نانوذرات آهن و روی)، بزرگنمایی ۱۰×، رنگ آمیزی H&E..... ٥٤

تصویر ۳-۱۳- مقطع عرضی از بافت روده قزل آلای رنگین کمان در روز صفر و ۳۰ تیمار با نانوذرات آهن و روی، بزرگنمایی ۱۰×، رنگ آمیزی H&E..... ۵۵

تصویر ۳-۱٤- مقطع عرضی از بافت روده قزل آلای رنگین کمان در روز ٦۰ تیمار با نانوذرات آهن و روی، بزرگنمایی ۱۰×، رنگ آمیزی H&E..... ٥٦

تصویر ۳-۱۵- مقطع عرضی از بافت روده قزل آلای رنگین کمان در روز ۷۵ (١٤ روز پس از قطع تیمار با نانوذرات آهن و روی)، بزرگنمایی ۱۰×، رنگ آمیزی H&E..... ۵۷

تصویر ۳-١٦- مقطع عرضی از بافت مغز قزل آلای رنگین کمان در روز صفر و ۳۰ تیمار با نانوذرات آهن و روی، بزرگنمایی ۱۰×، رنگ آمیزی H&E..... ۵۸

تصویر ۳-۱۷- مقطع عرضی از بافت مغز قزل آلای رنگین کمان در روز ٦۰ تیمار با نانوذرات آهن و روی، بزرگنمایی ۱۰×، رنگ آمیزی H&E..... ۵۹

تصویر ۳-۱۸- مقطع عرضی از بافت مغز قزل آلای رنگین کمان در روز ۷۵ (١٤ روز پس از قطع تیمار با نانوذرات آهن و روی)، بزرگنمایی ۱۰×، رنگ آمیزی H&E..... ٦۰

فهرست جداول و نمودارها:

جدول ۱-۱- نیاز های معدنی ماهی قزل آلای رنگین کمان..... ٤

جدول ۲-۱- آنالیز شیمیایی (درصد) غذای تجاری مورد استفاده در این مطالعه..... ۳۲

جدول ۳-۱- پارامترهای فیزیکوشیمیایی ثبت شده آب حوضچه‌های پرورش ماهی در طول مطالعه..... ٤۰

جدول ۳-۲- شاخص های رشد ماهیان تغذیه شده با دوز های مختلف نانوذره آهن به مدت ۷۵ روز..... ٤۱

جدول ۳-۳- شاخص های رشد ماهیان تغذیه شده با دوز های مختلف نانوذره روی به مدت ۷۵ روز..... ٤۱

جدول ۳-٤- نامگذاری تصاویر بافتی..... ٤۲

نمودار ۳-۱- سنجش آنزیم ALP در گروه شاهد و گروه های تغذیه شده با دوزهای مختلف نانوذره آهن..... ٦۱

نمودار ۳-۲- سنجش آنزیم ALP در گروه شاهد و گروه های تغذیه شده با دوزهای مختلف نانوذره روی..... ٦۲

نمودار ۳-۳- سنجش آنزیم SGOT در گروه شاهد و گروه های تغذیه شده با دوزهای مختلف نانوذره آهن..... ٦۲

نمودار ۳-٤- سنجش آنزیم SGOT در گروه شاهد و گروه های تغذیه شده با دوزهای مختلف نانوذره روی..... ٦۳

نمودار ۳-۵- سنجش آنزیم SGPT در گروه شاهد و گروه های تغذیه شده با دوزهای مختلف نانوذره آهن..... ٦۳

نمودار ۳-٦- سنجش آنزیم SGPT در گروه شاهد و گروه های تغذیه شده با دوزهای مختلف نانوذره روی..... ٦٤

فصل اول:

مقدمه و کلیات

(Introduction and Review of Literature)

۱-۱- مقدمه

امروزه فراورده‌های دریایی نقش قابل توجهی در تامین غذای بشر دارند، با شناسایی ارزش و برتری غذایی این فرآورده‌ها بر دیگر مواد پروتئینی، روز به روز بر مصرف آنها افزوده می‌شود (Fowler, 1986؛ Lamanso *et al*., 1999).

مزایای تغذیه از پروتئین‌های دریایی باعث شده که آبزیان به عنوان مهمترین ماده غذایی تأمین کننده احتیاجات غذایی جوامع بشری مورد توجه قرار گیرند. یکی از راه حل‌های بسیار مناسب جهت دسترسی به منابع غذایی با ارزش بالا و هزینه تمام شده پایین، رونق دادن به صنعت آبزی پروری می‌باشد. در این راستا تاکنون انواع بسیار متنوعی از آبزیان جهت پرورش مصنوعی انتخاب و به این صنعت معرفی شده است. خانواده آزاد ماهیان خصوصاً جنس قزل آلا از جمله بهترین ماهیان پرورشی شناخته شده است. ماهی قزل آلا با دارا بودن ویژگی‌های منحصر به‌فرد از جمله طول نسبتاً کوتاه دوره پرورش، مقاومت ماهی به طیف وسیعی از شرایط فیزیکوشیمیایی محیط پرورش، اندازه نسبتاً بزرگ لارو در مراحل اولیه و امکان تکثیر مصنوعی در فصول مختلف سال از گونه‌های مهم و تجاری در دنیا می‌باشد (Hardy, 2000).

امروزه دانش نانو تکنولوژی به عنوان پتانسیل عظیم برای ایجاد انقلابی بزرگ در صنعت آبزی پروری و شیلات مطرح شده که می‌تواند روش‌های جدیدی در کاربرد بیوتکنولوژی و ژنتیک در این صنعت، همراه با ایجاد سلامتی در آبزیان را معرفی نماید. استفاده از فنآوری نانو محدود به علوم الکترونیک و علوم پایه نیست بلکه می‌تواند کاربردهای فراوانی در علوم انسانی، تغذیه دامی، کشاورزی و آبزی پروری داشته باشد، برای مثال می‌توان به آنالیز مولکول‌های زیستی، درمان سرطان، ژن درمانی، به عنوان ناقل برای DNA، پروتئین‌ها یا سلول‌ها، دارو رسانی، تشخیص بیماری و غیره اشاره کرد (Rather *et al*., 2011).

فناوری نانو حوزه نسبتاً جدید و در حال تکامل است، گرچه کاربردها و پیشرفت‌های فناوری نانو بی‌پایان بوده، اما اطلاعات اندکی درباره اثرات یا پیامدهای آتی آن وجود دارد. برای چنین حوزه‌ای که به سرعت در حال رشد است، با کمال تعجب، اطلاعات کمی در مورد سمیت نانو ذرات و همچنین در مورد نانو سم شناسی وجود دارد. بر این اساس سرمایه‌گذاری و تأمین بودجه، پیرامون نانو سم شناسی ضروری به نظر می‌رسد. نانو مواد عموماً رفتاری متفاوت نسبت به هم نوع خود در مقیاس بزرگتر از نانو دارند. در مقیاس نانو، مساحت سطح ذرات بسیار افزایش می‌یابد که می‌تواند منجر

به واکنش‌پذیری بیشتر مواد شود، چرا که در این شرایط، اتم‌ها سطح کنترل خواص فیزیکی و شیمیایی ماده را تحت الشعاع قرار می‌دهند. همچنین خواص نوری، گرمایی و الکتریکی مواد تغییر می‌کند و اثرات کوانتومی مهم می‌شود.

تعاریف متعددی در مورد فناوری نانو ذرات ارائه شده است اما براساس بیانیه ملی نانو، فناوری نانو ذرات عبارتست از:

۱) تحقیق و توسعه فناوری در خصوص ساختارهایی که دست کم یکی از ابعاد آنها در دامنه ۱۰۰nm-۱ باشند.

۲) خلق یا استفاده از ساختارها، ابزارها و دستگاه‌هایی که به دلیل مقیاس نانو متری ابعادشان دارای خصوصیات و وظایف جدید می‌باشند.

۳) توانایی کنترل و اداره در مقیاس اتمی (جهانشاهی و میرنیا، ۱۳۹۰).

لازم به ذکر است که بافت‌شناسی یکی از شاخه‌های علم ریخت‌شناسی (مورفولوژی) بوده و از این علم منشأ می‌گیرد و در مقایسه با تشریح آناتومی، کالبدشناسی ریزبینی نامیده می‌شود. بافت‌شناسی در حال حاضر به عنوان یکی از رشته‌های علمی، به مطالعه ساختمان‌های کوچک جانوران و گیاهان با استفاده از روش‌های ریزبینی می‌پردازد. اگر قرار باشد منابع و ذخایر آبزیان حفظ و یا افزایش داده شود و در عین حال هدف توسعه روش‌های ماهی‌گیری فعلی باشد، لازم است اطلاعات و یافته‌های بیشتر و کامل‌تری از فیزیولوژی ماهی تهیه شود. تحققیات بافت‌شناسی در اغلب موارد به طور مستقیم و یا غیرمستقیم سهم قابل ملاحظه‌ای در جهت کسب این نتایج، بوجود می‌آورد. به همین دلیل هیستوپاتولوژی اهمیت فراوانی در تشخیص، سبب‌شناسی و پیشگیری از بیماری‌ها دارد (پوستی و صدیق مروستی، ۱۳۷۸).

مطالعه پارامترهای بیوشیمیایی خون و تعیین مقادیر طبیعی آنها در شرایط و حالات مختلف محیطی و فیزیولوژیک به عنوان مبنا و معیاری برای مقایسه با شرایط بیماری ضروری است. آنزیم‌های سرمی در حالت طبیعی در غشای سلولی، میتوکندری و سیتوپلاسم سلول‌های بافت‌های مختلف بدن فعالیت می‌کنند و در سرم خون به میزان ناچیزی وجود دارند. هنگامی که سلول دچار آشفتگی شود، آنزیم‌ها به مایعات بین بافتی و از آنجا به سرم خون و مایع مغزی-نخاعی وارد می-شوند و باعث افزایش فعالیت این آنزیم‌ها در سرم می‌گردند (خواجه و همکاران، ۱۳۸۸).

۱-۲- نقش ماهی در تغذیه انسان

غذاهای دریایی به علت کیفیت بالای پروتئین، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار هستند. غذاهای دریایی تمام آمینواسید-های لازم را در اختیار بدن قرار می‌دهند و در ساختمان بافت‌ها و بازسازی آنها نقش به سزایی دارند. غذاهای دریایی به راحتی قابل هضم می‌باشند، زیرا بافت‌های پیوندی کمی دارند، به همین دلیل در برخی از رژیم‌های غذایی، خوردن گوشت ماهی توصیه می‌شود. چربی موجود در بدن ماهی‌ها برای ساختن سلول‌ها و تأمین انرژی مناسب می‌باشند، همچنین این چربی‌ها مسئول ساختن هورمون‌هایی هستند که فعالیت سلول‌ها را زیر نظر دارند. بیشتر غذاهای حیوانی دارای پروتئین کامل می‌باشند، به این معنی که تمام آمینواسیدهای لازم برای ساختن پروتئین‌ها را دارا می‌باشند. به طور حتم تمام آمینواسیدهای لازم و مورد نیاز را بدن انسان نمی‌تواند بسازد و باید آنها را از راه غذا بدست آورد، پروتئین‌های حیوانی این آمینواسیدهای ضروری را فراهم می‌نمایند. غذاهای دریایی نسبت به غذاهای دیگر از لحاظ پروتئینی غنی‌تر بوده و چربی‌های آنها نیز بی ضرر می‌باشند. همچنین غذاهای دریایی حاوی مقداری آهن، روی و مس می‌باشند. این مواد به آنزیم‌ها و پروتئین‌ها در فعالیت‌های بیوشیمیایی بدن کمک می‌کنند (عمادی، ۱۳۸٦).

با توجه به نقش آهن در ساختمان هموگلوبین ظرفیت حمل گلبول‌های قرمز، بستگی به میزان هموگلوبین آنها دارد. هموگلوبین، یک ماده رنگی حاوی آهن می‌باشد که با اکسیژن هم بسته می‌شود. اگر میزان آهن در بدن کم باشد هموگلوبین کمتری ساخته شده، در نتیجه گلبول‌های قرمز کمتری نیز تولید می‌شوند، که این امر در نهایت منجر به کم خونی می‌گردد. ماهیچه‌ها نیز برای ساختن پروتئین میوگلوبین، به آهن احتیاج دارند. میوگلوبین نیز مانند هموگلوبین، با اکسیژن ترکیب شده و اکسیژن لازم را برای فعالیت‌های عضلانی، ذخیره می‌نماید. آهن عنصری است که در رژیم غذایی بسیاری از مردم، به مقدار ناچیز وجود دارد، ضمن آنکه مواد غذایی کمی وجود دارند که مقدار زیادی آهن را در خود داشته باشند، آهن به میزان خیلی کم توسط بدن جذب می‌شود و با مصرف غذاهای حیوانی می توان آهن مورد نیاز بدن را تأمین نمود. غذاهای دریایی به علت داشتن مقدار زیادی آهن و تأثیر مثبتی که بر جذب آهن موجود در مواد غذایی دیگر دارند، یک منبع با ارزش غذایی به حساب می‌آیند. روی نیز مانند آهن، در برخی از مهمترین فعالیت‌های بدن دخالت دارد (عمادی، ۱۳۸٦).

۱-۳- مواد معدنی

مواد معدنی بسته به نقش بیولوژیک خود می‌توانند در گروه‌های مختلفی همچون عناصر ضروری، غیر ضروری و سمی طبقه‌بندی شوند (کلانتری، ۱۳۷۷؛ محمودی، ۱۳۸۲). در این طبقه‌بندی، فلزاتی مثل روی، مس و آهن در گروه عناصر ضروری قرار می‌گیرند چرا که آنها نقش مهمی در سیستم‌های بیولوژیک ایفا می‌کنند. البته عناصر ضروری زمانی که دریافت بیش از حدی داشته باشند، می‌توانند اثرات سمی ایجاد کنند (Mendil *et al.*, 2005). ماهی و سایر موجودات آبزی مواد معدنی از جمله فلزات را از طریق زنجیره‌های غذایی و آب در بدن خود ذخیره می‌کنند. غلظت این فلزات در بدن ماهی به فاکتورهای زیادی مانند تفاوت‌های بیولوژیک، منبع تغذیه‌ای، عوامل فصلی، شرایط محیطی (درجه حرارت، شوری و وضعیت شیمیایی آب و آلوده کننده‌ها) و در نهایت، به روش فرآوری غذا بستگی دارد. موجودات دریایی خصوصاً ماهی منبع بسیار خوبی برای تامین عناصر معدنی مورد نیاز بدن انسان مانند آهن و روی محسوب می‌گردند (کلانتری، ۱۳۷۷؛ محمودی، ۱۳۸۲). نیازمندی‌های ماهی به عناصر معدنی در جدول زیر ذکر شده است که این عناصر از طریق غذا وارد بدن ماهی می‌شوند (جدول ۱-۱).

جدول ۱-۱. نیازهای معدنی ماهی قزل آلای رنگین کمان (فرزانفر، ۱۳۸٤).

ماده معدنی	مقدار مورد نیاز (میلی گرم در کیلوگرم وزن بدن)	ماده معدنی	مقدار مورد نیاز (میلی گرم در کیلوگرم وزن بدن)
کلسیم	۳۰۰۰	ید	۰/۳-۱/۱
منیزیم	۵۰۰	مس	۵
فسفر	٦۰۰۰	روی	۳۰
کبالت	۵-۱۰	منگنز	۱۳-۲۰
آهن	۳۰-٦۰	سلنیوم	۰/۱ppm

جذب آهن به سن، وضعیت سلامتی، شرایط آهن در لوله گوارشی ماهی بستگی دارد. فرم شیمیایی و مقدار آهن جذب شده و نسبت ترکیبات آلی و غیر آلی جیره نیز می‌توانند بر جذب آهن تأثیر بگذارند. آهن در غذا بیشتر به‌صورت آلی و در ترکیب با پروتیین‌هایی مثل هموگلوبین، میوگلوبین و کمپلکس‌های دیگری وجود دارد (Bury and Grosell, 2003).

روی نیز یکی از عناصر مورد نیاز آبزیان است که در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی موثر بر متابولیسم مواد غذایی، به عنوان کوفاکتور عمل می‌کند. برای مثال، فعالیت آنزیم‌هایی مانند آلدولازها، پپتیدازها و فسفاتازهایی که در هضم نقش دارند وابسته به عنصر روی است. اهمیت روی جهت حفاظت در برابر اتواکسیداسیون در آزاد ماهیان به اثبات رسیده است. روی در تمامی بافت‌های بدن یافت می‌شود و بر خلاف بسیاری از عناصر کمیاب که در کبد ذخیره می‌شوند، تمایل دارد که در استخوان‌ها انباشته گردد. همچنین، روی در سایر فعالیت‌های متابولیکی از جمله حفظ غدد تناسلی ماهیان نر، پوست بدن، چشم و استخوان‌ها دخالت دارد (Kucukbay *et al*., 2006).

توانایی زیستی ماهی در جذب و استفاده از روی موجود در پودر ماهی جیره تا حد زیادی به میزان تری کلسیم فسفات جیره بستگی دارد. بنابراین، سطوح بالایی از مکمل روی به دلیل کاهش توانایی زیستی ماهی در جذب روی با وجود فیتات، کلسیم و فسفر جیره از دسترس ماهی به دور می‌ماند. درنتیجه، میان فاکتورهای تغذیه‌ای، میزان سطوح کلسیم و فسفر، اسید فیتیک، منبع پروتئینی، شکل منبع روی و کلسیم در میزان جذب و ذخیره روی در ماهیان تأثیر گذار است. جذب روی از روده به میزان قابل توجهی به وجود کلسیم و فسفر در محیط بستگی دارد. حضور فسفر به شکل آپاتیت (موجود در آرد ماهی) یا فیتیت‌ها (موجود در آرد دانه‌های روغنی، غلات و محصولات جانبی) دسترسی به روی را کاهش می‌دهند (Halver and Hardly, 1989).

۱-٤- نقش عنصر آهن و روی در بدن انسان

کمبود ریز مغذی‌ها، یکی از مشکلات اساسی سلامت عمومی جامعه در بسیاری از کشورهای توسعه یافته است. در این میان کودکان و مادران باردار در معرض خطر بیشتری قرار دارند، زیرا کودکان و نوزادان برای حفظ رشد و تکامل مطلوب، به ریز مغذی‌های بیشتری نیازمند هستند (Branca, 2003).

در مورد کمبود ریزمغذی‌ها، آنچه کمتر مورد توجه و قابل مشاهده است، کاهش معنی داری است که کمبود ریزمغذی‌ها در رشد و نمو بدنی و ذهنی کودک پدید می‌آورند (Singh, 2004) و متأسفانه برخی از اثرهای آن در سال‌های نخستین زندگی، دائمی و غیر قابل برگشت است (جزایری، ۱۳٦۸).

کمبود آهن و روی، یکی از مشکلات تغذیه‌ای شایع در کشور ما و بسیاری از کشورهای توسعه یافته به شمار می‌رود (محمودی و همکاران، ۱۳۷۸؛ منتظری، ۱۳۷۵؛ Branca, 2003). بر اساس آمار، حدود ۵۰ درصد مشکلات تغذیه‌ای شایع در جامعه، حاصل کمبود تلفیقی از دو عنصر آهن و روی است، اما در کشور ما بیشتر به آهن اهمیت داده می‌شود و نقش مفید روی فراموش شده است (منتظری، ۱۳۷۵).

یکی از پیامدهای مهم کمبود آهن و روی، اختلال در عملکرد شناختی است. تحقیقات انجام شده بر روی عملکرد شناختی بچه‌ها در دوران پیش دبستانی و سال‌های آغازین دبستان، نشان می‌دهد که رژیم غذایی فاقد آهن و روی موجب کاهش امتیاز بهره هوشی در آزمون‌های به عمل آمده از آنان می‌شود (King, 2000). همچنین این عناصر در روند تکاملی سیستم عصبی مرکزی و محیطی نقش چشمگیری دارند. میلین‌سازی مطلوب، دخالت در کدهای ژنتیکی انسان و تسهیل انتقال پیام‌های عصبی، تنها بخشی از عملکردهای این عناصر به شمار می‌رود (Batra *et al*., 2002).

مطالعات پیرامون نقش عناصر آهن و روی در اجرای ورزشی، نشان می‌دهند که تمرینات شدید موجب کاهش زیاد غلظت این عناصر در بدن می‌شود. این کاهش غلظت به کاهش قدرت و استقامت عضلانی منجر می‌شود (Ovesen *et al*., 2001). گروهی از محققان نیز نقش این عناصر را در فعالیت‌های حرکتی بررسی و وجود این عناصر را در عضلات موجب افزایش قدرت و استقامت عضلانی (Krotiewski *et al*., 1982) و کمبود آن را موجب کاهش عملکرد حرکتی گزارش کرده‌اند (Golub *et al*., 1996). این اثرات ممکن است به علت عملکرد قابل توجه عناصر آهن و روی در میلین‌سازی و تکامل اعصاب حرکتی و نیز نقش کوفاکتوری آنها در آنزیم‌های چرخه تولید انرژی و انتقال اکسیژن در بدن باشد (Ackland and Michalczyh, 2006).

۱-٤-۱- کلیاتی در مورد عنصر آهن

عنصر آهن بدلیل دارا بودن فعالیت اکسایشی- کاهشی و انتقال الکترون، یکی از عناصر ضروری در فرایند تنفس سلولی است. عمدتاً در بدن به صورت کمپلکس با پروتئین‌هایی مثل هموگلوبین و میوگلوبین، آنزیم‌هایی مثل سیتوکروم‌های میتوکندری و میکروزوم، کاتالاز، پراکسیداز و غیره و ترکیباتی مثل ترانسفرین، فریتین و فلاووپروتئین‌های حاوی آهن وجود دارد. آهن در خون به صورت هموگلوبین در اریتروسیت‌ها و ترانسفرین در پلاسما وجود دارد. مقادیر کمی از آهن نیز به صورت فریتین در سرم وجود دارد. ترانسفرین ناقل اصلی آهن در خون به شمار می‌رود، بنابراین نقش مهمی در متابولیسم آهن دارد. پروتئین‌های ذخیره‌ای آهن، فریتین و هموسیدرین به مقادیر زیادی در کبد، طحال و مغز استخوان وجود دارند (Chen *et al*., 2010).

مهمترین ریزمغذی که برای انتقال اکسیژن از شش‌ها به بافت‌ها اهمیت دارد، آهن است. این عنصر به مقدار فراوان در سلول‌های خون به شکل هموگلوبین انتقال می‌شود. مشابه هموگلوبین، پروتئین ویژه‌ای در عضلات به نام میوگلوبین وجود دارد که از آهن تشکیل می‌یابد و اکسیژن را به منظور تولید انقباض عضلانی در خود ذخیره دارد. آهن، اکسیژن را برای تولید انرژی حمل می‌کند، همچنین به عنوان یک فاکتور برای آنزیم‌های متعددی به کار می‌رود (Beard *et al*., 2006). شواهد بسیاری نشان می‌دهند که در بسیاری از کشورهای پیشرفته، کمبود آهن دلیل اصلی کم خونی است و تجویز مکمل‌های آهن ممکن است مانع از اختلال‌های ناشی از کمبود آن شود (Salgueiro *et al*., 2003). مطالعات و پژوهش‌ها نشان می‌دهد که احتمال تولد نوزاد با وزن کم یا زایمان‌های زودرس در مادرانی که کم خونی فقر آهن دارند، بیشتر است (Masini *et al*., 1994).

در برنامه غذایی روزانه دو نوع آهن هم و غیر هم وجود دارد. آهن موجود در غذاهای حیوانی (آهن هم) از قابلیت جذب بالایی برخوردار است و به میزان ۲۰ تا ۳۰ درصد جذب می‌شود در حالی که آهن غذاهای گیاهی (آهن غیر هم) به میزان ۳ تا ۸ درصد جذب می‌شود و جذب آن بستگی به وجود عوامل کاهش دهنده و افزایش دهنده جذب آهن دارد. گوشت قرمز، مرغ و ماهی افزایش دهنده جذب آهن هستند. این مواد غذایی از یک سو دارای آهن هم هستند و از سوی دیگر موجب افزایش آهن غیر هم می‌شوند. یعنی حتی اگر مقدار کمی گوشت در غذاهای گیاهی وجود داشته باشد جذب آهن غیر هم گیاهی نیز افزایش می‌یابد (Grillenberger *et al*., 2007).

کم خونی فقر آهن یکی از مهمترین مشکلات تغذیه‌ای مخصوصاً در بین زنان جوان است. راه‌های مختلفی برای مبارزه با کم خونی فقر آهن وجود دارد که از بین آنها تغییر در عادات غذایی مردم و دادن آموزش‌های تغذیه‌ای می‌تواند راه حل مناسبی باشد (فلاحی، ۱۳۸۹).

علت اصلی کم خونی در کشورهای در حال توسعه دریافت کم آهن از طریق غذا و زیست فراهمی پایین آهن دریافتی است. راهبردهای کاهش کم خونی شامل مکمل یاری، غنی سازی و بهبود الگوی تغذیه است. افزایش زیست فراهمی آهن می‌تواند اثر مهمی بر افزایش کیفیت آهن دریافتی از طریق غذا داشته باشد (Creed- Kanashiro *et al.*, 2000). بنابراین یکی از مهمترین اقدامات برای پیشگیری از کم خونی فقر آهن آموزش تغذیه به منظور ایجاد تعادل و تنوع در برنامه غذایی روزانه است. اساس آموزش تغذیه برای پیشگیری از کم خونی فقر آهن بر این اصول استوار است که در وعده‌های غذایی افزایش دهنده‌های جذب آهن و همچنین آهن هم مصرف شود و یا اینکه از مصرف کاهش دهنده‌های جذب آهن همراه با مواد غذایی دارای آهن خودداری شود (Zijp *et al.*, 2000).

۱-٤-۲- کلیاتی در مورد عنصر روی

روی یک عنصر اساسی و مهم می‌باشد که دارای اعمال مختلف گسترده‌ای در بدن بوده و در ترکیبات آنزیم‌های مختلف وجود دارد، نقش مهمی در تقسیمات سلولی جهت سنتز پروتئین و DNA، فعال کردن انسولین، متابولیسم تخمدان و بیضه، اعمال کبدی، تکامل رفتاری و یادگیری، بهبود زخم‌ها، شرکت در حمایت بدن از مسمومیت با فلزات سنگین مانند سرب، تنظیم حس چشایی و تطابق بینایی دارد همچنین در متابولیسم پروتئین، کربوهیدرات، چربی و ایجاد انرژی نقش دارد. روی در تمام بافت‌ها و مایعات بدن یافت می‌شود، محتوی کل روی بدن حدود دو گرم می‌باشد که ٦۰ درصد آن در ماهیچه‌های اسکلتی و ۳۰ درصد در توده استخوانی (۱۰۰-۲۰۰ mg/gr) یافت می‌شود. غلظت روی در توده ماهیچه‌ای بدن حدود ۳۰ mg/gr است. غلظت‌های بالای روی در شبکیه چشم (۲۷٤ mg/gr) و مایع پروستات ۳۰۰-۵۰۰ mg/lit مشاهده می‌شود. دفع روی عمدتاً از طریق لوله روده‌ای-معده‌ای و دفع مدفوع ۰/۵-۳ mg/day بسته به دریافت روی و به میزان کمتر از طریق ادرار و پوست ۰/۵-۷ mg/day می‌باشد (Tamura *et al.*, 2000؛ Brown *et al.*, 2001).