"مقاله پژوهشی"

اثر سطوح مختلف سلنیوم‌های آلی و معدنی بر ریخت شناسی پرزهای روده و تغییرات بافتی کبد در بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Onchorhynchus mykiss*)

کاوس نظری [1*]

۱- بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۷

چکیده

مطالعه حاضر باهدف بررسی تاثیر سطوح مختلف سلنیوم‌های آلی و معدنی در جیره غذایی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Onchorhynchus mykiss*) بر ریخت‌شناسی پرزهای روده و بافت‌شناسی کبد به مدت ۶۰ روز انجام شد. بدین منظور تعداد ۱۰۸۰ قطعه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌ظاهر سالم با میانگین وزنی ۲/۸±۵۰ گرم به‌صورت تصادفی در سه گروه مساوی و هر گروه شامل سه تکرار تقسیم شدند. در این آزمایش ۹ جیره آزمایشی شامل سطوح مختلف سلنیوم آلی و سلنیوم معدنی هریک حاوی ۰/۱۵، ۰/۳۰، ۰/۴۵ و ۰/۶۵ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره غذایی و یک گروه شاهد بود. در پایان روز آخر، از هر تیمار ۳ قطعه بچه ماهی به‌طور تصادفی صید و پس از بیهوشی و خارج کردن بافت‌های کبد و روده طبق روش‌های استاندارد نسبت به تهیه نمونه‌های بافتی اقدام و نهایتاً توسط میکروسکوپ نوری مورد ارزیابی قرار گرفتند. مطالعات میکروسکوپیک و ریخت‌شناسی بیانگر بهبود معنی‌دار تغییرات ساختاری بافت روده شامل افزایش سطح جذب، طول و ضخامت پرزهای روده و کاهش عمق کریپت پرزهای روده در تیمار حاوی ۰/۴۵ میلی‌گرم سلنیوم آلی در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد بود ($p<۰/۰۵$). همچنین کمترین تغییرات هیستوپاتولوژیکی بافت کبد نیز در تیمار حاوی ۰/۴۵ میلی‌گرم سلنیوم آلی و شدیدترین تغییرات در تیمارهای شاهد و سطوح بالای سلنیوم معدنی مشاهده شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده تیمار حاوی ۰/۴۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم آلی به‌عنوان بهترین تیمار برای تحریک توسعه دستگاه گوارش و همچنین کاهش اثرات احتمالی آسیب‌شناسی بافت کبد در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تشخص داده شد.

کلمات کلیدی: قزل‌آلای رنگین‌کمان، سلنیوم، بافت‌شناسی، پرز روده.

* عهده‌دار مکاتبات: kks.nazari@gmail.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.2.8.9]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.2.115]

مقدمه

سلنیوم به‌عنوان یک ماده معدنی کم‌مصرف و یکی از اجزاء تشکیل‌دهنده جیره‌های غذایی در تغذیه حیوانات مختلف ازجمله ماهیان موردتوجه است (Lin, 2014؛ Rotruck *et al*., 1973). گرچه در برخی از مطالعات انجام‌شده نیز هیچ‌گونه تأثیر مثبتی در استفاده از سلنیوم در جیره غذایی گونه‌های مختلف آبزیان مشاهده نشده است (Gatlin and Wilson, 1984; Lorentzen et al., 1994; Kim et al., 2003). سلنیوم علاوه بر نقش خود در ارتباط با آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در سیستم‌های آنزیمی دیگری همچون چرخه تنظیم و انتقال انرژی، اسپرماتوژنز، سنتز اسیدهای چرب ضروری، سنتز پایه پورین و پیریمیدین و سیستم‌های ایمنی حیوانات نیز نقش دارد (Lin, 2014؛ Lin *et al*., 2005). ورود سلنیوم به ساختمان همگی این آنزیم‌ها از طریق ایجاد سلنوسیستئین و متیونین بوده و تجمع اشکال معدنی باقی‌مانده این عنصر می‌تواند در سلول‌های بدن سمی باشد (Misra and Niyogi, 2009). به‌طورکلی هر یک از سلنیوم‌های آلی و معدنی، در حیوانات مختلف دارای فعالیت‌های متابولیکی و میزان جذب متفاوتی هستند (Burk, 1976; Sunde, 1984). طبق بررسی‌های انجام‌شده مشخص‌شده است که استفاده از سلنیوم آلی در جیره غذایی گونه‌های مختلف ماهیان دارای قابلیت بیشتر، انباشت بهتر و فعالیت‌های بیولوژیکی بالاتری در مقایسه با اشکال معدنی سلنیوم می‌باشد (Ashouri *et al*., 2015). در حال حاضر منبع رایج تأمین‌کننده سلنیوم شکل معدنی آن یعنی سلنات سدیم می‌باشد که به دلیل مکانیسم جذب ضعیف آن در روده که از طریق انتشار صورت می‌گیرد. برای پیشگیری از اثرات مسمومیت‌زایی ناشی از تجمع آن به شکل معدنی نوع جدیدی از منابع سلنیوم در تغذیه حیوانات به‌صورت سلنومتیونین و سیستئین مطرح‌شده است (محسنی و ستوده، ۱۳۹۳).

پرورش ماهیان سرد آبی و به‌ویژه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Onchorhynchus mykiss*) با توجه به ویژگی‌هایی نظیر: سازش خوب آن به شرایط پرورش متراکم، عدم سخت‌گیری در انتخاب غذا و سرعت رشد مناسب توسعه‌یافته و این خصوصیات مثبت باعث شد ماهی قزل‌آلا به‌عنوان ماهی شماره یک اکثر کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهیان سرد آبی در بیشتر کشورهای دنیا تبدیل شود و سهم بالایی از تولید ماهیان پرورشی را به خود اختصاص دهد (حبیب‌اللهی، ۱۳۸۹؛ وثوقی و مستجیر، ۱۳۸۱). طبق بررسی‌های انجام‌شده در پرورش ماهی قزل‌آلا، غذا تقریباً نصف هزینه‌های تولیدی را شامل می‌شود. لذا برای داشتن یک پرورش موفقیت‌آمیز، نیاز به جیره‌هایی فرموله با میزان بازدهی و جذب بالا است (Cahu *et al*., 2009). البته برای دستیابی به این موضوع در طول سال‌های اخیر تحقیقات فراوانی روی ترکیبات و مکمل‌های غذایی که در بالا بردن سلامت موجود و کارایی تغذیه نقش دارند صورت گرفته است (Gibson and Roberfroid, 1995). همچنین می‌توان با استفاده از این مکمل‌های غذایی قدرت مقابله آبزیان در برابر تنش‌های مختلف را نیز به میزان قابل‌ملاحظه‌ای بالا برد (Sukhoverkhov, 2006). باوجوداینکه استفاده از محرک‌های ایمنی نتایج مطلوب و جالب‌توجهی را ارائه داده است، اما نمی‌توان از آثار و عوارض جانبی احتمالی این مواد بر بافت‌های بدن آبزیان به‌طور کامل چشم‌پوشی کرد؛ لذا بررسی آثار جانبی خصوصاً تغییرات آسیب‌شناسی بافتی ناشی از محرک‌های رشد و ایمنی در آبزیان

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.2.8.9]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.2.115]

ضروری به نظر می‌رسد (Camargo and Martinez, 2007).

طبق بررسی‌های انجام‌شده در این زمینه افزودن سلنیوم به جیره غذایی باعث بهبود کارایی رشد و عملکردهای ایمنی در گروه‌های متنوعی از ماهیان می‌گردد (Jaramillo and Gatlin, 2004; Zhou *et al.*, 2009). در همین ارتباط، اهمیت افزودن سلنیوم به جیره‌های غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (Hilton *et al.*,1980)، گربه‌ماهی کانالی (Gatlin and Wilson, 1984)، هامور (Lin and Shiau, 2005) و گیش ماهی دم زرد (Le and Fotedar, 2013) گزارش‌شده است. Liu و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که پودر بوتیرات سدیم به عنوان یک ماده معدنی محرک رشد سبب افزایش طول پرز روده در ماهیان کپور علفخوار می‌گردد. همچنین بررسی روند تغییرات دستگاه گوارش و غدد ضمیمه در قسمت کبد و روده‌ها به دلیل اهمیت خاص آن در جذب و گوارش مواد غذایی و درنتیجه رشد و نمو بهتر لارها و بچه ماهیان و همین‌طور افزایش بازدهی تکثیر مصنوعی و موفقیت در امر پرورش ماهیان دارای جایگاه ویژه‌ای است (Jafari *et al.*, 2008). با توجه به موارد ذکرشده و نبود اطلاعات کافی درزمینه تأثیر استفاده از انواع مختلف سلنیوم‌های آلی و معدنی در جیره غذایی بر مورفولوژی و تغییرات آسیب‌شناسی بافتی احتمالی آن‌ها در اندام‌های حساسی مانند کبد و روده ماهیان و از طرفی، با توجه به فواید تغذیه‌ای سلنیوم در ارتقاء پارامترهای رشد و بهبود فاکتورهای ایمنی، مطالعه حاضر باهدف بررسی اثرات استفاده از سطوح مختلف هر یک از سلنیوم آلی و معدنی در جیره‌های غذایی مکمل سازی شده توسط این محصولات و مقایسه اثرات هر یک از آن‌ها بر بافت‌های کبد و روده بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر طی ماه‌های فروردین و اردیبهشت سال ۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، واقع در پارک حفاظت‌شده خجیر (تهران) بر روی ۱۰۸۰ قطعه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی ۲/۸±۵۰ گرم پس از تهیه از یکی از مزارع پرورش ماهی واقع در شهرستان نور (مازندران) انجام شد. اندازه‌گیری عوامل کیفی آب همچون دما به شکل روزانه با استفاده از دماسنج جیوه‌ای، pH آب، اکسیژن محلول و هدایت الکتریکی (EC) به ترتیب توسط دستگاه pH متر دیجیتال Hach مدل EC20، کیت اکسیژن سنج Karizab (ساخت ایران) و دستگاه EC متر دیجیتال Metrohm مدل 644 ساخت کشور آلمان به‌صورت هفتگی انجام گرفت. نتایج به‌دست‌آمده در قالب مقادیر میانگین در جدول-۱ ارائه‌شده است. لازم به ذکر است منبع اصلی تأمین‌کننده آب در حوضچه‌های پرورش چشمه‌ای واقع در ۵۰۰ متری حوضچه‌ها بود که از طریق دو عدد پمپ الکتریکی تأمین می‌شد. جهت تأمین نیاز اکسیژنی بچه ماهیان نیز در هر حوضچه از یک عدد سنگ هوا متصل به پمپ هواده استفاده شد. ضمن آنکه لوله‌های تأمین‌کننده آب هر حوضچه نیز از قسمت بالای هر حوضچه عبور داده شد که با فشار آب را به داخل حوضچه‌ها منتقل و عملیات هوادهی را کامل می‌کرد. عمل سیفون کردن نیز جهت تخلیه باقیمانده‌های غذا و مدفوع از داخل هر حوضچه و تعویض آب حوضچه‌ها به‌منظور کاهش بار آمونیاکی به شکل روزانه انجام

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.2.8.9]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.2.115]

می‌شد. دوره نوری نیز در طول دوره پرورش به‌صورت ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در نظر گرفته شد.

جدول ۱: دامنه تغییرات پارامترهای کیفی آب در استخرهای پرورشی در طول دوره پرورش (انحراف معیار±میانگین)

دما (C°)	اکسیژن محلول (mg/l)	هدایت الکتریکی (mµ/s)	pH
۱±۱۶	۸/۰±۳/۸۱	۰/۰±۶۳۰/۰۱	۶/۰±۳/۱۵

قبل از ذخیره‌سازی، تمام حوضچه به‌وسیله پرمنگنات پتاسیم به میزان ۱ میلی‌گرم در لیتر (زارعی، ۱۳۹۱) کاملاً ضدعفونی شده، سپس حوضچه‌ها تخلیه شدند. پس از دو بار آبگیری و تخلیه‌ی مجدد، مورد آبگیری نهایی قرار گرفتند. بچه ماهیان نیز پس از ضدعفونی شدن به مدت یک دقیقه در محلول نمک ۴ درصد، به‌صورت تصادفی در ۳۶ عدد حوضچه بتنی با ظرفیت ۱۰۰۰ لیتر (با حجم آبگیری ۸۰۰ لیتر) در ابعاد ۱۰۰×۱۰۰×۱۰۰ سانتی‌متر با تراکم ۳۰ قطعه بچه ماهی در هر حوضچه تقسیم شدند. پس از گذشت یک دوره یک‌هفته‌ای جهت سازگاری بچه ماهیان با شرایط جدید و جیره پایه تهیه‌شده از شرکت چینه (تهران)، تغذیه بچه ماهیان با جیره‌های غذایی مکمل سازی شده توسط سطوح مختلف سلنیوم‌های آلی و معدنی آغاز شد.

با توجه به تیمارهای تعیین‌شده، ۸ جیره غذایی که ازلحاظ محتوای پروتئین خام، چربی خام و انرژی خام محتوای یکسانی داشتند با ۴ سطح مشخص از هر یک از سلنیوم آلی و معدنی (شرکت وتاک، شیراز) در شامل ۰/۱۵، ۰/۳۰، ۰/۴۵ و ۰/۶۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره غذایی به ترتیب تحت عنوان تیمارهای آلی ۱ تا ۴ و تیمارهای معدنی ۱ تا ۴ پس از محاسبه مقدار غذا برای کل دوره آزمایش (۶۰ روز) با استفاده از مواد اولیه (جدول ۲) و بر مبنای فرمول تهیه‌شده توسط نرم‌افزار UFFDA (Pesti *et al*., 1992) تهیه شدند. مواد اولیه ابتدا توسط آسیاب برقی خرد و الک (قطر ۱ میلی‌متر) شدند .سپس میزان هرکدام بر اساس فرمول تهیه‌شده محاسبه و وزن گردیده و با یکدیگر به‌صورت همگن مخلوط شده درنهایت با اضافه کردن آب و روغن به شکل خمیر درآمدند. خمیرهای موردنظر به رشته‌های اکسترود تبدیل و در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ ساعت خشک شدند و درنهایت به پلت‌های به قطر ۱/۵ در داخل کیسه‌های پلاستیک در یخچال نگهداری شدند. بچه ماهیان متناسب با میزان اشتها، روزانه به میزان ۵ درصد وزن بدن، بسته به دمای آب دومرتبه در روز در ساعت ۹ صبح و ۱۸ عصر به مدت ۶۰ روز غذادهی شدند. جیره‌های غذایی موردنظر پس از آماده‌سازی برای حصول اطمینان از کیفیت و ترکیب تقریبی به آزمایشگاه منتقل و میزان پروتئین با استفاده از روش کجلدال، چربی خام مطابق با روش سوکسله و رطوبت، فیبر، خاکستر، کربوهیدرات نیز به روش ارایه‌شده توسط AOAC (1990) اندازه‌گیری شدند.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.2.8.9]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.2.115]

جدول ۲: اجزای فرمول جیره های آزمایشی مرود استفاده در تغذیه بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان با سطوح مختلف سلنیوم های آلی و معدنی

ترکیب غذایی(٪)	جیره‌های آزمایشی واجد سلنیوم (میلی گرم در کیلو گرم)								
	شاهد	آلی ۱ (۰/۱۵)	آلی ۲ (۰/۳۰)	آلی ۳ (۰/۴۵)	آلی ۴ (۰/۶۵)	معدنی ۱ (۰/۱۵)	معدنی ۲ (۰/۳۰)	معدنی ۳ (۰/۴۵)	معدنی ۴ (۰/۶۵)
پودر ماهی	۳۴/۹	۳۴/۹	۳۴/۹	۳۴/۹	۳۴/۹	۳۴/۹	۳۴/۹	۳۴/۹	۳۴/۹
کنجاله سویا	۲۰/۵	۲۰/۵	۲۰/۵	۲۰/۵	۲۰/۵	۲۰/۵	۲۰/۵	۲۰/۵	۲۰/۵
گندم	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
روغن کلزا	۹/۹	۹/۹	۹/۹	۹/۹	۹/۹	۹/۹	۹/۹	۹/۹	۹/۹
ذرت	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸
دی کلسیم فسفات	۲/۰۵	۲/۰۵	۲/۰۵	۲/۰۵	۲/۰۵	۲/۰۵	۲/۰۵	۲/۰۵	۲/۰۵
کربوکسی متیل سلولز	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
کربنات کلسیم	۱/۷۷	۱/۷۷	۱/۷۷	۱/۷۷	۱/۷۷	۱/۷۷	۱/۷۷	۱/۷۷	۱/۷۷
مواد معدنی	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مخلوط ویتامین	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴
ویتامین C	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸
کولین کلراید	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵

جدول۳: آنالیز ترکیب شیمیایی جیره مورد استفاده در تغذیه بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان با سطوح مختلف سلنیوم های آلی و معدنی

ترکیب	درصد
رطوبت	۱۱/۰۶
پروتئین خام	۴۱/۵
چربی خام	۸/۵
کربوهیدرات	۲۱
خاکستر	۱۳/۲
انرژی خام ($Mj.kg^{-1}$)	۱۸/۸

در پایان دوره ۶۰ روزه پرورش، تعداد ۳ نمونه ماهی از هریک از تیمارهای آزمایشی (تعداد یک نمونه از هر تکرار) به‌طور تصادفی صید و توسط ppm ۲۰۰ پودر گل میخک (Ghobadi *et al.*, 2009) بیهوش شدند. پس از بیهوشی کامل بچه ماهیان و عملیات کالبدشکافی، بافت‌های موردنظر از قسمت میانی کبد و قسمت قدامی روده جداشده و پس از شستشو توسط سرم فیزیولوژی به‌منظور تثبیت شدن، به مدت ۴۸ ساعت در داخل میکروتیوب های حاوی محلول فیکساتور بوئن قرار داده شدند (Ganji and Arvand, 2002). در مرحله بعد به‌منظور تهیه لام‌های بافتی ابتدا بافت‌های تهیه‌شده با اتیل الکل با غلظت‌های ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۹۶ درصد آبگیری شده و سپس نمونه‌ها به‌منظور الکل گیری و شفاف‌سازی از محلول زایلول قرار داده شدند؛ در مرحله بعد نمونه‌ها در پارافین مایع قرارگرفته و سپس قالب‌گیری در پارافین صورت پذیرفت. پس از قرار دادن نمونه‌ها در یخچال و اطمینان از استحکام آن‌ها، با استفاده از دستگاه میکروتوم برش‌های نواری شکل باضخامت ۰/۳ میکرون (شریف پور و همکاران،

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.2.8.9]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.2.115]

۱۳۹۳) از بافت‌ها تهیه و روی لام منتقل شدند. سپس رنگ‌آمیزی لام ها با استفاده از رنگ‌های هماتوکسیلین - ائوزین (H&E) انجام شد (Figueiredo-Fernandes *et al*., 2007). در پایان رنگ‌آمیزی، هر لام توسط یک لامل و چسب به الزام پوشیده شد و با استفاده از میکروسکوپ نوریِ مجهز به دوربین عکس‌برداری موردبررسی و آسیب‌شناسی قرار گرفتند. به‌منظور اندازه‌گیری تغییرات طول و ضخامت پرزهای روده و همین‌طور عمق کریپت‌های پرزهای روده، در هر اسلاید ۳ میدان دید یکسان و از هر تیمار ۳ اسلاید انتخاب شد و یک میانگین برای هرکدام از موارد مذکور در هر اسلاید محاسبه گردید. به‌منظور بررسی سطح جذب پرزهای روده از فرمول ارائه‌شده توسط Sakamato (2000) استفاده شد.

۲π × ۰/۲ عرض پرز × ارتفاع پرز =سطح جذب پرز (میکرومتر مربع)

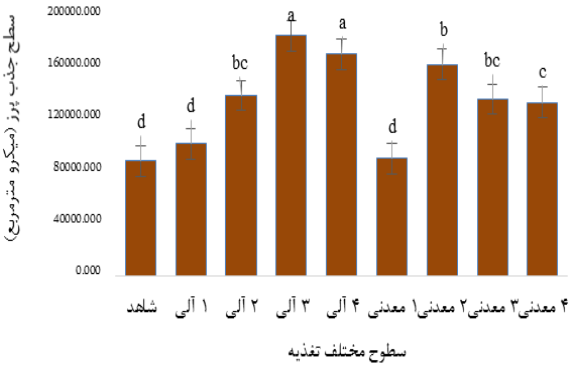
به‌منظور تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های به‌دست‌آمده پس از تعیین نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کوالموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov)، برای تعیین معنی‌دار بودن اختلاف بین شاخص‌های موردبررسی در خصوص ساختار بافتی روده در تیمارهای مختلف از طریق مسیر تحلیلی آنالیز واریانس یک‌طرفه (Own-Way ANOVA) موردسنجش قرار گرفتند و در صورت مشاهده اختلاف بین داده‌ها از آزمون تعقیبی توکی (Tukey) جهت تعیین معنی‌دار بودن یا اختلاف موجود در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($p<۰/۰۵$) استفاده گردید. درنهایت داده‌های به‌دست‌آمده به‌صورت مقادیر میانگین ± انحراف معیار ارائه گردید. به‌منظور بررسی آسیب‌شناسی بافت کبد نیز، داده‌های به‌دست‌آمده به‌صورت کیفی از تیمارهای آزمایشی از طریق آزمون آماری کروسکال والیس مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. کلیه تجزیه‌وتحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (21) و رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel (2013) انجام شد.

نتایج

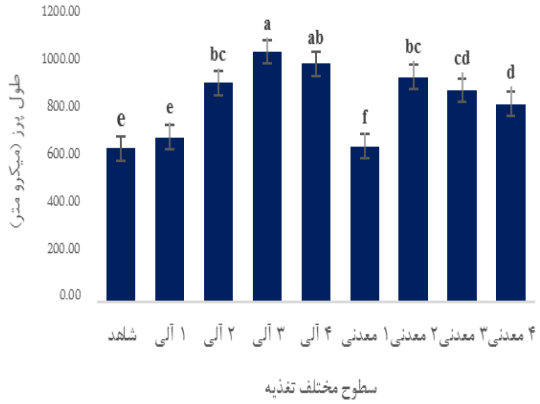
طی اندازه‌گیری طول و ضخامت پرزهای روده، عمق کریپت پرزهای روده و همچنین محاسبه سطح جذب پرزهای روده در تیمارهای مختلف به‌منظور تعیین تأثیر سطوح مختلف سلنیوم‌های آلی و معدنی در جیره غذایی بچه ماهیان انگشت قد قزل‌آلای رنگین‌کمان مشخص شد که با افزایش سطح سلنیوم آلی در تیمارهای آزمایشی تا سطح ۰/۴۵ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره غذایی سطح جذب پرزهای روده و طول و ضخامت آن‌ها روندی صعودی داشته و در تیمار حاوی ۰/۶۰ میلی‌گرم سلنیوم آلی سطح این شاخص‌ها کاهش‌یافته و این افزایش ازلحاظ آماری در مقایسه با گروه شاهد دارای اختلاف معنی‌داری بود ($p<۰/۰۵$). لازم به ذکر است در خصوص کاهش سطح جذب پرزهای روده در تیمار آلی ۴ در مقایسه با تیمار آلی ۳ این کاهش فاقد اختلاف معنی‌دار ($p>۰/۰۵$) و در خصوص طول و ضخامت پرزها این کاهش از اختلاف معنی‌داری برخوردار بود ($p<۰/۰۵$). بررسی تغییرات عمق کریپت پرزهای اندازه‌گیری شده در بافت روده نیز بیشترین تغییرات به وجود آمده را در تیمار آلی ۳ نشان داد که در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد به شکل معنی‌داری کاهش‌یافته بود ($p<۰/۰۵$). همچنین در تیمارهای آلی ۴ و معدنی ۱ نیز تغییرات عمق کریپت پرزهای روده در مقایسه با گروه

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.2.8.9]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.2.115]

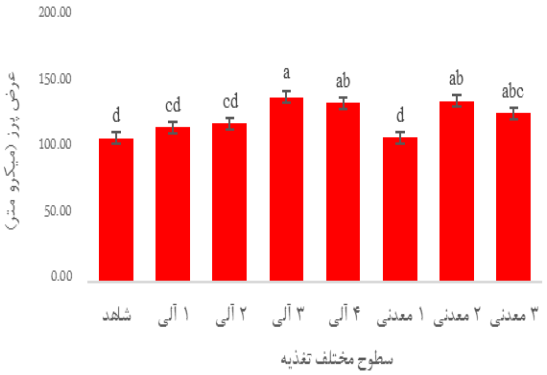
شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد ($p>۰/۰۵$)؛ اما بین سایر تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد اختلاف معنی‌داری در خصوص این شاخص مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده بالاترین میزان سطح جذب پرزهای روده معادل ۱۸۵۷۱۵/۸ میکرومتر مربع، بیشترین طول پرزهای روده معادل ۱۰۵۳/۲میکرومتر، بیشترین ضخامت پرزهای روده معادل ۱۴۰/۳ میکرومتر و کمترین عمق کریپت پرزهای روده معادل ۱۱۲/۷ میکرومتر در تیمار آلی ۳ مشاهده شد. درحالی‌که طبق نتایج به‌دست‌آمده پایین‌ترین میزان سطح جذب (۸۸۷۳۳/۴۵ میکرومتر بر مترمربع)، کمترین طول (۶۴۶/۰۱ میکرومتر) و کمترین ضخامت (۱۰۹/۳۶ میکرومتر) پرزهای روده در تیمار شاهد و بیشترین میزان عمق کریپت پرزهای روده (۱۴۴/۹۰ میکرومتر) در تیمار معدنی ۴ به دست آمد.



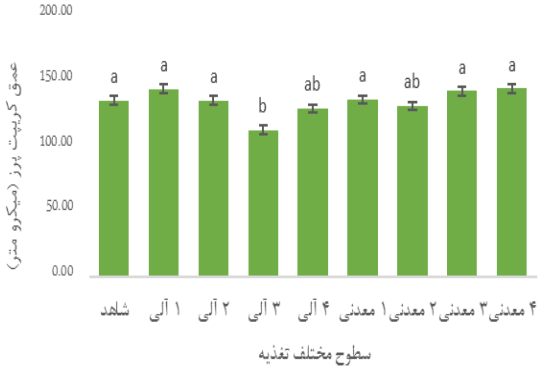
شکل ۱: مساحت سطح جذب پرزهای روده بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در اثر تغذیه با سطوح مختلف سلنیوم‌های آلی و معدنی



شکل ۲: اندازه طول پرزهای روده در بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در اثر تغذیه با سطوح مختلف سلنیوم‌های آلی و معدنی



شکل ۳: اندازه ضخامت پرزهای روده در بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در اثر تغذیه با سطوح مختلف سلنیوم‌های آلی و معدنی



شکل ۴: اندازه عمق کریپت‌های روده در بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در اثر تغذیه با سطوح مختلف سلنیوم‌های آلی و معدنی

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.2.8.9]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.2.115]

مقایسه نتایج به‌دست‌آمده در خصوص تغییرات بافت‌شناسی در نمونه‌های بافت کبد بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان داد که بچه ماهیان تغذیه‌شده در تیمار حاوی ۰/۴۵ میلی‌گرم سلنیوم آلی در هر کیلوگرم جیره غذایی (تیمار آلی ۳) در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی و تیمار شاهد دارای کبدی سالم‌تر و طبیعی‌تر بودند. بطوریکه در این تیمار آزمایشی هیچ‌گونه تغییرات بافتی (–) در خصوص پینکوز هسته‌ای، پرخونی (خونریزی) و نکروز سلولی در نمونه‌های بافت کبد در این بچه ماهیان دیده نشد. ضمن آنکه سلول‌های بافت کبد در برابر واکوئله شدن و آتروفی نیز در این تیمار آزمایشی دارای تغییرات خفیفی (+) بودند. درحالی‌که بر اساس نتایج به‌دست‌آمده بچه ماهیان تغذیه‌شده در تیمارهای شاهد (فاقد هرگونه ماده افزودنی) و تیمارهای تحت تأثیر سطوح بالای سلنیوم معدنی (۰/۴۵ و ۰/۶ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره غذایی) از آسیب‌های کبدی بیشتری در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی برخوردار بودند. بطوریکه در کبد بچه ماهیان تغذیه‌شده توسط این تیمارهای آزمایشی شاهد تغییرات شدیدی (+++) در خصوص واکوئله شدن سلولی و همچنین تغییرات متوسطی (++) در خصوص پیکنوزه شدن هسته‌ها، آتروفی و پرخونی (خونریزی) در سلول‌های کبدی بچه ماهیان در این تیمارهای آزمایشی مشاهده شد. تغییرات مربوط به نکروزه شدن سلول‌های بافتی نیز در تیمار حاوی ۰/۴۵ گرم سلنیوم معدنی به شکل تغییرات متوسط (++) و در تیمار حاوی ۰/۶ میلی‌گرم سلنیوم معدنی به شکل تغییرات خفیف مشاهده شد. ضمن آنکه در تیمار شاهد پینکوزه شدن هسته ای نیز به شکل تغییرات شدید (+++) مشاهده شد. این در حالی است که در تیمارهای حاوی سطوح پایین سلنیوم معدنی، بخصوص در تیمار حاوی ۰/۳ میلی‌گرم تغییرات بافتی تحت بررسی از قبیل واکوئله زایی سیتوپلاسمی، آتروفی و پرخونی عروق (خونریزی) به شکل خفیف‌تر (+) مشاهده شد و یا اینکه این تغییراتی مانند پینکوز هسته ای و نکروز کاملاً بدون تغییر (–) بود.

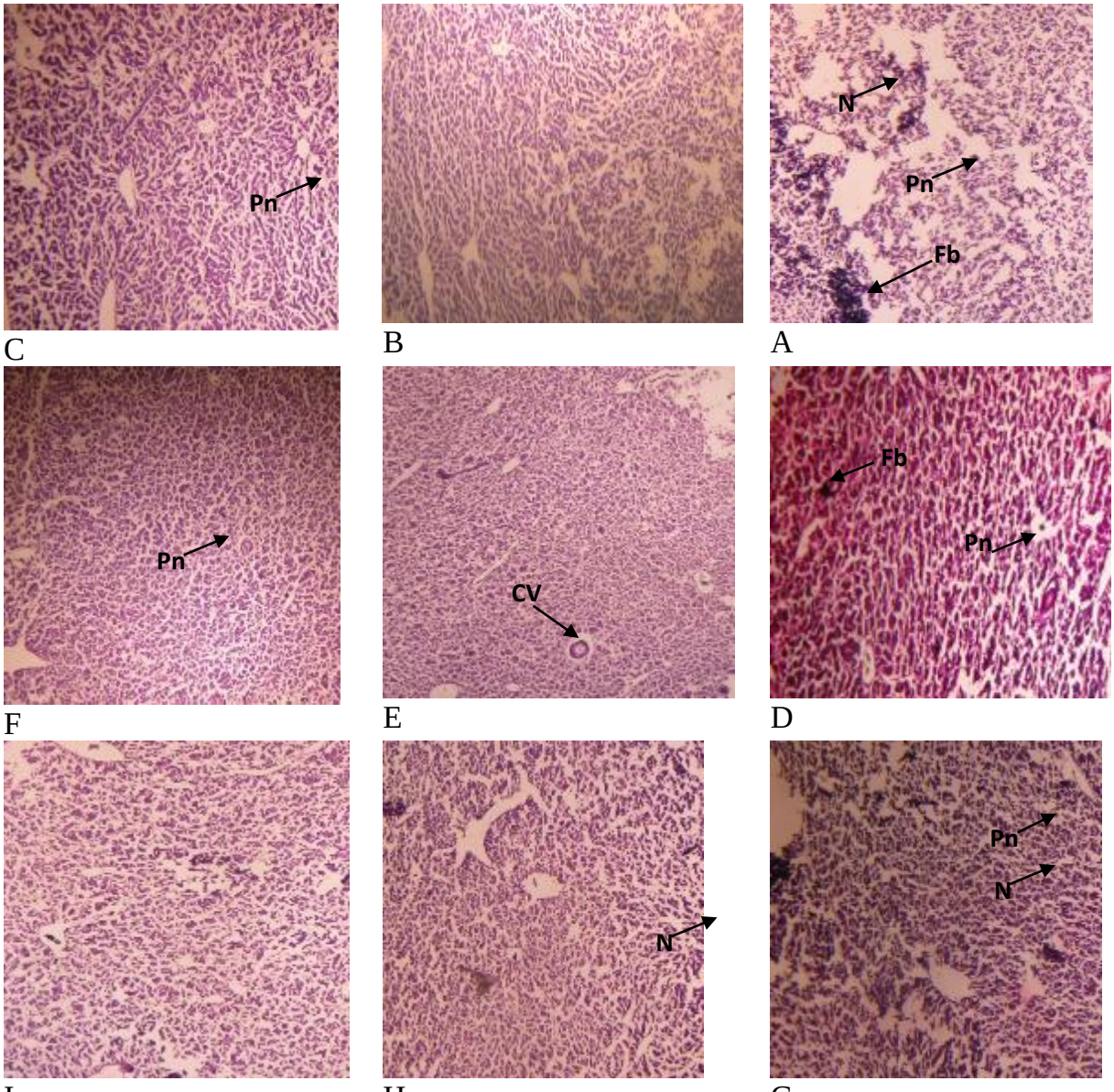
جدول ۳: خلاصه‌ای از تغییرات هیستوپاتولوژیکی کبد بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تحت تأثیر سطوح مختلف سلنیوم‌های آلی و معدنی

اثرات هیستوپاتولوژیک		شاهد	آلی ۱	آلی ۲	آلی ۳	آلی ۴	معدنی ۱	معدنی ۲	معدنی ۳	معدنی ۴
واکوئله سیتوپلاسمی	زایی	+++	+	–	+	+	++	+	+++	+++
پیکنوز هسته		+++	–	+	–	+	+	–	++	++
آتروفی		++	+	++	+	+++	++	+	++	++
پرخونی (خونریزی)		++	+	++	–	++	++	+	++	++
نکروز سلولی		++	–	++	–	++	++	–	++	+

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.2.8.9]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.2.115]

نحوه امتیازدهی به این تغییرات نیز به این ترتیب بود که در صورت عدم مشاهده تغییرات در نظم ساختار کبد با علامت منفی (-)، وجود اختلال به‌صورت کانونی در نظم و ساختار لبول‌های کبد به‌صورت خفیف و با علامت (+)، درگیری ۵۰ درصد از لبول‌ها و توبول‌های کبد متوسط به‌صورت +۲ و در صورت عدم تشخیص ساختار منظم کبد و کلیه شدید با علامت ۳+ گزارش شدند. عدم مشاهده مجاری با ساختارهای سلول‌های اپی‌تلیال مکعبی هیپرپلاستیک با علامت (-) و مشاهده سه مجرای صفراوی در هر تریاد به‌صورت (+)، چهار یا پنج مجرا به همراه بافت همبند در هر تریاد با علامت (۲+) و بیش از پنج مجرای صفراوی در هر تریاد به‌صورت (۳+) تشخیص داده شدند. عدم نکروز قطعه‌ای در اطراف ناحیه پورتال و توبول‌های نزدیک گلومرولی به شکل (-)، نکروز قطعه قطعه ای خفیف به‌صورت (+)، درگیر شدن کمتر از ۵۰ درصد هپاتوسیت‌ها در اطراف پورتال تراکت و لوله‌های خمیده نزدیک و دور ناحیه کورتکس متوسط با علامت (۲+) و درگیر شدن بیش از ۵۰ درصد هپاتوسیت‌ها در اطراف پورتال تراکت و توبول‌های ناحیه کورتکس به‌صورت (۳+) در نظر گرفته شد. عدم مشاهده فیبروز در ناحیه پورتال به‌صورت (-)، گسترش پورتال فیبروزیز خفیف به‌صورت، پل فیبروزی متوسط با علامت (۲+) و سیروز شدید به‌صورت (۳+) در نظر گرفته شد. تجمع نوتروفیل‌ها در مناطقی که سلول‌های کبدی از بین رفته و لیز هپاتوسیت اتفاق افتاده بود، به‌عنوان نکروز کانونی هپاتوسیت تعریف شد. نکروز کانونی، نکروز منتشر، آپوپتوز، هیپرپلازی سلول‌های کوپفر، اتساع سینوزوئیدها و پرخونی در صورت وجود با علامت + یا عدم وجود با علامت- مشخص شدند.

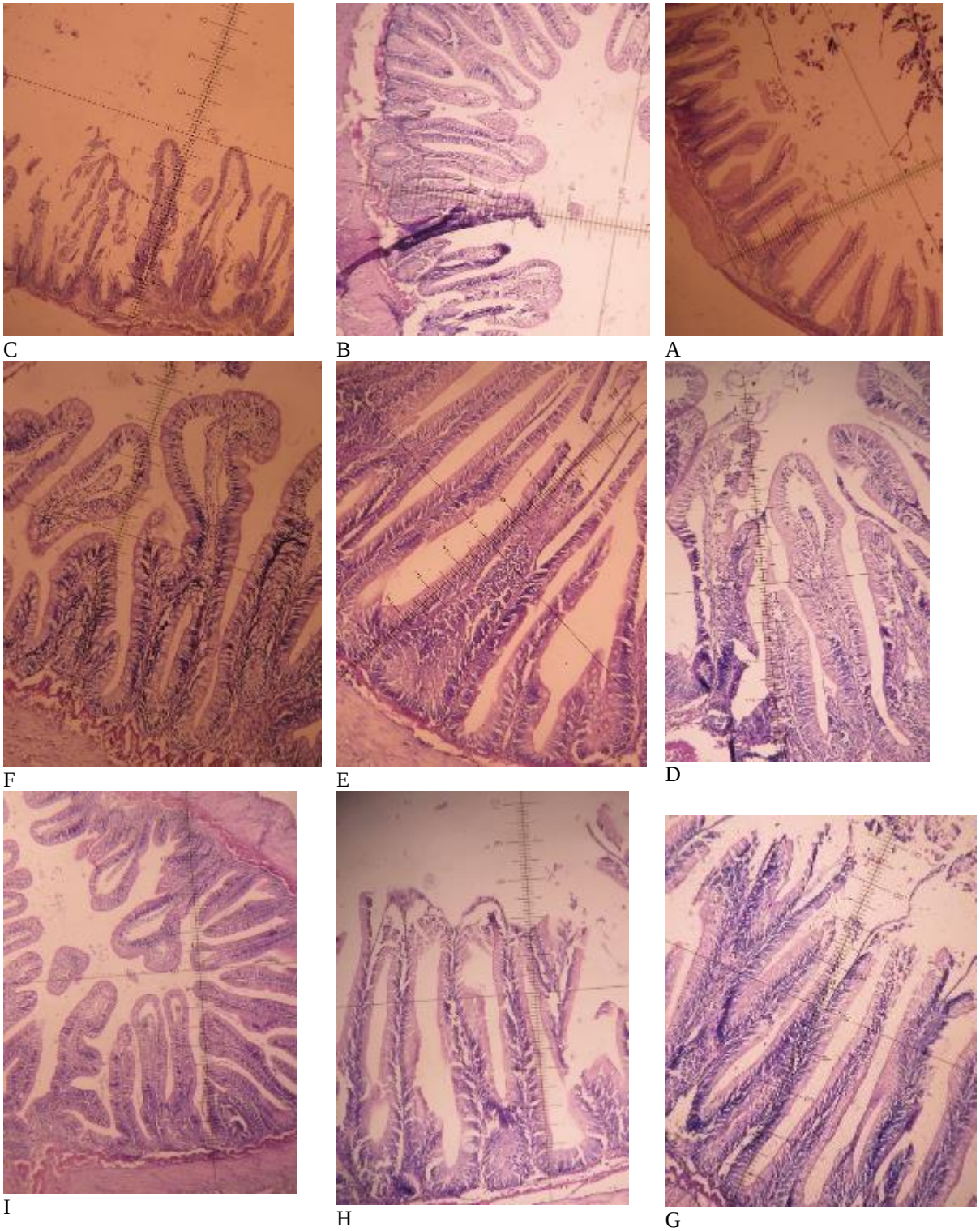
[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.2.8.9]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.2.115]



شکل ۵: اثرات آسیب‌شناسی بافت کبد در غلظت‌های متفاوت سلنیوم‌های آلی و معدنی در بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان. A) تیمار شاهد، B) تیمار آلی ۱، C) تیمار آلی ۲، D) تیمار آلی ۳، E) تیمار آلی ۴، F) تیمار معدنی ۱، G) تیمار معدنی ۲، H) تیمار معدنی ۳، I) تیمار معدنی ۴.

Pn:پیکنوزه شدن هسته‌ای، N: نکروزه شدن، CV: واکوئله شدن سیتوپلاسم، Fb: پرخونی

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.2.8.9]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.2.115]



شکل ۶: بررسی بافت شناسی روده در استفاده از سطوح مختلف سلنیوم های آلی و معدنی در بچه ماهیان قزل آلای رنگین کمان. A) تیمار شاهد B) تیمار آلی ۱، C) تیمار آلی ۲، D) تیمار آلی ۳، E) تیمار آلی ۴، F) تیمار معدنی ۱، G) تیمار معدنی ۲، H) تیمار معدنی ۳، I) تیمار معدنی ۴.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.2.8.9]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.2.115]

بحث

کبد و روده، مهم‌ترین ارگان‌ها برای هضم و جذب مواد مغذی موجود در خوراک آبزیان هستند، بنابراین بررسی‌های بافت‌شناسی این دو عضو برای ارزیابی تأثیرات استفاده از مواد محرک ایمنی که به روش خوراکی تجویز می‌شوند روش انتخابی مناسبی می‌باشد (Raskovic *et al.*, 2011). با توجه به نقش بسیار مهم که پرزهای روده درامر گوارش و همچنین نقش کبد در اعمال مختلف مرتبط با متابولیسم و نقش این اندام پروسه‌هایی مثل نقل و انتقالات زیستی و حساسیت بالای آن در بروز صدمات ناشی از مواد شیمیایی نسبت به آلودگی های مختلف و شناسایی آن به عنوان اندامی جهت بررسی تاثیر محرک های محیطی بر موجودات مختلف علم بافت شناسی این این اندام ها در ماهیان دارای اهمیت بالایی می‌باشد (Ramezani-Fard *et al.*, 2011؛ رضوانی و همکاران، ۱۳۸۵). با توجه به این ذکر شده، نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر در خصوص تاثیر استفاده از سطوح مختلف سلنیوم‌های آلی و معدنی در جیره‌های غذایی بچه ماهیان قزل آلای رنگین کمان در ارتباط با تاثیر این مواد بر تغییرات هیستوپاتولوژیکی بافت کبد نشان داد که استفاده از سلنیوم آلی در مقایسه با سلنیوم معدنی بخصوص در تیمار حاوی ۰/۴۵ میلیگرم سلنیوم آلی در هر کیلوگرم جیره غذایی دارای تأثیرات به مراتب بهتری در مقایسه با سایر تیمارهای تحت بررسی در بافت کبد بوده و ضایعه قابل‌توجهی در این تیمار آزمایشی در بافت کبد مشاهده نشد. فقط در برخی موارد مختصری افزایش واکوئله شدن و آتروفی جزئی در این تیمار آزمایشی مشاهده شد. طبق تحقیقات انجام‌شده در این زمینه مشخص‌شده که آسیب‌های بافتی حاصل در کبد ماهی‌ها در مزارع پرورش ماهی بیشتر شامل تغییر در شکل هسته، پیکنوز و نکروز، واکوئله شدن، مرزنشینی هسته هپاتوسیت‌ها و پرخونی رگ‌های کبد بود که در تیمارهایی که سلنیوم معدنی نسبت به آلی استفاده کرده بودند و همچنین گروه شاهد بیشتر بود. آسیب‌های واردشده به کبد همچنین منجر به دژنراسیون و نکروز برخی سلول‌ها و تجمع کانونی سلول‌های آماسی در کبد می‌شود (Zamani *et al.*, 2015). در تائید این موارد در مطالعه حاضر نیز تمام تغییرات آسیب‌شناسی بافتی در کبد بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان شامل پینکوز هسته‌ای، آتروفی، پرخونی، نکروز و علی‌الخصوص واکوئله شدن سلول‌های بافت کبد در تیمارهای شاهد و استفاده از سطوح بالای سلنیوم معدنی به‌صورت تقریباً مشابه مشاهده شد. درصورتی‌که در تیمارهای تغذیه‌شده با سلنیوم آلی بخصوص در سطوح بالا تغییرات آسیب‌شناسی مدنظر به حداقل مقدار ممکن رسید و یا این تغییرات اصلاً مشاهده نشد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده این موضوع را می‌توان این‌چنین توجیه کرد که با توجه به نقش تصفیه‌کنندگی کبد استفاده از مقدار ۰/۴۵ میلیگرم سلنیوم آلی در هر کیلوگرم جیره غذایی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان باعث کارایی بهتر این اندام در این غلظت و درنتیجه میزان آسیب‌دیدگی کمتر بافتی در این اندام می‌گردد. همسو با این نتایج پورمقیم و همکاران (۱۳۹۵) نیز با بررسی تاثیر جیره‌های غذایی مکمل سازی شده با مقدار ۱٪ پودر عصاره گیاه صبر زرد (*Aloe vera*) در جیره غذایی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان فقط شاهد افزایش خفیف توسعه مراکز ملانوماکروفاژی در ماهیان تغذیه شده با گیاه صبر زرد بودند. این محققین

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.2.8.9]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.2.115]

دلیل این موضوع را به‌عنوان یک عارضه پاتولوژیک مطرح نکرده و توسعه خفیف مراکز ملانوماکروفاژی را به واکنش طبیعی این بافت در برابر عوامل خارجی تحریک‌کننده نسبت دادند. همچنین مشکینی و همکاران (۱۳۹۴) نیز در مطالعه خود با بررسی تأثیر استفاده از محرک ایمنی لوامیزول به‌عنوان یک داروی ضد کرم در جیره غذایی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان و بررسی تغییرات هیستوپاتولوژیکی حاصل از مصرف این دارو در بافت کبد گزارش دادند که استفاده از این محرک ایمنی در سطوح بالا باعث ایجاد بیشترین شدت صدمات بافت کبدی در بچه ماهیان قزل آلا می‌گردد.

محققین تأثیر نوع تغذیه (Ramezani-Fard *et al*., 2011) ترکیب مواد غذایی (Mai *et al*., 2005) و ساختار ژنتیکی (Ming-Yih *et al*., 2005) را برای شکل گیری پرزهای روده از لحاظ ارتفاع و ضخامت آن برای هرگونه از ماهی منحصربه‌فرد دانسته‌اند. در همین ارتباط، با توجه به اینکه در مطالعه حاضر بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در تیمارهای مختلف توسط جیره‌های غذایی حاوی سطوح تقریباً یکسان پروتئین تغذیه‌شده بودند و نوع غذادهی نیز در تمام تیمارها یکسان بود، بنابراین بهبود سطح جذب، طول، ضخامت و عمق کریپت پرزهای روده را در تیمارهای حاوی ۰/۴۵ میلیگرم سلنیوم آلی را احتمالاً می‌توان به استفاده از این ماده در جیره غذایی بچه ماهیان نسبت داد. در مجموع با توجه به نتایج به دست آمده در خصوص تاثیر استفاده از جیره‌های غذایی مکمل سازی شده توسط سطوح مختلف سلنیوم های آلی و معدنی به نظر می‌رسد نوع سلنیوم آلی اثرات بهتری بر جمعیت میکروارگانیسم‌های مفید دستگاه گوارش و یا مورفولوژی پرزهای روده در بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان داشته، درحالی‌که نوع معدنی آن به علت عدم تجزیه و انباشت موجب ایجاد اثرات نامطلوب بر سلول‌های آنتروسیت روده گردیده است (Olsen *et al*., 2001). افزایش سلنیوم می‌تواند باعث جذب اسیدهای چرب امگا-۳در مقایسه با اسیدهای چرب امگا-۶ از طریق اپیتلیوم روده سبب شده که این امر و یک منبع انرژی مهم برای میزبان تلقی شده باعث تقویت آنتروسیت‌های روده از طریق تامین منابع انرژی مورد نیاز سلول ها بشود (Kralik *et al*., 2013). در توجیه این موارد نتایج مطالعه حاضر نیز در خصوص تأثیر استفاده از سطوح مختلف سلنیوم‌های آلی و معدنی در جیره غذایی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان بر روی تغییرات مورفولوژی بافت روده نشان داد که استفاده از مقدار ۰/۳ گرم سلنیوم آلی در هر کیلوگرم جیره غذایی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در مقایسه با سایر تیمارهای تحت بررسی و تیمار شاهد به شکل معنی‌داری باعث سطح جذب پرزهای روده، طول پرز روده، عرض پرزهای روده و کاهش عمق کریپت پرزهای روده می‌گردد.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی در خصوص نتایج به‌دست‌آمده در مطالعه حاضر می‌توان این‌چنین بیان داشت که استفاده از سطوح مختلف سلنیوم های آلی و معدنی در جیره غذایی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان بخصوص مقدار ۰/۴۵ میلیگرم سلنیوم آلی در هر کیلوگرم جیره غذایی میتواند علاوه بر ارتقاء شاخص های مرتبط با رشد و توسعه دستگاه گوارش از طریق بهبود تغییرات مورفولوژیک بافت روده به لحاظ افزایش سطح جذب، طول و ضخامت پرزهای روده و همچنین کاهش عمق کریپت پرزهای روده، باعث

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.2.8.9]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.2.115]

کاهش بروز اثرات محتمل هیستوپاتولوژیک نیز در بافت کبد به‌عنوان اندام اصلی دفع‌کننده سموم و آلودگی‌های مختلف در بدن شود که این موارد در نهایت منجر به افزایش توانایی دستگاه گوارش در بهره‌برداری بهتر در هضم و جذب مواد مغذی و سلامت عمومی ماهیان خواهد گردید و از این طریق میتوان به افزایش تولید در واحد سطح در مزارع پرورش ماهی به‌عنوان هدف نهایی صنعت آبزی‌پروری تا حدودی دست یافت.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم که از زحمات تمام کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

منابع

۱. پورمقیم، ح.، حقیقی، م.، شریف روحانی، م.، ۱۳۹۵. بررسی آسیب‌شناسی بافتی کبد، کلیه، روده و آبشش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی (*Oncorhynchus mykiss*) تغذیه‌شده با غذای حاوی 1 % پودر عصاره گیاه صبر زرد (*Aloe vera*). پاتوبیولوژی مقایسه‌ای،۱۳ (۲)، ۱۸۹۸-۱۸۹۱.

۲. حبیب‌اللهی، ر.، ۱۳۸۹. تأثیر پروبیوتیک پریمالاک بر شاخص‌های رشد، بقاء و برخی شاخص‌های خونی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۵۳ صفحه.

۳. رضوانی گیل کلایی، س.، شریف پور، ع.، کاظمی، ر.، ۱۳۸۵. بررسی آثار هیستوپاتولوژیک ناشی از برخی عوامل زیست‌محیطی دریای خزر بر روی ماهیان استخوانی شکارچی (ماهی آزاد و ماهی سوف دریای خزر). موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۵۰ صفحه.

۴. زارعی، ا.، ۱۳۹۱. خلاصه آزمایش‌های اصول تغذیه دام، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه علوم دامی. ۹۵ صفحه.

۵. شریف پور، ع.، حلاجیان، ع.، کاظمی، ر.ا.، ۱۳۹۳. روش‌های آزمایشگاهی بافت‌شناسی آبزیان. انتشارات موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۳۴۷ صفحه.

۶. محسنی، م.، ستوده، ا.م.، ۱۳۹۳. اثر سطوح مختلف سلنیوم جیره غذایی بر روند رشد و استرس اکسیداتیو بچه فیل‌ماهی پرورشی (*Huso huso*) تغذیه‌شده با سطوح بالای مس، مجله علمی شیلات ایران،۲۱ (۴)، ۱۰۵-۱۱۴.

۷. مشکینی، س.، تهرانی، ع.ا.، آق، ن.، ۱۳۹۴. اثر لوامیزول بر پاسخ ایمنی و تغییرات هیستوپاتولوژیکی در تراکم بالای ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). نشریه علوم درمانگاهی دامپزشکی ایران، دوره ۹، شماره ۱، ۱۳-۳.

۸. وثوقی، غ.، مستجیر، ب .۱۳۸۱ .ماهیان آب شیرین. دانشگاه تهران، تهران، ۳۱۷.

9. AOAC (Association of Official Analytical Chemists)., 1990. Official method of analysis AOAC, Washington DC, USA, 1263 P.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.2.8.9]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.2.115]

10. Ashouri, S., Keyvanshokooh, S., Salati, A. P., Johari, S. A., Pasha-Zanoosi, H., 2015. Effects of different levels of dietary selenium nanoparticles on growth performance, muscle composition, blood biochemical profiles and antioxidant status of common carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture, 441, 25-29.
11. Burk, R.F, 1976. Selenium in man. In: Prasad, A.S. (Ed.), Trace Elements in Human Health and Disease. Academic Press, London, pp. 105–134.
12. Cahu, C.L., Gisbert, E., Villeneuve, L.A.N., Morais, S., Hamza, N., World, P.A., Zambonino Infante, J., 2009, Influence of dietary phospholipids on early ontogenesis of fish. Aquaculter Research, 40, 989-999.
13. Camargo, M.P., Martinez, B.R., 2007. Histopathology of gills, kidney and liver of a Neotropical fish caged in urban stream. Neotropical Ichthyology, 5(3), 327-336.
14. Figueiredo-Fernandes, A., Ferreira-Cardoso, J.V., Garcia-Santos, S., Monteiro, S.M., Carrola, J., Matos, P., Fontaínhas-Fernandes, A., 2007. Histopathological changes in liver and gill epithelium of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, exposed to waterborne copper. Pesquisa Veterinária Brasileira, 27(3), 103-109.
15. Ganji, F. K., Arvand, M., 2002. Histology practical. University of Medical Sciences and Health Services Mashhad. ISBN 7 - 08 - 5627 - 964, p15-19.
16. Gatlin, D.M., Wilson, R.P., 1984. Dietary selenium requirement of fingerling channel catfish. Journal of nutrition, 114, 627–633.
17. Ghobadi, Sh., Matinfar, A., Nezami, Sh. A., Soltani, M., 2009. Influence of supplementary enzymes Avizyme on fish meal replacement by soybean meal and its effects on growth performance and survival rate of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Azadshahr Journal of Fisheries, 3(2), 11-22.
18. Gibson, G.R., Roberfroid, M. B., 1995. Dietary modulation of the colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. Journal of Nutrition, 125, 1401-1412.
19. Hilton, J.W., Hodson, P.V., Slinger, S.J., 1980. The requirement and toxicity of selenium in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Journal of Nutrition, 110, 2527–2535.
20. Jafari, M., Kamarudin, M.S., Saad, C.R., 2009. Development of morphology in hatchery-reared *Rutilus frisii kutum* Larvae. European Journal of Scientific Research, 38(2), 296-305.
21. Jaramillo, F., Gatlin, D., 2004. Comparison of Purified and Practical Diets Supplemented with or without β-Glucan and Selenium on Resistance of Hybrid Striped Bass *Morone chrysops*♀× *M. saxatilis*♂ to Streptococcus iniae Infection. Journal of the World Aquaculture Society, 35(2), 245-252.
22. Kim, K. W., Wang, X., Choi, S. M., Park, G. J., Koo, J. W., Bai, S. C., 2003. No synergistic effects by the dietary supplementation of ascorbic acid, α-tocopheryl acetate and selenium on the growth performance and challenge test of Edwardsiella tarda in fingerling Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. Aquaculture Research, 34(12), 1053-1058.
23. Kralik, Z., Kralik, G., Biazik, E., Strakova, E., Suchy, P., 2013. Effects of organic selenium in broiler feed on the content of selenium and fatty acid profile in lipids of thigh muscle tissue. Acta Veterinaria Brno, 82, 277–282.
24. Le, K.T., Fotedar, R., 2013. Dietary selenium requirement of yellowtail kingfish (*Seriloa lalandi*). Journal of Agricultural Science, 4, 68–75.
25. Lin, Y.H., 2014. Effects of dietary organic and inorganic selenium on the growth, selenium concentration and meat quality of juvenile grouper Epinephelus malabaricus. Aquaculture. 430: 114–119.
26. Lin, Y.H.A., Shiau, S.Y., 2005. Dietary seleniumrequirements of juvenile grouper, *Epinephelus malabaricus*. Aquaculture, 250, 356–363.
27. Liu, M., Guo, W., Wu, F., Qu, Q., Tan, Q., Gong, W., 2017. Dietary supplementation of sodium butyrate may benefit growth performance and intestinal function in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). Aquaculture Research, 48(8), 4102-4111.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.2.8.9]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.2.115]

Bleeker. Journal of Applied Ichthyology, 27, 920-927.
36. Rašković, A., stilinovic, N., kolarovic, J., vasovic, V., vukmirovic, S., mikov, M., 2011. The protective effects of silymarin against doxorubicin-induced cardiotoxicity and hepatotoxicity in rats. Molecules, 16(10), 8601-8613.
37. Rotruck, J.T., Pope, A.L., Ganther, H.E., Swanson, A.B., Hafeman, D.G., Hoekstra, W.G., 1973. Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase. Science, 179(4073), 585–590.
38. Stopskopf, M., 1993. Clinical pathology, In Fish medicine, Edited by M Stopskopf WB, SaundersCompany, Philadelphia, USA, pp.113-131.
39. Sukhoverkhov, F.M., 2006. The effect of cobalt, vitamin, tissue preparations and antibiotics on carp. http://www.FAO.com.
40. Sunde, R.A., 1984. The biochemistry of selenoproteins. Journal of Americans Oil Chemistry Society, 61, 1891–1900.
41. Vicenitini, C.A., franceschini, I.B., Vincentini, I.B., Bombonato, M.T.S., 2005. Morphological study of the liver in the Teleote oreochromis niliticus. International journal of Morphology, 23, 211-216.
42. Zamani, N., Naghsh, N., Fathpour. H., 2015. Comparing poisonous effects of thioacetamlde and silver nanoparticles on enzymic changes and liver tissue in Syrian mice. Zahedan Journal of Research in Medical Sciences, 16(2), 54-7.
43. Zhou, X., Wang, Y., Gu, Q., Li, W., 2009. Effects of different dietary selenium sources (selenium nanoparticle and selenomethionine) on growth performance, muscle composition and glutathione peroxidase enzyme activity of crucian carp (*Carassius auratus gibelio*). Aquaculture, 291(1), 78-
28. Lorentzen, M., Maage, A., Julshamn, K., 1994. Effects of dietary selenite or selenomethionine on tissue selenium levels of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture, 121(4), 359-367.
29. Mai, K., Yu, H., Duan, Q., Gisbert, E., Zambonino, J.L., Cahu, C., 2005. A histological study on the development of the digestive system of Pseudosciaena crocea larvae and juveniles. Journal of Fish Biology, 67(4), 1094-1106.
30. Ming-Yih, L.O., Chyng-Hwa, L., Lee-Shing, F., 2005. Embryonic and larval development of the Malabar grouper, *Epinephelus malabaricus* (Pisces: Serranidae). Journal of Marine Biology, 85, 1249-1254.
31. Misra, S. and Niyogi, S. 2009. Selenite causes cytotoxicity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) hepatocytes by inducing oxidative stress. Toxicology in Vitro. 23: 1249–1258.
32. Olsen, R.E., Mykle bust, R., Kryvi. H., Mayhew, T.M., Ringo, E., 2001. Damaging effect of dietary inulin on intestinal enterocytes in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). Aquaculture Research, 32, 931-934.
33. Ozden, H., Bildirici, K., Ustuner, D., Ustuner, C., Cengiz, B.P., Tulay, A., 2005. Histopathologic examination of rat liver after experimental application of fluoxetine. Turkish Journal of Ecopathol, 11(1), 9-15.
34. Pesti, GM., Miller, B.R., Hargrave, J., 1992. User-Friendly Feed Formulation, Done Again (UFFDA). Programed by J. Hargrave. University of Georgia, USA.
35. Ramezani-Fard, E., Kamarudin, M.S., Harmin, S.A., Saad, C.R., AbdSatar, M.K., Daud, S.K., 2011. Ontogenic development of the mouth and digestive tract in larval *Malaysian mahseer*, Tor tambroides

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1402.17.2.8.9]
[DOI: 10.61186/aqudev.17.2.115]