دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

تخمین زیست‌فراهمی منابع مختلف عنصر روی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های نیمه‌خالص

محمود صحرایی[1] و حسین جانمحمدی[2]

۱- بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران، (نویسنده مسوول: m.sahraei2009@gmail.com)
۲- دانشیار، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۱۶

چکیده

آزمایشی با هدف تخمین زیست‌فراهمی و ارزیابی خصوصیات شیمیایی منابع مختلف عنصر روی از قبیل سولفات روی، اکسیدروی A، اکسیدروی B و بیوپلکس روی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های نیمه خالص انجام شد. در ابتدا برای ارزیابی خصوصیات شیمیایی و حلالیت منابع مختلف عنصر روی در حلال‌های مختلف مطابق روش‌های استاندارد، به ترتیب از سه نمونه یک گرمی و ۰/۱ گرمی استفاده شد. نتایج نشان داد که میزان عنصر روی از ۱۵ درصد در بیوپلکس روی تا ۷۵ درصد در اکسیدروی A متغیر است و بیش‌ترین حلالیت به میزان ۱۰۰ درصد در آب مقطردوبار تقطیرشده، هیدروکلریک اسید ۰/۴ درصد و اسید سیتریک دو درصد مربوط به سولفات روی و کم‌ترین میزان حلالیت در آب مقطر دوبار تقطیرشده، هیدروکلریک اسید ۰/۴ درصد و اسید سیتریک دو درصد مربوط به بیوپلکس روی می‌باشد. در ادامه برای مطالعه زیست‌فراهمی منابع مختلف عنصر روی، از جیره نیمه خالص مکمل شده با سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم از منابع مذکور در کیلوگرم جیره پایه استفاده شد که به ۲۶۰ قطعه جوجه گوشتی نر سویه رأس ۳۰۸ در قالب ۱۳ جیره آزمایشی مختلف تغذیه شد. این آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی، در سیستم قفس با چهار تکرار پنج قطعه‌ای از سن ۲۱-۸ روزگی انجام شد. برای تخمین زیست فراهمی نسبی از روش رگرسیون نسبت شیب استفاده شد. که در این روش ارزش زیست‌فراهمی نسبی منابع مختلف بر اساس تقسیم ضریب رگرسیون معادله هر منبع نسبت به ضریب رگرسیون معادله سولفات روی به‌عنوان منبع استاندارد محاسبه شد. بیش‌ترین مقدار زیست فراهمی بر اساس افزایش وزن در اکسیدروی A و B در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و در بیوپلکس روی در سطح ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره پایه حاصل شد (P<۰/۰۵). بالاترین مقدار زیست فراهمی برطبق غلظت روی استخوان درشت نی، در سطح ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از اکسیدروی A و بر اساس غلظت روی کبد و پانکراس به هنگام استفاده از سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بیوپلکس روی در کیلوگرم جیره پایه مشاهده شد (P<۰/۰۵).

واژه‌های کلیدی: زیست‌فراهمی، حلالیت، جیره نیمه خالص، روی، جوجه گوشتی

مقدمه

عنصر روی به‌رغم این‌که متعلق به عناصر کم نیاز می‌باشد ولی در فعالیت بیش از ۳۰۰ آنزیم در بدن مورد نیاز بوده و در تعداد زیادی از فعالیت‌های آنزیمی، متابولیکی، سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و حذف رادیکال‌های آزاد در بدن مشارکت دارد. این عنصر نقش مؤثری در سیستم ایمنی، کیفیت لاشه، پردرآوری، عمل‌کرد آنزیم‌های کاتالاز،کربونیک آنهیدراز، آلکالین فسفاتاز و بهبود عملکرد روده کوچک طیور ایفاء می‌نماید (۲۵،۲۰). مطالعات انجام شده از سوی ویدیکایند و همکاران (۳۲) به منظور ارزیابی اثرات سولفات روی و متیونین-روی در جیره‌های نیمه خالص، نشان داد که با افزایش سطح روی در جیره پایه، افزایش خطی در غلظت عنصر روی در کبد و پانکراس حاصل می‌شود. هم‌چنین ویدیکایند و بیکر (۳۱) بهبود رشد و افزایش ذخائر عنصر روی در استخوان جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با روی- متیونین نسبت به اکسیدروی و سولفات روی تک آبه را گزارش کردند. لیکن نتایج مطالعات دیگر نشان داد خوراندن جیره‌های خالص حاوی هفت میلی‌گرم در کیلوگرم روی، مکمل شده با سولفات روی و روی- متیونین به جوجه‌های گوشتی و بوقلمون‌ها از سن هشت روزگی به مدت سه هفته، تأثیر خطی بر افزایش ذخائر عنصر روی در استخوان درشت‌نی و بافت کبد ندارد (۸). محققین با استفاده از جیره‌های نیمه خالص مکمل شده با صفر، ۵/۸۱، ۱۵/۱۰،۱۰/۸۱ و ۲۰/۲۵ میلی‌گرم روی از سولفات در کیلوگرم جیره دریافتندکه افزایش وزن بدن رابطه خطی با سه سطح اول سولفات روی مکمل سازی شده در جیره دارد (۵). هم‌خوان نبودن در نتایج مطالعات می‌تواند ناشی از شرایط آزمایش، نوع جیره مصرفی، سن شروع آزمایش، طول دوره آزمایش و سطح مکمل مصرفی باشد (۱۱). احتیاجات عنصر روی جوجه گوشتی در جدول‌های استاندارد غذایی (۱۹) ۴۰ میلی‌گرم روی در هر کیلوگرم جیره و در INRA (۱۱)

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

[DOI: 10.18869/acadpub.rap.7.13.59]

مقادیر ۴۰ و ۲۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره برای رشد نرمال در مراحل رشد و پایانی ذکر شده لیکن در کتابچه راهنمای پرورش سویه‌های امروزی میزان نیاز به عنصر روی ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره افزایش یافته است (۳) که حاکی از روند افزایشی در نیازمندی جوجه‌های گوشتی به عنصر روی می‌باشد (۱۵). لذا باید برای رفع کم‌بود عنصر روی در جوجه‌های گوشتی و جلوگیری از دفع بی‌رویه عنصر روی در فضولات و کاهش آلودگی زیست محیطی از منابع آلی و معدنی مناسب، تأمین‌کننده عنصر روی در تغذیه جوجه‌های گوشتی، استفاده شود (۲۶). مواد معدنی به‌خصوص عناصر کم‌نیاز اقلام خوراکی جوجه‌های گوشتی متغیر بوده و اطلاعات اندکی در مورد زیست‌فراهمی آن‌ها وجود دارد و بر اساس داده‌های محدود میزان زیست فراهمی آن‌ها نیز متفاوت است (۴).

هم‌چنین در سال‌های اخیر مکمل‌های آلی و معدنی مختلفی از عنصر روی به بازار مصرف وارده شده که اطلاعات اندکی از ارزش بیوژیکی و زیست‌فراهمی آنها در تغذیه جوجه‌های گوشتی وجود دارد، برای ارزیابی زیست‌فراهمی و تخمین ارزش بیولوژیکی، می‌توان از روش‌های آزمایشگاهی از قبیل حلالیت مکمل عناصر معدنی در بافرها و حلال‌های مختلف استفاده کرد، این روش‌ها سریع، ارزان و قابل کنترل بوده و می‌توانند اطلات مفیدی را در خصوص مکمل‌های عناصر معدنی ارائه نمایند، لیکن به لحاظ وجود محدودیت‌های از قبیل هم‌بستگی ضعیف با نتایج حاصله در شرایط کار با موجودات زنده و ارائه ندادن اطلاعاتی در خصوص کنتیک هضم و جذب مواد معدنی در دستگاه گوارش، به عنوان پیش آزمایش و افزایش دقت آزمایشات بیولوژیکی مطرح هستند (۱۰).

هم‌چنین زیست‌فراهمی عنصر روی در واقع بخشی از عنصر روی هضم و جذب شده‌ای است، که در متابولیسم حیوان قابل استفاده باشد لذا انتخاب معیار دقیق در تخمین زیست‌فراهمی بسیار اهمیت دارد (۱). بر همین اساس این آزمایش با هدف تخمین ارزش زیست‌فراهمی واقعی منابع مختلف عنصر روی بر اساس معیارهای دقیقی از قبیل ذخائر عنصر روی در استخوان درشت نی، بافت کبد و لوزالمعده و ارائه اطلاعات تکمیلی در جوجه‌های گوشتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

تعیین ترکیبات شیمیایی و حلالیت منابع آلی و معدنی عنصر روی

مکمل‌های عنصر روی مورد مطالعه در این آزمایش شامل بیوپلکس روی[1] (۱۵ درصد روی)، سولفات روی تک آبه (۳۵ درصد روی)، اکسیدروی A (۷۵ درصد روی) و اکسیدروی B (۷۲ درصد روی) بودند، نوع A از شرکت کانی دام و نوع B از شرکت سپاهان روی تهیه شد.

۱- تعیین ترکیبات شیمیایی

در ابتدا تعیین میزان ماده خشک به روش تجزیه تقریبی و غلظت عناصر مختلف از قبیل روی، سرب، کادمیوم، مس، آهن، منگنز و کلسیم به روش جذب اتمی و فسفر با روش اسپکتروفوتومتری در منابع مذکور انجام شد (۲). برای این منظور از هر منبع عنصر روی سه تکرار یک گرمی برداشته شده و در ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ساعت خشک و در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۶ ساعت سوزانده شد. هضم نمونه‌ها در هیدروکلریک اسید و صاف کردن آن‌ها از طریق کاغذ واتمن شماره ۴۲ بدون خاکستر[2] انجام شده و بعد از رساندن به حجم مورد نیاز با آب مقطر دوبار تقطیر شده، در آزمایشگاه گروه خاک‌شناسی دانشگاه تبریز غلظت عناصر با دستگاه جذب اتمی (شیماتزو)[3] در طول موج ۲۱۳ قرائت شد (۲۱،۲).

۲- بررسی حلالیت منابع آلی و معدنی عنصر روی در اسید سیتریک، هیدروکلریک اسید و آب مقطر دوبار تقطیرشده

برای این منظور از دستورالعمل ارائه شده از سوی ویستون و همکاران (۳۰) استفاده شد:

ابتدا ۳ نمونه ۰/۱ گرمی از منابع عنصر روی توزین شد. سپس در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سیتریک ۲ درصد و هیدروکلریک اسید ۰/۴ حل کرده و به مدت یک ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد. بعد از سپری شدن مرحله انکوباسیون عمل صاف کردن با استفاده از کاغذ واتمن شماره ۴۲ بدون خاکستر انجام شد. قبل از قرائت میزان روی نمونه‌ها با دستگاه جذب اتمی شیماتزو، رقیق سازی مایعات صاف شده با آب مقطر دوبار تقطیرشده، انجام شد. با فرض این که روی در مایعات صاف شده محلول بوده معیار به دست آمده بر اساس درصد کل روی در نمونه اولیه محاسبه شد. البته برای تعیین اجزای محلول و نامحلول روی در آب مقطر دوبار تقطیرشده از روش لیچ و پاتون (۱۶) به صورت زیر استفاده شد: ابتدا سه نمونه ۰/۵گرمی از هریک از منابع عنصر روی در بالون ژوژه ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و بعد از اضافه کردن ۱۵۰ میلی‌لیتر آب دیونه، به مدت ۳۰ دقیقه در بن ماری با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد شیک شدند. از کاغذ واتمن شماره ۴۲ بدون خاکستر به عنوان صافی برای تخلیه محلول مذکور به داخل بالون ژوژه ۲۰۰ میلی‌لیتری استفاده شد و بعد از رساندن به حجم مورد نظر با آب مقطر دوبار تقطیر شده، قرائت میزان عنصر روی با دستگاه جذب اتمی انجام گرفت. در ادامه کاغذ صافی در ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد برای تعیین مقادیر روی نامحلول سوزانده شد. با فیلترأسیون و حل

۱- Bioplex Zn شکل آلی عنصر روی شامل ترکیب پپتید و عنصر روی، تولید شده توسط شرکت Alltech Biotechnology

۲- Ash less- مرک آلمان ۳- AA-670 Model Shimatzu ساخت کشور ژاپن

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

[DOI: 10.18869/acadpub.rap.7.13.59]

کردن خاکستر کاغذ صافی حاوی مواد نامحلول در پنج میلی‌لیتر از هیدروکلریک اسید ۲۰ درصد، قرائت میزان عنصر روی با دستگاه جذب اتمی انجام شد. محاسبه میزان حلالیت منابع روی بر اساس غلظت روی در نمونه اولیه، نمونه فیلتر شده و میزان باقی مانده روی کاغذ صافی انجام شد.

زیست‌فراهمی منابع مختلف عنصر روی در جیره‌های نیمه خالص تهیه جیره‌های آزمایشی

قبل از شروع آزمایش، قفس‌ها، سالن و محوطه اطراف محل اجرای طرح در سالن تحقیقات طیور ایستگاه آموزشی و پژوهشی خلعت پوشان دانشگاه تبریز به طور کامل آماده‌سازی و ضدعفونی شد در طی آزمایش از نور مستمر ۲۴ ساعته در سالن استفاده شد. آب و غذا به صورت آزاد در اختیار جوجه‌ها قرار داشت و برنامه بهداشتی و واکسیناسیون آن‌ها مطابق توصیه شبکه دام‌پزشکی منطقه مورد مطالعه انجام شد. منابع عنصر روی مورد استفاده در این تحقیق همه از نوع خوراکی[1] بوده و شامل سولفات روی تک‌آبه، دو نوع اکسیدروی A، B و یک نوع مکمل آلی یعنی بیوپلکس روی (محصول شرکت Alltech) بودند. برای بررسی زیست فراهمی نسبی منابع مختلف نسبت به سولفات روی تک‌آبه به عنوان منبع استاندارد در مرحله اول آزمایش از جیره‌های نیمه خالص دارای ۱۷/۵۱ میلی‌گرم در کیلوگرم روی استفاده شد (جدول ۱).

جدول ۱- ترکیبات اقلام خوراکی و مواد مغذی جیره پایه نیمه خالص بدون مکمل روی در سن ۲۱-۸ روزگی

مواد خوراکی	درصد	ترکیبات مواد مغذی***	مقدار
نشاسته ذرت	۵۳/۶	ماده خشک (٪)	۸۹
سویای خوراکی (۵۱ درصد پروتئین خام)	۳۶/۱۴	انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/ کیلوگرم)	۳۰۰۰
روغن سویا	۲	پروتئین خام (٪)	۲۰/۸۹
کنجاله گلوتن (۶۰ درصد پروتئین خام)	۴/۲	کلسیم (٪)	۰/۹۲
دی کلسیم فسفات	۱/۷	فسفر قابل دسترس (٪)	۰/۴۳
کربنات کلسیم	۱/۲	لایزین (٪)	۱/۱۱
نمک	۰/۳۰	متیونین (٪)	۰/۵۳
دی ال- متیونین	۰/۲۳	متیونین + سیستین (٪)	۰/۹۱
ال- لایزین هیدروکلراید	۰/۱۳	آهن (میلی‌گرم/ کیلوگرم)	۸۴
مکمل ویتامین*	۰/۲۵	مس (میلی‌گرم/ کیلوگرم)	۲۱
مکمل معدنی بدون روی**	۰/۲۵	منگنز (میلی‌گرم/ کیلوگرم)	۵۷
جمع	۱۰۰	روی (میلی‌گرم/ کیلوگرم)	۱۷/۵۱

*: تامین کننده در هر کیلوگرم: ویتامین A ۱۱۰۲۵ واحد بین المللی،ویتامین D_3 ۳۵۲۸ واحد بین المللی، ویتامین E ۳۳ واحد بین المللی،ویتامین K ۰/۹۱ میلی‌گرم، تیامین ۲ میلی‌گرم، ریبوفلاوین ۸ میلی گرم، نیاسین ۵۵ میلی‌گرم، پنتوتنات کلسیم ۱۸ میلی‌گرم، ویتامین B_6 ۵ میلی‌گرم، بیوتین ۰/۲۲۱ میلی‌گرم، اسید فولیک ۱ میلی‌گرم، کولین ۴۷۸ میلی‌گرم و ویتامین B_{12} ۲۸ میکروگرم.

**: تامین کننده در هر کیلوگرم: منگنز ۶۰ میلی‌گرم، آهن ۵۰ میلی‌گرم، مس ۶ میلی‌گرم، ید ۱ میلی‌گرم و سلنیوم ۰/۲ میلی‌گرم.

***: ترکیبات مواد مغذی جیره به جز انرژی قابل متابولیسم،لایزین، متیونین و متیونین + سیستین بقیه در آزمایشگاه تعیین شده‌اند.

در این آزمایش از یک نوع مکمل آلی بیوپلکس روی، دو نوع مکمل اکسیدروی A، اکسیدروی B و یک نوع سولفات روی تک‌آبه در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره بر اساس جیره‌های نیمه خالص و یک جیره غذایی پایه فاقد مکمل روی جمعاً به صورت ۱۳ جیره غذایی با چهار تکرار پنج قطعه ای در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. برای این منظور از ۲۶۰ قطعه جوجه گوشتی جنس نر سویه رأس در مرحله رشد از سن ۸ الی ۲۱ روزگی در سیستم قفس استفاده به عمل آمد. جیره‌های مورد استفاده در این آزمایش بر اساس راهنمایی پرورش جوجه گوشتی سویه رأس ۳۰۸ و با استفاده از نرم‌افزار UFFDA تنظیم شد (۳). میزان ماده خشک، پروتئین خام، کلسیم، فسفر، آهن، مس، منگنز و روی جیره‌های مصرفی در طی آزمایش مطابق روش‌های استاندارد تعیین شد (۲). سایر مواد مغذی جیره به صورت محاسباتی به دست آمد. میزان روی موجود در آب مصرفی در نظر گرفته نشد. جوجه‌های گوشتی بعد از یک هفته تغذیه با جیره‌های نیمه خالص به منظور تخلیه ذخائر روی حاصل از مادر و سپری کردن ۸ ساعت گرسنگی به صورت انفرادی توزین و به طور تصادفی در قفس‌های (۴۰×۵۰×۵۰ سانتی‌متری) قرار داده شدند. برای حداقل سازی خطای ناشی از آلودگی با عنصر روی از آبخوری و دانخوری با پوشش پلاستیکی استفاده شد. برای تهیه جیره‌های آزمایشی در ابتدا جیره پایه مورد نیاز برای تغذیه جوجه‌ها تهیه شده و بعد به ۱۳ قسمت مساوی تقسیم شد. برای مخلوط کردن یکنواخت سطوح مختلف مکمل‌های روی، منابع مختلف روی با معادل وزنی از نشاسته برای ایجاد حجم بیش‌تری از مکمل روی به منظور تسهیل در مخلوط کردن با جیره‌های آزمایشی مورد نظر، به صورت کاملا یکسان مخلوط شدند.

1- Feed grade

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

[DOI: 10.18869/acadpub.rap.7.13.59]

۲- شاخص‌های مورد استفاده در ارزیابی زیست فراهمی، جمع‌آوری و آنالیز نمونه‌ها

برای بررسی زیست فراهمی از معیارهای از قبیل میزان خوراک مصرفی، افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی، میزان روی مصرفی، غلظت روی در کبد، پانکراس و استخوان درشت نی استفاده شد. که نحوه انجام هر کدام به شرح زیر ارائه می شود:

میزان خوراک مصرفی، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی برای هر قفس به صورت هفتگی رکوردگیری شدند. با توجه به احتمال میزان مصرف عنصر روی یکسان به علت مصرف بالای خوراک در برخی از جیره‌های آزمایشی، میزان روی مصرفی، متغیر مستقل و معیارهای از قبیل افزایش وزن بدن، ذخائر عنصر روی درشت نی، بافت کبد و پانکراس متغیر وابسته در نظر گرفته شدند. برای تخمین زیست فراهمی منابع مختلف روی از روش رگرسیون نسبت شیب[1] با در نظر گرفتن سولفات روی تک‌آبه به صورت منبع استاندارد (به لحاظ حلالیت بالاتر آن در حلال‌های مختلف نسبت به سایر اشکال عناصر) (۱)، استفاده شد (۱۸). در پایان روز ۲۱ام آزمایش بعد از اعمال ۱۲ ساعت گرسنگی، جوجه‌ها به صورت انفرادی توزین و ۳ قطعه از هر تکرار (قفس) بر اساس نزدیکی به میانگین وزن هر تکرار انتخاب شد. جوجه‌ها بلافاصله با پیچاندن گردن کشته شده کبد و پانکراس آن‌ها بعد از جداسازی برای آنالیز روی در فریزر منفی ۲۰ درجه سانتی گراد نگهداری شد. استخوان درشت نی رأست نیز جدا شده و تا زمان تعیین محتوای عنصر روی آن در داخل کیسه پلاستیکی جداگانه در فریزر[2] نگهداری شدند. برای تعیین میزان خاکستر استخوان درشت نی جوجه‌ها، از روش اتوکلاو کردن هال و همکاران (۱۳) با فشار ۶/۸۲ کیلوگرم به مدت ۸ الی ۱۲ دقیقه استفاده شد. بعد از خنک شدن، استخوان‌ها از تمامی بافت‌های همراه پاک شده و به مدت ۲۴ ساعت در ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. بعد از توزین، در دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد در مدت ۱۶ ساعت سوزانده شده و خاکستر آنها مجددا توزین شد. برای اندازه‌گیری غلظت روی، ۰/۲ گرم نمونه خاکستر استخوان درشت نی و ۳ نمونه ۰/۵ گرمی از جیره غذایی در ۱۰ میلی‌لیتر از هیدروکلریک اسید ۳۷ درصد در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت قرار داده شدند. بعد از خنک‌سازی، نمونه‌ها با کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ بدون خاکستر صاف شدند. غلظت عنصر روی در نمونه‌های مذکور بعد از رساندن به حجم مورد نظر با آب مقطر دوبار تقطیر شده، با دستگاه جذب اتمی قرائت شد (۲). برای اندازه‌گیری غلظت عنصر روی در کبد و پانکراس از روش هضم تر استفاده شد. برای خشک کردن نمونه‌ها در آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. ۰/۵ گرم از نمونه آسیاب شده با پنج میلی‌لیتر اسید نیتریک به مدت یک ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد هضم و برای هضم بیش‌تر با ۷ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۳۰ درصد در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ دقیقه قرار داده شدند. بعد از خنک سازی، فیلترأسیون از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ بدون خاکستر و رساندن به حجم مورد نظر با آب مقطر دوبار تقطیر شده، با دستگاه جذب اتمی غلظت عناصر قرائت شد (۲۱،۲).

۳- **آنالیز آماری**

برای آنالیز داده‌های حاصل از ۱۳ جیره آزمایشی مختلف در قالب طرح کاملا تصادفی از رویه GLM برنامه SAS9.1 بر اساس مدل آماری زیر استفاده شد:

$$Y_{ij}=\mu+T_i+e_{ij}$$

برای محاسبه زیست فراهمی نسبی[3] منابع مختلف عنصر روی نسبت به سولفات روی تک‌آبه به عنوان استاندارد از روش رگرسیون نسبت شیب استفاده شد. که در این روش ارزش زیست فراهمی نسبی منابع مختلف بر اساس تقسیم ضریب رگرسیون معادله سطوح مختلف هر منبع نسبت به ضریب رگرسیون معادله سولفات روی تک‌آبه به عنوان منبع استاندارد محاسبه شد و مقایسه میانگین جیره‌های آزمایشی مختلف با تست توکی کرامر در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. در این تحقیق مدل‌های رگرسیون مورد استفاده برای تخمین زیست فراهمی نسبی شامل یک معادله رگرسیون استاندارد ($Y=a+b_sx_s$) و یک معادله رگرسیون فرضی برای ماده مورد آزمایش ($Y=a+b_tx_t$) استفاده شد که برای تخمین زیست‌فراهمی نسبی از تقسیم ضریب رگرسیون ماده مورد آزمون به ضریب رگرسیون ماده استاندارد استفاده شد (۱۸).

نتایج و بحث

ارزیابی خصوصیات شیمیایی و حلالیت منابع آلی و معدنی عنصر روی

خصوصیات شیمیایی اهمیت قابل ملاحظه‌ای در تخمین ارزش بیوژیکی منابع آلی و معدنی عناصر دارد. خصوصیات شیمیایی و ترکیبات تشکیل‌دهنده منابع آلی و معدنی عنصر روی در جدول ۲ ارائه شده است. درصد ماده خشک از ۹۰/۸ در بیوپلکس روی تا ۱۰۰ درصد در اکسیدروی نوع B متغیر بود. میزان عنصر روی در منابع آلی و معدنی تفاوت قابل ملاحظه‌ای با یک‌دیگر داشته به طوری‌که از ۱۵ درصد در بیوپلکس روی تا ۷۵ درصد در اکسیدروی نوع A متغیر می‌باشد. غلظت سایر عناصر میکرو و ماکرو ناچیز بوده ولی بیش‌ترین و کم‌ترین میزان آهن به ترتیب در اکسیدروی نوع B و بیوپلکس روی مشاهده شد.

۲- فریزر نوع اورست ۶ طبقه، ساخت ایران

1-Slope Ratio Method

3- RBV

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

[DOI: 10.18869/acadpub.rap.7.13.59]

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی منابع مختلف عنصر روی مورد مطالعه آنالیز شده (به صورت As fed)

منبع / ترکیبات*	فرمول شیمیایی	رنگ ظاهری	ماده خشک	روی	کلسیم	فسفر	مس	آهن	منگنز
سولفات روی	$ZnSO_4.H_2O$	سفید	۹۸/۵	۳۲	۲/۱۰۵	۰/۰۱	۰/۱۴	۵۰/۴۳	۰/۶۲
اکسیدروی A	ZnO	سفید	۹۹/۷	۷۵	۲/۴۸	۰/۰۳	۲/۱۴	۵۹/۲۲	۱/۲
اکسیدروی B	ZnO	سفید	۱۰۰	۷۲	۲/۴۴	۰/۰۰۷	۳/۰۷	۱۱۲/۶	۰/۷۱
بیوپلکس روی**	Bioplex Zn	زرد	۹۰/۸	۱۵	۱/۸۶	۰/۰۱۷	۰/۵۳	۷/۲۹	۱/۵۳

*: غلظت ماده خشک ، روی، کلسیم و فسفر بر اساس درصد و بقیه بر اساس میلی‌گرم/ کیلوگرم

**: شامل ترکیب پپتید و عنصر روی، تولید شده توسط شرکت Alltech Biotechnology

مطابق جدول ۳ سولفات روی تک‌آبه در آب مقطر دوبار تقطیر شده، هیدروکلریک اسید ۰/۴ درصد و اسید سیتریک ۲ درصد دارای حلالیت یکسانی بوده و به طور کامل حل می‌شود. اکسیدروی نوع A و B به میزان ناچیزی در آب مقطر دوبار تقطیر شده ولی در هیدروکلریک اسید ۰/۴ درصد و اسید سیتریک ۲ درصد، به ترتیب ۹۶ و ۹۳ درصد و ۹۴ و ۹۱ درصد قابل حل هستند. لیکن بیوپلکس روی که تنها شکل آلی عنصر روی در این تحقیق بود وضعیت متفاوتی داشت. به طوری‌که کم‌ترین حلالیت آن در آب مقطر دوبار تقطیر شده به میزان ۴۷ درصد و بیش‌ترین آن در هیدروکلریک اسید ۰/۴ درصد به میزان ۸۷ درصد حاصل شد.

جدول ۳- ارزیابی حلالیت منابع مختلف عنصر روی در حلال‌های مختلف (درصد)

حلال منبع	آب مقطر دوبار تقطیر شده	اسید هیدروکلریدریک ۰/۴ درصد	اسید سیتریک ۲ درصد
سولفات روی	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
اکسیدروی A	۱/۳۲	۹۶	۹۳
اکسیدروی B	۰/۲۳	۹۴	۹۱
بیوپلکس روی*	۴۷	۸۷	۶۹

*: شامل ترکیب پپتید و عنصر روی، تولید شده توسط شرکت Alltech Biotechnology

نتایج این مطالعه اگرچه با نتایج سایر محققین (۲۴،۶) هم‌خوانی داشت لیکن از نظر عددی تفاوت‌های مشاهده شد که احتمالاً ناشی از شرایط آزمایش بوده چرا که حلالیت تحت تأثیر عوامل مختلفی از قبیل pH، نوع بافر، زمان و دما قرار می‌گیرد (۱۶). به نظر می‌رسد دلیل احتمالی کم‌تر بودن درصد حلالیت بیوپلکس روی نسبت به اشکال معدنی عنصر روی در هیدروکلریک اسید ۰/۴ درصد و اسید سیتریک ۲ درصد، نوع ماده حامل مورد استفاده در ساختمان بیوپلکس روی باشد (۱۷). اشکال رایج مورد مصرف عنصر روی در صنعت خوراک دام اکسیدروی (۷۲ درصد روی) و سولفات روی تک آبه (۳۶ درصد روی) بوده که قابلیت دسترسی اکسیدروی کم‌تر از سولفات روی می‌باشد لیکن نوع سولفاته به شدت در آب محلول بوده و با یون‌های فلزی برای ایجاد رادیکال‌های آزاد واکنش می‌دهند. این واکنش می‌تواند به شکستن ویتامین‌ها و تجزیه سریع چربی‌ها و روغن‌ها و کاهش دسترسی به مواد مغذی جیره منجر شود (۵). حلالیت در واقع نشانگر قدرت جدا شدن یون‌های فلزی عناصر از لیگاندها و واکنش آن با سایر عناصر در مواد هضمی دستگاه گوارش است (۱۲). با توجه به حلالیت کامل منابع عنصر روی در مقادیر کم‌تر نسبت به مقادیر بیش‌تر در بافرها و حلال‌های دارای شرایط مشابه با دستگاه گوارش طیور، به نظر می‌رسد مصرف دزهای پایین این منابع در ساخت مکمل‌های معدنی برای جوجه‌های گوشتی مفید و اقتصادی باشد.

بررسی ارزش زیست‌فراهمی منابع مختلف عنصر روی در جیره‌های نیمه خالص

۱- عملکرد

اثرات ۱۳ جیره پایه نیمه خالص که شامل ۱۲ جیره آزمایشی مکمل شده با منابع مختلف عنصر روی در سطوح مختلف و یک جیره بدون مکمل افزودنی عنصر روی به عنوان گروه کنترل بر عملکرد جوجه های گوشتی از سن ۲۱-۸ روزگی در جدول ۴ ارائه شده است. همان‌طوری‌که ملاحظه می‌شود مکمل‌سازی جیره پایه نیمه خالص با سطوح مختلف منابع آلی و معدنی عنصر روی تأثیری بر خوراک مصرفی در تمامی مراحل آزمایش ندارد. به نظر می‌رسد اقلام خوراکی به کار رفته در تهیه جیره‌های نیمه خالص از قبیل پروتئین سویا باعث بهبود خوش‌خوراکی و ایجاد بافتی مناسب شده و به تحریک مصرف خوراک منجر شده است و افزودن سطوح مختلف عنصر روی تأثیری بر اشتها نداشته و در واقع این موضوع یکی از معضلات تهیه جیره‌های نیمه خالص برای تعیین ارزش زیست‌فراهمی منابع آلی و معدنی عناصر است. لیکن این جیره در صورت تهیه از اقلام خوراکی مناسب می‌توانند اطلاعات پایه خوبی برای

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

[DOI: 10.18869/acadpub.rap.7.13.59]

مقایسه ارزش بیوژیکی منابع آلی و معدنی عناصر در اختیار محققین قرار دهد (۳۲). از نظر افزایش وزن بدن طبق انتظار، در طی هفته اول آزمایش (۱۴-۸ روزگی) جیره پایه بدون مکمل روی نسبت به جیره‌های مکمل شده با ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم سولفات روی تک‌آبه، ۱۵۰ میلی‌گرم اکسیدروی A، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم اکسیدروی B و ۱۵۰ میلی‌گرم بیوپلکس روی کم‌ترین مقدار را داشت (P<۰/۰۵). ولی بقیه جیره‌ها تفاوت آماری معنی‌داری با یک‌دیگر نداشتند (P>۰/۰۵). در سایر مراحل آزمایش از لحاظ میزان افزایش وزن تفاوت آماری معنی‌داری مابین جیره‌های آزمایش مختلف وجود نداشت (P>۰/۰۵). ولی ضریب تبدیل غذایی در هفته اول آزمایش فقط در جیره بدون مکمل روی به طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود (P<۰/۰۵). به طوری که از نظر عددی بهترین ضریب تبدیل غذایی متعلق به جیره پایه مکمل شده با ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از بیوپلکس روی بود. در هفته دوم آزمایش (۲۱-۱۴ روزگی) و کل دوره آزمایش (۲۱-۸ روزگی) تفاوت آماری معنی‌داری مابین جیره پایه بدون مکمل روی با سایر جیره‌های آزمایشی وجود داشت (P<۰/۰۵). ولی مابین جیره‌های آزمایشی مکمل شده با روی تفاوتی مشاهده نشد. این نتایج با نتایج حاصل از سایر محققین هم‌خوانی نشان داد (۳۲،۲۲). چون در مطالعات آنها نیز مصرف سطوح مختلف اکسیدروی، سولفات روی و روی- متیونین در جیره‌های نیمه خالص از سن ۲۲-۸ روزگی تأثیری بر صفات عملکردی نداشت.

جدول ۴- اثرات جیره‌های آزمایشی مختلف بر عملکرد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های نیمه خالص از سن ۲۱-۸ روزگی (برحسب گرم)

صفات جیره‌های	میزان خوراک مصرفی (گرم)			افزایش وزن بدن (گرم)			ضریب تبدیل غذایی (گرم: گرم)		
آزمایشی	۱۴-۸	۲۱-۱۵	۲۱-۸	۱۴-۸	۲۱-۱۵	۲۱-۸	۱۴-۸	۲۱-۱۵	۲۱-۸
جیره پایه (صفر)	۲۱۹/۵۰	۳۳۸/۷۰	۵۵۸	۸۹/۰۰^{b}	۱۶۵/۰۰	۲۵۴	۲/۴۷^{a}	۲/۰۵^{a}	۲/۲۰^{a}
سولفات روی ۵۰	۲۴۴/۹۰	۳۳۲/۶۰	۵۷۷/۶۰	۱۲۵/۸۰^{a}	۱۹۲/۱۵	۳۱۸	۱/۹۵^{b}	۱/۷۳^{b}	۱/۸۱^{b}
سولفات روی ۱۰۰	۲۳۳/۵۰	۳۰۵	۵۴۰/۵۰	۱۲۰/۰۰^{a}	۱۷۸/۱۸	۲۹۸/۲۸	۱/۹۵^{b}	۱/۷۱^{b}	۱/۸۱^{b}
سولفات روی ۱۵۰	۲۱۹/۱۰	۳۲۲/۲۰	۵۴۱/۴۰	۱۱۳/۲۵^{ab}	۱۹۵/۲۰	۳۰۸/۴۵	۱/۹۳^{b}	۱/۶۶^{b}	۱/۷۶^{b}
اکسیدروی A ۵۰	۲۳۷/۱۰	۳۰۰/۴۰	۵۳۷/۵۰	۱۱۶ ^{ab}	۱۷۰/۹۵	۲۸۷	۲/۰۴^{b}	۱/۷۵^{b}	۱/۸۶^{b}
اکسیدروی A ۱۰۰	۲۳۲/۲۰	۳۱۰/۵۰	۵۴۲/۷۰	۱۱۰/۷۵^{ab}	۱۸۸/۱۵	۲۹۸/۹۰	۲/۰۹^{b}	۱/۶۴^{b}	۱/۸۱^{b}
اکسیدروی A ۱۵۰	۲۳۸/۶۰	۳۲۶/۷۰	۵۶۵/۳۰	۱۲۰/۸۰^{a}	۱۹۸/۹۰	۳۱۹/۷۵	۱/۹۸^{b}	۱/۶۴^{b}	۱/۷۷^{b}
اکسیدروی B ۵۰	۲۳۹/۵۰	۲۹۸/۵۰	۵۲۸	۱۱۴/۵۰^{ab}	۱۷۹/۷۵	۲۹۴/۲۵	۲/۰۱^{b}	۱/۶۵^{b}	۱/۷۹^{b}
اکسیدروی B ۱۰۰	۲۵۵/۵۰	۲۹۱/۵۰	۵۷۴	۱۲۱/۷۰^{a}	۱۶۷/۷۵	۲۸۹/۵۰	۲/۱۰^{b}	۱/۷۴^{b}	۱/۸۹^{b}
اکسیدروی B ۱۵۰	۲۳۶/۷۰	۳۲۱/۵۰	۵۵۷	۱۱۸/۵۰^{a}	۱۹۳/۷۵	۳۱۲/۲۵	۲^{b}	۱/۶۵^{b}	۱/۷۸^{b}
بیوپلکس روی ۵۰	۲۲۸/۳۰	۳۱۹/۵۰	۵۴۷	۱۰۹/۲۰^{ab}	۱۸۷/۶۵	۲۹۸/۲۷	۲/۰۹^{b}	۱/۷۰^{b}	۱/۸۴^{b}
بیوپلکس روی ۱۰۰	۲۴۵/۳۰	۳۰۶/۵۰	۵۵۱	۱۱۴/۷۲^{ab}	۱۸۳/۵۵	۲۹۸/۲۵	۲/۱۴^{b}	۱/۶۸^{b}	۱/۸۵^{b}
بیوپلکس روی ۱۵۰	۲۳۳/۸۰	۳۲۰/۷۰	۵۵۴	۱۲۶/۴۰^{a}	۱۸۷/۸۵	۳۱۴/۲۵	۱/۸۷^{b}	۱/۷۰^{b}	۱/۷۶^{b}
P - value	۰/۴۸۰	۰/۷۹۰	۰/۹۸۰	۰/۰۱۵	۰/۲۱۹	۰/۱۱۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
SEM*	۱۰/۱۷	۱۷/۵۸	۲۴/۲۸	۶/۰۵	۹/۲۱	۱۳/۴۱	۰/۰۷	۰/۰۴۸	۰/۰۳۶

*: خطای استاندارد میانگین

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف متفاوت در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با همدیگر دارند.

۲- زیست‌فراهمی بر اساس افزایش وزن

زیست‌فراهمی نسبی بر اساس میزان افزایش وزن به عنوان معیار پاسخ به مقدار روی مصرفی از منابع مختلف، نسبت به سولفات روی به عنوان منبع استاندارد در جدول ۵ ارائه شده است در اکسیدروی A و اکسیدروی B بیشترین ارزش به ترتیب برابر ۱۲۶/۹ و ۱۱۰/۷۱ درصد بوده که به هنگام مکمل‌سازی جیره پایه با سطح ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در مقایسه با سایر سطوح حاصل شد. ولی در شکل آلی مکمل روی یعنی بیوپلکس روی بالاترین ارزش زیست‌فراهمی نسبی ۱۳۲/۴۰ درصد بوده که با مکمل‌سازی جیره پایه با سطح ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به دست آمد. هم‌چنین بیوپلکس روی نسبت به اشکال معدنی عنصر روی در این آزمایش در سطوح پائین خود، از زیست‌فراهمی بالاتری برخوردار بود. برای تخمین زیست‌فراهمی از صفات مختلفی به عنوان معیار پاسخ استفاده می‌شود که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به افزایش وزن، غلظت عناصر در بافت‌ها و اندام‌های مختلف از قبیل استخوان درشت نی، کبد، پانکراس، کلیه، پر، ناخن و غلظت عناصر در خون اشاره نمود (۱). افزایش وزن از معیارهای است که به راحتی قابل سنجش بوده اگرچه ممکن است تحت تأثیر عوامل دیگری غیر از غلظت عنصر مورد نظر در جیره‌های آزمایشی قرار گیرد (۹،۵). به نظر می‌رسد دلیل اصلی بالاتر بودن میزان زیست‌فراهمی در سطوح ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی در مقایسه با سطوح ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی اشکال معدنی عنصر روی و سطح ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی نسبت به سطوح ۱۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی شکل آلی عنصر روی، محدود بودن مقادیر فیبر و فیتات که باندکننده اصلی عنصر

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

[DOI: 10.18869/acadpub.rap.7.13.59]

روی در روده هستند، می‌باشد (۳۲،۲۹). ضریب تبین در واقع بیان‌گر نکویی برازش بوده و از نظر عددی هرچه قدر میزان آن بیش‌تر باشد، نشانگر آن است که بیش‌تر تغییرات ایجاد شده در متغیر وابسته از طریق مدل قابل بیان است (۱).

جدول ۵- تخمین زیست‌فراهمی نسبی منابع مختلف عنصر روی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های نیمه خالص (بر اساس افزایش وزن نسبت به میزان روی مصرفی)

منابع روی	سطح مکمل روی (میلی‌گرم/ کیلوگرم)	معادله رگرسیون*	ارزش زیست فراهمی نسبی** (RBV)(٪)	ضریب تبیین (R2)
	۵۰	Y =88.4 + 10.8 X	۱۰۰	۹۸/۹
سولفات	۱۰۰	Y =180 + 4.20 X	۱۰۰	۴۶/۹
	۱۵۰	Y=-48+9.88X	۱۰۰	۷۳/۶
	۵۰	Y=160 + 4.01 X	۳۷/۱۲	۶۷/۶
اکسید A	۱۰۰	Y=34.3+5.33X	۱۲۶/۹۰	۹۶/۵
	۱۵۰	Y=-2+4.42X	۴۴/۷۳	۷۰/۱
	۵۰	Y=189+3.77X	۳۴/۹۰	۵۱/۹
اکسید B	۱۰۰	Y=47.3+4.65X	۱۱۰/۷۱	۷۵/۱
	۱۵۰	Y=-79.5+5.53X	۵۵/۹۷	۹۵/۹
	۵۰	Y=117+14.3X	۱۳۲/۴۰	۵۷/۲
بیوپلکس	۱۰۰	Y=220+4.4X	۱۰۴/۷۶	۹۰/۲
	۱۵۰	Y=98.2+12.1X	۱۲۲/۴۶	۷۶/۴

*: معادله رگرسیون بین میزان مصرف روی بر حسب میلی‌گرم برای هر منبع روی (X) و میزان افزایش وزن بر حسب گرم مربوط به همان منبع (Y) حاصل شده است.

**: با تقسیم ضرایب رگرسیونی هر منبع بر نمونه استاندارد ازرش بیولوژیکی (زیست فراهمی نسبی) تعیین شد (ارزش زیست فراهمی سولفات روی بعنوان منبع استاندارد ۱۰۰ درصد فرض شده است).

۳- زیست‌فراهمی بر اساس غلظت روی در استخوان درشت نی، بافت کبد و پانکراس

زیست فراهمی‌نسبی بر اساس میزان افزایش غلظت عنصر روی درشت نی، کبد و پانکراس که متغیر پاسخ بر اساس مقدار روی مصرفی از منابع مختلف است، نسبت به سولفات روی استاندارد در جدول ۶ ارائه شده است. بالاترین ارزش زیست‌فراهمی نسبی بر اساس غلظت روی استخوان درشت نی به هنگام مکمل‌سازی جیره با سطح ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، متعلق به اکسیدروی A بوده که حتی از بیوپلکس روی نیز بالاتر بود. که احتمالا ناشی از کم‌تر بودن مقادیر فیبر و فیتات در جیره نیمه خالص مصرفی در این آزمایش است. این نتیجه برخلاف نتایج مطالعات سایرین (۳۲،۳۱،۲۵) بوده چرا که در تحقیقات آنها افزایش ارزش زیست‌فراهمی منابع آلی به معدنی به هنگام تغذیه جوجه‌های گوشتی با جیره نیمه خالص گزارش شده است. ولی با نتایج آزمایش دیگری (۲۲) مطابقت نشان داد. ولی با مکمل‌سازی جیره پایه با سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره از بیوپلکس روی به ترتیب ارزش زیست فراهمی معادل ۷۹/۸۹ و ۱۰۰/۶۱ به دست آمد. که در مقایسه با سطوح مشابه از منابع معدنی عنصر روی بالاتر بود. که این نتایج با گزارشات دیگر (۲۸،۲۲) مطابقت داشته ولی با نتایج (۱۹) مغایر بود. احتمالا بعد از جذب روی از بیوپلکس روی و اکسیدروی، عنصر روی به صورت متفاوتی مورد هضم و متابولیسم قرار می‌گیرد (۲۳).

زیست‌فراهمی نسبی تخمین زده شده در خصوص ذخائر روی کبد و پانکراس جداول ۷ و ۸ حاکی از آن است که بیش‌ترین ارزش زیست فراهمی در جیره‌های پایه مکمل شده با سطح ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره در مقایسه با سایر سطوح حاصل می‌شود و سطح بالاتر آن به افزایش خطی در ارزش زیست فراهمی‌نسبی آنها منجر نشده که با گزارش (۳۱) هم‌خوانی دارد.

هم‌چنین منبع آلی روی یعنی بیوپلکس روی نسبت به اکسیدروی A و B به ترتیب ارزش زیست فراهمی برابر با ۱۵۸/۷۴ و ۲۱۳/۶۹ را که به مراتب بالاتر از اکسیدروی A و B است، نشان داد که این نتایج با نتایج (۳۲،۲۶) موافق ولی با نتایج (۱۹) مغایر بود.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

[DOI: 10.18869/acadpub.rap.7.13.59]

جدول ۶- تخمین زیست‌فراهمی نسبی منابع مختلف عنصر روی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های نیمه خالص (بر اساس غلظت روی درشت نی نسبت به میزان روی مصرفی از منابع مختلف)

منابع روی	سطح مکمل روی (میلی‌گرم/ کیلوگرم)	معادله رگرسیون*	ازرش زیست فراهمی نسبی** (٪) (RBV)	ضریب تبیین (R2)
	۵۰	Y= 117+13.3X	۱۰۰	۹۵/۴
سولفات	۱۰۰	Y= 43.3+18.4X	۱۰۰	۹۸/۶
	۱۵۰	Y=74.1+16..2X	۱۰۰	۹۸/۳
	۵۰	Y=166+10.7X	۸۰/۴۵	۸۷/۲
اکسید A	۱۰۰	Y=212+6.63X	۳۶	۸۶/۳
	۱۵۰	Y=19+5.76X	۳۵/۵۵	۸۵/۲
	۵۰	Y=212+5.29X	۳۹/۷۷	۹۱/۴
اکسید B	۱۰۰	Y=158+6.97X	۳۷/۸۸	۷۳/۳
	۱۵۰	Y=199+5.86X	۳۶/۱۷	۷۰/۴
	۵۰	Y=399+5.11X	۳۸/۴۲	۸۲/۸
بیوپلکس	۱۰۰	Y=13.8+14.7X	۷۹/۸۹	۹۸/۳
	۱۵۰	Y=339+16.3X	۱۰۰/۶۱	۶۶/۸

*: معادله رگرسیون بین میزان مصرف روی بر حسب میلی‌گرم برای هر منبع روی (X) و میزان غلظت روی درشت نی نسبت به میزان روی مصرفی (Y) حاصل شده است.

**: با تقسیم ضرایب رگرسیونی هر منبع بر نمونه استاندارد زیست فراهمی نسبی تعیین شد (ارزش زیست فراهمی سولفات روی به عنوان منبع استاندارد ۱۰۰ درصد فرض شده است).

جدول ۷- تخمین زیست‌فراهمی نسبی منابع مختلف عنصر روی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های نیمه خالص (بر اساس غلظت روی کبد نسبت به میزان روی مصرفی از منابع مختلف)

منابع روی	سطح مکمل روی (میلی‌گرم/ کیلوگرم)	معادله رگرسیون*	ازرش زیست فراهمی نسبی** (٪) (RBV)	ضریب تبیین (R2)
	۵۰	Y= 5.4+8.14X	۱۰۰	۹۹/۱
سولفات	۱۰۰	Y=35.5+5.08X	۱۰۰	۸۵/۶
	۱۵۰	Y=10.2+5.28X	۱۰۰	۸۷/۵
	۵۰	Y=43.5+5.42X	۶۶/۵۸	۹۰/۹
اکسید A	۱۰۰	Y=1.5+4.56X	۱۰۹/۴۴	۹۵/۲
	۱۵۰	Y=27.4+1.99X	۳۷/۶۷	۹۸/۵
	۵۰	Y=21.3+2.99X	۳۶/۷۳	۹۷/۵
اکسید B	۱۰۰	Y=99.7+2.31X	۴۵/۴۷	۶۷/۹
	۱۵۰	Y=165+1.35X	۲۵/۵۶	۸۱/۱
	۵۰	Y=131+3.82X	۴۶/۹۲	۹۴/۴
بیوپلکس	۱۰۰	Y=75.7+7.95X	۱۵۸/۷۴	۷۹/۹
	۱۵۰	Y=103+7.81X	۱۴۷/۹۱	۸۷/۶

*: معادله رگرسیون بین میزان مصرف روی بر حسب میلی‌گرم برای هر منبع روی (X) و میزان غلظت روی کبد نسبت به میزان روی مصرفی (Y) حاصل شده است.

**: با تقسیم ضرایب رگرسیونی هر منبع بر نمونه استاندارد زیست فراهمی نسبی تعیین شد (ارزش زیست فراهمی سولفات روی بعنوان منبع استاندارد ۱۰۰ درصد فرض شده است).

جدول ۸- تخمین زیست‌فراهمی نسبی منابع مختلف عنصر روی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های نیمه خالص (بر اساس غلظت روی پانکراس نسبت به میزان روی مصرفی از منابع مختلف)

منابع روی	سطح مکمل روی (میلی گرم/ کیلوگرم)	معادله رگرسیون*	ازرش زیست فراهمی نسبی** (٪)(RBV)	ضریب تبیین (R2)
	۵۰	Y=5.5+6.46X	۱۰۰	۹۴/۷
سولفات	۱۰۰	Y=42.1+4.82X	۱۰۰	۹۳/۲
	۱۵۰	Y=76.7+7.44X	۱۰۰	۹۴/۹
	۵۰	Y=48.7+3.31X	۵۱/۲۳	۹۲
اکسید A	۱۰۰	Y=60+4.17X	۸۶/۵۱	۷۲/۶
	۱۵۰	Y=11.4+2.29X	۳۰/۷۷	۹۵/۲
	۵۰	Y=18.3+6.22X	۹۶/۲۸	۸۴/۹
اکسید B	۱۰۰	Y=10.4+3.96X	۸۲/۱۵	۹۶
	۱۵۰	Y=118+1.98X	۲۶/۶۱	۶۹/۲
	۵۰	Y=88.5+6.99X	۱۴۵	۷۷/۹
بیوپلکس	۱۰۰	Y=69.8+10.3X	۲۱۳/۶۹	۹۷/۴
	۱۵۰	Y=46.6+10.4X	۱۳۹/۷۸	۹۲/۸

*: معادله رگرسیون بین میزان مصرف روی بر حسب میلی‌گرم برای هر منبع روی (X) و میزان غلظت روی پانکراس نسبت به میزان روی مصرفی (Y) حاصل شده است.

**: با تقسیم ضرایب رگرسیونی هر منبع بر نمونه استاندارد زیست فراهمی نسبی تعیین شد (ارزش زیست فراهمی سولفات روی به عنوان منبع استاندارد ۱۰۰ درصد فرض شده است).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

[DOI: 10.18869/acadpub.rap.7.13.59]

در مطالعه‌ای (۲۸) با مکمل‌سازی جیره پایه حاوی ۳۳ میلی گرم در کیلوگرم جیره از منابع آلی ومعدنی روی بمدت ۲۱ روز در تغذیه جوجه های نر سویه رأس، ارزش زیست‌فراهمی نسبی روی را بر اساس ذخائر استخوان درشت نی، در آویلا- روی (Avila-Zn) به عنوان منبع آلی روی ۱۶۴ درصد و در سولفات روی ۱۰۰ درصد گزارش کردند. به طور کلی افزایش ارزش زیست‌فراهمی منابع معدنی و آلی عناصر می‌تواند مقادیر مصرف آن‌ها را در جیره، برای تامین احتیاجات غذایی طیور کاهش داده و ضمن صرفه جویی اقتصادی دفع مواد معدنی از فضولات پرنده را به حداقل رساند (۷). به طور کلی بیش‌ترین میزان زیست‌فراهمی بر اساس معیار افزایش وزن در اکسیدروی نوع A و B در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مشاهده شد. در حالی که بیش‌ترین مقدار زیست‌فراهمی در بیوپلکس روی در سطح ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره پایه حاصل شد. که نشان از برتری منبع آلی روی بر منابع معدنی دارد. لیکن بالاترین مقدار زیست‌فراهمی بر اساس غلظت روی استخوان درشت نی، به هنگام مکمل‌سازی جیره با سطح ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اکسیدروی نوع A مشاهده شد.

با توجه غیردقیق بودن تخمین زیست فراهمی بر اساس معیار افزایش وزن به علت عوامل موثر بر میزان افزایش وزن، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بر اساس غلظت روی استخوان درشت نی، که در مقایسه با سایر معیارها از دقت بیش‌تری برخوردار است. منابع معدنی عنصر روی به خصوص اکسیدروی نوع A از قابلیت زیست‌فراهمی بالاتری برخوردار بوده و نسبت به سایر منابع مورد مطالعه ارجحیت دارد.

منابع

1. Ammerman, C.B., D.H. Baker and A.J. Lewis. 1995. Bioavailability of Nutrients for Animals: Amino Acids, Minerals and Vitamins. Academic Press, San Diego, CA.
2. AOAC. 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
3. Aviagen. 2007. Ross Broiler Management Guide.
4. Bao, Y.M. and M. Choct. 2009. Trace mineral nutrition for broiler chickens and prospects of application of organically complexes trace minerals: a review. Animal Production Science, 49: 269-282.
5. Batal, A.B., T.M. Parr and D.H. Baker. 2001. Zinc Bioavailability in tetrabasic zinc chloride and the dietary zinc requirement of young chicks fed soy concentrate diet. Poultry Science, 80: 87-90
6. Cao, J., P.R. Henry, R. Guo, R.A. Holwerda, J.P. Toth, R.C. Littell, R.D. Miles and C.B. Ammerman. 2000. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants. Journal of Animal Science, 78: 2039-2054.
7. Cheng J., E.T. Kornegay and T. Schell. 1998. Influence of dietary lysine on the utilization of zinc from zinc sulfate and a zinc lysine complex by young pigs. Journal of Animal Science, 76: 1064-1074.
8. Dewar, W.A. and J.N. Downie. 1984. The zinc requirements of broiler chicks and turkey poults fed on purified diets. British Journal of Nutrition, 51: 467-477.
9. Emmert, J.L. and D.H. Baker. 1995. Zinc stores in chickens delay the onset of zinc deficiency symptoms. Poultry Science, 74: 1011-1021.
10. Etcheverry, P., A. Michael and L.E. Fleige. 2012. Application of invitro bioaccessibility and bioavailability methods for calcium, carotenoids, folate, iron, magnesium, polyphenols, zinc and vitamins B6, B12, D and E, Volume 3 Article 317.
11. INRA. 1989. L. alimentationdes animaux monogastriques: porc, lapin, volailles, 2. Ed. Pari
12. Guo, R., P.R. Henry, R.A. Holwerda, J. Cao, R.C. Littell, R.D. Miles and C.B. Ammerman. 2001. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic copper sources for poultry. Journal Animal Science, 79: 1132-1141.
13. Hall, L.E., R.B. Shirley, R.I. Bakalli, S.E. Aggrey, G.M. Pesti and Jr H.M. Edwards. 2003. Power of two methods for the estimation of bone ash of broilers. Poultry Science, 82: 414-418.
14. Huang, Y.L., L. Lu, X.G. Luo and B. Liu.2007. An optimal dietary zinc level of broiler chicks fed a corn-soybean meal diet, Poultry Science, 86: 2582-2589.
15. Leeson, S. 2003. A new look at the trace mineral nutrition of poultry: Can we reduced environmental burden of poultry manure? In Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. T.P. Lyons and K.A. Jacques, ed. Nottingham University Press, Nottingham, UK. 125-131.
16. Leach, G.A. and R.S. Patton. 1997. Analysis techniques for chelated minerals evaluated. Feedstuffs 69:13-15.
17. Li, S.F., X. Luo, B. Liu, T.D. Crenshaw, X. Kuang and G. Shao. 2004. Use of chemical characteristics to predict relative bioavailability of supplemental organic manganese sources for broilers. Journal Animal Science, 82: 2352-2363.
18. Littell, R.C., P.R. Henry, A.J. Lewis and C.B. Ammerman. 1997. Estimate of relative bioavailability of nutrients using SAS procedures. Journal of Animal Science, 75: 2672-2683
19. NRC. 1994. Nutrient Requirements of Poultry, 9th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
20. Park, S.Y., S.G. Birkhold, L.F. Kubena, D.J. Nisbet and S.C. Ricke. 2004. Review on the role of dietary zinc in poultry nutrition, immunity and reproduction. Biological Trace Element Research, 101(2): 147-163.
21. Perkin Elmer Corporation. 1982. Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry, Norwalk, CT.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

[DOI: 10.18869/acadpub.rap.7.13.59]

22. Pimentel, J.L., M.E. Cook and J.L. Greger. 1991. Research note bioavailability of zinc-methionine for chicks. Poultry Science, 70: 1637-1639.
23. SAS. 1999. SAS User's Guide: Statistics. Version 9.1 ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
24. Sandoval, M., P.R. Henry, C.B. Ammerman, R.D. Miles and R.C. Littell. 1997. Relative bioavailability of supplemental inorganic zinc sources for chicks. Journal of Animal Science, 75: 3195-3205.
25. Sandoval, M., P.R. Henry, X.G. Luo, R.C. Littell, R.D. Miles and C.B. Ammerman. 1998. Performance and tissue zinc and metallothionein accumulation in chicks fed a high dietary level of zinc. Poultry Science, 77: 1354-1363.
26. Schlege, P., D. Sauvant and C. Jondreville. 2013. Bioavailability of zinc sources and their interaction with phytates in broilers and piglets. Animal, 7: 47-59
27. Spears, J.W. 1989. Zinc Methionine for ruminants: Relative bioavailabilityof zinc in lambs and effects of growth and performance of growing heifers. Journal of Animal Science, 67: 835-843.
28. Star, L., J.D. Van der Klis, C. Rapp and T.L. Ward. 2012. Bioavailability of organic and inorganic zinc sources in male broilers. Poultry Science, 91: 3115-3120.
29. Suttle, N.F. 2010. Mineral Nutrition of Livestock, 4th Edition CABI Head Office Nosworthy Way Wallingford. Oxfordshire, OX10 8DE. UK.
30. Watson, L.T., C.B. Ammerman, S.M. Miller and R.H. Harms. 1970. Biological assay of inorganic manganese for chicks. Poultry Science, 49: 1548-1554
31.Wedekind, K.J. and D.H. Baker. 1990. Zinc bioavailability in feed-grade sources of zinc. Journal of Animal Science, 68: 684-689.
32. Wedekind, K.J., A.E. Hortin and D.H. Baker. 1992. Methodology for assessing zinc bioavailability: Efficacy estimates for zinc methionine, zinc sulfate and zinc oxide. Journal of Animal Science, 70: 178-187.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

[DOI: 10.18869/acadpub.rap.7.13.59]

Estimation of the Relative Bioavailability of Different Zinc Sources in Broiler Chickens Fed by Semi-Puirfeid Diets

Mahmood Sahraei[1] and Hossein Janmohammadi[2]

1- Animal Science Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ardabil, Iran (Corresponding author: m.sahraei2009@gmail.com)
2- Associate Professor, University of Tabriz
Accepted: January 2, 2014 Received: July 7, 2014

Abstract

An experiment was conducted to estimate the bioavailability and evaluation chemical properties of different zinc sources such as zinc sulfate, zinc oxide A, zinc oxide B and Bioplex Zn in broiler chickens fed by semi-puirfeid diets., At first, for chemical and solubility evaluation of different zinc sources in different solvents based on standards methods, 3 samples each containing 1 and 0.1 g, respectively, were used the results showed that zinc concentration is varied from 15 % in Bioplex Zn to 75 % in zinc oxide A. The highest solubility about 100 % obtained in the double distilled water, 0.4% HCL and 2 % citric acid is related to zinc sulfate but the lowest solubility observed in the double distilled water, 0.4% hydrochloric acid and 2 % citric acid is related to Bioplex Zn. In the following, for study the bioavailability of different zinc sources, of a 13 semi-purified diets supplemented by 50,100 or 150 mg of different zinc sources per kg of diet in feeding of 260 Ross-308 male broiler chickens in completely randomized design with 4 replicates and 6 birds per each in cage system from 8-21days of age were used. For estimation of relative bioavailability slope ratio method was used. In this method relative bioavailability of different zinc sources, calculated by dividing of regression equation coefficient to regression equation coefficient of zinc sulfate as a standard sources. The highest bioavailability value, based on weight gain, was obtained in diets supplemented by 100 mg zinc oxide A and B, but the highest bioavailability value for Bioplex Zn was found in 50 mg zinc supplemented per kg of basal diet ($P<0.05$). The highest amount of zinc bioavailability based on tibia zinc concentration was obtained in 50 mg zinc supplemented per kg of diet with zinc oxide A, but according to the zinc concentration in liver and pancreas, the highest value were seen in basal diet supplemented whit 100 mg Bioplex Zn per kg of diets ($P<0.05$).

Keywords: Bioavailability, Broiler chicken, Semi-puirfeid diet, Solubility, Zinc

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-24]

[DOI: 10.18869/acadpub.rap.7.13.59]