



## ارزیابی قابلیت هضم کلسیم و فسفر در نمونه‌های دی کلسیم فسفات تولید ایران در جوجه‌های گوشتی نر به دو روش ایلئومی و در کل دستگاه گوارش

فرزین علی‌ملایری<sup>۱</sup>، مهرداد مدیرصانعی<sup>۱</sup>، محسن فرخوی<sup>۱</sup>، محمد رضائیان<sup>۱</sup>، مسعود هاشم‌زاده<sup>۲</sup>، ژیلان هنرزاد<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> گروه بهداشت و تغذیه دام و طیور، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، تهران، ایران

<sup>۲</sup> موسسه تحقیقات واکسن و سرم‌سازی رازی کرج، کرج، ایران

doi 10.22059/jvr.2019.259902.2808

تاریخ دریافت: ۲۶ فروردین ماه ۱۳۹۹، تاریخ پذیرش: ۱۱ تیر ماه ۱۳۹۹

### چکیده

**زمینه مطالعه:** فسفر، یک ماده مغذی برای طیور است. دریافت بیش از حد فسفر توسط دام‌ها و دفع فسفر اضافی، باعث آلودگی محیط زیست می‌شود.

**هدف:** تعیین قابلیت هضم ایلئومی و کل دستگاه گوارش (إبقاء) برای فسفر و کلسیم در دی کلسیم فسفات‌های تولید داخل در جوجه‌های گوشتی.

**روش کار:** تعداد ۷۲۰ قطعه جوجه گوشتی نر یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ به طور تصادفی به ۸ تیمار (هر تیمار شامل ۶ تکرار ۱۵ قطعه‌ای) اختصاص یافت. در تیمار شاهد از اسیدفسفریک و در هر یک از ۷ تیمار دیگر از نمونه‌های دی کلسیم فسفات (نمونه‌های A تا G) به عنوان منبع فسفر در جیره استفاده شد. از اکسید کربن به عنوان نشانگر در جیره‌های آزمایشی استفاده شد. در روز ۲۱، پس از جمع‌آوری مدفوع پرنده‌ها، تمام پرنده‌ها به روش جابجایی گردن کشتار و محتویات یک‌سوم انتهایی ایلئوم جمع‌آوری و پس از خشک کردن، برای تعیین میزان اکسید کربن، فسفر و کلسیم به آزمایشگاه ارسال گردید. درصد قابلیت هضم فسفر و کلسیم برای هر نمونه به‌طور جداگانه محاسبه شد.

**نتایج:** اثر نوع دی کلسیم فسفات در خوراک بر قابلیت هضم ایلئومی و کل دستگاه گوارش برای کلسیم و فسفر معنی‌دار بود ( $P < 0.001$ ). کمترین قابلیت هضم ایلئومی فسفر به نمونه‌های E و F و بالاترین مقدار به نمونه A. اختصاص داشت. قابلیت هضم ایلئومی فسفر در تیمار شاهد ۶۹/۸ درصد بود. میزان قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش برای جیره شاهد معادل ۵۳/۴ درصد بود. کمترین میزان قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش به ترتیب در تیمارهای E و F و بالاترین قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش در تیمار A با ۴۷/۹ درصد (۳/۴ گرم در کیلوگرم) مشاهده شد.

**نتیجه‌گیری نهایی:** برای ارزیابی منابع فسفر در جوجه‌های گوشتی، روش قابلیت هضم ایلئومی از دقت بالاتری برخوردار است. براساس نتایج حاصل، نمونه A دارای بالاترین و نمونه‌های E و F دارای پائین‌ترین ارزش بیولوژیک بودند.

**کلمات کلیدی:** دی کلسیم فسفات، قابلیت هضم، هضم ایلئومی، کل دستگاه گوارش، جوجه‌های گوشتی

کپی‌رایت © تحقیقات دامپزشکی: دسترسی آزاد؛ کپی‌برداری، توزیع و نشر برای استفاده کامل با ذکر منبع آزاد است.

نویسنده مسئول: فرزین علی‌ملایری، گروه بهداشت و تغذیه دام و طیور، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، تهران، ایران

پست الکترونیکی: farzin\_malayeri@yahoo.com

### مقدمه

معمول از منابع فسفر دارای قابلیت هضم بالا (مانند دی کلسیم فسفات) استفاده می‌شود. دی کلسیم فسفات (DCP) تجاری مهم‌ترین منبع غیرآلی مورد استفاده برای تأمین فسفر در تغذیه دام و طیور در ایران است. همچنین در بعضی منابع اشاره گردیده که از منابع مهم مورد استفاده در جهان برای تأمین فسفر می‌باشد (۱۷). با این حال این

فسفر، یک عنصر اساسی در تغذیه طیور است. در حیوانات تک‌معدده‌ای مانند طیور به دلیل کمبود تولید آنزیم فیتاز در بخش‌های ابتدایی روده، هضم فسفر موجود در گیاهان که بخش عمده‌ای از آن به شکل باند شده با فیتات‌ها می‌باشد، محدود بوده و با مشکل روبرو است (۳۱)، بنابراین برای تأمین فسفر مورد نیاز پرنده، در جیره‌های غذایی به طور

## مواد و روش کار

**الف- تهیه نمونه‌های دی‌کلسیم فسفات:** این مطالعه با همکاری سازمان دامپزشکی کشور به‌عنوان متولی نظارت بر بهداشت خوراک دام و مکمل‌ها، در بازه زمانی دی ماه ۱۳۹۴ تا اردیبهشت ۱۳۹۵ صورت پذیرفت. برای این منظور به تمام کارخانه‌های داخلی تولید فسفات‌های کلسیم که در زمان انجام تحقیق فعال بودند (شامل ۲۶ کارخانه) مراجعه و نمونه‌برداری از محصول نهایی دی‌کلسیم فسفات آن‌ها بر اساس روش تصادفی انجام گردید. پس از آزمایش بر اساس شاخص‌های استاندارد (۱۳)، فقط مشخصات ۷ نمونه دی‌کلسیم فسفات تولید شده از نظر مقادیر فسفر، کلسیم، فلزات سنگین و فلئور مطابق با استاندارد ملی بود که برای تعیین ارزش بیولوژیک در آزمایش فارمی مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۱).

**ب- جیره‌های آزمایشی:** جیره‌های غذایی بر پایه ذرت کنجاله سویا و با توجه به نیازهای غذایی جوجه‌های گوشتی سویه تجاری راس ۳۰۸، به غیر از کلسیم و فسفر، تنظیم شد. فسفر کل جیره پایه معادل ۰/۳۹ درصد محاسبه گردید که یک سوم آن (معادل ۰/۱۳ درصد) فسفر غیرفیتاته در نظر گرفته شد (۲۶). دی‌کلسیم فسفات‌های مورد آزمایش با فرض داشتن ۱۸ درصد فسفر و ۲۲ درصد کلسیم جهت فرمولاسیون جیره مورد استفاده قرار گرفتند تا مطابق روند جاری مصرف این فرآورده‌ها توسط بهره‌برداران، مورد ارزیابی قرار گیرند. در تیمار شاهد با استفاده از اسیدفسفریک با درجه خلوص ۸۵ درصد، مقدار فسفر قابل دسترس معادل ۰/۴۸ درصد تنظیم گردید (جدول ۲). برای جیره‌های آزمایشی میزان فسفر قابل دسترس در سطح ۰/۴۸ درصد در نظر گرفته شد که ۰/۱۳ درصد آن از جیره پایه و باقیمانده آن از نمونه‌های دی‌کلسیم فسفات مورد آزمایش تأمین گردید. میزان کلسیم جیره‌ها با استفاده از کربنات کلسیم و متناسب با فسفر جیره، در سطح ۰/۹۵ درصد تنظیم گردید. در این آزمایش از اکسیدکروم به عنوان ماده نشانگر غیر قابل هضم به میزان ۰/۳ درصد به جیره‌های آزمایشی اضافه شد (۲۲، ۲۶). شرایط نگهداری از نظر شرایط محیطی برای همه تیمارها یکسان بود و جوجه‌ها در تمام مدت آزمایش به‌طور آزاد به آب و غذا دسترسی داشتند. میزان کلسیم و فسفر جیره‌های آزمایشی به ترتیب با استفاده از روش‌های تیتراسیون با پرمنگنات پتاسیم و اسپکتروفتومتری تعیین شد (۳).

مکمل‌های فسفات از قیمت بالایی برخوردار بوده و منابع جهانی مورد نیاز برای تولید آن‌ها محدود است (۴). علاوه بر این دریافت بیش از حد فسفر در مناطقی که دام‌ها به صورت متراکم پرورش می‌یابند، خطرات زیست محیطی را به همراه دارد. بنابراین مدیریت مسئولانه منابع فسفر و استفاده دقیق از آن‌ها در جیره حیوانات، نیازمند آگاهی درست از تفاوت‌های موجود بین مواد خوراکی از نظر میزان قابلیت هضم فسفر در آن‌ها می‌باشد (۳۲). با افزایش قیمت منابع معدنی فسفر، صنایع تولید خوراک طیور به‌طور فزاینده‌ای خواستار اطلاعات دقیق در زمینه تغییرات قابلیت دسترسی فسفر در منابع مختلف می‌باشند. تعیین دقیق مقدار فسفر قابل دسترس در منابع مختلف فسفر این امکان را فراهم می‌آورد که در تنظیم فرمول جیره‌های غذایی از مقدار متناسب با نیاز پرنده استفاده شود (۲۹). رویکردهای مختلفی از جمله سنجش‌های کمی و کیفی، برای تعیین یا تخمین قابلیت دسترسی فسفر در منابع تأمین آن وجود دارد. شاخص‌هایی از قبیل میزان رشد، خاکستر استخوان یا فراسنجه‌های خونی، قابلیت دسترسی فسفر را به‌صورت نسبی تعیین نموده و اطلاعات بدست آمده ارزش محدودی برای استفاده توسط یک متخصص تغذیه دارند (۶، ۷، ۲۲، ۲۶).

با توجه به اینکه میزان زیادی از فسفر و کلسیم در بخش‌های ابتدایی روده شامل انتهای دودنوم و سراسر ژوژنوم هضم و جذب می‌شوند، استفاده از روش تعیین قابلیت هضم ایلئومی در بخش انتهایی ایلئوم و روش اندازه‌گیری قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش (ابقاء) از طریق جمع‌آوری مدفوع و با استفاده از نشانگر، می‌تواند جایگزین مناسبی برای سنجش‌های کیفی بر پایه افزایش وزن بدن و خاکستر استخوان باشد (۱۱، ۱۹، ۲۷).

البته با توجه به اینکه بخشی از فسفر با منشاء درونی از طریق ادرار به داخل مدفوع ترشح و باعث ایجاد خطا در محاسبات می‌گردد لذا روش تعیین قابلیت هضم ایلئومی در بخش انتهایی ایلئوم ارجحیت دارد (۳۰). مطالعات انجام شده با این دو روش، نتایج متفاوتی را نشان داده‌اند و مقایسه آن‌ها به دلیل تفاوت در چگونگی انجام آزمایش‌ها مانند سن و سیستم نگهداری پرندگان، دشوار می‌باشد.

هدف از انجام این مطالعه، تعیین و مقایسه قابلیت دسترسی فسفر و کلسیم در هفت نوع دی‌کلسیم فسفات تولید کارخانه‌های داخلی بود. روش مورد استفاده، به‌کارگیری رویکرد تعیین قابلیت هضم ایلئومی فسفر و کلسیم و همچنین اندازه‌گیری میزان قابلیت هضم آن‌ها در کل دستگاه گوارش از طریق جمع‌آوری مدفوع و با استفاده از مارکر بود.

جدول ۱. مشخصات و ترکیب شیمیایی نمونه‌های آزمایشی دی‌کلسیم فسفات تولید شده در داخل کشور.

نمونه‌ها	کلسیم (درصد)	فسفر (درصد)	جیره (قسمت در میلیون)	کادمیم (قسمت در میلیون)	سرب (قسمت در میلیون)	آرسنیک (قسمت در میلیون)	فلوئور (قسمت در میلیون)
A	۲۱/۶	۲۰/۲	<۰/۰۵	۰/۲	۳/۸	۳/۸	۱۶۰
B	۲۳/۵	۱۸/۶	<۰/۰۵	۰/۲	۴	۴	۳۹۲
C	۲۴/۲	۱۸/۹	<۰/۰۵	۰/۲	۳/۹	۳/۸	۹۳
D	۲۳	۱۸/۵	<۰/۰۵	۰/۷	۳/۹	۴/۱	۱۰۳
E	۲۲/۱	۱۹/۷	<۰/۰۵	۱/۸	۴	۴	۱۵۳
F	۲۳/۲	۲۰/۷	<۰/۰۵	۰/۴	۳/۷	۴/۹	۱۶۶
G	۲۴/۳	۱۸/۲	<۰/۰۵	۴/۵	۳/۹	۱۰/۸	۵۳۸
استاندارد ملی	۲۱ - ۲۵	حداقل ۱۷	۰/۱	۲۰	۴۵	۱۵	۱۸۰۰

هضم ایلئومی و کل دستگاه گوارش فسفر و کلسیم برای هر نمونه به‌طور جداگانه از رابطه زیر بدست آمد و ثبت شد (۲۲،۲۶).

$$Y = 100 - 100 \times [(CrO \text{ diet} \times P \text{ digesta}) / (CrO \text{ digesta} \times P \text{ diet})]$$

در فرمول فوق، Y: درصد قابلیت هضم، CrO: درصد اکسیدکروم

جیره و محتویات روده، P digesta: درصد فسفر محتویات روده، P diet: درصد فسفر جیره می‌باشد.

و- تجزیه و تحلیل داده‌ها: داده‌های بدست آمده با استفاده

از نرم افزار SPSS17.0 (۲۰۰۱) بر اساس آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. همچنین در مواردی که بین تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه بین میانگین‌ها استفاده شد (۲۴). سطح معنی‌داری برای تمام تیمارها معادل ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

## نتایج

تعیین قابلیت هضم: اثر نوع دی‌کلسیم فسفات مصرف شده در

خوراک بر قابلیت هضم ایلئومی کلسیم و فسفر معنی‌دار بود (۰/۰۰۱ < P). همانطور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، میزان قابلیت هضم ایلئومی کلسیم برای جیره شاهد ۴۳/۸ درصد بود. قابلیت هضم ایلئومی کلسیم در تیمارهای A, B, C, D, E, F و G نیز به ترتیب ۴۸/۴، ۳۹/۱، ۴۲/۴، ۴۴، ۱۸/۳، ۲۴/۷، ۴۱/۷ درصد بود. کمترین میزان هضم ایلئومی کلسیم به ترتیب در نمونه‌های E و F و بالاترین قابلیت هضم ایلئومی کلسیم مربوط به نمونه A بود. میزان قابلیت هضم ایلئومی فسفر در تیمار شاهد و تیمارهای A, B, C, D, E, F و G به ترتیب ۶۹/۸، ۶۹/۳، ۵۸/۹، ۶۱/۶، ۶۳/۶، ۴۴/۳، ۵۵ و ۵۹/۲ درصد بود. کمترین میزان قابلیت هضم ایلئومی فسفر به ترتیب در نمونه‌های E و F و بالاترین مقدار مربوط به نمونه A بود.

ج- تیمارهای آزمایشی: تعداد ۷۲۰ قطعه جوجه گوشتی نر

یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ خریداری و به طور تصادفی در ۸ تیمار مساوی (با ۶ تکرار و هر تکرار ۱۵ قطعه جوجه) تقسیم شدند. سن جوجه‌ها در شروع آزمایش یک روز و در پایان آزمایش ۲۱ روز بود. در تیمار شاهد از اسیدفسفریک و در هر یک از ۷ تیمار دیگر از یکی از نمونه‌های دی‌کلسیم فسفات با ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی متفاوت (نمونه‌های A تا G)، به عنوان منبع فسفر جیره غذایی استفاده شد (جدول ۱).

د- سنجش کمی از طریق تعیین قابلیت هضم ایلئومی و

کل دستگاه گوارش فسفر و کلسیم در بدن: برای انجام آزمایش با روش استفاده از ماده نشانگر، اکسیدکروم به عنوان نشانگر غیر قابل هضم به میزان ۰/۳ درصد به جیره‌های آزمایشی اضافه شد (۲۲،۲۶). سن جوجه‌ها در شروع آزمایش یک روز و در پایان آزمایش ۲۱ روز بود، به عبارت دیگر، دوره آزمایش شامل ۲۱ روز تغذیه با جیره‌های آزمایشی بود. در روز ۲۱، مدفوع پرنده‌ها در هر تکرار از سینی‌های زیر قفس‌ها به طور جداگانه جمع‌آوری شد و پس از خشک کردن، برای تعیین میزان اکسید کروم، کلسیم و فسفر به آزمایشگاه ارسال گردید.

در پایان دوره، تمام پرنده‌های مورد آزمایش (جوجه‌های ۲۱ روزه) به روش جابجایی گردن کشتار شده و پس از باز کردن محوطه شکمی، روده کوچک از محل زائده مکل تا دو سانتی‌متری محل اتصال روده کوچک به سکوم (تقریباً یک سوم انتهایی ایلئوم) برداشته شد. پس از شستشوی محتویات روده با آب مقطر و جمع‌آوری آن در یک ظرف برای هر تکرار، ظروف حاوی نمونه‌ها در برودت ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری و پس از خشک کردن، برای تعیین میزان اکسیدکروم، فسفر و کلسیم به آزمایشگاه ارسال شد. درصد قابلیت

جدول ۲. درصد مواد اولیه و ترکیب شیمیایی جیره شاهد و تیمارهای آزمایشی.

تیمارهای آزمایشی	تیمار شاهد	مواد اولیه (درصد)
۵۴/۸۴	۵۴/۸۴	ذرت
۳۸/۲۵	۳۸/۲۵	کنجاله سویا
۲/۰	۲/۰	روغن گیاهی
۰/۲۳	۰/۲۳	دی‌ال - متیونین
۰/۱۸	۰/۱۸	لیزین هیدروکلراید
۰/۴۰	۰/۴۰	نمک
۰/۵۰	۰/۵۰	پرمیکس ویتامین + مواد معدنی
۱/۲۳	۲/۲۵	کربنات کلسیم
-----	۱/۳۵	اسید فسفریک
۲/۰	-----	دی‌کلسیم فسفات
۰/۵۵	-----	ماسه
ترکیب شیمیایی محاسبه شده		
۲۸۷۵	۲۸۷۵	انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/کیلوگرم)
۲۱/۵	۲۱/۵	پروتئین خام (درصد)
۱/۴۷۵	۱/۴۷۵	آرژینین (درصد)
۱/۲۹۴	۱/۲۹۴	لیزین (درصد)
۰/۵۷۲	۰/۵۷۲	متیونین (درصد)
۰/۹۰۷	۰/۹۰۷	متیونین + سیستین (درصد)
۰/۸۷۱	۰/۸۷۱	ترئونین (درصد)
۰/۳۳۲	۰/۳۳۲	تریپتوفان (درصد)
۰/۹۵	۰/۹۵	کلسیم (درصد)
۰/۴۸	۰/۴۸	فسفر قابل استفاده (درصد)
۰/۷۴	۰/۷۴	فسفر تام (درصد)
۰/۱۷	۰/۱۷	سدیم (درصد)
۳/۸۸	۳/۸۸	فیبر خام (درصد)

مکمل ویتامینی (به ازای هر کیلوگرم جیره) حاوی ۹۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D<sub>3</sub>، ۵۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۳ میلی‌گرم ویتامین K (منادپون)، ۲ میلی‌گرم ویتامین B<sub>1</sub>، ۶ میلی‌گرم ویتامین B<sub>2</sub>، ۳ میلی‌گرم ویتامین B<sub>6</sub>، ۶۰ میلی‌گرم اسید نیکوتینیک، ۱۵ میلی‌گرم اسید پنتوتنیک، ۰/۱ میلی‌گرم بیوتین، ۱/۷۵ میلی‌گرم اسید فولیک، ۰/۱۶ میلی‌گرم ویتامین B<sub>12</sub> - مکمل معدنی (به ازای هر کیلوگرم جیره) حاوی ۱۶ میلی‌گرم مس، ۱/۲۵ میلی‌گرم ید، ۴۰ میلی‌گرم آهن، ۱۲۰ میلی‌گرم منگنز، ۰/۳ میلی‌گرم سلنیوم و ۱۰۰ میلی‌گرم روی.

میزان قابلیت هضم کلسیم در کل دستگاه گوارش در تیمار شاهد (اسیدفسفریک) ۴۹/۶ و در تیمارهای A، B، C، D، E، F و G نیز به ترتیب ۵۰/۶، ۳۴/۱، ۳۷/۷، ۴۲/۷، ۲۵/۹، ۲۶/۲ و ۴۴/۸ درصد بود. کمترین میزان قابلیت هضم کلسیم در کل دستگاه گوارش به ترتیب در تیمارهای E و F مشاهده شد و بالاترین قابلیت هضم کلسیم در کل دستگاه گوارش با ۵۰/۶ درصد مربوط به تیمار A بود.

نوع دی‌کلسیم فسفات استفاده شده، اثر معنی‌داری بر میزان افزایش وزن و خوراک مصرفی در تیمارهای آزمایشی نداشت (جدول ۴،  $P > ۰/۰۵$ ). تیمارهای تغذیه شده با نمونه‌های F و B به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار خوراک مصرفی را به خود اختصاص دادند.

**تعیین میزان قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش:** همانطور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود تأثیر نوع منبع دی‌کلسیم فسفات در خوراک بر قابلیت هضم کلسیم و فسفر در کل دستگاه گوارش بسیار معنی‌دار بود ( $P < ۰/۰۰۱$ ). میزان قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش در جیره شاهد (حاوی اسیدفسفریک) معادل ۵۳/۴ درصد و در تیمارهای A، B، C، D، E، F و G به ترتیب ۴۷/۹، ۴۰/۷، ۳۸/۸، ۴۴، ۲۹/۸، ۳۳/۱ و ۴۷/۴ درصد بود. کمترین میزان قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش به ترتیب در تیمارهای E و F مشاهده شد و بالاترین قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش به تیمار A با ۴۷/۹ درصد اختصاص داشت.

جدول ۳. میزان قابلیت هضم ایلنومی و کل دستگاه گوارش برای کلسیم و فسفر در انواع مختلف دی‌کلسیم فسفات تولید داخل در جوجه‌های گوشتی نر ۲۱ روزه<sup>۱</sup>

تیمارهای آزمایشی	قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش (درصد)		قابلیت هضم ایلنومی (درصد)	
	کلسیم	فسفر	کلسیم	فسفر
اسید فسفریک (شاهد)	۴۹/۶ <sup>ab</sup>	۵۳/۴ <sup>a</sup>	۴۳/۸ <sup>a</sup>	۶۹/۸ <sup>a</sup>
دی‌کلسیم فسفات A	۵۰/۶ <sup>a</sup>	۴۷/۹ <sup>b</sup>	۴۸/۴ <sup>a</sup>	۶۹/۳ <sup>a</sup>
دی‌کلسیم فسفات B	۳۴/۱ <sup>d</sup>	۴۰/۷ <sup>c</sup>	۳۹/۱ <sup>a</sup>	۵۸/۹ <sup>ab</sup>
دی‌کلسیم فسفات C	۳۷/۷ <sup>cd</sup>	۳۸/۸ <sup>c</sup>	۴۲/۴ <sup>a</sup>	۶۱/۶ <sup>ab</sup>
دی‌کلسیم فسفات D	۴۲/۷ <sup>bc</sup>	۴۴/۰ <sup>bc</sup>	۴۴/۰ <sup>a</sup>	۶۳/۶ <sup>ab</sup>
دی‌کلسیم فسفات E	۲۵/۹ <sup>e</sup>	۲۹/۸ <sup>d</sup>	۱۸/۳ <sup>b</sup>	۴۴/۳ <sup>c</sup>
دی‌کلسیم فسفات F	۲۶/۳ <sup>e</sup>	۳۳/۱ <sup>d</sup>	۲۴/۷ <sup>b</sup>	۵۵/۰ <sup>bc</sup>
دی‌کلسیم فسفات G	۴۴/۸ <sup>ab</sup>	۴۷/۴ <sup>b</sup>	۴۱/۷ <sup>a</sup>	۵۹/۲ <sup>ab</sup>
Pooled SEM	۱/۹	۱/۶	۳/۳	۱/۳
Probability	***	***	***	***

<sup>۱</sup>نتایج ارائه شده برای هر تیمار، میانگین ۶ تکرار می‌باشند. <sup>a-e</sup>در هر ستون، میانگین‌هایی که با حروف غیرمشترک نشان داده شده‌اند دارای اختلاف آماری معنی‌دار هستند.  $P < 0.001$ . \*\*\* = Pooled SEM = Pooled standard error of the mean

جدول ۴. اثر انواع مختلف دی‌کلسیم فسفات تولید داخل بر میزان افزایش وزن، خوراک مصرفی و قابلیت هضم کلسیم و فسفر در کل دستگاه گوارش در جوجه‌های گوشتی نر ۲۱ روزه<sup>۱</sup>

تیمارهای آزمایشی	اسید فسفریک	نمونه‌های دی‌کلسیم فسفات							Probability	
		A	B	C	D	E	F	G		
افزایش وزن (گرم)	۷۳۹/۸	۷۵۴/۷	۷۶۳/۸	۷۲۶/۵	۷۴۵/۶	۷۱۹/۳	۷۰۸/۵	۷۶۲/۹	۱۸/۴	NS
خوراک مصرفی (گرم)	۹۶۴/۹	۹۷۳/۰	۱۰۱۵/۸	۹۸۲/۱	۹۹۱/۹	۹۷۰/۷	۹۴۷/۷	۹۸۹/۹	۱۹/۱	NS
قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش (درصد)	۵۳/۴ <sup>a</sup>	۴۷/۹ <sup>b</sup>	۴۰/۷ <sup>c</sup>	۳۸/۸ <sup>c</sup>	۴۴/۰ <sup>bc</sup>	۲۹/۸ <sup>d</sup>	۳۳/۱ <sup>d</sup>	۴۷/۴ <sup>b</sup>	۱/۶	***
قابلیت هضم کلسیم در کل دستگاه گوارش (درصد)	۴۹/۶ <sup>ab</sup>	۵۰/۶ <sup>a</sup>	۳۴/۱ <sup>d</sup>	۳۷/۷ <sup>cd</sup>	۴۲/۷ <sup>bc</sup>	۲۵/۹ <sup>e</sup>	۲۶/۲ <sup>e</sup>	۴۴/۸ <sup>ab</sup>	۱/۹	***

<sup>۱</sup>نتایج ارائه شده برای هر تیمار، میانگین ۶ تکرار می‌باشند. <sup>a-e</sup>در هر ستون، میانگین‌هایی که با حروف غیرمشترک نشان داده شده‌اند دارای اختلاف آماری معنی‌دار هستند. Non-significant = Pooled standard error of the mean, NS = Pooled SEM.  $P < 0.001$ . \*\*\* =

جدول ۵. میانگین مقادیر قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش شده در بدن در تیمارهای آزمایشی بر اساس فسفر موجود در خوراک (بر حسب گرم در کیلوگرم ماده خشک).

تیمارهای آزمایشی	مقدار قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش
اسید فسفریک (شاهد)	۳/۹
دی‌کلسیم فسفات A	۳/۴
دی‌کلسیم فسفات B	۳/۰
دی‌کلسیم فسفات C	۳/۱
دی‌کلسیم فسفات D	۳/۲
دی‌کلسیم فسفات E	۲/۳
دی‌کلسیم فسفات F	۲/۵
دی‌کلسیم فسفات G	۳/۴

<sup>۱</sup>نتایج ارائه شده برای هر تیمار، میانگین ۶ تکرار می‌باشند.

اساس فسفر موجود در خوراک (بر حسب گرم در کیلوگرم ماده خشک) بدست می‌آید (جدول ۵). بالاترین مقدار باقیمانده فسفر در دی‌کلسیم فسفات A با ۳/۴ گرم در کیلوگرم اختصاص داشت.

با تلفیق داده‌های موجود در جدول ۴ با درصد فسفر کل موجود در خوراک مورد استفاده در تیمارهای آزمایشی (جدول ۱)، میانگین مقادیر باقیمانده فسفر در بدن در تیمارهای آزمایشی بر

## بحث

هدف از این مطالعه تعیین و مقایسه میزان قابلیت هضم ایلئومی و کل دستگاه گوارش برای فسفر و کلسیم در چند منبع دی کلسیم فسفات با استفاده از روش مقایسه میانگین‌ها برای رتبه بندی منابع مورد آزمایش در جوجه‌های گوشتی بود (۱۵، ۱).

## تأثیر منبع فسفر در قابلیت هضم ایلئومی و کل

دستگاه گوارش فسفر و کلسیم: بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر و مقایسه نمونه‌های مورد آزمایش با نمونه شاهد (اسیدفسفریک)، اثر نوع نمونه دی کلسیم فسفات مورد استفاده در خوراک، بر قابلیت هضم ایلئومی و قابلیت هضم کل دستگاه گوارش (تعیین شده از طریق مدفوع که نشان دهنده وضعیت دفع فسفر و آلودگی محیط زیست می‌باشد) کلسیم و فسفر معنی‌دار بود ( $P < 0.001$ ). دی کلسیم فسفات نوع A با ۶۹/۳ درصد بیشترین و دی کلسیم فسفات‌های نوع E و F به ترتیب با ۴۴/۳ و ۵۵ درصد کمترین مقدار قابلیت هضم ایلئومی فسفر را در بین نمونه‌های مورد آزمایش به خود اختصاص دادند. همچنین دی کلسیم فسفات نوع A با ۴۷/۴ درصد بالاترین و دی کلسیم فسفات‌های نوع E و F به ترتیب با ۲۹/۸ و ۳۳ درصد کمترین مقدار قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش را در بین نمونه‌های مورد آزمایش داشتند. همانطور که در جدول ۵ نشان داده می‌شود نمونه A بیشترین قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش در بدن و در نتیجه کمترین میزان دفع فسفر به محیط زیست را داشته، در حالی که نمونه‌های E و F از کمترین میزان قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش در بدن برخوردار بوده و بیشترین دفع فسفر به محیط زیست را داشته‌اند.

Bikker و همکاران در سال ۲۰۱۶ در مطالعه خود میزان قابلیت هضم ایلئومی فسفر را در چند منبع فسفر شامل منوکلسیم فسفات، منودی کلسیم فسفات (MDCP)، دی کلسیم فسفات (DCP) و دی فلئورینیتد فسفات (DFP) برای جوجه‌های گوشتی به ترتیب ۷۸/۳، ۷۰/۷، ۵۹ و ۳۱/۵ درصد گزارش کردند که میزان قابلیت هضم ایلئومی فسفر به دست آمده برای دی کلسیم فسفات در محدوده نتایج حاصل برای نمونه‌های مورد آزمایش در این مطالعه (۴۴/۳ الی ۶۹/۳ درصد) قرار داشت. Shastak و همکاران در سال ۲۰۱۲ در مطالعه خود درصد قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش برای منوسدیم فسفات (بدون آب) و دی کلسیم فسفات (بدون آب) را در جوجه‌های گوشتی سه هفته‌ای به ترتیب ۷۰ و ۲۹ درصد گزارش کردند که نشان داد

میزان قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش در دی کلسیم فسفات با یافته‌های مربوط به نمونه‌های مورد آزمایش در این مطالعه (۲۹/۸ الی ۴۷/۴ درصد) مطابقت داشت. همچنین آن‌ها میزان هضم ایلئومی فسفر را برای DCP (بدون آب) در جوجه‌های گوشتی سه هفته‌ای معادل ۳۰ درصد گزارش کردند که پایین‌تر از نتایج بدست آمده برای این مطالعه (۳۰ درصد در مقابل ۴۴/۳ الی ۶۹/۳ درصد) بود. Kornegay در سال ۲۰۰۱ میزان قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش را در چند نوع منبع فسفر مورد آزمایش به طور متوسط ۴۶ درصد برای جوجه‌های گوشتی و بوقلمون گزارش کرد. Van der Klis و Versteegh در سال ۱۹۹۶ میزان قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش در نمونه دی کلسیم فسفات (بدون آب) را در جوجه‌های گوشتی سه هفته، ۵۵ درصد اعلام نمودند. Hurwits و Bar در سال ۱۹۷۰، درصد جذب کلسیم و فسفر را در یک نوع خوراک حاوی دی کلسیم فسفات براساس رویکرد میزان قابلیت هضم ایلئومی به ترتیب ۱۹/۵ و ۳۹/۹ درصد گزارش کردند.

تفاوت بین دی کلسیم فسفات‌های مختلف در این آزمایش از نظر قابلیت هضم ایلئومی و قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش با یکدیگر و با نتایج مطالعات Bikker و همکاران در سال ۲۰۱۶، Shastak و همکاران در سال ۲۰۱۲، Kornegay در سال ۲۰۰۱، Klis و Versteegh در سال ۱۹۹۶ و Hurwits و Bar در سال ۱۹۷۰ را می‌توان به دلایلی همچون حضور یا عدم حضور آب در ساختار دی کلسیم فسفات، میزان فسفر و کلسیم در جیره مورد استفاده، نسبت کلسیم به فسفر و نوع جیره پایه استفاده شده نسبت داد. همچنین عواملی مانند فرایند تولید و ترکیب شیمیایی، روش‌ها و شرایط آزمایش می‌توانند بر این نتایج تأثیرگذار باشند. تحقیقات نشان داده‌اند که دی کلسیم فسفات آبدار که حاوی دو مولکول آب در ساختار خود است دارای حلالیت بیشتری نسبت به دی کلسیم فسفات بدون آب می‌باشد و این ویژگی باعث هضم و تجزیه بالاتر دی کلسیم فسفات آبدار در معده و دستگاه گوارش پرنده و در نهایت جذب بیشتر آن می‌گردد. Van der Klis و Versteegh در سال ۱۹۹۹ مقادیر جذب ۷۷ و ۵۵ درصدی را به ترتیب برای دی کلسیم فسفات آبدار و بدون آب در جوجه‌های گوشتی سه هفته‌ای اعلام نمودند. همچنین Grimbergen و همکاران در سال ۱۹۸۵ میزان جذب را برای دی کلسیم فسفات آبدار و بدون آب به ترتیب ۴۱/۱ و ۳۷/۴ درصد گزارش کردند. در ارتباط با فرایند تولید نیز عواملی مانند میزان و مدت زمان حرارت اعمال شده، می‌توانند بر مقدار آب موجود در ساختمان شیمیایی



استفاده از جیره‌های غذایی عاری از فیتات و یا شامل سطوح پائین فیتات در آزمایش تعیین قابلیت دسترسی فسفر می‌تواند اثر این تداخل‌ها را حذف و یا کاهش دهد. از سوی دیگر موجب می‌شود داده‌های بدست آمده از چنین مطالعاتی برای استفاده در صنایع پرورش طیور که به صورت معمول از جیره‌های حاوی فیتات استفاده می‌کنند، مناسب نباشد (۲۶).

Peterson و همکاران در سال ۲۰۱۱ گزارش کردند که ترکیب شیمیایی منبع فسفر تولید شده به عنوان مثال منوکلسیم‌فسفات (MCP) و یا دی‌کلسیم‌فسفات در واقع مخلوطی از مقادیر متفاوت MCP و DCP هستند که باعث ایجاد تفاوت‌ها در جذب و قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش منابع مختلف فسفر می‌شوند. همچنین اعلام نمودند که میزان فسفر استفاده شده در خوراک بر درصد قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش تأثیر می‌گذارد. آن‌ها گزارش نمودند که در جیره‌های با مقدار بالای MCP (۱۳/۴ گرم/کیلوگرم، معادل ۷/۲ گرم/کیلوگرم فسفر کل)، نسبت به جیره‌های با مقدار پایین MCP (۷/۷ گرم/کیلوگرم، معادل ۵/۷ گرم/کیلوگرم فسفر کل)، درصد قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش پایین‌تر (۵۰/۷ در مقابل ۵۹/۵ درصد) است.

#### تأثیر منبع فسفر بر قابلیت هضم ایلئومی و کل دستگاه

**گوارش کلسیم:** بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه و مقایسه نمونه‌های مورد آزمایش با نمونه شاهد (اسیدفسفریک)، نوع منبع دی‌کلسیم‌فسفات در خوراک، اثر معنی‌داری بر قابلیت هضم ایلئومی و کل دستگاه گوارش (تعیین شده از طریق مدفوع) کلسیم داشته است ( $P < 0/001$ ). نمونه دی‌کلسیم‌فسفات نوع A با ۵۰/۶ درصد بالاترین و نمونه دی‌کلسیم‌فسفات نوع E و F به ترتیب با ۲۵/۹ و ۲۶/۲ درصد کمترین مقدار قابلیت هضم کل دستگاه گوارش کلسیم را در بین نمونه‌های مورد آزمایش داشتند. همچنین دی‌کلسیم‌فسفات نوع A با ۴۸/۴ درصد بیشترین و دی‌کلسیم‌فسفات نوع E و F به ترتیب با ۱۸/۳ و ۲۴/۷ درصد کمترین مقدار قابلیت هضم ایلئومی کلسیم را در بین نمونه‌های مورد آزمایش به خود اختصاص دادند. Shastak و همکاران در سال ۲۰۱۲ میزان قابلیت هضم کل دستگاه گوارش کلسیم را در یک نمونه دی‌کلسیم فسفات بدون آب برای سه سطح از فسفر شامل ۰/۱۶، ۰/۲۴ و ۰/۴۰ درصد در جوجه‌های سه‌هفته‌ای به ترتیب ۱۵/۹، ۲۱/۹ و ۲۷/۴ درصد گزارش کردند و نشان دادند که با افزایش غلظت فسفر در خوراک، قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش برای کلسیم به طور معنی‌داری افزایش یافت. Bikker

کلسیم فسفات‌ها مؤثر باشند. در خصوص میزان کلسیم و فسفر موجود در جیره غذایی و نسبت آن‌ها نیز باید به این نکته توجه داشت که در صورت حضور فسفر فیتاته در خوراک، امکان پیوند آن با بخشی از کلسیم خوراک و جلوگیری از جذب آن وجود دارد که این امر سبب برهم خوردن نسبت مناسب بین کلسیم و فسفر می‌گردد. عدم وجود تعادل مناسب بین کلسیم و فسفر بر جذب مناسب هر دو عنصر در دستگاه گوارش اثر نامطلوب خواهد داشت. از طرف دیگر غلظت بالای کلسیم در خوراک موجب افزایش pH روده می‌شود که اثر منفی بر تجزیه فسفر فیتاته و آزاد شدن فسفر خواهد داشت (۲). بالا بودن سطح فسفر معدنی در خوراک سبب کاهش هیدرولیز فسفر فیتاته توسط فیتاز شده و موجب کاهش هضم فسفر معدنی می‌گردد (۲۱).

Rodehutsord و همکاران در سال ۲۰۱۷ نیز در مطالعه‌ای با هدف بررسی قابلیت هضم ایلئومی فسفر در کنجاله سویا برای جوجه‌های گوشتی با استفاده از یک دستورالعمل یکسان (پروتکل پیشنهادی انجمن جهانی طیور) مقادیر متفاوتی از ۱۹ تا ۵۱ درصد را در نمونه‌های یکسان آزمایش شده در ۱۷ ایستگاه تحقیقاتی همکار (با شرایط بومی خودشان)، گزارش کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که نوع شرایط نگهداری جوجه‌ها (از جمله پرورش در قفس و یا بستر) و شرایط خوراک‌دهی پیش از مرحله آزمایش (نمونه‌برداری) ممکن است بر نتایج آزمایش مؤثر باشند. در پرورش در بستر، فلور میکروبی موجود در بستر می‌تواند وارد دستگاه گوارش پرنده گردد و با تولید برخی آنزیم‌ها از جمله فیتاز سبب تجزیه فسفر فیتاته موجود در محتویات روده و آزادسازی فسفر و در نهایت، استفاده پرنده از آن شوند.

بر اساس برخی بررسی‌ها قابلیت هضم ایلئومی فسفر در دی‌کلسیم‌فسفات آب‌دار بیشتر از دی‌کلسیم‌فسفات بدون آب می‌باشد (۹،۳۳). Grimbergen و همکاران در سال ۱۹۸۵ قابلیت هضم ایلئومی فسفر دی‌کلسیم‌فسفات بدون آب را در جوجه‌های بوقلمون معادل ۳۵ درصد گزارش نمودند. در مطالعه حاضر نمونه‌های E و F که دارای فسفر بالایی بودند (جدول ۱)، قابلیت هضم کمی داشتند که علت احتمالی این امر را می‌توان فقدان ملکول آب در ساختار شیمیایی آن‌ها نسبت داد.

همچنین این امکان وجود دارد که مکمل‌های فسفات مورد آزمایش، واکنش هیدرولیز فیتات را در جیره پایه تحت تأثیر قرار داده و باعث تغییر در نتایج مربوط به قابلیت هضم شوند (۳۰).

همکاران در سال ۲۰۱۶ در مطالعه خود بر روی چند منبع فسفر شامل منوکلسیم فسفات، منودی کلسیم فسفات، دی کلسیم فسفات و دفلوئورینیتد فسفات، میزان قابلیت هضم ایلئومی کلسیم را در جوجه‌های گوشتی ۲۷ روزه به ترتیب ۶۶، ۶۴/۴، ۵۹/۹، و ۳۷/۴ درصد گزارش کردند. براساس نتایج حاصل، در مطالعه آن‌ها میزان قابلیت هضم ایلئومی کلسیم در دی کلسیم فسفات بیشتر از قابلیت هضم ایلئومی نمونه‌های مورد آزمایش در بررسی حاضر بود (۵۹/۹ درصد در مقابل ۱۸/۳ الی ۴۸/۴ درصد) که می‌توان علت آن را به فسفر بالای جیره در این مطالعه نسبت داد.

همکاران در سال ۲۰۱۶ در مطالعه خود بر روی چند منبع فسفر شامل منوکلسیم فسفات، منودی کلسیم فسفات، دی کلسیم فسفات و دفلوئورینیتد فسفات، میزان قابلیت هضم ایلئومی کلسیم را در جوجه‌های گوشتی ۲۷ روزه به ترتیب ۶۶، ۶۴/۴، ۵۹/۹، و ۳۷/۴ درصد گزارش کردند. براساس نتایج حاصل، در مطالعه آن‌ها میزان قابلیت هضم ایلئومی کلسیم در دی کلسیم فسفات بیشتر از قابلیت هضم ایلئومی نمونه‌های مورد آزمایش در بررسی حاضر بود (۵۹/۹ درصد در مقابل ۱۸/۳ الی ۴۸/۴ درصد) که می‌توان علت آن را به فسفر بالای جیره در این مطالعه نسبت داد.

### مقایسه رویکرد قابلیت هضم ایلئومی و قابلیت هضم

**در کل دستگاه گوارش:** در مطالعه حاضر که با استفاده از تحلیل و روش مقایسه میانگین‌ها انجام شد، درصد میانگین‌های بدست آمده برای قابلیت هضم ایلئومی فسفر در نمونه‌های A, B, C, D, E, F و G به ترتیب ۶۹/۳، ۵۸/۹، ۶۱/۶، ۶۳/۶، ۴۴/۳، ۵۵، ۵۹/۲ و ۴۴ درصد و میزان قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش در تیمارهای A, B, C, D, E, F و G به ترتیب ۴۷/۹، ۴۰/۷، ۳۸/۸، ۴۴، ۲۹/۸، ۳۳/۱ و ۴۷/۴ درصد بود. این نتایج نشان می‌دهند در تمام نمونه‌های دی کلسیم فسفات مورد مطالعه در این بررسی تجربی، میزان درصد قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش در بدن، در مقایسه با میزان قابلیت هضم ایلئومی کمتر بوده است.

با توجه به اینکه میزان فسفر قابل دسترس موجود در جیره تیمارهای آزمایشی و شاهد در این مطالعه در حد نیاز و حتی کمی بالاتر از نیاز بوده است (۰/۴۸ درصد) می‌توان تفاوت‌های مشاهده شده را به ترشح فسفر مازاد بعد از هضم و جذب توسط روده، به داخل ادرار نسبت داد که باعث کاهش درصد قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش در محاسبات مربوط به آن در بدن می‌شود. همچنین عواملی از قبیل مخلوط شدن پر و خوراک با مدفوع و نیز مقادیر بسیار کم جذب و یا ترشحات فسفر از بخش‌های بعد از ایلئوم نیز محتمل می‌باشد و ممکن است سبب بروز خطا در اندازه‌گیری و محاسبه میزان قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش فسفر شوند.

Manangi و Coon در سال ۲۰۰۸ گزارش کردند که جوجه‌های گوشتی کلستومی شده (Colostomized) با افزایش مقادیر فسفر جیره، فسفر پلاسما افزایش می‌یابد که در نهایت به حالت پایدار می‌رسد و در ادامه جوجه‌های گوشتی با مصرف فسفر بیشتر (اضافی) دفع فسفر را در ادرار و مدفوع افزایش می‌دهند.

با افزایش میزان فسفر غیرفیتانه نسبت به حد آستانه (۵/۸۱) گرم در کیلوگرم خوراک) در جیره، به دلیل افزایش ترشح فسفر اضافی در ادرار و دفع آن از طریق مدفوع، میزان قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش کاهش می‌یابد (۶). با افزایش مقدار فسفر در جیره‌هایی با پایه ذرت-کنجاله سویا، میزان هضم و در نتیجه جذب فسفر و همچنین قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش کاهش می‌یابد (۱۷،۲۶)

نتایج بدست آمده در این مطالعه برای رتبه‌بندی هفت نوع دی کلسیم فسفات مورد آزمایش، از طریق تعیین دو شاخص قابلیت هضم ایلئومی و قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش برای فسفر و کلسیم در جوجه‌های سه‌هفته‌ای نشان داد نمونه دی کلسیم فسفات A دارای بالاترین رتبه بوده، و نمونه‌های E و F پائین‌ترین رتبه (دقیقاً مشابه) را داشتند و برای بقیه نمونه‌های مورد آزمایش تقریباً مشابه بود، با این تفاوت که مقادیر عددی مربوط به شاخص قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش برای تمام نمونه‌ها از شاخص قابلیت هضم ایلئومی آن، پایین‌تر بود. در بررسی Shastak و همکاران در سال ۲۰۱۲ نیز رتبه‌بندی منابع فسفر بر اساس هر دو شاخص قابلیت هضم ایلئومی و قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش برای فسفر مشابه بودند. همچنین در مطالعه حاضر



روش‌شناسی و شرایط موجود در هر آزمایش می‌توانند اثرات قابل توجهی بر داده‌های حاصل داشته باشند، لذا تدوین یک دستورالعمل استاندارد برای ارزیابی قابلیت دسترسی فسفر از منابع مختلف موجود، ضروری است.

### سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت معاونت پژوهشی و فناوری دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران (طرح شماره ۷۶/۳۲۲۳۴۱ مورخ ۱۳۹۴/۱۰/۲۸)، موسسه تحقیقاتی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران و سازمان دامپزشکی کشور انجام پذیرفته است، لذا نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب سپاس و قدردانی خود را از مساعدت‌های این مراکز اعلام نمایند.

### تعارض منافع

بین نویسندگان تعارض در منافع گزارش نشده است.

نتایج مربوط به دو شاخص قابلیت هضم ایلئومی و قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش برای کلسیم، رتبه‌بندی مشابهی با رتبه‌بندی مربوط به فسفر برای هفت نوع دی‌کلسیم فسفات مورد آزمایش را نشان داد.

بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر می‌توان نتیجه گرفت که هر دو شاخص قابلیت هضم ایلئومی و قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش فسفر و کلسیم در بدن، جهت ارزیابی و رتبه‌بندی منابع فسفر مورد استفاده در خوراک جوجه‌های گوشتی قابل استفاده می‌باشند، ولی باید توجه داشت که به دلیل وجود برخی عوامل تأثیرگذار بر شاخص قابلیت هضم در کل دستگاه گوارش، روش قابلیت هضم ایلئومی از دقت بالاتری برخوردار است. همچنین نتایج نشان می‌دهند که با کاهش قابلیت هضم ایلئومی و قابلیت هضم کل دستگاه گوارش فسفر نمونه، دفع فسفر از طریق مدفوع افزایش یافته (تا ۷۱ درصد) و باعث بالا رفتن آلودگی بیشتر محیط زیست می‌شود. مقایسه نتایج این مطالعه و نتایج سایر بررسی‌های به عمل آمده توسط محققین دیگر نشان می‌دهند که

### References

- Ammerman, C.B. (1995). Methods for estimation of mineral bioavailability. In: Bioavailability of Nutrients for Animals: Amino Acids, Minerals, and Vitamins. Ammerman, B., Baker, D.H., Lewis, A.J. (eds.). (1<sup>st</sup> ed.) Academic Press. San Diego, USA. p. 83-94.
- Angel, R., Tamim, N.M., Applegate, T.J., Dhandu, A.S., Ellestad, L.E. (2002). Phytic acid chemistry: influence on phytin phosphorus availability and phytase efficacy. *J Appl Poult Res*, 11, 471-480. <https://doi.org/10.1093/japr/11.4.471>
- Association of Official Analytical Chemists. (1995). Official Methods of Analysis. AOAC, (16<sup>th</sup> ed.) Washington DC, USA.
- Abelson, P.H. (1999). A potential phosphate crisis. *Science*, 283, 5410.
- Ali-Malayeri, F., Farkhoy, M., Modirsanei, M., Hashemzadeh, M., Rezaeiyan, M. (2019). Biological evaluation of different di-calcium phosphate produced in Iran and comparison of their impacts on performance and bone characteristics in male broiler chicks. *Iranian Vet J*, 14(4), 50-60.
- Bikker, P., Spek, J.W., Van Emous, R.A., Van Krimpen, M.M. (2016). Precaecal phosphorus digestibility of inorganic phosphate sources in male broilers. *Br Poult Sci*, 57, 810-817. <https://doi.org/10.1080/00071668.2016.1222604>
- Coon, C., Leske, K., Seo, S. (2002). The availability of calcium and phosphorus. In: Poultry Feedstuffs: Supply, Composition and Nutritive Value. McNab, J.M., Boorman, K.N., (eds). (1<sup>st</sup> ed.) CABI Pub, New York, USA. p. 151-179.
- Coon, C.N., Seo, S., Manangi, M.K. (2007). The determination of retainable phosphorus, relative biological availability, and relative biological value of phosphorus sources for broilers. *Poult Sci*, 86, 857-868. <https://doi.org/10.1093/ps/86.5.857>
- De Groote, G., Huyghebaert, G. (1997). The bioavailability of phosphorus from feed phosphates for broilers as influenced by bio-assay method, dietary Ca-level and feed form. *Anim Feed Sci Technol*, 69, 329-340. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00029-1](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00029-1)
- Grimbergen, A.H.M., Cornelissen, J.P., Stappers, H.P. (1985). The relative availability of phosphorus in inorganic feed phosphates for young turkeys and pigs. *Anim Feed Sci Technol*, 13, 117-130. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(85\)90047-1](https://doi.org/10.1016/0377-8401(85)90047-1)
- Hurwitz, S., Bar, A. (1970). The sites of calcium and phosphate absorption in the chick. *Poult Sci*, 49, 324-325.
- Hamdi, M., Sola-Oriol, D., Franco-Rossello, R., Aligue-Aleman, R., Perez, J.F. (2017). Comparison of how different feed phosphates affect performance, bone mineralization and phosphorus retention in broilers. *Span J Agric Res*, 15 e0605. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2017153-11149>
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2009). Animal Feeding Stuffs: Di Calcium Phosphate-Specifications and test methods. 2513, 4<sup>th</sup> Revision. Tehran, Iran. p.1-13.
- Kornegay, E.T. (2001). Digestion of phosphorus and other nutrients: The role of phytases and factors influencing their activity. In: Enzymes in Farm Animal Nutrition. Bedford, M. R., Partridge, G. G. (eds.) (1<sup>st</sup> ed.) Finn Feeds, Marlborough, Wiltshire, UK. p. 237-266.
- Littell, R.C., Lewis, A.J., Henry, P.R. (1995). Statistical evaluation of bioavailability assays. In: Bioavailability of Nutrients for Animals: Amino Acids, Minerals, and Vitamins. Ammerman, B., Baker, D.H., Lewis, A.J. (eds.). Academic Press, (1<sup>st</sup> ed.) San Diego, USA. p. 5-12.
- Lima, F.R., Mendonca, Jr., C.X., Alvarez, J.C., Garzillo, J.M.F., Ghion, E., Leal, P.M. (1997). Biological evaluations

- of commercial di-calcium phosphates as sources of available phosphorus for broiler chicks. *Poult Sci*, 76, 1707-1713. <https://doi.org/10.1093/ps/76.12.1707>
17. Leske, K., Coon, C.N. (2002). The development of feedstuff retainable phosphorus values for broilers. *Poult Sci*, 81, 1681-1693. <https://doi.org/10.1093/ps/81.11.1681>
  18. Manangi, M.K., Coon, C.N. (2008). Phytate phosphorus hydrolysis in broilers in response to dietary phytase, calcium, and phosphorus concentrations. *Poult Sci*, 87, 1577-1586.
  19. Mutucumarana, R.K., Ravindran, V., Ravindran, G., Cowieson, A.J. (2014). Measurement of true ileal digestibility and total tract retention of phosphorus in corn and canola meal for broiler chickens. *Poult Sci*, 93, 412-419. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03419>
  20. Petersen, G.I., Pedersen, C., Lindemann, M.D., Stein, H.H. (2011). Relative bioavailability of phosphorus in inorganic phosphorus sources fed to growing pigs. *J Anim. Sci*, 89, 460-466. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2161>
  21. Ravindran, V., Cabahug, S., Ravindra G., Selle, P.H., Bryden, W.L. (2000). Response of broiler chickens to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorus levels. II. Effects on apparent metabolisable energy, nutrient digestibility and nutrient retention. *Br Poult Sci*, 41, 193-200.
  22. Rodehutsord, M., Dieckmann, A., Witzig, M., Shastak, Y. (2012). A note on sampling digesta from the ileum of broilers in phosphorus digestibility studies. *Poult Sci*, 91, 965-971.
  23. Rodehutsord, M., Adeola, O., Angel, R., Bikker, P., Delezie, E., Dozier, W.A., Umar Faruk, M., Francesch, M., Kwakernaak, C., Narcy, A., Nyachoti, C.M., Olukosi, O.A., Preynat, A., Renouf, B., Saiz del Barrio, A., Schedle, K., Siegert, W., van Krimpen, M.M., Waititu, S.M., Witzig, M. (2017). Results of an international phosphorus digestibility ring test with broiler chickens. *Poult Sci*, 96, 1679-1687.
  24. Steel, R.G.D., Torrie, J.H. (1980). *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. (2<sup>nd</sup> ed.) McGraw-Hill Book Co. New York, NY. USA.
  25. Suttle, N.F. (2010). *Mineral Nutrition of Livestock: (4<sup>th</sup> ed.)* Wallingford, UK, CABI p. 122-167.
  26. Shastak, Y., Witzig, M., Hartung, K., Rodehutsord M. (2012). Comparison of retention and prececal digestibility measurements in evaluating mineral phosphorus sources in broilers. *Poult Sci*, 91, 2201-2209. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-02063>
  27. Shastak Y., Rodehutsord M. (2013). Determination and estimation of phosphorus availability in growing poultry and their historical development. *World's Poult Sci J*, 69, 569-585. <https://doi.org/10.1017/S0043933913000585>
  28. Shastak Y., Zeller, E., Witzig, M., Schollenberger, M., Rodehutsord M. (2014). Effects of the composition of the basal diet on the evaluation of mineral phosphorus sources and interactions with phytate hydrolysis in broilers. *Poult Sci*, 93, 2548-2559. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03961>
  29. Shastak, Y., Rodehutsord, M. (2015). Recent developments in determination of available phosphorus in poultry. *J Appl Poult Res*, 24, 283-292. <https://doi.org/10.3382/japr/pfv025>
  30. Van der Klis, J.D., Versteegh, H.A.J. (1996). Phosphorus nutrition of poultry. In: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Garnsworthy, P.C., Wiseman, J., Haresign, W. (eds.). Nottingham Univ. Press, Nottingham, UK. p. 71-83.
  31. Witzig, M., Ingelmann, C.J., Mohring, J., Rodehutsord, M. (2018). Variability of prececal phosphorus digestibility of triticale and wheat in broiler. *Poult Sci*, 97, 910 -919. <https://doi.org/10.3382/ps/pex387>
  32. World's Poultry Science Association. (2013). Determination of phosphorus availability in poultry. *World's Poult Sci J*, 69, 687-698. <https://doi.org/10.1017/S0043933913000688>



## Evaluation of Calcium and Phosphorus Digestibility in Di-calcium Phosphate Samples Produced in Iran in Male Broilers with Ileal and Total Gastro-intestinal Tract Methods

FarzinAli Malayeri<sup>1</sup>, Mehrdad Modirsanei<sup>1</sup>, Mohsen Farkhoy<sup>1</sup>, Mohammad Rezaeiyan<sup>1</sup>,  
Masoud Hashemzadeh<sup>2</sup>, Jila Honar zad<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Animal and Poultry Health and Nutrition, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Razi Vaccine and Serum Research Institute, Karaj, Iran

doi [10.22059/jvr.2019.259902.2808](https://doi.org/10.22059/jvr.2019.259902.2808)

Received: 14 April 2020, Accepted: 1 July 2020

### Abstract

**BACKGROUND:** Phosphorous is an essential nutrient for poultry. Receiving too much phosphorous by livestock and excretion of excess phosphorus, can lead to environmental pollution.

**OBJECTIVES:** Determining the ileal and total tract digestibility of phosphorus and calcium in di-calcium phosphates produced in Iran.

**METHODS:** A total of 720 day-old male Ross 308 broilers were randomly divided into 8 treatments with 6 replicates of 15 birds in each. In control treatment phosphoric acid was used as a source of phosphorus. The other dietary treatments included one of the seven domestic samples of di-calcium phosphates (A to G). Chromium oxide was used as a marker in the diets. On day 21, after collecting of feces, all birds were slaughtered via neck dislocation. Then, the last one-third of ileum was removed. The contents of the intestine were collected for each replicate and after drying were sent to the laboratory to determine the chromium oxide, phosphorus, and calcium amounts. Percentage of ileal and total tract digestibility of phosphorus and calcium for each sample were calculated separately.

**RESULTS:** The effect of type of di-calcium phosphate samples in feed on ileal and total tract digestibility of calcium and phosphorus was highly significant ( $P < 0.001$ ). Ileal digestibility in control was 69.8 percentage, while the lowest was observed in the E and F samples, and the highest value was related to sample A. Digestibility for phosphorus in control diet was 53.4 percentage throughout gastrointestinal tract. The lowest amounts of total tract digestibility of phosphorus were observed in treatments E and F, respectively, while the highest total tract digestibility was related to treatment A with 47.9 per cent.

**CONCLUSIONS:** It could be concluded that ileal digestibility is more accurate in evaluating phosphorus bioavailability and sample A had the highest biological value, while the lowest was related to the samples E and F.

**Keywords:** Di-calcium phosphate, Digestibility, Ileal digestibility, Total gastrointestinal tract, Broilers

Copyright © 2020. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution- 4.0 International License which permits Share, copy and redistribution of the material in any medium or format or adapt, remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially.

Corresponding author's email: farzin\_malayeri@yahoo.com Tel/Fax: 021-61117107/021-66933222

### How to cite this article:

Ali Malayeri, F., Modirsanei, M., Farkhoy, M., Rezaeiyan, M., Hashemzadeh, M., Honar zad, J. (2021). Evaluation of Calcium and Phosphorus Digestibility in Di-calcium Phosphate Samples Produced in Iran in Male Broilers with Ileal and Total Gastro-intestinal Tract Methods. J Vet Res, 75(4), 452-462.  
<https://doi.org/10.22059/jvr.2019.259902.2808>

### Figure Legends and Table Captions

**Table 1.** Specifications and chemical composition of several samples of di-calcium phosphates produced in Iran.

**Table 2.** Percentage of feedstuffs and chemical composition of control and experimental diets.

**Table 3.** Ileal and total gastrointestinal tract digestibility of calcium and phosphorus in different samples of di-calcium phosphates produced in Iran in 21 day-old broilers.

**Table 4.** Effect of different types of domestic di-calcium phosphates on weight gain, feed intake, and total gastrointestinal tract digestibility of calcium and phosphorus in 21 day-old broilers.

**Table 5.** Means of retained phosphorus in body of broilers in dietary treatments based on the amount of phosphorus in diets (6 replicates per treatment).