نشریه علوم دامی
(پژوهش و سازندگی)

شماره ۱۴۳، تابستان ۱۴۰۳
ص‌ص: ۸۵~۹۸

# اندازه گیری قابلیت هضم کلسیم و فسفر در دی کلسیم فسفات، مونوکلسیم فسفات، کربنات کلسیم، کنجاله سویا و کنجاله کانولا در نیمچه‌های تخم‌گذار

• محمد جلیل جاسم[۱]، شهاب قاضی[۱]، سودابه مرادی[*۱]، رضا عبداللهی[۲]

۱- گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۲- مرکز تحقیقات تک معده ایها، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه مسی، نیوزیلند.

تاریخ دریافت : خرداد ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش : شهریور ۱۴۰۲

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۸۳۳۸۳۲۳۷۲۸
Email: s.moradi@razi.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI):10.22092/ ASJ.2023.363190.2337

## چکیده

**این پژوهش به منظور اندازه گیری قابلیت هضم ایلئومی و ابقاء ظاهری کلسیم و فسفر در کنجاله سویا، کنجاله کانولا، کربنات کلسیم، مونو کلسیم فسفات و دی کلسیم فسفات با روش مستقیم در نیمچه‌های تخم‌گذار انجام شد. در این آزمایش از ۲۸۸ قطعه نیمچه تخمگذار تجاری سویه Hy -Line w-36 در سن ۱۲ هفتگی استفاده شد. پنج جیره آزمایشی نیمه خالص شامل دی کلسیم فسفات، مونو کلسیم فسفات و کربنات کلسیم (با غلظت ۱ درصد کلسیم) و کنجاله سویا و کنجاله کانولا ( با غلظت ۰/۱۹ و۰/۲۵ درصد کلسیم به ترتیب) مورد استفاده قرار گرفت. در جیره های نیمه خالص، هر منبع مورد بررسی به عنوان تنها تامین کننده کلسیم و فسفرمورد استفاده قرار گرفت. از یک جیره بدون کلسیم جهت اندازه گیری دفع داخلی و محاسبه قابلیت هضم حقیقی کلسیم استفاده شد. هر جیره آزمایشی بطور تصادفی به شش واحد ازمایشی (۸ نیمچه تخمگذار در هر تکرار) بمدت ۳ روز اختصاص یافت. میزان اتلاف داخلی کلسیم در نیمچه‌های تخمگذار ۱۲ هفته، ۴۲۵ میلیگرم به ازای هر کیلوگرم ماده خشک دریافتی بدست آمد. ضرایب قابلیت هضم ایلئومی حقیقی کلسیم در دی کلسیم فسفات، مونو کلسیم فسفات و کربنات کلسیم به ترتیب ۰/۵۵، ۰/۵۷ و ۰/۷۶ و در کنجاله سویا و کنجاله کانولا، به ترتیب ۰/۷۶ و ۰/۹۱ بود.**

**بیشترین قابلیت هضم ایلئومی حقیقی کلسیم مربوط به کنجاله سویا بود که بطور معنی داری بالاتر از دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات بود (P<۰/۰۱). درصد کلسیم سنگدان در تیمار کربنات کلسیم بطور معنی‌داری بیش از محتوای کلسیم سنگدان در تیمارهای دی‌کلسیم فسفات، منوکلسیم فسفات و کنجاله سویا بود (P<۰/۰۵). قابلیت هضم ظاهری ایلئومی فسفر در مونو و دی کلسیم فسفات (به ترتیب ۰/۸۳ و ۰/۹۳) بیشتر از کنجاله کانولا بود (P<0.01)، در حالیکه میزان ابقای ظاهری فسفر در مونوکلسیم فسفات (۰/۹۰۵) به طور معنی‌داری بیش از بقیه منابع مورد بررسی بود (P<0.01). نتایج این تحقیق نشان داد که در نیمچه های تخمگذار در سن ۱۲ هفتگی، قابلیت هضم حقیقی کلسیم در کربنات کلسیم، کنجاله سویا و کنجاله کانولا بالاتر از دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات می باشد، در حالیکه، قابلیت هضم فسفر در دی کلسیم فسفات و مونوکلسیم فسفات مشابه و بالاتر از سایر منابع مورد بررسی بود. مونو کلسیم فسفات دارای بیشترین ضریب ابقاء ظاهری بود.**

**واژه‌های کلیدی:** قابلیت هضم ایلئومی، کنجاله سویا، کنجاله کانولا، منابع کلسیم و فسفر، نیمچه تخمگذار.

Copyright: © 2024 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by **Research Journal of Livestock Science** (https://asj.areeo.ac.ir/) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited

**Research Journal of Livestock Science No 143 pp: 85-98**

**Measurement of calcium and phosphorus digestibility in dicalcium phosphate, monocalcium phosphate, limestone, soya meal and canola meal for growing pullets**

By: Mohammed Jalil Jasem[1], Shahab Ghazi[1], Soudabeh Moradi[*1] ,Reza Abdollahi[2]
1: Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran
2:Monogastric Research Center, School of Agriculture and Environment, Massey University, Palmerston North, 4442, New Zealand.

**Received: August 2023** **Accepted: September 2023**

The experiment was conducted to measure the ileal calcium (Ca) and phosphorus (P) digestibility, and total tract retention (TTR) of Ca and P in soybean meal (SBM), canola meal (CM), limestone, monocalcium phosphate (MCP), and dicalcium phosphate (DCP)) for growing pullets using the direct method. A total of 288 laying pullets (Hy-Line w-36) on wk 12 was used. Five semi-purified diets containing limestone, DCP, and MCP with a dietary Ca concentration of 10 g/kg, SBM and CM with a dietary Ca concentration of 1.9 and 2.5 g/kg, respectively, were generated. A Ca-free diet was used to determine the basal ileal endogenous Ca losses and calculate the true ileal Ca digestibility. In each diet, one of the tested ingridients was used as the only source of Ca and P. Each diet was randomly allotted to six replicates (eight birds per each) and fed for 3 days.

Ileal endogenous loss of Ca was determined to be 425 mg/kg of dry matter intake in laying pullets on wk 12. True Ca digestibility coefficients of DCP, MCP, and limestone were determined to be 0.55, 0.57, and 0.76, respectively and in SBM and CM were 0.91 and 0.76, respectively. The highest true ileal digestibility of calcium was related to soybean meal, which was significantly higher than dicalcium phosphate and monocalcium phosphate ($P<0.01$). Calcium concentration in the gizzard contents of birds was higher ($P < 0.01$) for limestone as compared to DCP, MCP and SBM. Apparent ileal P digestibility coefficients of MCP and DCP (0.83 and 0.93, respectively), was higher than CM ($P<0.01$). Whereas, the TTR of phosphorus in monocalcium phosphate (0.905) was significantly higher than the other examined ingredients. The present data indicated that in laying pullets on wk 12, true Ca digestibility in limestone, SBM and CM was higher than DCP and MCP, wherease, digestibility coefficinets of P in DCP and MCP was similar and higher than other studied sources, and MCP had the highest TTR.

**Key words:** Ileal digestibility, canola meal, soybean meal, calcium and phosphorus sources, laying pellet.

## مقدمه

امروزه، ایده استفاده از سیستم کلسیم و فسفر قابل هضم برای تنظیم جیره های طیور وجود دارد (WPSA، ۲۰۱۳) و تحقیقات زیادی در سال های اخیر در جوجه های گوشتی انجام شده است. در گذشته، به دلیل ارزان بودن منابع کلسیمی، توجه کمی به اندازه گیری کلسیم قابل هضم شده است. اخیرا پیشنهاد شده است که از فسفر قابل هضم به جای فسفر غیر فیتاته در تنظیم جیره های طیور استفاده شود که داده های موجود در زمینه کلسیم و فسفر قابل هضم محدود بوده و نیاز به تحقیقات بیشتر به ویژه در مرغ های تخمگذار وجود دارد (Applegate و Angel، ۲۰۱۴).

مطالعاتی که در گذشته انجام شده است تاکید بر قابلیت هضم بیشتر فسفر در مونو کلسیم فسفات نسبت به دی کلسیم فسفات دارند (Eekhout و De Paepe، ۱۹۹۷ و Grimbergen و همکاران، ۱۹۸۵). در تحقیق جدیدتری، قابلیت هضم ظاهری و حقیقی فسفر در دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات مشابه گزارش شده است. قابلیت هضم حقیقی فسفر در دی کلسیم ومونو کلسیم فسفات به ترتیب ۸۸/۴ و ۸۸/۶ درصد بود و قابلیت هضم

ظاهری آنها به ترتیب ۸۱/۵ و ۸۲/۶ درصد بود. همچنین غلظت فسفر در مونو کلسیم فسفات بر قابلیت هضم فسفر تأثیری نداشت (Petersen و همکاران، ۲۰۱۷). در حالیکه، Shastak و همکاران (۲۰۱۲)، گزارش کردند که قابلیت هضم فسفر در دی کلسیم فسفات در سنین ۳ و ۵ هفتگی به ترتیب، ۲۹ و ۳۰ درصد می باشد.

قابلیت هضم ظاهری کلسیم در اندازه‌های ریز و درشت کربنات کلسیم در نیمچه‌های تخمگذار به ترتیب ۳۲ و ۳۳ درصد و در جوجه‌های گوشتی به ترتیب ۵۳ و ۶۴ درصد بود و قابلیت هضم حقیقی کلسیم در نیمچه‌های تخمگذار به ترتیب ۳۸ و ۳۹ درصد و در جوجه‌های گوشتی به ترتیب ۵۸ و ۶۸ درصد گزارش شده است (Jafari و همکاران، ۲۰۲۲).

کنجاله سویا و کنجاله کانولا دو منبع پروتئین گیاهی هستند که به ترتیب حاوی حدود ۲/۹ و ۶/۸ گرم بر کیلوگرم کلسیم هستند (NRC، ۱۹۹۴). در مطالعات قبلی در جوجه‌های گوشتی، قابلیت هضم حقیقی کلسیم مربوط به دی کلسیم فسفات، مونو کلسیم فسفات و کنجاله کانولا به ترتیب ۲۸، ۳۳ و ۳۱ درصد (Anwar و همکاران، ۲۰۱۸) و قابلیت هضم ظاهری کلسیم مربوط به دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات به ترتیب ۷۸ و ۸۶ درصد گزارش شده است (Gonzalez-Vega و همکاران، ۲۰۱۵). در تحقیق Ravindran و همکاران (۲۰۲۰)، قابلیت هضم ظاهری کلسیم در جوجه‌های گوشتی و برای کنجاله سویا و کانولا به ترتیب ۵۱ و ۵۳ درصد بود که با افزودن آنزیم فیتاز، قابلیت هضم حقیقی کلسیم کنجاله سویا کاهش و در مورد کنجاله کانولا افزایش یافت. در مطالعات دیگر، ضریب قابلیت هضم حقیقی و ظاهری کلسیم در کنجاله کانولا در جوجه‌های گوشتی به ترتیب ۳۱ درصد (Anwar و همکاران، ۲۰۱۸) و ۱۸ درصد (Moss و همکاران، ۲۰۱۸) گزارش شده است. در تحقیقی که اخیرا در مرغ های تخمگذار انجام شده است، قابلیت هضم ظاهری کلسیم در کنجاله سویا و کنجاله کانولا، به ترتیب ۵۹ و ۷۰ درصد گزارش شده که بالاتر از ضرایب آنها در جوجه های گوشتی (۵۰ و ۴۳ درصد) بوده است (David و همکاران، ۲۰۲۱).

داده‌های محدودی در ارتباط با ضرایب قابلیت هضم کلسیم و فسفر در مواد خوراکی مورد استفاده در صنعت طیور موجود است و بیشتر مطالعات در جوجه های گوشتی انجام شده است (Anwar و همکاران، ۲۰۱۵، ۲۰۱۶، ۲۰۱۷، ۲۰۱۸ و David و همکاران، ۲۰۱۹). در حالیکه، اطلاعاتی در مورد ضرایب قابلیت هضم کلسیم و فسفر در مواد خوراکی مختلف در نیمچه‌های تخمگذار در حال رشد در دسترس نیست، بنابراین هدف این تحقیق اندازه گیری قابلیت هضم ایلئومی ظاهری و حقیقی کلسیم، ابقاء ظاهری کلسیم و فسفر و قابلیت هضم ظاهری فسفر در کنجاله سویا، کنجاله کانولا، کربنات کلسیم، مونوکلسیم فسفات و دی کلسیم فسفات در نیمچه‌های تخمگذار در سن ۱۲ هفتگی بود.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق بر روی ۲۸۸ قطعه نیمچه تخمگذار تجاری Hy-Line w-36 در سن ۱۲ هفتگی و در سالن پرورش مرغ تخمگذار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی انجام شد. از سن یک روزگی تا ۱۲ هفتگی، نیمچه‌ها بر اساس توصیه کاتالوگ از لحاظ سطح مواد مغذی، میزان تغذیه و شرایط محیطی پرورش داده شدند.

برای تعیین قابلیت هضم ایلئومی از جیره های نیمه خالص بر پایه ذرت (David و همکاران، ۲۰۱۹) استفاده شد. در این آزمایش ۵ گروه آزمایشی شامل کنجاله سویا، کنجاله کانولا، کربنات کلسیم، مونو کلسیم فسفات و دی کلسیم فسفات وجود داشت که در هر گروه، ۶ تکرار و در هر تکرار ۸ نیمچه تخمگذار مورد استفاده قرار گرفت. بدین ترتیب که در هر جیره، منبع مورد استفاده (کنجاله سویا، کنجاله کانولا، دی کلسیم فسفات، مونو کلسیم فسفات و کربنات کلسیم) تنها منبع تامین کننده کلسیم و در مورد فسفر، کنجاله سویا، کنجاله کانولا، دی کلسیم فسفات و مونوکلسیم فسفات، تنها منبع تامین کننده فسفر بودند. همچنین برای محاسبه میزان اتلاف داخلی کلسیم و محاسبه قابلیت هضم حقیقی کلسیم در منابع مورد بررسی از جیره فاقد کلسیم استفاده شد. ترکیبات و آنالیز جیره های آزمایشی و جیره بدون کلسیم در

جدول ۱ گزارش شده است. غلظت کلسیم در جیره های حاوی دی کلسیم فسفات، مونو کلسیم فسفات و کربنات کلسیم مشابه (۱۰ گرم در کیلوگرم) بود، در حالیکه، در جیره های حاوی کنجاله سویا و کنجاله کانولا، ۱/۹ و ۲/۵ گرم در کیلوگرم بود. جیره‌های آزمایشی به مدت سه روز به تیمارهای آزمایشی تغذیه شد. جهت محاسبه قابلیت هضم کلسیم و فسفر از نشانگر دی اکسید تیتانیوم (TiO2, VWR international bvba, Leuven, Belgium) به میزان ۵ گرم در کیلوگرم استفاده شد. جیره ها به فرم آردی بودند و بصورت آزاد و بر اساس اشتها تغذیه شدند. در روز چهارم و پس از سه روز کامل تغذیه با جیره های آزمایشی، هشت پرنده موجود در هر تکرار ذبح گردید و محتویات ایلئومی (فاصله از زائده مکل تا ۴ سانتی متری به محل اتصال ایلئوسکال) جهت اندازه گیری قابلیت هضم ایلئومی جمع آوری گردید، نمون های ایلئوم نیمچه های هر تکرار با هم مخلوط شد و در دمای منفی ۲۰ درجه سلسیوس جهت آنالیزهای بعدی نگهداری شدند. محتویات سنگدان همه پرندگان هر واحد آزمایشی در تیمارهای کربنات کلسیم، مونو کلسیم فسفات و دی کلسیم فسفات جمع آوری، مخلوط و نمونه برداری جهت اندازه گیری کلسیم سنگدان انجام شد. همچنین نمونه های فضولات (بمدت ۲۴ ساعت) در روز سوم جهت اندازه‌گیری ابقاء کلسیم از هر واحد آزمایشی جمع آوری گردید. نمونه های ایلئوم، فضولات، جیره های آزمایشی و سنگدان در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت در آون خشک و آسیاب گردید.

آنالیز کلسیم جیره ها، فضولات، محتویات سنگدان و محتویات ایلئومی با از استفاده از دستگاه جذب اتمی (GBC 932 plus, GBC scientific equipment LTD, USA) انجام شد، غلظت فسفر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV- M51, BEL engineering SRL, Italy) با طول موج ۶۸۰ نانومتر (964.06, AOAC 2005) و غلظت دی اکسید تیتانیوم با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۱۰ نانومتر (Short و همکاران، ۱۹۹۶) اندازه گیری شد.

برای تعیین میانگین هندسی قطر ذرات منابع مورد استفاده، مقدار ۱۰۰ گرم از هر نمونه توزین و با استفاده از شیکر الک‌دار با اندازه-های مختلف الک با قطر منافذ ۴۷۵۰، ۳۳۵۰، ۲۳۶۰، ۱۴۰۰، ۸۵۰، ۶۰۰، ۳۰۰ و ۷۵ میکرومتر به مدت ۱۵ دقیقه الک شد. سپس مقدار باقی‌مانده روی هر الک وزن شد و به صورت نسبتی از کل نمونه اولیه بیان شد. در نهایت میانگین هندسی قطر ذرات و انحراف استاندارد میانگین هندسی قطر ذرات در منابع مورد استفاده محاسبه شد.

حلالیت آزمایشگاهی منابع معدنی شامل کربنات کلسیم، دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات بر اساس روش Zhang و Coon (۱۹۹۷) انجام شد، بدین ترتیب که ۲۰۰ سی سی اسیدکلریدریک ۰/۲ نرمال به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴۲ درجه با بن ماری، گرم شد و ۲ گرم از هر نمونه کربنات، اضافه گردید بعد از ۱۰ دقیقه، با کاغذ صافی واتمن فیلتراسیون انجام گردید، سپس کاغذ صافی فیلتر شده به مدت ۱۰ ساعت در آون ۷۰ درجه‌سانتی-گراد قرار داده شد و پس از توزین، درصد حلالیت محاسبه گردید.

برای محاسبه ضرایب قابلیت هضم از روش مستقیم (Direct method) استفاده شد (Anwar و همکاران، ۲۰۱۸). قابلیت هضم ایلئومی ظاهری کلسیم و فسفر و ابقا، ظاهری کلسیم و فسفر بر اساس رابطه زیر محاسبه شد:

$$AIDC = 1 - [(Ti_I/Ti_O) \times (B_O/B_I)]$$

که در آن $Ti_I$ غلظت تیتانیوم جیره، $Ti_O$ غلظت تیتانیوم محتویات ایلئوم یا فضولات، $B_O$ غلظت کلسیم/ فسفردر محتویات ایلئوم یا فضولات و $B_I$ غلظت کلسیم / فسفر جیره است.

اتلاف داخلی کلسیم (گرم در کیلوگرم ماده خشک) در پرندگانی که جیره بدون کلسیم را دریافت کرده بودند بر اساس رابطه زیر محاسبه شد:

$$IEBL = B_O \times (Ti_I/Ti_O)$$

که در آن IEBL اتلاف داخلی کلسیم ، $Ti_I$ غلظت تیتانیوم جیره، $Ti_O$ غلظت تیتانیوم محتویات ایلئوم و $B_O$ غلظت کلسیم در محتویات ایلئوم است.

قابلیت هضم ایلئومی حقیقی کلسیم بر اساس رابطه زیر محاسبه شد:

$$TIDC = AIDC + [IEBL\ (g/kg\ of\ DMI)/\ B_I\ (g/kg\ of\ DM)]$$

که در آن TIDC قابلیت هضم ایلئومی حقیقی کلسیم، IEBL اتلاف داخلی کلسیم و $B_I$ غلظت کلسیم جیره است.

## تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های بدست آمده در قالب طرح کاملا تصادفی و با استفاده از نرم افزار آماری SAS (SAS,9.4.1, 2014) و با رویه GLM تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین ها با آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) انجام شد و سطح معنی داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

## نتایج و بحث

میزان کلسیم محاسبه شده و آنالیز شده جیره های آزمایشی در جدول ۱ گزارش شده است. میزان کلسیم آنالیز شده در همه جیره های آزمایشی بالاتر از مقادیر محاسبه شده بود، فسفر کل آنالیز شده جیره ها، نزدیک به مقادیر محاسبه شده بود، فقط در مورد جیره حاوی دی کلسیم فسفات، میزان آنالیز شده، پایین تر بود، مقادیر آنالیز شده کلسیم و فسفر جیره ها برای محاسبه ضرایب قابلیت هضم کلسیم و فسفر مورد استفاده قرار گرفت.

داده‌های حاصل از توزیع اندازه ذرات و حلالیت آزمایشگاهی منابع معدنی مورد استفاده در جدول ۳ گزارش شده است. درصد حلالیت آزمایشگاهی منابع معدنی به ترتیب ۰/۸۵، ۰/۷۶ و ۰/۹۵ برای کربنات کلسیم، دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات بود، میانگین هندسی قطر ذرات دی کلسیم فسفات و مونوکلسیم فسفات مورد استفاده در این آزمایش، ۸۰۶ و ۳۷۸ میکرومتر به ترتیب بود که با کاهش اندازه ذرات منابع معدنی، میزان حلالیت آزمایشگاهی افزایش یافت که مطابق با پژوهش‌های Zhang و Coon (۱۹۹۷) و Anwar و همکاران (۲۰۱۶) می باشد.

میزان اتلاف داخلی کلسیم در نیمچه های ۱۲ هفته، در آزمایش حاضر ۴۲۵ میلی گرم در کیلوگرم جیره برآورد گردید که برای محاسبه ضرایب قابلیت هضم حقیقی کلسیم مورد استفاده قرار گرفت. در تحقیق Jafari و همکاران (۲۰۲۲)، میزان دفع داخلی کلسیم در نیمچه های تخمگذار را ۶۹۶، و در جوجه های گوشتی، ۴۲۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک در سن ۳ هفتگی گزارش کردند. در تحقیقات مربوط به جوجه های گوشتی، مقادیر ۱۱۵ میلی گرم (Anwar و همکاران، ۲۰۱۸) و مقادیر بین ۸۷-۱۲۷ میلی گرم در کیلوگرم جیره در تحقیقات Anwar (۲۰۱۶) و Anwar و Ravindran (۲۰۱۶) گزارش شد. همچنین، میزان دفع داخلی کلسیم در جیره های بر پایه ذرت و در جیره های خالص به ترتیب ۲۵۳ و ۱۳۱ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک در آزمایش David و همکاران (۲۰۲۰) گزارش شد. در آزمایش حاضر نیز از جیره های بر پایه ذرت استفاده شد. میزان دفع کلسیم به وسیله عوامل زیادی نظیر منبع، غلظت کلسیم، فسفر و ویتامین D3 در جیره، وضعیت هورمونهای پاراتیروئیدی، نوع پرنده و pH خون، تحت تاثیر قرار می گیرد. از داده های حاصله می توان نتیجه گیری کرد که میزان دفع داخلی کلسیم در نیمچه های تخمگذار بالاتر از جوجه های گوشتی می باشد که توضیح آن مشکل است. البته داده منتشر شده ای در نیمچه های تخمگذار در سنین بالا برای مقایسه با داده های آزمایش حاضر وجود ندارد. اختلاف در توسعه اندام ها، سرعت عبور مواد خوراکی و ظرفیت هضمی بین سویه های تخمگذار و گوشتی و کم بودن مصرف خوراک اختیاری در نیمچه های تخمگذار می تواند تاثیرگذار باشد (Kimiaeitalab و همکاران، ۲۰۱۸).

**جدول۱- اجزاء و ترکیبات شیمیایی محاسبه شده و آنالیز شده جیره های آزمایشی** ( as fed basis)

| ترکیب جیره (گرم در کیلوگرم) | جیره بدون کلسیم | کنجاله کانولا | کنجاله سویا | کربنات کلسیم | مونو کلسیم فسفات | دی کلسیم فسفات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ذرت | ۹۷۷ | ٦٧٨ | ٤٧٨ | ٩٤٤ | ۹۲۲/۸ | ۹۳۵ |
| روغن گیاهی | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ |
| دی اکسید تیتانیوم | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ |
| کربنات کلسیم | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۵/٤ | ۰ | ۰ |
| نمک | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| مکمل ویتامینه ومعدنی[1] | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ |
| منو سدیم فسفات | ۱ | ۰ | ۰ | ۸/٦ | ۰ | ۰ |
| کنجاله کانولا | ۰ | ۳۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| کنجاله سویا | ۰ | ۰ | ۵۰۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| دی کلسیم فسفات | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ٤۳ |
| مونو کلسیم فسفات | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۵۵/۲ | ۰ |
| مواد مغذی محاسبه شده | | | | | | |
| انرژی قابل متابولیسم، kcal/kg | ۳۳۵۸ | ۳۱۰۷ | ۲۸۰۲ | ۳۲٤۸ | ۳۱۷۷ | ۳۲۱۸ |
| پروتئین خام، ٪ | ۸/۳ | ۱۵/۹٦ | ۲۵/۰٦ | ۸/۰۲ | ۷/۸٤ | ۷/۹٤ |
| کلسیم، ٪ | ۰/۰٦ | ۰/۲۵ | ۰/۱۹ | ۱ | ۱ | ۱ |
| فسفر کل، ٪ | ۰/۲۹ | ۰/۵٤ | ۰/٤۵ | ۰/٤۸ | ۱/٤۱ | ۱ |
| فسفر غیر فیتاته، ٪ | ۰/۱۲ | ۰/۱۵ | ۰/۱۸ | ۰/۳۱ | ۱/۲۵ | ۰/۸٤ |
| نسبت کلسیم/فسفر غیر فیتاته | ۰/۲ | ۱/٦ | ۱/۰۵ | ۳/۲ | ۰/۸ | ۱/۱۹ |
| مواد مغذی آنالیز شده | | | | | | |
| کلسیم، ٪ | ۰/۱۹ | ۱/۰٤ | ۱/۰٦ | ۱/۳۲ | ۱/۵۳ | ۱/۵۹ |
| فسفر، ٪ | ۰/۲۸ | ۰/۲۸ | ۰/۳٤ | ۰/۲۹ | ۱/۰۱ | ۰/۵۹ |

[1]تامین شده در هر کیلوگرم جیره: آنتی اکسیدان: ۱۰۰ میلی گرم، ویتامین A: ۹۰۰۰ IU، ویتامین D3: ۴۰۰۰ IU، ویتامینE: ۱۲ میلی گرم، ویتامین K3: ۲/۵۸ میلی گرم، تیامین: ۰/۶ میلی گرم، ریبوفلاوین: ۵/۴ میلی گرم، نیاسین: ۲۴/۲۴ میلی گرم، اسید پانتوتنیک: ۸/۴ میلی گرم، پیریدوکسین: ۱/۲ میلی گرم، اسید فولیک: ۰/۷۲ میلی گرم، ویتامین B12: ۰/۰۱۶ میلی گرم، بیوتین: ۰/۰۱۶ میلی گرم، کولین: ۴۰۰ میلی گرم، مس: ۱۷/۲ میلی گرم، آهن: ۳۲/۴ میلی گرم، ید: ۱/۴۴ میلی گرم، منگنز: ۶۵ میلی گرم، سلنیوم: ۰/۳ میلی گرم، روی: ۷۵/۶ میلی گرم.

**جدول ۲: ترکیبات آنالیز شده در منابع مورد استفاده (درصد، بر اساس as fed)**

| | ماده خشک | خاکستر | پروتئین خام | کلسیم | فسفر |
|---|---|---|---|---|---|
| دی کلسیم فسفات | ۹۵ | ۹۱/۵ | – | ۲۸/۳ | ۱۵/۸ |
| مونو کلسیم فسفات | ۹۶ | ۸۲/۹ | – | ۲۰/۹ | ۲۱/۴ |
| کربنات کلسیم | ۹۹ | ۹۹/۹ | – | ۳۷/۶ | – |
| کنجاله کانولا | ۹۳/۵ | ۷۵ | ۳۴/۶ | ۱/۴ | ۷/۸ |
| کنجاله سویا | ۹۴ | ۸۰ | ۳۶/۵ | ۱/۳۸ | ۵ |

ضرایب قابلیت هضم ظاهری و حقیقی کلسیم، ابقاء ظاهری کلسیم و غلظت کلسیم در محتویات سنگدان در منابع مورد بررسی در نیمچه های تخم گذار در سن ۱۲ هفتگی در جدول ۳ گزارش شده است. قابلیت هضم ظاهری کلسیم در مونو کلسیم فسفات، دی کلسیم فسفات و کربنات کلسیم مشابه بود و اختلاف معنی داری با هم نداشتند. در حالیکه، قابلیت هضم حقیقی کلسیم در کربنات کلسیم بالاتر از دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات بود. نکته قابل توجه اینست که بالاترین ضریب قابلیت هضم کلسیم مربوط به کنجاله سویا (۰/۶۲۹) می باشد که بطور معنی داری بالاتر از دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات بود ($P<0.05$)، اما با کنجاله کانولا و کربنات کلسیم، اختلاف معنی داری نداشت.

ضرایب قابلیت هضم حقیقی کلسیم برای دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات در این آزمایش به ترتیب ۰/۵۵ و ۰/۵۷۵ برآورد گردید که تفاوت معنی داری با هم نداشتند و پایین تر از ضرایب قابلیت هضم حقیقی کلسیم در کربنات کلسیم، کنجاله سویا و کنجاله کانولا بود. ضرایب ابقاء ظاهری کلسیم، تفاوت معنی داری در بین منابع نداشت، هر چند که از نظر عددی، کنجاله سویا بالاتر از سایر منابع مورد استفاده بود ($P=0.09$). کمترین غلظت کلسیم در سنگدان پرندگانی مشاهده شد که جیره دی کلسیم فسفات دریافت کرده بودند و بالاترین مربوط به سنگدان نیمچه هایی بود که با جیره حاوی کربنات کلسیم تغذیه شدند ($P<0.01$).

**جدول ۳- توزیع اندازه ذرات (درصد)، میانگین هندسی قطر هندسی، انحراف استاندارد میانگین هندسی نمونه‌های مورد مطالعه و حلالیت آزمایشگاهی کربنات کلسیم ، مونوکلسیم فسفات و دی کلسیم فسفات.**

| اندازه ذرات (میلی متر) | دی کلسیم فسفات | مونوکلسیم فسفات | کنجاله کانولا | کنجاله سویا | کربنات کلسیم |
|---|---|---|---|---|---|
| ۲ ≥ | ۲۲/۴۴ | ۰/۱۲ | ۷/۹۵ | ۱۳/۶۱ | ۱/۱۸ |
| ۲-۱/۱۶ | ۱۹/۲۸ | ۱۲/۱۶ | ۸/۶۸ | ۱۹/۷۸ | ۱/۳۱ |
| ۱/۱۶-۰/۸۵ | ۷/۷۴ | ۴/۰۵ | ۸/۳۶ | ۱۱/۷ | ۱/۰۵ |
| ۰/۸۵ -۰/۲۵ | ۲۰/۶ | ۵۰/۹۶ | ۵۹/۵۸ | ۴۰/۳۶ | ۵/۷۶ |
| ۰/۲۵ -۰/۰۷۵ | ۱۴/۰۹ | ۳۰/۹۸ | ۱۰/۵۴ | ۱۰/۴۴ | ۱۶/۶ |
| میانگین هندسی قطر ذرات (GMD, µm) | ۸۰۶ | ۳۷۸ | ۵۴۸ | ۷۱۰ | ۲۴۹ |
| انحراف استاندارد میانگین هندسی (GSD, µm) | ۲/۷ | ۲/۲ | ۲/۴ | ۲/۳ | ۲/۴ |
| حلالیت، ٪ | ۷۶ | ۹۵ | – | – | ۸۵ |

داده‌های زیادی در مورد قابلیت هضم کلسیم در دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات منتشر نشده است. قابلیت هضم ظاهری کلسیم در دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات در این آزمایش پایین بود (بین ۰/۳۷ تا ۰/۳۸) و مطابق با داده های منتشر شده توسط Anwar و همکاران (۲۰۱۸) بود، آنها ۰/۲۸ و ۰/۳۳ را در دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات در جوجه های گوشتی گزارش کردند. همچنین، David و همکاران (۲۰۲۰)، مقادیر قابلیت هضم ظاهری و حقیقی به ترتیب ۰/۴۵ و ۰/۴۸ برای مونوکلسیم فسفات و ۰/۳۳ و ۰/۳۶ را برای دی کلسیم فسفات در جیره های خالص بر پایه ذرت گزارش کردند. البته در این آزمایش، اختلاف معنی داری بین قابلیت هضم و ابقاء کلسیم در این دو منبع مورد بررسی وجود نداشت.

Proszkowiec-Weglarz و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که قابلیت هضم ظاهری کلسیم در مونو کلسیم فسفات تحت تاثیر دوره عادت پذیری با جیره آزمایشی قرار می گیرد وضریب ۰/۳۵ بعد از ۹۶ ساعت دوره سازش پذیری اعلام کردند

غلظت کلسیم و فسفر جیره بر جذب و قابلیت استفاده بعد از جذب تاثیر دارد، و عدم تعادل بین این ماده معدنی، بر قابلیت هضم کلسیم تاثیر گذار است. در NRC (۱۹۹۴)، نسبت مناسب کلسیم به فسفر غیر فیتاته در جوجه های گوشتی، ۲ به ۱ گزارش شده است و تغییر این نسبت موجب کاهش جذب و ابقاء کلسیم می گردد (Plumsteadو همکاران، ۲۰۰۸). در این آزمایش، نسبت کلسیم به فسفر غیر فیتاته (جدول ۱)، با نسبت ۲ به ۱، فاصله داشت به این دلیل که از ماده خوراکی مورد آزمایش به عنوان تنها منبع تامین کننده کلسیم و فسفر استفاده شد.

در تحقیقی در سال ۲۰۱۵، قابلیت هضم کلسیم در مونو کلسیم فسفات (۰/۷۷) و دی کلسیم فسفات (۰/۷۳) در خوک گزارش شد که بالاتر از داده های گزارش شده در طیور می باشد (Gonzalez-Vega و همکاران، ۲۰۱۵) که نشان می دهد کارایی جذب در گونه های مختلف با هم متفاوت می باشد.

در این آزمایش، قابلیت هضم ظاهری و حقیقی کلسیم در کنجاله کانولا (۰/۴۹ و ۰/۷۶ به ترتیب)، از نظر عددی پایین تر از کنجاله سویا (۰/۶۳ و ۰/۹۱ به ترتیب) بود که احتمالا بدلیل بالاتر بودن میزان فسفر فیتاته در کنجاله کانولا (۳ گرم در کیلوگرم) باشد (NRC, 1994). فیتات با کلسیم در دستگاه گوارش باند می شود و زیست فراهمی کلسیم را کاهش می دهد (Sell و همکاران، ۲۰۰۹). کاهش ابقاء کلسیم با افزایش غلظت فسفر فیتاته جیره در جوجه های گوشتی، گزارش شده است ( Plumstead et al., 2008). به طور کلی، قابلیت هضم کلسیم در کنجاله سویا و کنجاله کانولا بالاتر از دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات بود و اختلاف معنی داری با کربنات کلسیم نداشت.

Ravindaran و همکاران (۲۰۲۰)، ضرایب قابلیت هضم ظاهری کلسیم در کنجاله سویا و کنجاله کانولا به ترتیب ۰/۵۱ و ۰/۵۳ تعیین کردند، آنها نیز مشابه تحقیق حاضر از جیره های بر پایه ذرت استفاده کردند. مطالعه حاضر اولین مطالعه ای بود که قابلیت هضم ایلئومی کلسیم در کنجاله سویا وکانولا در نیمچه های تخمگذار را گزارش کرد. Anwar و همکاران (۲۰۱۸)، قابلیت هضم حقیقی کلسیم، بسیار پایین تر و ۰/۳۱ اعلام کردند، حتی مقادیر پایین تر ۰/۱۸ توسط Moss و همکاران (۲۰۱۸) در جوجه های گوشتی گزارش شده است. بخشی از این اختلاف ها مربوط به ترکیبات جیره آزمایشی می باشد. در این دو تحقیق از جیره های خالص استفاده شد. مقادیر قابلیت هضم پایین تر در کربنات کلسیم، با استفاده از جیره های خالص در مقایسه با جیره های بر پایه ذرت گزارش شده است (David و همکاران، ۲۰۱۹).

داده های زیادی در مورد قابلیت هضم کلسیم در کربنات کلسیم در جوجه های گوشتی منتشر شده است (Anwar و همکاران، ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸؛ Angel و همکاران، ۲۰۱۳). دو عامل مهم، حلالیت و اندازه ذرات بر قابلیت هضم کلسیم در کربنات کلسیم تاثیر گذار هستند که بایستی در بررسی نتایج مورد توجه قرار بگیرد. در این آزمایش، میانگین هندسی قطر ذرات کربنات کلسیم مورد استفاده، ۲۴۹ میکرومتر و حلالیت ۰/۸۵ بود. به طور کلی، پذیرفته شده که حلالیت آزمایشگاهی کربنات درشت از کربنات ریز، کمتر است (Manangi و Coon، ۲۰۰۷)، که منجر به افزایش قابلیت هضم کلسیم بدلیل ماندگاری بیشتر در سنگدان می

گردد. همچنین کاهش اندازه ذرات سبب افزایش سطح تماس ذرات در واحد حجم شده که نهایتاً می‌تواند کارایی هضم و جذب مواد مغذی را بهبود بخشد Zhang و Coon، ۱۹۹۷).

David وهمکاران ۲۰۲۱ ، گزارش کردند که قابلیت هضم ظاهری کلسیم در دو منبع کربنات کلسیم با میانگین هندسی قطر ذرات ۴۶۲ و ۱۳۰۱ میکرومتر را به ترتیب ۰/۶۲ و ۰/۷ در مرغ های تخمگذار ۴۰ هفته گزارش کردند، همچنین ابقاء ظاهری کلسیم در این دو منبع کربنات کلسیم، ۰/۵۷ و ۰/۵۸ بود، بطور کلی مقادیر بدست آمده بالاتر از جوجه های گوشتی در سن سه هفتگی بود. در آزمایش آنها که مقایسه قابلیت هضم کلسیم در جوجه های گوشتی و مرغ های تخم گذار بود، دریافتند که مرغ های تخمگذار با کارایی بالاتری، کلسیم را جذب می کنند. نتایج بدست آمده در این تحقیق، با داده های David و همکاران (۲۰۲۱) در مرغ های تخمگذار نزدیک است (۰/۵۴ و ۰/۷۶ به ترتیب، قابلیت هضم ظاهری و حقیقی).

اختلاف معنی داری در بین منابع معدنی مورد بررسی در مورد میزان کلسیم سنگدان وجود داشت. بالاترین مربوط به کربنات کلسیم بود، علیرغم اینکه، جیره های حاوی کربنات کلسیم، دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات، درصد کلسیم مشابهی داشتند، و میانگین قطر هندسی ذرات کربنات کلسیم، پایین تر از دو منبع دیگر بود، توضیح نتایج حاصله در این آزمایش مشکل است. البته در بین منابع کلسیم، آنهایی که ذرات درشت تر دارند، ماندگاری بیشتری در سنگدان دارند (Zhang و Coon، ۱۹۹۷). و غلظت کلسیم سنگدان افزایش می دهند. Anwar و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که غلظت کلسیم سنگدان در جوجه های گوشتی که کربنات کلسیم یا صدف درشت (۱۰۰۰-۲۰۰۰ میکرومتر) بالاتر از آنهایی بود که ذرات ریز (زیر ۵۰۰ میکرومتر) دریافت کردند.

**جدول ٤: ضرایب قابلیت هضم ایلئومی ظاهری و حقیقی کلسیم، ابقاء ظاهری کلسیم و غلظت کلسیم در محتویات سنگدان در منابع مورد بررسی در نیمچه های تخم گذار در سن ۱۲ هفتگی.[a]**

| | قابلیت هضم ایلئومی ظاهری کلسیم | قابلیت هضم ایلئومی حقیقی کلسیم | ابقاء ظاهری کلسیم | کلسیم سنگدان، ٪ |
|---|---|---|---|---|
| دی کلسیم فسفات | ۰/۳۷$^{b}$ | ۰/۵۵$^{b}$ | ۰/۶ | ۰/۲۴$^{c}$ |
| مونو کلسیم فسفات | ۰/۳۸$^{b}$ | ۰/۵۷$^{b}$ | ۰/۵۲۸ | ۰/۳۶$^{b}$ |
| کربنات کلسیم | ۰/۵۴$^{ab}$ | ۰/۷۶$^{a}$ | ۰/۶۸ | ۰/۴۶$^{a}$ |
| کنجاله کانولا | ۰/۴۹$^{ab}$ | ۰/۷۶$^{a}$ | ۰/۵۴ | – |
| کنجاله سویا | ۰/۶۳$^{a}$ | ۰/۹۱$^{a}$ | ۰/۷۲ | – |
| سطح احتمال، P≤ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۹ | < ۰/۰۰۰۱ |
| SEM$^{b}$ | ۰/۰۵۱ | ۰/۰۵۱ | ۰/۰۵۴ | ۰/۰۲۴ |

Means in a column not sharing a common letter (a–c) are significantly different (P < 0.05).
[a] Each value represents the mean of six replicates (eight birds per replicate). [b] Pooled standard error of mean.

**جدول ۵: ضرایب قابلیت هضم ایلئومی ظاهری فسفر و ابقاء ظاهری فسفر در منابع آلی و معدنی در نیمچه های تخم گذار در سن ۱۲ هفتگی[a].**

| | قابلیت هضم ایلئومی ظاهری فسفر | ابقاء ظاهری فسفر |
|---|---|---|
| دی کلسیم فسفات | ۰/۹۳[a] | ۰/۷۵[bc] |
| مونو کلسیم فسفات | ۰/۸۳[ab] | ۰/۹۰۵[a] |
| کنجاله کانولا | ۰/۶۳[c] | ۰/۶۷[c] |
| کنجاله سویا | ۰/۷۳[bc] | ۰/۷۹[b] |
| سطح احتمال، ≤P | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۳ |
| SEM[b] | ۰/۰۴۹ | ۰/۰۳۵ |

Means in a column not sharing a common letter (a–c) are significantly different (P < 0.05).
[a] Each value represents the mean of six replicates (eight birds per replicate). [b] Pooled standard error of mean.

ضرایب قابلیت هضم ظاهری فسفر و ابقاء ظاهری فسفر در منابع مختلف در جدول ۵ گزارش شده است. بالاترین قابلیت هضم ظاهری فسفر مربوط به دی کلسیم فسفات بود که تفاوت معنی داری با کنجاله سویا و کنجاله کانولا داشت (P<0.01). ضرایب قابلیت هضم ظاهری فسفر در دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات ۰/۹۳ و ۰/۸۳ بود که تفاوت معنی داری با هم نداشتند. کمترین ضریب قابلیت هضم ایلئومی فسفر مربوط به کنجاله کانولا بود. تفاوت معنی داری از نظر ابقاء ظاهری فسفر در بین منابع مورد بررسی وجود داشت (P<0.01)، بالاترین ضریب ابقاء ظاهری فسفر در مونو کلسیم فسفات (۰/۹۰۵) وکمترین ضریب در کنجاله کانولا (۰/۶۷۳) مشاهده شد. با وجود اینکه، ضرایب قابلیت هضم ظاهری در دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات، با هم اختلاف معنی داری نداشت، اما ابقاء ظاهری فسفر در مونو کلسیم فسفات بالاتر از دی کلسیم فسفات بود.

داده های کمی در مورد قابلیت هضم فسفر در منابع معدنی با روش مستقیم وجود دارد. در آزمایش Van Harn و همکاران (۲۰۱۷)، که قابلیت هضم فسفر در دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات با روش رگرسیون، ارزیابی کردند، به ترتیب ضرایب ۸۸/۵ و ۸۲/۴ درصد را گزارش کردند که نزدیک به نتایج آزمایش حاضر می باشد. همچنین، Rodehutscord و همکاران (۲۰۱۷)، ضرایب ۰/۴۲ تا ۰/۴۸ برای مونو کلسیم فسفات گزارش کردند. قابلیت هضم ظاهری فسفر در دی کلسیم فسفات در آزمایش حاضر (۰/۹۳)، بالاتر از آزمایشات قبلی توسط Van Harn و همکاران (۲۰۱۷) که ضریب ۸۲/۴ اعلام کردند و Van der Klis و Versteegh (۱۹۹۳) که ابقاء ظاهری فسفر را ۵۳ و ۵۶/۹ اعلام کردند، بدست آمد. یک توضیح برای ضرایب بالا در این آزمایش، پایین بودن نسبت کلسیم به فسفر غیر فیتاته در جیره های حاوی دی کلسیم فسفات (۱/۱۹) و مونوکلسیم فسفات (۰/۸) می باشد که پایین تر از نسبت ۲ به ۱ توصیه شده در NRC می باشد. نتایج Mutucumarana و همکاران (۲۰۱۴) و Wilkinson و همکاران (۲۰۱۴)، رابطه منفی بین قابلیت هضم روده ای فسفر و غلظت کلسیم را نشان می دهد، همچنین اندازه ذرات منابع فسفر مورد استفاده هم تاثیر گذار می باشد. میانگین قطر هندسی ذرات دی کلسیم فسفات مورد استفاده در این آزمایش، ۸۰۶ میکرومتر بود. ذرات درشت تر، ماندگاری بیشتری در سنگدان دارند که منجر به افزایش قابلیت هضم می گردد. Bikkerو همکاران (۲۰۱۶)، در مطالعه خود میزان قابلیت هضم ایلئومی فسفر را در منوکلسیم فسفات، منودی کلسیم فسفات و دی کلسیم فسفات برای جوجه های گوشتی به ترتیب ۷۸/۳ ، ۷۰/۷ و ۵۹ درصد گزارش کردند. Shastak و همکاران (۲۰۱۲) در

مطالعه خود درصد قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش برای منوسدیم فسفات و دی کلسیم فسفات را در جوجه های گوشتی سه هفته ای به ترتیب ۷۰ و ۲۹ درصد گزارش کردند. ترکیب شیمیایی منبع فسفر تولید شده به صورت مونوکلسیم فسفات و یا دی کلسیم فسفات در واقع مخلوطی از مقادیر متفاوت مونو کلسیم فسفات و دی کلسیم فسفات هستند که باعث ایجاد تفاوتها در جذب و قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش منابع مختلف فسفر میشوند (Peterson و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین، میزان فسفر جیره بر قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش تأثیر می‌گذارد. در تحقیق Peterson و همکاران (۲۰۱۱)، در جیره‌های با مقدار بالای مونو کلسیم فسفات ( ۱۳/۴ گرم/کیلوگرم، معادل ۷/۲ گرم/ کیلوگرم فسفر کل)، نسبت به جیره‌های با مقدار پایین مونو کلسیم فسفات ( ۷/۷گرم/کیلوگرم، معادل ۵/۷ گرم/ کیلوگرم فسفر کل)، قابلیت هضم فسفر در کل دستگاه گوارش پایینتر ( ۵۰/۷ در مقابل ۵۹/۵ درصد) بود.

مشابه با نتایج ابن تحقیق، Petersen وهمکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که که قابلیت هضم ظاهری و حقیقی فسفر در دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات مشابه است، آنها، قابلیت هضم حقیقی فسفر در دی کلسیم فسفات ومونو کلسیم فسفات را ۸۸/۴ و ۸۸/۶ و قابلیت هضم ظاهری آنها ۸۱/۵ و ۸۲/۶ به ترتیب در خوک گزارش کردند.

عوامل زیادی بر قابلیت هضم فسفر در منابع آلی تاثیرگذار هستند. Rodehutscord و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه خود با هدف بررسی قابلیت هضم ایلئومی فسفر در کنجاله سویا برای جوجه های گوشتی، مقادیر متفاوتی از ۱۹ تا ۵۱ درصد را در نمونه های یکسان آزمایش شده گزارش کردند. آنها نتیجه گرفتند که نوع شرایط نگهداری جوجه ها (پرورش در قفس و یا بستر) و شرایط خوراک دهی قبل از مرحله آزمایش (نمونه برداری) 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 ایلئومی و آزاد سازی فسفر و در نهایت، استفاده پرنده از آن شوند. Dilger و Adeola (۲۰۰۶)، از کنجاله سویا به عنوان تنها منبع تامین کننده کلسیم و فسفر استفاده کردند و قابلیت هضم ایلئومی را ۰/۷۱۲ تا ۰/۸۸۸ گزارش کردند که نزدیک به نتایج این آزمایش بود. در این روش (مستقیم)، پایین بودن سطح کلسیم موجب افزایش هیدرولیز فسفر فیتاته در دستگاه گوارش می گردد، بهمین دلیل، بایستی روش ارزیابی در مقایسات، مورد توجه قرار بگیرد. Liu و همکاران (۲۰۱۳)، قابلیت هضم فسفر کنجاله سویا در نسبت های مختلف کلسیم به فسفر (۰/۸، ۱/۲، ۱/۶ و ۲) بررسی کردند و دریافتند که ضرایب بین ۰/۶۴ تا ۰/۹ متغیر می باشد.

اختلاف بین ضرایب ابقاء ظاهری و قابلیت هضم ایلئومی در مورد فسفر می تواند در نتیجه دفع فسفر از طریق ادرار و یا بواسطه جذب و ترشح فسفر بعد از ایلئوم باشد (Shastak و همکاران، ۲۰۱۲). در تحقیقی که بر روی جوجه های گوشتی ۴۰ و ۵۰ روزه سکوم برداری شده برای بررسی تاثیر سطوح مختلف فسفر غیر فیتاته برای دفع فسفر از طریق ادرار انجام شد، دریافتند که دفع فسفر در سطح ۰/۰۸ تا ۰/۲۸ درصد فسفر غیر فیتاته، ثابت است اما بالاتر از این سطوح، موجب افزایش دفع فسفر ادراری می گردد و نشان می دهد که فسفر بیشتر از نیاز تامین شده است (Manangi و Coon، ۲۰۰۷). در این مطالعه، حداکثر سطح فسفر غیر فیتاته، در جیره های حاوی کنجاله کانولا ۳/۹ گرم در کیلوگرم بود که بالاتر از سطح تعیین شده توسط آزمایش بالا بود، به همین دلیل کمترین قابلیت هضم در جیره های حاوی کنجاله کانولا مشاهده شد. Mutucumarana و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که سیستم ارزیابی فسفر بر اساس فسفر غیر فیتاته، منعکس کننده فسفر قابل هضم در مواد خوراکی نیست. مقادیر فسفر قابل هضم، به میزان قابل توجهی بالاتر از مقادیر فسفر غیر فیتاته در تمامی مواد خوراکی هستند که پیشنهاد می کند بخشی از فسفر متصل شده به فیتات، توسط پرنده مورد استفاده قرار می گیرد. به طور کلی، توانایی پرنده برای استفاده از فسفر متصل شده به فیتات در مواد خوراکی مختلف، با هم متفاوت می باشد و از صفر تا ۷۵ درصد، متغیر است، فاکتورهای زیادی شامل غلظت کلسیم، فسفر، ویتامین

D3، فیبر جیره، حلالیت و جایگاه فیتات، فرآوری و سن پرنده بر هیدرولیز فسفر تاثیرگذار هستند، که از بین آنها، مهم ترین، غلظت کلسیم جیره است (Angel و همکاران، ۲۰۰۶).

## نتیجه‌گیری کلی

ضرایب قابلیت هضم حقیقی کلسیم در نیمچه های تخمگذار در سن ۱۲ هفتگی، در دی کلسیم فسفات، مونو کلسیم فسفات و کربنات کلسیم به ترتیب ۰/۵۵، ۰/۵۷ و ۰/۷۶ بود که در کربنات کلسیم بالاتر از دو منبع معدنی دیگر بود، همچنین، قابلیت هضم حقیقی کلسیم در کنجاله سویا بالاتر از منابع معدنی بود.

ضرایب قابلیت هضم ظاهری فسفر در دی کلسیم فسفات و مونو کلسیم فسفات به ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۸۳ بود که بالاتر از کنجاله سویا و کنجاله کانولا بود، در حالیکه مونو کلسیم فسفات، بیشترین ضریب ابقاء ظاهری را داشت. مطالعات بیشتری در مورد قابلیت هضم کلسیم و فسفر در موراد خوراکی مختلف و در سنین مختلف در نیمچه های تخمگذار مورد نیاز می باشد.

## منابع


*http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.12.002*

AOAC. (2005). Official Methods of Analysis (18th ed.) Association of Official Analytical Chemists, *Washington, DC.*

Applegate, T., and Angel, R. (2014). Phosphorus requirements for poultry, *Animal Sciences, Purdue University Cooperative Extension Service, West Lafayette, IN. pp. 1-8.*

Bikker, P., Spek, J. W., Van Emous, R. A., Van Krimpen, M. M. (2016). Precaecal phosphorus digestibility of inorganic phosphate sources in male broilers. *British Poultry Science, 57, 810-817.*
http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2016.1222604

Browning, L.C., Antipatis, C. and Cowieson, A. J. (2012). The interactive effects of vitamin D, phytase, calcium, and phosphorus in broiler performance and skeletal integrity. *In Proceedings of the 23rd Annual Australian Poultry Science Symposium, Sydney, Australia, 19–22 February 2012; p. 81.*

David, L. S., Abdollahi, M. R., Ravindran, G., Walk, C. L. and Ravindran, V. (2019). Studies on the measurement of ileal calcium digestibility of calcium sources in broiler chickens. *Poultry Science, 98:5582-5589.*
http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez314

David, L. S., Abdollahi, M. R., Ravindran, G., Walk, C. L. and Ravindran, V. (2020). Studies on the measurement of ileal calcium digestibility of calcium sources in broiler chickens. *Poultry Science 98: 5582–5589.*
http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez314

David, L. S., Abdollahi, M. R., Bedford, M. R. and Ravindran. V. (2021). True Ileal calcium

Angel, R., Proszkowiec-Weglarz, M., Jimenez-Moreno, E., Kim, S, and Plumstead, P. (2013). Impact of the time and dietary calcium and phosphorous deficiencies on their digestibilities in single ingredients. *19th European Symposium of Poultry Nutrition, 26–29.*

Angel, R., Saylor, W.W., Mitchell, A. D., Powers, W. and Applegate, T. J. (2006). Effect of dietary phosphorus, phytase, and 25-hydroxycholecalciferol on broiler chicken bone mineralization, litter phosphorus, and processing yields. *Poultry Science,* 85: 1200-1211. *http://dx.doi.org/10.1093/ps/85.7.1200*

Anwar, M. N. (2016). Measurement of true ileal calcium digestibility of feed ingredients for broiler chickens. *Phd. Diss. Massey Univ., Palmerston North, New Zealand.*

Anwar, M. N., V. Ravindran, V., Morel, P. C. H., Ravindran, G. and Cowieson, A. J. (2018). Measurement of the true ileal calcium digestibility of some feed ingredients for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology,* 237:118-12.
http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.01.010

Anwar, M. N., Ravindran, V., Morel, P. C. H., Ravindran, G. and Cowieson, A. J. (2015). Measurement of true ileal calcium digestibility in meat and bone meal for broiler chickens. *Animal. Feed Science and Technology, 206:100–107.*
http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.05.018

Anwar, M. N., Ravindran, V., Morel, P. C. H., Ravindran, G. and Cowieson, A. J. (2017). Effect of calcium source and particle size on the true ileal digestibility and total tract retention of calcium in broiler chickens. *Animal. Feed Science and Technology, 224:39–45* .

digestibility in soybean meal and canola meal, and true ileal phosphorous digestibility in maize-soybean meal and maize-canola meal diets, without and with microbial phytase, for broiler growers and finishers. *British Poultry Science 62: 293–303.* *http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2020.1849559*

Dilger, R. N. and Adeola, O. (2006). Estimation of true phosphorus digestibility and endogenous phosphorus loss in growing chicks fed conventional and low-phytate soybean meals. *Poultry Science*, 85:661–668. http://dx.doi.org/10.1093/ps/85.4.661

González-vega, J. C., Walk, C. L. and Stein, H. H. (2015). Effects of microbial phytase on apparent and standardised total tract digestibility of calcium in calcium supplements fed to growing pigs. *Journal of Animal Science 93: 2255–2264. doi:10.2527/ jas.2014-8215.*

Hy-Line. (2018). Management Guide. Brown commercial layers Australia. *https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products* .

Jafari Arvari, A. R., Mirzaie Goudarzi, S. and Abdollahi, M. R. (2022). Determination of apparent and true ileal digestibility of calcium in limestone with different particle sizes in broilers and pullets. *Journal of Livestock Science and Technologies, 10(2), 67-75. https://doi.org/10.22103/jlst.2022.20440.1439*

Kimiaeitalab, M.V., Camara, L., Mirzaie Goudarzi, S., Jimenez-Moreno, E. and Mateos, G. G., (2018). A comparative study on the effects of dietary sunflower hulls on growth performance and digestive tract traits of broilers and pullets fed a pullet diet from 0 to 21 days of age. *Animal Feed Science and Technology*, 236: 57-67. http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.11.023

Liu, J., Chen, D. and Adeola, O. (2013). Phosphorus digestibility response of broiler chickens to dietary calcium-to-phosphorus ratios. *Poultry Science* 92, 1572–1578. http://dx.doi.org/10.3382/ps.2012-02758

Manangi, M. K. and Coon, C. N. (2007). The effect of calcium carbonate particle size and solubility on the utilization of phosphorus from phytase for broilers. *International Journal of Poultry Science* 6, 85-90.

Mejicanos, G., Sanjayan, N., Kim, I. H. and Nyachoti, C. M. (2016). Recent advances in canola meal utilisation in swine nutrition. *Journal of Animal Science and Technology, 58: 7.* https://doi.org/10.1186%2Fs40781-016-0085-5

Moss, A. M., Chrystal, P. V., Dersjant-li, Y., Selle, P. H. and Liu, S. Y. (2018). Responses in digestibilities of macro-minerals, trace minerals and amino acids generated by exogenous phytase and xylanase in canola meal diets oered to broiler chickens. *Animal feed Science and Technology, 240:22-30.* http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.03.011

Mutucumarana, R. K. qnd Ravindran, V. (2016). Measurement of true ileal phosphorus digestibility in meat and bone meal for broiler chickens using the direct method. *Animal Feed Science and Technology, 219:249-256. http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.06.025*

Mutucumarana, R. K., Ravindran, V., Ravindran, G. and Cowieson, A. J. (2014). Measurement of true ileal digestibility and total tract retention of phosphorous in corn and canola meal for broiler chickens. *Poultry Science, 93(2), 412-419. https://doi.org/10.3382/ps.2013-03419*

Mutucumarana, R. K., Ravindran, V., Ravindran, G. and Cowieson. A. J. (2015). Measurement of true ileal phosphorus digestibility in maize and soybean meal for broiler chickens: Comparison of two methodologies. *Animal Feed Science and Technology, 206:76-86.* https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.05.011

NRC. (1994). Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

Petersen, G. I., Pedersen, C., Lindemann, M. D. and Stein, H. H. (2011). Relative bioavailability of phosphorus in inorganic phosphorussources fed to growing pigs. *Journal of Animal Science, 89, 460-466.* https://doi.org/10.2527/jas.2009-2161

Plumstead, P. W., Leytem, A. B., Maguire, R. O., Spears, J. W., Kwanyuen, P. and Brake, J. (2008). Interaction of calcium and phytate in broiler diets. 1. Effects on apparent prececal digestibility and retention of phosphorus. *Poultry Science, 87:449-458. http://dx.doi.org/10.3382/ps.2007-00231*

Proszkowiec-Weglarz, M. and Angel. R. (2013). Calcium and phosphorous metabolism in broilers: effect of homeostatic mechanism on calcium and phosphorous digestibility. *Journal of Applied Poultry Research 22: 609–627. https://doi.org/10.3382/japr.2012-00743*

Ravindran, V., David, L. S., Abdollahi, M. R. and Bedford M. R. (2020).True ileal calcium digestibility in soybean meal and canola meal, and true ileal phosphorous digestibility in maize-soybean meal and maizecanola meal diets, without and with microbial phytase, for broiler growers and finishers. *British Poultry Science, 59, 811- 819. https://doi.org/10.1080/00071668.2020.1849559*

Rodehutscord, S. 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., Steenfeldt, S., van Krimpen, M. M.,

Shastak, Y. and Rodehutscord, M. (2013). Determination and estimation of phosphorus availability in growing poultry and their historical development. *World's poultry Science Journal, 69, 569– 585. http://dx.doi.org/10.1017/S0043933913000585*

Shastak, Y., Witzig, M., Hartung, K. and Rodehutscord, M. (2012). Comparison of retention and prececal digestibility measurements in evaluating mineral phosphorus sources in broilers. *poultry Science, 91, 2201–2209.* http://dx.doi.org/10.3382/ps.2011-02063

Short, F. J., Gorton, P., Wiseman, J. and Boorman, K. N. (1996). Determination of titanium dioxide added as an inert marker in chicken digestibility studies. *Animal. Feed Science. Technology. 59: 215–221. http://dx.doi.org/10.1016/0377-8401(95)00916-7*

Trairatapiwan, T., Ruangpanit, Y., Songserm, O. and Attamangkune, S. (2018). True ileal phosphorus digestibility of monocalcium phosphate, monodicalcium phosphate and dicalcium phosphate for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 241: 1-7. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.04.005

Van der Klis, J. D. and Versteegh H. A. J., (1993). The Availability of Phosphorus from Windmill Dicalphos for Broilers. Report No. 164. COVP-DLO, the Netherlands.

Van Harn, J., Spek, J.W., Van Vuure, C. A. and Van Krimpen, M. M. (2017). Determination of Pre-cecal Phosphorus Digestibility of İnorganic Phosphates and Bone Meal Products in Broilers. *Poultry Science*, 96: 1334-1340. http://dx.doi.org/10.3382/ps/pew458

Wilkinson, S. J., Bradbury, E. J., Bedford, M. R, and Cowieson, A. J. (2014). Effect of dietary nonphytate phosphorus and calcium concentration on calcium appetite of broiler chicks. *Poultry Science*, 93: 1695-1703. http://dx.doi.org/10.3382/ps.2013-03537

WPSA, Working Group No 2 (Nutrition). (2013). Determination of phosphorus availability in poultry. *World's Poultry Science Journal, 69:687-698.*

Zhang, B. and Coon, C. N. (1997). The relationship of calcium intake, source, size, solubility in vitro and in vivo, and gizzard limestone retention in laying hens. *Poultry Science ,76:1702–1706. http://dx.doi.org/10.1093/ps/76.12.1702*