دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

ارزیابی ترکیب، محلولیت آزمایشگاهی و قابلیت هضم ظاهری کلسیم و فسفر منابع کلسیمی مختلف و اثر آن بر عملکرد و صفات استخوانی جوجه‌های گوشتی

علیرضا صفامهر[۱]، علی نوبخت[۲] و یوسف مهمان‌نواز[۳]

۱- استاد گروه علوم دامی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه، (نویسنده مسوول: arsafamehr51@yahoo.ca)
۲ و ۳- دانشیار و استادیار گروه علوم دامی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه
تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۷

چکیده

در این آزمایش ترکیب مواد معدنی، محلولیت آزمایشگاهی هفت منبع کربنات کلسیم و اثرات تغذیه آن بر عملکرد، و قابلیت هضم کلسیم و فسفر جوجه‌های گوشتی مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل ۶×۲ در قالب طرح کاملا تصادفی با ۱۲ جیره حاوی شش منبع کربنات کلسیم و دو سطح از اندازه ذرات (۰/۵>، ۲/۸۳ > و ۱/۴۱>) و یک جیره به عنوان گروه شاهد (حاوی پوسته صدف با اندازه ذرات ۰/۵>) انجام گرفت. در کل ۴۸۶ قطعه جوجه گوشتی به ۱۳ جیره آزمایشی با سه قفس (۱۸ پرنده در هر قفس) به ازای هر تیمار از روز اول پس از هچ اختصاص داده شد. هفت منبع کلسیمی (شش منبع کربنات کلسیم و صدف) به سه حدود از اندازه ذرات ۰/۵>، ۲/۸۳ >- ۱/۴۱> ، ۲/۸۳> میلی‌متر جدا شدند. متوسط غلظت کلسیم در منابع کلسیمی ۳۶/۰۸ گرم بر کیلوگرم بود. محلولیت آزمایشگاهی وابسته به منبع کلسیمی و اندازه ذرات بود به طوری که ذرات کوچکتر در زمان یکسان نسبت به ذرات بزرگتر محلولیت آزمایشگاهی بیشتری داشتند. منابع مختلف کلسیمی در دوره آغازین تاثیر معنی‌داری بر افزایش وزن و خوراک مصرفی داشتند (p<۰/۰۵) ولی در دوره رشد تاثیر معنی‌داری بر صفات عملکرد نشان ندادند. قابلیت هضم ظاهری کلسیم و فسفر در منابع کلسیمی با اندازه ذرات کوچکتر از ۰/۵ در مقایسه با ذرات بزرگ بیشتر بود (p<۰/۰۵). خاکستر، ماده خشک غیرچربی، کلسیم و فسفر استخوان درشت‌نی تحت تاثیر منابع کلسیمی قرار نگرفت. در نتیجه، آزمایش حاضر نشان داد که عملکرد و صفات استخوانی جوجه های گوشتی توسط منبع کلسیمی و اندازه ذرات تحت تاثیر واقع نمی‌شود و تفاوت در قابلیت هضم کلسیم و فسفر و محلولیت آزمایشگاهی وابسته به اندازه ذرات و منبع کلسیمی متفاوت بود.

واژه‌های کلیدی: کربنات کلسیم، محلولیت آزمایشگاهی، قابلیت هضم، استخوان، جوجه گوشتی

مقدمه

داشتن علم کافی از ترکیب مواد معدنی محتوی منابع کلسیمی به همراه محلولیت آزمایشگاهی آنها در طیور اهمیت تغذیه‌ای دارد. چن و کون (۷) گزارش نمودند سرعت محلولیت در ازمایشگاه شاخص بهتری از اندازه ذرات جهت استفاده از منابع کلسیمی برای کیفیت پوسته و معدنی شدن استخوان است. در مطالعه دیگری محققین نشان دادند که محلولیت در آزمایشگاه همبستگی بالایی با محلولیت در داخل بدن (ارتباط معکوس) و دسترسی کلسیم در مرغ‌های تخم‌گذار دارد (۲۱). سندرس- بلیدس و همکاران (۲۵) بازدهی سه منبع کلسیمی محلی را در مرغ‌های تخم‌گذار مورد ارزیابی قرار دادند و گزارش نمودند که محلولیت در آزمایشگاه وابسته به منبع کلسیمی و اندازه ذرات است. گیونته و همکاران (۱۰) گزارش کردند که جوجه‌های گوشتی وقتی اندازه ذرات بزرگ تر در مقایسه با منابع مختلف کلسیمی دریافت نمودند تغییری در افزایش وزن و ضریب تبدیل و خاکستر استخوان نشان ندادند. این محققین اندازه ذرات پودری در اندازه ذرات کوچکتر از ۱۵۰ میکرومتر را پیشنهاد دادند. مگناوتون (۱۷) نشان داد که میانگین اندازه ذرات (۲۰-۶۰ میکرومتر) بهترین افزایش وزن را تولید می کند و دسترسی کمتر فسفر را برای خاکستر مطلوب در استخوان در مقایسه با اندازه ذرات کوچکتر (۱۲-۲۰) و بزرگتر (۱۰۰-۲۰۰) مورد نیاز خواهد بود. وزن بدن و مصرف خوراک تحت تاثیر معنی‌دار اندازه ذرات کربنات کلسیم قرار گرفت (p<۰/۰۵) اما بر ضریب تبدیل غذایی تاثیر معنی‌داری نداشت. عملکرد مناسب در جوجه‌های تغذیه شده با ذرات با قطر ۳۸۸ میکرومتر مشاهده گردید. بالاترین وزن در ذرات با قطر ۱۳۷-۲۹۹ میکرومتر مشاهده شد. ذرات با اندازه بیشتر از ۱۳۰۶ میکرومتر، کمترین وزن بدن (۸۹۰ گرم در ۴۲ روزگی) و بالاترین تلفات را نشان دادند (۱۶). ابقاء کلسیم در گروه با اندازه ذرات ۱/۱۸-۴/۷۵ میلی متر ۶-۷ برابر کمتر از گروه با قطر کمتر بود (۱۰). تغذیه جوجه‌های گوشتی با کربنات کلسیم و یا صدف معدنی تاثیر یکسانی بر عملکرد آنها داشت (۱۹،۱۳). زیست‌فراهمی کلسیم از دو منبع کربنات کلسیم و صدف برابر بود (۱۹،۱۳). با توجه به وجود منابع متعدد کربنات کلسیم در ایران و عدم وجود تحقیق جامع در مورد آنها در جوجه گوشتی، هدف از تحقیق حاضر بررسی آزمایشگاهی محلولیت منابع کلسیمی، ترکیب آنها و بررسی اثر تغذیه منابع متعدد کلسیمی بر عملکرد، خصوصیات استخوانی و قابلیت هضم کلسیم و فسفر در جوجه‌های گوشتی است.

مواد و روش‌ها

جیره‌های آزمایشی با مقادیر پروتئین و انرژی موردنظر و بر اساس جداول احتیاجات غذایی طیور (NRC،۱۹۹۴) و با استفاده از نرم‌افزار جیره‌نویسی (WUFFDA) تنظیم گردیدند (۱۸). برای انجام آزمایش از ۴۸۶ قطعه جوجه گوشتی یک

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/rap.8.15.1]

روزه از سویه تجاری راس استفاده شد. جوجه‌ها پس از ورود به سالن توزین و به ۲۷ گروه ۱۸ قطعه‌ای (مخلوط دو جنس) با وزن گروهی یکسان در واحدهای قفسی توزیع شدند. اعمال تیمارهای آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل ۶×۲ شامل شش منبع کلسیمی (البرز، آذربایجان-۱، آذربایجان ۲، کربنات کلسیم مازندران، پیرایش کانی و پویا صدف) و دو اندازه ذرات (کوچکتر از ۰/۰۵ میلی‌متر و بزرگتر از ۱ تا ۲ میلی‌متر) و هر تیمار شامل سه تکرار (هر قفس شامل ۱۸ قطعه جوجه گوشتی) انجام گرفت. جیره حاوی پودر صدف نیز در اندازه ذرات کوچکتر از ۰/۵ به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. جوجه‌ها در طی ۴۲ روز دوره پرورشی با جیره آغازین (از صفر تا ۲۱ روز) (جدول ۱) و جیره رشد (از ۲۱ تا ۴۲ روز) (جدول ۲) تغذیه شدند. در کل دوره آزمایش جوجه‌ها به آب، نور و خوراک دسترسی مداوم داشتند. منابع کلسیمی شامل البرز قزوین، کربنات کلسیم با دو منشا از آذربایجان شرقی، پویا صدف، مازندران، پیرایش کانی از شرکت‌های تولید کننده به میزان مورد نیاز تهیه شدند. قبل از شروع آزمایش از کلیه منابع کلسیمی مورد استفاده در جیره‌ها نمونه برداری شده و از لحاظ منابع معدنی (کلسیم، فسفر، سدیم، پتاسیم، منیزیم، منگنز، آهن، مس، منگنز، مورد آنالیز قرار گرفتند (۲۷). بعد از خاکسترگیری از نمونه‌ها به مدت ۵ ساعت، ۱/۲۵ میلی‌لیتر از اسید هیدروکلریک سه مولار به بوته چینی حاوی نمونه اضافه شد و مخلوط آن به مدت ۱۵ دقیقه نگه داشته شد (متد ۰۸-۹۶۸) (۲). سپس نمونه‌ها به آرامی در میکروتیوب ریخته شده و مواد معدنی آنها با استفاده از دستگاه اسپکترومتری (Inductively Coupled Plasma/Atomic Emission Spectrometry (ICP/AES) اندازه‌گیری شدند (۱۱). برای اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری کلسیم و فسفر روز ۲۰ دوره پرورش به هر تیمار آزمایشی ۴ قفس (دو قطعه جوجه گوشتی در هر قفس) اختصاص داده شد. اکسید کرومیک به عنوان مارکر بیرونی در حدود ۰/۳٪ به جیره‌ها افزوده شد (۱۲). پس از دوره عادت‌دهی، طیور جیره اختصاصی را در حد اشتها به مدت ۴ روز دریافت نمودند و سپس به مدت یک روز مدفوع زیر قفس جمع‌آوری و پس از مخلوط کردن آنها، نمونه یکنواختی از آنها تهیه شد و در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد فریز شدند. جیره‌ها و نمونه‌های ماده هضمی برای آنالیز کلسیم و فسفر به روش لسکه و کون (۱۵) آماده شده و با روش inductively coupled plasma Spectroscopic emission اندازه‌گیری شد. خاکستر نامحلول در اسید در جیره‌های آزمایشی و نمونه‌های هضمی مطابق روش اسکات و بالناو (۲۶) و تکنیک هضمی اسید کلریدریک اندازه گیری شد. میزان قابلیت هضم کلسیم و فسفر با استفاده از روش دیگلر و آدولا (۸) محاسبه شدند. در پایان هر هفته خوراک مصرفی و افزایش وزن جوجه‌های هر تکرار به صورت گروهی توزین گردیدند. قبل از هر وزن‌کشی به منظور حصول یکنواختی نسبی محتوای گوارشی به پرندگان چهار ساعت گرسنگی تحمیل شد (۳). برای اندازه گیری درصد خاکستر استخوان دو پرنده به ازای هر تکرار در هر تیمار در روز ۴۲ کشتار شده و استخوان درشت نی پای راست برداشت شده جوشانده و از بافت چسبیده آنها پاک شدند. استخوان‌ها در دمای ۱۱۰ درجه به مدت ۱۲ ساعت خشک شده و سپس چربی آنها گرفته شده (به مدت ۴۸ ساعت) و مجددا به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه خشک شده و نهایتا در دمای ۵۵۰ درجه دستگاه خاکسترگیری خاکستر آن به درصدی از وزن استخوان بدون چربی خشک بیان شدند (۳). خاکستر استخوان درشت‌نی خوراک و مدفوع با محلول اسید کلریدریک ۶ نرمال برای تعیین کلسیم و فسفر اماده شد (۵). هفت منبع کلسیمی در اندازه‌های کوچک، متوسط و بزرگ برای اندازه گیری محلولیت آزمایشگاهی به صورت ۲۴ ساعت مورد ارزیابی قرار گرفتند. جداسازی اندازه ذرات با استفاده از الک‌های استاندارد # ۳۵ (۰/۵ میلی‌متر)، # ۱۴ (۱/۴۱ میلی‌متر) و# ۷ (۲/۸۳ میلی متر) انجام گرفت. نمونه وزن شده به میزان ۵ گرم بالای الک بزرگ قرار داده شد و به مدت ۵ دقیقه شیکر جهت تفکیک بهتر به کار انداخته شد. اندازه ذرات برای محلولیت آزمایشگاهی نیز در سه حدود کوچکتر (< ۰/۵ میلی‌متر) متوسط (> ۲/۸۳ -۱/۴۱ <) و بزرگ (< ۲/۸۳ میلی‌متر) در نظر گرفته شد. محلولیت آزمایشگاهی همه منابع کلسیمی در اندازه ذرات مختلف به روش زنگ و کون (۲۸) با استفاده از درصد وزن از دست رفته ارزیابی شدند. یک نمونه از هر منبع در سه تکرار در فلاسک ۲۰۰ میلی‌لیتری اسیدکلریدریک ۰/۲ نرمال و در درجه حرارت ۴۲ درجه سانتی‌گراد حمام آب قرار داده شد. همه نمونه در ۱۰ دقیقه، ۳ ساعت و فواصل سه ساعت تا ۲۴ ساعت مورد آزمایش قرار گرفتند (۲۵). در هر فاصله زمانی نمونه‌ها از طریق کاغذ صافی # ۴۱ فیلتر شدند و در دمای ۷۰ درجه آون خشک شده و وزن ثابت ان برای محاسبه وزن باقیمانده منبع کلسیمی بدست امد. درصد نمونه باقیمانده برای تعیین میزان محلولیت محاسبه شدند.

آنالیز آماری با استفاده از بسته نرم‌افزار SAS انجام گرفت (۲۴). مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در بین واحدهای آزمایشی بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و آزمون دانت برای مقایسه با پودر صدف در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت. داده‌های تجزیه لاشه که به صورت درصد وزن زنده بودند، پس از تبدیل داده‌ها مورد تجزیه آماری قرار گرفتند.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/rap.8.15.1]

جدول ۱- اجزاء و ترکیب جیره غذایی در تیمارهای مورد آزمایش (دوره آغازین)

Table 1. The diet ingredients and composition in diferent treatments (starter)

اجزاء مواد غذایی	پودر صدف	البرز قزوین	آذربایجان-۱	آذربایجان-۲	پویا صدف	مازندران	پیرایش کانی
ذرت	۵۳/۰۶	۵۳/۰۶	۵۳/۰۶	۵۳/۰۶	۵۳/۰۶	۵۳/۰۶	۵۳/۰۶
کنجاله سویا	۳۸/۸۶	۳۸/۸۶	۳۸/۸۶	۳۸/۸۶	۳۸/۸۶	۳۸/۸۶	۳۸/۸۶
روغن آفتابگردان	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲
کربنات کلسیم	–	۱/۰۶	۱/۲۱	۱/۲۱	۱/۱۵	۱/۰۷	۱/۰۵
صدف	۱/۲۶	–	–	–	–	–	–
دی کلسیم فسفات	۱/۴۴	۱/۴۴	۱/۴۴	۱/۴۴	۱/۴۴	۱/۴۴	۱/۴۴
نمک	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۴	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹
مکمل مواد معدنی	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل مواد ویتامینی	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
دی-ال متیونین	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵
ماده خنثی	–	۰/۳۳	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۳۲	۰/۳۵
مواد مغذی محاسبه شده							
انرژی قابل متابولیسم ظاهری (Kcal/kg)	۲۹۲۰	۲۹۲۰	۲۹۲۰	۲۹۲۰	۲۹۲۰	۲۹۲۰	۲۹۲۰
پروتئین خام (٪)	۲۱/۲	۲۱/۲	۲۱/۲	۲۱/۲	۲۱/۲	۲۱/۲	۲۱/۲
کلسیم (٪)	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۳
فسفر قابل دسترس (٪)	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱
سدیم (٪)	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸
لیزین (٪)	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵
متیونین (٪)	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱
متیونین + سیستئین (٪)	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳

*: هر یک کیلوگرم شامل: ویتامین آ، IU۹۰۰۰۰۰۰ ، ویتامین د۳، IU۲۰۰۰۰۰۰ ، ویتامین ب۱، mg۱۸۰۰; ویتامین ب2، mg۶۶۰۰; ویتامین ب۳، mg۱۰۰۰۰; ویتامین ب۶ mg ۳۰۰۰، ۱ویتامین ب12، mg۱۵، ویتامین ایی، mg۱۸۰۰۰; ویتامین کا۳، mg ۲۰۰۰; ویتامین ب۹، mg۱۰۰۰; ویتامین ب۵، mg۳۰۰۰۰; ویتامین اچ۲، mg۱۰۰، اسید فولیک، mg۲۱; اسید نیکوتینیک،mg ۶۵ بیوتین،mg ۱۴، کولین کلرید، mg ۵۰۰۰۰۰، منگنز، mg ۱۰۰۰۰۰، روی، mg ۸۵۰۰۰، آهن، mg ۵۰۰۰۰; مس، mg ۱۰۰۰۰، ید، mg۱۰۰۰ و سلنیوم، mg۲۰۰

جدول ۲- اجزاء و ترکیب جیره غذایی در تیمارهای مورد آزمایش (دوره رشد)

Table 2. The diet ingredients and composition in diferent treatments (grower)

اجزاء مواد غذایی	پودر صدف	البرز قزوین	آذربایجان-۱	آذربایجان-۲	پویا صدف	مازندران	پیرایش کانی
ذرت	۴۱/۷۳	۴۱/۷۳	۴۱/۷۳	۴۱/۷۳	۴۱/۷۳	۴۱/۷۳	۴۱/۷۳
کنجاله سویا	۳۰/۳۸	۳۰/۳۸	۳۰/۳۸	۳۰/۳۸	۳۰/۳۸	۳۰/۳۸	۳۰/۳۸
گندم	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
روغن آفتابگردان	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۲
کربنات کلسیم	–	۱/۳	۱/۳	۱/۱۴	۱/۲۳	۱/۱۵	۱/۱۳
صدف	۱/۳۵	–	–	–	–	–	–
دی کلسیم فسفات	۱/۰۷	۱/۰۷	۱/۰۷	۱/۰۷	۱/۰۷	۱/۰۷	۱/۰۷
نمک	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹
مکمل مواد معدنی	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل مواد ویتامینی	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
دی-ال متیونین	–	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
ماده خنثی	۰/۴۴	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۶۳	۰/۵۵
مواد مغذی محاسبه شده							
انرژی قابل متابولیسم ظاهری (Kcal/kg)	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰
پروتئین خام (٪)	۱۸/۹۵	۱۸/۹۵	۱۸/۹۵	۱۸/۹۵	۱۸/۹۵	۱۸/۹۵	۱۸/۹۵
کلسیم (٪)	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۴
فسفر قابل دسترس (٪)	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳
سدیم (٪)	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶
لیزین (٪)	۱/۰۴	۱/۰۴	۱/۰۴	۱/۰۴	۱/۰۴	۱/۰۴	۱/۰۴
متیونین (٪)	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵
متیونین + سیستئین (٪)	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۶۷

*: هر یک کیلو گرم شامل: ویتامین آ، IU۹۰۰۰۰۰۰ ، ویتامین د۳، IU۲۰۰۰۰۰۰ ، ویتامین ب۱، mg۱۸۰۰، ویتامین ب2، mg۶۶۰۰ ویتامین ب۳، mg۱۰۰۰۰، ویتامین ب۶ mg۳۰۰۰، ۱ویتامین ب12، mg۱۵، ویتامین ایی، mg۱۸۰۰۰، ویتامین کا۳، mg۲۰۰۰; ویتامین ب۹، mg۱۰۰۰، ویتامین ب۵، mg۳۰۰۰۰، ویتامین اچ۲، mg۱۰۰، اسید فولیک، mg۲۱، اسید نیکوتینیک، mg ۶۵ بیوتین،mg ۱۴; کولین کلرید، mg ۵۰۰۰۰۰; منگنز، mg ۱۰۰۰۰۰، روی، mg ۸۵۰۰۰، آهن، mg ۵۰۰۰۰، مس، mg ۱۰۰۰۰، ید، mg۱۰۰۰ و سلنیوم، mg۲۰۰

نتایج و بحث

نتایج مربوط به ترکیب مواد معدنی و اندازه ذرات منابع کلسیمی در جداول ۳ و۴ آمده است. آنالیز مواد معدنی به منظور تعیین درصد مواد معدنی پرمصرف و کم مصرف موجود در منابع کلسیمی و تعیین اینکه آیا این سطوح در تغذیه جوجه‌های گوشتی مضر خواهد بود یا نه انجام گرفت. تغییرات وسیعی در ترکیب مواد معدنی منابع کلسیمی وجود دارد. ماده معدنی اصلی موجود در منابع، کلسیم با حداقل در نوع آذزبایجان-۱ (۳۳/۳۲٪) و حداکثر ان در پودر صدف (۳۹/۱٪) بود (جدول ۳). محتوای منابع معدنی کربنات کلسیم مشابه

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/rap.8.15.1]

نتایج تحقیقات دیگران (۹) است. مانند صدف منابع دیگر هم منبع خوبی از مواد معدنی دیگر همچون منیزیوم، آهن، مس و روی بودند. روشن است که محتوای کلسیمی منابع کلسیمی با مقدار کلسیم پودر صدف قابل مقایسه است. کربنات کلسیم پیرایش کانی سطوح زیادتری از کلسیم نسبت به منابع دیگر مورد آزمایش داشت (جدول ۴). محتوای منیزیم البرز قزوین زیادتر از منابع دیگر بود. منگنز در حدود ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مورد نیاز جوجه‌های گوشتی است (۱۸). منابع کلسیمی بررسی شده غلظت‌های نسبتا پایین‌تری از مس نسبت به پودر صدف داشتند. سطوح آهن منابع کلسیمی در همه منابع مورد آزمایش به غیر از آذربایجان-۱ کمتر از نصف مقادیر موجود در پودر صدف بود. به طور کلی محتوای مواد معدنی منابع بررسی شده مقادیر حداقلی از احتیاجات توصیه شده توسط NRC (۱۸) را فراهم می‌کنند و احتمالا بر کل مقدار این مواد در جیره غذایی تاثیر چندانی ندارند. توزیع اندازه ذرات بیانگر آن است که عمده ذرات منابع کلسیمی مورد استفاده بزرگتر از ۱/۴۱ میلی‌متر می‌باشد. جدول ۵ محلولیت ازمایشگاهی منابع مختلف کلسیمی کوچکتر از ۰/۵ میلی متر را در فواصل زمانی نشان می‌دهد. در ۱۰ دقیقه بیشترین و کمترین محلولیت متعلق به اذربایجان-۱ و پودر صدف بود. با افزایش زمان میزان محلولیت آزمایشگاهی در همه نمونه‌های کلسیمی افزایش داشت. محلولیت آزمایشگاهی پویا صدف، آذربایجان-۱ و مازندران با هم تفاوت معنی‌داری نداشت. محلولیت آزمایشگاهی همه منابع در سطوح بالاتری در همه زمان‌های مورد مطالعه داشت. محلولیت آزمایشگاهی منابع در فواصل زمانی مختلف از تغییرات مشابهی مابهی برخوردار بود به‌طوری که منابع اذربایجان-۱ و ۲ در حد وسط صدف (با درصد کمتر) و بقیه منابع (با درصد بیشتر محلولیت) بودند. در ساعت ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۲۱ و ۲۴ ساعت منابع البرز قزوین، مازندران، پویا صدف و پیرایش کانی تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند.

جدول ۳- ترکیب مواد معدنی منابع کلسیمی (بر اساس as-fed)

Tabale 3. The composition of calcium sources (as fed based)

منبع کلسیمی[1]	کلسیم	فسفر[2]	منیزیم	پتاسیم	سدیم	منگنز	روی	آهن	مس
صدف	۳۹/۱	۰/۱	۰/۱۹	۰/۱۲	۱/۰۸	۱۹۶/۲	۶۷	۷۸۴۴	۷۵/۲
البرز قزوین	۳۳/۳۴	۳/۷۵	۱/۸۳	۰/۰۳	۰/۰۸	۵۷/۸	۲۳/۵	۱۰۷۸/۷	۱۹
آذربایجان-۱	۳۳/۳۲	۱/۲۵	۱/۱۹	۰/۰۸	۰/۰۶	۴۱۴	۳۳	۴۸۵۰	۳۱
آذربایجان-۲	۳۵/۹	۰/۰۴	۱/۷۷	۰/۰۵	۰/۰۶	۷۰/۵	۵۰/۴	۳۸۰۸	۳۰/۳
پویا صدف	۳۵/۰۷	۰	۰/۲۷	۰/۰۳	۰/۰۹	۴۶/۵	۲۱/۸	۱۶۸۷/۵	۲۵
مازندران	۳۷/۴۶	۰	۰/۴۷	۰/۰۳	۰/۰۸	۳۲/۵	۳۶/۸	۱۳۰۶/۲	۲۴/۵
پیرایش کانی	۳۸/۴۳	۰	۰/۳۵	۰/۰۲	۰/۰۷	۹۳	۲۸/۵	۳۶۷/۲	۲۲/۲

۱- واحدها در کلسیم، فسفر، منیزیم، پتاسیم بر حسب گرم در کیلوگرم و در بقیه منابع بر حسب میلی گرم در کیلوگرم می باشند.
۲- به صورت اکسید فسفر (P_2O_5) می‌باشد.

جدول ۴- توزیع اندازه ذرات منبع کلسیمی[1]

Table 4. The size distribution of calcium sources

منبع کلسیمی	حدود اندازه ذرات (میلی متر)			
	<۰/۵	۱/۴۱ > -۱/۰<	۲/۸۳ > -۱/۴۱ >	۲/۸۳ <
صدف	۸/۱۴	۱۲/۸۶	۶۱/۲۵	۱۶/۵
البرز قزوین	۰/۰۵	۰/۳۵	۵۸/۷	۴۰/۳۸
آذربایجان-۱	۱/۷	۸/۱۶	۸۸/۵۵	۰/۰
آذربایجان-۲	۰/۱۵	۰/۱	۴۸/۰	۵۰/۹۵
پویا صدف	۰/۰۵	۰/۰۵	۶/۰۵	۹۳/۳
مازندران	۰/۰۵	۰/۰	۹/۶۵	۸۹/۸۵
پیرایش کانی	۰/۰	۰/۰	۷۶/۳	۲۳/۷

۱- اندازه ذرات انفرادی هر منبع کلسیمی با استفاده از عبور دادن از الک‌های استاندارد بدست امد.

جدول ۵- محلولیت آزمایشگاهی منابع کلسیم با اندازه ذرات کمتر از ۰/۰۵ میلی‌متر

Table 5. The invitro solubility of calcium sources with less than 0.05 mm

منبع کلسیمی	۱۰ دقیقه	۳ ساعت	۶ ساعت	۹ ساعت	۱۲ ساعت	۱۵ساعت	۱۸ساعت	۲۱ساعت	۲۴ساعت
صدف	۷۳/۸۹^{d}	۸۰/۱۹^{e}	۸۳/۷۹^{f}	۸۴/۵۹^{c}	۸۵/۳۸^{c}	۸۶/۱۷^{c}	۸۷/۲۲^{c}	۸۸/۲۸^{c}	۸۹/۳۴^{c}
البرز قزوین	۸۱/۱۷^{bc}	۹۴/۳۸^{b}	۹۴/۵۵^{c}	۹۵/۰۱^{a}	۹۷/۱۷^{a}	۹۷/۲۴^{a}	۹۷/۳۳^{a}	۹۷/۴۸^{a}	۹۷/۵۳^{a}
آذربایجان-۱	۸۴/۷۰^{a}	۸۷/۱۵^{a}	۸۹/۹۳^{e}	۹۰/۰۲^{D}	۹۰/۱۰^{D}	۹۱/۵۶^{D}	۹۱/۶۶^{D}	۹۱/۷۸^{D}	۹۱/۸۸^{D}
آذربایجان-۲	۷۹/۸۵^{c}	۹۰/۷۳^{c}	۹۰/۷۹^{a}	۹۰/۸۴^{D}	۹۰/۹۰^{D}	۹۰/۹۸^{D}	۹۱/۰۴^{D}	۹۱/۱۰^{D}	۹۱/۱۷^{D}
پویا صدف	۸۵/۹۵^{a}	۹۶/۱۱^{a}	۹۶/۳۵^{a}	۹۷/۰۰^{a}	۹۷/۲۱^{a}	۹۷/۳۹^{a}	۹۷/۵۴^{a}	۹۷/۶۷^{a}	۹۷/۷۱^{a}
مازندران	۸۴/۷۰^{a}	۹۵/۴۲^{a}	۹۶/۷۶^{a}	۹۷/۰۶^{a}	۹۷/۳۰^{a}	۹۷/۳۴^{a}	۹۷/۴۰^{a}	۹۷/۴۶^{a}	۹۷/۵۲^{a}
پیرایش کانی	۸۲/۳۰^{b}	۹۴/۲۶^{b}	۹۵/۴۶^{b}	۹۶/۰۳^{a}	۹۷/۲۲^{a}	۹۷/۶۷^{a}	۹۷/۶۷^{a}	۹۸/۳۸^{a}	۹۸/۵۸^{a}
se	۰/۷۵	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۳۹	۰/۳۳	۰/۲۳	۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۳۷

حروف غیر مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار در بین تیمارها است ($p<۰/۰۵$).
n= ۳ تکرار برای هر منبع کلسیمی

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/rap.8.15.1]

در این آزمایش همه منابع با افزایش زمان محلولیت آزمایشگاهی بیشتری نشان دادند. در ساعات اولیه تا ۳ ساعت اکثریت منابع میزان محلولیت بالاتر از ۹۰٪ نشان دادند که بیانگر آزاد شدن سریع کلسیم در ساعات اولیه برای حیوان است. به جز صدف همه منابع در ۳ ساعت اولیه کمتر از ۱۳٪ باقیمانده غیرمحلول نشان داد. این نتایج نشان می‌دهد که اکثر منابع آزادکننده سریع کلسیم در ساعات اولیه همانند کربنات کلسیم مورد آزمایش در تحقیقات دیگر (۲۵،۶) می باشند. رولند (۲۲) نشان داد که منابع کربنات کلسیم از مناطق مختلف می‌توانند خواص مختلف بخصوص از جنبه محلولیت آزمایشگاهی داشته باشند. در مطالعه بورگوینه (۴) نشان داده شده که اکثریت کربنات کلسیم در ۶ ساعت اولیه محلول می‌شود. در مطالعه سندرس و همکاران (۲۵) هم اثبات شد که محلولیت سنگ آهک با افزایش زمان در مقایسه با صدف کاهش می‌یابد.

میزان محلولیت صدف در اندازه ذرات متوسط بسیار پایین‌تر از بقیه منابع در ۱۰ دقیقه و بواصل ۳ ساعت تا ۲۴ ساعت بود (۶۱/۲٪). منابع البرز قزوین، پویا صدف، مازندران تفاوت معنی‌دار با هم نداشته و نسبت به صدف محلولیت بالاتری نشان دادند ($p<0/05$). در زمان‌های ۱۸، ۲۱ و ۲۴ پویا صدف، مازندران، پیرایش کانی با البرز قزوین تفاوت معنی‌داری نداشتند. در ۳ و ۶ ساعت اولیه البرز قزوین و آذربایجان-۱ روند مشابهی نشان دادند. از ساعت ۱۵ تا ۲۴ ساعت هم آذربایجان-۱ و ۲ روند مشابه با هم نشان دادند به‌طوری که در ساعت ۲۴ با محلولیت ۹۳/۷۷ و ۹۴/۱۲٪ نسبت به صدف محلولیت بالاتری نشان دادند ($p<0/05$). روشن است که منابع متعدد کلسیمی با منشاء مختلف تفاوت معنی‌داری باهم دارند و این تفاوت در ساعات ۲۴ به حداقل خود می‌رسد.

جدول ۶- محلولیت آزمایشگاهی منابع کلسیم[1] با اندازه ذرات با اندازه ذرات ۱/۴۲-۲/۸۳ میلی‌متر

Table 6. The invitro solubility of calcium sources with 1.42-2.83 mm

منبع کلسیمی	۱۰ دقیقه	۳ ساعت	۶ ساعت	۹ ساعت	۱۲ ساعت	۱۵ساعت	۱۸ساعت	۲۱ساعت	۲۴ساعت
صدف	۶۱/۲۰^{d}	۷۶/۸۰^{e}	۸۲/۸۹^{d}	۸۶/۸۸^{d}	۸۷/۹۱^{e}	۸۹/۷۶^{d}	۹۰/۲۵^{c}	۹۱/۱۱^{c}	۹۱/۴۵^{c}
البرز قزوین	۷۵/۸۵^{D}	۸۳/۱۴^{d}	۸۴/۷۸^{c}	۹۳/۵۳^{c}	۹۶ /۴۴^{a}	۹۶/۵۸^{a}	۹۷/۰۹^{a}	۹۷/۵۵^{a}	۹۷/۵۸^{a}
آذربایجان-۱	۸۱/۵۴^{a}	۸۴/۳۷^{d}	۸۵/۱۱^{c}	۸۵/۲۷^{e}	۹۲/۷۱^{d}	۹۳/۰۱^{c}	۹۳/۱۰^{D}	۹۳/۶۳^{D}	۹۳/۷۷^{D}
آذربایجان-۲	۷۲/۸۷^{c}	۸۹/۲۳^{D}	۹۱/۷۰^{D}	۹۳/۷۳^{c}	۹۳/۸۰^{c}	۹۳/۸۲^{c}	۹۳/۸۸^{D}	۹۳/۹۹^{D}	۹۴/۱۲^{D}
پویا صدف	۸۱/۸۹^{a}	۹۴/۱۷^{a}	۹۵/۲۲^{a}	۹۵/۸۵^{a}	۹۶/۰۳^{a}	۹۶/۶۳^{a}	۹۷/۳۴^{a}	۹۷/۵۶^{a}	۹۷/۶۳^{a}
مازندران	۸۲/۳۷^{a}	۹۵/۳۸^{a}	۹۶/۰۶^{a}	۹۶/۲۱^{a}	۹۶/۴۲^{a}	۹۶/۴۸^{a}	۹۶/۵۵^{a}	۹۶/۶۱^{a}	۹۶/۶۵^{a}
پیرایش کانی	۷۵/۲۰^{b}	۹۱/۰۲^{D}	۹۱/۱۰^{b}	۹۴/۹۱^{b}	۹۵/۲۳^{b}	۹۵/۵۹^{b}	۹۶/۷۸^{a}	۹۷/۰۸^{a}	۹۷/۲۵^{a}
sem	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۳۶	۰/۴۷	۰/۴۴

حروف غیرمشابه در هر ستون، نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار در بین تیمارها است ($p<0/05$).

n= ۳ تکرار برای هر منبع کلسیمی

تفاوت قابل ملاحظه‌ای در محلولیت آزمایشگاهی منابع کلسیمی در اندازه ذرات بزرگتر از ۲/۸۳ میلی‌متر وجود داشت. در مقایسه با صدف همه منابع کلسیمی در این اندازه از محلولیت بیشتری برخوردار بودند. مشابه با نتایج ما گیونته و همکاران (۱۰) دریافتند که صدف نسبت به کربنات کلسیم محلولیت پایین تری نشان می‌دهد. گرچه این منابع از نظر درصد کلسیم تقریبا مشابه هم هم هستند و لیکن از نظر محلولیت تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهده می‌شود. محلولیت منابع کلسیمی تحت تاثیر نوع منبع و ترکیب و اندازه ذرات تغییر پیدا می‌کند. محلولیت منابع بعد از ۶ ساعت در اندازه ذرات بزرگتر از ۲/۸۳ افزایش قابل ملاحظه‌ای نشان داد. بیشترین تفاوت در ساعت ۱۰ دقیقه و ۳ ساعت بین صدف و پویا صدف بود ($p<0/05$). این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از فرم کریستالی، خصوصیات شکستن ذرات و ترکیب منابع باشد (۱۴،۲۵). می‌توان نتیجه گرفت که اندازه ذرات تاثیر بیشتری بر محلولیت منابع دارد. می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با تصحیح اندازه ذرات می‌توان بر میزان محلولیت منابع تاثیر گذاشت. مطالعات دیگر نشان دادند که با افزایش اندازه ذرات زمان ابقاء افزایش یافته و مدت زمان طولانی‌تری می‌تواند کلسیم خود را آزاد کند (۲۹،۲۱). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که بعد از یک ساعت تقریبا ۶۰٪ از اندازه ذرات بزرگ صدف باقی می‌ماند که مشابه با یافته‌های اخیر است (۲۵،۴). اندازه ذرات بزرگتر نسبت به متوسط و کوچکتر سرعت محلولیت پایین‌تری دارند. در مطالعه اخیر ذرات بزرگتر سرعت محلولیت پایین تری داشتند (جدول ۷) که موافق با یافته‌های بسیاری از مطالعات دیگر است (۱۰،۹،۲۹،۲۱).

جدول۷- محلولیت آزمایشگاهی منابع کلسیم با اندازه ذرات با اندازه ذرات بزرگتر از ۲/۸۳

Table 7. The invitro solubility of calcium sources with larger than 2.83 mm

منبع کلسیمی	۱۰ دقیقه	۳ ساعت	۶ ساعت	۹ ساعت	۱۲ ساعت	۱۵ساعت	۱۸ساعت	۲۱ساعت	۲۴ساعت
صدف	۲۹/۵۹^{e}	۶۴/۷۹^{e}	۶۷/۲۵^{e}	۷۹/۲۵^{d}	۷۹/۵۹^{d}	۷۹/۹۴^{e}	۸۴/۶۴^{d}	۸۶/۹۳^{c}	۸۷/۹۲^{c}
البرز قزوین	۶۹/۳۲^{d}	۷۲/۰۲^{d}	۸۳/۸۸^{d}	۹۴/۵۱^{D}	۹۴/۶۶^{D}	۹۴/۹۵^{D}	۹۷/۰۴^{aD}	۹۷/۳۴^{a}	۹۷/۳۹^{a}
آذربایجان-۱	۷۷/۷۵^{a}	۸۳/۵۱^{c}	۸۴/۳۴^{d}	۹۲/۰۷^{c}	۹۳/۲۸^{bc}	۹۳/۴۰^{d}	۹۳/۷۱^{c}	۹۴/۴۲^{b}	۹۴/۴۹^{b}
آذربایجان-۲	۷۱/۰۵^{cd}	۸۸/۸۳^{b}	۸۸/۸۹^{c}	۹۲/۲۷^{c}	۹۲/۴۶^{c}	۹۳/۷۰^{cd}	۹۳/۸۰^{c}	۹۳/۸۲^{b}	۹۴/۰۶^{b}
پویا صدف	۷۵/۱۱^{D}	۹۱/۱۲^{a}	۹۳/۴۶^{aD}	۹۴/۲۹^{D}	۹۶/۷۰^{a}	۹۷/۱۱^{a}	۹۷/۲۱^{a}	۹۷/۴۲^{a}	۹۷/۶۳^{a}
مازندران	۷۴/۱۵^{D}	۹۰/۹۵^{a}	۹۴/۳۶^{a}	۹۶/۳۳^{a}	۹۶/۳۵^{a}	۹۶/۳۹^{a}	۹۶/۹۲^{aD}	۹۷/۲۶^{a}	۹۷/۳۷^{a}
پیرایش کانی	۷۱/۷۵^{c}	۸۹/۰۳^{D}	۹۲/۴۹^{D}	۹۲/۷۹^{c}	۹۳/۰۴^{Dc}	۹۴/۵۲^{Dc}	۹۶/۲۸^{D}	۹۶/۷۰^{a}	۹۶/۷۹^{a}
sem	۰/۵۹	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۴۵	۰/۵۳	۰/۳۲	۰/۲۶	۰/۳۳	۰/۲۶

حروف غیرمشابه در هر ستون، نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار در بین تیمارها است ($p<0/05$).

n= ۳ تکرار برای هر منبع کلسیمی

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/rap.8.15.1]

جدول ۸ اثر منابع مختلف کلسیمی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی را نشان می‌دهد. به طوری که اعداد جدول نشان می‌دهد افزایش وزن، خوراک مصرفی و ضریب تبدیل غذایی در دوره رشد به طور معنی‌داری تحت تاثیر نوع منبع کلسیمی قرار گرفته است (p<۰/۰۵). به طوری بیشترین مربوط به آذربایجان-۱ و کمترین مربوط به البرز قزوین بود (p<۰/۰۵). علت تفاوت احتمالا مربوط به میزان محلولیت و منشاء کلسیم در البرز قزوین نسبت به بقیه می باشد (جداول ۶ و ۷ و ۸). بعلاوه میزان مصرف خوراک هم در البرز قزوین نسبت به آذربایجان-۱ در حد پایین تری بود. به طوری که ملاحظه می شود میزان محلولیت البرز قزوین نسبت به آذربایجان-۱ در حد کمتری است لذا با تاثیر بر قابلیت هضم کلسیم می تواند تاثیر معنی‌داری بر افزایش وزن داشته باشد. گیونته و همکاران (۱۰) گزارش نمودند ذرات کلسیم با محلولیت بیشتر موجب افزایش عملکرد می شوند. تفاوت معنی‌داری بین گروه های آزمایشی حاوی آذربایجان-۲، پویا صدف، پیرایش کانی، و مازندران وجود نداشت. در دوره آغازین خوراک مصرفی در همه گروه‌ها بجز آذربایجان-۲ در حدود یکسانی بود (p>۰/۰۵). ضریب تبدیل غذایی هم در گروه‌های آزمایشی حاوی آذربایجان-۱، پویا صدف، پیرایش کانی، مازندران تفاوت معنی‌داری نداشت (p>۰/۰۵). در دوره رشد تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی از لحاظ خوراک مصرفی، افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی نبود. اندازه بزرگتر منجر به افزایش مصرف خوراک در دوره آغازین داشت (p<۰/۰۵). با این حال هیچ کدام از صفات عملکردی در دوره آغازین و رشد تحت تاثیر اندازه ذرات منابع کلسیمی نداشت. علت معنی‌دار نبودن تفاوت بین تیمارها، ترکیب یکسان جیره‌ها از نظر مواد مغذی و به ویژه کلسیم و همچنین آسیاب شدن منابع مختلف کلسیم است که باعث گردیده اندازه‌ی متفاوت ذرات که موجب تاثیر معنی‌دار در حلالیت و جذب کلسیم می‌گردند نقشی در تفاوت جیره‌ها نداشته باشد (۱). گیونته و همکاران (۱۰) گزارش نمودند در جیره حاوی کربنات کلسیم درشت هیچ فایده ای در افزایش وزن، ضریب تبدیل و خاکستر استخوان درشت نی نشان نداد. آنها پیشنهاد کردند که اندازه مطلوب کربنات کلسیم برای افزایش وزن مطلوب و درصد خاکستر استخوان درشت نی از حالت نرم تا اندازه متوسط اعلام نمودند. گیونته و همکاران (۱۰) نیز نشان دادند که اندازه ذرات منبع کلسیم بر زیست فراهمی کلسیم موجود در آن تاثیر می گذارد. تغذیه جوجه‌های گوشتی با کربنات کلسیم و یا صدف معدنی تاثیر یکسانی بر عملکرد آنها داشت (۱۹،۱۳). بر اساس آزمایش انجام یافته توسط صفا و همکاران (۲۳)، بر روی مرغان تخمگذار نیز مشخص گردید که منبع کلسیم جیره از نظر پوسته صدف و یا کربنات کلسیم، تاثیر معنی‌داری بر صفت مصرف خوراک نداشت (۲۳). مگناگتون (۱۷) نشان داد که اندازه ذرات متوسط (۲۰-۶۰ USBS) بهترین افزایش وزن و ضریب تبدیل را تولید می کند. و فسفر قابل دسترس کمتری را برای خاکستر استخوان مطلوب در مقایسه با ذرات کوچکتر کربنات کلسیم (۱۲-۲۰ USBS) و ذرات بزرگتر (۱۰۰ تا ۲۰۰ USBS) فراهم می‌کند. مقایسه میانگین صفت عملکردی در دو دوره با آزمون دانت نشان داد که هیچ کدام از منابع کلسیمی در مقایسه با صدف تفاوت معنی‌داری نداشتند (داده‌ها نشان داده نشده‌اند).

جدول ۸- اثرات اصلی منابع مختلف کلسیم و اندازه ذرات بر عملکرد جوجه‌های گوشتی

Table 8. The main effects of different calcium sources and particle sizes on performance of broiler

	۲۱ روزگی			۴۲ روزگی		
منابع تغییر	افزایش وزن	خوراک مصرفی	ضریب تبدیل	افزایش وزن	خوراک مصرفی	ضریب تبدیل
البرز قزوین	۲۵/۹۴^{c}	۴۷/۴۶^{a}	۱/۸۶^{a}	۶۱/۲۹	۱۰۸/۸۲	۱/۷۸
آذربایجان-۱	۳۱/۳۲^{a}	۴۸/۱۶^{a}	۱/۵۳^{c}	۶۳/۵۶	۱۱۵/۶۹	۱/۸۳
آذربایجان-۲	۲۶/۸۸^{bc}	۴۷/۹۹^{b}	۱/۷۹^{ab}	۶۳/۱۲	۱۱۰/۸۷	۱/۷۷
پویا صدف	۲۹/۶۰^{ab}	۴۶/۴۸^{ab}	۱/۵۷^{c}	۵۸/۸۱	۱۱۲/۳۰	۱/۹۰
مازندران	۲۸/۶۳^{abc}	۴۶/۷۵^{ab}	۱/۶۳^{bc}	۶۰/۲۳	۱۱۲/۰۸	۱/۸۷
پیرایش کانی	۲۹/۱۵^{ab}	۴۹/۱۶^{ab}	۱/۶۹^{abc}	۵۶/۸۵	۱۰۸/۸۲	۱/۹۲
p-value	۰/۰۰۸	۰/۶۰۴	۰/۰۰۷	۰/۲۳۴	۰/۵۱۴	۰/۲۸۱
sem	۰/۹۶۳	۱/۱۳۳	۰/۰۶۲	۲/۲۱۱	۲/۷۴۴	۰/۰۵۵
اندازه ذرات						
<۰/۵	۲۷/۷۲	۴۶/۷۰	۱/۷۰	۶۰/۱۲	۱۰۹/۲۱	۱/۸۲۷
۱/۰ - < ۲/۸۳	۲۸/۴۶	۴۸/۵۹	۱/۶۶	۶۱/۱۷	۱۱۳/۵۶	۱/۸۶۲
p-value	۰/۰۳۶	۰/۰۵۳	۰/۳۶۷	۰/۵۴۹	۰/۰۶۳	۰/۴۴۳
sem	۰/۵۵۶	۰/۶۵۴	۰/۰۳۶	۱/۲۱۹	۱/۵۸۴	۰/۰۳۲

حروف غیرمشابه در هر ستون، نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار در بین تیمارها است (p<۰/۰۵).

n= ۳ تکرار برای هر منبع کلسیمی

اثرات متقابل بین منبع کلسیمی و اندازه ذرات تفاوت معنی‌داری در صفات خوراک مصرفی، افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی در دوره آغازین و رشد نشان نداد (p>۰/۰۵) (اعداد نشان داده نشده است). گوینته و نایس (۹)، تأثیر منبع (صدف معدنی و صدف دریایی) و اندازه‌ی ذرات کلسیم (ذرات درشت در مقابل ذرات ریز کلسیم) را در مرغ‌های تخم‌گذار مورد بررسی قرار دادند و چنین گزارش کردند که تولید تخم مرغ، تولید توده‌ای و راندمان غذایی دچار تغییر معنی‌داری نشده‌اند، حتّی این تغییر در اثر منبع و اندازه ذرات کلسیم نیز حاصل نشده است. مرغ‌های تغذیه شده با صدف دریایی، نسبت به سایر تیمارها خوراک مصرفی بالاتری داشته‌اند. مرغ‌های تغذیه شده با جیره حاوی ذرات درشت صدف، نسبت

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/rap.8.15.1]

به مرغ‌های تغذیه شده با پوسته‌های صدف آسیاب شده، خوراک مصرفی بالاتری داشته‌اند. در مجموع این نتایج، نشان دهنده‌ی این است که مکمل‌سازی با ذرات زبرتر کلسیم، باعث افزایش مصرف خوراک شده است. در دوره رشد افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی تحت تاثیر واقع نشد (p>۰/۰۵). علت تفاوت در نتایج احتمالا مربوط به گونه مرغ و منبع کلسیمی مورد استفاده در آزمایشات باشد.

قابلیت هضم کلسیم و فسفر به طور معنی‌داری تحت تاثیر منابع کلسیمی و اندازه ذرات آن قرار گرفت. بیشترین و کمترین قابلیت هضم کلسیم به ترتیب متعلق به پیرایش کانی و البرز قزوین بود (۴۷/۲۷ و ۲۶/۱۰٪) (p<۰/۰۵). پیرایش کانی، آذربایجان-۲، پویا صدف، آذربایجان-۱، مازندران و البرز قزوین به ترتیب از بیشترین تا کمترین قابلیت هضم کلسیم برخوردار بودند. در حالی که در قابلیت هضم فسفر بیشترین و کمترین متعلق به مازندران و البرز قزوین (یکسان با آذربایجان-۲) بود (p<۰/۰۵). آذربایجان-۱، پویا صدف و پیرایش کانی تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند.

اندازه ذرات کوچکتر هم موجب افزایش معنی‌دار قابلیت هضم کلسیم شد (p<۰/۰۵). اثرات متقابل منبع کلسیمی و اندازه ذرات هم تفاوت معنی‌داری نشان داد (p<۰/۰۵). این نتایج با نتایج گیونته و همکاران (۱۰) مطابقت داشت که گزارش نمودند اندازه ذرات بزرگتراز ۱/۱۸ میلی‌متر موجب کاهش قابلیت هضم کلسیم در جوجه‌های گوشتی می‌شود. به این دلیل که ذرات در سنگدان به مدت زمان بیشتری باقی می‌مانند. رائو و رولند (۲۱) قبلا نشان داده بودند که اندازه ذرات ۹۰۰ میکرومتر به حد کافی بزرگ هستند که در سنگدان باقی بمانند. با این حال اطلاعات کمتری درباره مقایسه ابقاء کلسیم اندازه ذرات مختلف روی جوجه‌های گوشتی در حال رشد وجود دارد. گیونته و همکاران (۱۰) نشان دادند که تغذیه جوجه‌های گوشتی با کربنات کلسیم با اندازه ذرات بزرگ (۱/۱۸ تا ۴/۷۵) ابقاء کلسیم را ۶ تا ۷٪ در مقایسه با اندازه ذرات ۰/۳ تا ۱/۱۸ یا کمتر از ۰/۱۵ میلی‌متر کاهش می‌دهد. این محققین هیچ تفاوتی را را در ابقاء کلسیم در پرندگان تغذیه شده با ذرات کوچک و متوسط (۰/۳ تا ۱/۱۵ میلی‌متر) مشاهده نکردند. اندازه ذرات به کار رفته در آزمایش حاضر در اندازه ذرات کوچکتر از ۰/۵ میلی‌متر با اندازه ذرات متوسط و کوچک مطابقت داشت. این محققین پیشنهاد کردند زمان طولانی‌تری برای انتقال ذرات درشتر کربنات کلسیم از دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی لازم است چون ابقاء بیشتر در سنگدان و محلولیت پایین‌تر ذرات ممکن است اثرات منفی ذرات زبرتر (۱/۱۸ تا ۴/۷۵ میلی‌متر) را توضیح دهد. تفاوت معنی‌دار در اثر اصلی منبع کلسیمی و اثرات متقابل آن با اندازه ذرات بیانگر تاثیر هر دوی اندازه ذرات و منشاء کلسیم است.

در قابلیت هضم فسفر با افزایش اندازه ذرات کاهش معنی‌داری نسبت به اندازه ذرات کوچکتر داشت (p<۰/۰۵). علت تفاوت معنی‌دار در قابلیت هضم فسفر می‌تواند ناشی از تفاوت در منشاء منبع کلسیمی و همچنین قابلیت حلالیت کلسیم در منابع باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که منابع مختلف کلسیمی علی‌رغم تفاوت قابل ملاحظه در محلولیت آزمایشگاهی تاثیر معنی‌داری بر عملکرد و صفات استخوانی نداشته ولی این منابع تاثیر معنی‌داری بر قابلیت هضم کلسیم و فسفر داشتند. در بین منابع مورد آزمایش پیرایش کانی تاثیر قابل توجهی بر افزایش قابلیت هضم کلسیم داشت و اندازه ذرات کوچکتر از ۰/۵ میلی‌متر هم قابلیت هضم کلسیم و فسفر را افزایش داد. نتایج نشان داد که منابع کلسیمی استخراج شده از معادن ارزش غذایی نسبتا مشابهی داشته اما میزان محلولیت آنها بر اساس اندازه ذرات و منشاء آنها متفاوت بود.

جدول ۹- اثرات منبع مختلف کلسیم و اندازه ذرات آنها بر قابلیت هضم کلسیم و فسفر و ترکیبات استخوان درشت نی

Table 9. The main effects of different calcium sources and particle sizes on calcium and phosphuros digestibility and tibia composition in broiler

	قابلیت هضم		صفات استخوان			
منابع تغییر	کلسیم	فسفر	ماده خشک غیر چربی	خاکستر	کلسیم	فسفر
البرز قزوین	۲۶/۱۰^{d}	۴۴/۸۶^{a}	۸/۲۰	۵۳/۸۵	۳۶/۱۶	۱۸/۵۵
آذربایجان-۱	۲۹/۲۷^{c}	۴۵/۶۰^{bc}	۸/۳۳	۵۵/۲۱	۳۷/۱۳	۱۷/۵۱
آذربایجان-۲	۴۵/۸۱^{a}	۴۴/۸۶^{c}	۷/۴۶	۵۵/۱۹	۳۶/۹۲	۱۷/۴۹
پویا صدف	۳۷/۲۹^{b}	۴۷/۸۱^{b}	۷/۹۰	۵۵/۳۸	۳۵/۱۵	۱۷/۶۳
مازندران	۲۸/۱۵^{cd}	۵۳/۸۶^{a}	۸/۹۰	۵۵/۷۶	۳۸/۲۶	۱۸/۵۴
پیرایش کانی	۴۷/۲۷^{a}	۴۷/۰۳^{bc}	۹/۳۴	۵۳/۴۳	۳۷/۳	۱۷/۴۷
p-value	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۴۹۹	۰/۱۷۲	۰/۷۴۸	۰/۴۸
sem	۰/۷۵۸	۲/۷۸	۰/۱۱۵	۰/۷۱۴	۱/۴۵	۰/۵۵
اندازه ذرات						
<۰/۵	۳۸/۳۲^{a}	۴۹/۴۳^{a}	۸/۴۶	۵۴/۳۳	۳۶/۴۵	۱۷/۷۷
۱/۰ - <۲/۸۳	۳۲/۹۷^{b}	۴۷/۹۰^{b}	۸/۴۱	۵۵/۲۸	۳۷/۱۸	۱۷/۹۶
p-value	۰/۴۳۷	۰/۴۲۴	۰/۲۸۸	۰/۴۱۲	۰/۸۳۹	۰/۳۲
sem	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۷۸	۰/۹۰۴	۰/۱۱۴	۰/۵۴۵	۰/۶۷

حروف غیرمشابه در هر ستون، نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار در بین تیمارها است (p<۰/۰۵).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/rap.8.15.1]

جدول ۱۰- اثرات متقابل منبع مختلف کلسیم با اندازه ذرات بر قابلیت هضم کلسیم، فسفر و صفات استخوانی
Table 10. The interaction of different calcium sources and particle sizes on calcium and phosphuros digestibility and bone traits in broiler

	قابلیت هضم		صفات استخوان			
منابع تغییر		کلسیم	فسفر	ماده خشک غیر چربی	خاکستر	کلسیم	فسفر
البرز قزوین	<۰/۵	۳۲/۷۸^{er}	۵۴/۹۸^{a}	۸/۶۰	۵۲/۴۵	۳۴/۷۲	۱۷/۹۷
البرز قزوین	۱/۰ >- ۲/۸۳	۱۹/۴۳^{h}	۵۰/۶۷^{b}	۹/۰۷	۵۵/۲۵	۳۷/۶۰	۱۹/۱۴
آذربایجان-۱	<۰/۵	۳۵/۵۷^{qe}	۵۱/۴۳^{p}	۶/۵۶	۵۵/۱۶	۳۵/۴۰	۱۶/۶۷
آذربایجان-۱	۱/۰ >- ۲/۸۳	۲۲/۹۷^{g}	۳۹/۷۶^{q}	۸/۳۳	۵۵/۲۶	۳۸/۸۶	۱۸/۳۶
آذربایجان-۲	<۰/۵	۶۰/۳۲^{a}	۵۲/۳۶^{ab}	۸/۴۳	۵۵/۱۹	۳۵/۳۹	۱۶/۸۹
آذربایجان-۲	۱/۰ >- ۲/۸۳	۳۱/۳۰^{r}	۳۷/۳۷^{q}	۷/۹۷	۵۵/۱۸	۳۸/۴۴	۱۸/۰۸
پویا صدف	<۰/۵	۳۷/۶۸^{cq}	۵۲/۵۲^{ab}	۹/۲۸	۵۴/۸۱	۳۶/۹۰	۱۸/۱۱
پویا صدف	۱/۰ >- ۲/۸۳	۳۶/۹۰^{cq}	۴۳/۱۰^{c}	۸/۵۳	۵۵/۹۶	۳۳/۳۹	۱۷/۱۵
مازندران	<۰/۵	۳۴/۸۱^{eq}	۵۵/۰۴^{a}	۸/۸۸	۵۵/۴۰	۳۶/۹۴	۱۸/۴۴
مازندران	۱/۰ >- ۲/۸۳	۲۱/۴۸^{gn}	۵۲/۶۷^{ab}	۹/۷۹	۵۶/۱۱	۳۹/۵۷	۱۸/۶۵
پیرایش کانی	<۰/۵	۵۵/۴۷^{b}	۵۰/۱۰^{b}	۹/۰۲	۵۲/۹۴	۳۹/۳۶	۱۶/۳۹
پیرایش کانی	۱/۰ >- ۲/۸۳	۳۹/۰۸^{c}	۴۳/۹۵^{c}	۶/۷۹	۵۳/۹۳	۳۵/۲۳	۱۸/۱۱
sem		۱/۰۷	۱/۰۳۹	۰/۷۰۶	۱/۰۱۱	۲/۰۵۵	۰/۷۸
p-value		<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۱۲۰	۰/۷۶۸	۰/۲۳۲	۰/۱۴۸

حروف غیرمشابه در هر ستون، نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار در بین تیمارها است (p<۰/۰۵).

منابع

1. Ajakaiye, A., J.O. Atteh and S. Leeson. 1997. Effects of calcium source, particle size and time on in-vitro calcium solubility of some indigenous Nigerian mineral ingredients for poultry diets. Animal Feed Science and Technology, 65: 293-298.
2. Association of Official Analytical Chemists. 2005. Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists. 18th ed. AOAC, Arlington, Virginia.
3. Brenes, A., A. Viveros, I. Arija, C. Centeno, M. Pizarro and C. Bravo. 2003. The effect of citric acid and microbial phytase on mineral utilization in broiler chicks. Animal Feed Science and Technology, 110: 201-19.
4. Burgoyne, K.L. 2005. Effect of calcium source and an enriched micro-premix on the performance of laying hens. M.Sc. Thesis. The Nova Scotia Agricultural College and Dalhousie University, Truro, NS, pp: 86-98.
5. Catala-Gregori, P., V. Garcia, F. Hernandez, J. Madrid and J.J. Ceron. 2006. Response of broilers to feeding low-calcium and phosphorus diets plus phytase under different environmental conditions: body weight and tibiotarsus mineralization. Poultry Science, 85: 1923-1931.
6. Cheng, T.K. and C.N. Coon. 1990a. Effect of calcium source, particle size, limestone solubility in vitro, and Ca intake level on layer bone status and performance. Poultry Science, 69: 2228-2230.
7. Cheng, T.K. and C. N. Coon. 1990b. Effect of calcium source, particle size, limestone solubility in vitro, and calcium intake level on layer bone status and performance. Poultry Science, 69: 2214- 2219.
8. Dilger, R.N. and O. Adeola. 2006. Estimation of true phosphorus digestibility and endogenous phosphorus loss in growing chickens fed conventional and low-phytate soybean meals. Poultry Science, 85: 661-668.
9. Guinotte, F. and Y. Nys. 1991. The effects of a particulate calcium source in broiler breeder hens upon their egg quality, reproductive traits, bone reserves, chick weight and tibia strength characteristics. Arch. Geflügelk, 55: 170-175.
10. Guinotte, F., Y. Nys and F. De Monredon. 1991. The effects of particle size and origin of calcium carbonate on performance and ossification characteristics in broiler chicks. Poultry Science, 70: 1908-1920.
11. Jarrel Ash Model 9000, Thermo Elemental, Franklin, MA (EPA method 6010).
12. Kadim, I.T., P.J. Moughan and V. Ravindran. 2002. Ileal amino acid digestibility assay for the growing meat chicken- comparison digestibility in the chicken. British Poultry Science, 43: 588-597.
13. Kermanshahi, H. 2007. Replacement value of regular oyster shell with mine oyster shell on the performance and egg quality of laying hens. Journal of animal and veterinary advances. Vol. 6, Issue. 5: 735-738.
14. Kuhl, H.J.Jr. and T.W. Sullivan. 1977. The solubility rate of large particle oyster shell and limestone In vivo and In vitro. Poultry Science, 56: 810-812.
15. Leske, K.L. and C.N. Coon. 2002. The development of feedstuff retainable phosphorus values for broilers. Poultry Science, 81: 1681-1693.
16. Manangi, M.K. and C.N. Coon. 2007. The effect of calcium carbonate particle size and solubility on the utilization of phosphorus from phytase for broilers. International Journal Poultry Science, 6: 85-90
17. McNaughton, J.L. 1981. Effect of calcium carbonate particle size on the available phosphorus requirement of broiler chicks. Poultry Science, 60: 197-203.
18. NRC, 1994. National research council. Nutrient requirements of poultry. 9th Revised Edition. National Academy Press, Washington, DC.
19. Parvizi, O., M. Zaghari, N. Eila and M.R. Abdollahi. 2008. Bioavailability of calcium in mineral oyster shell on broiler. 1st Mediterranean Summit of WPSA, Chalkidiki 7-10 May, Greece, 2008. 818-821.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/rap.8.15.1]

20. Rao, K.S. and D.A.Sr. Roland. 1989. Influence of dietary calcium level and particle size of calcium source on in vitro calcium solubilization by commercial Leghorns. Poultry Science, 68:1499-1505.
21. Rao, K.S. and D.A.Sr. Roland. 1990. In vivo limestone solubilization in commercial Leghorns-role of dietary calcium level, limestone particle size, in vitro limestone solubility rate and the calcium states of the hen. Poultry Science, 69: 2170-2176.
22. Roland, D.A.Sr. 1984. Efecto del momento de la ingestion calcium sobre la calidad de la cascara. Avicultura Profesional, 2: 31-32.
23. Safaa, H.M., M.P. Serrano, D.G. Valencia, M. Frikha, E. Jiménez-Moreno and G.G. Mateos. 2008. Productive performance and egg quality of brown egg-laying hens in the late phase of production as influenced by level and source of calcium in the diet. Poultry Science, 87: 2043-2051.
24. SAS Institute Inc. 2003. SAS/STAT User's Guide Release 9.1ed. SAS Institute, Inc. Cary, N.C.
25. Saunders-Blades, J.L., J.L. MacIsaac, D.R. Korver and D.M. Anderson. 2009. The effect of calcium sources and particle size on the production performance and bone quality of laying hens. Poultry Science, 88: 338-53.
26. Scott, T.A. and D. Balnave. 1991. Influence of temperature, dietary energy, nutrient concentration and self-selection feeding on the retention of dietary energy, protein and calcium sexually-maturing egg-laying pullets. British Poultry Science, 32: 1005-1016
27. Shahidi, F. and J. Synowiecki. 1991. Isolation and characterization of nutrients and value-added products from snow crab (Chinoecetes opilio) and shrimp (Pandalus borealis) processing discards. Journal Agriculture Food Chemistry, 39:1527-1532.
28. Zhang, B. and C.N. Coon. 1997a. 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.
29. Zhang, B. and C.N. Coon. 1997b. The relationship of various tibia bone measurements in hens. Poultry Science, 76: 1698-1701.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/rap.8.15.1]

Evaluation of Composition, *In Vitro* Solubility Rate and Calcium and Phospouros Digestibility of Different Calcium Sources and Their Effects on Performance and Bone Traits in Broiler Chickens

Alireza Safamehr[1], Ali Nobakht[2] and Yousef Mehmannavaz[3]

1- Professor, Department of Animal Science, Islamic Azad University, Maragheh Branch, Maragheh, (Corresponding author:safamehr@yahoo.com)
2 and 3- Assistant Professor and Associate Professor, Department of Animal Science, Islamic Azad University, Maragheh Branch, Maragheh
Received: November 14, 2013 Accepted: January 27, 2014

Abstract

Mineral composition and *in vitro* solubility rates for seven different Calcium (Ca) sources, and their feeding effects on performance and digestibility of calcium and phosphorous in broiler chickens were assessed. The experiment used a 6 × 2 factorial arrangement with 12 diets formulated to contain of 6 Ca sources and 2 levels of particle size (<0.05mm and > 1.0-2.0 mm) and one diet as a control contain oyster shell (<0.05mm). A total of 486 Ross 308 broilers were allocated to 13 dietary treatments with 3 pen (18 birds per cage) per treatment from d 1 to 42 post hatching Seven test Ca sources (six commercial limestone sources (GL) and oyster shell (OS) were separated into their particle size groups that ranged from <0.05mm, > 1.41-2.83 mm, and >2.83 mm. Average concentration of Ca was 36.2 g/kg in all Ca sources. *In vitro* solubility was dependent upon Ca source and particle size with small particle generally having a greater in vitro solubility than large particle at the same time. Dietary treatments had effect on the feed intake and body weight gain in starter period, but there was no difference in performance of different Ca sources and different particle in grower period in broiler chickens. Apparent Ca and P digestibility in Ca sources was greater ($P < 0.05$) for birds fed a diet with particle size of > 0.5 mm compared with those fed higher particle size. However, the bone ash, non-fat dry matter, Ca and P of were not affected by Ca sources and partile size. In conclusion, results of the present experiment demonstrated that performance and bone traits of broilers were not affected by Ca sources and particle sizes; and there was difference in *in vitro* solubility and Ca and P digestibility of different Ca sources in broiler chickens.

Keywords: Bone, Broiler chickens, Digestibility, In-vitro solubility, Limestone

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/rap.8.15.1]