

تأثیر منبع کلسیم و اسید آلی بر عملکرد، کیفیت تخم مرغ و قابلیت هضم حقیقی و ظاهری ایلئومی کلسیم در مرغ های تخم گذار تجاری

عمار الضرب^۱، مهران ترکی^۲، سودابه مرادی^{۳✉}، رضا عبداللهی^۴، علی خطیب جو^۵

۱، ۲، ۳. گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۴ مرکز تحقیقات تک معده ایها، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه مسی، نیوزیلند

۵، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: s.moradi@razi.ac.ir

شناسه دیجیتال (DOI)

10.22092/ASJ.2025.367150.2420

Effect of calcium source and organic acid on performance, egg quality and apparent and true ileal digestibility of calcium in commercial laying hens

Amar Alzard¹, Mehran Torki², Soudabeh Moradi^{3✉} | Reza Abdollahi⁴, Ali Khatibjoo⁵

1,2,3. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

4. Monogastric Research Center, School of Agriculture and Environment, Massey University, Palmerston North, 4442, New Zealand

5. Department of Animal Science, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

Corresponding Author, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: s.moradi@razi.ac.ir

تاثیر منبع کلسیم و اسید آلی بر عملکرد، کیفیت تخم مرغ و قابلیت هضم ظاهری و حقیقی ایلئومی کلسیم در مرغ های تخم گذار تجاری

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تاثیر منبع کلسیم و اسید آلی بر عملکرد، کیفیت تخم مرغ و تعیین ضرایب قابلیت هضم کلسیم در کربنات کلسیم، صدف دریایی و ترکیب کربنات کلسیم و صدف دریایی در مرغ های تخمگذار تجاری مورد بررسی قرار گرفت. تعداد ۲۸۸ قطعه مرغ تخم گذار سویه لوهمن (LSL-lite) از سن ۵۰ تا ۶۲ هفتگی به ۶ تیمار، ۸ تکرار و ۶ مرغ در هر تکرار در قالب آزمایش فاکتوریل ۳×۲ بر پایه طرح کاملاً تصادفی شامل سه منبع کلسیم (کربنات کلسیم، صدف دریایی و ترکیب ۵۰:۵۰ کربنات کلسیم و صدف دریایی) با و بدون اسید آلی (تگاسید، ۲ گرم در کیلوگرم) اختصاص داده شدند. ضرایب قابلیت هضم ایلئومی ظاهری و حقیقی کلسیم و ابقاء کلسیم در کل دستگاه گوارش با استفاده از جیره های نیمه خالص بر پایه ذرت محاسبه گردید. میزان اتلاف داخلی کلسیم، ۷۲۶ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک مصرفی برآورد گردید. ضرایب قابلیت هضم حقیقی ایلئومی کلسیم در کربنات کلسیم، پودر صدف و ترکیب کربنات کلسیم و صدف، به ترتیب ۶۹/۹، ۶۵/۴ و ۶۲/۲ درصد تعیین شد که با افزودن اسید آلی، به ترتیب ۷۴/۴، ۷۴ و ۷۵/۳ درصد بدست آمد و افزودن اسید آلی منجر به بهبود قابلیت هضم ایلئومی کلسیم در تیمارهای حاوی صدف دریایی و ترکیب صدف+کربنات کلسیم شد ($P < 0/01$). اثرات متقابل منبع کلسیم و اسید آلی بر صفات عملکردی در پایان دوره آزمایش، معنی دار بود. بیشترین درصد تولید تخم مرغ در گروه تغذیه شده با صدف دریایی+اسید آلی مشاهده شد و با سایر تیمارهای آزمایشی که اختلاف معنی داری داشت ($P < 0/01$). در مقایسه با کربنات کلسیم، تغذیه جیره های دارای صدف یا کربنات + صدف منجر به کاهش وزن و توده تخم مرغ تولیدی شد و افزودن اسیدیفایر کاهش وزن را جبران نمود ($P < 0/01$), اما تفاوت معنی داری با گروه دریافت کننده کربنات با و بدون افزودن اسید آلی نداشت. به کاربرد صدف در جیره منجر به بهبود عددی ضخامت پوسته تخم مرغ در مقایسه با کربنات کلسیم و ترکیب آنها گردید ($P = 0/06$). به طور کلی، تفاوت قابل توجهی در ضرایب قابلیت هضم کلسیم ظاهری در سه منبع کربنات کلسیم، صدف دریایی و ترکیب ۵۰:۵۰ صدف دریایی+کربنات کلسیم در مرغ های تخمگذار مشاهده نشد، اما افزودن اسیدیفایر منجر به بهبود قابلیت هضم کلسیم و کیفیت پوسته مرغ های تغذیه شده با پودر صدف به تنهایی یا در ترکیب با کربنات کلسیم شد.

کلید واژه ها: اسید آلی، صدف دریایی، کربنات کلسیم، قابلیت هضم کلسیم، مرغ تخمگذار

Effect of calcium source and organic acid on performance, egg quality and apparent and true ileal digestibility of calcium in commercial laying hens

Abstract

This experiment was conducted to evaluate the effects of calcium (Ca) source and organic acid on performance, egg quality, digestibility coefficient of Ca in limestone, oyster shell and their combination in commercial laying hens. A total of 288 Lohmann (LSL-Lite) laying hens were assigned to 6 treatments, 8 replicates, and 6 hens per each from 50 to 62 wk of age in a completely randomized trial according to a 3×2 factorial arrangement with 3 sources of Ca: limestone (Lim), oyster shell (OS) and their 50:50 combination (LiOS) with or without organic acid (Tegacid®, 2 g/kg). Apparent and true ileal digestibility of Ca (AIDca and TIDca) and total tract Ca retention (TTDca) were measured using corn-based semi-purified diets. Ileal endogenous Ca losses were determined to be 726 mg/kg of dry matter intake. The TIDCa for Lim, OS and LiOS were 69.9, 65.4, and 62.2%, respectively while by organic acid addition was

obtained as 74.4, 74, and 75.3%, respectively. Inclusion of organic acid significantly improved ileal digestibility of Ca in diets containing OS or LiOS ($P < 0.01$). The interaction between Ca source and organic acid were significant ($P > 0.05$) for the performance parameters at the end of the experiment. The greatest percent of egg production was observed in the birds fed oyster shell + organic acid, which had a significant difference with other experimental treatments ($P < 0.01$). Comparing to Lim, feeding diets containing OS or LiOS decreased egg mass and egg weight ($P < 0.01$), while addition of organic acid compensated the weight loss, however, there was no significant difference with the birds receiving Lim with or without organic acid. Inclusion of organic acid numerically improved egg shell thickness compared to Lim and LiOS treatments ($P=0.06$). Overall, there was no considerable difference in Ca apparent digestibility coefficients in three sources of Lim, OS and 50:50 combination of OS + Lim in laying hens, but the addition of organic acid improved calcium digestibility and shell quality of the hens fed oyster shell alone or in combination with limestone.

Keywords: Organic Acid, Oyster shell, Calcium carbonate, Ca Digestibility, Laying hen

مقدمه

امروزه، جهت تامین نیاز بالای کلسیم در مرغ‌های تخمگذار در دوره تولید از منابع معدنی نظیر کربنات کلسیم و صدف دریایی استفاده می‌شود. کلسیم برای مرغ‌های تخمگذار ضروری می‌باشد اما دانش ما در مورد نحوه استفاده و ضرایب قابلیت هضم و جذب آن محدود می‌باشد. منبع و اندازه ذرات کربنات کلسیم و پودر صدف بر حلالیت و زیست فراهمی کلسیم (و همکاران، ۲۰۱۸). قابلیت هضم Anwar با ایجاد تغییر در سرعت از ادسازی کلسیم در دستگاه گوارش موثر می‌باشد (ظاهری کلسیم در جیره‌های عملی طیور تخمگذار در برخی از آزمایشات بسته به عوامل متقابل مختلف بین ۰/۳۷ تا ۰/۷۲ و همکاران، ۲۰۱۷). محققین نشان دادند که در مرغ‌های Englmaierová، ۲۰۱۹؛ Korver و Bello متغیر بوده است (تخمگذار ۵۰ هفته، برای کربنات کلسیم دارای ذرات ریز و درشت (۴۸۰ و ۱۹۷۸ میکرومتر)، قابلیت هضم ظاهری و همکاران، ۲۰۲۲). همین Diana ایلنومی به ترتیب ۰/۷۲ و ۰/۳۵ و قابلیت ابقاء کلسیم به ترتیب ۰/۹۶ و ۰/۴۷ بود (محققین در سال ۲۰۲۱ با مطالعه روی دی‌کلسیم فسفات و ۲ نوع کربنات کلسیم دارای ذرات ریز و درشت در جیره مرغ‌های تخمگذار ۴۰، ۵۰ و ۷۰ هفته نشان دادند که در مرغ‌های تخمگذار ۴۰ هفته، قابلیت هضم ظاهری کلسیم برای دی‌کلسیم فسفات و کربنات کلسیم دارای ذرات ریز و درشت به ترتیب ۰/۸۸۹، ۰/۶۹۹ و ۰/۵۱۵ بود در حالیکه برای مرغ‌های تخمگذار ۷۰ هفته به ترتیب ۰/۷۱۲، ۰/۶۵۲ و ۰/۴۸۲ بود ولی در سن ۵۰ هفته تفاوتی بین منابع مختلف از لحاظ قابلیت هضم ظاهری کلسیم وجود نداشت. ضریب قابلیت هضم حقیقی نیز برای دی‌کلسیم فسفات و کربنات کلسیم دارای ذرات ریز و درشت به ترتیب ۰/۷۸۶، ۰/۶۳۷ و ۰/۵۳۴ بود که نشان داد فارغ از سن مرغ، دی‌کلسیم فسفات بهتر و همکاران، ۲۰۲۱). Diana از کربنات کلسیم ریز و درشت در مرغ‌های تخمگذار مورد استفاده قرار می‌گیرد (جیره‌های طیور معمولاً به دلیل مقدار بالای پروتئین و مواد معدنی دارای خاصیت قلیایی بالایی هستند. وجود پروتئین گیاهی و خوراک‌های حاوی کربنات کلسیم اثر بافری قوی ایجاد می‌کنند، بنابراین با اسیدی شدن روده باریک، تغییر مثبتی در فلور باکتریایی روده ایجاد شده و از تکثیر باکتری‌های مضر و تهدیدکننده سلامت حیوان جلوگیری خواهد شد. اسیدهای آلی بر قابلیت هضم مواد معدنی به ویژه کلسیم و افزایش جذب کاتیون‌هایی مانند کلسیم، فسفر، منیزیم و روی موثر هستند و همکاران، ۲۰۱۶). افزودن اسیدیفایرها سبب بهبود هضم و کاهش دفع مواد معدنی و نیتروژن Vargas-Rodríguez) روده، رطوبت مدفوع و pH می‌شود که دفع مواد معدنی به محیط زیست را کاهش می‌دهد، همچنین اسیدهای آلی سبب کاهش و همکاران، ۲۰۱۹). از آنجا که کلسیم و فسفر جیره در Ndelekwute ویسکوزیته مواد هضمی در دوازدهم می‌شوند (پائین‌تر، قابلیت هضم و جذب و دسترسی بالاتری دارند، در آزمایش حاضر فرض pH شرایط اسیدی دستگاه گوارش و شد که افزودن اسیدهای آلی یک راهکار تاثیرگذار در بهبود قابلیت هضم کلسیم در منابع مختلف می‌باشد و در مطالعه حاضر اثرات بر همکنش منبع کلسیم و اسید آلی تگاسید بر عملکرد، کیفیت تخم‌مرغ و تعیین ضرایب قابلیت هضم کلسیم در منابع مختلف کلسیم (کربنات کلسیم، صدف دریایی یا ترکیبی از این دو) را در مرغ‌های تخمگذار تجاری مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی تاثیر منابع مختلف کلسیم و افزودن اسید آلی بر عملکرد، کیفیت تخم‌مرغ و ضرایب قابلیت هضم کلسیم در منابع مختلف در مرغ‌های تخمگذار تجاری از سن ۵۰ تا ۶۲ هفته‌گی به مدت ۱۲ هفته انجام شد. تعداد ۲۸۸ (در قالب آزمایش فاکتوریل ۳×۲) (سه منبع کلسیم معدنی شامل کربنات کلسیم، LSL-Lite قطعه مرغ تخمگذار سویه لوهمن)

صدف دریایی و ترکیب ۵۰:۵۰ کربنات کلسیم و صدف دریایی) و (۲) سطح اسید آلی تگاسید (صفر و ۲ گرم در کیلوگرم خوراک) بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار، ۸ تکرار و ۶ مرغ در هر تکرار مورد استفاده قرار گرفت. جیره‌های مرغ‌های تخمگذار لوهمن (۲۰۲۱) و بر اساس میزان آزمایشی بر پایه ذرت-کنجاله سویا بر اساس جدول نیازمندی محصولی از شرکت تگاسا TEGACID AV مصرف خوراک روزانه تنظیم شد. اسید آلی مورد استفاده، تگاسید ایوی (فرانسه که در هر کیلوگرم دارای پروپیونات آمونیوم (۹۲/۵ گرم)، اورتوفسفريك اسید (۱۰۰ گرم)، TEGASA (۳۱۶ گرم) و مواد حامل کاتولین‌دار (۲۵۰ گرم) می‌باشد. دسترسی (E470) مشتقات اسیدهای چرب فرار و بوتیرات کلسیم به آب و خوراک به صورت آزاد و دفعات تغذیه مرغ‌ها دو بار در روز بود. برنامه نوری مرغ‌ها در طول آزمایش به صورت ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بود. مواد خوراکی تشکیل دهنده و ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ آورده شده است. میزان کلسیم موجود در کربنات کلسیم و صدف دریایی، قبل از شروع آزمایش به ترتیب ۳۸/۶ و ۳۸/۶۸ درصد بدست آمد که در تنظیم جیره‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

جمع‌آوری تخم‌مرغ‌ها و محاسبه درصد تولید به صورت روزانه انجام شد. عملکرد مرغ‌های تخمگذار شامل افزایش وزن، ضریب تبدیل خوراک، وزن تخم‌مرغ و توده تخم‌مرغ اندازه‌گیری شد. کیفیت تخم‌مرغ در Hen-day بدن، درصد تولید (پایان دوره آزمایش (۶۲ هفته) ارزیابی شد بدین صورت که کل تخم‌مرغ‌های تولیدی هر واحد آزمایشی در دو روز متوالی جمع‌آوری گردید و صفات درصد زرده، سفیده و پوسته، ضخامت پوسته، مقاومت پوسته در مقابل شکست (بر اساس نیوتن بر متر مربع)، واحد هاو و رنگ زرده اندازه‌گیری شد.

برای تعیین میانگین هندسی قطر ذرات منابع مورد استفاده، مقدار ۱۰۰ گرم از هر نمونه توزین و با استفاده از شیگر الک-دار با اندازه‌های مختلف الک با قطر منافذ ۴۷۵۰، ۳۳۶۰، ۲۳۶۰، ۲۰۰۰، ۱۱۸۰، ۶۰۰، ۴۲۵، ۳۰۰، ۱۵۰ 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 محاسبه شد.

(۱۹۹۷) انجام Zhang و Coon حلالیت منابع معدنی شامل کربنات کلسیم و صدف دریایی در آزمایشگاه بر اساس روش 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 و اتمن فیلتراسیون انجام گردید، سپس کاغذ صافی گراد قرار داده شد و پس از توزین، درصد حلالیت محاسبه گردید. فیلتر شده به مدت ۱۰ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی به منظور تعیین قابلیت هضم ظاهری ایلئومی کلسیم و ابقاء کلسیم در کل دستگاه گوارش از جیره‌های نیمه خالص تهیه شده و همکاران، (۲۰۱۹) که ترکیب اجزاء تشکیل دهنده و آنالیز David بر پایه ذرت و حاوی دی اکسید تیتانیوم استفاده شد (تقریبی جیره‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. همچنین به منظور اندازه‌گیری میزان کلسیم اندوژنوس ایلئومی به منظور و همکاران، (۲۰۱۹)، استفاده شد (جدول ۲). ابقاء David محاسبه قابلیت هضم حقیقی ایلئومی کلسیم از جیره بدون کلسیم (با نمونه برداری از محتویات فضولات (هفته ۶ و ۱۲ آزمایش) و Total Tract retention کلسیم در کل دستگاه گوارش) قابلیت هضم ایلئومی کلسیم در پایان دوره آزمایش اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری قابلیت هضم ایلئومی و ابقاء کلسیم در کل دستگاه گوارش، جیره‌های نیمه خالص حاوی دی اکسید تیتانیوم، پس از اعمال ۶ ساعت گرسنگی و تخلیه دستگاه گوارش، به مدت ۳ روز تغذیه شدند، نمونه برداری از فضولات در مدت ۳ روز انجام، نمونه‌ها با هم مخلوط و نمونه‌گیری نهایی برای هر واحد آزمایشی انجام شد. در پایان ۳ روز، تعداد ۲ مرغ از ۵ تکرار هر تیمار به علاوه ۱۰ مرغ که جیره بدون کلسیم را دریافت کرده بودند ذبح و محتویات ایلئوم جمع‌آوری شد. از و همکاران، Ravindran محتویات ایلئوم (فاصله بین زائده مکل تا ۵ سانتیمتر قبل از دریچه ایلئوسکال) نمونه‌برداری شد (۲۰۰۵). نمونه‌های ایلئوم مرغ‌های هر تکرار با هم مخلوط و در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت خشک، آسیاب و تا انجام آزمایشات شیمیایی، در محفظه‌های بدون هوا نگهداری شد. میزان کلسیم در نمونه‌های خوراک، محتویات UV ایلئوم و فضولات با استفاده از روش تیتراسیون یا حجم سنجی و غلظت دی اکسید تیتانیوم با استفاده از اسپکتروفتومتر و همکاران، (۱۹۹۶). Short اندازه‌گیری شد (۱).

قابلیت هضم ظاهری کلسیم منابع کلسیمی از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$AIDCa = 1 - ((TiD/TiL) \times (Cal/CaD)) \quad \text{رابطه ۱)}$$

CaD، مقدار تیتانیوم محتویات ایلئوم؛ TiL، مقدار تیتانیوم جیره؛ TiD، قابلیت هضم ایلئومی ظاهری کلسیم؛ AIDCa که، مقدار کلسیم محتویات ایلئوم می‌باشد. Cal مقدار کلسیم جیره و

مقدار کلسیم اندوژنوس دفعی از ایلئوم مرغ‌های دریافت کننده جیره بدون کلسیم از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$IECaL = Cal(TiD/TiL) \quad \text{رابطه ۲)}$$

، مقدار TiL، مقدار تیتانیوم جیره و TiD، مقدار کلسیم محتویات ایلئوم؛ CaIL، کلسیم اندوژنوس دفعی ایلئومی؛ IECaL که، تیتانیوم محتویات ایلئوم می‌باشد.

قابلیت هضم حقیقی کلسیم منابع کلسیمی از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$TIDCa = AIDCa + ((IECaL(g/kg \text{ of } DMI)/CaD(g/kg \text{ of } DMI))$$

کلسیم اندوژنوس IECaL، قابلیت هضم ایلئومی ظاهری کلسیم؛ AIDCa، قابلیت هضم ایلئومی حقیقی کلسیم؛ TIDCa که مقدار کلسیم جیره می‌باشد. CaD. دفعی ایلئومی به ازاء کیلوگرم خوراک مصرفی و داده‌های حاصل از آزمایش به صورت آرایش فاکتوریل 2×3 با سه منبع کلسیم و ۲ سطح اسیدفایر در قالب طرح کاملاً تجزیه و تحلیل و آنالیز GLM (نسخه ۹/۴) سال ۲۰۰۴ و رویه SAS تصادفی و بر اساس مدل آماری زیر توسط نرم افزار SAS (۲۰۰۴) شدند و میانگین تیمارها در سطح معنی‌داری پنج درصد و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن با هم مقایسه شدند (جدول ۱: ترکیب مواد خوراکی و ترکیبات شیمیایی محاسبه شده و آنالیز شده جیره های آزمایشی^۱ از سن ۵۰ تا ۶۲ هفته‌گی

ماده خوراکی (%)	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	تیمار ۵	تیمار ۶
ذرت	۵۷/۰۴	۵۷/۰۴	۵۷/۰۴	۵۷/۰۴	۵۷/۰۴	۵۷/۰۴
کنجاله سویا	۲۵/۶۹	۲۵/۶۹	۲۵/۶۹	۲۵/۶۹	۲۵/۶۹	۲۵/۶۹
سیوس گندم	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰
روغن گیاهی	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۱/۸۶	۱/۸۶
دی کلسیم فسفات	۱/۷۳	۱/۷۳	۱/۷۳	۱/۷۳	۱/۷۳	۱/۷۳
کربنات کلسیم	۰/۰۰	۹/۰۲	۴/۵۱	۰/۰۰	۹/۰۲	۴/۵۱
صدف	۹/۰۲	۰/۰۰	۴/۵۱	۹/۰۲	۰/۰۰	۴/۵۱
نمک	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳
پرمیکس ویتامینه و معدنی ^۱	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۶۰
دی‌ال متیونین	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴
بی کربنات سدیم	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵
جاذب سموم قارچی	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰
اسید آلی (تگاسید)	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰
جمع کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
ترکیب مواد مغذی محاسبه شده						
Kcal/kg (انرژی قابل متابولیسم)	۲۷۰۰	۲۷۰۰	۲۷۰۰	۲۷۰۰	۲۷۰۰	۲۷۰۰
پروتئین خام، %	۱۶/۲	۱۶/۲	۱۶/۲	۱۶/۲	۱۶/۲	۱۶/۲
لیزین، %	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۲
متیونین + سیستئین، %	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵
ترئونین، %	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶
کلسیم، %	۴	۴	۴	۴	۴	۴
فسفر غیر فیتاته، %	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳
مواد مغذی آنالیز شده						
کلسیم، %	۴/۱۸	۴/۸۹	۴/۱۸	۴/۲۵	۴/۱۴	۴/۲۵

^۱ مکمل مورد استفاده در ترکیب جیره‌ها در هر کیلوگرم، دارای مواد زیر بوده است: ویتامین‌ها شامل ۴۴۰۰۰ واحد جهانی آ، ۷۲۰۰ واحد جهانی د-۳، ۴۴۰ میلی‌گرم ای، ۴۰ میلی‌گرم ک، ۷۰ میلی‌گرم کوپالامین، ۶۵ میلی‌گرم تیامین، ۳۲۰ میلی‌گرم ریوفالوین، ۲۹۰ میلی‌گرم اسید پانتوتنیک، ۱۲۲۰ میلی‌گرم نیاسین، ۶۵ میلی‌گرم پیریدوکسین، ۲۲ میلی‌گرم بیوتین و ۲۷۰ میلی‌گرم (۴)، ۱۰ میلی‌گرم FeSo، ۵۰ میلی‌گرم سولفات آهن (۲ZnO)، ۸۵ میلی‌گرم اکسید روی (MnO) کولین کلراید. مواد معدنی شامل (میلی‌گرم در کیلوگرم): ۹۹/۲ میلی‌گرم اکسید منگنز (۲ میلی‌گرم سلنیوم (سدیم سلنیت)، ۱۳ میلی‌گرم ید (یدات کلسیم) و ۴۵۰ میلی‌گرم کولین کلراید. (۴). SuSo سولفات مس (۶ و ۲ تیمار ۱ و ۲ به ترتیب جیره های آزمایشی حاوی صدف دریایی، کربنات کلسیم و ترکیب ۵۰:۵۰ کربنات کلسیم و صدف دریایی همراه با افزودن اسید آلی تگاسید می باشد. تیمار ۴، ۵ و ۶ به ترتیب جیره های آزمایشی حاوی صدف دریایی، کربنات کلسیم و ترکیب ۵۰:۵۰ کربنات کلسیم و صدف دریایی می باشد.

جدول ۲: ترکیب مواد غذایی و ترکیب شیمیایی محاسبه شده جیره های نیمه خالص بر پایه ذرت*

ماده خوراکی (درصد)	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	تیمار ۵	تیمار ۶	Ca-free بدون کلسیم)
روغن گیاهی	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰
ذرت	۸۵/۴۴	۸۵/۴۴	۸۵/۴۴	۸۵/۲۴	۸۵/۲۴	۸۵/۲۴	۹۷/۱

۰/۰۰	۱/۳۱	۱/۳۱	۱/۳۱	۱/۳۱	۱/۳۱	۱/۳۱	مونو سدیم فسفات
۰/۰۰	۵/۱۲	۱۰/۲۴	۰/۰۰	۵/۱۲	۱۰/۲۴	۰/۰۰	کربنات کلسیم
۰/۰۰	۵/۱۲	۰/۰۰	۱۰/۲۴	۵/۱۲	۰/۰۰	۱۰/۲۴	صدف دریایی
۰/۲	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۴	نمک
۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	پرمیکس ویتامینه و معدنی
۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	دی اکسید تیتانیوم
۰/۰۰	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	بی کربنات سدیم
۰/۰۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	-	-	-	اسید آلی (تگاسید)
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	جمع کل
مواد مغذی محاسبه شده							
۳۳۷۶	۲۹۸۴	۲۹۸۴	۲۹۸۴	۲۹۹۱	۲۹۹۱	۲۹۹۱	Kcal/kg انرژی قابل متابولیسم
۷/۷۶	۶/۸۱	۶/۸۱	۶/۸۱	۶/۸۳	۶/۸۳	۶/۸۳	پروتئین خام، %
۰/۰۵	۴	۴	۴	۴	۴	۴	کلسیم، %
۰/۲۷	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۶	فسفر کل، %
۰/۰۹	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	فسفر غیر فیتاته، %
مواد مغذی آنالیز شده							
-	۴/۹۲	۴/۳۸	۴/۸۹	۴/۸۲	۴/۵۹	۴/۶۵	کلسیم، %

* تیمار ۱، ۲ و ۳ به ترتیب جیره نیمه خالص حاوی صدف دریایی، کربنات کلسیم و ترکیب ۵۰:۵۰ کربنات کلسیم و صدف دریایی می باشد. تیمار ۴، ۵ و ۶ به ترتیب جیره های نیمه خالص حاوی صدف دریایی، کربنات کلسیم و ترکیب ۵۰:۵۰ کربنات کلسیم و صدف دریایی همراه با افزودن اسید آلی تگاسید می باشد.

جدول ۳: توزیع اندازه ذرات (درصد)، میانگین هندسی قطر ذرات، انحراف استاندارد میانگین هندسی و (کربنات کلسیم و پودر صدف *in vitro* حلالیت)

پودر صدف	کربنات کلسیم	اندازه ذرات (میلی متر)
۷/۲	۰	بزرگتر از ۲/۳۶
۷/۲	۰	۲-۲/۳۶
۲۰/۹	۱۱/۷۲	۲-۱/۱۸
۲۳	۷۹/۶	۱/۱۸-۰/۶
۱۳/۷	۱/۸	۰/۶-۰/۴۲۵
۷/۸	۱/۸	۰/۴۲۵-۰/۳
۱۱/۶	۳/۹	۰/۳-۰/۱۵۰
۶	۰/۵	۰/۱۵۰-۰/۰۷۵
۲/۱	۰/۵	کمتر از ۰/۰۷۵
۶۸۳	۷۰۵	GMD, μm میانگین هندسی قطر ذرات
۲/۶	۱/۵	(GSD, μm) انحراف استاندارد میانگین هندسی
۶۸/۷	۷۷	حلالیت %

نتایج

میانگین هندسی قطر ذرات کربنات کلسیم و صدف به ترتیب ۷۰۵ و ۶۸۳ میکرومتر محاسبه شد و درصد حلالیت کلسیم در تأثیر جیره های آزمایشی بر خوراک کربنات کلسیم و صدف دریایی به ترتیب ۷۷ و ۶۸/۷ درصد بودند (جدول ۳). مصرفی، وزن بدن و درصد تولید و توده تخم مرغ تولیدی در جدول ۴ گزارش داده شده است. اثرات متقابل منبع کلسیم و اسید آلی بر مصرف خوراک روزانه، وزن تخم مرغ، تولید تخم مرغ، توده تخم مرغ و ضریب تبدیل غذایی معنی دار بود (داده های مصرف خوراک نشان داد که زمانیکه اسید آلی به جیره های دارای پودر صدف اضافه شد منجر به $P < 0.01$ بهبود مصرف خوراک شد اما در جیره های دارای دو منبع کلسیمی، مصرف خوراک مرغ های تخمگذار را کاهش داد). بالاترین درصد تولید تخم مرغ در گروه تغذیه شده با ترکیب صدف دریایی و کربنات کلسیم+اسید آلی مشاهده $P < 0.01$ (، همچنین افزودن اسید آلی به جیره حاوی صدف $P < 0.01$ شد که اختلاف معنی داری با سایر تیمارهای آزمایشی داشت $P < 0.01$ ، دریایی منجر به بهبود تولید تخم مرغ گردید، ولی تأثیری در سایر تیمارها مشاهده نشد. به نظر می رسد که کربنات به تنهایی

یا در ترکیب با صدف و به صورت با و بدون اسید آلی، درصد تولید تخم مرغ کمتری در مقایسه با تیمار صدف حاوی اسید آلی داشت ($P < 0.01$).

در مقایسه با کربنات کلسیم، تغذیه جیره های دارای صدف منجر به کاهش وزن و توده تخم مرغ تولیدی شد و افزودن (بیشترین وزن تخم مرغ در گروه تغذیه شده با صدف دریایی به علاوه $P < 0.01$ اسیدیفایر کاهش وزن را جبران نمود) اسید آلی مشاهده شد که اختلاف معنی داری با سایر تیمارهای آزمایشی داشت و کمترین وزن تخم مرغ در تیمارهای حاوی صدف دریایی و ترکیب صدف+کربنات کلسیم حاوی اسید آلی بدست آمد بررسی داده های توده تخم مرغ تولیدی در روز نشان داد که تیمارهای حاوی صدف و ترکیب صدف+ کربنات کلسیم توده تخم مرغ تولیدی در مقایسه با سایر تیمارهای (بطور کلی، افزودن اسید آلی به جیره های حاوی کربنات کلسیم، تغییر معنی داری در خوراک $P < 0.01$ آزمایشی داشتند) مصرفی و ضریب تبدیل خوراک، تولید تخم مرغ، وزن و توده تخم مرغ ایجاد نکرد، در حالیکه، به کار بردن اسید آلی در جیره های حاوی صدف دریایی موجب بهبود مصرف خوراک، تولید تخم مرغ و ضریب تبدیل خوراک مصرفی و افزایش وزن و توده تخم مرغ گردید. در جیره های حاوی ترکیب کربنات کلسیم و پودر صدف، افزودن اسید آلی در بهبود تولید تخم مرغ، $P < 0.01$ مصرف، ضریب تبدیل غذایی و توده تخم مرغ، موثر بود).

اثرات اصلی منبع کلسیم جیره و افزودن اسید آلی و اثرات متقابل آن ها بر درصد زرده و سفیده، رنگ زرده، واحد هاو، (به کار بردن صدف در جیره منجر به بهبود عددی $P > 0.05$ ارتفاع سفیده و استحکام پوسته تاثیر معنی داری نداشتند) اثرات متقابل اسید آلی و منبع کلسیم $P > 0.06$ ضخامت پوسته تخم مرغ در مقایسه با کربنات کلسیم و ترکیب آنها گردید) جیره بر درصد پوسته تخم مرغ تاثیرگذار بودند به طوریکه کمترین درصد پوسته در تیمار کربنات کلسیم مشاهده شد که افزودن اسیدیفایر این کاهش را جبران نمود و تا حد درصد پوسته مرغ های تخمگذار تغذیه شده با پودر صدف رسید (افزودن اسیدیفایر در سایر منابع، تاثیری بر درصد پوسته تخم مرغ نداشت (جدول ۵). $P < 0.01$).

جدول ۴- تاثیر منبع کلسیم و اسید آلی بر عملکرد مرغ های تخمگذار از سن ۵۰ تا ۶۲ هفتگی

اثرات اصلی	خوراک مصرفی (گرم در روز/پرنده)	وزن تخم مرغ (گرم)	تولید تخم مرغ (روز مرغ، درصد)	توده تخم مرغ (گرم در روز)	ضریب تبدیل خوراک ^۱
منبع کلسیم					
کربنات کلسیم	۹۷/۹۱	۵۹/۵۵	۸۳/۷۴	۴۹/۹	۲/۰۳
پودر صدف	۹۸/۱۸	۵۹/۷۹	۸۱/۹۳	۴۹/۰	۱/۹۷
کربنات کلسیم و پودر صدف (۵۰:۵۰)	۹۷/۵۴	۵۹/۴۲	۸۲/۸۵	۴۹/۲	۲/۰۲
SEM(خطای معیار استاندارد شده)	۰/۱۷۹	۰/۰۸۱	۰/۴۸۲	۰/۰۸۱	۰/۰۱۶
اسید آلی					
بدون اسید آلی	۹۷/۸۵	۵۹/۵۰	۸۱/۴۲	۴۸/۵	۲/۰
با اسید آلی	۹۷/۹۰	۵۹/۶۸	۸۴/۲۷	۵۰/۳	۲/۰۱
SEM(خطای معیار استاندارد شده)	۰/۱۴۶	۰/۰۶۶	۰/۳۹۳	۰/۲۴	۰/۰۱۳
اثرات متقابل					
کربنات کلسیم	۹۷/۷۶ ^{bc}	۵۹/۷۰ ^b	۸۳/۴۸ ^{ab}	۴۹/۹ ^a	۱/۹۹ ^b
کربنات کلسیم + اسید آلی	۹۸/۰۶ ^{ab}	۵۹/۴۱ ^{bc}	۸۴/۰۰ ^{ab}	۴۹/۹ ^a	۱/۹۵ ^b
پودر صدف	۹۷/۷۷ ^{bc}	۵۹/۳۰ ^c	۸۰/۵۳ ^c	۴۷/۷ ^b	۱/۹۸ ^b
پودر صدف + اسید آلی	۹۸/۵۸ ^a	۶۰/۲۹ ^a	۸۳/۳۳ ^b	۴۹/۹ ^a	۲/۰۹ ^a
کربنات کلسیم و پودر صدف	۹۸/۰۳ ^{ab}	۵۹/۵۱ ^{bc}	۸۰/۲۳ ^c	۴۷/۸ ^b	۲/۰۸ ^a
کربنات کلسیم و پودر صدف + اسید آلی	۹۷/۰۶ ^c	۵۹/۳۳ ^c	۸۵/۴۷ ^a	۵۰/۳ ^a	۱/۹۶ ^b
SEM(خطای معیار استاندارد شده)	۰/۲۵۳	۰/۱۱۴	۰/۶۸۱	۰/۴۲	۰/۰۲۳
$P \leq$ درصد احتمال خطا،					
منبع کلسیم	۰/۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۲
اسید آلی	۰/۸۳۰	۰/۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۴۷
منبع کلسیم × اسید آلی	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱

($P < 0.05$) میانگین های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند ^{a-b-c}.

^۱ ضریب تبدیل غذایی از تقسیم گرم خوراک مصرفی بر توده تخم مرغ تولیدی بدست می آید.

تاثیر منبع کلسیم و اسیدیفایر بر ضرایب قابلیت هضم ظاهری و حقیقی ایلئومی کلسیم در آخر دوره آزمایش در جدول ۶ نشان داده شده است. میزان اتلاف داخلی کلسیم در مرغ های تخمگذار ۶۲ هفته، در آزمایش حاضر ۷۲۶ میلی گرم در کیلوگرم

میلی گرم در کیلوگرم جیره برآورد گردید که برای محاسبه ضرایب قابلیت هضم حقیقی کلسیم مورد استفاده قرار گرفت. ضرایب قابلیت هضم ظاهری ایلئومی کلسیم در کربنات کلسیم، صدف دریایی و ترکیب آنها به ترتیب ۵۳/۴، ۵۱/۵ و ۴۷ درصد بود، که با افزودن اسید آلی، این ضرایب به ترتیب به ۶۰/۷، ۵۹ و ۶۰/۴ درصد افزایش یافت، البته این افزایش فقط در مورد تیمار ترکیبی کربنات کلسیم و صدف معنی دار بود. آزمون مقایسه میانگین ها نشان داد که اثر متقابل منبع کلسیم و (، بطوریکه، بالاترین $P <$ افزودن اسید آلی بر ضرایب قابلیت هضم ظاهری و حقیقی ایلئومی کلسیم معنی دار بود (۰/۰۱) ضریب قابلیت هضم ظاهری کلسیم در تیمار حاوی ترکیب کربنات کلسیم+پودر صدف با اسید آلی (۶۰/۴ درصد) و کمترین ضریب قابلیت هضم ظاهری کلسیم در تیمار حاوی ترکیب کربنات کلسیم+پودر صدف بدون اسید آلی (۴۷ درصد) مشاهده شد.

جدول ۵- تاثیر منبع کلسیم و اسید آلی بر خصوصیات کیفی تخم مرغ در سن ۶۲ هفتگی

اثرات اصلی	سفیده %	زرده %	پوسته %	mm(ضخامت پوسته)	مقاومت پوسته N(	واحد هاو	رنگ زرده
منبع کلسیم							
کربنات کلسیم	۵۷/۵۸	۳۲/۳۹	۱۰/۰۴	۰/۳۱	۴۰/۳	۷۴/۷۹	۵/۳۳
پودر صدف	۵۷/۹۱	۳۱/۸۲	۱۰/۲۷	۰/۳۳	۴۴/۲	۷۵/۰۳	۵/۳۲
کربنات کلسیم و پودر صدف (۵۰:۵۰)	۵۸/۸۹	۳۰/۸۵	۱۰/۲۷	۰/۳۲	۴۱/۸	۷۵/۱۸	۵/۴۶
SEM(خطای معیار استاندارد شده)	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۱۱۴	۰/۰۰۴	۱/۳۷	۰/۶۹	۰/۰۹
اثر اسید آلی							
بدون اسید آلی	۵۸/۵۵	۳۱/۲۶	۱۰/۱۹	۰/۳۲	۴۱/۶	۷۵/۱۱	۵/۳۱
با اسید آلی	۵۷/۷۰	۳۲/۱۱	۱۰/۱۹	۰/۳۲	۴۲/۶	۷۴/۸۹	۵/۴۳
SEM(خطای معیار استاندارد شده)	۰/۶۹۷	۰/۷۰۴	۰/۰۹۳	۰/۰۰۳	۱/۱۲	۰/۵۶۴	۰/۰۷۱
اثرات متقابل							
کربنات کلسیم	۵۹/۲۱	۳۱/۰۵	۹/۷۴ ^b	۰/۳۱	۳۷/۹	۷۳/۷۰	۵/۳۳
کربنات کلسیم + اسید آلی	۵۵/۹۵	۳۳/۷۲	۱۰/۳۳ ^a	۰/۳۲	۴۲/۸	۷۵/۸۹	۵/۳۳
پودر صدف	۵۷/۷۷	۳۱/۷۶	۱۰/۴۷ ^a	۰/۳۳	۴۴/۰	۷۵/۱۸	۵/۱۸
پودر صدف + اسید آلی	۵۸/۰۶	۳۱/۸۹	۱۰/۰۶ ^{ab}	۰/۳۲	۴۴/۵	۷۴/۸۹	۵/۴۶
کربنات کلسیم و پودر صدف (۵۰:۵۰)	۵۸/۶۷	۳۰/۹۷	۱۰/۳۶ ^a	۰/۳۲	۴۳/۰	۷۶/۴۶	۵/۴۲
کربنات کلسیم و پودر صدف + اسید آلی	۵۹/۱۱	۳۰/۷۲	۱۰/۱۸ ^{ab}	۰/۳۲	۴۰/۶	۷۳/۹۰	۵/۵۰
SEM(خطای معیار استاندارد شده)	۱/۲۰۸	۱/۲۲۰	۰/۱۶۱	۰/۰۰۵	۱/۹۴	۰/۹۷۷	۰/۱۲۳
$P \leq$ درصد احتمال خطا،							
منبع کلسیم	۰/۵۸	۰/۴۵	۰/۲۷	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۹۲	۰/۴۶
اسید آلی	۰/۳۹	۰/۴۱	۰/۹۸	۰/۹۰	۰/۵۲	۰/۷۸	۰/۲۳
منبع کلسیم × اسید آلی	۰/۲۴	۰/۴۳	۰/۰۱	۰/۴۲	۰/۱۹	۰/۰۷	۰/۵۱

($P <$ میانگین های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی دار می باشند) ($0.05 < a-b-c$)

ضرایب قابلیت هضم حقیقی ایلئومی کلسیم در کربنات کلسیم، صدف دریایی و ترکیب آنها به ترتیب ۶۹/۹، ۶۵/۴ و ۶۲/۲ درصد بود، که با افزودن اسید آلی، این ضرایب به ترتیب به ۷۴/۴، ۷۴ و ۷۵/۳ درصد افزایش یافت، هر چند که این $P <$ افزایش در تیمار صدف دریایی و ترکیب صدف و کربنات کلسیم، معنی دار بود (۰/۰۱) . نتایج بررسی ابقاء ظاهری کلسیم در هفته ششم آزمایش نشان داد که اثر اصلی افزودن اسید آلی بصورت عددی معنی دار (۶۲ هفتگی)، اثر متقابل منبع کلسیم (، در هفته پایانی آزمایش P بوده و منجر به افزایش ابقاء ظاهری کلسیم گردید (۰/۰۶) =، بطوریکه بالاترین ضریب در تیمار صدف+اسید آلی و $P <$ اسید آلی بر ابقاء ظاهری کلسیم معنی دار بود (۰/۰۱) . کمترین در تیمار کربنات کلسیم بدست آمد.

جدول ۶- تاثیر منبع کلسیم و اسید آلی بر ضرایب قابلیت هضم ایلئومی کلسیم در هفته ۶۲ و ابقاء ظاهری کلسیم در هفته های ۵۶ و ۶۲ در مرغ های تخمگذار (درصد)

اثرات اصلی	ظاهری	حقیقی	ابقاء ظاهری کل دستگاه گوارش
			هفته ۵۶
			هفته ۶۲

منبع کلسیم				
کربنات کلسیم	۵۷/۱	۷۲/۱	۳۹/۴	۴۴/۱
پودر صدف	۵۵/۳	۶۹/۷	۴۲/۷	۵۴/۲
کربنات کلسیم و پودر صدف (۵۰:۵۰)	۵۳/۷	۶۸/۷	۳۹/۶	۵۰/۲
SEM(خطای معیار استاندارد شده)	۱/۹۶	۱/۹۵	۱/۷	۲/۱
اسید آلی				
بدون اسیدیفایر اسید آلی	۵۳/۲	۶۸/۷	b۳۸/۶	۴۴/۸
دارای اسیدیفایر اسید آلی	۵۷/۵	۷۱/۷	a۴۲/۶	۵۴/۲
SEM(خطای معیار استاندارد شده)	۱/۶۱	۱/۶۰	۱/۴	۳/۸
اثرات متقابل				
کربنات کلسیم	۵۳/۴abc	۶۹/۹ab	۳۶/۴	۳۸/۶c
کربنات کلسیم + اسید آلی	۶۰/۷a	۷۴/۴a	۴۲/۳	۴۹/۶abc
پودر صدف	۵۱/۵bc	۶۵/۴b	۳۹/۰	۴۹/۰abc
پودر صدف + اسید آلی	۵۹/۰ab	۷۴/۰a	۴۶/۳	۵۹/۳a
کربنات کلسیم و پودر صدف (۵۰:۵۰)	۴۷/۰c	۶۲/۲b	۴۰/۱	۴۶/۷bc
کربنات کلسیم و پودر صدف + اسید آلی	۶۰/۴a	۷۵/۳a	۳۹/۱	۵۳/۷ab
SEM(خطای معیار استاندارد شده)	۲/۷۷	۲/۷۸	۲/۴۹	۳/۷۹
$P \leq$ درصد احتمال خطا،				
منبع کلسیم	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۳۵	۰/۰۴
اسید آلی	۰/۰۶	۰/۲۱	۰/۰۶	۰/۰۰۵
منبع کلسیم × اسید آلی	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۱۳	۰/۰۱

P. میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($0.05 < a, b, c$)

بحث

ساختار و اندازه ذرات منبع کلسیم بر میزان حلالیت آن تأثیرگذار است. در این آزمایش، میانگین قطر هندسی ذرات کربنات کلسیم و صدف نزدیک به هم بود که تفاوت قابل توجهی هم در درصد حلالیت آزمایشگاهی منابع مورد بررسی مشاهده نشد. حلالیت منبع کلسیم روی توانایی استفاده از آن و در نتیجه روی کیفیت استخوان و پوسته تخم‌مرغ تأثیر مرغ می‌گذارد. تفاوت در میزان حلالیت را محققین به تفاوت در اندازه ذرات ارتباط داده‌اند. نرخ حلالیت آزمایشگاهی یک منبع کلسیمی با حلالیت در داخل بدن رابطه معکوس دارد و نسبت به اندازه ذرات پیش بینی کننده بهتری برای کیفیت پوسته تخم‌مرغ و Zhang و Coon. (۱۹۹۷)، وضعیت استخوان می‌باشد (در آزمایش حاضر، نسبت به جیره دارای پودر صدف، خوراک مصرفی مرغ‌های تخمگذار دریافت کننده جیره دارای کربنات + صدف کاهش معنی‌داری داشت و وزن بدن مرغ‌ها تحت تأثیر منبع کلسیمی قرار نگرفت (داده‌ها نشان داده نشده است). اگرچه انرژی عامل اصلی تأثیرگذار بر میزان مصرف خوراک در طیور است اما مرغ‌های تخمگذار دارای اشتهای و Rathnayaka اختصاصی به کلسیم هستند و نیاز کلسیمی بدن ممکن است روی مصرف خوراک تأثیرگذار باشد (همکاران، ۲۰۱۹) و داده‌های این آزمایش نشان می‌دهد که ممکن است مصرفی روی کیفیت پوسته نیز موثر باشد زیرا صرف‌نظر از اسیدیفایر، پودر صدف موجب بهبود کیفیت پوسته شد که ممکن است به دلیل دریافت کلسیم بیشتر به واسطه مصرف خوراک بیشتر باشد. تأثیر منبع کلسیم بر درصد تولید نیز نشان داد که کربنات نسبت به صدف موجب افزایش وزن تخم‌مرغ شد اما درصد تولید را کاهش داد. به نظر می‌رسد در این آزمایش رابطه مثبتی بین درصد تولید با خوراک مصرفی و رابطه معکوسی بین درصد تولید و وزن تخم‌مرغ وجود داشت و با افزایش اندازه تخم‌مرغ، مرغ‌ها درصد تولید را کاهش داده‌اند بطوریکه در مرغ‌های تغذیه شده با پودر صدف، وزن تخم‌مرغ و درصد پوسته کاهش یافته اما درصد تولید افزایش یافته است. برخلاف نتایج آزمایش حاضر، گزارش شده است که منابع مختلف کلسیمی (کربنات، صدف و Islam و همکاران، ۲۰۲۰؛ Al-Ziyadi) نداشتند (Hen-day یا پوسته تخم‌مرغ) تأثیری بر درصد تولید تخم‌مرغ (Nishibori و همکاران، ۲۰۱۵؛ Tunç و همکاران، ۲۰۰۹؛ Saunders-Blades و همکاران، ۲۰۲۱؛ Lee و همکاران، ۲۰۲۱) موافق با نتایج آزمایش حاضر، محققین با اعمال نسبت‌های مختلفی از کربنات کلسیم یا پوسته تخم‌مرغ (۷/۵ درصد کربنات

کلسیم؛ ۵ درصد کربنات کلسیم و ۲/۵ درصد پوسته تخم مرغ؛ ۲/۵ درصد کربنات کلسیم و ۵ درصد پوسته تخم مرغ؛ ۷/۵ درصد پوسته تخم مرغ) در جیره مرغ های تخمگذار به مدت ۱۲ هفته گزارش کردند که تغذیه جیره دارای ۷/۵ درصد پوسته Ahmad و تخم مرغ منجر به بهبود خوراک مصرفی، کلسیم و فسفر دریافتی، درصد و وزن تخم مرغ تولیدی شد (و همکاران، ۲۰۱۲). Kismiati، ۲۰۰۴؛ Balander

یکی از مهمترین فراسنجه ها در کارائی و تاثیرگذاری منابع مختلف کلسیمی، کیفیت و درصد پوسته تخم مرغ است. نشان داده شده است که ذرات درشت در سنگدان دیرتر حل می شوند و به مدت طولانی تری کلسیم مورد نیاز مرغ های تخمگذار را تامین می کنند و هرچه این مدت زمان تامین کلسیم طولانی تر باشد فشار به استخوان های مرغ برای تامین کلسیم کمتر خواهد بود و می تواند منجر به حفظ درصد و بقای تولید و کیفیت پوسته تخم مرغ شود. منابع مختلف کلسیمی تاثیر یکسانی بر درصد پوسته، ضخامت و استحکام پوسته داشتند، هر چند که بهبود نسبی در ضخامت پوسته تخم مرغ در تیمار حاوی صدف دریایی مشاهده شد که مرتبط با اندازه ذرات نسبتاً مشابه کربنات کلسیم و صدف (۷۰۵ در مقابل ۶۸۳ میکرومتر) می باشد. توزیع اندازه ذرات منابع کلسیمی در جیره مرغ های تخمگذار را می توان مهم ترین عامل تاثیرگذار بر کیفیت پوسته تخم (و همکاران، ۲۰۰۹) یا Saunders-Blades مرغ دانست. موافق با نتایج آزمایش حاضر، گنجاندن ۳ منبع کربنات کلسیم (۲۰۱۵)، یا فقط کربنات Tunç و Cufadar کربنات کلسیم، پودر پوسته تخم مرغ یا پودر صدف در اندازه های مختلف (و همکاران، ۲۰۱۵) یا اعمال نسبت های Świątkiewicz و همکاران، ۲۰۰۸؛ Safaa کلسیم در اندازه و سطوح مختلف (مختلفی از کربنات کلسیم، پودر پوسته تخم مرغ یا پودر صدف (به طور کامل یا ترکیبی از هر منبع به صورت یک سوم یا و همکاران، ۲۰۱۵) بر کیفیت پوسته، وزن مخصوص تخم مرغ، ضخامت و Olgun دو سوم) در جیره مرغ های تخمگذار (و همکاران، ۲۰۱۵) و جایگزینی کربنات کلسیم با صدف (۵۰ درصد Olgun مقاومت پوسته تخم مرغ تاثیر نداشت (۲۰۰۴). همانند کیفیت Balander و Ahmad جایگزینی) در جیره مرغ های تخمگذار منجر به بهبود کیفیت پوسته شد (پوسته، سایر فراسنجه های مربوط به کیفیت تخم مرغ شامل درصد زرده و سفیده، ارتفاع سفیده و واحد هاو و رنگ زرده نیز تحت تاثیر منابع کلسیمی قرار نگرفت. برخلاف نتایج آزمایش حاضر، در مقایسه با پوسته صدف خوراکی، تغذیه صدف معدنی یا پوسته تخم مرغ دارای ذرات درشت منجر به افزایش ارتفاع سفیده شد و رنگ زرده تخم مرغ مرغ های تغذیه شده با پوسته تخم مرغ دارای ذرات ریز، تیره تر از سایر منابع کلسیمی بود ولی موافق با نتایج این آزمایش، واحد هاو و کیفیت (و همکاران، ۲۰۲۱). نتایج این تحقیق نشان می دهد که منابع کلسیمی Lee پوسته تحت تاثیر منابع کلسیمی قرار نگرفت (مورد استفاده در این آزمایش نیاز کلسیمی مرغ های تخمگذار را به منظور حفظ کیفیت پوسته تامین کرده اند در این آزمایش، قابلیت هضم ظاهری ایلنومی کلسیم در کربنات و پودر صدف تفاوت معنی داری با هم نداشتند و عدد قابلیت هضم به دست آمده در آزمایش حاضر، در محدوده گزارش شده (۰/۳۷ تا ۰/۷۲) برای قابلیت هضم کلسیم در جیره های (و همکاران، ۲۰۱۷). از مهمترین عوامل موثر Englmaierová، ۲۰۱۹؛ Korver و Bello عملی طیور تخمگذار بود (بر قابلیت هضم کلسیم منابع مختلف، اندازه ذرات و میزان حلالیت منابع کلسیمی است و در بررسی و مقایسه نتایج تحقیقات بایستی مورد توجه قرار بگیرد. در آزمایش حاضر، اندازه ذرات کربنات کلسیم و صدف مورد استفاده و میزان حلالیت کلسیم آن ها تقریباً برابر بود و همین امر احتمالاً منجر به عدم تفاوت در قابلیت هضم کربنات و صدف شده است. علاوه بر این، میزان مصرف خوراک طیور عامل تاثیرگذار دیگری روی قابلیت هضم کلسیم است که احتمالاً با تاثیرگذاری بر سرعت عبور خوراک ممکن است روی قابلیت هضم کلسیم موثر باشد که در آزمایش حاضر خوراک مصرفی طیور تفاوت معنی داری با هم نداشت و می تواند دلیل احتمالی برای عدم تفاوت معنی دار در قابلیت هضم کلسیم کربنات و صدف می باشد. در آزمایش حاضر، تاثیر رفتار اسیدیفایر بر قابلیت هضم کلسیم با توجه به منبع کلسیمی متفاوت بود به طوریکه افزودن اسیدیفایر به جیره دارای کربنات کلسیم منجر به افزایش قابلیت هضم ظاهری و حقیقی ایلنومی کلسیم (به ترتیب ۱۲ و ۶ درصد) شد و افزودن تگاسید به جیره دارای پودر صدف منجر به افزایش قابلیت هضم ظاهری و حقیقی ایلنومی کلسیم (به ترتیب ۱۴ و ۱۳ درصد) شد و زمانیکه کربنات و پودر صدف همزمان با هم به جیره اضافه شدند، افزودن اسیدیفایر منجر به افزایش بیشتر قابلیت هضم ظاهری و حقیقی ایلنومی کلسیم (به ترتیب ۱۱ و ۱۷ درصد شد). چندین نقش برای اسیدهای کیموس معدی، افزایش زمان ماندگاری خوراک در معده، تحریک ترشحات پانکراس، بهبود pH آلی از جمله کاهش مورفولوژی مخاط و تامین سوبسترا برای سوخت و ساز که منجر به بهبود هضم و جذب خوراک می شود، ذکر شده است (و همکاران، ۲۰۰۱). اسیدیته و شرایط دستگاه گوارش بر قابلیت هضم کلسیم تاثیرگذار است که البته عواملی Partanen نهائی روده کوچک نیز بستگی دارد. pH اسید، مقدار اسیدیفایر اضافه شده و Pka نظیر در تحقیقات قبلی، قابلیت هضم ظاهری کلسیم برای کربنات کلسیم دارای ذرات ریز و درشت، به ترتیب ۰/۷۲ و ۰/۳۵ (و همکاران، ۲۰۲۲) و قابلیت هضم ظاهری کلسیم برای دی کلسیم فسفات و کربنات کلسیم دارای ذرات ریز و Diana (و همکاران، Diana درشت برای مرغ های تخمگذار ۷۰ هفته به ترتیب ۰/۷۱۲، ۰/۶۵۲ و ۰/۴۸۲ گزارش شده است) (۲۰۲۱). قابلیت هضم حقیقی کلسیم در آزمایش حاضر تفاوت زیادی با مقادیر ظاهری آن داشت که نشان از ترشح مقدار

زیاد کلسیم به صورت اندوژنوس می‌باشد. در همین راستا، گزارش شده است که دفع اندوژنوس در پولت‌های تخمگذار ۶۹۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ازاء کیلوگرم خوراک مصرفی بود که حدود ۷۰ درصد بیشتر از مقدار آن برای جوجه‌های گوشتی و همکاران، (۲۰۲۲) در حالیکه سایر محققین Arvari (۲۰۲۰) میلی‌گرم بر کیلوگرم به ازاء کیلوگرم خوراک مصرفی) بود (گزارش دادند که بسته به سن مرغ، میزان اندوژنوس دفعی مرغ‌های تخمگذار متفاوت است و در سنین ۴۰، ۵۰ و ۷۰ و همکاران، Diana هفتگی به ترتیب ۷۹۰، ۸۶۰ و ۹۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ازاء کیلوگرم خوراک مصرفی بود) (۲۰۲۱). تفاوت قابلیت هضم ایلنومی ظاهری و ابقاء کلسیم در کل دستگاه گوارش، به نحوه نمونه‌گیری (نیاز یا عدم نیاز به کشتن حیوان) و محل نمونه برداری ارتباط دارد و مقدار این دو عدد برای یک ماده مثل کلسیم بسیار متغیر است زیرا به میزان دفع اندوژنوس (تفاوت در میزان قابلیت هضم ظاهری و حقیقی) و همچنین میزان دفع از طریق ادرار بستگی دارد که مورد دفع از طریق ادرار به تعادل هورمونی در کلیه‌های طیور ارتباط دارد که غلظت کلسیم و فسفر پلاسما نیز بر تعادل هورمونی تأثیرگذار است. در آزمایش حاضر به نظر می‌رسد تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین قابلیت هضم ایلنومی و ابقاء ظاهری در کل دستگاه گوارش وجود دارد و ضرایب ابقاء ظاهری کلسیم در کل دستگاه گوارش بسیار کمتر از قابلیت هضم ایلنومی ظاهری و حقیقی است. غلظت بالای کلسیم پلاسما منجر به فعال شدن هورمون کلسی‌تونین می‌شود و بر عکس هورمون پاراتورمون عمل می‌کند. با توجه به عدم تفاوت در قابلیت هضم منابع کلسیمی و همچنین در میزان حلالیت کربنات یا پودر صدف، به نظر می‌رسد که عامل اصلی در بروز این تفاوت در قابلیت هضم ایلنومی و همچنین تفاوت بین قابلیت هضم ایلنومی با کل دستگاه گوارش به تأثیر اسیدیفایر مرتبط باشد. نکته دیگر در رابطه با ابقاء ظاهری کل دستگاه گوارش این است که معمولاً میزان قابلیت هضم را کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند و دارای خطای مشخصی است (و همکاران، ۲۰۱۴) که موافق با نتایج آزمایش حاضر می‌باشد در حالیکه در تحقیق دیگری مقدار ابقاء Mutucumarana و Diana کلسیم در کل دستگاه گوارش بالاتر از مقدار قابلیت هضم ایلنومی کلسیم برای کربنات کلسیم گزارش شده است (و همکاران، ۲۰۲۲) و دلیل احتمالی آن را مقدار بالای الیگوساکاریدهای غیر قابل هضم خوراک ذکر کرده‌اند که منجر به سکوم و افزایش حلالیت کلسیم بخصوص برای ذرات درشت عبور کرده pH افزایش فعالیت میکروبی در سکوم و کاهش از روده می‌شود. همچنین عامل دیگری که بر قابلیت هضم کلسیم تأثیرگذار است زمان نمونه‌برداری از ایلنوم و فضولات می‌باشد زیرا اگر مرغ در نوبت صبح بین ساعت ۸ تا ۱۱ باشد غلظت سرمی کلسیم در بالاترین حد خود قرار داشته و David می‌تواند جذب کلسیم از دستگاه گوارش را کاهش دهد که در نتیجه بر قابلیت هضم کلسیم تأثیرگذار است (و همکاران، ۲۰۲۱).

گزارش شده است که افزودن اسیدهای آلی همراه با آنزیم فیتاز به جیره مرغ‌های تخمگذار تغذیه شده با مکمل دی‌کلسیم فسفات منجر به بهبود درصد تولید در مقایسه با جیره شاهد یا اسید آلی به تنهایی شد اما بر وزن تخم مرغ، قابلیت هضم کلسیم و فسفر، غلظت کلسیم سرم و استخوان درشت‌نی تأثیر نداشت که نشان می‌دهد اسیدهای آلی منجر به بهبود قابلیت استفاده از (و همکاران، ۲۰۱۲). در رابطه با تأثیر اسیدیفایر ها بر قابلیت Sari دی‌کلسیم فسفات به عنوان یک منبع کلسیمی نشده است (هضم کلسیم منابع مختلف کلسیمی بخصوص در مرغ‌های تخمگذار اطلاعات محدودی وجود دارد. گزارش شده است که افزودن اسید سیتریک به جیره مرغ‌های تخمگذار ۲۴ هفته تغذیه شده با سطوح مختلف کلسیم جیره (۳ و ۳/۲۵ درصد) با و بدون آنزیم فیتاز (۳۰۰ یا ۶۰۰ واحد فیتاز) منجر به افزایش کلسیم پسته تخم مرغ مرغ‌های تغذیه شده با ۳/۲۵ درصد کلسیم (و همکاران، ۲۰۱۶) ولی وزن تخم مرغ را افزایش داد که تا Vargas-Rodríguez شد اما بر کیفیت تخم مرغ تأثیر نداشت (و همکاران، ۲۰۱۲)، اسید لاکتیک و ترکیبی از اسیدهای آلی Sari حدودی در توافق با نتایج آزمایش حاضر بود. در تحقیق محتویات روده شده و در این شرایط کلسیم به طور pH بر کیفیت پسته تخم مرغ تأثیری نداشتند. اسیدیفایر منجر به کاهش (۱۹۹۰). این محققین Clydesdale و Gifford کامل حل و به شکل یونیزه درآمده و کمتر با اسید فایبیک باند می‌شود (دلیل بهبود کلسیم پسته را افزایش حلالیت کلسیم و بهبود هضم و جذب کلسیم عنوان کردند که بهبود قابلیت هضم در نتایج آزمایش حاضر نیز به دست آمد. در آزمایش حاضر، تأثیر اندکی از افزودن اسیدیفایر بر کیفیت پسته تخم مرغ مشاهده شد که فقط افزودن اسیدیفایر تگاسید به جیره دارای کربنات کلسیم منجر به بهبود درصد پسته تخم مرغ شد اما تأثیری بر ضخامت و مقاومت پسته در مقابل شکست نداشت. ماندگاری منابع کلسیمی در دستگاه گوارش و جذب آنها با اندازه ذرات رابطه مستقیم دارد، احتمالاً، تأثیر اسید آلی هم با همین موضوع در ارتباط باشد و کاهش اسیدیته دستگاه گوارش بطور نسبتاً تخم مرغ و واحد هاو، برخی محققین گزارش pH یکسان در همه تیمارها اتفاق افتاده است. در رابطه با تأثیر اسیدیفایر بر و افزایش کلسیم و منیزیم آلبومین pH کرده اند که اسیدیفایر منجر به افزایش واحد هاو می‌شوند که از طریق کاهش (Vargas-Rodríguez، ۲۰۲۱) اما چنین نتیجه‌ای در آزمایش حاضر و تحقیقات سایرین به دست نیامد (Sanlier و Üstün می‌باشد) (و همکاران، ۲۰۱۶). تحقیقات در زمینه تأثیر اسیدیفایر ها بر رنگ زرده رنگدانه‌های محلول در چربی بسیار کم است. گزارش شده است که اسیدیفایر ها بر متابولیسم چربی‌ها تأثیری ندارند و همین امر ممکن است دلیل عدم تأثیرگذاری (۱۹۹۲). همچنین گزارش شده است که کاهش غلظت کلسیم جیره نیز منجر به Hencken آن‌ها بر رنگ زرده باشد)

و Vargas-Rodríguez افزایش رنگ زرده می‌شود زیرا افزایش کلسیم جیره منجر به کاهش جذب رنگدانه‌ها می‌شود (همکاران، ۲۰۱۶).

گیری و پیشنهادها نتیجه

به طور کلی، در شرایط آزمایش حاضر، تفاوت قابل ملاحظه‌ای در قابلیت هضم ظاهری و حقیقی ایلئومی کلسیم کربنات کلسیم و پودر صدف مشاهده نشد، اگرچه اسیدیفایر تگاسید منجر به بهبود قابلیت هضم ایلئومی کلسیم و کیفیت پوسته مرغ‌های تغذیه شده با پودر صدف به تنهایی یا در ترکیب با کربنات کلسیم شد. به طور کلی استفاده از هر کدام از این منابع کلسیمی با شرایط ذکر شده در این آزمایش، می‌تواند عملکرد و کیفیت تخم‌مرغ مرغ‌های تخمگذار را پشتیبانی کند و نویسندگان این مقاله توصیه می‌کنند که قابلیت هضم و تاثیر افزودن همزمان اسیدیفایر به جیره‌های دارای صدف یا کربنات کلسیم به تفکیک در هر اندازه ذره به صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار گیرد تا تاثیر اندازه ذرات به عنوان یک عامل تاثیرگذار در حلالیت و قابلیت هضم کلسیم بیشتر مورد بررسی قرار گیرد.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

منابع

- Ahmad, H. A., & Balander, R. J. (2004). Physiological response of layers to alternative feeding regimen of calcium source and phosphorus level. *International Journal of Poultry Science*, 3(2), 100-111. doi:10.3923/ijps.2004.100.111.
- Al-Ziyadi, H. F., Al-Zamili, I. F., & Al-Gharawi, J. K. (2020). The Effect of Different Sources of Calcium in The Diet on Some Productive Traits of Laying Hens. *Plant Archives*, 20(2), 3869-3872. <http://dx.doi.org/10.3923/ijps.2009.342.348>.
- Arvari, A. R. J., Goudarzi, S. M., & 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 & Technologies*, 10(2). <https://doi.org/10.22103/jlst.2022.20440.1439>.
- Bello, A., & Korver, D. (2019). Long-term effects of Buttiauxella sp. phytase on performance, eggshell quality, apparent ileal Ca and P digestibility, and bone properties of white egg layers. *Poultry Science*, 98(10), 4848-4859. doi:10.3382/ps/pez220.
- David, L., Abdollahi, M., Bedford, M., & Ravindran, V. (2021). Comparison of the apparent ileal calcium digestibility of limestone in broilers and layers. *British Poultry Science*, 62(6), 852-857. doi:10.1080/00071668.2021.1943313.
- David, L., Abdollahi, M., Ravindran, G., Walk, C., & Ravindran, V. (2019). Studies on the measurement of ileal calcium digestibility of calcium sources in broiler chickens. *Poultry Science*, 98(11), 5582-5589. doi:10.3382/ps/pez314.
- Diana, T. F., Calderano, A. A., Rostagno, H. S., Marques, M. R. d. L., Tavernari, F. d. C., Veroneze, R., & Albino, L. F. T. (2022). Apparent calcium retention and digestibility coefficients of limestone with different particle sizes in laying hens. *Scientia Agricola*, 80, e20210258. doi:10.1590/1678-992x-2021-0258.
- Diana, T. F., Calderano, A. A., TAVERNARI, F. d. C., Rostagno, H. S., TEIXEIRA, A. d. O., & Albino, L. F. T. (2021). Age and calcium sources in laying hen feed affect calcium digestibility. *Open Journal of Animal Sciences*, (11), 501-513. doi:10.4236/ojas.2021.113034
- Englmaierová, M., Skřivan, M., Skřivanová, E., & Čermák, L. (2017). Limestone particle size and *Aspergillus niger* phytase in the diet of older hens. *Italian Journal of Animal Science*, 16(4), 608-615. doi:10.1080/1828051x.2017.1309258.
- Gifford, S. R., & Clydesdale, F. M. (1990). Interactions among calcium, zinc and phytate with three protein sources. *Journal of Food Science*, 55(6), 1720-1724. doi:10.1111/j.1365-2621.1990.tb03608.x.

- Guinotte, F., & Nys, Y. (1991). Effects of particle size and origin of calcium sources on eggshell quality and bone mineralization in egg laying hens. *Poultry Science*, 70(3), 583-592. doi: 10.3382/ps.0701908.
- Guinotte, F., Nys, Y., & De Monredon, F. (1991). The effects of particle size and origin of calcium carbonate on performance and ossification characteristics in broiler chicks. *Poultry Science*, 70(9), 1908-1920.
- Hencken, H. (1992). Chemical and physiological behavior of feed carotenoids and their effects on pigmentation. *Poultry Science*, 71(4), 711-717. doi:10.3382/ps.0710711.
- Islam, M. A., & Nishibori, M. (2021). Use of extruded eggshell as a calcium source substituting limestone or oyster shell in the diet of laying hens. *Veterinary Medicine and Science*, 7(5), 1948-1958. doi:10.1002/vms3.544.
- Kismiati, S., Yuwanta, T., Zuprizal, Z., & Supadmo, S. (2012). The performance of laying hens fed different calcium source. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 37(4), 263-270. doi:10.14710/jitaa.37.4.263-270.
- Lee, W.-D., Kothari, D., Niu, K.-M., Lim, J.-M., Park, D.-H., Ko, J., Eom, K., & Kim, S.-K. (2021). Superiority of coarse eggshell as a calcium source over limestone, cockle shell, oyster shell, and fine eggshell in old laying hens. *Scientific Reports*, 11(1), 13225. doi:10.1038/s41598-021-92589-y.
- LOHMANN BREEDERS GmbH. (2021). Am Seedeich 9–11 | 27472 Cuxhaven | Germany.
- Mutucumarana, R., Ravindran, V., Ravindran, G., & Cowieson, A. (2014). Measurement of true ileal digestibility and total tract retention of phosphorus in corn and canola meal for broiler chickens. *Poultry Science*, 93(2), 412-419. doi:10.2527/jas.2014-7884 .
- Ndelekwute, E., Unah, U., & Udoh, U. (2019). Effect of dietary organic acids on nutrient digestibility, faecal moisture, digesta pH and viscosity of broiler chickens. *MOJ Anatomy & Physiology*, 2, 40-43. doi:10.15406/mojap.2019.06.00242.
- Olgun, O., Yildiz, A. Ö., & Cufadar, Y. (2015). The effects of eggshell and oyster shell supplemental as calcium sources on performance, eggshell quality and mineral excretion in laying hens. *Indian Journal of Animal Research*, 49(2), 205-209. doi:10.5958/0976-0555.2015.00056.4.
- Partanen, K., Jalava, T., Valaja, J., Perttilä, S., Siljander-Rasi, H., & Lindeberg, H. (2001). Effect of dietary carbadox or formic acid and fibre level on ileal and faecal nutrient digestibility and microbial metabolite concentrations in ileal digesta of the pig. *Animal Feed Science and Technology*, 93(3-4), 137-155. doi:10.1016/s0377-8401(01)00288-7.
- Rathnayaka, R., Mutucumarana, R., & Andrew, M. (2019). Free-choice feeding of three different dietary calcium sources and their influence on egg quality parameters of commercial layers. *The Journal of Agricultural Sciences - Sri Lanka*, 15(1), 50-62, <http://doi.org/10.4038/jas.v15i1.8671>
- Ravindran, V., Hew, L., Ravindran, G., & Bryden, W. (2005). Apparent ileal digestibility of amino acids in dietary ingredients for broiler chickens. *Animal Science*, 81(1), 85-97. doi:10.1079/asc42240085.
- Safaa, H. M., Serrano, M., Valencia, D., Frikha, M., Jiménez-Moreno, E., & Mateos, G. (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(10), 2043-2051. doi:10.3382/ps.2008-00110.
- Sanlier, N., & Üstün, D. (2021). Egg consumption and health effects: A narrative review. *Journal of Food Science*, 86(10), 4250-4261. doi:10.1111/1750-3841.15892.

- Sari, M., Onol, A. G., Daskiran, M., & Cengiz, O. (2012). Egg production and calcium-phosphorus utilization of laying hens fed diets supplemented with phytase alone or in combination with organic acid. *International Journal of Poultry Science*, 11(3), 181-189. doi:10.3923/ijps.2012.181.189.
- SAS. (2004). Institute. SAS User's Guide. Version 9.4 ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Saunders-Blades, J., MacIsaac, J., Korver, D., & Anderson, D. (2009). The effect of calcium source and particle size on the production performance and bone quality of laying hens. *Poultry Science*, 88(2), 338-353. doi:10.3382/ps.2008-00278.
- Short, F., Gorton, P., Wiseman, J., & Boorman, K. (1996). Determination of titanium dioxide added as an inert marker in chicken digestibility studies. *Animal Feed Science and Technology*, 59(4), 215-221. doi:10.1016/0377-8401(95)00916-7.
- Świątkiewicz, S., Arczewska-Włosek, A., Krawczyk, J., Puchała, M., & Józefiak, D. (2015). Effects on performance and eggshell quality of particle size of calcium sources in laying hens' diets with different Ca concentrations. *Archives Animal Breeding*, 58(2), 301-307. doi:10.5194/aab-58-301-2015.
- Tunç, A. E., & Cufadar, Y. (2015). Effect of calcium sources and particle size on performance and eggshell quality in laying hens. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(4), 205-209. doi:10.24925/turjaf.v3i4.205-209.262.
- Vargas-Rodríguez, L. M., Morales-Barrera, J. E., Herrera-Haro, J. G., Antonio-Bautista, J., López-Pozos, R., & Hernández-Sánchez, D. (2016). Effect of citric acid, phytase and calcium levels on the calcium and phosphorus content in egg: yolk-albumen and shell, yolk color and egg quality in diets of laying hens. *Food and Nutrition Sciences*, 7(14), 1364-1374. doi:10.4236/fns.2016.714124.
- Zhang, B., & 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(12), 1702-1706. doi:10.1093/ps/76.12.1702.