



"مقاله پژوهشی"

بررسی تأثیر افزودن منابع مختلف کلسیم و اندازه ذرات آن بر عملکرد تولید و کیفیت تخم مرغ مرغان تخم گذار

رسول میرزائی^۱، حسین جانمحمدی^۲، مجید علیایی^۳ و سید علی میرقلنج^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد تغذیه طیور، گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲- استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، (نویسنده مسوول: mehrazd.hosseini@gmail.com)
۳- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۴- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۷
صفحه: ۲۱ تا ۲۹

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: استفاده از منابع مختلف کلسیم با اندازه ذرات مختلف در مزارع پرورش مرغان تخم گذار و همچنین اثرات نوع منبع کلسیم و اندازه آن بر عملکرد تولید پرند و کیفیت تخم مرغ، سبب توجه به بررسی اثرات نوع منبع کلسیم و اندازه ذرات آن در عملکرد تولید و کیفیت تخم مرغ در مرغان تخم گذار، شده است.

مواد و روش ها: این آزمایش به منظور بررسی تأثیر استفاده از منابع مختلف کلسیم و اندازه ذرات آن بر عملکرد تولید و کیفیت تخم مرغ مرغان تخم گذارهای - لاین W-80 انجام شد. بدین منظور تعداد ۱۹۲ قطعه مرغ تخم گذار با وزن بدن و تولید مشابه انتخاب شد و آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل (۳×۲) با سه منبع کلسیم (صدف معدنی، صدف دریایی، کربنات کلسیم) و دو اندازه ذرات (۱- ریز: با ذرات > ۲ میلی متر و ۲- مخلوط: مخلوطی از ذرات > ۲ و ۴-۲ میلی متر)، در ۴ تکرار و ۸ پرند در هر تکرار به مدت ۸ هفته از سن ۵۰-۴۲ هفتهگی انجام شد.

یافته ها: نتایج نشان داد که کربنات کلسیم کمترین میزان انحلال پذیری و ذرات ریز در مقایسه با ذرات درشت انحلال پذیری بیشتری داشتند ($p < 0.05$). اثر اصلی منبع کلسیم بر میزان مصرف خوراک معنی دار بود ($p < 0.05$). اثرات اصلی و متقابل منبع کلسیم و اندازه ذرات آن بر ضریب تبدیل خوراک، وزن تخم مرغ، تعداد تخم مرغ شکسته معنی دار نبود ($p > 0.05$). اثرات اصلی و متقابل منبع و اندازه ذرات کلسیم بر صفات کیفیت داخلی تخم مرغ از قبیل درصد سفیده، درصد زرده، واحد هاو و شاخص زرده معنی دار نبود، ولی pH سفیده تخم مرغ به صورت معنی داری تحت تأثیر اصلی منبع کلسیم تفاوت نشان داد ($p < 0.05$)، که کمترین pH مربوط به جیره حاوی صدف معدنی و بیشترین pH مربوط به جیره صدف دریایی بود. اثر اصلی و متقابل منبع کلسیم و اندازه ذرات بر صفات کیفیت خارجی تخم مرغ، وزن نسبی پوسته، ضخامت پوسته، خاکستر پوسته، معنی دار نبود ($p > 0.05$)، ولی وزن مخصوص تخم مرغ به صورت معنی داری تحت تأثیر اثرات اصلی منبع کلسیم قرار گرفت ($p < 0.05$) و کمترین و بیشترین مقادیر به ترتیب مربوط به صدف معدنی و صدف دریایی بود.

نتیجه گیری: نتیجه نهایی نشان داد که کربنات کلسیم کمترین انحلال پذیری را در بین منابع کلسیم مورد استفاده در این تحقیق داشته و ذرات ریز در مقابل ذرات درشت انحلال پذیری بیشتری بودند. با این حال، تفاوت معنی داری بین صفات کیفیت داخلی و خارجی تخم مرغ و عملکرد تولید پرندگان با استفاده از منابع مختلف کلسیم و اندازه ذرات مختلف مشاهده نشد.

واژه های کلیدی: انحلال پذیری، کیفیت تخم مرغ، مرغ تخم گذار، منابع کلسیم

مقدمه

منبع خوبی از لحاظ منگنز (۳/۰٪) می باشد و از این رو برای تغذیه جوجه ها و مرغ های تخم گذار کاربرد فراوان دارد (۱۳). علاوه بر این اندازه ذرات منبع تأمین کلسیم جهت آزاد سازی کلسیم بسیار مهم می باشد. اسکات و همکاران برای اولین بار گزارش کردند که ارائه کلسیم به شکل پوسته صدف موجب افزایش هضم و جذب بیشتر کربنات کلسیم در مقایسه با سنگ آهک درشت (بزرگ تر از ۴ میلی متر) می شود، به این دلیل که فرض کردند که ذرات بزرگ تر پوسته صدف در سنگدان باقی مانده و به آرامی در مدت طولانی حل می شود. در مقابل، ذرات کوچک تر آهک به سرعت از طریق دستگاه گوارش حرکت می کنند و تنها تا حدودی محلول می باشند (۲۳). محققین در بررسی های خود، رابطه مثبت بین کلسیم با اندازه ذرات درشت را بر کیفیت تخم مرغ گزارش کردند (۱۷، ۲۳). آن ها به این نتیجه رسیدند که اندازه ذرات بزرگ سنگ آهک با حلالیت کم در روش آزمایشگاهی، مدت زمان طولانی در سنگدان حفظ می شود که ممکن است باعث افزایش ابقاء کلسیم شود (۲۶). انحلال پذیری آزمایشگاهی کلسیم بسته به نوع منبع کلسیم و اندازه ذرات آن متفاوت است و اثر متقابل معنی داری بین آنها وجود دارد (۲۱).

کلسیم یکی از عناصر معدنی ضروری در تأمین نیازهای بیولوژیکی و تشکیل استخوان و پوسته تخم مرغ در طیور هست. اهمیت کلسیم در کنترل انواع متابولیت های بدن، از انقباض ماهیچه ای تا انعقاد خون و انتقال سلولی و همچنین شکل گیری استخوان و پوسته تخم مرغ به اثبات رسیده است. کلسیم مورد نیاز طیور از منابع مختلف معدنی و آلی تأمین می شود که همواره در تنظیم جیره های غذایی از آنها استفاده می شود. استفاده از کربنات کلسیم در صورت کم بودن مقدار فلوئور می تواند منبع خوبی برای تأمین کلسیم درجیره های غذایی طیور باشد (۱۳). کربنات کلسیم در دو نوع کوهی و فسیلی موجود می باشند و به سه صورت پودری، شکری و گرانول جهت مصارف دام، طیور و آبزیان در ایران تولید و فرآوری می شود. صدف های معدنی با توجه به تنوع مصرف آن در کارخانه های خوراک دام و طیور در اندازه های مختلف تولید و در اختیار مصرف کنندگان قرار می گیرد (۱۱). صدف یا صدف دریایی نام عمومی است که به پوسته سخت کلیه جانوران نرم تن که دارای پوشش خارجی هستند، اطلاق می شود و از نظر کلسیم بسیار غنی بوده (۳۸٪) و همچنین

سپس خاکستر به دست آمده با ۵ میلی لیتر اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال حل گردیده و به وسیله کاغذ صافی واتمن شماره ۴۱ صاف و توسط آب مقطر به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد. در نهایت با استفاده از دستگاه جذب اتمی سری AA-6200 شیمادزو ژاپن، مقدار کلسیم اندازه گیری شد (۲۶). صفات عملکرد تولید مرغان تخم گذار از قبیل میزان مصرف خوراک، وزن تخم مرغ، گرم تخم مرغ تولیدی، درصد تخم مرغ شکسته، درصد تولید تخم مرغ، ضریب تبدیل خوراک به صورت روزانه اندازه گیری شد و برای کل دوره آزمایش گزارش شد. تعداد تخم مرغ های شکسته هر روزه شمارش شد و در انتها به صورت درصدی از تخم مرغ های تولید شده بیان شد. صفات مربوط به کیفیت داخلی تخم مرغ از قبیل درصد سفیده، درصد زرده، شاخص زرده، واحد ها و صفات مربوط به کیفیت خارجی تخم مرغ شامل وزن تخم مرغ، درصد پوسته، ضخامت پوسته، استحکام و شاخص شکل تخم مرغ و وزن مخصوص تخم مرغ به ازای دونمونه از هر تکرار به صورت هر سه هفته یک بار بررسی و نتایج به صورت کل در انتهای دوره آزمایش گزارش شد.

ارتفاع سفیده با استفاده از ریزسنج (سه پایه) بافاصله یک سانتی متر از ناحیه اتصال سفیده و زرده اندازه گیری شد و با استفاده از رابطه زیر واحد هاو محاسبه شد (۱۹).

$$HU=100 \text{ LOG}(H + 7.75 - 1.7W^{.37})$$

HU: واحد هاو، H: ارتفاع سفیده برحسب میلی متر و W: وزن تخم مرغ برحسب گرم. شاخص زرده با تقسیم ارتفاع زرده بر حسب میلی متر که توسط ریزسنج اندازه گیری شده بود بر قطر زرده و ضرب آن در ۱۰۰ با استفاده از رابطه زیر به دست آمد:

$$\text{ارتفاع زرده} \\ \text{قطر زرده} \times 100 = \text{شاخص زرده}$$

قطر زرده نیز توسط کولیس اندازه گیری گردید. pH سفیده تخم مرغ با استفاده از pH متر HANA HI98108 آمریکا با دقت اندازه گیری pH ۰/۱ اندازه گیری شد. برای اندازه گیری pH سفیده ابتدا pH متر با بافرهای استاندارد ۴، ۷ و ۱۰ کالیبره گردید و سپس دو گرم از سفیده برداشته و به درون بشر انتقال و با ۲۰ میلی لیتر آب مقطر به طور کامل مخلوط گردید. پس از حل شدن کامل، الکتروود pH متر به درون محلول وارد کرده و پس از ثابت شدن عدد نمایشگر مقدار pH ثبت گردید. عمق کیسه هوایی پس از شکستن تخم مرغ و تخلیه محتویات آن، با استفاده از میکرومتر اندازه گیری و باکم کردن ضخامت پوسته از مقدار حاصله به دست آمد. وزن مخصوص تخم مرغ با استفاده از دانسیومتر (۳) اندازه گیری شد. ضخامت پوسته پس از خشک شدن کامل و جداسازی پرده غشایی از سه ناحیه (دو سر تخم مرغ و قسمت میانی) توسط میکرومتر با دقت ۰/۱ میلی متر اندازه گیری و سپس میانگین اعداد به دست آمده ثبت گردید.

با توجه به استفاده از منابع مختلف کلسیم با اندازه ذرات مختلف در مزارع پرورش مرغان تخم گذار و همچنین اثرات نوع منبع کلسیم و اندازه آن بر عملکرد تولید پرند و کیفیت تخم مرغ، این آزمایش با هدف بررسی اثرات نوع منبع کلسیم و اندازه ذرات آن در عملکرد تولید و کیفیت تخم مرغ در مرغان تخم گذار، طراحی و اجرا شد.

مواد و روش ها

این آزمایش در سالن مرغداری تجاری به ظرفیت ۳۰۰۰۰ قطعه مرغ تخم گذار که مجهز به سیستم قفسی چهار طبقه بود، انجام شد. دان خوری به صورت ناودانی و سیستم آب خوری به صورت نیپل بود. دما و رطوبت مورد نیاز سالن بر اساس دفترچه راهنمای پرورش مرغان تخم گذارهای-لاین W80 (۲۰۱۹) انجام و با استفاده از سنسورهای الکترونیکی کنترل شد. برنامه نوردی به صورت اتوماتیک و طبق برنامه ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بود. به منظور عادت دهی مرغان تخم گذار به شرایط آزمایشی دو هفته قبل از شروع دوره آزمایش دوره عادت دهی شروع شد. ابعاد قفس ها ۴۰×۴۰×۴۰ سانتی متر بود که در هر قفس ۴ پرند قرار گرفت. هر دو قفس برای یک تکرار آزمایشی توسط جداکننده پلاستیکی تقسیم گردید و به صورت کاملاً تصادفی به هر تکرار آزمایشی تخصیص یافت. تعداد ۱۹۲ قطعه مرغ تخم گذارهای-لاین W-80 با متوسط وزن 150 ± 50 گرم و ۹۴ درصد تولید تخم مرغ، به صورت تصادفی در ۶ گروه آزمایشی، با ۴ تکرار و ۸ پرند در هر تکرار در طبقه سوم توزیع شدند. این آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی به آرایش فاکتوریل ۳×۲ با استفاده از سه منبع (صدف معدنی، صدف دریایی، کربنات کلسیم) و دو اندازه ذرات (۱- ریز با ذرات >۲ میلی متر و ۲- مخلوط، مخلوطی از ذرات >۲ و ۲-۴ میلی متر) به مدت ۸ هفته از سن ۴۲-۵۰ هفتگی در مرغان تخم گذار نژاد لگهورن سویه های لاین W-80، انجام شد. جیره های غذایی آزمایشی عبارت بودند از: ۱: جیره غذایی حاوی صدف معدنی درشت ۲: جیره غذایی حاوی صدف معدنی مخلوط ۳: جیره غذایی حاوی صدف دریایی درشت ۴: جیره غذایی حاوی صدف دریایی مخلوط ۵: جیره غذایی حاوی کربنات کلسیم درشت ۶: جیره غذایی حاوی کربنات کلسیم مخلوط. جهت اندازه گیری میزان انحلال پذیری، بصورت کاملاً تصادفی چهار تکرار به میزان یک گرم از هر نمونه توسط ۱۰۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال در حمام آب ۴۲ درجه سانتی گراد به مدت ۹،۷،۵،۳،۱ دقیقه حل شدند و سپس با کاغذ صافی شماره ۴۱، صاف گردید و پس از خشک شدن کامل وزن کشی شدند؛ و با کسر عدد به دست آمده از مقدار اولیه درصد انحلال پذیری به صورت میانگین به دست آمد (۲۶).

برای اندازه گیری درصد کلسیم هر یک از منابع کلسیم مورد استفاده در این پژوهش، تعداد دو نمونه تصادفی از هر یک از منابع تهیه شد و میزان خاکستر هر یک از نمونه ها با استفاده از کوره الکتریکی و با قرار دادن ۵۰۰ میلی گرم از هر منبع در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۵ ساعت به دست آمد.

جیره های غذایی آزمایشی						مواد خوراکی و ترکیبات شیمیایی
۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۵۰/۸۰	۵۰/۸۰	۵۰/۷۰	۵۰/۷۰	۵۰/۸۵	۵۰/۸۵	ذرت
۱۳/۱۱	۱۳/۱۱	۱۳/۱۴	۱۳/۱۴	۱۳/۳۰	۱۳/۳۰	کنجاله سویا
۱۵/۰۰	۱۵/۰۰	۱۵/۰۰	۱۵/۰۰	۱۵/۰۰	۱۵/۰۰	گندم
۵/۰۰	۵/۰۰	۵/۰۰	۵/۰۰	۵/۰۰	۵/۰۰	کنجاله کانولا
۱۱/۰۰	۱۱/۰۰	-	-	-	-	کربنات کلسیم
-	-	-	-	۱۱/۰۰	۱۱/۰۰	صدف معدنی
-	-	۱۱/۵	۱۱/۵	-	-	صدف دریایی
۱/۴۶	۱/۴۶	۱/۵	۱/۵	۱/۴۶	۱/۴۶	روغن
۱/۴۸	۱/۴۸	۱/۵	۱/۵	۱/۴۸	۱/۴۸	دی کلسیم فسفات
۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	نمک
۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۶۷	جوش شیرین
۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	آل - لایزین هیدرو کلراید
۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	دی - آل متیونین
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	مکمل ویتامینی*
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	مکمل مواد معدنی**
۳۷۰۰	۳۷۰۰	۳۷۰۰	۳۷۰۰	۳۷۰۰	۳۷۰۰	انرژی قابل متابولیسم (Kcal/kg)
۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	پروتئین خام (%)
۴/۳۵	۴/۳۵	۴/۳۵	۴/۳۵	۴/۳۵	۴/۳۵	کلسیم (%)
۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	فسفر قابل دسترس (%)
۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۸۱	آرژنین (%)
۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۸	لیزین (%)
۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۴	متیونین + سیستین (%)
۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۶	ترئونین (%)
۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	تعادل الکترولیتی (meq/kg)

کربنات کلسیم درشت با مقدار ۷ درصد و صدف معدنی مخلوط با مقدار ۱۵ درصد بوده و در زمان ۹ دقیقه، نیز مربوط به صدف معدنی درشت با مقدار ۳۶ درصد و صدف معدنی مخلوط با مقدار ۵۵/۲۵ درصد بود. همچنین مشاهده شد که با افزایش مدت زمان انحلال میزان انحلال نیز افزایش می‌یابد که بیشترین افزایش در صدف دریایی به ویژه با اندازه ذرات مخلوط مشاهده شد. برخی محققین گزارش نمودند که انحلال‌پذیری آزمایشگاهی وابسته به منبع کلسیم و اندازه ذرات است و اثر متقابل معنی‌داری بین آن‌ها وجود دارد و همچنین گزارش نمودند پوسته‌ی صدف به‌طور عمده، حلالیت سریع‌تری نسبت به سنگ‌آهک با اندازه ذرات مشابه، به‌خصوص در مقایسه با اندازه ذرات بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر دارد که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد (۱۸، ۲۱، ۲۶).

برای اندازه‌گیری مقدار خاکستر پوسته تخم‌مرغ دو گرم از پوسته در بوت‌های چینی قرار گرفته و به درون کوره تحت دمای ۵۶۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۵ ساعت انتقال یافت و با تقسیم کردن وزن خاکستر بر وزن خشک پوسته درصد خاکستر محاسبه شد. مقاومت به شکست پوسته با استفاده از دستگاه مقاومت‌سنج OGAWA SEKL CO.LTD ژاپن اندازه‌گیری شد. داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط نرم‌افزار SAS و با استفاده از رویه GLM مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و بررسی معنی‌داری اختلافات بین میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون توکی با سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌داری صورت گرفت (۲۰).

نتایج اثرات اصلی و متقابل منبع و اندازه ذرات کلسیم بر میزان انحلال پذیری در جدول ۲ ارائه گردیده است. در بررسی اثرات اصلی منبع کلسیم بیشترین درصد انحلال، در زمان ۹ دقیقه، در تیمار حاوی صدف معدنی با مقدار ۴۹/۵ درصد مشاهده شد ($p < 0.05$). همچنین در بررسی اثرات اصلی اندازه ذرات نیز بیشترین درصد انحلال، در زمان ۹ دقیقه، در اندازه ذرات کوچک تر از ۲ میلی متر با مقدار ۵۰ درصد مشاهده شد. اثرات متقابل منبع و اندازه ذرات نیز به صورت معنی داری بر میزان انحلال پذیری کلسیم تأثیر گذاشت به صورتی که کمترین و بیشترین انحلال پذیری، در مدت ۱ دقیقه مربوط به

اندازه ذرات سنگ آهک بین ۰/۵ تا ۱/۲ میلی متر باعث افزایش مصرف خوراک شد (۵).

درصد تولید و وزن و میانگین توده تخم‌مرغ

هیچ‌یک از اثرات اصلی و متقابل نوع منبع کلسیم و اندازه ذرات آن بر میزان درصد تولید و وزن تخم‌مرغ تأثیر معنی‌داری نداشت ($p > 0.05$) (جدول ۳). که مطابق با نتایج این تحقیق برخی محققین بیان داشتند که تأثیر منبع و اندازه ذرات کلسیم بر میزان درصد تولید و وزن تخم‌مرغ دارای تفاوت معنی‌دار نیست (۲۸، ۱۰، ۱۶، ۲۱). همچنین در مقابل سافا گزارش نمود که درصد تولید تخم‌مرغ تحت تأثیر سطح کلسیم می‌باشد، اما اثر اندازه ذرات و منبع کلسیم معنی‌دار نمی‌باشد (۱۷).

دیگر محققین است که از منابع مختلف کلسیم (پوسته‌های صدف دریایی تحت اثر اسید فسفریک، پوسته صدف و سنگ‌آهک) با اندازه ذرات متفاوت در جیره مرغان تخم‌گذار استفاده و گزارش کردند مصرف خوراک در پرندگانی که جیره‌های منابع ذرات ریز دریافت کرده بودند، بیشتر بود (۲۱، ۲۶). درحالی‌که برخی محققین بیان داشتند که مصرف خوراک تحت تأثیر نوع منبع مورد استفاده قرار نگرفت (۱۶، ۲۲). دلیل این تفاوت در مصرف می‌تواند تفاوت در نوع منبع کلسیم مورد استفاده و اندازه ذرات آن و یا شرایط آزمایش باشد. ایتو طی مطالعه‌ای دریافت مصرف خوراک تحت تأثیر اندازه ذرات سنگ آهک ۰/۵ میلی‌متر و ۳ میلی‌متر قرار نگرفت (۷). در مقابل، فاریا مشاهده کرد که

جدول ۲- اثرات نوع منبع کلسیم (صدف دریایی، صدف معدنی و کربنات کلسیم) و اندازه ذرات آن (۰-۲ و ۲-۴ میلی‌متر) بر انحلال‌پذیری کلسیم (درصد)

Table 2. The effects of calcium sources (lumyashel, oyster shell and calcium carbonate) and its Particles size (0-2 mm and 2-4 mm) on the solubility

منابع و اندازه ذرات	۱ دقیقه	۳ دقیقه	۵ دقیقه	۷ دقیقه	۹ دقیقه
صدف دریایی	۱۲/۵ ^a	۲۳ ^a	۳۰/۵ ^a	۳۷ ^b	۴۵/۶۲ ^b
صدف معدنی	۱۱/۵ ^a	۲۴ ^a	۳۳ ^a	۴۱ ^a	۴۹/۵ ^a
کربنات کلسیم	۷/۵ ^b	۱۳/۵ ^b	۲۱/۵ ^b	۲۷/۳۷ ^c	۳۹ ^c
p-value	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱
SEM	۰/۵۲۷	۰/۶۰۶	۰/۵۹۸	۰/۵۶۹	۰/۴۶۲
اندازه ذرات					
درشت	۱۰	۱۸ ^b	۲۴/۳۳ ^b	۲۷/۲۵ ^b	۳۹ ^b
ریز	۱۱	۲۲/۵ ^a	۳۲/۳۳ ^a	۴۲/۳۳ ^a	۵۰ ^a
p-value	۰/۱۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۸
SEM	۰/۴۳۰	۰/۴۹۵	۰/۴۸۱	۰/۵۶۹	۰/۳۷۷
اثر متقابل منبع و اندازه ذرات					
صدف معدنی درشت	۱۰ ^{bc}	۱۴ ^d	۲۴ ^c	۲۴ ^c	۳۶ ^d
صدف معدنی مخلوط	۱۵ ^a	۲۳ ^a	۳۷ ^a	۵۰ ^a	۵۵/۲۵ ^a
صدف دریایی درشت	۱۳ ^{ab}	۲۱/۵ ^c	۲۹ ^b	۳۵ ^b	۴۴ ^b
صدف دریایی مخلوط	۱۰ ^{bc}	۲۷ ^b	۳۷ ^a	۴۸ ^a	۵۵ ^a
کربنات کلسیم درشت	۷ ^c	۱۳ ^d	۲۰ ^d	۲۲/۷۵ ^c	۳۸ ^{cd}
کربنات کلسیم مخلوط	۸ ^c	۱۴ ^d	۲۳ ^{cd}	۳۳ ^b	۴۰ ^c
p-value	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۵
SEM	۰/۷۴۵	۰/۸۵۷	۰/۸۳۳	۰/۸۰۵	۰/۶۵۳

a-b: میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون دارای تفاوت آماری معنی‌دار می‌باشند ($p < 0.05$)

SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

درصد تخم‌مرغ شکسته

نتایج آزمایش نشان داد که هیچ یک از اثرات اصلی و متقابل منبع کلسیم و اندازه ذرات آن بر درصد تخم‌مرغ شکسته در طول این آزمایش تأثیر معنی‌داری ندارد ($p > 0.05$) (جدول ۳). نتایج این آزمایش مطابق گزارش برخی محققین است که گزارش داده‌اند میزان تخم‌مرغ‌های تحت تأثیر منبع کلسیم مورد استفاده قرار نمی‌گیرد (۲۱، ۱۷). برخی دیگر از محققین نیز (۱۶، ۶) اعلام کردند همبستگی قابل‌توجهی بین (منشأ منبع و اندازه ذرات) در معیارهای کیفیت پوسته تخم‌مرغ و میزان درصد تخم‌مرغ شکسته وجود دارد. به نظر می‌رسد که عامل اصلی مؤثر بر میزان کیفیت پوسته و تعداد تخم‌مرغ‌های شکسته در سطح سالن میزان سطح کلسیم هست که در این آزمایش مقدار کلسیم موردنیاز به‌صورت کامل تأمین شده است.

هیچ‌یک از اثرات اصلی و متقابل منبع و اندازه ذرات بر میزان میانگین توده تخم‌مرغ در طول این آزمایش تأثیر معنی‌داری نداشته‌اند ($p > 0.05$). مطابق با پژوهش حاضر برخی محققین گزارش دادند هیچ‌یک از اثرات اصلی و متقابل منبع و اندازه ذرات بر میزان میانگین توده تخم‌مرغ تأثیر معنی‌داری نداشت (۱۷، ۱۶).

ضریب تبدیل خوراک

نوع منبع کلسیم و اندازه ذرات آن بر ضریب تبدیل خوراک تأثیر معنی‌داری نداشت ($p > 0.05$) (جدول ۳). همچنین در بررسی اثرات متقابل بین منبع و اندازه ذرات نیز تفاوت معنی‌داری در ضریب تبدیل خوراک مشاهده نشد. همسو با نتایج این آزمایش گزارشات برخی محققین گزارش دادند که ضریب تبدیل غذایی تحت تأثیر نوع منبع و اندازه ذرات کلسیم قرار نگرفت (۱۷، ۶، ۱۲، ۲۵) در مقابل صادقی عنوان داشت ضریب تبدیل خوراک تحت تأثیر منبع کلسیم قرار گرفت (۱۶).

تغییرات وزن بدن

در بررسی اثرات متقابل بین منبع و اندازه ذرات نیز تفاوت معنی‌داری در تغییرات وزن بدن مشاهده نشد. نتایج آزمایش حاضر همسو با نتایج (۲۱،۱۷،۱۶) بود که گزارش داده‌اند منبع و اندازه ذرات کلسیم رابطه‌ای با میزان وزن بدن پرند ندارد.

تغییرات وزن بدن (به صورت تفاوت وزن بدن در انتهای آزمایش با وزن پرندگان در شروع آزمایش) تحت تأثیر نوع منبع و اندازه ذرات کلسیم قرار نگرفت ($p > 0.05$). همچنین

جدول ۳- اثرات نوع منبع کلسیم (صدف دریایی، صدف معدنی و کربنات کلسیم) و اندازه ذرات آن (۲-۰ و ۴-۲ میلی‌متر) بر میزان صفات عملکردی مرغان تخم‌گذار در کل دوره آزمایش

Table 3. Effects of calcium sources (lummyashel, oyster shell and calcium carbonate and its Particles size (0-2mm and 2-4mm) on the performance characteristics of laying hens during the all period experiment

منبع و اندازه ذرات	مصرف خوراک (گرم)	تولید تخم مرغ (درصد)	توده تخم مرغ (گرم)	ضریب تبدیل خوراک	وزن تخم مرغ (گرم)	تخم مرغ شکسته (درصد)	تغییرات وزن بدن (گرم)
صدف معدنی	۱۰۰ ^b	۹۰/۶۲	۵۳/۷۷	۱/۸۵	۵۹/۳۵	۰/۰۲	۱۴/۷۵
صدف دریایی	۱۰۰ ^a	۸۹/۴۷	۵۳/۲۴	۱/۸۹	۵۹/۵۴	۰/۰۴	۱۱/۸۲
کربنات کلسیم	۱۰۰ ^b	۸۸/۱۳	۵۲/۷	۱/۸۹	۵۹/۸۶	۰/۰۳	۱۳/۶۲
p-value	۰/۰۰۲۴	۰/۴۱۹	۰/۵۵۵	۰/۳۵۷	۰/۶۸۶	۰/۴۲۲	۰/۵۱۷
SEM	۰/۱۷۱	۱/۳۲۶	۰/۶۴۶	۰/۰۳۷	۰/۳۸۱	۰/۷۹۵	۱/۷۵۰
اندازه ذرات							
درشت	۱۰۰/۴	۸۸/۹۶	۵۳/۵۱	۱/۸۷	۵۹/۶۱	۰/۰۲	۱۳/۱۶
ریز	۱۰۰/۴	۸۹/۸۵	۵۲/۹۶	۱/۸۹	۵۹/۵۶	۰/۰۴	۱۳/۶۶
p-value	۰/۹۵۰	۰/۵۶۱	۰/۵۰۳	۰/۹۸۵	۰/۹۲۱	۰/۱۱۴	۰/۸۰۷
SEM	۰/۱۴۰	۱/۰۸۲	۰/۵۲۸	۰/۰۲۲	۰/۳۱۱	۰/۶۴۹	۱/۴۲۹
اثر متقابل منبع و اندازه ذرات							
صدف معدنی درشت	۹۹/۹۲	۹۰/۸۴	۵۳/۸۱	۱/۸۵	۵۹/۲۶	۰/۰۲	۱۳/۵۰
صدف معدنی مخلوط	۱۰۰/۲۴	۹۰/۴۰	۵۳/۷۳	۱/۸۶	۵۹/۴۴	۰/۰۲	۱۶
صدف دریایی درشت	۱۰۰/۱۱	۸۹/۵	۵۳/۵۷	۱/۸۸	۵۹/۹	۰/۰۵	۱۲
صدف دریایی مخلوط	۱۰۰/۷۵	۸۹/۴۳	۵۲/۹۱	۱/۹	۵۹/۱۸	۰/۰۲	۱۱/۷۵
کربنات کلسیم درشت	۱۰۰/۱۶	۸۶/۵۳	۵۱/۵۲	۱/۹۴	۵۹/۶۷	۰/۰۴	۱۵/۵۰
کربنات کلسیم مخلوط	۱۰۰/۲۵	۸۹/۷۳	۵۳/۸۸	۱/۸۶	۶۰/۰۶	۰/۰۲	۱۱/۷۵
p-value	۰/۳۱۲	۰/۵۶۴۸	۰/۳۸۰۴	۰/۱۱۴	۰/۶۰۸	۰/۷۱۲	۰/۴۶۵
SEM	۰/۳۴۲	۱/۸۷۵	۰/۹۱۴	۰/۰۳۹	۰/۵۴۰	۱/۱۲۵	۲/۴۷۶

a-b: میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون دارای تفاوت آماری معنی‌دار می‌باشند. ($p < 0.05$)
SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

صفات کیفیت داخلی تخم مرغ

نتایج اثرات اصلی و متقابل نوع منبع کلسیم و اندازه ذرات آن بر صفات کیفیت داخلی تخم مرغ (واحد هاو، شاخص زرده، pH، سفیده، عمق کیسه هوایی، درصد زرده، درصد سفیده) در جدول ۴ ارائه گردیده است.

شاخص زرده

بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش اثرات اصلی منبع کلسیم و اندازه ذرات آن و همچنین اثرات متقابل بین منبع و اندازه ذرات اثر معنی‌داری بر شاخص زرده نداشته است زیرا گزارش شده است که شاخص زرده تخم مرغ تحت تأثیر چربی و پروتئین جیره می‌باشد ($p > 0.05$) (۱۷).

درصد سفیده و زرده

بر اساس نتایج جدول ۴، در بررسی اثرات اصلی منبع کلسیم و اندازه ذرات آن و همچنین اثرات متقابل بین منبع کلسیم و اندازه ذرات بر روی صفات درصد سفیده و درصد زرده تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$). در راستای این پژوهش برخی محققان دیگر بیان داشتند که منابع مختلف کلسیم و اندازه ذرات بر میزان درصد سفیده و زرده تأثیر معنی‌داری نداشت زیرا این دو صفت بیشتر تحت تأثیر پروتئین و منبع انرژی جیره قرار می‌گیرد (۱۷، ۱۱، ۱، ۲۵).

جدول ۴- اثرات نوع منبع کلسیم (صدف دریایی، صدف معدنی و کربنات کلسیم) و اندازه ذرات آن (۰-۲ و ۲-۴ میلی متر) بر صفات کیفی داخلی تخم‌مرغ در کل دوره آزمایش

Table 4. Effects of calcium sources (lumyashel, oyster shell and calcium carbonate and its Particles size (0-2mm and 2-4mm) on the quality of internal egg factors in the all period experiment

منبع و اندازه ذرات	واحد هاو	شاخص زرده	pH سفیده	عمق کیسه هوایی (میلی متر)	درصد زرده	درصد سفیده
صدف معدنی	۹۶/۸۲	۲۱/۳۲	۹ ^c	۵	۲۷/۹۲	۶۳/۱۹
صدف دریایی	۹۶/۹۶	۲۱/۹۴	۹/۲ ^a	۴/۸۷	۲۸/۱۵	۶۲/۷۶
کربنات کلسیم	۹۶/۲۸	۲۱/۷۲	۹/۱ ^b	۴/۶۲	۲۸/۱	۶۲/۸۳
p-value	۰/۸۸۲	۰/۳۳۹	۰/۰۰۲	۰/۶۲۸	۰/۹۴۷	۰/۸۲۹
SEM	۰/۶۶۷	۰/۲۶۳	۰/۰۲۰	۰/۲۷۶	۰/۵۲۵	۰/۵۲۷
اندازه ذرات						
درشت	۹۷/۶۷	۲۱/۶۱	۹/۱۱	۴/۷۵	۲۸/۳۳	۶۲/۶۱
ریز	۹۶/۳۷	۲۱/۷۳	۹/۱۵	۴/۹۱	۲۷/۷۹	۶۳/۲۴
p-value	۰/۱۰۸	۰/۷۳۹	۰/۱۰۰	۰/۳۷۷	۰/۳۷۷	۰/۳۱۲
SEM	۰/۵۴۵	۰/۲۱۵	۰/۰۱۷	۰/۴۲۹	۰/۴۲۹	۰/۴۳۰
اثر متقابل منبع و اندازه ذرات						
صدف معدنی درشت	۹۶/۸۵	۲۱/۳۷	۹/۰۵	۵/۲۵	۲۸/۰۹	۶۳/۰۵
صدف معدنی مخلوط	۹۶/۷۹	۲۱/۲۷	۹/۱	۴/۷۵	۲۷/۷۵	۶۳/۳۲
صدف دریایی درشت	۹۹	۲۱/۸۲	۹/۱۷	۴/۵	۲۹/۰۱	۶۱/۹۳
صدف دریایی مخلوط	۹۲/۹۶	۲۲/۰۷	۹/۲۲	۵/۲۵	۲۷/۲۹	۶۳/۵۹
کربنات کلسیم درشت	۹۷/۱۶	۲۱/۶۲	۹/۱۲	۴/۵	۲۷/۸۹	۶۲/۸۴
کربنات کلسیم مخلوط	۹۷/۴	۶۱/۸۲	۹/۱۵	۴/۷۵	۲۸/۳۲	۶۲/۸۲
p-value	۰/۰۶۱	۰/۹۰۴	۰/۸۸۷	۰/۲۹۸	۰/۳۵۸	۰/۵۰۳۲
SEM	۰/۹۴۴	۰/۳۷۲	۰/۰۲۹	۰/۳۹۰	۰/۷۴۲	۰/۷۴۵

^{a-b}: میانگین‌های با حروف غیر مشابه دارای تفاوت آماری معنی‌دار می‌باشند ($p < 0.05$)
SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

موافقت با گزارش حاضر طی یک تحقیقی که در آن از سه نوع سنگ آهک و یک نوع صدف دریایی با اندازه ذرات ریز و درشت استفاده شده بود عنوان شد که منبع کلسیم تأثیر معنی‌داری بر میزان مقاومت به شکست پوسته تخم‌مرغ ندارد (۲۱). اسکات گزارش کرد استفاده از پوسته صدف موجب بهبود جذب کلسیم، کیفیت و ضخامت پوسته، و درصد پوسته، می‌شود (۲۳). برخی محققین گزارش نمودند رابطه قابل‌توجهی میان کیفیت پوسته و نوع منبع کلسیم و اندازه ذرات آن وجود دارد. بر اساس توصیه محققین جیره غذایی حاوی سنگ‌آهک و پوسته صدف درشت کلسیم با اندازه ۲-۴ میلی‌متر کیفیت بهتر تخم‌مرغ را به ارمغان آورد (۱۵،۹۶،۲۴).

درصد خاکستر پوسته و وزن مخصوص تخم‌مرغ

در بررسی اثرات اصلی نوع منبع کلسیم و اندازه ذرات آن و همچنین اثرات متقابل بین منبع کلسیم و اندازه ذرات بر درصد خاکستر پوسته تخم‌مرغ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$). بریستر بیان داشت که اندازه ذرات بر وزن پوسته اثر معنی‌داری دارد درحالی‌که پلیسیا گزارش کرد که منبع و اندازه ذرات منبع کلسیم بر میزان درصد پوسته اثر معنی‌داری ندارد (۲،۱۳). در بررسی تأثیر اثرات اصلی منبع کلسیم بر میزان وزن مخصوص تخم‌مرغ، کمترین میزان وزن مخصوص در تیمار حاوی صدف معدنی و بیشترین مقدار آن در تیمارهای حاوی کربنات کلسیم و صدف دریایی مشاهده شد ($p < 0.05$)، اما در بررسی اثرات اصلی اندازه ذرات و اثرات متقابل بین منبع کلسیم و اندازه ذرات بر وزن مخصوص تخم‌مرغ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$).

عمق کیسه هوایی، pH سفیده و واحد هاو

در بررسی اثرات اصلی منبع کلسیم و اندازه ذرات آن و همچنین اثرات متقابل بین منبع کلسیم و اندازه ذرات آن بر عمق کیسه هوایی و واحد هاو تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$) درحالی‌که pH سفیده تحت تأثیر اثرات اصلی منبع کلسیم قرار گرفته است ($p < 0.05$)، به‌صورتی که استفاده از صدف معدنی باعث کاهش pH گردید. اما اثرات اصلی اندازه ذرات و همچنین اثرات متقابل بین منبع و اندازه ذرات معنی‌داری بر pH نداشتند. مشابه با نتایج این تحقیق برخی محققین نیز بین منبع کلسیم تأثیر معنی‌داری بر میزان واحد هاو پیدا نکردند (۱،۱۱). برخلاف نتایج این گزارشات، برخی محققین دیگر گزارش نمودند که صدف دریایی بالاترین و کربنات کلسیم کمترین واحد هاو را به خود اختصاص دادند (۱۱،۴).

صفات کیفیت خارجی تخم‌مرغ

نتایج اثرات اصلی و متقابل منبع و اندازه ذرات کلسیم بر صفات کیفیت خارجی تخم‌مرغ در جدول ۵ ارائه گردیده است.

شاخص شکل تخم‌مرغ

بر اساس نتایج حاصل از آزمایش حاضر، شاخص شکل تخم مطابق با گزارش بسیاری از محققین تحت تأثیر معنی‌دار هیچ یک از اثرات اصلی و متقابل بین نوع منبع کلسیم و اندازه ذرات کلسیم قرار نگرفته است ($p > 0.05$) (۱۶،۲۱).

درصد پوسته، ضخامت پوسته و استحکام پوسته تخم‌مرغ

در بررسی اثرات اصلی و متقابل بین نوع منبع کلسیم و اندازه ذرات کلسیم بر درصد پوسته، ضخامت پوسته و استحکام پوسته تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$) در

جدول ۵- اثرات نوع منبع کلسیم (صدف دریایی، صدف معدنی و کربنات کلسیم) و اندازه ذرات آن (۰-۲ و ۲-۴ میلی‌متر) بر صفات کیفی خارجی تخم‌مرغ در کل دوره آزمایش

Table 5. Effects of calcium sources (lumpyashel, oyster shell and calcium carbonate and its Particles size (0-2mm and 2-4mm) on the quality of external egg factors in the all period expiriment

منبع و اندازه ذرات	شاخص شکل تخم مرغ	پوسته تخم (درصد)	خاکستر پوسته (درصد)	ضخامت پوسته (میلی‌متر)	استحکام پوسته تخم‌مرغ (کیلو گرم بر سانتی‌متر)	وزن مخصوص تخم‌مرغ (N/m ³)
صدف معدنی	۷۶/۸۷	۹/۰۵	۹۱/۰۰	۰/۳۴	۲/۴۹	۱/۰۷ ^b
صدف دریایی	۷۷/۶۸	۹/۰۸	۹۱/۰۶	۰/۳۴	۲/۴۹	۱/۰۸ ^a
کربنات کلسیم	۷۷/۱۱	۹/۰۵	۹۱/۰۴	۰/۳۴	۲/۴۷	۱/۰۸ ^a
p-value	۰/۷۶۷	۰/۶۹۲	۰/۱۷۷	۰/۹۳۷	۰/۹۸۳	۰/۰۱۶
SEM	۰/۷۷۵	۰/۱۷۲	۰/۵۵۴	۰/۰۰۷	۰/۰۹۶	۰/۰۰۱
اندازه ذرات						
درشت	۷۶/۵۵	۹/۰۵	۹۱/۱۸	۰/۳۳	۴۵/۲	۱/۰۷۸
ریز	۷۷/۸۹	۸/۹۵	۹۲/۱۶	۰/۳۴	۲/۵۲	۱/۰۸
p-value	۰/۱۶۵	۰/۶۶۱	۰/۱۶۸	۰/۱۳۲	۰/۵۵۴	۰/۳۷۵
SEM	۰/۶۳۲	۰/۱۴۱	۰/۴۵۲	۰/۰۰۵	۰/۰۷۹	۰/۰۰۱
اثر متقابل منبع و اندازه ذرات						
صدف معدنی درشت	۷۶/۴	۸/۸۴	۹۰/۲۵	۰/۳۴	۲/۴۵	۱/۰۷۲
صدف معدنی مخلوط	۷۷/۳۴	۸/۹۱	۹۱/۸۱	۰/۳۴	۲/۵۳	۱/۰۷۸
صدف دریایی درشت	۷۶/۰۴	۹/۱۱	۹۱/۶۸	۰/۳۳	۲/۵۱	۱/۰۸۱
صدف دریایی مخلوط	۷۶/۰۴	۹/۰۴	۹۳/۵	۰/۳۴	۲/۴۷	۱/۰۸۰
کربنات کلسیم درشت	۷۷/۲۳	۹/۲۵	۹۱/۱۸	۰/۳۳	۲/۴	۱/۰۸۲
کربنات کلسیم مخلوط	۷۷	۸/۸۵	۹۱/۶۲	۰/۳۵	۲/۵۵	۱/۰۸
p-value	۰/۳۱۱	۰/۵۶۵	۰/۳۵۷	۰/۷۹۲	۰/۷۷۱	۰/۰۷۹
SEM	۱/۰۹	۰/۲۴۵	۰/۷۸۳	۰/۰۱۰	۰/۱۳۷	۰/۰۰۱

a-b میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون دارای تفاوت آماری معنی‌دار می‌باشند. (p<۰/۰۵)
SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها

استفاده از منابع مختلف کلسیم با اندازه ذرات متفاوت بر صفات عملکردی مرغان تخم‌گذار تأثیر معنی‌داری نداشت و لیکن استفاده از صدف معدنی و کربنات کلسیم باعث کاهش مصرف خوراک شد. افزایش وزن مخصوص تخم‌مرغ با استفاده از کربنات کلسیم نشان دهنده این است که با کاهش میزان حلالیت ابقای کلسیم در پوسته تخم‌مرغ می‌تواند افزایش یابد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان مقاله از مدیریت پژوهش و فن‌آوری دانشگاه تبریز و مرغداری آقای عباسی که امکانات اجرای این آزمایش را فراهم آوردند کمال تشکر و قدردانی را دارند.

برخی محققین گزارش کردند با جایگزین کردن ۵۰ درصد کلسیم درشت به جای اندازه ذرات ریز وزن مخصوص پوسته بهبود می‌یابد و علت آن را افزایش مدت زمان ماندگاری کلسیم در قسمت میانی دستگاه گوارش بیان کردند (۲۶،۲۲،۷). برخلاف نتایج حاضر برخی محققین بیان داشتند که منبع کلسیم تأثیر معنی‌داری بر میزان وزن مخصوص تخم‌مرغ ندارد (۲۱،۲). علت وجود تفاوت در میزان وزن مخصوص می‌تواند وجود فسفر در منبع صدف دریایی باشد که باعث بهبود در وزن مخصوص می‌شود (۱). این تفاوت در گزارش‌ها ممکن است به دلیل تفاوت در نژاد پرندگان مورد آزمایش و یا تفاوت در ترکیب جیره و با ترکیبات جامد آب آشامیدنی مورد استفاده در آزمایش باشد (۱۷،۶). در جمع‌بندی نتایج حاصل از آزمایش حاضر می‌توان اذعان داشت که

منابع

- Ahmad, H.A. and R.J. Balander. 2003. Alternative feeding regimen of calcium source and phosphorus level for better eggshell quality in commercial layers. Journal of Applied poultry research, 12: 509-514.
- Brister, R.D., S.S. Linton and C.R. Creger. 1981. Effects of dietary calcium sources and particle size on laying hen performance. Poultry Science, 60: 2648-2654.
- Butcher, G.D. and R.D. Miles. 1991. Egg specific gravity: designing a monitoring program. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Catl, A.U., M. Bozkurt, K. Küçükyılmaz, M. Çınar, E. Bintas and F. Çöven. 2012. Performance and egg quality of aged laying hens fed diets supplemented with meat and bone meal or oyster shell meal. South African Journal of Animal Science 2012, 42(No. 1).

5. Faria, L.V. 2002. Granulometria do calcário calcítico and níveis de cálcio para poedeiras comerciais em segundo ciclo de produção [dissertação]. Lavras (MG): Universidade Federal de Lavras: 61 pp.
6. Guinote, F. and Y. Nys. 1991. Effects of particle size and origin of calcium sources on eggshell quality and bone mineralization in egg of laying hens. *Journal of Poultry Science*, 70: 583-92.
7. Ito, D.T., D.E. Faria, E.A. kuwano, O.M. Junqueira and L.F. Araujo. 2006. Efeitos do fracionamento do cálcio dietário e granulometria do calcário sobre o desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 28: 187-195.
8. Kuhl, H.J.D., P. Holder and T.W. Sullivan. 1977. Influence of dietary calcium levels, source and particle size on performance of laying chickens. *Journal of Poultry Science*, 56: 605-611.
9. Lichovnikova, M. 2007. The effect of dietary calcium source, concentration and particle size on calcium retention, eggshell quality and overall calcium requirement in laying hens. *Journal of Poultry Science*, 48: 71-75.
10. Miller, P.C. and M.L. Sunde. 1975. The effect of various particle sizes of oyster shell and limestone on performance of laying Leghorn pullets. *Journal of Poultry Science*, 54: 1422-1433.
11. Mirzasarvi, H., N. Afzali. 2015. The effect of different levels of three calcium sources of diet (oyster shell, calcium carbonate and limestone) on the qualitative characteristics of commercial laying eggs. The 2nd National Conference on Livestock and Poultry in the North (In Persian).
12. Oliveira, A., E. Freitas, T. Filgueira, C. Cruz and G. Nascimento. 2013. Limestone particle size and artificial light for laying hens in the second laying cycle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42(7): 481-488 p.
13. Pelicia, K., J.L.M. Mourao, E.A. Garcia, V.M.C. Pinheiro, D.A. Berto, A.B. Molino, A.B.G. Faitarone, F. Vercese, G.C. Santos and A.P. Silva. 2011. Effects of dietary calcium levels and limestone particle size on the performance, tibia and blood of laying hens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 13: 29-34.
14. Phillip, J. 2009. Why have my hens stopped lying? *Poultry Extension Specialist, Animaland Poultry Sciences*.
15. Roland, D. and M. Bryant. 1999. Optimal shell quality possible without oyster shell. *Feedstuffs* 71: 18-19.
16. Sadeghi, M., A. Temoori and H. Hafezian. 2009. Investigating the effect of different levels and particle size of calcium sources in the diet on the performance and quality of egg laying hens of Leghorn commercial mid-oviposition period. Ministry of Science, Technology Research, No. 195929 (In Persian).
17. Safa, H.M., G. Serrano, X. Valencia, E. Arbe, R. Jimenez-Moreno and G.G. Mateos. 2008. Effects of the levelsof methionine, linoleic acid, and added fat in the diet on productive performance and egg quality of brown laying hens in the latephase of production. *Journal of Poultry Science*, 87:1595-1602.
18. Safamehr, A., A. Nobakht and Y. Mehmanavaz. 2017. Evaluation of composition, In vitro solubility rate and calcium and phosphorous digestibility of different calcium sources and their effects on performance and bone traits in broiler chickens. *Research on Animal Production*, 8(15): 1-10 (In Persian).
19. Saki, A.A., M. Haghi and E. Rahmatnejad. 2015. The effect of various levels of dietary protein andmethionine on the laying hens Performance and egg characteristics in late laying cycle. *Research on Animal Production*, 5(10): 13-25 (In Persian).
20. SAS Institute Inc. 2003. SAS/STAT User's Guide Release 9.1ed. SAS Institute, Inc. Cary, N.C.
21. Saunders-Blades, J.L., J.L. MacIsaac, D.R. Korver and D.M. Anderson, 2009. The effect of calcium source and particle size on the production performance and bone quality of laying hens. *Journal of Poultry Science*, 88: 338-353.
22. Scheideler, S.E. 1998. Eggshell calcium effects on egg quality and Ca digestibility in first- or third-cycle laying hens *J. Appl. Poultry Reserch*, 7: 69-74.
23. Scot, M.L., S.J. Hull and P.A. Mullenhoff. 1971. The calcium requirement of laying hens and effects of dietary oystershell upon eggshell quality, *Journal of Poultry Science*, 50: 1055-1063.
24. Skřivan, M., M. Marounek, I. Bubancova and M. Podsedníček. 2010. Influence of limestone particle size on performance and egg quality in laying hens aged 24-36 weeks and 56-68 weeks. *Animal Feed Science*, 158: 110-114.
25. Sultan, F., M.S. Islam and M.A.R. Howlider. 2007. Effect of dietary calcium sources and levels on egg production and egg shell quality of Japanese quill. *Journal of Poultry Science*, 6: 131-136.
26. Zhang, B. and C. Coon. 1997. The relationship of calcium intake, source, solubilty in vitro and in vivo and gizzard limestone retention in laying hens *Journal of Poultry Science*, 76: 1702-622.

Investigating the Effect of Adding Different Calcium Sources and Its Particle Size on Production Performance and Egg Quality in Laying Hens

Rasoul Mirzaei¹, Hossein Janmohammadi², Majid Olyaei³ and Seyed Ali Mirgheleng⁴

1- MSc Student of Poultry Nutrition, Faculty of Agriculture, Tabriz University

2- Professor, Department of animal sciences, Faculty of Agriculture, Tabriz University,
(Corresponding Author: mehrzad.hosseini@gmail.com)

3- Assistant Professor, Department of animal sciences, Faculty of Agriculture, Tabriz University

4- Assistant Professor, Department of animal sciences, Faculty of Agriculture, Urmia University

Received: 5 December, 2020

Accepted: 29 August, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: The use of different sources of calcium with different particle sizes in laying hens and also the effects of calcium source type and size on bird production performance and egg quality, due to the effects of calcium source type and particle size on production performance and Egg quality has been reduced in laying hens.

Material and Methods: This experiment was performed to investigate the effect of using different sources of calcium and its particle size on production performance and egg quality of *Hy lin*, W-80 Leghorn hens. For this purpose, 192 laying hens with similar body weight and production were selected And experiment in a completely randomized design with factorial arrangement (2×3) with three sources of calcium (lumpy shell, oyster shell, calcium carbonate) and two particle sizes (1- fine with particles <2 mm and 2-mixture, a mixture of Particles < 2 and 2-4 mm), 4 replicates and 8 birds per replicate were performed for 8 weeks from 42-50 weeks of age.

Result: The results showed that calcium carbonate had the lowest solubility and fine particles were more soluble than large particles ($p < 0.05$). The main effect of calcium source on feed intake was significant ($p < 0.05$). The main and interaction effects of calcium source and its particle size on feed conversion ratio, egg weight and number of broken eggs were not significant ($p > 0.05$). The effect of main and interactions of source and particle size on the characteristics of internal traits of eggs (Albumen percentage, yolk percentage, Albumen height, HU unit and yolk index) did not significant ($p > 0.05$). But albumen pH showed a significant difference, The lowest pH was related to the diet containing lumpy shell with a value of 9 and the highest pH was related to the oyster shell ($p < 0.05$). The main and interaction effects of calcium source and particle size on egg external quality, shell percentage, shell thickness, shell ash were not significant ($p > 0.05$), but the specific gravity of eggs was significantly affected by the main effects of the calcium source ($p < 0.05$), and the lowest and highest values were for lumpy shell and oyster shell.

Conclusion: The final result showed that calcium carbonate had the lowest solubility among the calcium sources used in this study and fine particles were more soluble than large particles. However, no significant difference was observed between internal and external egg quality traits and production performance of birds using different calcium sources and different particle sizes.

Keywords: Calcium Source, Egg Quality, Laying Hen, Solubility