



Original Research Paper

Investigation of the effect of hen's age on physical and mechanical properties of eggs

Jamil Bahrampour ^{1*}, Farhad Khoshnam ², Zahra Ranjbarinasab ¹

¹ Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Kerman, Iran

² Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Kerman, Iran

Key Words

Density
Egg
Flock age
Rupture energy
Rupture force
Weight

Abstract

Introduction: The egg is one of the highest quality protein sources in human diet. The eggshell is a complex structure that performs important biological functions such as protecting its internal contents and helping the chicken embryo grow. Also, during storage and incubation, it controls the exchange of water and gas through the pores and provides good resistance to mechanical shocks and prevents microbial attack. Aging in laying hens increases the damage of the eggshell and damage to the eggshell poses serious problems for egg consumers, so maintaining the quality of the eggshell is an important principle in the laying hen industry. The aim of this study was to evaluate the effect of hen's age on the physical and mechanical properties of eggs.

Materials & Methods: For this study, Bovans commercial laying hens were used. Relevant data were collected using 120 eggs in different weeks of production (22, 66 and 77 weeks) and analyzed in a completely randomized design with three treatments and 40 replications. Experimental treatments included three age groups: 1) 22 weeks, 2) 66 weeks and 3) 77 weeks.

Results: The results showed that the effect of hen's age on the physical properties of eggs (length, width, shape index, geometric mean diameter, equivalent diameter, arithmetic mean diameters, sphericity, surface area, weight, volume, and density) was significant ($P < 0.05$). So that at 77 weeks of production of the main dimensions of the egg (length and width), geometric mean diameter, equivalent diameter, arithmetic mean diameters, surface area, weight, and volume had the highest value ($P < 0.05$), also the lowest value of the index Shape, sphericity and density were observed at 77 weeks of age ($P < 0.05$). In addition, the mechanical properties of the eggs including rupture deformation, rupture force, rupture energy, and toughness were affected by the hen's age ($P < 0.05$) but the hen's age had no significant effect on stiffness ($P > 0.05$). The highest amount of rupture deformation was observed at the ages of 22 and 66 weeks ($P < 0.05$). With age, rupture force, rupture energy, and toughness decreased, so that the lowest values were observed at the ages of 66 and 77 weeks ($P < 0.05$).

Conclusion: The results of this experiment showed that the physical and mechanical properties of eggs are highly dependent on the age of the chicken at production. As the egg ages, the size of the egg increases but the shell's strength decreases, which can lead to shell damage, infiltration of contamination during storage, or incubation. Although physical properties such as weight and geometric mean diameter reach their maximum at 77 weeks of age, the values of their mechanical properties are low, so the most suitable egg quality was at 22 weeks of age.

* Corresponding Author's email: jamilb60@gmail.com

Received: 23 September 2021; Reviewed: 24 October 2021; Revised: 29 December 2021; Accepted: 29 January 2022

(DOI): [10.22034/AEJ.2022.323476.2725](https://doi.org/10.22034/AEJ.2022.323476.2725)

مقاله پژوهشی

بررسی اثر سن مرغ با خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تخم مرغ

جمیل بهرامپور^{۱*}، فرهاد خوشنام^۲، زهرا رنجبری نسب^۱^۱ گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران^۲ گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران

چکیده

کلمات کلیدی

مقدمه: تخم مرغ یکی از با کیفیت ترین منابع پروتئینی در رژیم غذایی انسان است. پوسته تخم مرغ یک ساختار پیچیده است که وظایف بیولوژیکی مهمی مانند محافظت از محتوای داخلی و کمک به رشد جنین مرغ را به عهده دارد. هم چنین در طول ذخیره سازی و جوجه کشی، تبادل آب و گاز را از طریق منافذ کنترل می کند و در برابر ضربات مکانیکی مقاومت خوبی را ایجاد می کند و مانع حمله میکروبی می شود. افزایش سن در مرغان تخم گذار باعث افزایش آسیب پوسته تخم مرغ می شود و آسیب پوسته تخم مرغ مشکلات جدی برای مصرف کنندگان تخم مرغ به وجود می آورد بنابراین حفظ کیفیت پوسته تخم مرغ یک اصل مهم در صنعت پرورش مرغ تخم گذار است. هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر سن مرغ بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تخم مرغ در سنین مختلف تولید بود.

مواد و روش ها: برای انجام این مطالعه از مرغان تخم گذار تجاری نژاد بونز استفاده شد. داده های مربوط از تعداد ۱۲۰ عدد تخم مرغ در هفته های مختلف تولید (۲۲، ۶۶ و ۷۷ هفته) جمع آوری و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و ۴۰ تکرار آنالیز شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه گروه سنی: (۱) ۲۲ هفته، (۲) ۶۶ هفته و (۳) ۷۷ هفته بودند.

نتایج: نتایج نشان داد که تأثیر سن مرغ بر خواص فیزیکی تخم مرغ (طول، عرض، شاخص شکل، قطر متوسط هندسی، قطر معادل، میانگین حسایی قطر ها، ضریب کرویت، مساحت سطح رویه، وزن، حجم و چگالی) معنی دار بود ($P < 0.05$)، به طوری که در سن ۷۷ هفتگی از تولید، طول و عرض، قطر متوسط هندسی، قطر معادل، میانگین حسایی قطر ها، مساحت سطح رویه، وزن و حجم بیشترین مقدار را داشتند ($P < 0.05$)، هم چنین کمترین مقدار شاخص شکل، ضریب کرویت و چگالی در سن ۷۷ هفتگی مشاهده شد ($P < 0.05$). علاوه بر این، خواص مکانیکی تخم مرغ شامل تغییر شکل در نقطه شکست، نیروی شکست، انرژی لازم برای شکست و چقرمگی تحت تأثیر سن مرغ قرار گرفتند ($P < 0.05$)، اما سن مرغ تأثیر معنی داری بر سفتی نداشت ($P > 0.05$). بیشترین مقدار تغییر شکل در نقطه شکست در سنین ۲۲ و ۶۶ هفته مشاهده شد ($P < 0.05$). با افزایش سن نیروی لازم برای شکست، انرژی لازم برای شکست و چقرمگی کاهش یافت به طوری که کمترین مقدار در سنین ۶۶ و ۷۷ هفته مشاهده گردید ($P < 0.05$).

بحث و نتیجه گیری: نتایج این آزمایش نشان داد که خواص فیزیکی و مکانیکی تخم مرغ وابستگی زیادی با سن مرغ در هنگام تولید دارد. به طوری که با افزایش سن، اندازه تخم مرغ افزایش اما استحکام پوسته آن کاهش یافت که می تواند منجر به آسیب پوسته، نفوذ آلودگی در طول نگهداری و یا جوجه کشی گردد. گرچه در سن ۷۷ هفتگی خواص فیزیکی نظیر وزن و قطر متوسط هندسی به حداکثر مقدار خود می رسند ولی مقادیر خواص مکانیکی آن ها پایین است، لذا مناسب ترین کیفیت تخم مرغ مربوط به سن ۲۲ هفتگی بود.

مقدمه

تخم مرغ و در نتیجه افزایش سطح پوسته تخم مرغ می باشد (۱۲). محققین نشان داده اند که نیروی شکست، ضخامت و درصد وزن پوسته تخم مرغ با افزایش سن مرغ در طول دوره تولید کاهش می یابد (۱۳). همچنین نشان داده شده است که افزایش سن مرغ سبب افزایش وزن تخم مرغ و کاهش نیروی شکست و تغییر شکل در نقطه شکست پوسته تخم مرغ می شود (۱۴). بنابراین، هدف از این تحقیق بررسی تأثیر سن مرغ تخم گذار بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخم مرغ بود.

مواد و روش ها

در این مطالعه مجموعاً ۱۲۰ عدد تخم مرغ حاصل از مرغان تخم گذار تجاری نژاد بونز مورد آزمایش قرار گرفتند. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و ۴۰ تکرار انجام شد و تیمارهای آزمایشی شامل سه گروه سنی: (۱) ۲۲ هفته، (۲) ۶۶ هفته و (۳) ۷۷ هفته بودند. نمونه های مورد مطالعه از شرکت سیمرگ استان کرمان تهیه شد. تهیه نمونه ها با دقت لازم و کافی و با رعایت کامل اصول بهداشتی و توسط فرد ورزیده و با تجربه در این کار، انجام گردید. تخم مرغ های خوراکی تازه جمع آوری شده از دید شکل ظاهری طبیعی، بدون ترک خوردگی، شکستگی پوسته و دارای پوسته پاکیزه و از دید رنگ و اندازه یکنواخت بودند. پس از تهیه نمونه ها، آنها به آرامی و با دقت در شانه های تخم مرغ یکبار مصرف قرار گرفته و جهت انجام آزمایشات به آزمایشگاه خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه جیرفت انتقال داده شدند. به منظور بررسی خواص فیزیکی، سه بعد اصلی تخم مرغ (a, b و c) توسط کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی متر اندازه گیری شد (شکل ۱).



شکل ۱: نحوه اندازه گیری سه بعد اصلی

سایر پارامترهای فیزیکی از روابط زیر محاسبه شدند:

$$D_g = (abc)^{1/3} \quad (1)$$

$$D_p = \left[a \frac{(b+c)^2}{4} \right]^{1/3} \quad (2)$$

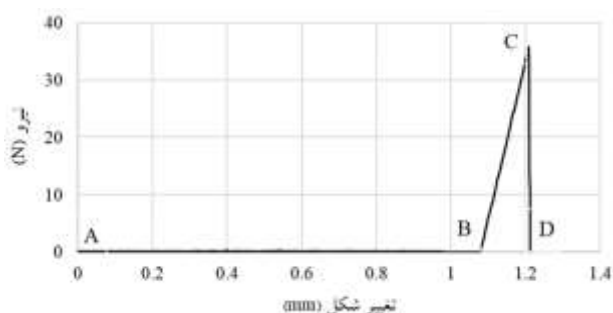
$$D_a = \frac{a+b+c}{3} \quad (3)$$

$$S_p = \frac{(abc)^{1/3}}{3} \quad (4)$$

$$S = \pi D_g^2 \quad (5)$$

تأمین پروتئین حیوانی مورد نیاز تغذیه انسان یکی از اهداف مهم بخش کشاورزی است و در این میان صنعت مرغداری تخم گذار نقش به سزایی دارد (۱). به لحاظ کیفیت، تخم مرغ ماده غذایی شناخته شده ای است که بعد از شیر مادر در رتبه دوم قرار می گیرد. علاوه بر این که تخم مرغ یکی از با کیفیت ترین منابع پروتئینی است، تقریباً حاوی تمامی ویتامین ها به استثناء ویتامین C و مواد معدنی ضروری بدن انسان است. همچنین هضم تخم مرغ آسان و جذب آن تقریباً به طور کامل انجام می گیرد. امروزه علاوه بر تأمین نیاز غذایی جامعه، توجه به کیفیت به عنوان یک اصل، لازم است (۲). تخم مرغ های با کیفیت پایین سبب کاهش اعتماد خریدار و مصرف کننده می شوند. گذشت زمان و انبارداری از کیفیت داخلی تخم مرغ کاسته می شود. گرچه ترکیب شیمیایی تخم مرغ (زرده و سفیده) تغییر زیادی نمی کند (۱). علاوه بر این، محتوای تخم مرغ در برابر اثرات مکانیکی، آلودگی میکروبی و دهیدراتاسیون، توسط پوسته تخم مرغ (لایه معدنی نازک) محافظت می شود که برای حفظ کیفیت تغذیه ای تخم مرغ و ایمنی مواد غذایی از اهمیت بالایی برخوردار است (۳). بنابراین آسیب پوسته تخم مرغ یک مشکل جدی است و باعث ضرر اقتصادی قابل توجه تولید کننده تخم مرغ می شود (۴). تخمین زده شده است که تخم مرغ های ترک خورده و آسیب دیده حدود ۸ تا ۱۱ درصد از کل تخم مرغ تولیدی را تشکیل می دهد (۵). این درصد می تواند در پایان چرخه تخم گذاری (۶۵-۷۰ هفته) در حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد افزایش یابد که یکی از دلایل اصلی محدودیت تولید در این سن است. کیفیت پایین پوسته تخم مرغ همچنین یکی از نگرانی های اصلی ایمنی مواد غذایی است، زیرا تخم مرغان دارای پوسته آسیب دیده به راحتی توسط باکتری ها آلوده می شوند (۶). گزارش شده است که استحکام پوسته تخم مرغ تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله ژنتیک، سن، تغذیه و محیط (سالن و برنامه روستایی) قرار دارد (۷). علی رغم انتخاب ژنتیکی، کیفیت پوسته تخم مرغ با افزایش سن مرغ در طول چرخه تولید کاهش می یابد (۸). خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تخم مرغ رابطه مستقیمی با کیفیت پوسته تخم مرغ دارند. تولید کنندگان تجاری تخم مرغ، باید در طول حمل و نقل، فرآوری، بسته بندی و ذخیره سازی تخم مرغ اصول مراقبتی را رعایت کنند تا آسیب ناشی از ضربات مکانیکی به حداقل برسد (۸). خصوصیات مکانیکی تخم مرغ به متغیرهای هندسی مانند شکل و ضخامت پوسته تخم مرغ همراه با خصوصیات اصلی مواد پوسته بستگی دارد (۹). سن گله عامل مهمی است که بر کیفیت پوسته تخم مرغ تأثیر می گذارد. گزارش شده است که کیفیت پوسته تخم مرغ با افزایش سن مرغ کاهش می یابد (۱۰، ۱۱)، که احتمالاً مربوط به افزایش اندازه

و تخم مرغ ممکن است منجر به شکستن پوسته تخم مرغ شود لذا جهت اطمینان از عدم شکست، تخم مرغ را روی فک ثابت در حالت ایستاده (در جهت طول) قرار داده (جهت قرارگیری در این وضعیت اندکی خاک سیلت روی فک پایین ریخته شد) و فک متحرک (بالایی) اندکی بالاتر از سطح فوقانی تخم مرغ بود. بدیهی است که تا قبل از برخورد فک متحرک به نمونه، نیرویی به لودسل دستگاه وارد نمی شود و نیرو صفر است (A تا B منحنی شکل ۲).



شکل ۲: نمونه‌ای از نمودار استخراج شده نیرو- تغییر شکل در محیط Excel 2016 (A شروع آزمایش، B شروع بارگذاری، C نقطه شکست، D تغییر شکل در نقطه شکست)

پس از طی مسافت A تا B فک متحرک با نمونه برخورد کرده و بارگذاری آغاز می شود (نقطه B). هم زمان با اعمال فشار توسط فک متحرک، نیرو و تغییر شکل در نمونه زیاد شده تا نمونه به نقطه شکست خود (نقطه C) برسد. مقدار نیرو در این نقطه برابر نیروی شکست (F_r) (Rupture Force) بر حسب نیوتن و مقدار تغییر شکل در این نقطه میزان تغییر شکل در نقطه شکست (D_r) (Rupture Deformation) بر حسب میلی متر می باشد. تغییر شکل عبارت است از میزان تغییر شکل از شروع بارگذاری تا زمان شکست یعنی:

$$D_r = BD = AD - AB \quad (9)$$

جهت تعیین میزان انرژی لازم برای شکست (E_r) (Rupture Energy) مساحت زیر نمودار نیرو- تغییر شکل تا نقطه شکست در نرم افزار Excel 2016 محاسبه شد. سطح زیر نمودار نیرو- تغییر شکل تا نقطه شکست بیانگر انرژی (بر حسب میلی ژول) است و در شکل (۲) برابر مساحت سطح محصور BCD می باشد. سفتی (S_r) (Stiffness) برابر نسبت نیروی شکست به تغییر شکل در نقطه شکست است و بر حسب نیوتن بر میلی متر بیان می شود. چقرمگی (T_r) (Toughness) برابر کار لازم برای ایجاد شکست در نمونه بوده و واحد آن میلی ژول بر سانتی متر مکعب است. مقادیر استخراج شده از شکل ۲ عبارتند از:

$$AB = 1.0761 \text{ mm} \quad F_r = 35.8 \text{ N} \quad AD = 1.208 \text{ mm}$$

و خواص مکانیکی محاسبه شده عبارتند از:

$$D_r = BD = AD - AB = 1.208 - 1.0761 = 0.1319 \text{ mm} \quad (10)$$

در روابط بالا a بزرگترین بُعد، b بزرگترین بُعد عمود بر a، c بزرگترین بُعد عمود بر a و b، D_g میانگین هندسی قطر ها، D_p قطر معادل، D_a میانگین حسابی قطر ها، S_p ضریب کروی و S مساحت سطح رویه می باشد (۱۵). شاخص شکل تخم مرغ از نسبت عرض به طول آن به دست آمد (۱۶). در این تحقیق عرض تخم مرغ برابر متوسط ابعاد b و c و طول آن a در نظر گرفته شد. حجم نمونه ها توسط روش ترازو با کفه مسطح (دقت ۰/۰۱ گرم) اندازه گیری شد. بدین نحو که در این روش ابتدا تخم مرغ را روی ترازو در هوای آزاد وزن کرده و وزن آن ثبت می شود. سپس یک ظرف آب روی ترازو قرار داده و تخم مرغ را (با استفاده از نگه دارنده) در آب غوطه ور می نماییم. مقدار افزایش وزن نشان داده شده در اثر غوطه ور شدن تخم مرغ، مساوی وزن آب جابجا شده است که با کاربرد آن در معادلات زیر، حجم و چگالی محاسبه می شود (۱۵):

$$\text{حجم (cm}^3\text{)} = \quad (6)$$

$$\text{وزن مخصوص آب (g/cm}^3\text{) / وزن در آب (g) - وزن در هوای آزاد (g)}$$

$$= \text{وزن آب جابجا شده (g)} \quad (7)$$

$$\text{وزن نمونه در آب (g) - وزن نمونه در هوای آزاد (g)}$$

$$= \text{چگالی (g/cm}^3\text{)} \quad (8)$$

$$\text{وزن آب جابجا شده (g) / وزن مخصوص آب (g/cm}^3\text{)} \times \text{وزن در هوای آزاد (g)}$$

خواص مکانیکی مورد مطالعه عبارتند از: تغییر شکل، نیرو، انرژی (سطح زیر نمودار نیرو- تغییر شکل)، سفتی (نسبت نیرو به تغییر شکل) و چقرمگی (انرژی شکست در واحد حجم) تا نقطه شکست تخم مرغ بودند، که در ادامه نحوه اندازه گیری و محاسبه آن ها بیان می شود. جهت اندازه گیری خواص مکانیکی از دستگاه آزمون یونیورسال (مدل Santam STM-5، کشور کره) استفاده شد. این دستگاه قادر به انجام آزمون های فشاری، کششی، خزش، آسایش تنش و دیگر آزمون ها است. این دستگاه از یک فک ثابت در پایین و یک فک متحرک در بالای آن تشکیل شده و نمونه های تخم مرغ بین این دو فک قرار گرفتند. دستور شروع آزمایش توسط رایانه ای که به دستگاه مرتبط بود، صادر شده و در همین حین نمودار مربوط به هر آزمون در رایانه متصل به دستگاه ترسیم شده و فایل خروجی در نرم افزار Excel 2016 ذخیره شد (شکل ۲). نمودار نیروی مورد نظر در هر آزمون از طریق لودسل که به فک متحرک دستگاه وصل است احساس می شود. نمودار به دست آمده از دستگاه به صورت تغییر شکل بر حسب میلی متر (محور افقی) و نیرو بر حسب نیوتن (محور عمودی) است. از آن جایی که مقاومت پوسته تخم مرغ به سرعت بارگذاری شدیداً بستگی دارد (۱۷)، لذا جهت انجام آزمون فشردگی سرعت بارگذاری ثابت دو میلی متر بر دقیقه انتخاب شد. برای انجام آزمون مکانیکی نیاز به تماس بین فک متحرک و نمونه است. به دلیل این که تنظیم تماس بین فک متحرک

(طول و عرض) در هفته‌های مختلف تولید مشاهده شد ($P < 0.05$)، به‌طوری‌که با افزایش سن مرغ ابعاد تخم‌مرغ افزایش یافت ($P < 0.05$). شاخص شکل و ضریب کروییت تخم‌مرغ‌ها در هفته‌های پایانی تولید به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0.05$) به‌طوری‌که در ۲۲ و ۶۶ هفتگی به‌ترتیب ۷۶/۱۶ و ۷۷/۳۰ بود که نشان‌دهنده یک شکل گرد است، ولی در سن ۷۷ هفتگی شاخص شکل، ۷۵/۸۰ محاسبه شد (شکل ۳). وزن تخم‌مرغ تولیدی در ۲۲ و ۷۷ هفتگی به‌ترتیب ۴۵/۳۰ و ۶۱/۶۷ گرم به‌دست آمد که نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار در وزن تخم‌مرغ تولیدی می‌باشد ($P < 0.05$). با افزایش سن مرغ‌ها، حجم، قطر متوسط هندسی (شکل ۴)، مساحت سطح رویه، میانگین حسابی قطرهای و قطر معادل افزایش و چگالی (شکل ۵) کاهش یافت ($P < 0.05$). به‌طوری‌که در سنین بالاتر (۶۶ و ۷۷ هفته) نسبت به سنین پایین‌تر (۲۲ هفته) تخم‌مرغ‌ها دارای حجم، قطر متوسط هندسی، مساحت سطح، میانگین حسابی قطرهای و قطر معادل بالاتری بودند.

$$E_r = S_{\Delta BCD} = \frac{1}{2} BD \times CD = 0.5 \times 0.1319 \times 35.8 = 2.36 \text{ mJ} \quad (11)$$

$$S_r = \frac{CD}{BD} = \frac{35.8}{0.1319} = 271.42 \text{ N/mm} \quad (12)$$

برای محاسبه چقرمگی نیاز به حجم نمونه (V) است چون که حجم تخم‌مرغ (هفته ۶۶ و تکرار ۹) برابر $55/24 \text{ cm}^3$ می‌باشد. پس:

$$T_r = \frac{E_r}{V} = \frac{2.36 \text{ mJ}}{55.24 \text{ cm}^3} = 0.0427 \text{ mJ/cm}^3 \quad (13)$$

محاسبات تعیین خواص مکانیکی برای کل نمونه‌ها (۱۲۰ عدد) انجام گرفت. داده‌های حاصل از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار آماری Minitab (نسخه ۱۶) و رویه GLM مورد تجزیه آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ($P < 0.05$) انجام شد.

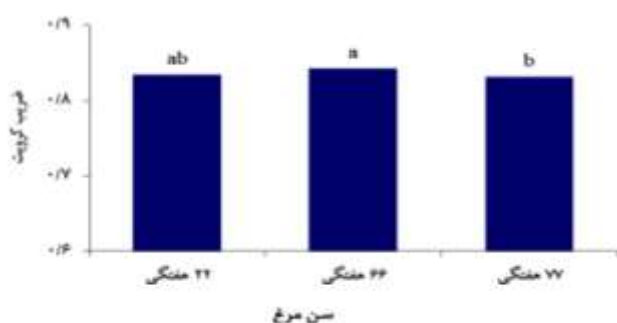
نتایج

خصوصیات فیزیکی تخم‌مرغ‌های تولیدی در هفته‌های مختلف تولید در جدول ۱ آورده شده است. تفاوت معنی‌داری بین ابعاد تخم‌مرغ

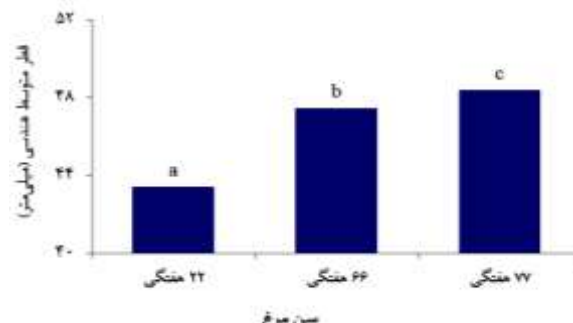
جدول ۱: تأثیر سن مرغ بر خواص فیزیکی تخم‌مرغ

P-Value	SEM	سن مرغ			پارامترها
		۷۷ هفتگی	۶۶ هفتگی	۲۲ هفتگی	
۰/۰۰۰	۰/۲۹۶	۵۸/۲۳ ^a	۵۶/۳۹ ^b	۵۲/۰۹ ^c	طول (میلی‌متر)
۰/۰۰۰	۰/۱۸۵	۴۴/۱۰ ^a	۴۳/۵۵ ^a	۳۹/۶۴ ^b	عرض (میلی‌متر)
۰/۰۰۴	۰/۴۳	۷۵/۸۰ ^b	۷۷/۳۰ ^a	۷۶/۱۶ ^{ab}	شاخص شکل (درصد)
۰/۰۰۰	۰/۱۷۹	۴۸/۳۷ ^a	۴۷/۴۶ ^b	۴۳/۴۱ ^c	قطر متوسط هندسی (میلی‌متر)
۰/۰۳۶	۰/۱۷۹	۴۸/۳۷ ^a	۴۷/۴۶ ^b	۴۳/۴۱ ^c	قطر معادل (میلی‌متر)
۰/۰۰۰	۰/۱۸	۴۸/۸۱ ^a	۴۷/۸۳ ^b	۴۳/۷۹ ^c	میانگین حسابی قطرهای (میلی‌متر)
۰/۰۴۵	۰/۰۰۳	۰/۸۳۱۲ ^b	۰/۸۴۲۲ ^a	۰/۸۳۳۸ ^{ab}	ضریب کروییت
۰/۰۰۰	۵۵/۳	۷۳۵۶ ^a	۷۰۷۹ ^b	۵۹۲۵ ^c	مساحت سطح رویه (میلی‌متر مربع)
۰/۰۰۰	۰/۶۳۳	۶۱/۶۷ ^a	۵۸/۲۴ ^b	۴۵/۳۰ ^c	وزن (گرم)
۰/۰۰۰	۰/۵۹۴	۵۸/۴۸ ^a	۵۵/۱۴ ^b	۴۲/۲۵ ^c	حجم (سانتی‌متر مکعب)
۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۱/۰۵۵ ^b	۱/۰۵۶ ^b	۱/۰۷۲ ^a	چگالی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)

^{a-c}: میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$). SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.

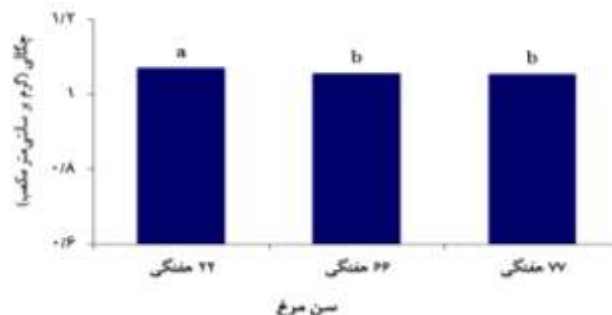


شکل ۴: نمودار تأثیر سن مرغ بر ضریب کروییت تخم‌مرغ



شکل ۳: نمودار تأثیر سن مرغ بر قطر متوسط هندسی تخم‌مرغ

تأثیر سن مرغ بر خواص مکانیکی تخم‌مرغ در جدول ۲ نشان داده شده است. اثر سن گله بر تغییر شکل در نقطه شکست، نیروی شکست، انرژی لازم برای شکست و چقرمگی معنی‌دار بود ($P < 0.05$)، به‌طوری‌که با افزایش سن گله تغییر شکل در نقطه شکست، نیروی شکست، انرژی لازم برای شکست و چقرمگی کاهش یافت ($P < 0.05$) (شکل‌های ۶ و ۷). به‌لحاظ آماری سفتی تحت تأثیر سن گله قرار نگرفت ($P > 0.05$) اما به‌لحاظ عددی با افزایش سن میزان سفتی کاهش یافت (شکل ۸).

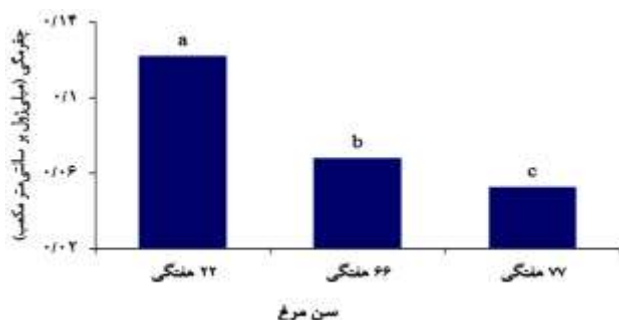


شکل ۵: نمودار تأثیر سن مرغ بر چگالی تخم‌مرغ

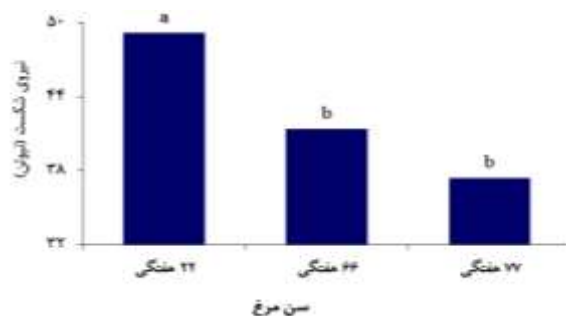
جدول ۲: تأثیر سن مرغ بر خواص مکانیکی تخم‌مرغ

P-Value	SEM	سن مرغ			پارامترها
		۷۷ هفته‌گی	۶۶ هفته‌گی	۲۲ هفته‌گی	
۰/۰۰۰	۰/۰۰۵	۰/۱۵۸۸ ^b	۰/۱۷۵۲ ^b	۰/۲۰۷۵ ^a	تغییر شکل در نقطه شکست (میلی‌متر)
۰/۰۰۰	۱/۳۷	۳۷/۳۷ ^b	۴۱/۳۶ ^b	۴۹/۱۷ ^a	نیروی شکست (نیوتن)
۰/۰۰۰	۰/۲	۳/۰۵۹ ^b	۳/۶۹۷ ^b	۵/۱۵۹ ^a	انرژی لازم برای شکست (حسب میلی‌ژول)
۰/۸۸۴	۷/۲۲	۲۳۶/۳	۲۳۹/۳	۲۴۱/۴	سفتی (نیوتن بر میلی‌متر)
۰/۰۰۰	۰/۰۰۴	۰/۰۵۲۶۴ ^c	۰/۰۶۷۸۹ ^b	۰/۱۲۲۲۲ ^a	چقرمگی (میلی‌ژول بر سانتی‌متر مکعب)

^{a-c}: میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$). SEM: خطای استاندارد میانگین‌ها.



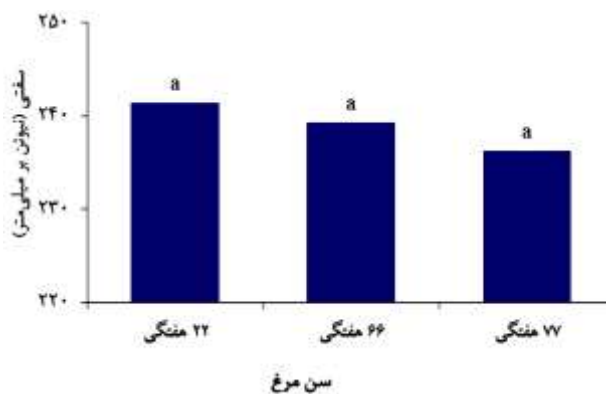
شکل ۶: نمودار تأثیر سن مرغ بر چقرمگی تخم‌مرغ



شکل ۴: نمودار تأثیر سن مرغ بر نیروی شکست تخم‌مرغ

بحث

طول دوره تخم‌گذاری افزایش می‌یابد که مطابق با نتایج مطالعه حاضر می‌باشد (۱۸). در تحقیقی دیگر گزارش شده است که با افزایش سن گله طول تخم‌مرغ افزایش یافت اما عرض تخم‌مرغ تغییر نکرد (۱۹). در مطالعه‌ای نیز گزارش شده است که طول و عرض تخم‌مرغ در سن ۵۵ تا ۶۵ هفته‌گی نسبت به سن ۲۲ تا ۳۲ هفته‌گی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (۲۰). محققین افزایش طول و عرض تخم‌مرغ در پایان دوره تولید (۶۵ هفته‌گی) را گزارش کرده‌اند (۱۶). گزارش شده است که با افزایش سن مرغ، شاخص شکل تخم‌مرغ کاهش می‌یابد که بیش‌تر به‌دلیل تغییر در طول تخم‌مرغ به‌جای عرض آن است،



شکل ۵: نمودار تأثیر سن مرغ بر سفتی تخم‌مرغ

که بدان معنی است با افزایش سن سرعت طویل شدن تخم‌مرغ‌ها سریع‌تر از عریض شدن آن می‌باشد (۲۱). کاهش شاخص تخم‌مرغ در هفته‌های پایانی تولید توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۱۶، ۲۰). میزان میانگین شاخص شکل تخم‌مرغ در کل دوره تولید در این تحقیق، ۷۶/۴۲ درصد محاسبه شد که اندکی بالاتر از نتایج سایر محققین با شاخص شکل تخم‌مرغ ۷۵/۷۰ و ۷۵/۵۹ درصد می‌باشد (۱۶، ۲۰). این اختلاف ممکن است به دلیل تفاوت سویه‌های مرغ مورد بررسی باشد. ضریب کرویت همبستگی مثبتی با شاخص شکل دارد (با افزایش ضریب کرویت و در نتیجه تشابه بیش‌تر به کره شاخص شکل نیز افزایش می‌یابد). با کاهش شاخص شکل در هفته‌های پایانی تولید به دلیل افزایش طول تخم‌مرغ، ضریب کرویت نیز کاهش پیدا می‌کند. هم‌چنین عدم تأثیر سن گله بر شاخص شکل و ضریب کرویت تخم‌مرغ گزارش شده است (۱۹). که این اختلاف ممکن است ناشی از سن گله و سویه‌های مورد مطالعه باشد. افزایش وزن تخم‌مرغ یکی از موضوعات مشکل‌ساز در آخرین فاز تولید است. مطالعات متعدد نشان‌دهنده افزایش وزن تخم‌مرغ تولیدی با افزایش سن گله می‌باشد (۲۱، ۲۳) و افزایش وزن تخم‌مرغ در اواخر دوره تولید توسط محققین مختلف گزارش شده است (۱۶، ۲۰، ۱۹). کنترل تخم‌های بزرگ دشوارتر است و به دلیل داشتن انرژی جنبشی بالاتر در حین جمع‌آوری و حمل و نقل، مستعد شکستن بیش‌تری هستند (۲۴). وزن تخم‌مرغ رابطه مستقیمی با وزن زرده دارد. گزارش شده است که در مرغان با سن ۶۸ هفته، وزن زرده و سفیده به‌طور معنی‌داری نسبت به سن ۲۸ هفتگی افزایش می‌یابد (۲۳). افزایش وزن تخم‌مرغ در غازهای مسن (سه ساله) نسبت به غازهای جوان (یک‌ساله) نیز گزارش شده است (۲۵). موافق با نتایج مطالعه حاضر، گزارش شده است که با افزایش سن مرغ حجم، مساحت سطح و قطر متوسط هندسی افزایش می‌یابد (۱۹). افزایش حجم تخم‌مرغ در هفته‌های پایانی تولید می‌تواند به دلیل افزایش اندازه بدن مرغ و وزن تخم‌مرغ باشد (۲۶). استحکام پوسته تخم‌مرغ به‌عنوان تابعی از سایر اندازه‌گیری‌های پوسته تخم‌مرغ از اهمیت ویژه‌ای برای تولیدکنندگان تخم‌مرغ برخوردار است، زیرا کاهش استحکام سبب افزایش شکنندگی تخم‌ها و در نتیجه افزایش ضرر اقتصادی می‌گردد. محققین دریافته‌اند که با افزایش سن گله استحکام شکست پوسته تخم‌مرغ کاهش می‌یابد (۲۶، ۲۱). دلایل مختلفی برای توضیح این تغییر با افزایش سن ارائه شده است. نشان داده شده است که میزان جذب کلسیم و ذخیره کلسیم استخوان بدن مرغ برای کلسیفیکاسیون پوسته با افزایش سن کاهش می‌یابد (۲۶). هم‌چنین محققین مشاهده کردند که وزن تخم‌مرغ با سرعت بیش‌تری نسبت به وزن پوسته افزایش یافته و در نتیجه مقدار پوسته برای پوشاندن تخم کاهش می‌یابد (۲۷). کاهش کیفیت پوسته تخم‌مرغ (ضخامت

پوسته تخم‌مرغ و استحکام شکست) در مرغ‌های مسن می‌تواند به دلیل کاهش جذب کلسیم توسط روده و افزایش اندازه تخم‌مرغ با سن مرغ باشد (۷). در تحقیقی کیفیت پوسته تخم‌مرغ در شش سویه مختلف مرغ تخم‌گذار مورد ارزیابی قرار گرفت. از چهار پارامتر ضخامت پوسته، سفتی پوسته، نیروی شکست و سفتی دینامیکی برای تشریح کیفیت پوسته استفاده شد. نتایج نشان داد پارامتر سفتی پوسته کاهش معنی‌داری در همه نژادها و در طول زمان داشت. نتیجه کلی این که چهار پارامتر تشریح‌کننده مقاومت مکانیکی پوسته تخم‌مرغ اطلاعات متفاوتی ارائه می‌دهند (۲۸). گزارش شده است که سنین مختلف تولید (۳۸، ۴۶، ۵۴ و ۶۲ هفته) تأثیر معنی‌داری بر نیروی شکست پوسته تخم‌مرغ نداشت، اما سبب کاهش سفتی استاتیک شد (۱۹)، که موافق با نتایج مطالعه حاضر نمی‌باشد. این اختلاف ممکن است ناشی از سن گله و سویه‌های مورد مطالعه باشد. چقرمگی به قابلیت یک ماده برای جذب انرژی بدون آن که بشکند، گفته می‌شود و در نتیجه ماده‌ای که دارای چقرمگی بیش‌تر باشد، برای شکست نیاز به انرژی بیش‌تری دارد. مطابق جدول ۲ تخم‌مرغ‌های ۲۲ هفتگی بیش‌ترین چقرمگی (۰/۱۲۲۲۲ میلی‌ژول بر سانتی‌متر مکعب) را دارند. در این حالت تخم‌مرغ چقرمه‌تر است یعنی تحمل نیروهای بیش‌تر و نیز تغییر شکل‌های بیش‌تر را دارد به این مفهوم که در حین حمل و نقل در مقایسه با سایر سن‌ها تخم‌مرغ‌ها مقاوم‌تر هستند و اگر نیروی زیادی هم به آن‌ها وارد شود در اثر تغییر شکل‌های بیش‌تر می‌شکنند (میزان تغییر شکل در نقطه شکست و نیز نیروی شکست در سن ۲۲ هفتگی بیش‌تر از سایر سن‌ها است). نتایج این آزمایش نشان داد که بین خواص فیزیکی تخم‌مرغ و سن مرغ رابطه مستقیمی وجود داشت به‌طوری‌که با افزایش سن مرغ وزن، ابعاد و مساحت سطح رویه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. یعنی این مقادیر در تخم‌مرغ ۷۷ هفتگی بیش‌تر از سایر سن‌ها بود. خواص مکانیکی تخم‌مرغ نیز تحت تأثیر سن قرار گرفته (رابطه غیرمستقیم) و با نزدیک شدن به انتهای تولید کاهش معنی‌داری در تغییر شکل در نقطه شکست، نیروی شکست، انرژی لازم برای شکست و چقرمگی مشاهده می‌شود. افزایش مقادیر خواص فیزیکی نشان‌دهنده مقاوم بودن پوسته تخم‌مرغ به نیروها و تغییر شکل‌های زیاد است که این نتایج مربوط به سن ۲۲ هفتگی بود. تخم‌مرغ‌های مربوط به این سن به دلیل داشتن پوسته مقاوم کم‌تر در معرض نفوذ آلودگی در مدت نگهداری و یا جوجه‌کشی هستند لذا در شرایط مشابه نگهداری، این تخم‌مرغ‌ها ماندگاری بیش‌تر داشته و لذا کیفیت آن‌ها بیش‌تر حفظ می‌شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از مدیریت شرکت سیمرغ کرمان جهت همکاری در انجام مطالعه و نیز تهیه تخم‌مرغ‌ها تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

- oviposition time. *Archiv Fur Geflugelkunde*. 71(3): 105-109.
11. Zita, L., Tůmová, E. and Štolc, L., 2009. Effects of genotype, age and their interaction on egg quality in brown-egg laying hens. *Acta Veterinaria Brno*. 78(1): 85-91.
12. Tůmová, E. and Ledvinka, A.Z., 2009. The effect of time of oviposition and age on egg weight, egg components weight and eggshell quality. *Archiv für Geflügelkunde*. 73(2): 110-115.
13. Benavides-Reyes, C., Folegatti, E., Dominguez-Gasca, N., Litta, G., Sanchez-Rodriguez, E., Rodriguez Navarro, A.B. and Umar-Faruk, M., 2021. Research Note: Changes in eggshell quality and microstructure related to hen age during a production cycle. *Poultry Science*. 27: 101287.
14. Roberts, J.R. and Chousalkar, K., 2013. Egg quality and age of laying hens: implications for product safety. *Animal Production Science*. 53(12): 1291-1297.
15. Mohsenin, N., 1978. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*, Gordon and Breach Science Publishers. 742 p.
16. Anderson, K.E., Tharrington, J.B., Curtis, P.A. and Jones, F.T., 2004. Shell characteristics of eggs from historic strains of single comb white leghorn chickens and the relationship of egg shape to shell strength. *International journal of poultry science*. 3(1): 17-19.
17. Altuntaş, E. and Şekeroğlu A. 2008. Effect of egg shape index on mechanical properties of chicken eggs. *Journal of Food Engineering*. 85(4): 606-612.
18. Molnár, A., Maertens, L., Ampe, B., Buyse, J., Kempen, I., Zoons, J. and Delezie, E., 2016. Changes in egg quality traits during the last phase of production: is there potential for an extended laying cycle? *British Poultry Science*. 57(6): 842-847.
19. Fathi, M.M., Galal, A., Ali U.M. and Abou-Emera, O.K., 2019. Physical and mechanical properties of eggshell as affected by chicken breed and flock age. *British poultry science*. 60(5): 506-512.
20. Abanikannda, O.T. and Leigh, A.O., 2012. Chicken age and egg morphometric measures on eggshell thickness. *Archiva zootechnica*. 15(1):61-68.
21. Sirri, F., Zampiga, M., Berardinelli, A. and Meluzzi, A.A., 2018. Variability and interaction of some egg physical and eggshell quality attributes during the entire laying hen cycle. *Poultry science*. 97(5): 1818-1823.
22. Tůmová, E. and Gous, R.M., 2012. Interaction of hen production type, age, and temperature on laying pattern and egg quality. *Poultry Science*. 91(5): 1269-1275.
23. Hossieni Siyar, S.A., Saki, A.A., Tabatabaei, M.M., Aliarabi, H.A., Ahmadi, A. and Ashori, N., 2010. Effect of storage condition and hen age on egg quality parameters. 2: 1-10. (In Persian)
1. Taslimi, F., Karimi, K. and Askari, G., 2013. Impressionability of efficiency and egg quality of commercial laying flocks of Tehran and Alborz province from some managerial factors including geographic location, education of farm managers, diet management, light source and diseases. *Journal of Animal Environment*. 5(3): 53-64. (In Persian)
2. Hosseini, S.V., Abedini, M.R., Asgari Jafarabadi, G., 2010. The effect of marketing methods on egg quality in Tehran. *Journal of Animal Environment*. 2(1): 45-54. (In Persian)
3. Hincke, M.T., Nys, Y., Gautron, J., Mann, K., Rodriguez-Navarro, A.B. and McKee, M.D., 2012. The eggshell: structure, composition and mineralization. *Front Biosci*. 17(1): 1266-1280.
4. Mertens, K., Bamelis, F., Kemps, B., Kamers, B., Verhoelst, E., De Ketelaere, B., Bain, M., Decuypere, E. and De Baerdemaeker, J., 2006. Monitoring of eggshell breakage and eggshell strength in different production chains of consumption eggs. *Poultry Science*. 85(9): 1670-1677.
5. Van Mourik, S., Alders, B.P., Helderman, F., van de Ven, L.J. and Koerkamp, P.G., 2017. Predicting hairline fractures in eggs of mature hens. *Poultry science*. 96(6): 1956-1962.
6. Bain, M.M., McDade, K., Burchmore, R., Law, A., Wilson, P.W., Schmutz, M., Preisinger, R. and Dunn, I.C., 2013. Enhancing the egg's natural defence against bacterial penetration by increasing cuticle deposition. *Animal Genetics*. 44(6): 661-668.
7. Nys, Y., 2017. Laying hen nutrition: Optimising hen performance and health, bone and eggshell quality. *Achieving sustainable production of eggs*. 2, 28 p.
8. Bain, M.M., Nys, Y. and Dunn, I.C., 2016. Increasing persistency in lay and stabilising egg quality in longer laying cycles. What are the challenges? *British poultry science*. 57(3): 330-338.
9. Bain, M.M., MacLeod, N., Thomson, R. and Hancock, A.J., 2006. Microcracks in eggs. *Poultry science*. 85(11): 2001-2008.
10. Campo, J.L., Gil, M.G. and Dávila, A.S., 2007. Differences among white-, tinted-and brown-egg laying hens for incidence of eggs laid on the floor and for

24. **Dunn, I.C., 2013.** Long Life Layer; genetic and physiological limitations to extend the laying period. In Proceedings of the 19th European Symposium on Poultry Nutrition.
25. **Liu, G., Zhao, X., Chen, Z. and Guo, Z., 2021.** A meta analysis on the relationship between goose age and egg weight. *Journal of Applied Poultry Research*. 30(3): 100170.
26. **Rayan, G.N., Galal, A., Fathi, M.M. and El-Attar, A.A., 2010.** Impact of layer breeder flock age and strain on mechanical and ultrastructural properties of eggshell in chicken. *International journal of poultry Science*. 9(2): 139-147.
27. **Ousterhout, L.E., 1981.** The effects of phased feeding protein and calcium on egg weight and shell quality with four strains of White Leghorn hens. *Poultry Science*. 60(5): 1036-1042.
28. **De Ketelaere, B., Govaerts, T., Coucke, P., Dewil, E., Visscher, J., Decuyper, E. and Baerdemaeker, J.D., 2002.** Measuring the eggshell strength of 6 different genetic strains of laying hens: techniques and comparisons. *British poultry science*. 43(2): 238-244.