



اثر منابع مختلف سلنیوم جیره غذایی و دمای نگهداری بر افزایش ماندگاری تخم بلدرچین ژاپنی

حسین احمدیان^۱، ذبیح اله نعمتی^{۲*}، امیر کریمی^۲، رشید صفری^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز
۲- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۰۹)

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی اثر منابع مختلف سلنیوم جیره غذایی به همراه ویتامین E بر کیفیت تخم بلدرچین انجام شد. پرنده-ها جیره‌های آزمایشی را به مدت هشت هفته تغذیه کردند. تخم‌های بلدرچین در پایان دوره خوراک‌دهی جمع‌آوری و به مدت ۱۵ و ۳۰ روز در دو دمای ۵°C یا ۲۲°C نگهداری و از لحاظ کیفیت داخلی تجزیه شدند. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به روش فاکتوریل ۳×۲ با چهار تکرار و ۲۴ تخم در هر تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل سه نوع جیره غذایی (پایه، ۰/۴ میلی‌گرم سلنیوم معدنی (سلنیت سدیم) و ۱۲۰ میلی‌گرم ویتامین E، و ۰/۴ میلی‌گرم سلنیوم آلی (سلپلکس) و ۱۲۰ میلی‌گرم ویتامین E در کیلوگرم جیره) و دو دمای نگهداری (۵°C و ۲۲°C) بودند. صفات کیفی تخم شامل کاهش وزن تخم، ارتفاع و pH سفیده، واحد هاو، شاخص زرده، pH زرده و مالونیل آلدئید زرده اندازه‌گیری شد. افزودن هر دو منبع آلی و معدنی سلنیوم در جیره غذایی سبب کاهش درصد افت وزن تخم، افزایش ارتفاع سفیده، واحد هاو و شدت رنگ زرده در مقایسه با گروه شاهد شد ($P < 0/05$). همچنین در مدت ۳۰ روز پس از نگهداری، افزودن سلنیوم آلی و معدنی سبب کاهش pH زرده (به ترتیب ۶/۴۵ و ۶/۴۷) در مقایسه با شاهد (۶/۷۱) شد. بیش‌ترین میزان مالونیل‌دی‌آلدئید زرده در تیمار شاهد (۰/۲۳) و کمترین آن در تیمار سلپلکس (۰/۰۶) مشاهده شد ($P < 0/05$). شاخص واحد هاو بعد از ۳۰ روز نگهداری در دمای ۵°C (۸۰/۴) نسبت به دمای ۲۲°C (۷۷/۵) به طور معنی‌داری بیشتر بود. درصد افت وزن و pH سفیده در دمای ۵°C (به ترتیب ۱/۶ و ۸/۷) نسبت به دمای ۲۲°C (به ترتیب ۷/۳ و ۹/۳) کاهش نشان داد ($P < 0/05$). افزودن سلنیوم به جیره غذایی با بهبود کیفیت سفیده و کاهش پراکسیداسیون چربی زرده سبب ماندگاری بیشتر تخم بلدرچین در دوره نگهداری می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بلدرچین ژاپنی، سلنیوم آلی و معدنی، کیفیت تخم، ماندگاری، ویتامین E

* نویسنده مسئول: znemati@tabrizu.ac.ir

مقدمه

ویتامین E به اندازه کافی در بدن طیور تولید نمی‌شود و طیور برای تامین نیاز بدن خود به جیره غذایی وابسته هستند (Rocha *et al.*, 2010) بنابراین، عموماً این ویتامین به عنوان یک مکمل غذایی به جیره غذایی افزوده می‌شود. مکمل‌سازی ویتامین E در جیره مرغ‌های مادر سبب افزایش محتوای آن در زرده تخم (Vieira, 2007) و بدن جوجه‌ها (Surai *et al.*, 2001) شده و سبب حفاظت بیشتر در برابر تنش اکسیداتیو و افزایش سطح ایمنی سلولی و همورال می‌شود (Gore and Qureshi, 1997). تعامل بین ویتامین E و سلیوم سبب افزایش تولید گلوکاتینون پراکسیداز می‌شود که بخشی از سیستم حفاظت آنتی‌اکسیدانی است. به نظر می‌رسد ویتامین E با کاتالیز کردن فرآورده‌هایی نظیر آهن هموگلوبین، سرعت پراکسیداز را کاهش می‌دهد. بنا بر گزارش‌های موجود، افزودن سلنوپروتئین‌ها در جیره غذایی، محتوای سلیوم و ویتامین E در تخم را افزایش می‌دهد (Surai, 2002; Skřivan *et al.*, 2008). در آزمایشی، استفاده همزمان ویتامین E (۳۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و منابع آلی و معدنی سلیوم به میزان ۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره سبب بهبود ویژگی‌های کیفی تخم و بهبود قابلیت جوجه‌درآوری در مرغ مادر شد (Urso *et al.*, 2015). با توجه به اطلاعات اندکی که در خصوص استفاده توأم سلنیوم و ویتامین E در جیره غذایی بلدرچین ژاپنی وجود دارد، این آزمایش با هدف بررسی اثر مکمل‌سازی منابع معدنی و آلی سلیوم به همراه ویتامین E بر افزایش ماندگاری تخم بلدرچین و بهبود کیفیت داخلی آن در شرایط نگهداری با دمای ۵ و ۲۲ درجه سلسیوس انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با استفاده از تعداد ۱۴۴ قطعه بلدرچین تخم-گذار ژاپنی در سن هشت هفتگی انجام شد. جیره پایه بر-اساس احتیاجات غذایی بلدرچین ژاپنی تخم‌گذار و مطابق با توصیه انجمن ملی تحقیقات آمریکا، تنظیم و با افزودن سلنیوم و ویتامین E، جیره‌های آزمایشی تهیه و در اختیار پرندگان قرار گرفت (NRC, 1994). جیره‌های آزمایشی شامل: ۱-شاهد، ۲-شاهد به همراه ۰/۴ میلی‌گرم سلنیت سدیم و ۱۲۰ میلی‌گرم ویتامین E و ۳-شاهد به همراه ۰/۴

انبارداری تخم یک امر متداول است و در طول نگهداری تخم، تغییر در برخی از خصوصیات کیفی تخم از جمله کاهش آب، دی‌اکسیدکربن، افزایش pH سفیده و کاهش واحد هاو، و افزایش پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع زرده را به دنبال داشته باشد (Mohiti-Asli *et al.*, 2008). عواملی مثل دما، رطوبت نسبی هوا، شرایط انبارداری، مدت انبارداری و عوامل آنتی‌اکسیدان داخلی کیفیت تخم را تحت تاثیر قرار می‌دهد. با توجه به نقش رادیکال‌های آزاد در آسیب رساندن به مولکول‌های زیستی مانند پروتئین، لیپید، کربوهیدرات و دئوکسی‌ریبونوکلئیک اسید (Fotina *et al.*, 2013)، و از آنجایی که به دلیل کاهش کیفیت داخلی تخم در شرایط نگهداری، امکان نگهداری طولانی‌مدت تخم میسر نیست، لذا بکارگیری آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی همانند ویتامین E و سلیوم در جیره جهت مقابله با عوارض ناشی از رادیکال‌های آزاد و بهبود کیفیت تخم می‌تواند موجب افزایش ماندگاری تخم شود.

سلیوم به عنوان یک عنصر ضروری علاوه بر مشارکت در ساختار سلنوپروتئین‌ها، جزء فعال آنزیم گلوکاتینون پراکسیداز بوده و سلول‌ها را از آسیب ناشی از رادیکال‌های آزاد و پراکسید چربی‌ها محافظت می‌کند (Surai, 2002; Scheideler *et al.*, 2010). تحقیقات حاکی از آن است که منابع آلی سلیوم در مقایسه با منابع غیر آلی آن موجب ذخیره مقادیر بیشتری از سلیوم در تخم مرغ (Lu *et al.*, 2018) و بهبود صفات کیفی تخم در دوره نگهداری شده است. همچنین مکمل‌سازی سلیوم در جیره مرغ‌های تخم-گذار، غلظت سلیوم در تخم را افزایش داد که به نوبه خود می‌تواند سبب حفظ کیفیت داخلی تخم در دوره‌های زمانی مختلف نگهداری شود (Gajcevic *et al.*, 2009). ذخیره سلیوم در تخم مرغ‌های تغذیه شده با جیره غذایی حاوی سلیوم آلی بیشتر از سلیوم معدنی است (Payne *et al.*, 2010; Bennett and Cheng, 2005) و بنا بر گزارش انجام گرفته، مکمل سلیوم در جیره مرغ‌های تخمگذار (۰/۱۶ گرم در کیلوگرم) قادر به حفظ واحد هاو در تخم‌های تجاری نگهداری شده در انبار شد (Pappas Gajcevic *et al.*, 2009; *et al.*, 2005).

ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۰۱ گرم به صورت جداگانه اندازه-گیری شده و درصد کاهش وزن از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{وزن تخم نگهداری شده} - \text{وزن تخم تازه} = \text{درصد کاهش وزن} \times 100 \text{ (وزن تخم تازه)}$$

در پایان روزهای ۱۵ و ۳۰ نگهداری، همه تخم‌های نگهداری شده در دماهای مختلف برای تعیین متغیرهای کیفی از قبیل ارتفاع سفیده، واحد هاو، رنگ زرده، pH زرده و سفیده تخم‌ها شکسته و تجزیه و تحلیل شدند. واحد هاو یا واحد کیفیت داخلی با استفاده از دستگاه سه پایه و از راه رابطه به شرح زیر محاسبه شد (Haugh, 1937):

$$\text{شاخص تخم} = 100 \times (\text{ارتفاع سفیده} + 1.67 \times \text{واحد هاو})$$

شدت رنگ زرده به وسیله کاغذ رش تخمین زده شد و شاخص زرده در تخم‌های نگهداری شده به مدت ۳۰ روز در دماهای مختلف از راه اندازه‌گیری ارتفاع و عرض زرده به وسیله کولیس دیجیتالی (مدل Mitutoyo) و از راه رابطه زیر محاسبه شد (Akpinar, 2015):

$$100 \times (\text{عرض زرده} / \text{ارتفاع زرده}) = \text{اندیس زرده}$$

میلی‌گرم سلپلکس (مخمر غنی از سلنیوم آلی) و ۱۲۰ میلی‌گرم ویتامین E در کیلوگرم جیره غذایی بود. مدت هشت هفته بعد از تغذیه بلدرچین‌ها با جیره‌های آزمایشی، تعداد کافی تخم بلدرچین از هر واحد آزمایشی انتخاب و در دو شرایط دمایی ۵°C و ۲۲°C نگهداری شدند. سپس ۱۵ و ۳۰ روز پس از انبارداری، از لحاظ صفات کیفی و ماندگاری در دوره نگهداری مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین تعداد شش تخم تازه از بلدرچین‌های تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی انتخاب و جهت اندازه‌گیری میزان سلنیوم زرده شکسته شدند. آزمایش به روش فاکتوریل ۲×۳ شامل دو دمای نگهداری (۵°C و ۲۲°C) و سه نوع جیره غذایی (شاهد، ۰/۴ میلی‌گرم سلنیوم معدنی (سلنیت سدیم) و ۱۲۰ میلی‌گرم ویتامین E، و ۰/۴ میلی‌گرم سلنیوم آلی (سلپلکس) و ۱۲۰ میلی‌گرم ویتامین E در کیلوگرم جیره) در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و ۲۴ تخم در هر تکرار انجام شد. به منظور تعیین میزان درصد کاهش وزن، وزن کل همه ۲۴ تخم بلدرچین مربوط به یک واحد آزمایشی در طول دوره انبارداری، هر هفته به وسیله یک

جدول ۱- اجزا و ترکیب شیمیایی جیره غذایی بلدرچین ژاپنی تخم‌گذار

Table 1. Ingredients and composition of laying Japanese quail diet

Ingredients	Percent	Calculated analysis	
Corn	58.9	Metabolizable energy (kcal/kg)	2900
Soybean meal	30	Crude protein (%)	18
Soybean Oil	3.2	Lysine (%)	1.08
Dicalcium phosphate	1.2	Methionine (%)	0.47
Limestone	5.7	Calcium (%)	2.5
DL- Methionine	0.2	Available phosphorus (%)	0.6
Vitamin premix ¹	0.25	Sodium	0.15
Mineral premix ²	0.25	Selenium (mg/kg)	0.05
Common salt	0.2		
NaHCO ₃	0.1		

1. Chemical complementary vitamin premix (Per Kg): Vitamin B₁: 720 mg, Vitamin B₂: 2460 mg, Pantothenic acid: 4000 mg, Nicotinic acid: 12000 mg, Vitamin B₆: 1200 mg, Folic acid: 400 mg, Biotin: 40 mg, Vitamin K₃: 800 mg, Vitamin E: 7200 IU/mg, Choline chloride: 100000 mg, Antioxidants: 40000 mg, Vitamin A: 3600000 IU/mg, Vitamin D₃: 800000 IU/mg, Vitamin B₁₂: 6 mg.

2. Chemical complementary mineral premix (Per Kg): Iodine: 400 mg, Copper sulfate: 10 g, Iron sulfate: 50 g, Manganese sulfate: 40 g.

وسيله يك دستگاه pH متر دیجیتالی (مدل HANNA pH 211 که از قبل به وسیله محلول‌های استاندارد (۷ و ۱۰ pH =) کالیبره شده بود، اندازه‌گیری شدند (Yimenu et al.,

جهت بررسی اثر جیره‌های آزمایشی بر میزان تغییرات pH تخم که یکی از شاخصه‌های کیفیت داخلی تخم در شرایط انبارداری است، سفیده و زرده هر تخم از هم جدا و به وسیله یک همزن دستی همگن شد. سپس pH سفیده و زرده به

2017). زرده‌های مربوط به دو تخم بلدرچین، با هم مخلوط و نمونه‌گیری زرده انجام شد.

نمونه‌های زرده استحصال شده در ظروف درب بسته برای اندازه‌گیری میزان پراکسیداسیون چربی آنها در شرایط فریز نگهداری شدند (Duan, 2015). جهت اندازه‌گیری میزان پراکسیداسیون چربی‌های زرده، از روش آزمایش تیوباریتوریک اسید استفاده شد. این آزمایش بر اساس مقدار جذب نوری کمپلکس صورتی رنگ حاصل از واکنش یک مولکول مالونیل دی آلدئید با دو مولکول از تیوباریتوریک اسید استوار است. مالونیل دی آلدئید که محصول اصلی تجزیه هیدروکسیدهای چربی است به روش ارائه شده به وسیله Faustman et al. (1992) با اندکی تغییرات اندازه‌گیری شد. بدین صورت که مقدار ۲ گرم نمونه زرده همگن شده با ۵ سی‌سی تری‌کلرواستیک اسید ۲۰ درصد و ۴ سی‌سی آب مقطر مخلوط و به مدت ۳۰ ثانیه به وسیله دستگاه هموژنایزر (مدل IKA T-25) هموژنیزه شد، سپس به وسیله دستگاه سانتریفیوژ (مدل UNIVERSAL HITECH- 320R) به مدت ۲۰ دقیقه با دور ۱۰۰۰ آر پی ام سانتریفیوژ شده و با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف شد. از محلول حاصل، ۲ سی‌سی برداشته شد و با ۲ سی‌سی ۲-تیوباریتوریک اسید ۰/۰۲ مولار ترکیب شد. سپس به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سلسیوس حمام آبی قرار گرفته و پس از خروج از حمام آبی و سرد شدن محلول، میزان مالونیل دی آلدئید به وسیله دستگاه اسپکتوفتومتری (مدل JENWAY-6405) در طول موج ۵۳۲ نانومتر خوانده شد.

داده‌های مربوط به خصوصیات کیفی تخم بلدرچین ژاپنی به صورت فاکتوریل ۳×۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی با رویه GLM نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ تجزیه شدند. در صورت معنی‌دار بودن آثار، برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

درصد کاهش وزن تخم بلدرچین: نتایج اثر نوع جیره مصرفی و دمای نگهداری بر درصد کاهش وزن تخم بلدرچین در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است. به دلیل عدم معنی‌داری اثر

متقابل بین نوع جیره حاوی منبع سلیوم و دمای نگهداری بر درصد کاهش وزن تخم بلدرچین، این اثر گزارش نشده است. افزودن منابع آلی و معدنی سلیوم به جیره غذایی بلدرچین‌های ژاپنی تأثیر معنی‌داری بر درصد کاهش وزن تخم بعد از ۱۵ روز دوره نگهداری نداشت، اما بعد از ۳۰ روز نگهداری، اثرات اصلی منبع سلیوم و دمای نگهداری بر درصد کاهش وزن معنی‌دار بود. به طوری که منبع سلیوم آلی و معدنی در مقایسه با گروه شاهد سبب کاهش افت وزن شد ($P < 0.05$). میزان افت وزن تخم در بین منابع سلیوم معنی‌دار نبود. با این حال افزودن منابع مختلف سلیوم بر صفات عملکرد از قبیل تولید تخم، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی معنی‌دار نشد، ولی تفاوت میزان سلیوم زرده معنی‌دار و در گروه شاهد، میزان سلیوم معدنی و سلیوم آلی به ترتیب ۰/۲۶، ۱/۳۱ و ۲/۰۶ میلی‌گرم در گرم بود (داده‌ها نشان داده نشده است). همچنین اثر اصلی دمای نگهداری بر درصد کاهش وزن در هر دو دوره نگهداری ۱۵ و ۳۰ روز معنی‌دار شد و در طول ۳۰ روز انبارداری، درصد کاهش وزن در دمای اتاق به طور قابل توجهی (۷/۳) بیشتر از شرایط دمایی ۵ درجه سلسیوس (۱/۶) شد ($P < 0.05$).

درصد کاهش وزن از جمله عوامل موثر بر درآمد ناشی از فروش تخم مرغ است. یکی از روش‌های ساده ارزیابی ماندگاری و کیفیت تخم مرغ، درصد کاهش وزن است که با افزایش طول دوره نگهداری، درصد کاهش وزن تخم افزایش می‌یابد. کاهش وزن طی دوره نگهداری به علت تبخیر آب و نیز خروج دی اکسید کربن آلومین از راه ۷۵۰۰ منفذ در سطح پوسته رخ می‌دهد (Bhale et al., 2003). تبخیر آب و کاهش وزن، فرآیندی کاملاً وابسته به شرایط محیط نگهداری همچون دما، رطوبت و میزان تهویه محل نگهداری تخم مرغ است. بنابراین، نگهداری تخم مرغ در دماهای پایین، منجر به کاهش چشمگیر تبخیر آب و نهایتاً کاهش کمتر وزن خواهد شد (Ryu and No, 2009). نگهداری تخم در دمای بالا ممکن است با افزایش اندازه منافذ سطح پوسته و تسهیل تبادل دی اکسید کربن و رطوبت سبب کاهش وزن بیشتر شود. کاهش وزن تخم مرغ به میزان ۲-۳ درصد طبیعی است، ولی کاهش وزن بیشتر از این مقدار، به منظور نگهداری به مدت سه هفته در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و

کیفیت داخلی تخم بلدرچین: اثر افزودن منابع مختلف سلنیوم بر کیفیت داخلی تخم در دما و زمان مختلف نگهداری در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است. نگهداری تخم‌ها در دمای ۵ درجه سلسیوس سبب بهبود صفات کیفی ارتفاع سفیده و واحد هاو بعد از ۱۵ روز نگهداری شد. همچنین صفات ارتفاع سفیده، واحد هاو، شاخص زرده و pH سفیده در ۳۰ روز نگهداری تحت تاثیر معنی‌دار دمای نگهداری قرار گرفتند ($P < 0.05$). تخم‌های بلدرچین نگهداری شده در دمای ۵ درجه سلسیوس در مقایسه با دمای ۲۲ درجه سلسیوس طی ۳۰ روز نگهداری کمترین مقدار pH سفیده و بیشترین واحد هاو،

۵ هفته در دمای ۴ درجه سلسیوس قابل قبول نیست (Ozdemir, 1999). نتایج آزمایش حاضر با گزارشات قبلی مطابقت داشت، به طوری که محققین نشان دادند نگهداری تخم‌مرغ به مدت ۴۰ روز در دمای ۳۷ درجه سلسیوس بیشترین درصد کاهش وزن را نسبت به تخم‌مرغ‌های نگهداری شده در ۲ و ۴ درجه سلسیوس به همراه داشته است (Kenawi *et al.*, 2016). مطالعه دیگری که به بررسی اثر دما و زمان نگهداری بر خصوصیات کیفی تخم‌مرغ پرداخته است گزارش کرد که نگهداری تخم‌مرغ در دمای ۵، ۲۱، ۲۹ درجه سلسیوس به مدت ۲، ۵ و ۱۰ روز، اثر معنی‌داری بر درصد کاهش وزن تخم‌های انبارشده داشته و بیشترین درصد کاهش وزن، مربوط به تخم‌های نگهداری شده در دمای ۲۹ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ روز بود (Samli *et al.*, 2005).

جدول ۲- اثر منابع آلی و معدنی سلنیوم و دمای نگهداری بر خصوصیات کیفی تخم بلدرچین ژاپنی طی ۱۵ روز نگهداری

Table 2. Effect of organic and inorganic selenium sources and storage temperature on qualitative characteristics of Japanese quail eggs during 15 days of storage

Factors	EWL ¹ (%)	Albumen			Yolk	
		Albumen pH	Albumen height	HU	Yolk pH	Yolk Color
<u>Storage temperature</u>						
5°C	0.4930 ^b	8.81	3.10 ^a	80.12 ^a	6.55	5.31
22°C	2.9242 ^a	9.01	2.94 ^b	79.11 ^b	6.33	5.69
SEM	0.0847	0.1834	0.0456	0.3008	0.0748	0.2163
<u>Diet type²</u>						
Basal diet (BD) ²	1.71	8.97	2.85 ^b	78.61 ^b	6.68 ^a	4.38 ^c
BD + SS+ Vit. E ³	1.56	8.69	3.17 ^a	80.27 ^a	6.31 ^b	5.79 ^b
BD + SP+ Vit. E ⁴	1.85	9.07	3.04 ^a	79.97 ^a	6.34 ^b	6.34 ^a
SEM	0.1038	0.2247	0.0558	0.3685	0.0917	0.1547
<i>P</i> -value						
Storage	0.0001	0.4453	0.0208	0.0301	0.0582	0.0507
Selenium	0.1759	0.4850	0.0028	0.0114	0.0195	0.0001
Diet*Storage	0.0168	0.2928	0.0265	0.1077	0.0194	0.0649

^{a-b} Means with different superscripts in the same column differ significantly ($P < 0.05$). ¹EWL= Egg Weight Loss, ²Basal diet (BD): Diet without sodium selenite (SS), Sel-Plex (SP) and Vit. E; ³BD + 0.4 mg/kg SS+ 120 mg/kg Vit. E; ⁴BD + 0.4 mg/kg SP+ 120 mg/kg Vit. E

جدول ۳- اثر منابع آلی و معدنی سلنیوم و دمای نگهداری بر خصوصیات کیفی تخم بلدرچین ژاپنی طی ۳۰ روز نگهداری
Table 3. Effect of organic and inorganic selenium sources and storage temperature on qualitative characteristics of Japanese quail eggs during 30 days of storage

Factors	EWL ¹ (%)	Albumen			Yolk		
		Albumen pH	Albumen height	HU	Yolk pH	Yolk index	Yolk Color
Storage temperature							
5°C	1.6358 ^b	8.72 ^b	3.16 ^a	80.40 ^a	6.540	55.18 ^a	5.25
22°C	7.3048 ^a	9.28 ^a	2.62 ^b	77.51 ^b	6.549	27.39 ^b	5.20
SEM	0.0774	0.0147	0.0814	0.5343	0.0464	2.4368	0.0880
Diet type							
Basal diet (BD) ²	4.8593 ^a	9.01	2.48 ^b	76.07 ^b	6.71 ^a	36.87	4.41 ^c
BD + SS+ Vit. E ³	4.2160 ^b	8.97	3.06 ^a	79.87 ^a	6.47 ^b	43.63	5.04 ^b
BD + SP+ Vit. E ⁴	4.3356 ^b	9.00	3.13 ^a	80.94 ^a	6.45 ^b	43.37	6.21 ^a
SEM	0.0940	0.0181	0.0997	0.6545	0.0569	2.9849	0.1078
<i>P</i> -value							
Storage	0.0001	0.0001	0.0002	0.0012	0.8907	0.0001	0.6975
Selenium	0.0003	0.3070	0.0003	0.0001	0.0069	0.2202	0.0001
Storage*Diet	0.5614	0.0440	0.0017	0.0006	0.6841	0.1582	0.7710

^{a-b} Means with different superscripts in the same column differ significantly ($P < 0.05$).

¹ EWL= Egg Weight Loss; ² Basal diet (BD): Diet without sodium selenite (SS), Sel-Plex (SP) and Vit. E; ³ BD + 0.4 mg/kg SS+ 120 mg/kg Vit. E; ⁴ BD + 0.4 mg/kg SP+ 120 mg/kg Vit. E

قرار pH آلبومین تحت تاثیر منابع سلنیوم قرار

نگرفت، ولی دمای ۲۲ درجه سلسیوس با افزایش میزان pH آلبومین تاثیر منفی بر ماندگاری تخم نشان داد.

برخی محققان گزارش کردند که افزودن منابع مختلف سلنیوم معدنی (۰/۴ میلی گرم در کیلوگرم سلتیت سدیم) و سلنیوم آلی (۰/۴ میلی گرم در کیلوگرم سلپلکس) به جیره غذایی مرغ در مقایسه با جیره غذایی شاهد با ۰/۲ میلی گرم در کیلوگرم سلتیت سدیم موجب بهبود خصوصیات کیفی تخم بلدرچین‌های نگهداری شده در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۲۸ روز شده و تیمار حاوی سلپلکس بیشترین اثر را داشته است (Kralik et al., 2009). در تحقیقی دیگر که تأثیر سطوح مختلف سلنیوم آلی (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ میلی گرم در کیلوگرم مخمر غنی از سلنیوم) و سلنیوم معدنی (۰/۲ میلی گرم در کیلوگرم سلتیت سدیم) را بر خصوصیات کیفی تخم بلدرچین نگهداری شده در ۴ و ۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۵ روز را مورد بررسی قرار دادند، بالاترین واحد هاو مربوط به تیمار ۰/۳ میلی گرم در کیلوگرم مخمر غنی از سلنیوم بود (Baylan et al., 2011).

همچنین مکمل‌سازی جیره مرغ‌های تخم‌گذار با سطوح مختلف سلتیت سدیم (۰/۱۵، ۰/۳، ۰/۶ و ۳ پی پی ام) و مخمر غنی از سلنیوم (۰/۱۵، ۰/۳، ۰/۶ و ۳ پی پی ام)، افت کمتری در کیفیت تخم‌های نگهداری شده در ۲۲/۲ درجه

شاخص زرده و ارتفاع سفیده را داشتند ($P < 0.05$). افزودن منابع آلی و معدنی سلنیوم به جیره غذایی بلدرچین‌های ژاپنی موجب بهبود کیفیت داخلی تخم در دوره نگهداری در مقایسه با شاهد شده است ($P < 0.05$). اگر چه تفاوت بین منابع آلی و معدنی معنی دار نشد، ولی کمترین pH زرده و بیشترین ارتفاع سفیده و واحد هاو در ۱۵ و ۳۰ روز دوره نگهداری مربوط به گروه مکمل شده با سلنیوم بود ($P < 0.05$). گنجاندن سلپلکس در جیره موجب بهبود شدت رنگ زرده نسبت به گروه سلتیت سدیم و شاهد شد ($P < 0.05$). شاخص رنگ زرده پس از ۱۵ و ۳۰ روز نگهداری در گروه سلنیوم آلی و معدنی بیشتر از گروه شاهد بود و بیشترین شدت رنگ مربوط به گروه سلنیوم آلی بود ($P < 0.05$). شاخص زرده تحت تاثیر منابع سلنیوم قرار نگرفت. نتایج بدست آمده از آزمایش حاضر با تحقیقات سایر محققان در تأکید بر نقش مکمل‌سازی جیره با سلنیوم (Utterback et al., 2005; Pappas et al., 2005) و ویتامین E (Mohiti-Asli et al., 2008) در حفظ کیفیت تخم‌مرغ-های نگهداری شده مطابقت دارد. اثر متقابل بین دمای نگهداری و نوع جیره روی صفات ارتفاع سفیده، واحد هاو و pH آلبومین در روز ۳۰ نگهداری معنی‌دار بود و افزودن سلنیوم تنها در دمای ۵ درجه سبب بهبود ارتفاع سفیده و واحد هاو بود و در دمای اتاق تأثیری بر آنها نداشت

نگهداری معنی‌دار نبود و به همین دلیل نتایج آن گزارش نشد.

اکسیداسیون چربی زرده در طول دوره نگهداری: نتایج میزان مالونیل دی آلدئید (MDA) به عنوان شاخصی برای میزان پراکسیداسیون چربی‌های زرده تخم‌های بلدرچین نگهداری شده به مدت ۳۰ روز در دماهای مختلف نگهداری در جدول ۴ نشان داده شده است. رابطه منطقی و معکوس بین میزان سلنیوم زرده تخم و میزان پراکسیداسیون چربی زرده در دوره نگهداری مشاهده شد. به طوری که اثر اصلی مکمل‌سازی جیره غذایی با منابع مختلف سلنیوم آلی و معدنی به همراه ویتامین E بر میزان مالونیل‌دی‌آلدئید زرده تخم بلدرچین ژاپنی معنی‌دار بود ($P < 0.01$). افزودن سلپلکس به جیره بیشترین ممانعت از پراکسیداسیون چربی را نسبت به سلنیت سدیم و شاهد به همراه داشته است ($P < 0.01$). بیشترین میزان مالونیل‌دی‌آلدئید مربوط به جیره فاقد مکمل سلنیوم و به میزان ۰/۲۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. کمترین میزان پراکسیداسیون چربی زرده در تخم‌های بلدرچین نگهداری شده در دمای ۵ درجه سلسیوس در مقایسه با دمای ۲۲ درجه سلسیوس بود ($P < 0.01$). اثر متقابل بین نوع جیره حاوی منابع مختلف سلنیوم و دمای نگهداری معنی‌دار بود ($P < 0.01$)، به طوری که گروه سلپلکس در دمای ۵ درجه سلسیوس کمترین مقدار مالونیل‌دی‌آلدئید (۰/۰۴۴۵) را دارا بوده و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد. مقدار مالونیل دی آلدئید در گروه سلنیوم معدنی در دمای ۵ درجه سلسیوس در رتبه بعدی قرار داشت (۰/۰۶۶۱). بیشترین میزان محصول اکسیداسیون مربوط به گروه فاقد مکمل سلنیوم یا شاهد بود (جدول ۵). نتایج این مطالعه با نتایج بدست آمده از دیگر محققان مبنی بر اثر مفید سلنیوم و ویتامین E بر افزایش ثبات اکسیداتیو چربی‌های زرده تخم‌مرغ مطابقت دارد (Puthongsiriporn et al., Galobart et al., 2001); در تحقیقی افزودن ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم آلفاتوکوفریل استات در جیره غذایی سبب افزایش میزان پراکسیداسیون چربی‌های زرده تخم‌مرغ‌های نگهداری شده به مدت ۶ ماه شده است (Gebert et al., 1998). تعادل بین سلنیوم و ویتامین E موجب افزایش فعالیت گلووتاتیون

سلسیوس به مدت ۲۸ روز را در تیمارهای مکمل شده با سلنیت سدیم و شاهد نشان داد (Payne et al., 2005). اما بر خلاف نتایج آزمایش حاضر، گزارش شده است که استفاده از ۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم آلی و معدنی تأثیری بر خصوصیات کیفی تخم‌های نگهداری شده در صفر تا ۴۲ روز نگهداری نداشته است (Paton et al., 2000). همچنین در مطالعه‌ای دیگر، افزودن ۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم آلی و ۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین E به جیره مرغ تخم‌گذار اثر معنی‌داری بر خصوصیات کیفی تخم‌های نگهداری شده در دمای اتاق و سردخانه به مدت ۱۴ روز نداشت و موجب کاهش واحد هاو و شدت رنگ زرده و افزایش pH زرده و سفیده شده است (Mohiti-Asli et al., 2008). به نظر می‌رسد اثر دما و مدت زمان نگهداری بر کاهش کیفیت تخم، با اکسیداسیون چربی‌های غشاء ویتلین و انتقال یون بین سفیده و زرده مرتبط است (Ahn, 1999). تغییرات فیزیکی، شیمیایی، ساختاری و زیستی در آلبومین طی دوره نگهداری تخم مرغ رخ می‌دهد (Zhuang et al., 1996) تخم مرغ تازه حاوی ۲/۰۵ - ۱/۴۴ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در آلبومین بوده و pH آلبومین در این حالت حدود ۷/۶ - ۸/۷ است (Rodrigues and Han, 2000; Cha et al., 2002) که طی دوره نگهداری اسید کربونیک به دی‌اکسید کربن و آب تجزیه و با خروج دی‌اکسید کربن از راه منافذ پوسته منجر به افزایش pH تا ۹/۷-۹/۶ و هیدرولیز باندهای دی‌سولفیدی در پروتئین لیزوزیم آموسین و به دنبال آن آبکی شدن آلبومین و کاهش ارتفاع آن، واحد هاو و افزایش درصد افت وزن تخم می‌شود (Akyurek and Okur, 2009); (Banerjee et al., 2011; Mohiti-Asli et al., 2008). واحد هاو تخم‌مرغ در دامنه ۲۰ (آلبومین با کیفیت نامناسب) و ۱۰۰ (آلبومین با کیفیت عالی) متغیر است (Karoui et al., 2006; Sébastien et al., 2006). در واقع شاخص هاو فراسنجه‌ای است که معرف رابطه بین وزن تخم‌مرغ و ارتفاع آلبومین است و معیاری جهت سنجش کیفیت آلبومین و تخم‌مرغ است به گونه‌ای که هر چه عدد آن بیشتر باشد، معرف کیفیت بهتر آلبومین است (Caner, 2005). اثر متقابل دمای نگهداری با نوع جیره حاوی منابع سلنیوم بر درصد کاهش وزن، رنگ و شاخص زرده و pH زرده بعد از ۳۰ روز

پراکسیداز شده و ویتامین E به عنوان یک ویتامین محلول در چربی از اکسیداسیون چربی‌های غشاء سلولی جلوگیری کرده و موجب کاهش حساسیت اسیدهای چرب غیر اشباع بلند زنجیره زرده به فساد اکسیداتیو در دوره نگهداری شده است (Skřivan *et al.*, 2008; Scheideler *et al.*, 2010).

جدول ۴- اثر منابع آلی و معدنی سلنیوم و دمای نگهداری بر غلظت مالونیل دی آلدئید زرده تخم نگهداری شده به مدت ۳۰ روز

Table 4. Effect of organic and inorganic selenium sources and storage temperature on the malondialdehyde concentration in quail egg yolks stored for 30 days

Factors	MDA (mg/Kg)
Storage temperature	
5°C	0.0971 ^b
22°C	0.1721 ^a
SEM	0.0031
Diet type	
Basal diet (BD) ¹	0.2320 ^a
BD + SS+ Vit. E ²	0.1067 ^b
BD + SP+ Vit. E ³	0.0652 ^c
SEM	0.0037
	<i>P</i> -value
Storage	0.0001
Diet	0.0001
Storage*Diet	0.0010

^{a-c} Means with different superscripts in the same column differ significantly ($P < 0.05$).

¹ Basal diet (BD): Diet without sodium selenite (SS), Sel-Plex (SP) and Vit. E; ² BD + 0.4 mg/kg SS+ 120 mg/kg Vit. E; ³ BD + 0.4 mg/kg SP+ 120 mg/kg Vit. E

جدول ۵- اثر متقابل منابع مختلف سلنیوم و دمای نگهداری بر خصوصیات کیفی تخم بلدرچین ژاپنی پس از ۳۰ روز

نگهداری

Table 5. Interaction effects of different selenium sources and storage temperature on qualitative characteristics of Japanese quail eggs during 30 days of storage

Storage temperature × Diet type	MDA (mg/kg)	Albumen pH	Albumen height (mm)	HU
5°C × BD ¹	0.1807 ^b	8.762 ^b	2.407 ^b	74.99 ^b
5°C × SS ²	0.0661 ^e	8.657 ^b	3.545 ^a	82.96 ^a
5°C × SP ³	0.0445 ^f	8.740 ^b	3.547 ^a	83.27 ^a
22°C × BD	0.2834 ^a	9.270 ^a	2.562 ^b	77.15 ^b
22°C × SS	0.1473 ^c	9.297 ^a	2.592 ^b	76.77 ^b
22°C × SP	0.0858 ^d	9.275 ^a	2.725 ^b	78.63 ^b
SEM	0.0053	0.0255	0.0397	0.9255
<i>P</i> -value	0.0001	0.0001	0.0017	0.0001

^{a-f} Means with different superscripts in the same column differ significantly ($P < 0.05$). ¹ BD: Diet without sodium selenite (SS), Sel-Plex (SP) and Vit. E; ² BD + 0.4 mg/kg SS+ 120 mg/kg Vit. E; ³ BD + 0.4 mg/kg SP+ 120 mg/kg Vit. E

نتیجه‌گیری کلی

نگهداری از مکمل سلنیوم آلی در جیره غذایی استفاده کرد. دمای بالای محیط نگهداری شاخص‌های تازه‌گی تخم بلدرچین را به شدت تحت تأثیر منفی قرار می‌دهد و برای جلوگیری از افت وزن بیشتر و کاهش سایر شاخص‌های کیفی، توصیه می‌شود تخم بلدرچین در دمای یخچال (۵ درجه سلسیوس) نگهداری شود.

نتایج این آزمایش نشان داد که افزودن منابع مختلف سلنیوم به همراه ویتامین E به جیره بلدرچین سبب افزایش ماندگاری و بهبود شاخص‌های کیفی تخم بلدرچین در دوره نگهداری می‌شود. همچنین می‌توان به منظور کاهش بیشتر اکسیداسیون چربی زرده تخم بلدرچین در طول دوره

فهرست منابع

- Akyurek H. and Okur A. A. 2009. Effect of storage time, temperature and hen age on egg quality in free-range layer hens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8: 1953-1958.
- Banerjee P., Keener K. and Lukito V. 2011. Influence of carbon dioxide on the activity of chicken egg white lysozyme. *Poultry Science*, 90: 889-895.
- Baylan M., Canogullari S., Ayasan T. and Copur G. 2011. Effects of dietary selenium source, storage time, and temperature on the quality of quail eggs. *Biological Trace Element Research*, 143: 957-964.
- Bennett D. and Cheng K. 2010. Selenium enrichment of table eggs. *Poultry Science*, 89: 2166-2172.
- Bhale S., No H., Prinyawiwatkul W., Farr A., Nadarajah K. and Meyers S. 2003. Chitosan coating improves shelf life of eggs. *Journal of Food Science*, 68: 2378-2383.
- Caner C. 2005. Whey protein isolate coating and concentration effects on egg shelf life. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85: 2143-2148.
- Cha D. S., Choi J. H., Chinnan M. S. and Park H. J. 2002. Antimicrobial films based on Na-alginate and κ-carrageenan. *LWT-Food Science and Technology* 35: 715-719.
- Faustman C., Specht S., Malkus L. and Kinsman D. 1992. Pigment oxidation in ground veal: Influence of lipid oxidation, iron and zinc. *Meat Science*, 31: 351-362.
- Fotina A., Fisinin V. and Surai P. 2013. Recent developments in usage of natural antioxidants to improve chicken meat production and quality. *Bulgarian Journal of Agriculture Science*, 19: 889-896.
- Gajčević Z., Kralik G., Has-Schon E. and Pavic V. 2009. Effects of organic selenium supplemented to layer diet on table egg freshness and selenium content. *Italian Journal of Animal Science*, 8: 189-199.
- Galobart J., Barroeta A., Baucells M., Codony R. and Ternes W. 2001. Effect of dietary supplementation with rosemary extract and α-tocopheryl acetate on lipid oxidation in eggs enriched with ω3-fatty acids. *Poultry Science*, 80: 460-467.
- Gebert S., Messikommer R., Pfrirter H., Bee G. and Wenk C. 1998. Dietary fats and vitamin E in diets for laying hens: Effects on laying performance, storage stability and fatty acid composition of eggs. *Archiv fuer Gefluegelkunde*, 62: 214-222.
- Gore A. and Qureshi M. 1997. Enhancement of humoral and cellular immunity by vitamin E after embryonic exposure. *Poultry Science*, 76: 984-991.
- Haugh R. 1937. The Haugh unit for measuring egg quality.
- Karoui R., Nicolai B. and De Baerdemaeker J. 2008. Monitoring the egg freshness during storage under modified atmosphere by fluorescence spectroscopy. *Food and Bioprocess Technology*, 1: 346-356.
- Kenawi M., Aly A. and Abd E. 2016. Quality of table eggs and their product as affected by storage temperature. *Lucrări Științifice-Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară, Seria Zootehnie*, 66: 64-69.
- Kralik G., Gajčević Z., Suchý P., Straková E. and Hanžek D. 2009. Effects of dietary selenium source and storage on internal quality of eggs. *Acta Veterinaria Brno*, 78: 219-222.
- Mohiti-Asli M., Shariatmadari F., Lotfollahian H. and Mazuji M. T. 2008. Effects of supplementing layer hen diets with selenium and vitamin E on egg quality, lipid oxidation and fatty acid composition during storage. *Canadian Journal of Animal Science*, 88: 475-483.
- NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. National Academy Press Washington, DC.
- Ozdemir M. 1999. Antimicrobial releasing edible whey protein films and coatings. Ph.D Dissertation, Purdue University.

- Pappas A., Acamovic T., Sparks N., Surai P. and McDevitt R. 2005. Effects of supplementing broiler breeder diets with organic selenium and polyunsaturated fatty acids on egg quality during storage. *Poultry Science*, 84: 865-874.
- Paton N., Cantor A., Pescatore A. and Ford M. 2000. Effect of dietary selenium source and storage on internal quality and shell strength of eggs. *Poultry Science*, 79: 116.
- Payne R., Lavergne T. and Southern L. 2005. Effect of inorganic versus organic selenium on hen production and egg selenium concentration. *Poultry Science*, 84: 232-237.
- Puthongsiriporn U., Scheideler S., Sell J. and Beck M. 2001. Effects of vitamin E and C supplementation on performance, in vitro lymphocyte proliferation, and antioxidant status of laying hens during heat stress. *Poultry Science*, 80: 1190-1200.
- Rocha J., Lara L., Baiao N., Vasconcelos R., Barbosa V., Pompeu M. and Fernandes M. 2010. Antioxidant properties of vitamins in nutrition of broiler breeders and laying hens. *World's Poultry Science Journal*, 66: 261-270.
- Rodrigues E. and Han J. 2000. Antimicrobial whey protein films against spoilage and pathogenic bacteria. In: *Proceedings of the IFT Annual Meeting*. p 10-14.
- Ryu K. N. and No, H. K. 2009. Effects of Storage Temperature on Quality of Eggs Coated with Chitosan. *Journal of Chitin and Chitosan*, 14: 143-148.
- Samli H., Agha A. and Senkoylu N. 2005. Effects of storage time and temperature on egg quality in old laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 14: 548-553.
- Scheideler S., Weber P. and Monsalve D. 2010. Supplemental vitamin E and selenium effects on egg production, egg quality, and egg deposition of α -tocopherol and selenium. *Journal of Applied Poultry Research*, 19: 354-360.
- Sébastien F., Stéphane G., Copinet A. and Coma V. 2006. Novel biodegradable films made from chitosan and poly (lactic acid) with antifungal properties against mycotoxinogen strains. *Carbohydrate Polymers*, 65: 185-193.
- Skřivan M., Marounek M., Dlouhá G. and Ševčíková S. 2008. Dietary selenium increases vitamin E contents of egg yolk and chicken meat. *British Poultry Science*, 49: 482-486.
- Surai P. 2002. Selenium in poultry nutrition 1. Antioxidant properties, deficiency and toxicity. *World's Poultry Science Journal*, 58: 333-347.
- Surai P., Speake B. and Sparks N. 2001. Carotenoids in avian nutrition and embryonic development. 1. Absorption, availability and levels in plasma and egg yolk. *The Journal of Poultry Science*, 38: 1-27.
- Urso U., Dahlke F., Maiorka A., Bueno I., Schneider A., Surek D. and Rocha C. 2015. Vitamin E and selenium in broiler breeder diets: Effect on live performance, hatching process, and chick quality. *Poultry Science*, 94: 976-983.
- Utterback P., Parsons C., Yoon I. and Butler J. 2005. Effect of supplementing selenium yeast in diets of laying hens on egg selenium content. *Poultry Science*, 84: 1900-1901.
- Vieira S. L. 2007. Chicken embryo utilization of egg micronutrients. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 9: 1-8.
- Yimenu S., Kim J., Koo J. and Kim B. 2017. Predictive modeling for monitoring egg freshness during variable temperature storage conditions. *Poultry Science*, 96: 2811-2819.
- Zhuang R., Beuchat L., Chinnan M., Shewfelt R. and Huang Y.-W. 1996. Inactivation of *Salmonella montevideo* on tomatoes by applying cellulose-based edible films. *Journal of Food Protection*, 59: 808-812.



Research paper

Effect of different dietary selenium sources and storage temperature on enhancing the shelf life of quail eggs

H. Ahmadian¹, Z. Nemati^{2*}, A. Karimi², R. Safari²

1. MSc. Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Tabriz, Iran

2. Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Tabriz, Iran

(Received: 30-01-2018 – Accepted: 30-12-2018)

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of different selenium sources plus vitamin E on the quality of Japanese quail eggs. The birds were fed the diets for 56 d. At the end of feeding period, the eggs were collected and stored for 15 or 30 d at 5°C or 22°C before quality measurement. A completely randomized experimental design in factorial arrangement 2 × 3, with four replicates and 24 eggs each was applied. The dietary treatments included three diet types (basal diet, basal diet plus 0.4 mg sodium selenite and 120 mg/kg vitamin E and basal diet plus 0.4 mg sel-plex and 120 mg/kg vitamin E) and two different storage temperatures (5°C or 22°C). The quality measurements included egg weight loss, albumen height, albumen pH, Haugh unit (HU), yolk index, yolk pH and malondialdehyde (MDA) concentration. Organic and inorganic sources of selenium plus vitamin E supplementation significantly decreased the percentage of egg weight loss but increased height albumen, HU and yolk color of egg compared to control group ($P < 0.05$). On the 30 d of storage, the egg albumin pH was not affected by dietary treatment but yolk pH decreased by the dietary organic and inorganic selenium (6.45 and 6.47, respectively) compared to control group (6.71). The highest egg yolk MDA concentration was obtained in the control group (0.23) whereas the lowest MDA concentration was observed in the sel-plex treatment (0.06) ($P < 0.05$). The HU index in eggs stored at 5°C (80.04) was significantly higher than that in eggs stored at 22 °C (77.5). Egg weight loss percentage and albumen pH were lower at 5°C (1.6 and 8.7, respectively) compared to stored eggs at 22°C (7.3 and 9.3, respectively) ($P < 0.05$). Selenium supplementation of Japanese quail diets improved the egg shelf life during storage period by improving HU and decreasing yolk fat peroxidation.

Keywords: Japanese quail, Organic and mineral selenium, Egg quality, Shelf life, Vitamin E

*Corresponding author: znemati@tabrizu.ac.ir