

مقاله پژوهشی:

تأثیر جایگزینی سلنیوم معدنی با سلنیوم آلی از منشأ جلبک اسپیرولینا بر عملکرد و کیفیت گوشت سینه جوجه‌های گوشتی

امید نوری^۱، مجتبی زاغری^{۲*} و حسنا حاجاتی^۳

۱ و ۲. دانشجوی دکتری و استاد، گروه علوم دامی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳. استادیار و محقق بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۸ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۱۷)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر جایگزینی سلنیوم معدنی با سلنیوم آلی از منشأ جلبک اسپیرولینا بر عملکرد و کیفیت گوشت سینه جوجه‌های گوشتی، از ۱۶۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار، هشت تکرار و پنج قطعه پرنده در هر تکرار استفاده شد. منابع سلنیوم مورد استفاده شامل سلنیت سدیم و سلنیوم آلی از منشأ جلبک اسپیرولینا بودند که در دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ درصد جایگزین شدند. سلنیوم آلی با کشت جلبک اسپیرولینا و غنی سازی با سلنیوم تولید شد. میزان سلنیوم موجود در تیمارهای مختلف با روش طیف‌سنجی جرمی انتشار پلاسما از طریق تزویج القایی اندازه‌گیری شد. در این آزمایش، فراسنجه‌های مصرف خوراک و افزایش وزن بدن به صورت هفتگی اندازه‌گیری و ضریب تبدیل غذایی محاسبه شد. در سن ۴۲ روزگی، از هر تکرار یک قطعه پرنده کشتار و وزن لاشه آماده طبخ اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری pH و مقدار سلنیوم ذخیره شده، از گوشت سینه نمونه‌برداری شد. نتایج نشان داد، در بین تیمارهای مختلف از لحاظ صفات عملکردی و درصد لاشه آماده طبخ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. تفاوت معنی‌داری از نظر pH عضله سینه در صفر و ۲۴ ساعت بعد از کشتار، بین تیمارهای مختلف وجود نداشت. مقدار سلنیوم ذخیره شده در عضله سینه پرنده‌گانی که از سلنیوم آلی تغذیه کردند نسبت به تیمارهای دیگر افزایش معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان دادند که جایگزینی ۱۰۰ درصدی سلنیت سدیم با سلنیوم آلی از منشأ جلبک اسپیرولینا، بدون کاهش در عملکرد پرنده منجر به افزایش مقدار ذخیره سلنیوم در عضله سینه شد.

واژه‌های کلیدی: جلبک اسپیرولینا، جوجه‌های گوشتی، سلنیت سدیم، عملکرد، کیفیت گوشت سینه.

The effect of inorganic selenium replacement with organic selenium from *Spirulina* algae on performance and breast meat quality of broilers

Omid Nouri¹, Mojtaba Zaghari^{2*} and Hosna Hajati³

1, 2. Ph.D. Graduate and Professor, Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

3. Assistant Professor, Animal Science Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran

(Received: Dec. 29, 2021 - Accepted: May 7, 2022)

ABSTRACT

In order to investigate the effect of inorganic selenium replacement with organic selenium from *Spirulina* algae on performance and breast meat quality of broilers, a total of 160 one-day-old chicks were used in a completely randomized design with four treatments, eight replicates and five birds per each replicate. The sources of selenium used included sodium selenite and organic selenium from *Spirulina* algae which were replaced at two levels of 50 and 100 percent. The organic selenium was produced by the culture of *Spirulina* algae and its enrichment with selenium. The selenium content of different treatments was measured by ICP-Mass method. In this experiment, the feed intake and body weight gain parameters were measured weekly and feed conversion ratio was calculated. At 42 day of age, one bird was slaughtered from each replicate and the weight of carcass ready to cook was measured. The breast meat was sampled for measurement of pH and selenium storage. The results showed that it was not observed any significant difference in performance traits and ready to cook carcass percentage among different treatments. There was no significant difference in breast muscle pH at 0 and 24 hours after slaughtering. The amount of selenium deposited in breast muscle of birds fed organic selenium had significant increase when compared with other treatments ($P < 0.05$). Generally, the results of this study showed that 100% replacement of sodium selenite with organic selenium from *Spirulina* algae led to increase in breast muscle selenium deposition without reduction in bird performance.

Keywords: Breast meat quality, Broilers, Performance, Sodium selenite, *Spirulina* algae.

* Corresponding author E-mail: mzaghari@ut.ac.ir

مقدمه

در طول ۴۰ سال گذشته برای تنظیم مقدار سلیوم مورد نیاز پرندگان، از یک رویکرد اجباری، یعنی تأمین سلیوم مورد نیاز از طریق افزودن یک پریمیکس (معمولاً ۰/۲ تا ۰/۳ میلی‌گرم سلیوم در هر کیلوگرم جیره) استفاده شده است و سلیوم موجود در مواد خوراکی در نظر گرفته نمی‌شد (Surai, 2006; Surai & Fisinin, 2014). از زمان‌های گذشته، سلیت سدیم یکی از منابع مهم تأمین‌کننده سلیوم برای خوراک دام و طیور بوده است هر چند که سلیت سدیم سلیت کلسیم نیز از دیگر منابع سلیوم معدنی هستند (Downs *et al.*, 2000) اما اخیراً استفاده از سلیت سدیم در جیره غذایی طیور، مورد سوال قرار گرفته و مفهوم سلیوم آلی به خوبی توسعه یافته و به صنعت پرورش طیور، معرفی شده است (Surai, 2006; Fisinin *et al.*, 2008; Surai & Fisinin, 2014). سلیوم آلی، بخشی از پروتئین‌های دارای سلیوم‌تیونین و سلیوسیسستین است که نقش‌های کلیدی در فرآیندهای بیولوژیکی دارد. سلیوم‌تیونین به‌طور عمده در غذاهای گیاهی یافت می‌شود در حالی که سلیوسیسستین بیشتر در خوراکی‌های با منشأ حیوانی وجود دارد. با توجه به اینکه انسان و حیوانات عالی توانایی ساخت سلیوم‌تیونین را ندارند (Schrauzer, 2003)، ال-سلیوم‌تیونین ساخته شده و یا خوراکی‌های غنی شده با سلیوم‌تیونین شکل‌های قابل قبولی از سلیوم برای انسان و حیوانات هستند (Schrauzer, 1998). مطالعات مختلف به این موضوع اشاره کرده‌اند که سلیوم آلی به‌طور طبیعی به شکل سلیوم-آمینو اسیدهای مختلف در جیره پرندگان دیده می‌شود که به نظر می‌رسد دستگاه گوارش در سیر تکاملی خود با آنها تطابق یافته است. بنابراین تفاوت در جذب و سوخت‌وساز بین منابع آلی و معدنی، به‌خوبی نشان داده می‌شود (Surai, 2006; Surai & Fisinin, 2014). در تحقیقات انسانی نیز مشابه تحقیقات حیوانی نشان داده شده است که سلیوم‌تیونین شکل اصلی قابل سوخت‌وساز سلیوم است (Schrauzer, 2003; Schrauzer & Surai, 2009). همچنین از آثار سودمند تغذیه سلیوم آلی در

جوجه‌های گوشتی می‌توان به افزایش انتقال سلیوم به ماهیچه‌ها و ساخت منابع ذخیره‌ای سلیوم در بدن اشاره کرد که انتظار می‌رود دارای آثار مثبت بر ایمنی، سلامت دستگاه گوارش و کیفیت گوشت باشد و همچنین منجر به افزایش مقاومت جوجه‌ها در مقابل تنش‌های اکسیداتیو مختلف، شود (Surai, 2006; Fisinin *et al.*, 2008; Surai & Fisinin, 2014). نقش سلیوم در سلامتی و بیماری انسان نیز اخیراً مورد بحث قرار گرفته است (Rayman, 2009). کمبود سلیوم به‌عنوان یک مشکل جهانی، مطرح شده است. سلیوم در سیستم تولید مثل و رشد و فعالیت سیستم ایمنی نقش دارد. همچنین سلیوم به‌عنوان جزئی از سلیوم‌تیونین‌ها در ساختار آنزیم‌ها نقش دارد و در تولید هورمون‌های فعال تیروئیدی نقش اساسی دارد (Mills, 1957). کمبود جزئی سلیوم در انسان منجر به بیماری تحلیل عضلانی مانند ضعف عضلانی می‌شود و در کمبودهای شدید با افسردگی، عصبانیت و سردردگی همراه است (Shreenath *et al.*, 2018). با توجه به این که سلیوم از طریق حیوانات و گیاهان به زنجیره غذایی انسان وارد می‌شود، محققان از منابع مختلف سلیوم آلی از جمله مخمر غنی‌شده با سلیوم، ریزجلبک غنی‌شده با سلیوم، سیر، لوبیا و کلم در تغذیه دام و طیور استفاده کرده‌اند (Seo *et al.*, 2008; Trávníček *et al.*, 2008; Wang & Xu, 2008; Chinrasri *et al.*, 2009; Mikulski *et al.*, 2009; Svoboda *et al.*, 2009; Upton *et al.*, 2009). زمانی که مخمر و جلبک در محیط غنی از سلیوم پرورش داده می‌شوند، سلیوم را به سلیوم‌تیونین تبدیل می‌کنند که یک منبع آلی از سلیوم بوده و با بازدهی بالاتری جذب و در بافت‌ها، ابقا می‌شود (Yoon *et al.*, 2009). ریزجلبک اسپیرولینا به دلیل دارا بودن مقدار بالایی از پروتئین‌ها و سایر عناصر دیگر، برای تولید غذای سالم بسیار مورد توجه قرار گرفته است و در سطح وسیعی، کشت داده می‌شود. نتایج برخی از تحقیقات در دهه قبل نشان داد که اسپیرولینا یک حامل خوب برای ذخیره سلیوم است که بیشتر همراه با پروتئین‌ها و به شکل سلیوم‌تیونین است (Zheng *et al.*, 2003; Huang *et al.*, 2007).

صورت روزانه مورد بررسی قرار گرفت. در طی ۳ روز اول دوره پرورش، دمای سالن ۳۲ درجه سانتی‌گراد بود. سپس به تدریج با افزایش سن، دما به ازای هر ۶ روز ۱ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت تا اینکه به ۲۴ درجه سانتی‌گراد رسانده شد و تا پایان دوره، این دما ثابت ماند. در این آزمایش، پرندگان دسترسی آزاد به خوراک و آب داشتند. جیره‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار UFFDA تنظیم شدند. جیره آزمایشی بر پایه ذرت-کنجاله سویا و بر اساس احتیاجات مواد مغذی سویه راس ۳۰۸، بدون سلنیوم افزودنی به صورت آردی تهیه و سپس منابع مختلف سلنیوم به منظور تأمین ۰/۳ میلی‌گرم سلنیوم در هر کیلوگرم از خوراک نهایی به جیره پایه افزوده شدند. واکسیناسیون پرندگان، طبق برنامه واکسیناسیون ارائه شده توسط سازمان دامپزشکی منطقه انجام شد. برنامه نوری به این صورت بود که در سه روز اول، ۲۴ ساعت روشنایی و از روز سوم به بعد روزانه یک ساعت خاموشی اعمال شد.

به منظور بررسی عملکرد پرندگان، فراسنجه‌های مصرف خوراک و وزن بدن هر واحد آزمایشی به صورت هفتگی اندازه‌گیری و ضریب تبدیل غذایی با در نظر گرفتن تلفات، محاسبه شد. در پایان دوره آزمایش (سن ۴۲ روزگی)، از هر تکرار یک قطعه پرنده کشتار و وزن لاشه آماده طبخ، اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری مقدار سلنیوم ذخیره شده در عضله سینه، از هر پرنده کشتار شده یک نمونه عضله سینه تهیه و پس از ارسال به آزمایشگاه، مقدار سلنیوم موجود در آن با استفاده از روش طیف‌سنجی جرمی انتشار پلازما از طریق تزویج القایی (ICP-Mass) اندازه‌گیری و بر حسب میکروگرم به ازای هر کیلوگرم بیان شد (Infante et al., 2005).

سنجش pH گوشت سینه در زمان‌های صفر و ۲۴ ساعت نگهداری گوشت در یخچال و در عمق ۱/۵ سانتی‌متری عضله سینه با استفاده از pH متر پرربی (مدل ۲۳۰ تستو آلمان) انجام شد (Bakshshalinejad et al., 2019). به منظور کالبراسیون پروب، از بافرهای با pH ۴ و ۷ استفاده شد. همچنین به منظور بررسی میزان آب از دست رفته در سردخانه، از روش هانیکل استفاده شد (Bakshshalinejad et al., 2018). در این روش، ابتدا مقدار ۱۰ گرم از نمونه گوشت با ضخامت

هدف از انجام این تحقیق، بررسی تأثیر جایگزینی سلنیت سدیم با سلنیوم آلی از منشأ جلبک اسپیرولینا بر عملکرد رشد و میزان سلنیوم در عضله سینه جوجه‌های گوشتی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سالن تحقیقاتی طیور گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران به ابعاد ۱۱/۳×۶/۵×۲/۹ متر انجام شد. تعداد ۱۶۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه از مخلوط دو جنس سویه تجاری راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی به چهار تیمار، هشت تکرار و پنج قطعه پرنده در هر تکرار، اختصاص داده شدند. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- شاهد (بدون سلنیوم افزودنی)، ۲- سلنیوم معدنی (سلنیت سدیم ۱ درصد)، ۳- ۵۰ درصد سلنیت سدیم + ۵۰ درصد سلنیوم آلی از منشأ جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و ۴- سلنیوم از منشأ جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بودند.

تولید سلنیوم آلی با منشأ جلبک اسپیرولینا، در آزمایشگاه بیوتکنولوژی گروه علوم دامی دانشگاه تهران انجام شد. به این منظور، ابتدا جلبک اسپیرولینا در محیط کشت اختصاصی پرورش داده شد و سپس در روزهای دهم و یازدهم دوره پرورش جلبک، سلنات سدیم با درجه بندی آزمایشگاهی به محیط کشت اضافه و در نهایت در روز چهاردهم دوره پرورش، جلبک پرورش یافته از فیلتر با قطر منافذ ۲۰ میکرون عبور داده شد و بعد از خشک شدن به‌عنوان تیمار آزمایشی به خوراک پایه اضافه گردید. سامانه گرمایشی در این سالن شامل شوفاژ و بخاری گازی بود که برای تنظیم درجه حرارت مورد استفاده قرار گرفت. در این آزمایش، از قفس‌های ۴ طبقه باطری از جنس توری سیمی گالوانیزه استفاده شد. ابعاد هر قفس ۹۰×۷۸×۴۰ سانتی‌متر بود. در قسمت عرضی قفس یک دانخوری ناودانی و در طول قفس یک آبخوری ناودانی قرار داشت. برای جلوگیری از اتلاف دان، اطراف دانخوری‌ها به وسیله کارتن پلاست پوشانده شد. سامانه تهویه در این سالن، به صورت دیجیتالی بود که بر اساس مقادیر هوای مورد نیاز جوجه‌های گوشتی در سنین مختلف طبق راهنمای پرورش جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ در درجه‌های متفاوت دمایی تنظیم شد و به

نتایج و بحث

همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، صفات عملکرد پرندگان تغذیه شده با سطوح مختلف سلنیوم آلی از منشأ جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس تفاوت معنی داری با سایر تیمارهای آزمایشی نداشت ($P > 0.05$). اگرچه در کل دوره پرورش، میزان افزایش وزن روزانه پرندگان تغذیه شده با سطوح مختلف سلنیوم آلی از منشأ جلبک اسپیرولینا بهتر بود اما این تفاوت از نظر آماری، معنی دار نبود. همچنین، در مراحل مختلف و کل دوره پرورش از نظر صفات عملکرد شامل افزایش وزن روزانه، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($P > 0.05$). نتایج این آزمایش هم راستا با نتایج Bakhshalinejad *et al.* (2019) است که اظهار کردند منابع و سطوح مختلف سلنیوم معدنی و آلی بر صفات عملکرد در ۲۱ روز اول دوره پرورش جوجه‌های گوشتی تأثیر معنی داری نداشتند.

۱/۵ سانتی‌متر توزین و سپس در داخل کیسه پلاستیکی قرار داده شد و به یخچال با دمای ۴ درجه سانتیگراد انتقال یافت. بعد از ۲۴ ساعت نگهداری، گوشت از یخچال خارج شده و دوباره توزین و میزان آب از دست‌رفته به‌صورت درصدی از وزن اولیه محاسبه شد.

داده‌های به دست آمده با استفاده از رویه مدل‌های خطی عمومی نرم‌افزار آماری SAS ویرایش ۹/۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. قبل از تجزیه آماری، نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از رویه Univariate بررسی گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح خطای ۵ درصد انجام شد. مدل آماری طرح به‌صورت زیر بود.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} : مقدار مشاهده در هر واحد آزمایشی

μ : میانگین جامعه

T_i : اثر هر تیمار

ε_{ij} : اثر خطای آزمایش

جدول ۱. اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره‌های مورد استفاده در طول دوره پرورش

Table 1. The ingredients and nutrients composition of diets used in production period

Diet components	Starter 1-11	Grower 12-24	Finisher 25-42
Corn	51.42	57.42	64.93
Soy bean meal (44%CP)	41.33	36.3	30.22
Corn oil	3.03	2.67	2.24
Di-calcium phosphate	1.85	1.55	1.36
Calcium carbonate	0.95	0.86	0.08
Methionine	0.29	0.24	0.21
Lysine	0.06	0.03	0.05
Threonine	0.05	0.02	-
Salt	0.37	0.26	0.26
Sodium bicarbonate	0.15	0.15	0.15
Vitamin and mineral premix*	0.5	0.5	0.5
Total	100	100	100
Nutrients composition			
Metabolizable energy (Kcal/Kg)	3000	2950	2900
Crude protein (%)	18.3	20.50	22.30
Methionine (%)	0.48	0.53	0.59
Met + Cys (%)	0.75	0.82	0.91
Lysine (%)	0.95	1.08	1.23
Available Phosphorus (%)	0.37	0.41	0.47
Calcium (%)	0.73	0.82	0.94
Sodium (%)	0.16	0.16	0.20
Chlorine (%)	0.21	0.2	0.19
Selenium (mg)	0.13	0.11	0.10
DCAB (meq/kg)	215	232	244

* هر کیلوگرم از مکمل ویتامینی و مواد معدنی مقادیر زیر را تأمین می‌کرد: ۳۶۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۶۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۲۲۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۸۰۰ میلی‌گرم ویتامین K₃، ۸۸۰ میلی‌گرم تیامین، ۲۱۶۰ میلی‌گرم ریبولوین، ۱۸۰۰۰ میلی‌گرم اسید نیکوتینیک، ۶۰۰۰ میلی‌گرم اسید پانتوتینیک، ۸۸۰ میلی‌گرم پیریدوکسین، ۶۴۰ میلی‌گرم اسید فولیک، ۴/۴ میلی‌گرم سیانوکوبالامین، ۶۰ میلی‌گرم بیوتین، ۱۲۰۰۰ میلی‌گرم کولین کلراید، ۲۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان، ۴۸۰۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۸۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۶۴۰۰ میلی‌گرم مس، ۵۰۰ میلی‌گرم ید و ۴۴۰۰۰ میلی‌گرم روی.

* Each kilogram of vitamin and mineral premixes provided the following: 3600000 IU of vitamin A, 1600000 IU of vitamin D₃, 22000 IU of vitamin E, 800 mg of vitamin K₃, 880 mg of B₁, 2160 mg of B₂, 18000 mg of B₃, 6000 mg of B₅, 880 mg of B₆, 640 mg of B₉, 4.4 mg of B₁₂, 60 mg of Biotin, 12000 mg of choline chloride, 200 mg of antioxidant, 48000 mg of manganese, 8000 mg of iron, 6400 mg of copper, 500 mg of iodine and 44000 mg of zinc.

جدول ۲. تأثیر منابع مختلف سلنیوم بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی

Table 2. Effect of different selenium sources on growth performance of broilers

Parameters / Treatment*	T1	T2	T3	T4	SEM	P-value
1-21 days of age						
Daily feed intake (g/b/d)	43.36	43.43	44.04	43.06	0.22	0.48
Daily body weight gain (g/b/d)	33.46	33.6	33.94	32.93	0.23	0.49
FCR (g/g)	1.30	1.31	1.30	1.31	0.005	0.79
21-42 days of age						
Daily feed intake (g/b/d)	128.5	127.99	130.89	129.43	1.28	0.88
Daily body weight gain (g/b/d)	77.08	74.14	74.89	76.43	1.05	0.76
FCR (g/g)	1.67	1.73	1.71	1.7	0.017	0.66
0-42 days of age						
Daily feed intake (g/b/d)	85.92	85.69	87.46	86.24	0.64	0.79
Daily Body weight gain (g/b/d)	55.27	53.86	54.41	54.66	0.53	0.84
FCR (g/g)	1.56	1.59	1.58	1.58	0.012	0.75

* تیمارهای آزمایشی شامل ۱- شاهد (بدون سلنیوم افزودنی)، ۲- سلنیوم معدنی (سلنیت سدیم ۱ درصد)، ۳- ۵۰ درصد سلنیت سدیم + ۵۰ درصد سلنیوم آلی از منشأ جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و ۴- سلنیوم از منشأ جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بودند.

* The experimental treatments included: T1 (Control), T2 (0.3 mg/kg of sodium selenite), T3 (0.15 mg/kg of sodium selenite + 0.15 mg/kg of selenium from *Spirulina platensis* algae), T4 (0.3 mg/kg of selenium from *Spirulina platensis* algae).

از نظر درصد لاشه آماده طبخ بین پرندگان تغذیه شده با تیمارهای مختلف، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($P > 0.05$). pH یکی از مهمترین فراسنجه‌های ارزیابی کیفی گوشت است (Marković *et al.*, 2018). در آزمایش حاضر، از نظر خصوصیات کیفی گوشت سینه از جمله pH در زمان کشتار و ۲۴ ساعت بعد از کشتار و میزان آب از دست‌رفته بعد از ۲۴ ساعت، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($P > 0.05$).

نتایج بعضی از تحقیقات نشان دادند که استفاده از منابع سلنیوم آلی در مقایسه با منابع معدنی سلنیوم منجر به افزایش pH گوشت سینه مرغ و خوک شد (Calvo *et al.*, 2017; Marković *et al.*, 2018) که در تناقض با نتایج آزمایش حاضر است. همسو با نتایج تحقیق حاضر، برخی از محققان اظهار کردند که سطوح و منابع مختلف سلنیوم آلی و معدنی بر pH گوشت سینه و ران جوجه‌های گوشتی در ۲۴ ساعت پس از کشتار، تأثیر معنی‌داری نداشتند (Perić *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2014; Göçmen *et al.*, 2011). بیان شده است که سطح گلیکوزن موجود در ماهیچه، تعیین‌کننده pH گوشت بعد از کشتار می‌باشد (Le Bihan-Duval *et al.*, 2008). تفاوت pH اولیه در تحقیقات تا حدودی می‌تواند به دلیل تفاوت زمانی استفاده از pH متر در زمان کشتار باشد (Smith & Northcutt, 2009; Marković *et al.*, 2018).

همچنین، محققان دیگری گزارش کردند که منابع مختلف سلنیوم آلی و معدنی بر صفات عملکرد جوجه‌های گوشتی پرورش یافته در شرایط کنترل‌شده، تأثیر معنی‌داری نداشتند (Cai *et al.*, 2012; Rao *et al.*, 2013; Couloigner *et al.*, 2015; Pedro *et al.*, 2021). با این وجود، اثر مثبت منابع آلی سلنیوم بر صفات عملکرد جوجه‌های گوشتی از جمله وزن بدن توسط محققان متعددی به اثبات رسیده است (Payne & Southern, 2005; Yoon *et al.*, 2009; Jiang *et al.*, 2009; Zia *et al.*, 2018). بهبود عملکرد در نتیجه استفاده از منابع آلی سلنیوم می‌تواند از جذب بهتر منابع آلی و افزایش ساخت پروتئین متعاقب آن ناشی شود (Rao *et al.*, 2013; Surai 2002). این موضوع که تأمین سلنیوم به منظور دستیابی به عملکرد بهینه در جوجه‌های گوشتی لازم است، قبلاً توسط محققان به اثبات رسیده است (Singh *et al.*, 2006; Attia *et al.*, 2010; Yang *et al.*, 2012). اما سطح بهینه استفاده از سلنیوم تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله مقدار سلنیوم موجود در گیاهان و عوامل تنش‌زا در دوران پرورش است (Cemin *et al.*, 2018). در آزمایش حاضر، میزان سلنیوم جیره شاهد از ۰/۱۵ تا ۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خوراک بود که احتمالاً به دلیل عدم وجود عوامل تنش‌زا در محیط توانسته است نیاز پرندگان را تأمین نماید.

نتایج مربوط به خصوصیات لاشه و کیفیت گوشت سینه در جدول ۳ نشان داده است. نتایج نشان دادند که

جدول ۳. تأثیر منابع مختلف سلنیوم بر درصد لاشه آماده طبخ و مقادیر pH گوشت سینه

Table 3. Effect of different selenium sources on ready to cook carcass percentage and pH values of breast meat

Treatment / Parameters	Ready to cook carcass percentage	pH (slaughter)	pH (24 hours after slaughter)
T ₁ (Control)	76.53	5.99	5.69
T ₂ (0.3 mg/kg of sodium selenite)	76.27	6.13	5.68
T ₃ (0.15 mg/kg of sodium selenite + 0.15 mg/kg of selenium from <i>Spirulina</i> algae)	76.64	6.02	5.66
T ₄ (0.3 mg/kg selenium from <i>Spirulina</i> algae)	76.29	6.16	5.69
SEM	0.22	0.028	0.017
P-Value	0.93	0.10	0.92

طبق نتایج به دست آمده توسط برخی از پژوهشگران (Schrauzer, 2003)، هر سلنومتیونینی که به سرعت مورد سوخت و ساز قرار نگیرد می تواند در اندامهایی مانند ماهیچه، لوزالمعده، کبد و موکوس روده که نرخ بالایی از ساخت پروتئین را دارند، وارد شود. در همین راستا، گزارش شده است که افزودن سلنیوم به جیره غذایی جوجه های گوشتی منجر به افزایش میزان سلنیوم عضله می شود با این تفاوت که سلنیوم معدنی کارایی پایین تری نسبت به سلنیوم آلی دارد (Boiago *et al.*, 2014). این تفاوت در کارایی می تواند به دلیل متفاوت بودن مسیرهای جذبی این دو منبع باشد به گونه ای که سلنیوم معدنی از طریق انتشار ساده و سلنیوم آلی با مکانیسم جذب اسیدهای آمینه، جذب می شود (Wolfram *et al.*, 1989 a, b). جمعیت انسانی در مناطق مختلف، بویژه در سنین جوانی و میان سالی با کمبود سلنیوم رو به رو هستند که می تواند باعث کاهش ایمنی غیراختصاصی، اختلالات تیروئیدی و مشکلات قلبی و عروقی شود (Göçmen *et al.*, 2016). با توجه به اینکه عضلات ۵۲ تا ۵۶ درصد حجم گوشت مرغ را به خود اختصاص می دهند، غنی سازی گوشت با سلنیوم برای مصرف کننده نهایی یعنی انسان بسیار سودمند است.

نتیجه گیری کلی

به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان دادند که جایگزینی ۱۰۰ درصدی سلنیت سدیم با سلنیوم آلی از منشأ جلبک اسپیرولینا بدون کاهش در عملکرد جوجه های گوشتی منجر به افزایش میزان ذخیره سلنیوم (۹۷ درصد بیشتر از سلنیت سدیم) در عضله سینه می شود.

در تحقیقات مختلف اثبات شده است که تغذیه جوجه های گوشتی و خوک با منابع آلی سلنیوم در مقایسه با سلنیت سدیم منجر به افزایش ذخیره سلنیوم در بافتها می شود (Perić *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2011; Rajashree *et al.*, 2014; Dalia *et al.*, 2017; Jiang *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2018). در این تحقیق نیز مشاهدات نشان می دهند (جدول ۴) که با جایگزینی سلنیت سدیم با سلنیوم آلی از منشأ جلبک اسپیرولینا، میزان سلنیوم ذخیره شده در عضله سینه به طور معنی داری افزایش یافت ($P < 0.05$). این افزایش در میزان سلنیوم ذخیره شده در نتیجه تغذیه سلنیوم آلی می تواند به دلیل تشابه سلنومتیونین با متیونین باشد چرا که RNA انتقال دهنده متیونین، توانایی تفکیک این دو اسید آمینه را ندارد و به تبع آن ممکن است سلنومتیونین در ساخت پروتئین شرکت کند (Schrauzer, 2000).

جدول ۴. تأثیر منابع مختلف سلنیوم بر مقدار سلنیوم ذخیره شده در گوشت سینه

Table 4. Effect of different selenium sources on selenium deposited in breast meat

Treatment	The amount of Se in breast muscle (mg/kg)
T ₁ (Control)	45.11 ^b
T ₂ (0.3 mg/kg of sodium selenite)	75.40 ^b
T ₃ (0.15 mg/kg of sodium selenite + 0.15 mg/kg of selenium from <i>Spirulina</i> algae)	123.34 ^a
T ₄ (0.3 mg/kg of selenium from <i>Spirulina</i> algae)	149.05 ^a
SEM	10.89
P-value	0.0008

(a-b) در هر ستون، میانگین های با حروف غیرمشابه از نظر آماری دارای اختلاف معنی داری می باشند ($P < 0.05$).

(a-b) Means within each column with different superscripts statistically have significant difference ($P < 0.05$).

REFERENCES

- Attia, Y.A., Abdalah, A.A., Zeweil, H.S., Bovera, F., El-Din, A.T. & Araft, M.A. (2010). Effect of inorganic or organic selenium supplementation on productive performance, egg quality and some physiological traits of dual-purpose breeding hens. *Czech Journal of Animal Science*, 55, 505-519.

2. Bakhshalinejad, R., Akbari Moghaddam Kakhki, R. & Zoidis, E. (2018). Effects of different dietary sources and levels of selenium supplements on growth performance, antioxidant status and immune parameters in Ross 308 broiler chickens. *British Poultry Science*, 59, 81-91.
3. Bakhshalinejad, R., Hassanabadi, A. & Swick, R.A. (2019). Dietary sources and levels of selenium supplements affect growth performance, carcass yield, meat quality and tissue selenium deposition in broilers. *Animal Nutrition*, 5, 256-263.
4. Boiago, M.M., Borba, H., Leonel, F.R., Giampietro-Ganeco, A., Ferrari, F.B., Stefani, L.M. & Souza, P.A.D. (2014). Sources and levels of selenium on breast meat quality of broilers. *Ciência Rural*, 44, 1692-1698.
5. Cai, S.J., Wu, C.X., Gong, L.M., Song, T., Wu, H. & Zhang, L.Y. (2012). Effects of nano-selenium on performance, meat quality, immune function, oxidation resistance, and tissue selenium content in broilers. *Poultry Science*. 91, 2532-2539.
6. Calvo, L., Toldrá, F., Rodríguez, A.I., López-Bote, C. & Rey, A.I. (2017). Effect of dietary selenium source (organic vs. mineral) and muscle pH on meat quality characteristics of pigs. *Food Science & Nutrition*, 5, 94-102.
7. Cemin, H.S., Vieira, S.L., Stefanello, C., Kindlein, L., Ferreira, T.Z. & Fireman, A.K. (2018). Broiler responses to increasing selenium supplementation using Zn-L-selenomethionine with special attention to breast myopathies. *Poultry Science*, 97, 1832-1840.
8. Chen, T., Zheng, W., Wong, Y.S., Yang, F. & Bai, Y. (2006). Accumulation of selenium in mixotrophic culture of *Spirulina platensis* on glucose. *Bioresource Technology*, 97, 2260-2265.
9. Chinrasri, O., Chantiratikul, P., Thosaikham, W., Atiwetin, P., Chumpawadee, S., Saenthaweesuk, S. & Chantiratikul, A. (2009). Effect of selenium-enriched bean sprout and other selenium sources on productivity and selenium concentration in eggs of laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22, 1661-1666.
10. Couloigner, F., Jlali, M., Briens, M., Rouffineau, F., Geraert, P.A. & Mercier, Y. (2015). Selenium deposition kinetics of different selenium sources in muscle and feathers of broilers. *Poultry Science*, 94, 2708-2714.
11. Dalia, A.M., Loh, T.C., Sazili, A.Q., Jahromi, M.F. & Samsudin, A.A. (2017). The effect of dietary bacterial organic selenium on growth performance, antioxidant capacity, and selenoproteins gene expression in broiler chickens. *BMC Veterinary Research*. 13, 1-11.
12. Downs, K.M., Hess, J.B. & Bilgili, S.F. (2000). Selenium source effect on broiler carcass characteristics, meat quality and drip loss. *Journal of Applied Animal Research*. 18, 61-71.
13. Fisinin, V. I., Papazyan, T. T., & Surai, P. F. (2008). Selenium in poultry nutrition. *Current Advances in Se Research and Applications* (Eds. PF Surai and J. Taylor-Pickard). Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, 221-261.
14. Göçmen, R., Yazgan, O. & Cufadar, Y. (2016). Effect of different organic and inorganic selenium levels on performance, selenium concentrations of some tissues, glutathione peroxidase enzyme activity and meat quality in broilers. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 26, 916-923.
15. Huang, Z., Guo, B.J., Wong, R.N.S. & Jiang, Y. (2007). Characterization and antioxidant activity of selenium-containing phycocyanin isolated from *Spirulina platensis*. *Food Chemistry*, 100, 1137-1143.
16. Infante, H.G., O'Connor, G., Rayman, M., Wahlen, R., Spallholz, J.E., Hearn, R. & Catterick, T. (2005). Identification of water-soluble gamma-glutamyl-Se-methylselenocysteine in yeast-based selenium supplements by reversed-phase HPLC with ICP-MS and electrospray tandem MS detection. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*. 20, 864-870.
17. Jiang, Z., Lin, Y., Zhou, G., Luo, L., Jiang, S. & Chen, F. (2009). Effects of dietary selenomethionine supplementation on growth performance, meat quality and antioxidant property in yellow broilers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 9769-9772.
18. Jiang, J., Tang, X., Xue, Y., Lin, G. & Xiong, Y.L. (2017). Dietary linseed oil supplemented with organic selenium improved the fatty acid nutritional profile, muscular selenium deposition, water retention, and tenderness of fresh pork. *Meat Science*, 131, 99-106.
19. Le Bihan-Duval, E., Debut, M., Berri, C.M., Sellier, N., Santé-Lhoutellier, V., Jégo, Y. & Beaumont, C. (2008). Chicken meat quality: genetic variability and relationship with growth and muscle characteristics. *BMC Genetics*, 9, 1-6.
20. Li, J.L., Zhang, L., Yang, Z.Y., Zhang, Z.Y., Jiang, Y., Gao, F. & Zhou, G.H. (2018). Effects of different selenium sources on growth performance, antioxidant capacity and meat quality of local Chinese Subei chickens. *Biological Trace Element Research*, 181, 340-346.
21. Marković, R., Ćirić, J., Drljačić, A., Šefer, D., Jovanović, I., Jovanović, D., Milanović, S., Trbović, D., Radulović, S., Baltić, M.Ž. & Starčević, M. (2018). The effects of dietary Selenium-yeast level on glutathione peroxidase activity, tissue Selenium content, growth performance, and carcass and meat quality of broilers. *Poultry Science*, 97, 2861-2870.

22. Mikulski, D., Jankowski, J., Zdunczyk, Z., Wroblewska, M., Sartowska, K. & Majewska, T. (2009). The effect of selenium source on performance, carcass traits, oxidative status of the organism, and meat quality of turkeys. *Journal of Animal and Feed Science*, 18, 518-530.
23. Mills, G.C. (1957). Hemoglobin catabolism: I. Glutathione peroxidase, an erythrocyte enzyme which protects hemoglobin from oxidative breakdown. *Journal of Biological Chemistry*, 229, 189-197.
24. Oliveira, T.F.B., Rivera, D.F.R., Mesquita, F.R., Braga, H., Ramos, E.M. & Bertechini, A.G. (2014). Effect of different sources and levels of selenium on performance, meat quality, and tissue characteristics of broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 23, 15-22.
25. Payne, R.L. & Southern, L.L. (2005). Comparison of inorganic and organic selenium sources for broilers. *Poultry Science*, 84, 898-902.
26. Pedro, D., Rosa, A.P., Londero, A., Forgiarini, J., Branco, T., Freitas, H.M., Giacomini, C. & Pilecco, M. (2021). Performance of broiler breeders supplemented with organic and inorganic minerals. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93, 15-23.
27. Perić, L., Milošević, N., Žikić, D., Kanački, Z., Džinić, N., Nollet, L. & Spring, P. (2009). Effect of selenium sources on performance and meat characteristics of broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 18, 403-409.
28. Rajashree, K., Muthukumar, T. & Karthikeyan, N. (2014). Influence of inorganic and organic selenium sources on broiler performance and meat quality. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 4, 151-157.
29. Rao, S.V.R., Prakash, B., Raju, M.V.L.N., Panda, A.K., Poonam, S. & Murthy, O.K. (2013). Effect of supplementing organic selenium on performance, carcass traits, oxidative parameters and immune responses in commercial broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26, 247-252.
30. Rayman, M.P. (2009). Selenoproteins and human health: insights from epidemiological data. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1790, 1533-1540.
31. Ross 308 Broiler Management Manual. (2009). Available at: www.aviagen.com, pp.1-114.
32. Ross 308 Broiler Nutrition Specification. (2007). Available at: www.aviagen.com, pp. 1-8.
33. SAS Institute. (2009). *SAS User's Guide: Statistics 9.2*. SAS Institute Inc., Cary, NC.
34. Schrauzer, G.N. (1998). Selenomethionine and selenium yeast: appropriate forms of selenium for use in infant formulas and nutritional supplements. *Journal of Medicinal Food*, 1, 201-206.
35. Schrauzer, G.N. (2000). Selenomethionine: a review of its nutritional significance, metabolism and toxicity. *The Journal of Nutrition*, 130, 1653-1656.
36. Schrauzer, G.N. (2003). The nutritional significance, metabolism and toxicology of selenomethionine. *Advances in Food and Nutrition Research*, 47, 73-112.
37. Schrauzer, G.N. & Surai, P.F. (2009). Selenium in human and animal nutrition: resolved and unresolved issues. A partly historical treatise in commemoration of the fiftieth anniversary of the discovery of the biological essentiality of selenium, dedicated to the memory of Klaus Schwarz (1914-1978) on the occasion of the thirtieth anniversary of his death. *Critical Reviews in Biotechnology*, 29, 2-9.
38. Seo, T.C., Spallholz, J.E., Yun, H.K. & Kim, S.W. (2008). Selenium-enriched garlic and cabbage as a dietary selenium source for broilers. *Journal of Medicinal Food*, 11, 687-692.
39. Shreenath, A.P., Ameer, M.A. & Dooley, J. (2018). *Selenium Deficiency*. First edition, StatPearls Publishing, Treasure Island, Florida, USA.
40. Singh, H., Sodhi, S. & Kaur, R. (2006). Effects of dietary supplements of selenium, vitamin E or combinations of the two on antibody responses of broilers. *British Poultry Science*, 47, 714-719.
41. Smith, D.P. & Northcutt, J.K. (2009). Pale poultry muscle syndrome. *Poultry Science*, 88, 1493-1496.
42. Surai, P.F. (2002). *Natural Antioxidants in Avian Nutrition and Reproduction*. First edition. Nottingham University Press, Nottingham, UK.
43. Surai, P.F. (2006). *Selenium in Nutrition and Health*. First edition, Nottingham University Press, Nottingham, UK.
44. Surai, P.F. & Fisinin, V.I. (2014). Selenium in poultry breeder nutrition: An update. *Animal Feed Science and Technology*, 191, 1-15.
45. Svoboda, M., Saláková, A., Fajt, Z., Kotrbáček, V., Ficek, R. & Drábek, J. (2009). Efficacy of Se-enriched alga *Chlorella* spp. and Se-enriched yeast on tissue selenium retention and carcass characteristics in finisher pigs. *Acta Veterinaria Brno*, 78, 579-587.
46. Trávníček, J., Racek, J., Trefil, L., Rodinová, H., Kroupová, V., Illek, J., Doucha, J. & Písek, L. (2008). Activity of glutathione peroxidase (GSH-Px) in the blood of ewes and their lambs receiving the selenium-enriched unicellular alga *Chlorella*. *Czech Journal of Animal Science*, 53, 292-298.
47. UFFDA. (1992). *User-Friendly Feed Formulation Done Again*. Software Package. University of Georgia, USA.

48. Upton, J.R., Edens, F.W. & Ferket, P.R. (2009). The effects of dietary oxidized fat and selenium source on performance, glutathione peroxidase, and glutathione reductase activity in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 18, 193-202.
49. Wang, Y.B. & Xu, B.H. (2008). Effect of different selenium source (sodium selenite and selenium yeast) on broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 144, 306-314.
50. Wang, Y.X., Zhan, X.A., Yuan, D., Zhang, X.W. & Wu, R.J. (2011). Effects of selenomethionine and sodium selenite supplementation on meat quality, selenium distribution and antioxidant status in broilers. *Czech Journal of Animal Science*, 56, 305-313.
51. Wolfram, S., Berger, B., Grenacher, B. & Scharrer, E. (1989a). Transport of seleno amino acids and their sulphur analogues across the intestinal brush border membrane. *Journal of Nutrition*, 119, 706-712.
52. Wolfram, S., Berger, B. & Scharrer, E. (1989b). Transport of selenomethionine and methionine across the intestinal brush border membrane. In: Wendal, A. (ed.). *Selenium in Biology and Medicine. Proceedings of the 4th International Symposium on Selenium in Biology and Medicine*. Springer-Verlag, Berlin. Pp. 109-113.
53. Yang, Y.R., Meng, F.C., Wang, P., Jiang, Y.B., Yin, Q.Q., Chang, J., R. Y. Zuo, Q. H. Zheng & Liu, J.X. (2012). Effect of organic and inorganic selenium supplementation on growth performance, meat quality and antioxidant property of broilers. *African Journal of Biotechnology*, 11, 3031-3036.
54. Yoon, W.J., Ham, Y.M., Kim, S.S., Yoo, B.S., Moon, J.Y., Baik, J.S., Lee, N.H. & Hyun, C.G. (2009). Suppression of pro-inflammatory cytokines, iNOS, and COX-2 expression by brown algae *Sargassum micracanthum* in RAW 264.7 macrophages. *EurAsian Journal of BioSciences*, 3, 130-143.
55. Zheng, W., He, H., Huang, Z., Yang, F. & Guo, B. (2003). Effects of the stress of selenium or tellurium on the growth of *Spirulina platensis* and *S. maxima*. *Marine Sciences/Haiyang Kexue*, 27, 73-78.
56. Zia, W.M., Khalique, A., Naveed, S. & Hussain, J. (2018). Organic and inorganic selenium in poultry: A review. *Indian Journal of Animal Research*, 52, 483-489.