Animal Production Research

Vol. 12, No. 2, 2023 (1-13)
doi: 10.22124/AR.2023.23375.1734
eISSN: 2538-6107 pISSN: 2252-0872

University of Guilan

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effect of dietary supplementation of selenium and levothyroxine on performance, carcass characteristics, and thyroid hormone concentration in broiler chickens fed diets containing rapeseed meal

M. Shiukhi Khotbasera[1], H. Darmani Kuhi[2*], A. Ohadi Haeri[3]

1. Former MSc Student, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
3. Assistant Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

(Received: 03-12-2022 – Revised: 05-06-2023 – Accepted: 11-06-2023)

Introduction: Soybean meal (SBM) is the main protein source in diets for poultry due to its high protein and excellent amino acid quality and profile, in addition to its high availability of amino acids. However, in some countries, other protein sources are available at lower prices and can be included in least-cost formulations instead of SBM. Rapeseed meal (RM) is the second most important oil-producing crop after soybean. Recently, there has been increasing interest in rapeseed production in countries around the world including Iran. Although RM has a good amino acid profile, its crude protein content (36% to 39%) is lower than that of SBM (44% to 48%). Despite higher levels of methionine and cysteine in RM, its lysine content is lower than SBM. The use of RM has been limited by its low available protein and energy contents relative to SBM. The main factor affecting the levels of available crude protein and energy content is the fibrous hull of RM. RM also contains non-starch polysaccharides and glucosinolates. Excessive levels of RM and thus high dietary glucosinolate content could lead to abnormalities in thyroid function activities and consequently a retardation in growth performance. Therefore, the objectives of the current study were to determine the effects of dietary selenium (Se) and levothyroxine (LT) supplementation on performance, carcass characteristics, and thyroid hormone concentration in broiler chickens fed diets containing RM.

Materials and methods: This experiment was performed to evaluate the effect of dietary Se and LT supplementation on performance, carcass characteristics, weight of internal organs, and thyroid hormone concentration in broiler chickens of commercial strain Ross 308. The experimental treatments were: 1) diet based on SBM and corn grain (positive control), 2) diet with 10% RM (negative control 1, NG1), 3) diet with 20% RM (negative control 2, NG2), 4) NG1+ 0.3 mg Se/kg diet, 5) NG2+ 0.3 mg Se/kg diet, 6) NG1+ 80 µg LT/kg diet, 7) NG2+ 80 µg LT/kg diet, 8) NG1+ 0.3 mg Se and 80 µg LT/kg diet, and 9) NG2+ 0.3 mg Se and 80 µg LT/kg diet. Nine dietary treatments with four replications and 15 chickens in each replication were allocated to the experimental pens in a completely randomized design. During the experimental period (1 to 42 days), average feed intake, body weight gain, and feed conversion ratio were measured. At day 38, two birds from each pen were selected and blood was taken from their axillary vein for measuring thyroid hormones. At the end of the experiment (day 42), two birds from each replicate were selected, weighed, and slaughtered for carcass and internal organs weight determination.

Results and discussion: The results showed that there were no significant differences between the treatments receiving RM and the positive control treatment in terms of growth performance. The percentage of abdominal fat and the relative weight of the internal organs, except the gizzard, were not significant between the dietary treatments. The treatment of 10% RM supplemented with Se and LT had the highest relative weight of the thymus.

* Corresponding author: darmani_22000@yahoo.com

The treatment with 20% RM had the highest and the treatment with 10% RM + LT and 10% RM + LT and SE had the lowest relative weight of bursa Fabricius. The relative weight of the spleen was not affected by the experimental treatments. The treatment containing 20% RM showed the lowest carcass weight and the positive control treatment had the highest percentage of breast muscle. The use of RM at 20% caused a significant increase in thyroid weight compared to the positive control group (group without RM). The thyroid weight was reduced by SE and LT supplementation to diets containing RM. Rapeseed meal had no significant effect on T_4 hormone levels, but treatments supplemented with SE increased and treatments supplemented with LT decreased T_3 hormone levels. Also, the level of TSH hormone in the treatments receiving RM was lower than that in the treatments without RM. Chickens receiving RM with SE and LT had the highest levels of antioxidant enzymes of glutathione peroxidase and superoxide dismutase.
Conclusions: According to the results of the present experiment, supplementing RM with SE and LT decreased the weight of the thyroid gland and increased the level of antioxidant enzymes, which suggests the positive effects of the use of these compounds in the diet based on RM on the function of the thyroid gland.
Keywords: Antioxidant enzymes, Broiler, Selenium, Rapeseed meal, Thyroid hormones
Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.
Funding: The authors received no specific funding for this work.

How to cite this article:

Shiukhi Khotbasera, M., Darmani Kuhi, H., & Ohadi Haeri, A. (2023). Effect of dietary selenium and levothyroxine supplementation on performance, carcass characteristics, and thyroid hormone concentration in broiler chickens fed diets containing rapeseed meal. *Animal Production Research*, *12*(2), 1-13. doi: 10.22124/AR.2023.23375.1734

تحقیقات تولیدات دامی

سال دوازدهم/شماره دوم/تابستان ۱۴۰۲ (۱۳-۱)

Animal Production Research

دانشگاه گیلان

مقاله پژوهشی

اثر افزودن مکمل جیره‌ای سلنیوم و لووتیروکسین روی عملکرد، خصوصیات لاشه و غلظت هورمون‌های تیروئیدی در جوجه‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی کنجاله کلزا

محمد شیوخی خطبه‌سرا[۱]، حسن درمانی کوهی[۲*]، ابولقاسم اوحدی حائری[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۲- دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۳- استادیار، گروه علوم دامی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۲ – تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۱۵ – تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۱)

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی اثر مکمل جیره‌ای سلنیوم و لووتیروکسین بر عملکرد، خصوصیات لاشه و غلظت هورمون‌های تیروئیدی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی کنجاله کلزا با استفاده از ۵۴۰ قطعه جوجه گوشتی نر سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با نه تیمار، چهار تکرار و ۱۵ قطعه جوجه در هر تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- جیره بر اساس کنجاله سویا و ذرت، ۲- جیره حاوی ۱۰ درصد کنجاله کلزا، ۳- جیره حاوی ۲۰ درصد کنجاله کلزا، ۴- جیره حاوی ۱۰ درصد کنجاله کلزا + ۰/۳۰ میلی گرم سلنیوم در کیلوگرم جیره ، ۵- جیره حاوی ۲۰ درصد کنجاله کلزا + ۰/۳۰ میلی گرم سلنیوم در کیلوگرم جیره، ۶- جیره حاوی ۱۰ درصد کنجاله کلزا + ۸۰ میکروگرم لووتیروکسین در کیلوگرم جیره ، ۷- جیره حاوی ۲۰ درصد کنجاله کلزا + ۸۰ میکروگرم لووتیروکسین در کیلوگرم جیره ، ۸- جیره حاوی ۱۰ درصد کنجاله کلزا + ۰/۳۰ میلی گرم سلنیوم و ۸۰ میکروگرم لووتیروکسین در کیلوگرم جیره، و ۹- جیره حاوی ۲۰ درصد کنجاله کلزا + ۰/۳۰ میلی گرم سلنیوم و ۸۰ میکروگرم لووتیروکسین در کیلوگرم جیره بودند. استفاده از سطح ۲۰ درصد کنجاله کلزا سبب ایجاد اختلاف معنی‌داری در وزن نسبی غده تیروئید در مقایسه با تیمار بدون کنجاله کلزا شد. استفاده از مکمل سلنیوم و لووتیروکسین سبب کاهش وزن غده تیروئید شد. تیمارهای مکمل شده با سلنیوم سبب افزایش و تیمارهای مکمل شده با لووتیروکسین سبب کاهش سطح هورمون T_3 شدند. همچنین سطح هورمون TSH در تیمارهای دریافت‌کننده کنجاله کلزا کم‌تر از تیمارهای بدون کنجاله کلزا بود. جوجه‌های دریافت‌کننده کنجاله کلزا به همراه سلنیوم و لووتیروکسین، بالاترین سطح آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز را داشتند. بر اساس نتایج این آزمایش، مکمل کردن کنجاله کلزا با ۰/۳ میلی گرم سلنیوم در کیلوگرم جیره و ۸۰ میکروگرم لووتیروکسین در کیلوگرم جیره سبب کاهش وزن غده تیروئید و افزایش سطح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شد که نشان‌دهنده آثار مثبت این ترکیبات در جیره بر پایه کنجاله کلزا روی عملکرد غده تیروئید است.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، جوجه گوشتی، سلنیم، کنجاله کلزا، هورمون‌های تیروئیدی

* نویسندهٔ مسئول: darmani_22000@yahoo.com

doi: 10.22124/AR.2023.23375.1734

مقدمه

بیش‌ترین هزینه تولید گوشت و تخم مرغ را خوراک به خود اختصاص می‌دهد و ذرت و سویا به عنوان عمده‌ترین اقلام جیره غذایی طیور هستند (Leeson, 2012). کنجاله سویا معمولاً به عنوان یک منبع پروتئینی مؤثر گیاهی در صنعت خوراک دام و طیوراستفاده می‌شود. با این حال، استفاده از کنجاله سویا در جیره غذایی طیور سبب افزایش هزینه تمام شده تولید خوراک می‌شود و بسیاری از پرورش دهندگان به دنبال جایگزینی منابع مکمل پروتئینی هستند که ممکن است با هزینه کم‌تری در دسترس باشند (Fazhi *et al*., 2011). کنجاله کلزا می‌تواند یکی از منابع پروتئینی جایگزین برای کنجاله سویا در تغذیه حیوانات باشد (Chiang *et al*., 2010). کنجاله کلزا به عنوان مکمل پروتئینی در تغذیه دام و طیور استفاده می‌شود (Maroufyan and Kermanshahi, 2006). ترکیب کلزا به‌طور قابل ملاحظه‌ای به وسیله پرورش‌دهندگان گیاهان به وسیله اصلاح نژاد تغییر یافته است و انواع جدیدی از کلزا معروف به کلزا دو صفر یا کانولا را تولید کرده‌اند که روغن آن کم‌تر از دو درصد اسید اروسیک و کنجاله آن کم‌تر از ۳۰ میکرومول در گرم گلوکوزینولات آلیفاتیک دارد (Khajali and Slominski, 2012). استفاده از کنجاله کلزا در تغذیه حیوانات تک معده‌ای به دلیل سطح پایین انرژی و عوامل ضدتغذیه‌ای از جمله گلوکوزینولات، سیناپین، فیتات، تانن یا پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای محدود است (Mikulski *et al*., 2012). استفاده از کنجاله کلزا در جیره طیور به دلیل وجود گلوکوزینولات‌ها می‌تواند منجر به اختلال در رشد و افزایش نرخ مرگ و میر شود (Campbell and Fasina, 1997; McNeill *et al*., 2004). گلوکوزینولات‌ها به وسیله آنزیم مایروزیناز موجود در کنجاله کلزا هیدرولیز شده و طیف وسیعی از ترکیبات را آزاد می‌کنند، که مهم‌ترین این ترکیبات، ایزوتیوسیانات‌ها، نیتریل‌ها و تیوسیانات‌ها هستند که سبب کاهش مصرف خوراک، کاهش رشد و بروز گواتر در طیور می‌شوند (Fazhi *et al*., 2011). وجود گلوکوزینولات‌ها در تغذیه دام و طیور باعث کاهش سطح هورمون‌های تیروئیدی و تغییر نسبت تری‌یدوتیرونین (T_3) به تیروکسین (T_4) می‌شود (Kermanshahi and Abbasipour, 2006).

غده تیروئید یکی از مهم‌ترین غدد درون ریز بدن است که در تنظیم سوخت و ساز و رشد بدن نقش ایفا می‌کند. این غده دو هورمون T_3 و T_4 را تولید می‌کند (Pourkavou *et al*. 2017)، عملکرد طبیعی غده تیروئید برای ساخت و سوخت و ساز هورمون‌های تیروئیدی به عناصر معدنی کم‌نیاز مانند ید، سلنیوم، روی، مس و آهن بستگی دارد (Nazifi *et al*., 2008). سلنیوم در سوخت و ساز هورمون‌های تیروئیدی و ساخت T_3 پلاسما از T_4 در اندام‌های غیرتیروئیدی نظیر کبد و کلیه به وسیله سلنوآنزیم دیدیناز نوع ۱ نفش دارد. سلنیوم هم‌چنین کوفاکتور آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز است که در از بین بردن رادیکال‌های آزاد حاصل از فعالیت‌های متابولیکی دخالت دارد (Jianhua *et al*., 2000). در شرایط کمبود ید به علت افزایش فعالیت غده تیروئید نیاز به گلوتاتیون پراکسیداز سیتوزولی افزایش می‌یابد (Suttle, 2010). لووتیروکسین دارویی است که دارای آثار کاتابولیک و آنابولیک بوده و از راه تاثیرگذاری روی غده تیروئید در سوخت و ساز، رشد و تکامل طبیعی بدن نقش‌آفرینی می‌کند. لووتیروکسین سرعت سوخت و ساز پایه و گلوکونئوژنز را افزایش داده و ساخت پروتئین را تحریک می‌کند. از این دارو در انسان برای درمان کم‌کاری غده تیروئید استفاده می‌شود. هورمون‌های تیروئید دارای آثار مختلف عمومی و اختصاصی بر رشد هستند. اثر هورمون‌های تیروئید بر رشد، از مسیر ساخت پروتئین‌ها استوار است. به هرحال، بیش‌بود این هورمون می‌تواند منجر به کاتابولیسم پروتئین‌ها شود (Pourkavou *et al*., 2017). با توجه به این‌که مواد ضدتغذیه‌ای موجود در کنجاله کلزا می تواند بر سوخت و ساز هورمون‌های تیروئیدی تاثیرگذار باشد و این که داروی لووتیروکسین و هم‌چنین عنصر سلنیم به ترتیب به عنوان یک داروی موثر روی سوخت و ساز هورمون‌های تیروئیدی و یک جزء ساختاری از هورمون تیروکسین هستند، هدف از این مطاله بررسی تاثیر لووتیروکسین و سلنیوم جیره‌ای روی عملکرد، خصوصیات لاشه و غلظت هورمون‌های تیروئیدی در جوجه‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی کنجاله کلزا بود.

مواد و روش‌ها

تیمارهای آزمایشی و شرایط پرورش: این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نه تیمار، چهار تکرار و ۱۵ پرنده در هر تکرار و در مجموع ۵۴۰ قطعه جوجه گوشتی

نر سویه تجاری راس ۳۰۸ انجام شد. جوجه‌های همه تیمار-ها در هفت روز اول پرورش با جیره بر پایه ذرت و کنجاله سویا تغذیه، و از هفته دوم جیره‌های آزمایشی در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- جیره بر اساس ذرت و کنجاله سویا، ۲- جیره حاوی ۱۰ درصد کنجاله کلزا، ۳- جیره حاوی ۲۰ درصد کنجاله کلزا، ۴- جیره حاوی ۱۰ درصد کنجاله کلزا + ۰/۳۰ میلی گرم سلنیوم در کیلوگرم جیره، ۵- جیره حاوی ۲۰ درصد کنجاله کلزا + ۰/۳۰ میلی گرم سلنیوم در کیلوگرم جیره، ۶- جیره حاوی ۱۰ درصد کنجاله کلزا + ۸۰ میکروگرم لووتیروکسین در کیلوگرم جیره، ۷- جیره حاوی ۲۰ درصد کنجاله کلزا + ۸۰ میکروگرم لووتیروکسین در کیلوگرم جیره، ۸- جیره حاوی ۱۰ درصد کنجاله کلزا + ۰/۳۰ میلی گرم سلنیوم و ۸۰ میکروگرم لووتیروکسین در کیلوگرم جیره، و ۹- جیره حاوی ۲۰ درصد کنجاله کلزا + ۰/۳۰ میلی گرم سلنیوم و ۸۰ میکروگرم لووتیروکسین در کیلوگرم جیره بودند. مواد خوراکی در سه مرحله آغازین، رشد و پایانی با استفاده از نرم افزار UFFDA تنظیم و فرموله شدند (جداول ۱ تا ۳). افزایش وزن روزانه (AFI)، مصرف خوراک روزانه (FI) و ضریب تبدیل خوراک (FCR) به‌صورت هفتگی و دوره‌ای اندازه گیری شدند.

اندازه گیری غلظت هورمون‌های تیروئیدی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی: برای اندازه‌گیری سطح هورمون‌های تیروئیدی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی جوجه‌ها در روز ۳۸ پرورش از هر تکرار (قفس)، دو قطعه جوجه انتخاب و از هر جوجه مقدار سه میلی‌لیتر خون از ورید بال گرفته شد. سپس نمونه‌ها به مدت دو ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند تا سرم از لخته خون جدا شود. سپس سرم‌های جدا شده از لخته با دوز ۱۵۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس سرم‌ها با استفاده از سمپلر جدا شده و جهت انجام مراحل بعدی آزمایش در دمای ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند. هورمون‌های تیروئیدی T_3، T_4 و TSH با استفاده از کیت تجاری منوکیت به روش الایزا (ELISA) در طول موج ۴۵۰ نانومتر اندازه گیری شدند و سطوح آنزیم‌های آنتی اکسیدانی گلوتاتیون پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز با استفاده از کیت تجاری نوند سلامت با استفاده از دستگاه الایزا ریدر به ترتیب در طول موج ۳۴۰ و ۴۰۵ نانومتر اندازه گیری شد.

تفکیک لاشه و وزن اندام‌های داخلی: در پایان دوره پرورش از هر تکرار، دو پرنده با میانگین وزنی آن تکرار انتخاب شد و بعد از وزن‌کشی ذبح شد و فراسنجه‌های بازدهی لاشه، درصد عضله سینه و ران، وزن اندام‌های داخلی (جگر، سنگدان، قلب، پیش معده و پانکراس)، چربی محوطه بطنی و وزن غده تیروئید اندازه گیری شد. داده‌های این آزمایش با استفاده از رویه GLM نرم افزار SAS 9.3 (SAS Institute, 2011) تجزیه شدند و آزمون معنی‌داری تفاوت میانگین‌ها با روش توکی در سطح ۰/۰۵ سنجیده شد.

جدول ۱- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در دوره آغازین (۱۰-۰ روزگی)

Table 1. Ingredients and chemical composition of the experimental diets during starter period (0-10 d)

Ingredients (%)	SBM	10%RM	20%RM	Calculated analysis	SBM	10%RM	20%RM
Corn grain	55.65	54.2	47.48	Metabolizable energy (kcal/kg)	2900	2900	2900
Soybean meal	37.83	28.56	23.11	Crude protein (%)	22.23	22.23	22.23
Rapeseed meal	0	10	20	Methionine (%)	0.53	0.53	0.53
Soybean oil	2	2.5	3.8	Methionine + Cysteine (%)	1.04	1.04	1.04
Calcium carbonate	1.06	1	0.90	Lysine (%)	1.39	1.39	1.39
Dicalcium phosphate	1.79	1.99	2	Threonine (%)	0.94	0.94	0.94
Common salt	0.29	0.29	0.30	Arginine (%)	1.41	1.40	1.40
Sodium bicarbonate	0.15	0.15	0.15	Tryptophan (%)	0.22	0.24	0.28
DL-Methionine 99%	0.21	0.24	0.22	Calcium (%)	0.93	0.94	0.93
L-Lysine HCl 78%	0.29	0.37	0.35	Available P (%)	0.46	0.47	0.46
L-Threonine 99%	0.13	0.10	0.09	Sodium (%)	0.17	0.17	0.17
Vitamin premix[1]	0.25	0.25	0.25				
Mineral premix[2]	0.25	0.25	0.25				
Choline Cl 60%	0.10	0.10	0.10				

1. Vitamin premix provided the following per kilogram of diet: vitamin (trans-retinyl acetate), 10000 IU; vitamin D3 (cholecalciferol), 2000 IU; vitamin E (DL-alpha-tocopherol acetate), 45 IU; vitamin K3 (bisulfate menadionecomplex), 3 mg; thiamine (thiaminemononitrate), 3 mg; riboflavin, 9 mg; nicotinic acid, 30 mg; pantothenic acid (D-calcium pantothenate), 10 mg; vitamin B6, 4mg; d-biotin, 0.1 mg; folic acid, 2 mg; vitamin B12 (cyanocobalamin), 0.02 mg and choline (choline chloride), 500 mg.

2. Mineral premix provided the following per kilogram of diet: iron (FeSO4•7H2O), 55 mg; iodine (Ca (IO3)2), 1.3 mg; manganese (MnSO4•H2O), 100 mg; zinc (ZnO), 85 mg; copper (CuSO4•5H2O), 13 mg; selenium (Na2SeO3), 0.2 mg.

SBM: Diet based on soybean meal and corn grain, 10%RM: Diet with 10% rapeseed meal, 20%RM: Diet with 20% rapeseed meal.

جدول ۲- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در دوره رشد (۲۴-۱۱ روزگی)

Table 2. Ingredients and chemical composition of the experimental diets during grower period (11-24 d)

Ingredients (%)	SBM	10%RM	20%RM	Calculated analysis	SBM	10%RM	20%RM
Corn grain	64.63	59.58	55.49	Metabolizable energy (kcal/kg)	2950	2950	2950
Soybean meal	28.73	22.71	15.71	Crude protein (%)	20.45	20.45	20.45
Rapeseed meal	0	10	20	Methionine (%)	0.51	0.51	0.51
Soybean oil	1.20	2.33	3.50	Methionine + Cysteine (%)	0.94	0.94	0.94
Calcium carbonate	1.03	0.90	0.74	Lysine (%)	1.29	1.29	1.29
Dicalcium phosphate	1.71	1.73	1.77	Threonine (%)	0.84	0.84	0.84
Common salt	0.30	0.30	0.30	Arginine (%)	1.32	1.32	1.32
Sodium bicarbonate	0.15	0.15	0.15	Tryptophan (%)	0.27	0.26	0.24
DL-Methionine 99%	0.23	0.21	0.21	Calcium (%)	0.84	0.84	0.84
L-Lysine HCl 78%	0.39	0.40	0.43	Available P (%)	0.42	0.42	0.42
L-Threonine 99%	0.03	0.05	0.05	Sodium (%)	0.17	0.17	0.17
Vitamin premix[1]	0.25	0.25	0.25				
Mineral premix[2]	0.25	0.25	0.25				
Choline Cl 60%	0.10	0.10	0.10				
L-Arginine	0	0.04	0.05				
Zeolite	1	1	1				

1. Vitamin premix provided the following per kilogram of diet: vitamin (trans-retinyl acetate), 10000 IU; vitamin D3 (cholecalciferol), 2000 IU; vitamin E (DL-alpha-tocopherol acetate), 45 IU; vitamin K3 (bisulfate menadione complex), 3 mg; thiamine (thiaminemononitrate), 3 mg; riboflavin, 9 mg; nicotinic acid, 30 mg; pantothenic acid (D-calcium pantothenate), 10 mg; vitamin B6, 4mg; d-biotin, 0.1 mg; folic acid, 2 mg; vitamin B12 (cyanocobalamin), 0.02 mg and choline (choline chloride), 500 mg.
2. Mineral premix provided the following per kilogram of diet: iron (FeSO4•7H2O), 55 mg; iodine (Ca (IO3)2), 1.3 mg; manganese (MnSO4•H2O), 100 mg; zinc (ZnO), 85 mg; copper (CuSO4•5H2O), 13 mg; selenium (Na2SeO3), 0.2 mg.
SBM: Diet based on soybean meal and corn grain, 10%RM: Diet with 10% rapeseed meal, 20%RM: Diet with 20% rapeseed meal.

جدول ۳- مواد خوراکی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در دوره پایانی (۴۱-۲۵ روزگی)

Table 3. Ingredients and chemical composition of the experimental diets during finisher period (25-41 d)

Ingredients (%)	SBM	10%RM	20%RM	Calculated analysis	SBM	10%RM	20%RM
Corn grain	67.34	62.17	59.11	Metabolizable energy (kcal/kg)	3000	3000	3000
Soybean meal	25.72	19.69	12.09	Crude protein (%)	18.80	18.80	18.80
Rapeseed meal	0	10	20	Methionine (%)	0.45	0.45	0.45
Soybean oil	1.85	2.8	3.95	Methionine + Cysteine (%)	0.88	0.88	0.88
Calcium carbonate	0.94	0.84	0.74	Lysine (%)	1.12	1.12	1.12
Dicalcium phosphate	1.5	2.8	1.43	Threonine (%)	0.76	0.76	0.76
Common salt	0.32	0.32	0.32	Arginine (%)	1.19	1.18	1.18
Sodium bicarbonate	0.15	0.15	0.15	Tryptophan (%)	0.25	0.23	0.22
DL-Methionine 99%	0.18	0.17	0.17	Calcium (%)	0.78	0.78	0.78
L-Lysine HCl 78%	0.27	0.27	0.31	Available P (%)	0.38	0.38	0.38
L-Threonine 99%	0.02	0.02	0.02	Sodium (%)	0.18	0.18	0.18
Vitamin premix[1]	0.25	0.25	0.25				
Mineral premix[2]	0.25	0.25	0.25				
Choline Cl 60%	0.10	0.10	0.10				
L-Arginine	0	0	0.11				
Zeolite	0.96	0	0.77				
Potacium carbonat	0.15	0.17	0.23				

1. Vitamin premix provided the following per kilogram of diet: vitamin (trans-retinyl acetate), 10000 IU; vitamin D3 (cholecalciferol), 2000 IU; vitamin E (DL-alpha-tocopherol acetate), 45 IU; vitamin K3 (bisulfate menadionecomplex), 3 mg; thiamine (thiaminemononitrate), 3 mg; riboflavin, 9 mg; nicotinic acid, 30 mg; pantothenic acid (D-calcium pantothenate), 10 mg; vitamin B6, 4mg; d-biotin, 0.1 mg; folic acid, 2 mg; vitamin B12 (cyanocobalamin), 0.02 mg and choline (choline chloride), 500 mg.
2. Mineral premix provided the following per kilogram of diet: iron (FeSO4•7H2O), 55 mg; iodine (Ca (IO3)2), 1.3 mg; manganese (MnSO4•H2O), 100 mg; zinc (ZnO), 85 mg; copper (CuSO4•5H2O), 13 mg; selenium (Na2SeO3), 0.2 mg.
SBM: Diet based on soybean meal and corn grain, 10%RM: Diet with 10% rapeseed meal, 20%RM: Diet with 20% rapeseed meal.

نتایج و بحث

اثر تیمارهای آزمایشی بر مصرف خوراک روزانه، افزایش وزن و ضریب تبدیل در کل دوره پرورش در جدول ۴ ارائه شده است. تیمارهای آزمایشی اثری بر مصرف خوراک روزانه، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک نداشتند. در مطابقت با یافته‌های این تحقیق، استفاده از ۱۵ درصد

جدول ۴- اثر تیمارهای آزمایشی بر مصرف خوراک روزانه، افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی در کل دوره پرورش

Table 4. Effect of experimental treatments on daily feed intacke (FI), weight gain (BWG), and feed conversion ratio (FCR) of broiler chickens during the whole experimental period

	Treatments[1]										
Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SEM	*P*-value
FI	115.5	111.8	112.0	111.8	113.9	112.7	116.3	114.1	112.1	0.679	0.694
BWG	66.3	62.7	64.6	64.8	65.8	66.7	68.1	66.6	64.6	0.463	0.244
FCR	1.74	1.78	1.74	1.72	1.73	1.70	1.71	1.72	1.73	0.007	0.308

[1] Treatments included: 1) Diet based on soybean meal and corn grain, 2) Diet with 10% rapeseed meal, 3) Diet with 20% rapeseed meal, 4) 10% rapeseed meal + 0.3 mg Se/kg diet, 5) 20% rapeseed meal + 0.3 mg Se/kg diet, 6) 10% rapeseed meal + 80 µg Levothyroxine/kg diet, 7) 20% rapeseed meal + 80 µg Levothyroxine /kg diet, 8) 10% rapeseed meal + 0.3 mg Se and 80 µg Levothyroxine /kg diet, and 9) 20% rapeseed meal + 0.3 mg Se and 80 µg Levothyroxine /kg diet.

کنجاله کلزا تأثیری بر مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی نداشت، اما سطح ۳۰ درصد کنجاله کلزا باعث کاهش مصرف خوراک شد. هم‌چنین بر خلاف نتایج تحقیق حاضر، تیمارهای دریافت کننده کلزا دارای افزایش وزن کمتر و ضریب تبدیل بالاتری نسبت به تیمار بدون کنجاله کلزا بودند (Kermanshahi and Abbasipour, 2006). همسو با نتایج تحقیق حاضر، Shivazad *et al*. (2010) گزارش کردند که مصرف خوراک جوجه‌های گوشتی دریافت کننده صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد کنجاله کلزا جایگزین شده با کنجاله سویا در پایان دوره پرورش، تفاوت معنی داری با هم نداشتند. مطابق با نتایج تحقیق حاضر، استفاده از کنجاله کلزا تا سطح ۳۰ درصد تأثیری بر مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی نداشت (Gopinger *et al*., 2014). در مطالعه‌ای دیگر، استفاده از کنجاله کلزا تا سطح ۴۰ درصد باعث کاهش خطی مصرف خوراک و افزایش وزن و افزایش ضریب تبدیل خوراک شد (Woyengo *et al*., 2011). هم راستا با نتایج آزمایش حاضر، در آزمایش Pirgozliv *et al*. (2022)، کنجاله کلزا تأثیری بر مصرف خوراک و ضریب تبدیل جوجه‌های گوشتی نداشت ولی منجر به کاهش وزن بدن شد. متغیر بودن سطح مواد ضدتغذیه‌ای بخصوص گلوکوزینولات‌ها و سیناپین در کنجاله کلزا می‌تواند دلیل اختلاف در مصرف خوراک در آزمایش‌های متفاوت باشد (Woyengo *et al*., 2011). بین تیمارهای مکمل شده با سلنیوم با تیمارهایی که مکمل سلنیوم را دریافت نکرده بودند نیز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت که در مطابقت با یافته‌های Göçmen *et al*. (2016) است که استفاده از سطوح ۰، ۰/۱۵، ۰/۳ و ۰/۶ میلی گرم در کیلوگرم سلنیوم از دو منبع آلی و معدنی، اثری بر مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل جوجه‌ها نداشت. هم‌چنین در یک مطالعه با استفاده از ۰/۵۷ میلی گرم در کیلوگرم سلنیوم آلی در جیره جوجه‌های گوشتی حاوی کنجاله کلزا در مقایسه با جیره حاوی ۰/۳۶ میلی گرم در کیلوگرم سلنیوم، صفات عملکردی مشابه بود (Celi *et al*., 2013). در تحقیق Arnaut *et al*. (2021) نیز سطوح مختلف سلنیوم، مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل جوجه‌های گوشتی را به‌صورت معنی داری تحت تاثیر قرار نداد. Pourkavou *et al*. (2017) گزارش کردند که افزودن ۳۰ میکروگرم لووتیروکسین در یک لیتر آب بلدرچین تاثیری بر وزن نهایی بدن و ضریب تبدیل خوراک نداشت، اما باعث کاهش معنی‌دار مصرف خوراک می شود. بر اساس مطالعه Karimi *et al*. (2019)، افزودن ۱/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم لووتیروکسین از روز ۲۵ آزمایش به جیره جوجه‌های گوشتی در مواجهه با محدودیت مصرف خوراک به‌صورت یک روز در میان از روزهای ۸ تا ۲۱، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک نسبت به تیمار چالش یافته با محدودیت خوراکی و بدون مکمل لووتیروکسین به‌صورت معنی داری کاهش یافت. بر اساس مطالعه Maleki *et al*. (2018)، ۱/۶ میلی گرم لووتیروکسین در کیلوگرم جیره افزایش وزن روزانه جوجه‌های گوشتی را به‌صورت معنی‌داری کاهش داد، اما تاثیر آن بر کاهش مصرف خوراک و افزایش ضریب تبدیل معنی‌دار نبود. استفاده از یک میلی گرم لووتیروکسین در یک لیتر آب باعث کاهش معنی‌دار مصرف خوراک و افزایش وزن بدن جوجه‌های گوشتی نسبت به تیمار بدون لووتیروکسین شد (Raeesi *et al*., 2012). استفاده بلندمدت از هورمون تیروکسین در مرغ مادر گوشتی باعث کاهش وزن بدن شد (Saemi *et al*., 2018). افزایش و کاهش بیش از حد

هورمون‌های تیروئیدی می‌تواند سبب کاهش رشد شود. هورمون‌های تیروئیدی در غلظت‌های پایین بر سوخت و ساز پروتئین و چربی دارای اثر آنابولیک و در غلظت‌های بالا دارای اثر کاتابولیکی هستند و افزایش بیش از حد هورمون‌های تیروئیدی نرخ سوخت و ساز پایه را افزایش داده و سبب کاهش وزن می‌شود (Saemi *et al*., 2018). اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات لاشه، وزن اندام‌های داخلی و وزن غده تیروئید جوجه‌های گوشتی در جدول ۵ نشان داده شده است. تیمار حاوی ۱۰ درصد کنجاله کلزا به همراه سلنیوم و لووتیروکسین از نظر عددی دارای بیش‌ترین بازدهی لاشه و تیمار بدون کنجاله کلزا و تیمار حاوی ۲۰ درصد کنجاله کلزا به همراه سلنیوم بیش‌ترین درصد عضله سینه را داشتند. وزن نسبی چربی بطنی، کبد، پانکراس، قلب و پیش‌معده تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. وزن نسبی سنگدان و غده تیروئید در جیره‌های حاوی کنجاله کلزا افزایش یافت به‌صورتی که تیمار حاوی ۲۰ درصد کنجاله کلزا دارای تفاوت معنی‌داری با تیمار جیره بر پایه ذرت و کنجاله کلزا بود. نتایج این تحقیق در مورد اثر کنجاله کلزا بر وزن نسبی سنگدان با گزارش قبلی همخوانی دارد (Mikulski *et al*., 2012). با توجه به محتوای بیشتر الیاف خام کنجاله کلزا (۱۲ درصد) در مقایسه با کنجاله سویا (هفت درصد)، نسبت بالای الیاف نامحلول در کنجاله کلزا نسبت به کنجاله سویا می‌تواند دلیل افزایش وزن نسبی سنگدان در تیمارهای دریافت کننده کنجاله کلزا باشد (Sacranie *et al*., 2012). نتایج این مطالعه با یافته‌های Biesek *et al*. (2020) که با گنجاندن ۲۵ درصد کنجاله کلزا در جیره جوجه‌های گوشتی، درصد لاشه، عضله سینه و ران کاهش و درصد چربی محوطه بطنی افزایش یافت مغایرت دارد. در مطابقت با نتایج تحقیق حاضر در یک مطالعه دیگر (Naseem *et al*., 2016) با استفاده از ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد کنجاله کلزا در جیره جوجه‌های کوشتی، درصد گوشت سینه و ران تفاوتی با جیره بدون کنجاله کلزا نداشت و درصد چربی محوطه بطنی در تیمارهای حاوی کنجاله کلزا نسبت به تیمار بدون کنجاله کلزا از نظر عددی کاهش یافت، اما تفاوت معنی‌دار نبود.

افزودن ۰/۲۵ و ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم از دو منبع آلی و معدنی تأثیری بر درصد لاشه، عضله سینه، عضله ران و چربی بطنی نسبت به جیره بدون مکمل سلنیوم جوجه‌های گوشتی نداشت که با نتایج آزمایش حاضر در سطح ۲۰ درصد کنجاله کلزا که باعث افزایش درصد عضله سینه شد در مغایرت است، اما با نتایج بقیه فراسنجه‌ها هم‌خوانی دارد (Rajashree *et al*., 2014). هم‌چنین افزودن دو سطح ۰/۱ و ۰/۳ میلی گرم در کیلوگرم از منابع مختلف سلنیوم تأثیری بر درصد لاشه، عضله سینه و چربی بطنی نداشته است که نتایج آن در مورد درصد چربی محوطه بطنی با نتایج این آزمایش هم‌خوانی دارد (Bakhshalinejad *et al*., 2019).

جدول ۵- اثر تیمارهای آزمایشی بر بازده نسبی لاشه (درصد از وزن زنده)، وزن نسبی اجزای لاشه (درصد از وزن لاشه)، وزن نسبی اندام‌های داخلی (درصدی از وزن زنده) و وزن غده تیروئید (میلی گرم بر کیلوگرم وزن زنده) جوجه‌های گوشتی

Table 5. Effect of experimental treatments on relative yield of carcass (percentage of live weight), relative weight of carcass components (percentage of carcass weight), relative weight of internal organs (percentage of live weight), and thyroid gland weight (mg/kg live weight) of broilers

	Treatments[1]										
Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SEM	*P*-value
Carcass yield	63.88^{ab}	64.03^{ab}	62.30^{b}	62.45^{ab}	64.80^{ab}	65.88^{a}	62.29^{b}	64.08^{ab}	62.89^{ab}	0.262	0.035
Breast	42.30^{a}	41.88^{ab}	38.18^{c}	42.36^{a}	42.14^{ab}	41.84^{ab}	39.07^{bc}	40.96^{abc}	41.34^{abc}	0.277	0.001
Thigh	28.79^{b}	28.68^{b}	30.47^{ab}	29.06^{b}	29.22^{b}	29.66^{ab}	31.67^{a}	29.54^{ab}	28.63^{b}	0.201	0.002
Liver	2.29	2.29	2.37	2.18	2.27	2.43	2.37	2.36	2.40	0.024	0.083
Gizard	1.23^{b}	1.39^{ab}	1.36^{ab}	1.44^{ab}	1.35^{ab}	1.57^{a}	1.47^{a}	1.41^{ab}	1.39^{ab}	0.018	0.007
Heart	0.42	0.44	0.44	0.44	0.46	0.44	0.43	0.42	0.47	0.008	0.828
Proventriculus	0.36	0.33	0.31	0.33	0.31	0.35	0.35	0.34	0.36	0.005	0.305
Abdominal fat	0.99	0.70	0.72	0.70	0.64	0.43	0.92	0.74	0.88	0.037	0.083
Pancreas	0.22	0.23	0.22	0.23	0.20	0.24	0.22	0.22	0.24	0.004	0.615
Thyroid gland	87.78^{b}	88.62^{ab}	89.91^{a}	88.45^{ab}	88.96^{ab}	88.92^{ab}	88.92^{ab}	88.66^{ab}	88.92^{ab}	1.911	0.047

[1] Treatments included: 1) Diet based on soybean meal and corn grain, 2) Diet with 10% rapeseed meal, 3) Diet with 20% rapeseed meal, 4) 10% rapeseed meal + 0.3 mg Se/kg diet, 5) 20% rapeseed meal + 0.3 mg Se/kg diet, 6) 10% rapeseed meal + 80 µg Levothyroxine/kg diet, 7) 20% rapeseed meal + 80 µg Levothyroxine /kg diet, 8) 10% rapeseed meal + 0.3 mg Se and 80 µg Levothyroxine /kg diet, and 9) 20% rapeseed meal + 0.3 mg Se and 80 µg Levothyroxine /kg diet.

[a-c] Means within the same row with different superscripts differ significantly (P<0.05).

در یک تحقیق (Maleki *et al.,* 2018)، استفاده از لووتیروکسین در جیره جوجه‌های گوشتی باعث کاهش درصد لاشه و چربی محوطه بطنی شد، اما تأثیری بر درصد عضله سینه و ران نداشت که با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت نداشت. برخلاف یافته‌های این تحقیق و بر اساس مطالعه Karimi *et al*. (2019)، افزودن لووتیروکسین به جیره جوجه‌های گوشتی در شرایط محدودیت خوراکی تأثیری بر درصد لاشه، عضله سینه، عضله ران و چربی بطنی نداشت. هم‌چنین افزودن لووتیروکسین به آب بلدرچین‌های ژاپنی تأثیری بر درصد لاشه، عضله سینه و عضله ران نداشته است (Pourkavou *et al*., 2017). در مطابقت با نتایج مطالعه حاضر در یک مطالعه، استفاده از سطح بالای کنجاله کلزا در جیره جوجه‌های گوشتی تأثیری بر وزن نسبی کبد نداشت، ولی باعث افزایش وزن نسبی قلب شد (Khajali *et al*., 2011). استفاده از ۷/۵ و ۱۵ درصد کنجاله کلزا در جیره جوجه‌های گوشتی تأثیری بر وزن نسبی پانکراس و قلب نداشت که با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت داشت، اما باعث افزایش وزن نسبی کبد و کاهش چربی بطنی شد که با نتایج آزمایش حاضر مغایرت داشت (Maroufyan and Kermanshahi, 2006). هم راستا با نتایج آزمایش حاضر، استفاده از شش، ۱۲ و ۱۸ درصد کنجاله کلزا در جیره بوقلمون تأثیری بر درصد چربی بطنی و وزن کبد نداشت، اما سطح ۱۸ درصد باعث افزایش وزن نسبی سنگدان شد (Mikulski *et al*., 2012). یافته‌های حاضر در مورد اثر کنجاله کلزا بر وزن غده تیروئید با نتایج سایر محققان (Hameed *et al*., 2002; Payvastegan *et al*., 2017; Ramesh *et al*., 2006; Schone *et al*., 1996; Woyengo *et al*., 2011; Zhu *et al*, 2019) هم‌خوانی داشت. محصولات حاصل از تجزیه گلوکوزینولات‌ها جذب ید به وسیله غده تیروئید را برای ساخت هورمون تیروکسین مختل می‌کنند و باعث می‌شوند غده هیپوفیز، TSH را آزاد کند که باعث بزرگ‌تر شدن غده تیروئید می‌شود (Schöne *et al*., 1997; Woyengo *et al*., 2011).

اثر تیمارهای آزمایشی بر غلظت هورمون‌های تیروئیدی و آنزیم‌های آنتی اکسیدانی گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در جدول ۶ ارائه شده است. سطح هورمون T_3 در تیمارهای دریافت کننده کنجاله کلزا بالاتر از پرنده‌های تغذیه شده با جیره بر پایه ذرت و کنجاله سویا بود (P<۰/۰۵). تیمار دریافت کننده ۱۰ درصد کنجاله کلزا به همراه سلنیوم از لحاظ عددی بیش‌ترین سطح هورمون T_3 را داشت که علت آن می‌تواند نقش عنصر سلنیوم در دیودیناسیون باشد که سبب افزایش تولید T_3 از فرم غیرفعال آن یعنی T_4 می‌شود (Negro, 2008).

تیمارهای آزمایشی تأثیری بر سطح هورمون T_4 و نسبت T_3 به T_4 جوجه‌های گوشتی نداشتند. استفاده از کنجاله کلزا باعث کاهش هورمون محرک تیروئید (TSH) نسبت به جیره بدون کنجاله کلزا شد، اما این کاهش معنی‌دار نبود. تیمار دریافت کننده ۲۰ درصد کنجاله کلزا به همراه لووتیروکسین، سطح TSH کم‌تری نسبت به تیمار بدون کنجاله کلزا داشت. در مطالعه Woyengo *et al*. (2011)، با افزایش سطح کنجاله کلزا در جیره جوجه‌های گوشتی، سطح سرمی T_3 افزایش ولی سطح T_4 تغییر نکرد که با یافته‌های تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد. در مطالعه‌ای دیگر با گنجاندن ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد کنجاله کلزا در جیره جوجه‌های گوشتی سطح سرمی TSH افزایش یافت (Ahmadi 2018). Kermanshahi and Abbasipour (2006) با گنجاندن ۱۵ و ۳۰ درصد کنجاله کلزا در جیره

جدول ۶- اثر تیمارهای آزمایشی مختلف بر سطح هورمون‌های تیروئیدی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی جوجه‌های گوشتی

Table 6. Effect of different experimental treatments on the level of thyroid hormones and antioxidant enzymes in broilers

	Treatments[1]										
Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SEM	*P*-value
T_3 (ng/mL)	1.97^{c}	2.62^{ab}	2.17^{abc}	2.70^{a}	2.61^{ab}	2.39^{abc}	2.20^{abc}	2.12^{bc}	2.06^{c}	0.042	0.0003
T_4 (µg/dL)	5.48	5.93	5.77	6.13	6.03	5.84	5.65	5.48	5.43	0.065	0.22
TSH (µiu/mL)	2.46^{a}	2.24^{ab}	1.98^{ab}	2.13^{ab}	2.00^{ab}	1.77^{ab}	1.59^{b}	1.74^{ab}	1.72^{ab}	0.055	0.02
T_3:T_4	0.36	0.44	0.38	0.46	0.43	0.41	0.40	0.39	0.380	0.007	0.233
GPX (nmol/mL)	144.1^{e}	157.9^{bc}	168.3^{abc}	170.7^{abc}	179.0^{abc}	186.9^{ab}	193.2^{ab}	187.6^{ab}	198.9^{a}	3.06	0.001
SOD (U/mL)	117.3^{e}	130.5^{de}	138.4^{cde}	141.6^{cde}	150.2^{cde}	159.4^{abc}	167.9^{ab}	175.3^{a}	176.4^{a}	2.79	0.0001

[1] Treatments included: 1) Diet based on soybean meal and corn grain, 2) Diet with 10% rapeseed meal, 3) Diet with 20% rapeseed meal, 4) 10% rapeseed meal + 0.3 mg Se/kg diet, 5) 20% rapeseed meal + 0.3 mg Se/kg diet, 6) 10% rapeseed meal + 80 µg Levothyroxine/kg diet, 7) 20% rapeseed meal + 80 µg Levothyroxine /kg diet, 8) 10% rapeseed meal + 0.3 mg Se and 80 µg Levothyroxine /kg diet, and 9) 20% rapeseed meal + 0.3 mg Se and 80 µg Levothyroxine /kg diet.

[a-e] Means within the same row with different superscripts differ significantly (P<0.05).

جوجه‌های گوشتی در روز ۲۱ پرورش تأثیر معنی‌داری بر سطح سرمی T_3 و T_4 گزارش نکردند، اما سطح T_3 در روز ۴۲ پرورش با افزایش کنجاله کلزا افزایش یافت و بر سطح T_4 تأثیری نداشت که این نتایج در تطابق با یافته‌های تحقیق حاضر است. بر اساس مطالعه Payvastegan *et al.* (2017)، افزودن کنجاله کلزا به جیره جوجه‌های گوشتی باعث کاهش سطح سرمی T_3 و نسبت T_3 به T_4 شد، اما تأثیری بر T_4 نداشت. استفاده از کنجاله کلزا در جیره بوقلمون سطح T_3 آزاد سرم خون را کاهش داد ولی تأثیری بر سطح T_4 نداشت (Mikulski *et al.*, 2012). در مطالعه Maroufyan and Kermanshahi (2006) با استفاده از ۷/۵ و ۱۵ درصد کنجاله کلزا در جیره جوجه‌های گوشتی، سطح سرمی T_4 در روز ۲۱ پرورش و T_3 در روز ۴۲ پرورش کاهش یافت، اما سطح T_3 و TSH در روز ۲۱ پرورش و T_4 و TSH در روز ۴۲ پرورش تغییری نکرد. سطح گلوکوزینولات کنجاله کلزا، ترکیب جیره، جمعیت میکروبی دستگاه گوارش و روش فرآوری کنجاله کلزا می‌تواند علت تفاوت در نتایج مطالعات گوناگون در سطح هورمون‌های تیروئیدی باشد (Woyengo *et al.*, 2011). مطابق با نتایج تحقیق حاضر، مطالعات متعدد نشان می‌دهد که سلنیوم باعث افزایش سطح T_3 می‌شود (Chang *et al.*, 2005; Jianhua *et al.*, 2000; Madkour *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2016). بر اساس گزارش May (1980)، افزودن تیروکسین به جیره جوجه گوشتی، سطح سرمی T_4 را افزایش می‌دهد، اما تأثیری بر سطح T_3 نداشت که با نتایج تحقیق حاضر مغایرت دارد. افزودن هورمون T_3 به جیره باعث افزایش سطح هورمون T_3 و کاهش T_4 می‌شود که دلیل آن کنترل دیودیناسیون به وسیله مرغ است که از تجمع بیش از حد T_3 جلوگیری می‌کند. تیروکسین (T_4) به عنوان یک پیش‌هورمون عمل می‌کند و قبل از اینکه از نظر متابولیکی فعال شود، نیاز به یدزدایی در بافت‌های محیطی دارد. کمبود سلنیوم از راه ساز و کار اختلال در فعالیت '۵ مونو دیودیناز تیپ یک و کاهش فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در غده تیروئید، غلظت پراکسید هیدروژن را افزایش می‌دهد. افزایش غلظت پراکسید هیدروژن، سمّی است و مرحله یداسیون اکسیداتیو را طی ساخت هورمون‌های تیروئیدی مهار می‌کند (Chang *et al.*, 2005). گنجاندن کنجاله کلزا در جیره باعث افزایش سطح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز نسبت به تیمار بدون کنجاله کلزا شد، اما این افزایش معنی‌دار نبود. استفاده از مکمل سلنیوم و لووتیروکسین به‌صورت همزمان بیش‌ترین تأثیر را بر سطح آنزیم‌های گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز داشت و به‌طور معنی‌داری آن‌ها را افزایش داد. مطابق با این نتایج، استفاده از دانه کلزا در جیره بلدرچین باعث بهبود وضعیت آنتی اکسیدانی شده است (Abdel-Moneim *et al.*, 2020). کنجاله کلزا سرشار از ترکیبات فنولی (سیناپیک اسید و تانن)، و سایر ترکیبات فعال زیستی مانند توکوفرول‌ها، ویتامین‌های گروه B، کولین و مواد معدنی است. محتوای اسیدهای فنولیک در کنجاله کلزا تا پنج برابر بیش‌تر از کنجاله سویا است. ترکیبات فنولی کنجاله کلزا دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد باکتریایی قوی هستند (Szydłowska-Czerniak *et al.*, 2010). Pardechi *et al.* (2020) گزارش کردند که سطوح ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۵ میلی گرم در کیلوگرم سدیم سلنیت نسبت به تیمار بدون سلنیوم، سطح آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز را به‌طور معنی‌داری افزایش داد، اما این افزایش بین تیمارهای دریافت کننده سلنیوم معنی‌دار نبود که این نتایج با یافته‌های حاضر مطابقت دارد. هم‌چنین در مطالعه Hu *et al.* (2012)، استفاده از سطح صفر، ۰/۱۵، ۰/۳ و ۱/۲ میلی گرم سلنیوم در کیلوگرم جیره باعث افزایش معنی‌دار سطح آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز سرم جوجه‌های گوشتی نسبت به تیمار بدون سلنیوم شد. هم‌چنین نتایج مشابهی به وسیله Göçmen *et al.* (2016) و Jianhu *et al.* (2000) گزارش شده است. استفاده از ۰/۳ میلی‌گرم سلنیوم در کیلوگرم جیره در مقایسه با جیره بدون سلنیوم، سطح آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز پلاسمای خون جوجه‌های گوشتی را افزایش داد (Zainali *et al.*, 2007). گلوتاتیون پراکسیداز آنزیمی است که پروکسید هیدروژن سمّی و سرطان زا را به آب و اکسیژن بی ضرر تبدیل می‌کند. فعال‌سازی آن به مقادیر اندکی از سلنیوم (سلنوسیستئین) نیاز دارد که احتمالاً جایگزین گوگرد در مولکول گلوتاتیون می‌شود و باعث تولید آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز نوع چهار می‌شود. عملکرد اصلی گلوتاتیون پراکسیداز، کاهش پراکسیدهای هیدروژن و کاتالیز هیدروپراکسیدهای لیپیدی است و از آسیب اکسیداتیو در بافت‌های حیوانی جلوگیری می‌کند (Suchý *et al.*, 2014).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج تحقیق حاضر و با توجه به عدم تفاوت معنی-دار خصوصیات عملکردی تیمارهای حاوی کنجاله سویا و کنجاله کلزا و قیمت‌های کنجاله سویا (۱۹۸۰۰۰ ریال یارانه‌ای و ۲۵۰۰۰۰ ریال آزاد) و کنجاله کلزا (۱۷۶۰۰۰ ریال) و شرایط خاص تحریمی موجود از نقطه نظر دسترسی به کنجاله سویا می‌توان نتیجه‌گیری نمود که امکان استفاده از کنجاله کلزا به‌جای کنجاله سویا تا سطح ۲۰ درصدی در جوجه‌های گوشتی بدون تاثیر منفی روی خصوصیات عملکردی امکان‌پذیر است. افزودن مکمل سلنیوم و لووتیروکسین به جیره‌های حاوی کنجاله کلزا بدون تاثیر معنی‌دار روی خصوصیات عملکردی جوجه‌ها باعث بهبود وزن غده تیروئید و افزایش سطح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گلوتاتیون پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز شد که بیانگر بهبود وضعیت سلامت کلی جوجه‌ها در پاسخ به استفاده از این افزونی‌ها است.

فهرست منابع

Abdel-Moneim, A. M. E., Sabic, E. M., Abu-Taleb, A. M., & Ibrahim, N. S. (2020). Growth performance, hemato-biochemical indices, thyroid activity, antioxidant status, and immune response of growing Japanese quail fed diet with full-fat canola seeds. *Tropical Animal Health and Production*, *52*(4), 1853-1862. doi: 10.1007/s11250-020-02200-1

Ahmadi, M., Ahmadian, A., & Seidavi, A. R. (2018). Effect of different levels of nano-selenium on performance, blood parameters, immunity and carcass characteristics of broiler chickens. *Poultry Science Journal*, *6*(1), 99-108. doi: 10.22069/psj.2018.13815.1276

Arnaut, P. R., da Silva Viana, G., da Fonseca, L., Alves, W. J., Muniz, J. C. L., Pettigrew, J. E., Rostagno, H. S., & Hannas, M. I. (2021). Selenium source and level on performance, selenium retention and biochemical responses of young broiler chicks. *BMC Veterinary Research*, *17*(1), 1-13. doi: 10.1186/s12917-021-02855-4

Bakhshalinejad, R., Hassanabadi, A., & Swick, R. (2019). Dietary sources and levels of selenium supplements affect growth performance, carcass yield, meat quality and tissue selenium deposition in broilers. *Journal of Animal Nutrition*, 5(3), 256-263. doi: 10.1016/j.aninu.2019.03.003

Breit, S., König, H. E., & Stöger, E. (1998). Untersuchungen zur Form der Schilddrüse (Glandula thyreoidea) beim Geflügel mit besonderer Berücksichtigung der jahreszeitlichen Schwankungen. *Journal of Anatomia Histologia Embryologya*, *27*(4), 271-276. doi: 10.1111/j.1439-0264.1998.tb00192.x

Campbell, L. D. (1979). Incidence of liver haemorrage among with leghorn strains fed on diets containing different type of rapeseed meals. *Poultry Science*, *20*(3), 239-249. doi: 10.1080/00071667908416574

Celi, P., Selle, P. H., & Cowieson, A. J. (2013). Effects of organic selenium supplementation on growth performance, nutrient utilisation, oxidative stress and selenium tissue concentrations in broiler chickens. *Animal Production Science*, *54*(7), 966-971. doi: 10.1071/AN13116

Chang, W. P., Combs Jr, G. F.., Scanes, C. G., & Marsh, A. J. (2005). The effects of dietary vitamin E and selenium deficiencies on plasma thyroid and thymic hormone concentrations in the chicken. *Journal of Developmental and Comparative Immunology*, *29*(3), 265-273. doi: 10.1016/j.dci.2004.07.004

Chiang, G.,. Lu, W. Q., Piao, X. S., Hu, J. K., Gong, L. M., & Thacker, A. (2010). Effects of feeding solid-state fermented rapeseed meal on performance, nutrient digestibility, intestinal ecology and intestinal morphology of broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *23*(2), 263-271. doi: 10.5713/ajas.2010.90145

Fazhi, X., Lvmu, L., Jiaping, X., Kun, Q., Zhide, Z., & Zhangyi, L. (2011). Effects of fermented rapeseed meal on growth performance and serum parameters in ducks. *Asian- Australasian Journal of Animal Science*, *24*(5), 678-684. doi: 10.5713/ajas.2011.10458

Göçmen, R., Yazgan, O., & Cufadar, Y. (2016). Effect of defferent organic and inorganic selenium levels on performance, selenium concentrations of some tissues, glutathione peroxidase enzyme activity and meat quality in broiler. *Journal of Animal and Plant Sciences*, *26*(4), 916-923.

Gopinger, E., Xavier, E. G., Elias, M. C., Catalan, A. A. S., Castro, M. L. S., Nunes, A. P., & Roll, V. F. B. (2014). The effect of different dietary levels of canola meal on growth performance, nutrient digestibility, and gut morphology of broiler chickens. *Poultry Science*, *93*(5), 1130-1136. doi: 10.3382/ps.2013-03426

Hameed, S., Ahmad, N., & Rabbani, M. (2002). Effect of replacing dietary levels of soybean meal with canola meal in Japanese quail. *International Journal of Agriculture and Biology*, *4*(3), 389-391.

Hu, C. H., Li, Y. L., Xiong, L., Zhang, H. M., & Song Xia, M. S. (2012). Comparative effects of nano elemental selenium and sodium selenite on selenium retention in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, *177*(3-4), 204-210. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2012.08.010

Jianhua, H., Ohtsuka, A., & Hayashi, K. (2000). Selenium influences growth via thyroid hormone status in broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, *84*(5), 727-732. doi: 10.1017/S0007114500002087

Karimi, A., Babayan, H., Nemati, Z., Ghezeljeh, E., & Abdi, E. (2019). Effects of transient hypo-and hyper-thyroidism after extreme feed restriction on performance and ascites index of broiler chickens. *Journal of Animal Science Research*, *28*(4), 165-180. [In Persian]

Kermanshahi, H., & Abbasi Pour, A. R. (2006). Replacement value of soybean meal with rapeseed meal supplemented with or without a dietary nsp-dgrading enzyme on performance, carcass traits and thyroid hormones of broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, *5*, 932-937. doi: 10.3923/ijps.2006.932.937

Khajali, F., & Slominski, B. A. (2012). Factors that affect the nutritive value of canola meal for poultry. *Poultry Science*, *91*(10), 2564–2575. doi: 10.3382/ps.2012-02332

Khajali, F., Tahmasebi, M., Hassanpour, H., Akbari, M. R., Qujeq, D., & Wideman, R. F. (2011). Effects of supplementation of canola meal-based diets with arginine on performance, plasma nitric oxide, and carcass characteristics of broiler chickens grown at high altitude. *Poultltry Science*, *90*(10), 2287-2294: doi: 10.3382/ps.2011-01618

Leeson, S. (2012). Future considerations in poultry nutrition. *Poultry Science*, *91*(6), 1281-1285. doi: 10.3382/ps.2012-02373

Madkour, M., Ali, H. M., Yassein, S. A., Abdel-Fattah, S. A., El-Allawy, H. M., & El-Wardany, I. (2015). Effect of dietary organic selenium supplement on growth and reproductive performance of japanase quail breeders and their progeny and its relation to antioxidation and thyroid activity. *International Journal of Poultry Science*, *14*(6), 317-324. doi: 10.3923/ijps.2015.317.324

Maleki, K., Kazemi-Fard, M., Rezaei, M., & Jafari-Sayadi, A. (2018). The effect of quantitative and qualitative feed restriction of broiler chicken on the prevention of ascites syndrome**.** *Research on Animal Production*, *8*(18), 47-56. [In Persian]

Maroufuan, E., & Kermanshahi, H. (2006). Effect of different levels of rapeseed meal supplemented with calcium iodate on performance, some carcass traits, and thyroid hormones of broiler chickens. *Poultry Science*, *5*(11), 1073-1078. doi: 10.3923/ijps.2006.1073.1078

May, J. D. (1980). Effect of dietary thyroid hormone on growth and feed efficiency of broilers. *Poultry Science*, *59*(4), 888-892. doi: 10.3382/ps.0590888

McNeill, L., Bernard, K., & MacLeod, M. G. (2004). Food intake, growth rate, food conversion and food choice in broilers fed on diets high in rapeseed meal and pea meal with observations of the resulting poultry meat. *British Poultry Science*, *45*(4), 519-523. doi: 10.1080/00071660412331286235

Mikulski, D., Jankowski, J., Zdunczyk, Z., Juskiewicz, J., & Slominski, B. A. (2012). The effect of different dietary levels of rapeseed meal on growth performance, carcass traits, and meat quality in turkeys. *Poultry Science*, *91*(1), 215-223. doi: 10.3382/ps.2011-01587

Naseem, M. Z. S., Khan, H., & Yousaf, M. (2006). Effect of feeding various levels of canola meal on the performance of broiler chicks. *Journal of Animal and Plant Science*, *16*(3-4), 78-81.

Nazifi, S., Saeb, M., Abangah, E., & Karimi, T. (2008). Studies on the relationship between thyroid hormones and some trace elements in the blood serum of Iranian fat-tailed sheep. *Veterinarski Archiv*, *78*(2), 159-165.

Negro, R. (2008). Selenium and thyroid autoimmunity. *Biologics: Targets and Therapy*, *2*(2), 265-273. doi: 10.2147/btt.s2746

Pardechi, A., Tabeidian, S. A., & Habibian, M. (2020). Comparative assessment of sodium selenite, selenised yeast and nanosized elemental selenium on performance response, immunity and antioxidative function of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, *19*(1), 1109-1122. doi: 10.1080/1828051X.2020.1819896

Payvastegan, S., Farhoomnd, P., Daneshyar, M., & Ghaffari, M. (2017). Evaluation of different levels of canola meal on performance, organ weights, hepatic deiodinase gene expression and thyroid morphology in broiler chickens. *Poultry Science*, *54*(4), 282-291. doi: 10.2141/jpsa.0160147

Pirgozliev, V. R., Mansbridge, S. C., Kendal, T., Watts, E. S., Rose, S. P., Brearley, C. A., & Bedford, M. R. (2022). Rapeseed meal processing and dietary enzymes modulate excreta inositol phosphate profile, nutrient availability, and production performance of broiler chickens. *Poultry Science*, *101*(10), 102067. doi: 10.1016/j.psj.2022.102067

Pourkavou, S. J., Vahdatpour, T., & Salamatdoust-Nobar, R. (2017). Effects of levothyroxine and propylthiouracil intake on thyroid hormones, blood parameters and physical performances of Japanese quails. *Veterinary Reseach and Biologcal Products (Pajouhesh & Sazandegi)*, *30*(2), 76-88. doi: 10.22034/vj.2017.109225 [In Persian]

Raeesi, M., Roofchaee, A., Zare Shahneh, A. & Pasha Zanousi, M. B. (2012). Effects of transient hypo- and hyper-thyroidism on growth performance, organ weights and serum levels of thyroid hormones in broiler chickens. *African Journal of Biotechnology*, *11*(6), 1529-1534. doi: 10.5897/AJB11.2702

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*(1), 151-157.

Ramesh, K. R., Devegowda, G., & Khosravinia, H. (2006). Effects of enzyme addition to broiler diets containing levels of double zero rapeseed meal varying. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *19*(9), 1354-1360. doi: 10.5713/ajas.2006.1354

Sacranie, A., Svihus, B., Denstadli, V., Moen, B., Iji, P. A., & Choct, M. (2012). The effect of insoluble fiber and intermittent feeding on gizzard development, gut motility, and performance of broiler chickens. *Poultry Science*, *91*(3), 693-700. doi: 10.3382/ps.2011-01790

Saemi, F., Zareh Shahneh, A., Zhandi, M., Akhlaghi, A., & Rostami, S. (2018). Effects of long-term hyperthyroidism on body weight, egg production and reproductive traits in breeder hens. *Iranian Journal of Animal Science*, *49*(2), 171-177. doi: 10.22059/ijas.2017.233939.653528 [In Persian]

Schone, F., Kirchheim, U., Schumann, W., & Ludke, H. (1996). Apparent digestibility of high-fat rapeseed press cake in growing pigs and effects on feed intake, growth and weight of thyroid and liver. *Animal Feed Science and Technology*, *62*(2-4), 97-110. doi: 10.1016/S0377-8401(96)00993-5

Schöne, F., Rudolph, B., Kirchheim, U., & Knapp, G. (1997). Counteracting the negative effects of rapeseed and rapeseed press cake in pig diets. *British Journal of Nutrition*, *78*(6), 947-962. doi: 10.1079/BJN19970211

Shivazad, M., Karimzade, S., Zaghari, M., & Taherkhani, R. (2010). Effects of different levels of rapeseed meal and diet formulation based on total vs. digestible amino acids on performance of broiler chicks. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *2*(1), 11-17. doi: 10.22067/ijasr.v2i1.3095 [In Persian]

Suchý, P., Straková, E., & Herzig, I. (2014). Selenium in Poultry Nutrition: A review. *Czech Journal of Animal Science*, *59*(11), 495-503. doi: 10.17221/7730-CJAS

Suttle, N. F. (2010). Mineral nutrition of livestock (4th ed.). CABI, Cambridge. doi: 10.1079/9781845934729.0000

Szydłowska-Czerniak, A., Amarowicz, R., & Szłyk, E. (2010). Antioxidant capacity of rapeseed meal and rapeseed oils enriched with meal extract. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *112*(7), 750-760. doi: 10.1002/ejlt.200900292

Wang, Y., Wang, H., & Zhan, X. (2016). Effects of different DL-selenomethionine and sodium selenite levels on growth performance, immune functions and serum thyroid hormones concentrations in broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *100*(3), 431-439. doi: 10.1111/jpn.12396

Woyengo, T. A., Kiarie, E., & Nyachoti, C. M. (2011). Growth performance, organ weights and blood parameters of broilers fed diets containing expeller-extracted canola meal. *Poultry Science*, 90(11), 2520-2527. doi: 10.3382/ps.2011-01436

Zainali, A., Riasi, A., Kermanshahi, H., Farhangfar, H., & Ziaie, H. (2009). Effect of sodium selenite and turmeric Powder on growth performance, carcass quality and blood antioxidant metabolites of heat stressed broiler chickens. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *19*(2), 69-85. doi: 10.22077/escs.2009.9 [In Persian]

Zhu, Y. W., Yang, W. C., Liu, W., Yin, X. H., Luo, X. B., Zhang, S. A., Wang, W. C., & Yang, L. (2019). Effects of dietary rapeseed meal inclusion levels on growth performance, organ weight, and serum biochemical parameters in cherry valley ducks. *Poultry Science*, *98*(12), 6888-6896. doi: 10.3382/ps/pez419