14(2) 395-402, Summer 2022

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

The effects of feeding oxidized and refined soy oils with various adsorbents on broiler's immune response, meat oxidative stability, antioxidant capacity and liver's enzymes

Omhani Tahmasbi, Mahmoud Shams Shargh*, Reza Mirshekar

Department of Animal Science, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Key Words

Oil refining
Mineral adsorbent
Meat oxidative stability
Broiler chicken
Immune response

Abstract

Introduction: This experiment was conducted to investigate the possibility of using refined oil with various adsorbents in broiler chicken feed and its effect on immune response, meat oxidative stability, antioxidant capacity, and liver enzymes.

Materials & Methods: Soybean oil was heated at 180°C for 20 hours. Then the adsorbents including calcium silicate, zeolite, rice hull ash, and the mixture of these 3 adsorbents were added to it and the quality of the oil was evaluated.

Results: Heating increased peroxide and carbonyl values of burned oil ($P<0.05$). Treatment of burned oil with different adsorbents improved oil quality and the use of α-tocopherol and a combination of 3 adsorbents had the highest efficiency in reduction of peroxide and carbonyl values ($P<0.05$). Then, the possibility of using refined oil as an alternative to crude soybean oil was investigated in 480 Ross 308 broiler chicks in 8 treatments, 5 replications, and 12 chicks per replicate. Dietary treatments were as: T1: 3% crude soybean oil (control), T2: crude oil and 200 ppm alpha-tocopherol, T3: 3% burnt soybean oil, T4: burnt oil and 200 ppm alpha-tocopherol, T5: Refined oil refined with calcium silicate, T6: Refined oil refined with zeolite, T7: Refined oil refined with rice hull ash, T8: Refined oil refined with mineral adsorbents. The results showed that feeding burned oil to the broilers, negatively influenced immune response and liver and plasma antioxidant capacity and increased malondialdehyde content of thigh and also increased liver's enzymes ($P<0.05$). α-tocopherol, calcium silicate and a mixture of 3 mineral adsorbents could compensate for some negative effects of burned oil better than zeolite and rice hull ash ($P<0.05$).

Conclusion: The results showed that supplementing burnt oil with alpha-tocopherol or oil purification with mineral absorbents reduced peroxide content and carbonyl content to an acceptable level and partially compensated for the negative effects of burnt oil in broilers. The composition of calcium silicate can be used for the efficient purification of oxidized oil due to its greater impact on the quality components of oil and the growth indicators of broiler chickens.

* Corresponding Author's email: m_shams196@yahoo.com
Received: 20 February 2022; Reviewed: 21 March 2022; Revised: 25 May 2022; Accepted: 29 June 2022
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.285193.2526

مقاله پژوهشی

تاثیر استفاده از روغن سویای سوخته و تصفیه شده حاوی جاذب‌های آلی و معدنی بر پاسخ سیستم ایمنی، پایداری اکسیداتیو گوشت، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های کبدی در جوجه‌های گوشتی

امهانی طهماسبی، محمود شمس‌شرق، رضا میرشکار*

گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

کلمات کلیدی

تصفیه روغن
جاذب معدنی
پایداری اکسیداتیو گوشت
جوجه گوشتی
پاسخ ایمنی

چکیده

مقدمه: این آزمایش جهت بررسی استفاده از روغن تصفیه شده با جاذب‌های مختلف در خوراک جوجه گوشتی و تاثیر آن بر ایمنی، پایداری اکسیداتیو گوشت، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های کبدی انجام شد.

مواد و روش‌ها: روغن سویا در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ ساعت حرارت دید. سپس جاذب‌های معدنی شامل سیلیکات کلسیم، زئولیت، خاکستر پوسته برنج و ترکیب هر ۳ جاذب به روغن سوخته افزوده و کیفیت روغن ارزیابی شد.

نتایج: حرارت سبب افزایش عدد پراکسید و کربونیل روغن شد (P<۰/۰۵). آلفاتوکوفرول و ترکیب جاذب‌های معدنی بیش‌ترین تاثیر را بر کاهش عدد پراکسید و کربونیل داشتند (P<۰/۰۵). روغن تصفیه شده به‌عنوان جایگزین روغن خام سویا در ٤۸۰ قطعه جوجه گوشتی راس۳۰۸ در قالب ۸ تیمار، ۵ تکرار و ۱۲ قطعه جوجه در هر تکرار بررسی شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: تیمار ۱: ۳ درصد روغن خام سویا (شاهد)، تیمار۲: روغن خام و ۲۰۰ppm آلفاتوکوفرول، تیمار ۳:۳درصد روغن سوخته سویا، تیمار٤: روغن سوخته و ۲۰۰ppm آلفاتوکوفرول، تیمار۵: روغن سوخته تصفیه شده با سیلیکات کلسیم، تیمار٦: روغن سوخته تصفیه شده با زئولیت، تیمار۷: روغن سوخته تصفیه شده با خاکستر پوسته برنج، تیمار۸: روغن سوخته تصفیه شده با ترکیب جاذب‌های معدنی. نتایج نشان داد مصرف روغن سوخته در جیره جوجه‌های گوشتی سبب کاهش پاسخ ایمنی و ظرفیت آنتی‌کسیدانی کبد و پلاسما و افزایش محتوی مالون‌دی‌آلدهید گوشت ران و هم‌چنین افزایش آنزیم‌های کبدی شد (P<۰/۰۵). آلفاتوکوفرول، سیلیکات کلسیم و مخلوط ۳ جاذب معدنی بیش از زئولیت و خاکستر پوسته برنج توانست اثرات منفی روغن سوخته را جبران نماید (P<۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که مکمل‌سازی روغن سوخته با آلفاتوکوفرول و یا تصفیه روغن با جاذب‌های معدنی، محتوای پراکسید و میزان کربونیل را تا حد قابل قبولی کاهش داده و بخشی از اثرات منفی روغن سوخته در جوجه‌های گوشتی را جبران نمود. ترکیب سیلیکات کلسیم با توجه به تاثیر بیش‌تر بر مولفه‌های کیفی روغن و شاخص‌های رشد جوجه‌های گوشتی می‌تواند جهت تصفیه کارآمد روغن اکسید شده مورد استفاده قرار گیرد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m_shams196@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱ اسفند ۱٤۰۰؛ تاریخ داوری: ۱ فروردین ۱٤۰۱؛ تاریخ اصلاح: ٤ خرداد ۱٤۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۸ تیر ۱٤۰۱
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.285193.2526

مقدمه

انرژی خوراک از مهم‌ترین عوامل موثر بر تولید و بازده غذایی در طیور می‌باشد، چراکه این ترکیب نقش کلیدی در میزان مصرف خوراک و در نتیجه تعادل مواد مغذی دریافتی توسط پرنده دارد. در بین اجزاء خوراکی، چربی‌ها به‌ویژه روغن‌های گیاهی به‌دلیل چگالی بالای انرژی سهم به‌سزائی در تامین انرژی مورد نیاز طیور ایفاء می‌نمایند (۱). فاکتور اصلی موثر بر ارزش انرژی‌زائی و کیفیت روغن‌ها قابلیت هضم و جذب آن می‌باشد، که خود تحت تاثیر محتوای اسیدهای چرب آزاد، درجه اشباع بودن پروفیل اسیدهای چرب موجود در روغن و هم‌چنین وجود فساد، آب، ناخالصی و ترکیبات غیرصابونی شونده می‌باشد (۲). امروزه مصرف روغن‌های گیاهی در تولید سوخت‌های زیستی نظیر اتانول منجر به ایجاد بحران روغن و هم‌چنین افزایش قیمت این نهاده شده که استفاده از روغن در تغذیه طیور را با محدودیت مواجه ساخته است. از این‌رو، یافتن منابع ارزان‌قیمت با سطوح بالای انرژی ضروری است (۳). روغن‌های بازیافتی یکی از جایگزین‌های ارزان‌قیمت انرژی هستند که امروزه مورد توجه متخصصین تغذیه قرار گرفته‌اند. با این وجود، اعمال حرارت بالا و طولانی مدت سبب بروز برخی واکنش‌های شیمیایی از قبیل اکسیداسیون، هیدرولیز، پیرولیز، پلیمریزاسیون و ایزومریزاسیون در روغن شده و کیفیت روغن را به‌شدت کاهش می‌دهد. به‌طوری‌که حرارت منجر به تشکیل رادیکال‌های آزاد، اسیدهای چرب آزاد، هیدروپراکسیدها، آلدئیدها و کتون‌ها شده که علاوه بر کاهش انرژی متابولیسمی سبب ایجاد اختلال در عملکرد دستگاه گوارش و فرآیند هضم و جذب غذا می‌شود (۴). مطالعات نشان می‌دهد تغذیه حیوانات با روغن‌های اکسید شده نه تنها منجر به کاهش عملکرد و بازده تبدیل خوراک شده، بلکه بر عملکردهای فیزیولوژیک حیوان نیز تاثیر سوء خواهد داشت. به‌طوری که لیپیدهای پراکسید شده به بافت‌ها و ارگان‌های مختلف حمله نموده و منجر به تخریب غشاء سلولی، تغییر در سیالیت غشاء و فعالیت آنزیم‌های متصل به غشاء و هم‌چنین توسعه واکنش‌های التهابی می‌گردد (۵). از سوی دیگر، استفاده از چربی اکسید شده بر کیفیت گوشت و محصولات جانبی گوشت تاثیر منفی داشته (۶) که ضرر اقتصادی استفاده از چربی فاسد شده را دو چندان می‌سازد. با توجه به تاثیر منفی چربی‌های بازیافتی بر عملکرد رشد و پایداری اکسیداتیو بافت‌ها و ارگان‌های بدن، استفاده از استراتژی‌های تغذیه‌ای جهت بهبود کیفیت چربی و یا محافظت از اندام‌های مختلف بدن در برابر رادیکال‌های آزاد ضروری می باشد. امروزه استفاده از ترکیبات آنتی اکسیدانی مناسب نظیر آلفاتوکوفرول، اتوکسی کوئین، اسیدآسکوربیک و گلوتاتیون و هم‌چنین تصفیه و احیاء روغن با استفاده از جاذب‌های معدنی از قبیل ذغال فعال، خاک رس، هیدروکسید آلومینیوم و سیلیس مورد توجه روزافزون قرار گرفته است. این ترکیبات با مهار فرآیند اکسیداسیون و حذف ترکیبات نامطلوب و سمی موجود در روغن سوخته منجر به کاهش اسیدیته آزاد، ویسکوزیته و اسیدهای چرب آزاد موجود در روغن بازیافتی شده و پایداری و کیفیت روغن را بهبود می‌بخشد (۷). مطالعات نشان می‌دهد استفاده از روغن تصفیه شده در تغذیه جوجه‌های گوشتی تا حدودی زیادی می‌تواند اثرات منفی روغن سوخته در خوراک را تعدیل نمایند. به‌طوری‌که بهبود عملکرد رشد، پاسخ ایمنی، کاهش اختلالات کلیوی و کبدی و کاهش هزینه‌های تولید با استفاده از روغن تصفیه شده در مطالعات مختلف گزارش شده است (۸، ۷). از این‌رو به‌نظر می‌رسد تصفیه و احیاء مجدد روغن سوخته با محافظت از حیوان و تامین انرژی مورد نیاز پرنده سبب بهبود عملکرد و کاهش هزینه تولید گردد. هدف از تحقیق حاضر، مکمل‌سازی روغن بازیافتی با آلفاتوکوفرول و یا احیاء آن با استفاده از ۳ جاذب معدنی و ارزیابی خصوصیات کیفی روغن بود. به‌علاوه روغن‌های تصفیه شده در خوراک جوجه‌های گوشتی مورد استفاده قرار گرفته و تاثیر آن بر ایمنی، فراسنجه‌های کیفی گوشت، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و سطح آنزیم‌های کبدی جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

تولید روغن سوخته و تیمار آن: برای این منظور روغن خام با استفاده از دستگاه سرخ‌کن صنعتی تا دمای ۵±۱۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. سپس، چیپس‌های سیب‌زمینی با ضخامت ۲ میلی‌متر را که به‌مدت ۵ دقیقه در محلول نمکی ۱۰ درصد خیس شده بودند در روغن داغ سرخ شد. فرآیند سرخ کردن به‌مدت ۲۰ ساعت طی ۵ روز متوالی انجام شد. نمونه‌های روغن سوخته پس از جمع‌آوری در دمای ۱۰- درجه سانتی‌گراد برای انجام آزمایشات بعدی نگه‌داری شدند. به‌منظور بررسی تاثیر جاذب‌های معدنی و ویتامین E بر خصوصیات کیفی روغن سوخته از زئولیت میکرونیزه (تهیه شده از کارخانه معدنی اصفهان)، سیلیکات‌کلسیم (شرکت سیگما آلدریچ آمریکا، ۰/۰-۱۰/۰ میکرومتر)، خاکستر پوسته برنج (تهیه شده از کارخانه شالیکوبی) و ویتامین E (به‌صورت آلفا توکوفرول استات، شرکت سیگما آلدریچ آمریکا) استفاده شد. سه جاذب معدنی زئولیت، سیلیکات‌کلسیم و خاکستر پوسته برنج هم به‌صورت انفرادی و هم به‌صورت ترکیبی به میزان ۳ درصد به روغن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد افزوده شده و این مخلوط به‌مدت ۱۵ دقیقه کاملاً با هم مخلوط گردید. سپس، مخلوط حاصله از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ عبور داده شد تا مواد

جامد و رسوبات جدا شود (۹). از سوی دیگر، ویتامین E (آلفا توکوفرول استات) نیز به‌عنوان ترکیب آنتی‌اکسیدانی به‌میزان ppm ۲۰۰ هم به روغن خام و هم به روغن سوخته افزوده شد. روغن حاصله در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان مصرف در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی نگه‌داری شد. مولفه‌های کیفی روغن با استفاده از عدد پراکسید و عدد کربونیل روغن خام، سوخته و تصفیه شده توسط روش AOCS ارزیابی شد (۱۰).

ارزیابی تاثیر روغن سوخته و تصفیه‌شده بر فراسنجه‌های

مورد بررسی: اثرات استفاده از ۳ درصد روغن خام، سوخته و تصفیه شده بر فراسنجه‌های ایمنی، آنزیم‌های کبدی و خصوصیات کیفی گوشت جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش با ۴۸۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه سویه Ross 308 مخلوط یکسان دو جنس (میانگین وزن اولیه ۴۱ گرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۸ تیمار و ۵ تکرار و ۱۲ قطعه جوجه در هر تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: تیمار ۱) جیره پایه حاوی ۳ درصد روغن خام (شاهد)، تیمار ۲) جیره پایه حاوی ۳ درصد روغن خام با ppm ۲۰۰ ویتامین E، تیمار ۳) جیره پایه حاوی ۳ درصد روغن سوخته، تیمار ۴) جیره پایه حاوی ۳ درصد روغن سوخته با ppm ۲۰۰ ویتامین E، تیمار ۵) جیره پایه حاوی ۳ درصد روغن سوخته و تصفیه شده با سیلیکات کلسیم، تیمار ۶) جیره پایه حاوی ۳ درصد روغن سوخته و تصفیه شده با زئولیت، تیمار ۷) جیره پایه حاوی ۳ درصد روغن سوخته و تصفیه شده با خاکستر پوسته برنج، تیمار ۸) جیره پایه حاوی ۳ درصد روغن سوخته و تصفیه شده با ترکیبی از ۳ جاذب بود. جیره‌های غذایی براساس جداول احتیاجات غذایی جوجه‌های گوشتی راس ۳۰۸ با استفاده از نرم‌افزار جیره‌نویسی UFFDA فرموله شدند. همه جیره‌ها دارای انرژی و پروتئین یکسانی بوده و آب و غذا (به‌صورت آردی) به‌صورت آزاد در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. جوجه‌ها با جیره‌های آزمایشی طی ۳ دوره آغازین (۱ تا ۱۰ روزگی)، رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی) و پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی) تغذیه شدند. مواد متشکله و ترکیب شیمیایی جیره‌های مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است. در پایان دوره آزمایشی دو قطعه پرنده از هر واحد آزمایشی انتخاب و نمونه خونی از سیاهرگ بال گرفته شد. نمونه‌های خون بلافاصله به‌مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شده و پلاسمای به‌دست آمده در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان آزمایشات ایمنی و آنزیمی نگه‌داری شد. میزان فعالیت آنزیم‌های کبدی شامل آلانین ترانس آمیناز (ALT)، آسپارتات ترانس آمیناز (AST) الکالین فسفاتاز (ALP) با استفاده از کیت تجاری شرکت پارس آزمون تعیین گردید (۱۱).

جدول ۱: اجزا و ترکیب شیمیایی جیره‌های مورد استفاده در آزمایش

اجزای خوراک (درصد)	آغازین	رشد	پایانی
ذرت (۷/۲ درصد پروتئین)	۴۸/۱۵	۵۳/۵۳	۵۹/۷۹
کنجاله سویا (۴۱ درصد پروتئین)	۴۲/۷۱	۳۷/۹۵	۳۲/۷۰
گلوتن ذرت (۶۳/۲ درصد پروتئین)	۲/۰۰	۱/۷۷	۱/۱۱
روغن سویا	۳/۰۰	۳/۰۰	۳/۰۰
دی‌کلسیم فسفات	۱/۶۲	۱/۴۳	۱/۲۶
کربنات کلسیم	۱/۱۴	۱/۰۳	۰/۹۳
مکمل ویتامینی- معدنی[1]	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰
ال-لیزین	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۴
دی‌ال-متیونین	۰/۳۰	۰/۲۵	۰/۲۳
نمک	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۳۹
سالینومایسین	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
مواد مغذی محاسبه شده			
انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری بر کیلوگرم)	۲۹۰۰	۲۹۶۰	۳۰۲۰
پروتئین خام (درصد)	۲۲/۲۴	۲۰/۵۳	۱۸/۴۱
لیزین (درصد)	۱/۳۹	۱/۲۳	۱/۰۹
متیونین + سیستین (درصد)	۱/۰۴	۰/۹۴	۰/۸۶
کلسیم (درصد)	۰/۹۳	۰/۸۳	۰/۷۴
فسفر قابل دسترس (درصد)	۰/۴۶	۰/۴۱	۰/۳۷

[1] هر کیلوگرم از مکمل ویتامینی شامل: ۳۶۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۸۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D3، ۱۴۴۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۸۰۰ میلی‌گرم ویتامین K3، ۷۰۰ میلی‌گرم ویتامین B1، ۲۶۴۰ میلی‌گرم ویتامین B2، ۳۹۲۰ میلی‌گرم ویتامین B3، ۱۱۸۸۰ میلی‌گرم ویتامین B5، ۱۱۷۶ میلی‌گرم ویتامین B6، ۴۰۰ میلی‌گرم ویتامین B9، ۶ میلی‌گرم بیوتین، ۱۲۰۰۰۰ میلی‌گرم کولین کلراید، کریر (سبوس گندم و کربنات کلسیم) تا ۱۰۰۰ گرم. هر کیلوگرم از مکمل معدنی شامل: ۳۹۶۸۰ میلی‌گرم منگنز، ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۳۳۸۸۰ میلی‌گرم روی، ۳۹۶ میلی‌گرم ید، ۸۰ میلی‌گرم سلنیوم، ۸۰۰۰۰ میلی‌گرم کولین کلراید، ۴۰۰۰ میلی‌گرم مس، کریر (سبوس گندم و کربنات کلسیم) تا ۱۰۰۰ گرم. * جیره‌های آزمایشی مشابه بوده و تفاوت آن‌ها تنها در نوع روغن مصرفی و افزودنی آلفاتوکوفرول بوده است.

جهت ارزیابی پاسخ ایمنی هومورال، در روزهای ۲۸ و ۳۵، محلول رقیق شده ۰/۵ درصد SRBC به‌میزان ۰/۱ سی‌سی به دو پرنده از هر تکرار از طریق وریدبال تزریق شد و ۷ روز بعد از همین پرنده‌ها، خونگیری و سرم خون جدا شد. برای تعیین تیتر آنتی‌بادی علیه SRBC از روش هماگلوتیناسیون (Hemagglutination) میکروتیتر استفاده شد (۱۲). هم‌چنین پاسخ ایمنی سلولی، با تزریق ۰/۱ میلی‌لیتر محلول فیتوهماگلوتینین بین پرده انگشتان پا و بررسی میزان ضخامت بین انگشت سوم و چهارم پنجه پا پس از ۲۴ ساعت مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۳). در ارتباط با بررسی پراکسیداسیون چربی لاشه، از روش اختصاصی تیوباربیتوریک اسید استفاده شد. برای این منظور در پایان دوره آزمایش، پس از کشتار یک نمونه ۱۰۰ گرمی از عضله سینه و ران فاقد پوست جدا و در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد یخچال نگه‌داری گردید. غلظت مالون‌دی‌آلدئید به‌عنوان شاخصی از پراکسیداسیون چربی با سنجش میزان مواد واکنش‌دهنده با اسید تیوباربیتوریک مورد سنجش قرار گرفت (۱۴). از سوی دیگر، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در عضله‌های سینه و ران با استفاده از روش آنزیمی CHOD-PAP و توسط کیت تجاری شرکت راندوکس رانسود (RANDOX Laboratories

Ltd., Ardmore, Diamon Road, Crumlin, Co. Antrim, United Kingdom, BT29 4QY) انگلستان و دستگاه اتوآنالایزر Selectra XL (Selectra XL, the Netherlands) تعیین گردید (۱۵).

کلیه داده‌های حاصل در هر دو مرحله آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفت (۱۶). مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. مدل آماری مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری به‌شرح زیر بود: $X_{ij}=\mu+\tau+\varepsilon_{ij}$ که X_{ij} مقدار عددی هر مشاهده (اثر j امین تیمار بر i امین تکرار)، μ میانگین مشاهدات، τ_j اثر تیمار jام، ε_{ij} اثر خطای آزمایشی می‌باشد.

نتایج

شاخص‌های کیفی روغن و فراسنجه‌های ایمنی جوجه‌های گوشتی: عدد پراکسید و کربونیل به‌عنوان شاخص‌های کیفی روغن‌های آزمایشی در جدول ۲ ارائه شده است. براساس این نتایج، پایین‌ترین شاخص برای این پارامترها در روغن خام و یا روغن خام حاوی آلفا توکوفرول مشاهده شد (P<۰/۰۵). حرارت دادن روغن خام منجر به افزایش عدد پراکسید و کربونیل شد (P<۰/۰۵). با این وجود، تصفیه روغن با استفاده از جاذب‌های معدنی بخشی از اثر منفی حرارت را جبران کرد. بهترین نتایج در زمان تصفیه روغن با ترکیب هم‌زمان ۳ جاذب معدنی مشاهده شد (P<۰/۰۵). در ارتباط با عملکرد سیستم ایمنی، چربی اکسید شده منجر به سرکوب سیستم ایمنی شد (P<۰/۰۵). به‌طوری‌که به استثناء SRBC1، میانگین سایر فراسنجه‌های ایمنی در جوجه‌های تغذیه شده با روغن سوخته در پایین‌ترین سطح بود (P<۰/۰۵). تصفیه روغن سوخته با جاذب‌های آلی و معدنی منجر به بهبود عملکرد سیستم ایمنی طیور گردید. به‌طوری‌که بالاترین پاسخ ایمنی علیه SRBC2 و PHA ۴۸ ساعت پس از تزریق در گروه‌های تغذیه شده با روغن تصفیه شده با آلفاتوکوفرول و ترکیب ۳ جاذب معدنی مشاهده شد (P<۰/۰۵).

خصوصیات کیفی گوشت، ظرفیت آنتی‌کسیدانی کل و فعالیت آنزیم‌های کبدی: براساس نتایج ارائه شده در جدول ۳، محتوای مالون‌دی‌آلدئید (MDA) در عضله سینه بین تیمارهای مختلف دارای تفاوت آماری معنی داری نبود (P>۰/۰۵)، درحالی‌که محتوای MDA در عضله ران تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (P<۰/۰۱). به‌طوری‌که بالاترین محتوای MDA در گروه تغذیه شده با روغن حرارت دیده و پایین‌ترین محتوای MDA در گروه دریافت‌کننده روغن حرارت‌ندیده به‌همراه آلفاتوکوفرول مشاهده شد. تصفیه روغن سوخته منجر به کاهش معنی‌دار این شاخص گردید و استفاده از آلومینیوم سیلیکات، آلفاتوکوفرول و استفاده هم‌زمان ۳ جاذب معدنی بیش‌ترین تاثیر را در کاهش محتوای MDA عضله ران نشان داد (P<۰/۰۱). از سوی دیگر، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام در عضلات سینه و ران تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف نداشت (P>۰/۰۵). با این وجود، این شاخص در بافت کبد جوجه‌های تغذیه شده با روغن سوخته و تصفیه‌نشده در پایین‌ترین و در گروه‌های دریافت‌کننده روغن حرارت ندیده با و بدون آلفاتوکوفرول در بالاترین سطح خود بود (P<۰/۰۱). تصفیه روغن منجر به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام در نمونه‌های مختلف گردید و بالاترین تاثیر مربوط به گروه دریافت‌کننده روغن تصفیه شده با ۳ جاذب معدنی بود (P<۰/۰۱). در ارتباط با فعالیت آنزیم‌های کبدی، مصرف روغن سوخته سبب افزایش معنی‌داری فعالیت آنزیمی کبد گردید (P<۰/۰۱)، به‌طوری‌که بالاترین میزان فعالیت آنزیمی در تیمار ۳ مشاهده گردید (P<۰/۰۱). تیمار روغن سوخته سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های کبدی شد. به‌طوری‌که پایین‌ترین سطح فعالیت آنزیم‌های آسپارتات‌آمینوترانسفراز (AST)، آلانین‌آمینوترانسفراز (ALT) و آلکالین‌فسفاتاز (ALP) در بین گروه‌های دریافت‌کننده روغن سوخته و تصفیه شده به‌ترتیب مربوط به تیمارهای ۲، ۱ و ۸ بود.

جدول ۲: تاثیر تیمارهای آزمایشی بر پارامترهای کیفی روغن و پاسخ سیستم ایمنی طیور

تیمار	خصوصیات کیفی روغن		پاسخ ایمنی هومورال		پاسخ ایمنی سلولی	
	عدد پراکسید (میلی‌اکی والان/کیلوگرم)	عدد کربونیل (میکرومول/گرم)	SRBC1	SRBC2	PHA- 24h	PHA- 48h
۱	۰/۷۴^{f}	۶/۷۹^{e}	۲/۳۳	۴/۳۳^{ab}	۰/۲۵ ^{ab}	۰/۵۷^{b}
۲	۰/۶۴^{f}	۷/۵۳^{e}	۲/۳۳	۵/۰۰^{a}	۰/۲۷^{a}	۰/۶۵^{a}
۳	۷/۹۳^{a}	۱۷/۸۲^{a}	۱/۶۶	۲/۰۰^{c}	۰/۱۷^{c}	۰/۴۹^{b}
۴	۲/۷۵^{e}	۱۴/۵۶^{b}	۲/۰۰	۴/۰۰ ^{ab}	۰/۲۲ ^{abc}	۰/۵۸ ^{ab}
۵	۳/۷۹^{c}	۱۲/۱۴^{cd}	۲/۰۰	۳/۳۳^{abc}	۰/۱۷^{c}	۰/۵۶^{b}
۶	۴/۱۴^{b}	۱۳/۸۵^{b}	۲/۰۰	۳/۳۳ ^{abc}	۰/۲۰^{abc}	۰/۵۰^{b}
۷	۳/۴۳^{d}	۱۳/۴۹^{bc}	۲/۳۳	۳/۰۰ ^{bc}	۰/۲۱ ^{abc}	۰/۵۴^{b}
۸	۳/۶۳^{d}	۱۰/۷۹^{d}	۲/۳۳	۴/۰۰ ^{ab}	۰/۱۹^{bc}	۰/۵۷^{ab}
SEM	۰/۴۴	۰/۷۳	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۰۰۹	۰/۰۱۴
P-Value	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۹۶	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۲

در هر ستون میانگین‌های با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵). ۱: روغن خام (بدون افزودنی)، ۲: روغن خام با Vit E، ۳: روغن سوخته، ۴: روغن سوخته تصفیه شده با Vit E، ۵: روغن سوخته تصفیه شده با سیلیکات کلسیم، ۶: روغن سوخته تصفیه شده با زئولیت، ۷: روغن سوخته تصفیه شده با خاکستر پوسته برنج، ۸: روغن سوخته تصفیه شده با ترکیبی از ۳ جاذب.

جدول ۳: تاثیر جیره‌های آزمایشی بر شاخص استرس اکسیداتیو گوشت، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و فعالیت آنزیم‌های کبدی

تیمار	محتوای MDA (میلی گرم/گرم گوشت)		ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل (واحد/میلی گرم پروتئین)				فعالیت آنزیم‌های کبدی		
	سینه	ران	کبد	سینه	ران	پلاسما	AST (واحد/میلی لیتر)	ALT (واحد/میلی لیتر)	ALP (واحد/ لیتر)
۱	۵۶/۶۷	۱۰۱/۶۷^{cd}	۲۲/۰۱^{b}	۷/۵۴	۱۳/۶۰	۶/۳۰^{a}	۳۰۸/۸۷^{cd}	۱/۹۳^{f}	۶/۸۸^{cd}
۲	۵۸/۵۲	۹۳/۰۷^{d}	۲۵/۷۵^{a}	۷/۳۰	۱۳/۳۳	۶/۴۷^{a}	۲۸۶/۸۷^{d}	۲/۳۲^{e}	۶/۴۵^{d}
۳	۶۹/۳۴	۱۳۵/۹۸^{a}	۱۴/۸۴^{c}	۵/۳۶	۱۰/۷۹	۱/۰۹^{f}	۴۰۱/۱۲^{a}	۳/۹۴^{a}	۹/۲۰^{a}
۴	۵۹/۸۰	۱۰۶/۲۹^{cd}	۲۰/۶۰^{b}	۶/۲۸	۹/۸۲	۳/۷۲^{c}	۳۱۴/۹۴^{bcd}	۳/۱۲^{c}	۷/۳۳^{bc}
۵	۶۳/۱۱	۱۰۴/۴۹^{cd}	۲۱/۰۰^{b}	۶/۷۹	۱۲/۷۷	۴/۱۰^{bc}	۳۴۵/۱۱^{b}	۳/۰۹^{c}	۷/۵۰^{bc}
۶	۵۷/۸۵	۱۱۴/۰۴^{bc}	۲۰/۰۱^{b}	۶/۴۶	۱۲/۲۰	۲/۱۹^{e}	۳۸۶/۰۹^{a}	۳/۶۴^{b}	۸/۰۹^{b}
۷	۶۴/۱۶	۱۲۷/۵۷^{ab}	۱۸/۱۶^{bc}	۵/۳۹	۱۱/۳۴	۲/۹۴^{d}	۳۷۳/۴۷^{a}	۳/۷۳^{ab}	۷/۰۶^{cd}
۸	۵۵/۲۲	۱۰۸/۴۰^{bcd}	۲۰/۵۹^{b}	۶/۰۱	۱۲/۶۵	۴/۵۹^{b}	۳۲۷/۷۶^{bc}	۲/۷۴^{d}	۵/۶۲^{e}
SEM	۱/۹۴	۳/۱۴	۰/۷۰	۰/۲۶	۰/۳۵	۰/۳۷	۸/۵۰	۰/۱۴	۰/۲۲
P-Value	۰/۷۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۲۸	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱

^{abc} در هر ستون میانگین‌های دارای حروف غیرمشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند (P<۰/۰۵). ۱: روغن خام (بدون افزودنی)، ۲: روغن خام با Vit E، ۳: روغن سوخته ، ۴: روغن سوخته تصفیه شده با Vit E، ۵: روغن سوخته تصفیه شده با سیلیکات کلسیم، ۶: روغن سوخته تصفیه شده با زئولیت، ۷: روغن سوخته تصفیه شده با خاکستر پوسته برنج، ۸: روغن سوخته تصفیه شده با ترکیبی از ۳ جاذب.

بحث

شاخص‌های کیفی روغن و فراسنجه‌های ایمنی جوجه‌های گوشتی: در آزمایش کنونی حرارت دادن روغن منجر به افزایش ۱۰ برابری عدد پراکسید در روغن شد. به‌طورکلی عدد پراکسید مهم‌ترین معیار تعیین فساد روغن می‌باشد که با افزایش زمان نگه‌داری، اعمال حرارت و یا وجود هوا در نمونه‌های روغن افزایش می‌یابد. حرارت بالا سبب تغییرات اکسیداتیو در گروه‌های آسیل غیراشباع در گلیسریدها و دیگر اجزاء غیر اشباع روغن‌ها و چربی‌ها شده که خود باعث تولید رادیکال‌های جدید و افزایش تصاعدی مشتقات پراکسید اسی چرب و درنهایت فساد اولیه روغن می‌شود (۱۷). افزایش محتوای پراکسید روغن در اثر حرارت دهی در سایر مطالعات گزارش شده است (۱۸). به‌طوری‌که این محقق شاخص فوق را در روغن تازه و حرارت ندیده ۲/۰ میلی‌اکی‌والان/کیلوگرم گزارش نمود، درحالی‌که در روغن سوخته تا دمای ۹۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، ارزش پراکسید به ۱۴۳/۳ و ۹۵/۶ میلی‌اکی‌والان/کیلوگرم افزایش یافت. استفاده از آلفاتوکوفرول منجر به کاهش عدد پراکسید روغن شد. توکوفرول‌ها، آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی هستند که نقش محافظت از لیپیدها در برابر تخریب و تجزیه را به‌عهده دارند. این ترکیبات با به دام انداختن هیدروپرواکسیدهای حد واسط سبب توقف زنجیره اتواکسیداسیون می‌شوند. به‌علاوه، آلفا توکوفرول پایداری بسیار بالایی در برابر حرارت دارد (۱۷). بنابراین به‌نظر می‌رسد آلفاوکوفرول مورد استفاده در آزمایش کنونی به‌خوبی توانسته مقاومت روغن در برابر اکسیداسیون در زمان حرارت‌دهی را بالا برده و تولید پراکسید را به تعویق اندازد. عدد پراکسید با استفاده از تمام ترکیبات جاذب کاهش یافت. براساس نتایج، بیش‌ترین قابلیت جذب‌کنندگی در بین نمونه‌های جاذب، متعلق به تیمار روغن سوخته تصفیه شده با خاکستر پوسته برنج و ترکیب هم‌زمان جاذب‌های معدنی بود. مطابق با این نتایج، Bulut و Yılmaz، کاهش ارزش پراکسید و هم‌چنین محتوای تمامی ترکیبات قطبی را در روغن‌های سوخته توسط خاک دیاتومه، زئولیت طبیعی و آهک (به‌ترتیب به‌میزان ۳۰، ۵۰ و ۴۲ درصدی) گزارش نمودند (۱۹). به‌علاوه این محققان عنوان نمودند استفاده از ترکیب هر سه جاذب به‌صورت هم‌زمان دارای اثر افزایشی بر کاهش ارزش پراکسید (۷۲ درصد) می‌باشد. مشابه عدد پراکسید، حرارت روغن منجر به افزایش عدد کربونیل شد (۱۹). به‌طورکلی عدد کربونیل نمایانگر تغییرات اکسایشی چربی‌ها و میزان آلدئیدها و کتون‌ها می‌باشند که سبب ایجاد طعم نامطلوب و کاهش ارزش تغذیه‌ای روغن می‌گردد. مطابق با نتایج این مطالعه Farhoosh و Kafrani، عنوان کردند که عدد کربونیل روغن آفتابگردان پس از ۳۲ ساعت سرخ کردن از ۷/۹ میکرومول بر گرم به ۷۰/۹ میکرومول بر گرم رسید. تصفیه روغن با جاذب‌های معدنی منجر به کاهش چشمگیر عدد کربونیل شد (۲۰). این نتایج مطابق با نتایج ارائه شده توسط Bulut و Yılmaz (۱۹) بود. این محققان عنوان نمودند جاذب‌های معدنی به‌دلیل دارا بودن لایه‌هایی با بار الکتریکی متضاد و از طریق نیروی الکترواستاتیک، ترکیبات اولیه و ثانویه ایجاد شده در روغن را جذب نموده و منجر به کاهش عدد کربونیل می‌گردند. در ارتباط با پاسخ ایمنی مطالعات نشان می‌دهد چربی اکسیدشده یک عامل بالقوّه در تضعیف سیستم ایمنی طیور است. این ترکیبات به‌ویژه رادیکال‌های آزاد ناشی از اکسیداسیون چربی با کاهش تولید ایمونوگلبولین‌ها و پادتن‌ها، کاهش تشکیل انترفرون، آتروفی تیموس و درنتیجه تضعیف ایمنی با واسطه سلولی، کاهش تولید سلول‌های لنفوبلاست، اختلال در پدیده بیگانه‌خواری توسط سلول‌های هتروفیل و منوسیت‌ها در طیور سبب کاهش پاسخ ایمنی می‌شود (۱۸، ۲۱). سوی دیگر سطوح

بالای اسیدهای چرب پراکسید شده سبب بروز التهاب در بافت‌های کبدی، کلیوی و روده‌ای طیور می‌شود و التهاب حاصله می‌تواند به کوچک شدن اندام‌های ایمنی و ضعف پاسخ ایمنی بی‌انجامد (۲۲). استفاده از آلفاتوکوفرول سبب بهبود پاسخ ایمنی در طیور شد. این ترکیب با دارا بودن اثرات بسیار قوی آنتی‌اکسیدانی سبب پیشگیری از متابولیسم کبدی آلدسترون، فعالیت سیکلواکسیژناز و تولید رادیکال آزاد شده و پاسخ ایمنی را تقویت می‌نماید. بنابراین آلفاتوکوفرول با حفاظت از سلول‌هایی نظیر لنفوسیت‌ها، ماکروفاژها و سلول‌های پلاسما در برابر صدمات اکسیداتیو و افزایش فعالیت و تکثیر این سلول‌ها، پاسخ ایمنی را بهبود می‌بخشد (۲۳). بررسی‌های Abbasi و همکاران، نشان داد که منابع مختلف چربی می تواند بر پاسخ‌های ایمنی طیور اثرگذار باشند. تصفیه روغن سوخته با جاذب‌های آلی و معدنی منجر به بهبود پارامترهای ایمنی در طیور گردید. تاثیر منفی روغن سوخته بر ایمنی ناشی از ترکیبات اولیه و ثانویه پراکسیداسیون چربی است. بنابراین جاذب‌های مختلف با حذف بخش عمده اسیدهای چرب آزاد، ترکیبات پراکسید و هیدروپراکسید و هم‌چنین آلدئیدها و کتون‌ها توانستند تا حدودزیادی تأثیر منفی روغن سوخته بر سرکوب سیستم ایمنی را جبران نماید (۲۴). مطابق با این نتایج Gaafar (۳) و De Moraes و همکاران (۲۵) بهبود عملکرد سیستم ایمنی را در طیور تغذیه شده با روغن نیمه تصفیه شده در مقایسه با روغن اکسید شده سویا گزارش نمود.

خصوصیات کیفی گوشت، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و فعالیت آنزیم‌های کبدی: خصوصیات کیفی گوشت یکی از مهم‌ترین معیارهای نشان‌دهنده نوع و کیفیت روغن مصرفی در خوراک طیور است. به‌طوری‌که مطالعات پیشین نشان می‌دهد استفاده از روغن اکسید شده سبب افزایش قابل توجه پراکسیداسیون لیپید در کبد، عضلات اسکلتی و پلاسمای خون به‌همراه کاهش و سرکوب سیستم آنتی‌اکسیدانی سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز می گردد (۷، ۲۶). افزایش محتوی MDA و کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عضلات در زمان مصرف روغن سوخته به‌اثبات رسیده است. محققان طبیعت سمی روغن پراکسید شده از مهم‌ترین دلایل افزایش استرس اکسیداتیو در عضلاتی از قبیل عضله سینه و ران می‌باشد. به‌علاوه اسیدهای چرب اکسید شده از سنتز پروتئین پیشگیری می‌نماید. بنابراین میزان تولید سرولوپلاسمین و ترانسفرین در کبد کاهش یافته و سطح یون‌های مس و آهن آزاد در خون و عضلات بالا می‌رود. با توجه به این‌که مس یکی از کاتالیزورهای قوی واکنش فنتون می‌باشد و همانند آهن در غلظت‌های بالا ممکن است به‌عنوان یک پرواکسیدانت عمل نماید، بنابراین افزایش محتوای این عناصر در پلاسما و گوشت ممکن است در افزایش فساد دخیل باشد (۲۷). در مطالعه حاضر، استفاده از روغن سوخته میزان MDA را در عضله ران را بیش از عضله سینه افزایش داد. این امر می‌تواند ناشی از محتوی لیپیدی و میزان رنگدانه هِم بالاتر عضله ران باشد که این بافت را به فساد اکسیداتیو حساس‌تر می‌سازد (۲۶). مطابق با نتایج حاضر، Liang و همکاران، افزایش ۳۰ درصدی در محتوای MDA پلاسمادر زمان استفاده‌از چربی با ارزش پراکسید ۸/۹۷ میلی اکی‌والان/کیلوگرم در مقایسه با چربی دارای ارزش پراکسید ۱/۰۲ میلی‌اکی‌والان/کیلوگرم در جوجه‌های گوشتی گزارش کردند. به‌علاوه در این مطالعه، کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون-S-ترانسفراز و هم‌چنین کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تام در زمان استفاده از چربی پراکسیدشده در جوجه‌های گوشتی گزارش شد (۲۸). در مطالعه‌ای دیگر، Delles و همکاران، کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را در زمان مصرف جیره‌های بر پایه روغن اکسید شده در جوجه‌های گوشتی نشان داد. این محققان عنوان نمودند بخشی از این کاهش مربوط به کاهش محتوای ویتامین E در بافت‌های بدن می‌باشد (۷). نتایج مشابهی در آزمایشات انجام شده توسط Zhang و همکاران (۲۹) و El-Sayed و همکاران (۳۰) در جوجه‌های گوشتی گزارش شده است که مطابق با نتایج حاضر می‌باشد. امکان افزایش پتانسیل آنتی‌اکسیدانی در عضلات طیور از طریق مکمل‌سازی جیره غذایی با توکوفرول به‌طور گسترده‌ای مورد تائید قرار گرفته است (۳۱). بخشی از فعالیت آنتی‌اکسیدانی توکوفرول‌ها مربوط به ویژگی الکترون دهندگی آن‌ها و بخشی دیگر مربوط به افزایش بیان و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از قبیل سوپراکسید دیسموتاز در اندام‌های مختلف است (۷). بنابراین آلفاتوکوفرول مدت ماندگاری گوشت را با غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد افزایش می‌دهد (۳۲). مطابق با این نتایج، Niu و همکاران، نشان دادند که ویتامین E علاوه بر افزایش بیان ژن آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز منجر به افزایش بیان فاکتورهایی از قبیل پروتئین فعال کننده-۱ (AP-1) و فاکتور هسته B (NF-B) می‌شود. این فاکتورها با کاهش ژن‌های تولید کننده التهاب از قبیل سیتوکین‌ها، منجر به تغییر وضعیت ردوکس در سلول شده و پایداری اکسیداتیو سلول را بهبود می‌بخشند. از سوی دیگر، تصفیه روغن حرارت دیده با جاذب‌های معدنی نیز منجر به بهبود پایداری گوشت، کاهش محتوای MDA عضلات و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ارگان‌های بدن گردید (۳۳). مطابق با این نتایج، Fernandez Duenas (۸) کاهش ۳۰ درصدی محتوای MDA را در عضلات گوشت خوک تغذیه شده با روغن سوخته و مکمل شده با ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گزارش نمود. هم‌چنین Gaafar، کاهش ۲۵ درصدی محتوای MDA پلاسما را در زمان استفاده از چربی تصفیه شده در مقایسه با چربی تصفیه نشده گزارش نمود که مطابق با نتایج کنونی می‌باشد (۳). در مطالعه حاضر، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در کبد بالاتر از سایر بافت‌ها بود و تصفیه روغن سوخته نیز بیش‌ترین تاثیر را بر این ارگان داشت. به‌طورکلی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به‌میزان چشمگیری در سلول‌ها و بافت‌های متابولیزه کننده اکسیژن وجود دارد (۳۴). کبد مهم‌ترین بافت درگیر در متابولیسم اکسیژن بوده، که آن را مستعد توسعه استرس اکسیداتیو می‌نماید. بنابراین دور از انتظار نیست که میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در کبد بالاتر از سایر بافت‌ها باشد. بنابراین

به‌نظر می‌رسد تفاوت در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در بافت‌های کبد، پلاسما و عضلات‌ناشی از اختلاف در میزان تولید رادیکال‌های هیدرو پراکسید، سوپراکسیدو میزان حساسیت بافتی به این رادیکال‌ها بوده که منجربه بیان‌و در نتیجه فعالیت متفاوت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در این بافت‌ها می‌گردد. مطابق با این نتایج، Tan و همکاران، نشان دادند که میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و ظرفیت آنتی اکسیدانی کل در کبد جوجه‌های تغذیه شده با روغن اکسیدشده سویا بالاتر از سایر بافت‌ها می‌باشد (۳۵). در ارتباط با آنزیم‌های کبدی، مسمومیت با روغن اکسیدشده سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های کبدی شد. با توجه به این‌که یکی از مهم‌ترین نقش‌های کبد در بدن، دفع مسمومیت می‌باشد، بنابراین وجود اسیدهای چرب اکسیدشده منجر به افزایش فعالیت کبد و احتمال بروز آسیب و جراحات سلول‌های کبدی می‌شود. به‌طوری‌که این ترکیبات منجربه التهاب،بروز ضایعات کبدی و در نهایت دجنراسیون کبد و آزاد شدن آنزیم‌های کبدی می‌شود بنابراین آنزیم‌های کبدی از سلول‌های کبدی آزاد و وارد خون شده و سطح آن‌ها در خون افزایش می‌یابد (۳۶، ۱۸). مطابق با این نتایج، Liu و همکاران، افزایش فعالیت و میزان آنزیم‌های کبدی را در خوک تغذیه‌شده با چربی‌اکسید شده گزارش نمودند (۲۲). هم‌چنین El-Sayed و همکاران، افزایش پراکسیداسیون در کبد و محتوای بالای MDA را در موش‌های تغذیه شده با چربی اکسید شده مشاهده کردند. استفاده از آلفاتوکوفرول در جیره توانست فعالیت آنزیم‌هی کبدی را کاهش دهد (۳۰). یکی از مهم‌ترین کاربردهای ویتامین E، حفاظت از کبد عنوان شده است. این ترکیب با مهار واکنش التهابی توسط مسدود کردن سیکلواکسیژناز و جلوگیری از تشکیل رادیکال‌های آزاد مانند آنیون سوپراکسید؛ در سمیت‌زدایی و حفاظت کبدی موثر می‌باشد. بنابراین آلفاتوکوفرول با تعدیل التهاب، فشار موجود بر بافت کبدی را کاهش داده و سبب پایین آمدن فعالیت آنزیم‌های کبدی می‌شود. بخش دیگری از محافظت کبد توسط آلفاتوکوفرول نیز از طریق کاهش تولید رادیکال‌های آزاد و خنثی‌نمودن ترکیبات پراکسید تولید شده به‌واسطه افزایش بیان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از قبیل کاتالاز،سوپراکسیددیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز می‌باشدکه منجر به کاهش تخریب بافت کبد و کاهش فعالیت آنزیمی کبد می‌شود (۳۷). مطابق با این نتایج، Ajakaiye و همکاران، کاهش چشمگیر فعالیت آنزیم‌های کبدی را با مکمل‌سازی خوراک با ویتامین E گزارش نمودند (۳۸). هم‌چنین Arslan و همکاران، نیز کاهش فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز را با استفاده از آلفاتوکوفرول در خوراک جوجه‌های گوشتی مشاهده نمودند (۳۹) که تائیدکننده نتایج به‌دست آمده در این آزمایش می‌باشد. در مطالعه حاضر استفاده از تیمار روغن حرارت دیده با جاذب‌های معدنی به‌خوبی توانست تاثیر منفی روغن سوخته بر مشکلات کبدی را مرتفع سازد. متاسفانه مطالعات بسیار محدودی در ارتباط با استفاده از روغن تصفیه شده بر فعالیت آنزیم‌های کبدی وجوددارد.قدرمسلم آن‌که،این نتایج نشان‌دهنده اثربخشی جاذب‌های معدنی در جذب موثر و حذف ترکیبات اولیه و ثانویه پراکسیداسیون چربی می‌باشد که با پیشگیری از اثرات مخرب رادیکال‌های آزاد بر بافت کبدی از بروزالتهاب، تخریب و درنتیجه افزایش فعالیت آنزیم‌های کبدی بر سلامت پرنده تاثیرگذار است. از نتایج پژوهش انجام شده می‌توان نتیجه‌گیری نمود که استفاده از چربی سوخته به‌دلیل پایداری کم و دارا بودن سطوح بالای ترکیبات سمی سبب اختلال در پاسخ ایمنی و افزایش سطح فعالیت آنزیم‌های کبدی در جوجه‌های گوشتی می‌شود. به‌علاوه بالا بودن سطح هیدروپراکسید در روغن سوخته تاثیر منفی بر پایداری گوشت و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت و کبد دارد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که مکمل‌سازی روغن سوخته با آلفا توکوفرول و یا تصفیه روغن با جاذب‌های معدنی، محتوای پراکسید و میزان کربونیل را تا حد قابل قبولی کاهش داده و بخشی از اثرات منفی روغن سوخته در جوجه‌های گوشتی را جبران نمود. ترکیب سیلیکات کلسیم با توجه به تاثیر بیش‌تر بر مولفه‌های کیفی روغن و شاخص‌های رشد جوجه‌های گوشتی می‌تواند جهت تصفیه کارآمد روغن اکسید شده مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

1. **Lesson S. and Summer. J.D., 2005.** Commercial poultry Nutrition. 3rd Ed, Nottingham university press. UK. 416 p.
2. **Firman, J.D., 2006.** Rendered products in poultry nutrition. Essential Rendering. Edited by DL Meeker. USA. 125-130.
3. **Gaafar, K.M., 2014.** Effects of feeding broiler chickens on diets contained semi-refined or frying sunflower oil on their growth performance and carcass traits. Int j *agri* innov res. 3(2): 2319-1473.
4. **Meesuk, L. and Seammai, S., 2010.** The use of perlite to remove dark colour from repeatedly used palm oil. Sci. 36(1): 33-39.
5. **Takahashi, K. and Akiba, Y., 1999.** Effect of oxidized fat on performance and some physiological responses in broiler chickens. J Poult Sci. 36(5): 304-310.
6. **Engberg, R.M., Lauridsen, C., Jensen, S.K. and Jakobsen, K., 1996.** Inclusion of oxidized vegetable oil in broiler diets. Its influence on nutrient balance & on the antioxidative status of broilers. Poult Sci. 75(8): 1003-1011.
7. **Delles, R.M., Xiong, Y.L., True, A.D., Ao, T. and Dawson, K.A., 2014.** Dietary antioxidant supplementation enhances lipid and protein oxidative stability of chicken broiler meat through promotion of antioxidant enzyme activity. Poult Sci. 93(6): 1561-1570.
8. **Fernandez-Duenas, D.M., 2009.** Impact of oxidized corn oil and synthetic antioxidant on swine performance, antioxidant status of tissues, pork quality and shelf-life evaluation. PhD thesis. University of Illinois at Urbana-Champaign. USA.
9. **Farag, R.S. and Basuny, A.M., 2009.** Improvement in the quality of used sunflower oil by organic and inorganic adsorbents. Int J Food Sci. 44(9): 1802-1808.
10. **AOCS. 2006.** Official methods of analysis, oven storage test for accelerated aging of olis, AOCS press champion IL. USA.
11. **Azadmanesh, V. and Jahanian, R., 2014.** Effect of supplemental lipotropic factors on performance, immune responses, serum metabolites and liver health in broiler chicks fed on high-energy diets. Anim Feed Sci Technol. 195: 92-100.
12. **Jahanian, R., 2009.** Immunological responses as affected by dietary protein and arginine concentrations in starting broiler chicks. Poult Sci. 88(8): 1818-1824.

13. **Corrier, D.E. and Deloach, J.R., 1990.** Evaluation of cell mediatted cutaneous basophil hypersensitivity in young chickens by an interdigital skin test. Poult Sci. 69: 403-408.
14. **Botsoglou, N.A., Fletouris, D.J., Papageoargiou, G.E., Vassiliopoulos, V.N., Mantis, A.J. and Trakatellis, A.G., 1994.** Rapid, sensitive, and specific thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food and feedstuff sample. J Agri Food Chem. 42: 1931-1937.
15. **Prior, R.L., Hoang, H.A., Gu, L., Wu, X., Bacchiocca, M., Howard, L. and Jacob, R., 2003.** Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORACFL)) of plasma and other biological and food samples. J Agric Food Chem. 51(11): 3273-3279.
16. **SAS Institute. 1990.** SAS/STAT® User's guide, release 6.03 edition. SAS institute Inc., Cary, NC.
17. **Zahir, E., Saeed, R., Hameed, M.A. and Yousuf, A., 2017.** Study of physicochemical properties of edible oil and evaluation of frying oil quality by Fourier Transform Infrared Spectroscopy. Arab J Chem. 10: S3870-S3876.
18. **Lindblom, S.C., 2017.** Impacts of feeding peroxidized oils on growth and oxidative status in swine and poultry. Ms Thesis. Iawa State University. USA.
19. **Bulut, E. and Yılmaz, E., 2010.** Comparison of the frying stability of sunflower and refined olive pomace oils with/without adsorbent treatment. J Am Oil Chem Soc. 87(10): 1145-1153.
20. **Farhoosh, R. and Kafrani, M.H.T., 2010.** Frying performance of the hull oil unsaponifiable matter of Pistacia atlantica subsp. mutica Eur J Lipid Sci Technol. 112(3): 343-348.
21. **Forman, H.J. and Torres, M., 2002.** Reactive oxygen species and cell signaling: respiratory burst in macrophage signaling. Am J Respir Crit Care Med. 116(1): S4-S8.
22. **Liu P., Kerr, B.J. Weber, T.E. Chen, C., Johnston, L.J. and Shurson. G.C., 2014.** Influence of thermally oxidized vegetable oils and animal fats on intestinal barrier function and immune variables in young pigs. J Anim Sci. 92: 2971-2979.
23. **Abdukalykova, S., 2008.** Cellular and Humoral Immune Responses in Birds Fed Different Levels of Arginine and Vitamin E. Ph. D Thesis. McGill University. USA.
24. **Abbasi, S., Fakhraii, J., Mansori Yarahmadi, H. and Khaghani, Sh., 2020.** Effects of different sources fat on performance immune system and intestinal microflora in commercial laying hens. Journal of Animal Environment. 12(4): 225-231. (In Persian)
25. **De Moraes, M.L., Ribeiro, A.M.L., Kessler, A.D.M., Cortés, M.M., Ledur, V.S. and Cura, E., 2009.** Comparison of the effects of semi-refined rice oil and soybean oil on meat oxidative stability, carcass yield, metabolism, and performance of broilers. Rev Bras Cienc. 11(3): 161-167.
26. **Racanicci, A.M.C., Menten, J.F.M., Regitano-d'Arce, M.A.B., Torres, E.A.F.D.S., Pino, L.M. and Pedroso, A.A., 2008.** Dietary oxidized poultry offal fat: broiler performance and oxidative stability of thigh meat during chilled storage. Rev Bras Cienc. 10(1): 29-35.
27. **Sokol, R., McKim, J. and Devereaux, M.W., 1996.** Alpha-tocopherol ameliorates oxidant injury in isolated copper-overloaded rat hepatocytes. Ped Res. 39: 259-263.
28. **Liang, F., Jiang, S., Mo, Y., Zhou, G. and Yang, L., 2015.** Consumption of oxidized soybean oil increased intestinal oxidative stress and affected intestinal immune variables in yellow-feathered broilers. Asian-Australas J Anim Sci. 28(8): 1194.
29. **Zhang, W., Xiao, S., Lee, E.J. and Ahn, D.U., 2010.** Consumption of oxidized oil increases oxidative stress in broilers and affects the quality of breast meat. J Agric Food Chem. 59(3): 969-974.
30. **El-Sayed, M.E.S.Y., Elsanhoty, R.M. and Ramadan, M.F., 2014.** Impact of dietary oils and fats on lipid peroxidation in liver and blood of albino rats. Asian Pac J Trop Biomed. 4(1): 52-58.
31. **Sohaib, M., Anjum, F.M., Khan, M.I., Arshad, M.S. and Shahid, M., 2012.** Enhancement of lipid stability of broiler breast meat and meat products fed on alpha lipoic acid and alpha tocopherol acetate supplemented feed. Lipids Health Dis. 11(1): 57.
32. **Saleh, H., Golian, A., Kermanshahi, H. and Mirakzehi, M.T., 2018.** Antioxidant status and thigh meat quality of broiler chickens fed diet supplemented with α-tocopherolacetate, pomegranate pomace & pomegranate pomace extract. Ital J Anim Sci. 17(2): 386-395.
33. **Niu, Z.Y., Min, Y.N. and Liu, F.Z., 2018.** Dietary vitamin E improves meat quality and antioxidant capacity in broilers by upregulating the expression of antioxidant enzyme genes. J Appl Anim Res. 46(1): 397-401.
34. **Lai, C., Huang, W., Askari, A., Klevay, L.M. and Chiu, T.H., 1995.** Expression of glutathione peroxidase and catalase in copper-deficient rat liver and heart. J Nutr Biochem. 6(8): 1194.
35. **Tan, L., Rong, D., Yang, Y. and Zhang, B., 2018.** Effect of oxidized soybean oils on oxidative status and intestinal barrier function in broiler chickens. Braz J Poult Sci. 20(2): 333-342.
36. **Saki, A.A., 2016.** Effects of Various Levels of Oxidized Oil on Performance, Egg Quality and Some Blood Metabolites in Laying Hens. Poult Sci J. 4(1): 13-18.
37. **Shin, H., Eo, H. and Lim, Y., 2016.** Similarities and differences between alpha-tocopherol and gamma-tocopherol in amelioration of inflammation, oxidative stress and pre-fibrosis in hyperglycemia induced acute kidney inflammation. Nutr Res Pract. 10(1): 33-41.
38. **Ajakaiye, J.J., Perez-Bello, A., Cuesta-Mazorra, M., Polanco Expósito, G. and Mollineda-Trujillo, A., 2010.** Vitamins C and E affect plasma metabolites and production performance of layer chickens (*Gallus gallus domesticus*) under condition of high ambient temperature and humidity. Arch Anim Breed. 53(6): 708-719.
39. **Arslan, M., Özcan, M., Matur, E., Çötelioğlu, Ü. and Ergül, E., 2001.** The effects of vitamin E on some blood parameters in broilers. Turk J Vet Anim Sci. 25(5): 711-716.