DOI:10.22092/VJ.2023.362079.2064 شماره ۱۴۲ بهار ۱۴۰۳

تحقیقات دامپزشکی و فرآورده‌های بیولوژیک

مقاله کامل

تأثیر رنگ‌دانه طبیعی آلگاسان بر فرآسنجه‌های بیوشیمیایی خون و وضعیت آنتی‌اکسیدانی بلدرچین ژاپنی

• **زینب مرادپور**

گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

• **سید مجتبی موسوی (نویسنده مسئول)**

گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

• **محسن محمدی‌ساعی**

استادیار مرکز تحقیقات و آموزش جهاد کشاورزی استان لرستان، ایران

• **بابک ماسوری**

گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۰۴-۰۲-۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳-۰۶-۱۴۰۲

تاریخ بازنگری : ۱۲-۰۶-۱۴۰۲ تاریخ انتشار: ۱۹-۰۱-۱۴۰۳

Email: mousavi.sym@lu.ac.ir

چکیده

با توجه به سطح بالای برخی از آنتی‌اکسیدان‌ها در جلبک‌ها، استفاده از آن‌ها می‌تواند بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی و درنتیجه سلامت و عملکرد پرندگان موثر باشد. لذا هدف از این پژوهش، بررسی اثر رنگ‌دانه آلگاسان بر فرآسنجه‌های بیوشیمیایی خون و وضعیت آنتی‌اکسیدانی بلدرچین ژاپنی بود. بدین منظور تعداد ۲۰۴ قطعه جوجه بلدرچین ماده سه‌روزه در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار توزیع و تا سن ۳۸ روزگی نگهداری شدند. تیمارها شامل جیره پایه بدون مکمل (شاهد) و یا جیره پایه به ترتیب با مقادیر یک، دو و سه گرم در کیلوگرم آلگاسان (تیمارهای A۱، A۲ و A۳) مکمل شد. در سن ۳۸ روزگی، از هر تکرار، نمونه خون دو قطعه بلدرچین برای ارزیابی فرآسنجه‌های خونی و وضعیت آنتی‌اکسیدانی گرفته شد. داده‌ها با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار SAS، آنالیز و میانگین‌ها با آزمون توکی مقایسه شدند. نتایج نشان داد که غلظت گلوکز سرم در تیمار A۳ (۴۱۰/۶۳ میلی‌گرم در دسی‌لیتر)، تفاوت معنی‌داری با غلظت آن در تیمارهای شاهد (۳۵۹/۱۷ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) و تیمار A۱ (۳۵۱/۳۸ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) دارد (P<۰/۰۵). مقدار کلسترول در تیمار شاهد (۲۰۱/۶۳ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) نسبت به تیمار A۳ (۱۵۱/۳۳ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) بیشتر بود (P<۰/۰۵)، اما مقدار HDL در تیمار شاهد (۴۰/۰۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) نسبت به تیمار A۳ (۵۸/۲۵ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) کمتر بود (P<۰/۰۵). سطوح آنزیم‌های سرم AST، ALT، و ALP) و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی پلاسما (SOD و GP) و وضعیت تام آنتی‌اکسیدانی (TAS) و مقدار مالون‌دی‌آلدئید (MDA) با افزودن آلگاسان در جیره بلدرچین ژاپنی تحت تأثیر قرار نگرفتند (P > ۰/۰۵). به‌طورکلی، نتایج این مطالعه نشان داد که در شرایط طبیعی پرورش بلدرچین ژاپنی مکمل کردن جیره با رنگ‌دانه آلگاسان در سطح ۰/۳ درصد، باعث بهبود برخی فراسنجه‌های خونی شد. بااین‌حال، مکمل خوراکی آلگاسان تغییری در وضعیت آنتی‌اکسیدانی پلاسمای بلدرچین‌ها ایجاد نکرد.

کلمات کلیدی: پرنده، جلبک، گلوکز، وضعیت کل آنتی‌اکسیدانی

Veterinary Research & Biological Products No 142 pp: 50-59

The effect of *Algasan* natural pigment on blood hematological parameters and antioxidant status of Japanese quail

By: Moradpour, Z., MSc. Student of Animal Physiology Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran. Mousavi, S.M. (Corresponding Author), Assistant Professor of Animal Physiology Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran. Mohammadi Saei, M., Assistant Professor of Poultry Nutrition Agricultural Jihad Research and Training Center of Lorestan Province. and Masoori, B., Assistant Professor of Poultry Nutrition Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

Received: 2023-04-24 **Revised:2023-09-03** **Accepted: 2023-09-04** **Published: 2024-04-07**

Email: mousavi.sym@lu.ac.ir

Algae, having a high level of antioxidants, can affect the antioxidant status and the health of birds. Therefore, this study aimed to investigate the effect of *Algasan*® pigment on blood biochemical parameters and antioxidant status of Japanese quail. For this purpose, A total of 204 three-day-old female quail chickens were randomly allocated in a completely randomized design with four treatments and three repetitions and kept until the age of 38 days. Treatments included a control diet or with 1, 2, and 3 g/kg (A1, A2, and A3) *Algasan*®, respectively. At the age of 38 days, blood samples were collected of two quails from each replicate to assess blood parameters and antioxidant status. Data were analyzed by the GLM procedure of SAS software and means were compared by Tukey's test. The results showed that serum glucose concentration in the A3 treatment (410.63 mg/dL), was significantly different from its concentration in control treatments (359.17 mg/dL) and A1 treatment (351/38 mg/dL) ($P < 0.05$). The amount of cholesterol in the control treatment (201.63 mg/dL) was higher than the A3 treatment (151.33 mg/dL) ($P < 0.05$), but the amount of HDL in the control treatment (40.00 mg/dL) was lower than A3 treatment (58.25 mg/dL) ($P < 0.05$). The levels of serum enzymes and plasma antioxidant enzymes, total antioxidant status and malondialdehyde were not affected. In general, the results exhibited that in the natural conditions of Japanese quail breeding, dietary *Algasan*® supplementation at the level of 0.3% improved some blood parameters, but did not change the antioxidant status of the plasma.

Keyword: *Bird, Algae, Glucose, Total Antioxidant Status*

مقدمه

تولید تجاری طیور با انواع تنش‌های ناشی از محیط، تغذیه و متابولیسم میزبان همراه است. این عوامل تنش‌زا ممکن است منجر به اختلالات متابولیکی، تولید گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) و تنش اکسیداتیو شوند (۳۷). شناسایی و پیشگیری از عوامل تنش‌زا برای به حداقل رساندن افت تولید و بهبود سلامت و رفاه جوجه‌ها ضروری است. بنابراین، جستجو برای آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به یکی از داغ‌ترین موضوعات در علوم غذایی تبدیل شده است (۳۰).

آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی که به عنوان افزودنی‌های خوراک استفاده می‌شوند نه‌تنها می‌توانند سلامت و عملکرد کلی حیوانات را بهبود بخشند، بلکه مقاومت آن‌ها را در برابر تنش‌های محیطی مانند تنش گرمایی، شرایط بد جایگاه، بیماری‌ها و غیره افزایش می‌دهند. موجودات دریایی، به‌عنوان‌مثال جلبک‌های دریایی قرمز، قهوه‌ای و سبز جلبک‌های بزرگ حاوی مقدار زیادی از مواد فعال بیولوژیکی، ازجمله ترکیبات فنلی، پلی ساکاریدها، رنگ‌دانه‌ها، ویتامین‌ها، عناصر میکرو و ماکرو و پروتئین‌هایی هستند که به دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی خود شناخته شده‌اند، که می‌توانند به حفظ وضعیت ردوکس مناسب در حیوانات کمک کنند و اثرات پلیوتروپیک را برای سلامتی و بهره‌وری حیوان نشان دهند (۲۶). استفاده از اسپیرولینا در جیره جوجه‌های گوشتی توانسته است بازده رشد، قابلیت هضم مواد مغذی، افزایش فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی، تعدیل میکرو فلورای روده کور و انتشار گازهای مضر دفعی را افزایش دهد (۳۲). افزایش قابل‌توجهی در سرعت رشد و بهبود ضریب تبدیل غذایی در جیره غذایی مکمل شده با اسپیرولینا در جوجه‌های گوشتی گزارش شده است (۸). آنتی‌اکسیدان‌های جلبک دریایی عملکرد «جذب‌کننده‌های رادیکال‌های آزاد» را ایفا می‌کنند. آن‌ها از آسیب‌های ناشی از تنش اکسیداتیو جلوگیری یا ترمیم می‌کنند و پتانسیل بالایی برای درمان بیماری‌های مختلف دارند (۲۴). ترکیبات فنولی موجود در جلبک دریایی می‌توانند از بدن در برابر آسیب اکسیداتیو که در پاسخ به تغییرات محیطی یا مواد مغذی رخ می‌دهد محافظت کنند (۲۲) و باعث ارتقای سلامت و بهره‌وری در حیوانات شوند. گروه‌های اصلی آنتی‌اکسیدان‌ها در جلبک‌های دریایی، فنولیک ها، پلی ساکاریدها و رنگ‌دانه‌ها هستند (۲۶). در مقایسه با نمونه‌های مصنوعی، رنگ‌دانه‌های طبیعی هیچ‌گونه

عوارض سمی یا جانبی بر بدن ندارند و حتی به عنوان تقویت‌کننده‌های تغذیه‌ای با فعالیت‌های بیولوژیکی مختلف عمل می‌کنند (۳۶). بسیاری از ترکیبات مصنوعی در جیره طیور استفاده می‌شود و اکثر آن‌ها توسط متخصصان و مصرف‌کنندگان ترجیح داده نمی‌شوند. با توجه به تقاضای رو به رشد برای آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، مطالعه حاضر به‌منظور بررسی اثرات رنگ‌دانه آلگاسان بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی و برخی فرآسنجه‌های خونی بلدرچین ژاپنی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مزرعه تحقیقاتی طیور مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان بروجرد انجام شد. کلیه مراحل آزمایشی توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه لرستان (LU.ECRA. ۲۰۲۲,۵۷) تائید شده است. درمجموع از تعداد ۲۰۴ قطعه جوجه بلدرچین ژاپنی سه‌روزه (سویه پاندا با میانگین وزن اولیه بدن ۰/۵ ± ۱۰/۵۸ گرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با در نظر گرفتن چهار تیمار با سه تکرار (هرکدام ۱۷ قطعه

جدول ۱- ترکیب جیره شاهد برای بلدرچین‌ها.

اجزاء خوراک	(٪) جیره رشد
ذرت	۵۳/۲۰
کنجاله سویا (۴۴٪)	۳۳/۵۰
کنجاله گلوتن ذرت (۶۲٪)	۴/۵۰
روغن آفتابگردان	۰/۹۰
سبوس گندم	۴/۵۰
دی کلسیم فسفات	۱/۴۴
سنگ‌آهک	۱/۰۰
پرمیکس۱	۰/۳۰
نمک	۰/۲۵
ال-لیزین	۰/۱۹
دی-ال-متیونین	۰/۱۲
ضد قارچ	۰/۱۰
ترکیبات محاسبه شده	
انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری بر کیلوگرم)	۲۹۰۵
پروتئین خام (درصد)	۲۴/۱۰
فیبر خام (درصد)	۳/۰۳
چربی خام (درصد)	۳/۱۶
لیزین (درصد)	۱/۳۰
متیونین (درصد)	۰/۵۰
متیونین + سیستین (درصد)	۰/۷۵
کلسیم (درصد)	۰/۸۱
فسفر قابل دسترس (درصد)	۰/۴۲

۱ هر ۱/۵ کیلوگرم پرمیکس حاوی: ۱۵۰۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A؛ ۳۰۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D۳؛ ۳۵۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین E؛ ۳۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین k۳؛ ۲۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B۱؛ ۵۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B۲؛ ۳۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B۶؛ ۲۰ میلی‌گرم ویتامین B۱۲؛ ۶۰۰۰۰ میلی‌گرم نیاسین؛ ۳۰۰۰ میلی‌گرم اسیدفولیک؛ ۳۰۰ میلی‌گرم بیوتین؛ ۱۵۰۰۰ میلی‌گرم اسید پانتوتنیک؛ ۲۰ گرم مس؛ ۲ گرم ید؛ ۶۲ گرم آهن؛ ۴۵ گرم منگنز؛ ۷۰ گرم روی؛ ۰/۲۵ گرم کبالت.

جوجه) استفاده شد. پرندگان در قفس‌های مشبک سیمی (به ابعاد ۱۱۰ ۱۱۰ سانتی‌متر مربع و ارتفاع ۱۱۰ سانتی‌متر) قرار گرفتند و خوراک و آب به‌صورت آزاد در طی دوره آزمایشی تأمین شد. دمای محیط ابتدا روی ۳۵ درجه سلسیوس در روز صفر تنظیم شد و هر هفته سه درجه سلسیوس کاهش یافت و پس از آنکه به ۲ ± ۲۲ درجه سلسیوس رسید، ثابت نگه داشته شد. پرندگان تا پایان آزمایش در معرض ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی و رطوبت نسبی ۵±۵۵ درصد قرار گرفتند. جیره‌ها بر اساس نیازهای غذایی بلدرچین توصیه‌شده توسط انجمن تحقیقات ملی (NRC، ۱۹۹۴) با مقدار انرژی قابل متابولیسم و پروتئین خام یکسان تنظیم شدند. گروه‌های تیماری شامل: (۱) جیره پایه (شاهد)، (۲) جیره پایه + یک گرم در کیلوگرم آلگاسان (A۱)، (۳) جیره پایه + دو گرم در کیلوگرم آلگاسان (A۲) و (۴) جیره پایه + سه گرم در کیلوگرم آلگاسان (A۳). جیره‌ها با مقدار انرژی قابل سوخت‌وساز و پروتئین خام یکسان تنظیم شدند (جدول ۱).

رنگ‌دانه آلگاسان مورد استفاده در تحقیق حاضر، محصول شرکت دانش‌بنیان ثمر دانش زاگرس، بر پایه میکرو جلبک کروموکلوریس زافینجنسیس و اسپیرولینا بوده که جهت عصاره‌گیری، مقدار ۲۰ گرم از کروموکلوریس زافینجنسیس و اسپیرولینا در ۲۰۰ میلی‌لیتر حلال متانول (نسبت ۱:۱۰) به مدت ۷۲ ساعت در درجه حرارت معمولی اتاق حل شد. عصاره استخراج‌شده با کاغذ واتمن، صاف‌شده و با دستگاه تبخیرکننده چرخان در خلأ در دمای حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد تغلیظ گردید. آنالیز ترکیبات شیمیایی موجود در آن با استفاده از فن کروماتوگرافی گازی با طیف‌سنج جرمی انجام شد (جدول ۲). از دستگاه گاز کروماتوگراف آجیلنت ۷۸۹۰ ای (آجیلنت تکنولوژی، آمریکا) کوپل شده با طیف‌سنج جرمی مجهز به ستون 5MS-HP به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه نازک ۰/۲۵ میکرومتر استفاده شد.

در سن ۳۸ روزگی، پس از قطع خوراک و ۴ ساعت ناشتا، ۲ میلی‌لیتر خون از ورید بال دو پرنده از هر تکرار گرفته شد. نمونه‌های سرم با سانتریفیوژ کردن نمونه‌های خون با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه در لوله‌های بدون هپارینه به دست آمد و تا زمان آنالیز در دمای ۲۰- درجه سلسیوس منجمد شد.

غلظت سرمی گلوکز، کلسترول تام، لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL)،

جدول ۲- آنالیز رنگ‌دانه آلگاسان.

Substance	Amount (mg g-[1])
Chlorophyll a	۱/۸۲± ۰/۰۴
Chlorophyll b	۰/۶۷±۰/۰۲
b- carotene	۰/۰۴± ۰
Lutein	۰/۲۷±۰/۰۱
Zeaxanthin	۰/۰۵ ±۰
Astaxanthin	۱/۰۴ ±۰/۰۳
Adonixanthin	۰/۰۱±۰/۴۱
Canthaxanthin	۰/۱۳±۰/۰۱
Biomass (gL۱-)	۲/۲۷± ۰/۰۳
Protein (٪dw۱)	۳۳/۱۵ ± ۱/۷۷
Carbohydrate (٪ dw)	۳۱/۷۳±۱/۴۰
Total lipids (٪ dw)	۲۶/۶۹ ± ۰/۹۰
Neutral lipids (٪ dw)	۹/۲۹± ۰/۶۷
Glycolipids (٪ dw)	۱۲/۹۵± ۰/۲۸
Phospholipids (٪ dw)	۱/۹۲ ±۰/۳۹
Total lipids productivity (mg/L)	۱۳۸/۶۰±۵/۶۹
NL producitivity (mg/L)	۴۸/۳۱±۲/۵۹

[1]DW: Dry weight basis

لیپوپروتئین با چگالی کم (LDL) اسید اوریک، بیلی‌روبین، آلبومین، پروتئین کل، تری گلیسیرید، هموگلوبین، مالون‌دی‌آلدئید (MDA) و وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل (TAS) و همچنین فعالیت آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و آلکالین فسفاتاز (ALP) با استفاده از کیت‌های شرکت پارس آزمون به روش اسپکتروفتومتری تعیین شدند.

برای تعیین فرآسنجه‌های آنتی‌اکسیدانی، در روز آخر و قبل از کشتار، از هر تکرار دو میلی‌لیتر خون از ورید بال دو پرنده گرفته شد. نمونه‌های خون در لوله‌های حاوی EDTA با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند و پلاسمای جداشده در دمای ۲۰- درجه سلسیوس تا زمان آنالیز نگهداری شدند. درنهایت، آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز (SOD, Cat No. ۱۲۵)، گلوتاتیون پراکسیداز (GSH-Px, Ransel Cat No. ۵۰۴)، وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل (TAS, Cat No. NX ۲۳۳۲) با استفاده از کیت‌های شرکت راندکس و مالون دی آلدئید (MDA) با کیت شرکت (ZellBio) (Lot. No.: ZB-A۳۲۲۰۹۰۱) مطابق با دستورالعمل کیت‌ها، اندازه‌گیری شدند.

برای تمامی داده‌ها، آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای تائید نرمال بودن داده‌ها انجام شد. سپس اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات موردنظر با استفاده مدل آماری زیر و رویه GLM نرم‌افزار (SAS۹,۱,۲۰۰۳) در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه واریانس یک‌طرفه قرار گرفتند:

$$Yij= \mu+ Ti + eij$$

که در این مدل، Yij= مقدار هر مشاهده، μ = میانگین جامعه برای متغیر موردنظر، Ti= اثر ثابت i تیمار (i=۱, ۲, ...and ۴) و eij= اثر خطای آزمایشی است.

نتایج و بحث

نتایج تأثیر سطوح مختلف رنگ‌دانه آلگاسان در برخی فراسنجه‌های خونی بلدرچین ژاپنی در جدول ۳ نشان داده شده است. غلظت گلوکز سرم در تیمار حاوی ۰/۳ درصد آلگاسان، تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) با غلظت آن در تیمارهای شاهد و تیمار حاوی ۰/۱ درصد آلگاسان داشت. به‌طوری‌که تیمارهای حاوی ۰/۳ و ۰/۱ درصد رنگ‌دانه آلگاسان به ترتیب بیشترین (۴۱۰/۶۳ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) و کمترین (۳۵۱/۳۸ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) مقدار گلوکز را داشتند.

همچنین تیمار شاهد بیشترین مقدار کلسترول (۲۰۱/۶۳ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) را داشت و با تیمار حاوی ۰/۳ درصد آلگاسان (۱۵۱/۳۳ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) تفاوت معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵) . علاوه بر این تیمار حاوی ۰/۳ درصد آلگاسان، بالاترین HDL (۵۸/۲۵ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) را داشته و تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد (۴۰/۰۰ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) داشت (P<۰/۰۵). بااین‌حال، رنگ‌دانه آلگاسان اثر معنی‌داری بر مقدار تری‌گلیسیرید، VLDL، LDL، اسید اوریک، آلبومین، پروتئین کل، بیلی‌روبین، MDA، HDL، TAS و هموگلوبین سرم خون نداشت (P<۰/۰۵).

جدول ۳- تأثیر سطوح مختلف رنگ‌دانه آلگاسان بر برخی فراسنجه‌های خونی.

فراسنجه (واحد)	تیمار				SEM	P-Value
	شاهد (صفر)	۰/۱ درصد	۰/۲ درصد	۰/۳ درصد		
گلوکز (mg/dl)	۳۵۹/۱۷ b	۳۵۱/۳۸ b	۳۸۶/۶۳ ab	۴۱۰/۶۳ a	۱۶/۲۹	۰/۰۴
کلسترول (mg/dl)	۲۰۱/۶۳ a	۱۸۲/۱۳ ab	۱۸۰/۵۰ ab	۱۵۱/۳۳ b	۱۵/۰۵	۰/۰۴
تری‌گلیسرید (mg/dl)	۱۴۵/۰۰	۱۳۷/۲۵	۱۰۳/۲۵	۱۱۵/۰۰	۲۱/۱۸	۰/۴۹
(mg/dl) اسید اوریک	۶/۳۹	۵/۵۳	۶/۳۴	۷/۷۹	۱/۱۳	۰/۵۳
(g/dl) آلبومین	۰/۹۱	۰/۹۳	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۰۳	۰/۹۵
(g/dl) کل پروتئین	۲/۶۶	۲/۷۸	۲/۷۷	۲/۸۰	۰/۰۹	۰/۷۷
(mg/dl) بیلی‌روبین	۰/۸۵	۰/۹۸	۰/۸۸	۰/۸۶	۰/۶	۰/۵۸
(mg/dl) HDL	۴۰/۰۰ b	۴۵/۵۰ ab	۵۳/۵۰ ab	۵۸/۲۵ a	۴/۴۲	۰/۰۳
(mg/dl) LDL	۸۱/۲۳	۱۰۸/۰۸	۱۰۷/۶۵	۱۱۵/۲۸	۱۲/۸۱	۰/۲۶
(mg/dl) VLDL	۲۷/۶۰	۲۶/۲۵	۲۱/۳۵	۲۲/۵۰	۴/۲۱	۰/۴۹
(g/dl) هموگلوبین	۱۱/۳۸	۱۰/۱۵	۱۱/۰۵	۱۰/۵۰	۰/۸۲	۰/۴۲

HDL : لیپوپروتئین با چگالی زیاد، LDL: لیپوپروتئین با چگالی کم، VLDL: لیپوپروتئین با چگالی خیلی کم، حروف غیرمشابه در هر ردیف، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است (P<۰/۰۵).

سطوح فعالیت آنزیم‌های پلاسمایی (ALT ، AST و ALP) و سطوح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (SOD و GP)، مالون‌دی-آلدئید (MDA) و وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل (TAS) بلدرچین ژاپنی با افزودن آلگاسان در جیره تحت تأثیر قرار نگرفت (P>۰/۰۵ ؛ جدول‌های ۴ و ۵).

در مطالعه حاضر، مکمل جیره‌ای سه گرم در کیلوگرم آلگاسان باعث افزایش غلظت گلوکز و HDL و کاهش سطح کلسترول در مقایسه با تیمار شاهد شد. مشابه با یافته‌های تحقیق حاضر، سطح کلسترول و تری گلیسرید در بلدرچین‌های ژاپنی تغذیه‌شده با اسپیرولینا در مقایسه با گروه شاهد به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت (۲). مکمل خوراکی اسپیرولینا در جوجه‌های تحت تنش گرما نیز باعث کاهش سطح کلسترول و LDL اما افزایش سطح HDL شد (۲۹). گزارش شده است که استفاده از ترکیبات حاوی آنتی‌اکسیدان با جلوگیری از اکسیداسیون چربی‌های غیراشباع، سطوح LDL، تری گلیسرید و کلسترول را کاهش داده و سطح HDL را افزایش می‌دهد (۴۱).

گنجاندن اسپیرولینا پلاتنسیس در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی به چالش کشیده شده با عفونت اشریشیاکلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، پاسخ ایمنی و باکتری‌های مفید روده را افزایش داده است (۶). همچنین مکمل جیره‌ای جلبک دریایی در جوجه‌ها باعث افزایش سلامت روده، بهره‌وری و راندمان لاشه شده است (۴). حفظ میکروبیوم کافی روده و کاهش خطر التهاب آن باعث بهبود مورفولوژی روده و جذب مواد مغذی از خوراک می‌شود (۲۰). مسیر فیزیولوژیکی دقیقی که ریزجلبک‌ها چگونه ممکن است سلامت روده و عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی را بهبود بخشند، هنوز نامشخص است. با این حال، مسیرهای قابل قبولی بیان شده است (۲۸). افزودن اسپیرولینا به‌طور مفیدی جمعیت میکروبی روده را با افزایش در لاکتوباسیلوس و کاهش جمعیت E. Coli تغییر می‌دهد. همچنین با افزایش طول پرزهای روده و تعداد سلول‌های جام موجب بهبود مورفولوژی روده می‌شود (۱۱, ۱۹). بهبود ارتفاع پرزها منجر به جذب بهتر مواد مغذی می‌شود (۲۸). ژن آنتی‌اکسیدانی *Nrf۲* که به عنوان تنظیم کننده اصلی اکسیداسیون در طی تنش محیطی نیز شناخته می‌شود، در تیمارهای مکمل شده با ریزجلبک‌ها به شدت بیان شده است (۲۸). *Nrf۲* نقش مهمی در حفظ یکپارچگی روده و سد مخاطی، با تنظیم گونه‌های فعال اکسیژن، دارد (۴۰). علاوه بر این ترکیبات موجود در افزودنی‌های گیاهی می‌توانند با تنظیم تعادل میکروبی روده سلامت دستگاه گوارش را تامین کنند (۱۳) و باعث افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی از لوزالمعده و سایر اندام‌های داخلی شوند (۳۸). در تحقیق حاضر افزایش مقدار گلوکز سرم می‌تواند ناشی از افزایش باکتری‌های مفید روده

جدول ۴- تأثیر سطوح مختلف رنگ‌دانه آلگاسان بر آنزیم‌های پلاسما.

فراسنجه (واحد)	تیمار				SEM	P-Value
	شاهد (صفر)	۰/۱ درصد	۰/۲ درصد	۰/۳ درصد		
(U/L) AST	۱۹۲/۱۷	۱۹۴/۱۳	۱۸۲/۶۳	۲۳۲/۳۸	۱۶/۴۴	۰/۱۵
(U/L) ALT	۱۰/۰۰	۹/۳۷۵	۱۱/۲۵	۷/۵۰	۲/۳۴	۰/۷۰
(U/L) ALP	۶۵/۶۶	۶۰/۶۲	۵۸/۷۵	۶۶/۸۷	۴/۰۱	۰/۴۱

AST: آسپارتات آمینو ترانسفراز، ALT: آلانین آمینو ترانسفراز و ALP: آلکالین فسفاتاز.

جدول ۵- مقایسه میانگین غلظت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی پلاسما، وضعیت کل آنتی‌اکسیدانی و مالون‌دی‌آلدئید در تیمارهای مختلف.

فراسنجه (واحد)	تیمار				SEM	P-Value
	شاهد (صفر)	۰/۱ درصد	۰/۲ درصد	۰/۳ درصد		
(U/mL) SOD	۶۳/۰۰	۷۲/۷۵	۷۳/۷۱	۶۶/۲۵	۴/۹۶	۰/۳۹
(U/L) GP	۲۳۵/۱۷	۲۶۲/۳۸	۳۰۳/۴۳	۲۶۲/۸۸	۳۲/۷۶	۰/۵۷
(nmol/ml) MDA	۲/۷۶	۲/۲۸	۲/۳۸	۲/۵۰	۰/۲۶	۰/۶۵
(mmol/l)TAS	۱/۶۲	۱/۴۳	۱/۶۸	۱/۸۶	۰/۲۲	۰/۴۳

SOD: سوپراکسید دیسموتاز، TAS: وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل، و MDA: مالون دی آلدئید. حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است (P<۰/۰۵).

و افزایش سلامت آن باشد. البته در این تحقیق، ترکیب میکروفلورای و بافت‌شناسی روده بررسی نشده است. از طرفی مقدار بالای گلوکز خون می‌تواند نشانه بروز تنش در پرنده باشد. سطح کلسترول و گلوکز پلاسما بلدرچین‌های ژاپنی در شرایط تنش گرمایی، در مقایسه با گروه شاهد به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است (۳۴). در تحقیق حاضر سطح گلوکز خون بلدرچین‌ها در محدوده طبیعی خودش (۳۵) بوده است.

پروتئین سرم خون می‌تواند منعکس‌کننده تغییرات در وضعیت حیوان مرتبط با التهاب، آسیب کبد یا کلیه و همچنین سایر عوامل داخلی و خارجی باشد. مطابق با نتایج تحقیق حاضر، هیچ تفاوت قابل‌توجهی در گلوبولین و AST در زمانی که جلبک دریایی قهوه‌ای در مرغ‌های تخم‌گذار استفاده شد مشاهده نشده است (۱۲).

استفاده از ۰/۲ گرم در کیلوگرم ریزجلبک کلرولا ولگاریس در جیره جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرما باعث افزایش سطح گلوکز، پروتئین، آلبومین و HDL و کاهش کلسترول، تری گلیسیرید و VLDL در مقایسه با سایر تیمارها شد (۴۴). همچنین مقدار پروتئین تام، گلوکز و AST در مرغ‌های تخم‌گذار تغذیه‌شده با جلبک دریایی نزدیک به گروه شاهد بود (۲۱).

فعالیت آنزیم‌های خون یک روش تشخیصی مناسب برای ارزیابی عملکرد کبد و منعکس‌کننده میزان آسیب و نشت سلولی کبدی، آسیب بافتی یا اختلال عملکرد کبد در پرندگان است (۱۸). به‌این‌ترتیب، آسیب کبدی را می‌توان با آنالیز سطوح پلاسمایی GGT، ALP، AST، ALT و GLDH به عنوان نشانگرهای زیستی پرکاربرد در کار بالینی نشان داد (۱۸).

در مطالعه حاضر مصرف رنگ‌دانه بر سطح آنزیم‌های پلاسمایی (AST، ALT و ALP) (جدول ۴) و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (SOD و GP) و وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل (جدول ۵) اثر معنی‌داری نداشت. مشابه نتایج ما، هیچ تغییر قابل‌توجهی در محتوای ALP پلاسمایی در مرغ‌های تخم‌گذار تغذیه‌شده با جلبک قهوه‌ای مشاهده نشد (۳۹). در بین تمام فراسنجه‌های خونی، سطح آنزیم AST به عنوان اختصاصی‌ترین و حساس‌ترین آنزیم برای تشخیص آسیب کبدی و عضلانی پرندگان در نظر گرفته می‌شود و سطح آن در پاسخ به مکمل‌سازی با جلبک دریایی، تنش گرمایی یا در میان سویه‌های مختلف مرغ تخم‌گذار تغییر نکرده است (۱۰). مقدار یک میلی‌لیتر عصاره جلبک دریایی در آب و یا دو درصد کنجاله جلبک دریایی در خوراک به‌ترتیب فعالیت پلاسمایی آلانین آمینوترانسفراز و گاما گلوتامیل ترانسفراز جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی را در مقایسه با سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری کاهش داده است (۵).

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، مانند SOD و CAT، به دلیل خاصیت از بین برندگی رادیکال آزاد اکسیژن، درنتیجه اولین خط دفاع سلولی در برابر آسیب اکسیداتیو را فراهم می‌کنند (۴۳). از طرفی MDA به عنوان یک محصول نهایی از پراکسیداسیون لیپیدی، یک نشانگر زیستی برای اندازه‌گیری سطح تنش اکسیداتیو استفاده می‌شود (۳۱, ۴۲). در مطالعه حاضر، اثر مصرف رنگ‌دانه بر غلظت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و MDA معنی‌دار نبود (جدول ۵). برخی محققان در مطالعاتشان، نتایج مشابهی یافته‌اند. به‌عنوان‌مثال، اگرچه کلرلا ولگاریس حاوی سطوح بالایی از کاروتنوئیدها و توکوفرول‌های آنتی‌اکسیدانی است، ترکیب کلرلا ولگاریس جیره‌ای و آنزیم‌های فعال‌کننده کربوهیدرات (CAZymes) بر MDA در گوشت سینه تأثیری نداشت (۷).

برخلاف نتایج ما، تغذیه بلدرچین‌های ژاپنی با مقادیر ۱/۵ و ۳ درصد جلبک سبز (GS) و جلبک قهوه‌ای (BS)، وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل، کاتالاز، گلوتاتیون، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز را افزایش داد (۳). نیم تا یک درصد از تغذیه اسپیرولینا در جوجه‌های گوشتی پرورش یافته تحت شرایط تنش گرمایی می‌تواند به‌طور مؤثر عملکرد جوجه‌های گوشتی را بهبود بخشد و وضعیت ردوکس را متعادل کند (۲۹). علاوه بر این، تغذیه ریزجلبک‌های غنی از DHA باعث افزایش سطح سوپراکسید دیسموتاز و وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل شد و مالون دی‌آلدئید در ماهیچه‌های سینه و ران پرندگان نسبت به گروه شاهد کاهش یافت (۲۵). در تحقیق پارک و همکاران (۲۰۱۸)، اسپیرولینا در سطوح ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، و یک گرم در کیلوگرم خوراک مصرفی، افزایش خطی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سرم جوجه‌های گوشتی (SOD و گلوتاتیون پراکسیداز) را نشان داد (۳۲).

مطالعات نشان دادند که مکمل‌های غذایی پلی ساکاریدهای جلبک دریایی استخراج‌شده از جلبک دریایی (*E. prolifera*) باعث بهبود وزن بورس، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی روده و کبد (سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون، کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز) و کاهش محتوای مالون دی آلدئید در جوجه‌های گوشتی شد (۱۶, ۲۳). در مرغ‌های تخم‌گذار مسن، پلی‌ساکاریدهای جلبک دریایی عملکرد تولیدی، کیفیت تخم‌مرغ و وضعیت آنتی‌اکسیدانی را با افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز تام سرم، کاتالاز کبد و ژژنوم و کاهش غلظت MDA بهبود بخشید (۱۷).

چندین عامل تنش‌زای زیستی و غیرزنده (مانند باکتری‌ها، آلاینده‌های محیطی، تشعشعات، مواد شیمیایی، داروها، خوراک، بیماری‌ها و دما) ممکن است بر غلظت و همچنین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی متعدد مانند GSH، SOD، GPX، CAT، و MDA تأثیر بگذارند (۳۳). تنش گرمایی مزمن با افزایش سطوح MDA و کاهش غلظت GSH، فعالیت SOD و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، تعادل اکسایش-کاهش را مختل می‌کند (۲۹). بااین‌حال، اثرات نامطلوب ناشی از دمای بالای محیط ازجمله اختلال در سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و افزایش هورمون تنش را می‌توان در جوجه‌های گوشتی از طریق مکمل کردن جیره با اسپیرولینا پلاتنسیس کاهش داد (۲۷). در تحقیق حاضر شاید اگر این مکمل تحت شرایط تنش‌زا در پرندگان استفاده می‌شد، می‌توانست اثر خود را بر غلظت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نشان دهد. نتایج تحقیقی نشان می‌دهد که افزودن عصاره جلبک دریایی *Ascophyllum nodosum* به خوراک جوجه‌های گوشتی می‌تواند تنش آن‌ها را طی یک تنش گرمایی طولانی‌مدت کاهش دهد، اگرچه در شرایط بدون تنش، تأثیری بر رشد یا ضریب تبدیل خوراک نداشته است (۹). مشخص شده است که مکمل غذایی با پودر اسپیرولینا پلاتنسیس باعث بهبود رشد، وضعیت آنتی‌اکسیدانی و ایمنی جوجه‌های گوشتی در معرض تنش بالای دمایی می‌شود (۱, ۱۴). همچنین جوجه‌های گوشتی به چالش کشیده شده با اشریشیاکلی در مقایسه با پرندگان غیرچالش‌شده عملکرد پایین‌تر، فعالیت آنتی‌اکسیدانی ضعیف‌تر، سرکوب سیستم ایمنی و تعداد بیشتری از باکتری‌های بیماری‌زا در روده داشتند. گنجاندن اسپیرولینا پلاتنسیس در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، پاسخ ایمنی و

باکتری‌های مفید روده را افزایش داد (۶).
نکته مهمی که باید در هنگام گنجاندن جلبک دریایی در خوراک دام و طیور موردتوجه قرار گیرد، ترکیب متغیر آن‌ها است که به گونه، زیستگاه، مکان، زمان برداشت، شرایط رشد مانند غلظت مواد مغذی در آب، شدت نور، دما و غیره بستگی دارد (۲۶). همچنین ترکیبات میکروجلبک ممکن است سلامت طیور را بهبود بخشد، اما عملکرد این مواد ممکن است تحت تاثیر ترکیب جیره پایه، متفاوت باشد (۱۵). دلیل مغایرت مشاهدات فوق با نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه احتمالاً نوع جلبک مورد استفاده و درنتیجه اجزای مختلف آن و همچنین نژاد و سویه پرندگان مورد استفاده است. ثابت شده است که پاسخ به فرآنجه‌های عملکرد رشد در جوجه‌ها به‌شدت به نوع ریزجلبک‌ها و سطح ریزجلبک‌ها در جیره غذایی بستگی دارد (۷).

نتیجه‌گیری

درنتیجه، در شرایط طبیعی پرورش بلدرچین ژاپنی، رنگ‌دانه آلگاسان در سطح ۰/۳ درصد جیره بلدرچین، موجب بهبود برخی فراسنجه‌های خونی (افزایش سطح گلوکز و HDL و کاهش سطح کلسترول) می‌شود. بااین‌حال، وضعیت آنتی‌اکسیدانی پلاسما تحت تأثیر مکمل غذایی آلگاسان قرار نمی‌گیرد. ممکن است استفاده از رنگدانه آلگاسان در شرایط تنش به پرنده بتواند اثر سودمند خود را بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی و سلامت آن‌ها نشان دهد.

منابع مورد استفاده

1- Abdel-Moneim, A.-M. E., A. M. Shehata, N. G. Mohamed, A. M. Elbaz and N. S. Ibrahim. 2021. Synergistic effect of Spirulina platensis and selenium nanoparticles on growth performance, serum metabolites, immune responses, and antioxidant capacity of heat-stressed broiler chickens. Biological trace element research: 1-12.

2- Abouelezz, F. 2017. Evaluation of spirulina algae (Spirulina platensis) as a feed supplement for japanese quail: nutiritional effects on growth performance, egg production, egg quality, blood metabolites, sperm-egg penetration and fertility. Egyptian Poultry Science Journal 37: 707-719.

3- Abu Hafsa, S., H. Zeweil, S. Zahran, M. Ahmed, W. Dosoky and N. Rwif. 2019. Effect of dietary supplementation with green and brown seaweeds on laying performance, egg quality, blood lipid profile and antioxidant capacity in Japanese quail. Poult Sci 39: 41-59.

4- Abudabos, A. M., A. B. Okab, R. S. Aljumaah, E. M. Samara, K. A. Abdoun and A. A. Al-Haidary. 2013. Nutritional value of green seaweed (Ulva lactuca) for broiler chickens. Italian Journal of Animal Science 12: e28.

5- Akinyemi, F. and D. Adewole. 2022. Effects of brown seaweed products on growth performance, plasma biochemistry, immune response, and antioxidant capacity of broiler chickens challenged with heat stress. Poultry science 101: 102215.

6- Alaqil, A. A. and A. O. Abbas. 2023. The Effects of Dietary Spirulina platensisis on Physiological Responses of Broiler Chickens Exposed to Endotoxin Stress. Animals 13: 363.

7- Alfaia, C., J. Pestana, M. Rodrigues, D. Coelho, M. Aires, D. Ribeiro, V. Major, C. Martins, H. Santos and P. Lopes. 2021. Influence of dietary Chlorella vulgaris and carbohydrate-active enzymes on growth performance, meat quality and lipid composition of broiler chickens. Poultry science 100: 926-937.

8- Alwaleed, E. A., M. El-Sheekh, M. M. Abdel-Daim and H. Saber. 2021. Effects of Spirulina platensis and Amphora coffeaeformis as dietary supplements on blood biochemical parameters, intestinal microbial population, and productive performance in broiler chickens. Environmental Science and Pollution Research 28: 1801-1811.

9- Archer, G. S. 2023. Evaluation of an Extract Derived from the Seaweed Ascophyllum nodosum to Reduce the Negative Effects of Heat Stress on Broiler Growth and Stress Parameters. Animals 13: 259.

10- Borzouie, S., B. M. Rathgeber, C. M. Stupart, J. MacIsaac and L. A. MacLaren. 2020. Effects of dietary inclusion of seaweed, heat stress and genetic strain on performance, plasma biochemical and hematological parameters in laying hens. Animals 10: 1570.

11- Chaudhary, A., P. Mishra, S. Al Amaz, P. L. Mahato, R. Das, R. Jha and B. Mishra. 2023. Dietary supplementation of microalgae mitigates the negative effects of heat stress in broilers. Poultry science 102: 102958.

12- Choi, Y., E. C. Lee, Y. Na and S. R. Lee. 2018. Effects of dietary supplementation with fermented and non-fermented brown algae by-products on laying performance, egg quality, and blood profile in laying hens. Asian-Australasian journal of animal sciences 31: 1654.

13- El-Shall, N. A., S. Jiang, M. R. Farag, M. Azzam, A. A. Al-Abdullatif, R. Alhotan, K. Dhama, F.-u. Hassan and M. Alagawany. 2023. Potential of Spirulina platensis as a feed supplement for poultry to enhance growth performance and immune modulation. Frontiers in Immunology 14: 1072787.

14- Elbaz, A. M., A. M. Ahmed, A. Abdel-Maqsoud, A. M. Badran and A.-M. E. Abdel-Moneim. 2022. Potential ameliorative role of Spirulina platensis in powdered or extract forms against cyclic heat stress in broiler chickens. Environmental Science and Pollution Research 29: 45578-45588.

15- Fries-Craft, K., R. Arsenault and E. Bobeck. 2023. Basal diet composition contributes to differential performance, intestinal health, and immunological responses to a microalgae-based feed

ingredient in broiler chickens. Poultry science 102: 102235.
16- Guo, Y., B. Balasubramanian, Z.-H. Zhao and W.-C. Liu. 2021. Marine algal polysaccharides alleviate aflatoxin B1-induced bursa of Fabricius injury by regulating redox and apoptotic signaling pathway in broilers. Poultry science 100: 844-857.
17- Guo, Y., Z.-H. Zhao, Z.-Y. Pan, L.-L. An, B. Balasubramanian and W.-C. Liu. 2020. New insights into the role of dietary marine-derived polysaccharides on productive performance, egg quality, antioxidant capacity, and jejunal morphology in late-phase laying hens. Poultry science 99: 2100-2107.
18- Jaensch, S. M., L. Cullen and S. R. Raidal. 2000. Assessment of liver function in galahs (Eolophus roseicapillus) after partial hepatectomy: a comparison of plasma enzyme concentrations, serum bile acid levels, and galactose clearance tests. Journal of Avian Medicine and Surgery 14: 164-171.
19- Khan, S., M. Mobashar, F. K. Mahsood, S. Javaid, A. Abdel-Wareth, H. Ammanullah and A. Mahmood. 2020. Spirulina inclusion levels in a broiler ration: evaluation of growth performance, gut integrity, and immunity. Tropical Animal Health and Production 52: 3233-3240.
20- Kraan, S. Section. 2012. Algal polysaccharides, novel applications and outlook. Carbohydrates-comprehensive studies on glycobiology and glycotechnology. IntechOpen;
21- Kulshreshtha, G., B. Rathgeber, G. Stratton, N. Thomas, F. Evans, A. Critchley, J. Hafting and B. Prithiviraj. 2014. Feed supplementation with red seaweeds, Chondrus crispus and Sarcodiotheca gaudichaudii, affects performance, egg quality, and gut microbiota of layer hens. Poultry science 93: 2991-3001.
22- Li, Y., X. Fu, D. Duan, X. Liu, J. Xu and X. Gao. 2017. Extraction and identification of phlorotannins from the brown alga, Sargassum fusiforme (Harvey) Setchell. Marine drugs 15: 49.
23- Liu, W.-C., Y. Guo, Z.-H. Zhao, R. Jha and B. Balasubramanian. 2020. Algae-derived polysaccharides promote growth performance by improving antioxidant capacity and intestinal barrier function in broiler chickens. Frontiers in Veterinary Science 7: 601336.
24- Liu, Z. and X. Sun. 2020. A critical review of the abilities, determinants, and possible molecular mechanisms of seaweed polysaccharides antioxidants. International Journal of Molecular Sciences 21: 7774.
25- Long, S., S. Kang, Q. Wang, Y. Xu, L. Pan, J. Hu, M. Li and X. Piao. 2018. Dietary supplementation with DHA-rich microalgae improves performance, serum composition, carcass trait, antioxidant status, and fatty acid profile of broilers. Poultry science 97: 1881-1890.
26- Michalak, I., R. Tiwari, M. Dhawan, M. Alagawany, M. R. Farag, K. Sharun, T. B. Emran and K. Dhama. 2022. Antioxidant effects of seaweeds and their active compounds on animal health and production–a review. Veterinary Quarterly 42: 48-67.
27- Mirzaie, S., F. Zirak-Khattab, S. A. Hosseini and H. Donyaei-Darian. 2018. Effects of dietary Spirulina on antioxidant status, lipid profile, immune response and performance characteristics of broiler chickens reared under high ambient temperature. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 31: 556.
28- Mishra, P., R. Das, A. Chaudhary, B. Mishra and R. Jha. 2023. Effects of microalgae, with or without xylanase supplementation, on growth performance, organs development, and gut health parameters of broiler chickens. Poultry science: 103056.
29- Moustafa, E. S., W. F. Alsanie, A. Gaber, N. N. Kamel, A. A. Alaqil and A. O. Abbas. 2021. Blue-Green Algae (Spirulina platensis) Alleviates the Negative Impact of Heat Stress on Broiler Production Performance and Redox Status. Animals 11: 1243.
30- Nunes, J. C., M. G. Lago, V. N. Castelo-Branco, F. R. Oliveira, A. G. Torres, D. Perrone and M. Monteiro. 2016. Effect of drying method on volatile compounds, phenolic profile and antioxidant capacity of guava powders. Food Chemistry 197: 881-890.
31- Ottolenghi, S., F. M. Rubino, G. Sabbatini, S. Coppola, A. Veronese, D. Chiumello and R. Paroni. 2019. Oxidative stress markers to investigate the effects of hyperoxia in anesthesia. International Journal of Molecular Sciences 20: 5492.
32- Park, J., S. Lee and I. Kim. 2018. Effect of dietary Spirulina (Arthrospira) platensis on the growth performance, antioxidant enzyme activity, nutrient digestibility, cecal microflora, excreta noxious gas emission, and breast meat quality of broiler chickens. Poultry science 97: 2451-2459.
33- Rahman, K. 2007. Studies on free radicals, antioxidants, and co-factors. Clinical interventions in aging 2: 219-236.
34- Sahin, N., K. Sahin, M. Onderci, M. Gursu, G. Cikim, J. Vijaya and O. Kucuk. 2005. Chromium picolinate, rather than biotin, alleviates performance and metabolic parameters in heat-stressed quail. British poultry science 46: 457-463.
35- Shihab, I. M., H. N. Ezzat and M. A. Hussein. 2019. Effect of using ionized water on some productive and physiological performance of Japanese quails. Poultry science 98: 5146-5151.
36- Sun, H., Y. Wang, Y. He, B. Liu, H. Mou, F. Chen and S. Yang. 2023. Microalgae-derived pigments for the food industry. Marine Drugs 21: 82.
37- Surai, P. F. 2020. Antioxidants in poultry nutrition and reproduction: an update. MDPI. p. 105.
38- Suresh, D. and K. Srinivasan. 2007. Studies on the in vitro absorption of spice principles–curcumin, capsaicin and piperine in rat

intestines. Food and chemical toxicology 45: 1437-1442.
39- Weber, G., V. Machander, J. Schierle, R. Aureli, F. Roos and A. Pérez-Vendrell. 2013. Tolerance of poultry against an overdose of canthaxanthin as measured by performance, different blood variables and post-mortem evaluation. Animal Feed Science and Technology 186: 91-100.
40- Wen, Z., W. Liu, X. Li, W. Chen, Z. Liu, J. Wen and Z. Liu. 2019. A protective role of the NRF2-Keap1 pathway in maintaining intestinal barrier function. Oxidative medicine and cellular longevity 2019.
41- Wolters, Hermann and Hahn. 2004. Effects of 6-month multivitamin supplementation on serum concentrations of alpha-tocopherol, beta-carotene, and vitamin C in healthy elderly women. International journal for vitamin and nutrition research 74: 161-168.
42- Yang, R.-l., W. Li, Y.-H. Shi and G.-W. Le. 2008. Lipoic acid prevents high-fat diet–induced dyslipidemia and oxidative stress: A microarray analysis. Nutrition 24: 582-588.
43- Yin, J., W. Ren, G. Liu, J. Duan, G. Yang, L. Wu, T. Li and Y. Yin. 2013. Birth oxidative stress and the development of an antioxidant system in newborn piglets. Free radical research 47: 1027-1035.
44- Ziar-Larimi, A., M. Rezaei, Y. Chashnidel, B. Zarei-Darki and A. Farhadi. 2018. Effect of different levels of chlorella vulgaris microalgae extract on performance in heat-stressed broilers. Research On Animal Production (Scientific and Research) 8: 20-29.