14(4) 125-134, Winter 2023

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

Original Research Paper

The effect of vitamin C and formic acid on performance, carcass characteristics, immunity, and blood biochemical and hematological parameters of broilers under heat stress

Faramin Javandel Soume Sarai [1], Mir Daryoush Shakouri [1*], Alireza Seidavi [2]

[1] *Department of Animal Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran*
[2] *Department of Animal Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran*

Key Words
Blood
Broiler chicken
Formic acid
Heat stress
Immunity
Vitamin C

Abstract

Introduction: The aim of this study was to compare the effects of dietary supplementation of vitamin C and formic acid on performance, carcass traits, immune organs, blood hematological and biological parameters of broiler chickens during heat stress.

Material & Method: The experiment was conducted using a total of 120 day-old broiler chicks (Ross 308) by employing a completely randomized design with 3 treatments, 4 replicates and 10 birds in each replicate. Heat stress performed by setting room temperature on 34 ˚C for 8 hours per day from 29 to 42 days of age. The experimental treatments included: 1- basal diet (control), 2- basal diet + vitamin C (240 mg per kg of diet) and 3- basal diet + formic acid (0.5% of diet) in finisher diet. At the end of the trial, two birds from each replicate were slaughtered to measure the carcass traits. Blood samples were also taken from the wing vein of the chickens on day 42 to measure the biological and hematological parameters.

Results: Dietary supplementation of vitamin C and formic acid significantly improved daily body weight gain, daily feed intake and feed conversion ratio of the chickens ($P<0.05$). The supplemental vitamin C resulted in lower abdominal fat ($P<0.05$). Relative weights of spleen and bursa of Fabricius were significantly increased by dietary vitamin C ($P<0.05$). Dietary treatments increased total protein and declined total cholesterol and LDL-C levels, and vitamin C decreased glucose and increased HDL-C, T3 and T4 concentration of the blood ($P<0.05$). Vitamin C and formic acid significantly increased red blood cells (RBCs) and mean corpuscular haemoglobin concentration (MCHC) and decreased mean corpuscular volume (MCV) and heterophil to lymphocyte ratio ($P<0.05$).

Conclusion: Dietary vitamin C and, to some extent, formic acid could eliminate the adverse effects of heat stress on broilers by having a positive effect on blood parameters and subsequently improved growth performance.

* Corresponding Author's email: mdshakouri@uma.ac.ir
Received: 13 November 2021; Reviewed: 16 December 2021; Revised: 17 February 2022; Accepted: 20 March 2022
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.321034.2722

مقاله پژوهشی

اثر ویتامین C و اسیدفرمیک بر عملکرد، صفات لاشه، ایمنی و فراسنجه‌های بیوشیمیایی و هماتولوژی خون جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی

فرامین جواندل‌صومعه‌سرایی[۱]، میرداریوش شکوری[۱*]، علی‌رضا صیداوی[۲]

[۱] گروه علوم دامی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

[۲] گروه علوم دامی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

کلمات کلیدی

اسید فرمیک
ایمنی
تنش گرمایی
جوجه گوشتی
خون
ویتامین C

چکیده

مقدمه: این تحقیق به‌منظور مقایسه اثرات ویتامین C و اسیدفرمیک در جیره غذایی بر عملکرد، صفات لاشه، اندام‌های ایمنی و فراسنجه‌های بیوشیمیایی و هماتولوژی خون جوجه‌های گوشتی در طول تنش گرمایی صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها: آزمایش با استفاده از ۱۲۰ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تیمار، ٤ تکرار و ۱۰ قطعه جوجه در هر تکرار انجام شد. تنش گرمایی با اعمال °C ۳٤ به‌مدت ۸ ساعت در روز، از سن ۲۹ تا ٤۲ روزگی صورت گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱- جیره پایه (شاهد)، ۲- جیره پایه+ویتامین C (۲٤۰ میلی‌گرم درهر کیلوگرم‌جیره غذایی) و ۳- جیره پایه+اسیدفرمیک (۰/۵٪ جیره‌غذایی) در جیره پایانی‌بودند. درپایان دوره آزمایشی، دوقطعه پرنده ازهر تکرار کشتار و برای اندازه‌گیری صفات لاشه مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه‌گیری فراسنجه‌های بیوشیمیایی و هماتولوژی خون جوجه‌ها نیز در روز ٤۲ از ورید بال آن‌ها نمونه‌های خونی تهیه شد.

نتایج: استفاده از ویتامین C و اسیدفرمیک در جیره سبب بهبود معنی‌دار میانگین افزایش وزن و مصرف خوراک روزانه و ضریب تبدیل خوراک شد (P<۰/۰۵). مکمل‌ویتامین‌C باعث کاهش معنی‌دار درصدچربی محوطه‌شکمی شد (P<۰/۰۵). وزن‌نسبی بورس فابریسیوس و طحال به‌طور معنی‌داری در اثر ویتامین C افزایش یافت (P<۰/۰۵). تیمارهای آزمایشی موجب افزایش سطح پروتئین خام و کاهش کلسترول کل وکلسترول LDL و ویتامین C سبب کاهش غلظت گلوکز و افزایش کلسترول HDL و هورمون‌های تری‌یدوتیرونین و تیروکسین خون شد (P<۰/۰۵). هر دو مکمل ویتامین C و اسیدفرمیک، باعث افزایش معنی‌دار مقادیر گلبول‌های قرمز خون و میانگین غلظت هموگلوبین گلبول‌های قرمز و کاهش میانگین حجم گلبول‌های قرمز و نسبت هتروفیل به لنفوسیت شد (P<۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری: استفاده از ویتامین C و تا حدودی اسیدفرمیک در جیره توانست با تاثیر مثبت بر برخی از متابولیت‌های خونی باعث رفع اثرات سوء تنش گرمایی شده و به بهبود صفات عملکرد رشد جوجه‌ها منجر شود.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mdshakouri@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۲۲ آبان ۱٤۰۰؛ تاریخ داوری: ۲۵ آذر ۱٤۰۰؛ تاریخ اصلاح: ۲۸ بهمن ۱٤۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۲۹ اسفند ۱٤۰۰
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.321034.2722

مقدمه

یکی از چالش‌های اصلی در تولید تجاری جوجه‌های گوشتی، تنش گرمایی و پیامدهای اقتصادی آن است؛ زیرا، منجر به کاهش سرعت رشد و مصرف خوراک، و افزایش تلفات می‌شود (۱). تنش گرمایی، با فعال کردن محور هیپوتالاموس- هیپوفیز- فوق‌کلیه، سبب افزایش سطح کورتیکواسترون پلاسما (۲) به کاهش مصرف خوراک، وزن بدن و وزن نسبی اندام‌های ایمنی منجر می‌شود (۳). از آن‌جایی‌که درنظر گرفتن سیستم‌های خنک‌کننده هزینه‌بر است لذا، روش‌های کاهش اثرات نامطلوب تنش گرمایی، عمدتاً بر پایه استراتژی‌های تغذیه‌ای متمرکز است. افزودن مکمل ویتامینی و اسیدی‌کننده‌ها به جیره غذایی جوجه‌های گوشتی می‌تواند استراتژی تغذیه‌ای دیگری در جلوگیری از اثرات مخرب تنش گرمایی باشد (۴). ویتامین C یا اسید L- آسکوربیک یک ویتامین غیرضروری در جیره غذایی طیور است؛ زیرا، پرندگان دارای آنزیم گلوکونولاکتون اکسیداز برای بیوسنتز آن از گلوکز در کلیه‌های خود هستند (۴). با این وجود، توانایی پرندگان در سنتز اسیدآسکوربیک در شرایط تنش‌زا مانند؛ دما و رطوبت نسبی بالا و پایین محیط، تولید بالا و آلودگی‌های انگلی، ناکافی است (۵). در نتیجه نیاز به مکمل ویتامین C در جیره غذایی یا آب آشامیدنی افزایش می‌یابد (۶). ویتامین C نقش مهمی در کنترل افزایش غلظت کورتیکواسترون پلاسما دارد؛ زیرا باعث مهار آنزیم‌های اصلی در مسیر بیوسنتز کورتیکوسترون (۲۱- هیدروکسیلاز و ۱۱-β هیدروکسیلاز) می‌شود (۷) و از این‌رو می‌تواند اثرات مضر تنش گرمایی را کاهش دهد. در شرایط تنش گرمایی، اسیدهای آلی با تغییر تعادل اسید- باز سبب بهبود عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی می‌شوند (۸). اسید متانوئیک، معروف به اسیدفرمیک ساده‌ترین عضو گروه اسیدهای کربوکسیلیک، با بیش‌ترین میزان اسیدیته است (۹). یکی از اصلی‌ترین کاربردهای اسیدفرمیک به‌عنوان آنتی باکتریال، کاهش عوامل بیماری‌زا در خوراک (۱۰) و استقرار بعدی آن‌ها در دستگاه گوارش پرندگان است (۱۱). استفاده از مکمل اسیدفرمیک در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی، اثرات مثبتی بر قابلیت هضم مواد مغذی (۹)، افزایش وزن بدن و بازدهی مصرف خوراک (۱۲). با توجه به محدود بودن اطلاعات موجود در مورد تاثیر اسیدی‌کننده‌ها بر تنش گرمایی جوجه‌های گوشتی، در این آزمایش کوشش می‌شود تا اثرات مقایسه‌ای اسید فرمیک و ویتامین C جیره بر عملکرد رشد، صفات لاشه، اندام‌های ایمنی و فراسنجه‌های بیوشیمیایی و هماتولوژی خون این پرندگان طی دوره تنش گرمایی مورد مطالعه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با استفاده از ۱۲۰ قطعه جوجه نر یک‌روزه گوشتی سویه راس ۳۰۸ انجام شد. جوجه‌ها تا سن ۲۸ روزگی تحت شرایط یکسان پرورش یافتند. سپس، از سن ۲۹ روزگی با وزن گروهی مشابه در قالب طرح کاملاً تصادفی به ۳ گروه آزمایشی با ۴ تکرار و ۱۰ قطعه پرنده در هر تکرار تقسیم شدند. اعمال تیمارهای آزمایشی به مدت دو هفته و تا سن ۴۲ روزگی صورت گرفت. جیره‌های آزمایشی شامل: ۱) جیره غذایی پایه (شاهد)، ۲) جیره پایه + ویتامین C (۲۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و ۳) جیره پایه + اسید فرمیک (۰/۵ درصد) بودند. وزن بدن جوجه‌ها در شروع آزمایش (۲۹ روزگی) فاقد اختلاف معنی‌دار بود (P>۰/۰۵). جیره غذایی پایه، براساس احتیاجات جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ در سه مرحله آغازین (۱۴-۱روز)، رشد (۲۸-۱۵روز) و پایانی (۴۲-۲۹روز) با نرم‌افزار جیره نویسی UFFDA تنظیم شدند (جدول ۱). در چهار هفته اول پرورش، جوجه‌ها تحت دمای معمولی (با کاهش دما از ۳۲ به ۲۶ درجه سانتی‌گراد) پرورش یافتند. برای ایجاد تنش حرارتی، از ابتدای هفته پنجم تا آخر دوره، جوجه‌ها روزانه توسط یک هیتر موشکی به مدت ۸ ساعت (از ساعت ۹ تا ۱۷) در معرض دمای ۳۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در طول دوره آزمایش، جوجه‌ها به آب و خوراک دسترسی آزاد داشته و نوردهی سالن هم ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی بود. مقدار خوراک مصرفی و افزایش وزن جوجه‌ها و ضریب تبدیل خوراک به‌صورت دوره‌ای اندازه‌گیری شد. در پایان دوره، از هر واحد آزمایشی، دو قطعه پرنده که از نظر وزنی، نزدیک به میانگین آن واحد بودند، پس از اعمال ۴ ساعت گرسنگی، کشتار و بعد از پرکنی، تفکیک لاشه به‌منظور توزین قسمت‌های مختلف انجام شد. این قسمت‌ها شامل: لاشه خالی، سینه، ران، بال، گردن و اندام‌های داخلی (سنگدان، کبد، قلب، کلیه، پانکراس و چربی محوطه بطنی) و اندام‌های لمفوئیدی (بورس فابریسیوس، تیموس و طحال) بود. برای اندازه‌گیری فراسنجه‌های بیوشیمیایی و هماتولوژی خون، در روز ۴۲ آزمایش، عمل خون‌گیری از ورید بال انجام گرفت. نمونه خون‌ها در دو لوله آزمایشی ریخته شد. یک لوله که حاوی ماده ضدانعقاد EDTA بود، جهت بررسی میزان هموگلوبین (Haemoglobin: Hb)، تعداد گلبول‌های قرمز (RBC: Red blood cell) و سفید (WBC: White blood cells) و هماتوکریت (PCV: Packed cell volume) مورد استفاده قرار گرفت. شمارش گلبول‌های قرمز و گلبول‌های سفید خون با استفاده از محلول نات، هریک با روش هموسیتومتر انجام شد. مقادیر هموگلوبین و هماتوکریت به‌ترتیب با استفاده از روش‌های سیان مت‌هموگلوبین و میکروهماتوکریت اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱: مواد تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی (درصد)

اقلام خوراکی	آغازین	رشد	پایانی
ذرت	۵۴/۳۲	۶۰	۶۴
کنجاله سویا	۳۹/۴۳	۳۱/۷۱	۲۷
روغن ذرت	۲/۱۶	۴/۵	۵
پودر صدف	۰/۹۰	۰/۹۷	۱
دی‌کلسیم فسفات	۲/۰۵	۱/۶۸	۱/۸۵
نمک	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۵
مکمل ویتامینی ۱	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مکمل مواد معدنی ۲	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
دی- ال - متیونین	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۱۸
ال - لیزین هیدرو کلراید	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۱۲
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
ترکیب مواد شیمیایی			
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم)	۲۹۰۰	۳۲۰۰	۳۲۲۰
پروتئین خام	۲۲/۱۶	۲۱/۳۰	۱۹/۵
کلسیم	۱	۰/۸۵	۱/۰۳
فسفر قابل دسترس	۰/۵۰	۰/۴۲	۰/۵۸
لایزین	۱/۱۵	۰/۹۶	۱/۱۲
متیونین	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۴۹
متیونین+ سیستئین	۰/۸۳	۰/۷۸	۰/۷۳
ترئونین	۰/۷۹	۰/۷۱	۰/۶۵

۱- مکمل ویتامینی (به‌ازای هر کیلوگرم جیره) حاوی ۳۶۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۸۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D3، ۷۲۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۷۱۰ میلی‌گرم ویتامین B1، ۲۶۴۰ میلی‌گرم ویتامین B2، ۱۱۷۶ میلی‌گرم ویتامین B6، ۴۰۰ میلی‌گرم ویتامین B9، ۶ میلی‌گرم ویتامین B12، ۸۰۰ میلی‌گرم ویتامین K3، ۳۹۲۰ میلی‌گرم اسیدپانتوتنیک، ۱۲۰۰۰ میلی‌گرم نیاسین، ۴۰ میلی‌گرم بیوتین و ۲۰۰۰۰۰ میلی‌گرم کولین کلراید بود. ۲- مکمل معدنی (به‌ازای هر کیلوگرم جیره) حاوی ۴۰۰۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۳۳۹۰۰ میلی‌گرم روی، ۴۰۰۰ میلی‌گرم مس، ۴۰۰ میلی‌گرم ید و ۸۰ میلی‌گرم سلنیوم بود.

مقادیر هموگلوبین و هماتوکریت به‌ترتیب با استفاده از روش‌های سیان‌مت‌هموگلوبین و میکروهماتوکریت اندازه‌گیری شدند. مقادیر میانگین حجم گلبول‌های قرمز (MCV: Mean corpuscular volume)، میانگین هموگلوبین در سلول (MCH: Mean corpuscular haemoglobin) و میانگین غلظت هموگلوبین در سلول (MCHC: Mean corpuscular haemoglobin concentration)، با استفاده از روش‌های متداول ذیل برآورد شدند:

$$MCV\ (fL) = PCV \times 1000 / RBC$$

$$MCH\ (pg) = Hb \times 10 / RBC$$

$$MCHC\ (mmol/l\ \text{یا}\ \%) = Hb / PCV$$

هم‌چنین، از لوله دیگر برای اخذ سرم، به‌منظور اندازه‌گیری فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون (پروتئین کل، آلبومین، گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسیرید، کلسترول HDL، کلسترول LDL و اسید اوریک) استفاده شد. آنالیز فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون با استفاده از کیت‌های تجاری راندوکس-رانسود و به‌کمک دستگاه اسپکتروفتومتر اتوآنالایزر، به‌روش آنزیمی صورت گرفت. هورمون‌های تری‌یدوتیرونین (T۳) و تیروکسین (T۴)، با استفاده از کیت‌های الایزا و طبق دستورالعمل‌های پیشنهادی و به‌کمک دستگاه الایزا ریدر اندازه‌گیری شد. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرارگرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن در سطح معنی‌دار ۰/۰۵ استفاده شد. مدل ریاضی این طرح به‌صورت زیر است:

$$Yij = \mu + Ti + Eij$$

که در آن Yij مقدار هر مشاهده، μ میانگین کل، Ti اثر iامین تیمار آزمایشی و Eij خطای آزمایش می‌باشد.

نتایج

بررسی اثر مکمل‌های ویتامین C و اسیدفرمیک بر عملکرد تولیدی، در دوره تنش گرمایی (۲۹ تا ۴۲ روزگی) در جدول ۲ نشان‌داده شده است. در دوره تنش گرمایی، مکمل ویتامین C به‌طور معنی‌داری بیش‌ترین (۸۱/۱۹ گرم) و گروه شاهد کم‌ترین (۷۰/۶۴ گرم) میانگین افزایش وزن روزانه و میانگین مصرف خوراک روزانه را نشان داد، و اسیدفرمیک با اختلاف معنی‌داری، بین این دو دسته قرار گرفت (P<۰/۰۵). هم‌چنین، مکمل ویتامین C و اسیدفرمیک بدون اختلاف معنی‌داری پایین‌ترین و گروه شاهد بالاترین ضریب تبدیل خوراک را نشان دادند (P<۰/۰۵). نتایج مربوط به تاثیر تیمارها بر خصوصیات لاشه در سن ۴۲ روزگی، در جدول ۳ نشان داده شده است. مطابق این جدول، به استثنای چربی محوطه شکمی که تحت تاثیر مکمل ویتامین C کاهش یافت (P<۰/۰۵)، سایر صفات لاشه، تحت تاثیر گروه‌های آزمایشی قرار نگرفت. اثر ویتامین C و اسید فرمیک بر وزن نسبی اندام‌های ایمنی، در جدول ۴ آمده است. وزن نسبی بورس فابریسیوس و طحال تحت تاثیر ویتامین C، به‌طور معنی‌داری در مقایسه با سایر تیمارها افزایش یافت (P<۰/۰۵). در حالی‌که وزن نسبی تیموس تحت تأثیر گروه‌های آزمایشی قرار نگرفت. جدول ۵، نتایج مربوط به تاثیر تیمارها بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون را نشان می‌دهد. ویتامین C و اسیدفرمیک در مقایسه با گروه شاهد، سبب افزایش معنی‌دار غلظت پروتئین کل سرم شدند (P<۰/۰۵). غلظت آلبومین، تحت تأثیر گروه‌های آزمایشی قرار نگرفت. گروه مصرف‌کننده ویتامین C در مقایسه با گروه‌های دریافت‌کننده اسید

فرمیک و شاهد دارای غلظت گلوکز سرمی کم‌تری بود (P<۰/۰۵). اسیدفرمیک به‌طور معنی‌داری به کم‌ترین (۱۳۷/۳۳ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) و گروه شاهد به بیش‌ترین غلظت کلسترول کل سرم (۱۶۳/۶۷ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) منجر شد. اثر ویتامین C بر این فراسنجه با اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار دیگر بود (P<۰/۰۵). تیمارهای آزمایشی تاثیر معنی داری بر غلظت تری‌گلیسیرید سرم نداشتند. گروه‌های مصرف‌کننده ویتامین C و اسیدفرمیک پایین‌ترین و گروه شاهد بالاترین غلظت کلسترول LDL را نشان دادند (P<۰/۰۵). بالاترین غلظت کلسترول HDL در گروه مصرف‌کننده ویتامین C مشاهده شد (P<۰/۰۵). اثر تیمارهای آزمایشی بر غلظت اسیداوریک سرم خون معنی‌دار نبود. نتایج مربوط به تاثیر تیمارهای آزمایشی بر فراسنجه‌های هماتولوژی خون در جدول ۶ نشان داده شده است. ویتامین C سبب افزایش معنی‌دار شمار گلبول‌های قرمز در مقایسه با اسیدفرمیک و شاهد شد (P<۰/۰۵). تیمارهای آزمایشی تاثیر معنی‌داری بر غلظت هموگلوبین، درصد هماتوکریت و میانگین هموگلوبین در سلول (MCH) نداشتند. ویتامین C به‌طور معنی‌داری کم‌ترین و تیمار شاهد بیش‌ترین میانگین حجم گلبول‌های قرمز (MCV) را نشان دادند و اثر اسیدفرمیک با اختلاف معنی داری، بین این دو تیمار قرار گرفت (P<۰/۰۵). هم‌چنین، ویتامین C و اسیدفرمیک بدون اختلاف معنی‌داری با هم بالاترین و تیمار شاهد پایین‌ترین میانگین غلظت هموگلوبین گلبول‌های قرمز خون (MCHC) را نشان دادند (P<۰/۰۵). جیره‌های آزمایشی، تاثیر معنی‌داری بر شمار لنفوسیت‌ها نداشتند. ویتامین C سبب کاهش معنی‌دار شمار هتروفیل‌ها در مقایسه با سایر گروه‌های آزمایشی شد (P<۰/۰۵). از طرفی، ویتامین C به‌طور معنی‌داری پایین‌ترین (۰/۴۱) و تیمار شاهد بالاترین (۰/۵۹) نسبت هتروفیل به لنفوسیت را نشان دادند و تاثیر اسیدفرمیک بر این نسبت با اختلاف معنی‌داری، بین این دو تیمار بود (P<۰/۰۵). در مقایسه با سایر گروهای آزمایشی، ویتامین C به افزایش معنی‌دار سطح T۳ و T۴ سرم خون منجر شد (P<۰/۰۵).

جدول ۲: اثرات ویتامین C و اسیدفرمیک بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی در دوره تنش گرمایی

صفات مورد مطالعه	شاهد	ویتامین C	اسید فرمیک	SEM	p-value
دوره ۲۹ تا ۴۲ روزگی					
افزایش وزن روزانه (گرم در روز)	۷۰/۶۴ ^{c}	۸۱/۱۹ ^{a}	۷۵/۴۳ ^{b}	۱/۵۴۳	۰/۰۰۱
مصرف خوراک روزانه (گرم در روز)	۱۴۷/۷۸ ^{c}	۱۵۸/۸۱ ^{a}	۱۴۹/۴۳ ^{b}	۷/۰۴۵	۰/۰۰۰
ضریب تبدیل خوراک	۲/۰۹۲ ^{a}	۱/۹۵۶ ^{b}	۱/۹۸۱ ^{b}	۰/۰۹۶	۰/۰۰۱

SEM، خطای استاندارد میانگین‌ها، ^{a,b,c} تفاوت ارقام در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

جدول ۳: اثرات ویتامین C و اسید فرمیک بر صفات لاشه جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی (بر حسب درصد وزن زنده)

صفات مورد مطالعه	شاهد	ویتامین C	اسید فرمیک	SEM	p-value
لاشه	۷۰/۷۱	۷۱/۸۷	۷۱/۴۶	۰/۳۹۳	۰/۵۲۱
سینه	۲۵/۴۹	۲۶/۰۵	۲۵/۹۲	۰/۵۳۹	۰/۹۲۱
ران	۱۹/۲۹	۱۹/۸۲	۱۹/۶۲	۰/۵۱۱	۰/۹۲۶
بال	۷/۶۸	۷/۷۳	۷/۸۰	۰/۱۵۲	۰/۹۶۰
گردن	۴/۵۶	۴/۶۵	۴/۵۷	۰/۰۹۴	۰/۹۳۶
چربی محوطه شکمی	۱/۴۳ ^{a}	۱/۰۳ ^{b}	۱/۳۹ ^{a}	۰/۶۶۳	۰/۰۰۸
سنگدان	۱/۴۶	۱/۵۱	۱/۴۳	۰/۰۶۷	۰/۹۱۲
کبد	۱/۸۴	۲/۰۳	۲/۰۱	۰/۰۴۷	۰/۲۰۱
قلب	۰/۵۳	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۰۲۲	۰/۹۹۷
پانکراس	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۰۰۹	۰/۴۷۲

SEM، خطای استاندارد میانگین‌ها، ^{a,b,c} تفاوت ارقام در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

جدول ۴: اثرات ویتامین C و اسید فرمیک بر وزن نسبی اندام‌های ایمنی جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی (بر حسب درصد وزن زنده)

صفات مورد مطالعه	شاهد	ویتامین C	اسید فرمیک	SEM	p-value
بورس فابریسیوس	۰/۱۱ ^{b}	۰/۱۴ ^{a}	۰/۱۱ ^{b}	۰/۰۰۵	۰/۰۱۶
تیموس	۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۰۰۷	۰/۱۲۱
طحال	۰/۱۰ ^{b}	۰/۱۶ ^{a}	۰/۱۱ ^{b}	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰

SEM، خطای استاندارد میانگین‌ها، ^{a,b,c} تفاوت ارقام در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

جدول ۵: اثرات ویتامین C و اسیدفرمیک بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون جوجه‌های گوشتی (بر حسب میلی‌گرم در دسی‌لیتر)

صفات مورد مطالعه	شاهد	ویتامین C	اسید فرمیک	SEM	p-value
پروتئین کل	۲/۵۷ b	۳/۶۰ a	۳/۴۰ a	۰/۱۸۱	۰/۰۱۴
آلبومین	۱/۰۳	۱/۱۳	۱/۱۰	۰/۰۳۵	۰/۵۶۲
گلوکز	۲۳۸/۳۳ a	۲۱۱/۳۳ b	۲۳۵/۶۷ a	۴/۷۲۰	۰/۰۰۵
کلسترول کل	۱۶۳/۶۷ a	۱۴۹/۳۳ b	۱۳۷/۳۳ c	۴/۰۵۰	۰/۰۰۲
تری گلیسیرید	۵۱/۸۳	۳۶/۳۳	۳۸	۴/۱۶۰	۰/۲۷۶
کلسترول LDL	۷۰/۶۷ a	۴۶ b	۴۶/۶۶ b	۴/۵۶۰	۰/۰۰۳
کلسترول HDL	۸۱/۳۳ b	۹۶ a	۸۵ b	۲/۵۷۰	۰/۰۱۹
اسیداوریک	۵/۴۰	۴/۹۱	۵/۰۴	۰/۲۶۳	۰/۷۸۱

SEM، خطای استاندارد میانگین‌ها، a,b,c تفاوت ارقام در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

جدول ۶: اثرات ویتامین C و اسید فرمیک بر فراسنجه‌های هماتولوژی خون جوجه‌های گوشتی

صفات مورد مطالعه	شاهد	ویتامین C	اسید فرمیک	SEM	p-value
RBC (10^6 × در میکرولیتر)	۲/۲۶ b	۲/۷۲ a	۲/۵۴ ab	۰/۰۸۷	۰/۰۷۲
Hb (گرم در دسی‌لیتر)	۱۰/۲۳	۱۱/۷۷	۱۱/۷۰	۰/۳۴۱	۰/۰۹۸
Hct=PCV (٪)	۳۰/۵۰	۳۲/۱۳	۳۱/۸۳	۰/۶۷۰	۰/۶۳۶
MCV (فمتولیتر)	۱۳۴/۸۰ a	۱۱۷/۸۰ c	۱۲۵/۵۳ b	۲/۶۱۴	۰/۰۰۲
MCH (پیکوگرم)	۴۵/۱۷	۴۳/۱۷	۴۴/۰۳	۰/۶۹۹	۰/۵۶۹
MCHC (٪)	۳۳/۴۷ b	۳۶/۶۷ a	۳۶/۵۳ a	۰/۵۴۵	۰/۰۰۱
WBC (10^3× در میکرولیتر)	۲۲/۸۷	۲۳/۵۰	۲۳/۵۰	۰/۱۶۳	۰/۳۱۷
هتروفیل (٪)	۳۵/۶۷ a	۲۶/۶۷ b	۳۱/۶۷ a	۱/۴۸۱	۰/۰۱۲
لنفوسیت (٪)	۶۰/۳۳	۶۴	۶۵/۶۷	۱/۱۳۰	۰/۱۳۶
نسبت هتروفیل : لنفوسیت	۰/۵۹ a	۰/۴۱ c	۰/۴۸ b	۰/۲۶۷	۰/۰۰۱
T۳ (میکروگرم در دسی‌لیتر)	۰/۹۷ b	۱/۷۴ a	۱/۳۶ ab	۰/۱۳۶	۰/۰۳۷
T۴ (میکروگرم در دسی‌لیتر)	۱/۰۷ b	۱/۹۷ a	۱/۳۷ b	۰/۱۴۵	۰/۰۰۵

SEM، خطای استاندارد میانگین‌ها، a,b,c تفاوت ارقام در هر ستون با حروف نامشابه معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

بحث

نتایج این آزمایش نشان داد که در دوره تنش گرمایی (۲۹ تا ۴۲ روزگی)، مکمل‌سازی جیره با ویتامین C و یا اسیدفرمیک با افزایش میانگین افزایش وزن و مصرف خوراک روزانه و کاهش ضریب تبدیل خوراک جوجه‌ها، موجب تعدیل اثرات منفی تنش گرمایی شد. در خصوص اثر استفاده از ویتامین C در شرایط تنش گرمایی بر عملکرد تولیدی پرندگان، نتایج مختلفی گزارش شده است. هم‌سو با نتایج اخیر، Mirzapor Sarab و همکاران، نشان دادند که مصرف ۲۵۰ میلی‌گرم ویتامین C در کیلوگرم جیره جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی (^{o}C ۳۸؛ ۵ ساعت، ۲۸ تا ۴۲ روزگی)، باعث افزایش وزن بدن و مصرف خوراک و کاهش ضریب تبدیل خوراک شد (۱۳). درحالی‌که Chand و همکاران، با افزودن مکمل ویتامین C به جیره غذایی جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی، افزایش مصرف خوراک و وزن بدن را بدون تاثیر بر ضریب تبدیل خوراک گزارش کردند (۱۴). کورتیکواسترون، گلوکوکورتیکوئید اصلی است که در تنظیم مصرف خوراک، افزایش وزن بدن، وزن نسبی اندام ایمنی و مصونیت ذاتی طیور نقش دارد (۱۵). این هورمون، با تاثیر بر هسته قوسی هیپوتالاموس که مکان مهمی برای تنظیم مرکزی اخذ غذا، مصرف انرژی و وزن بدن است (۱۶)، باعث کاهش مصرف غذا و درنتیجه کاهش افزایش وزن بدن در پرنده می‌شود (۲). بهبود عملکرد در اثر ویتامین C را شاید بتوان به کاهش غلظت کورتیکواسترون سرم مرتبط دانست که با مهار آنزیم‌های اصلی در مسیر بیوسنتز کورتیکوسترون (۲۱-هیدروکسیلاز و ۱۱–β هیدروکسیلاز)(۷) اثرات

مضر تنش گرمایی را کاهش می‌دهد. استفاده از اسیدفرمیک طی دوره تنش گرمایی (۲۹ تا ۴۲ روزگی)، با بهبود شاخص‌های عملکرد رشد موجب کاهش اثرات منفی تنش گرمایی بر عملکرد تولیدی جوجه‌ها شد. تاثیر مفید اسیدفرمیک برعملکردرا می‌توان به استفاده کارآمدتر از مواد مغذی و افزایش بازدهی مصرف خوراک مرتبط دانست. در رابطه با استفاده از اسیدی‌کننده‌های جیره در شرایط تنش گرمایی، نتایج متناقصی گزارش شده است. Lan و همکاران، تاثیر مثبت اسیدی‌کننده‌ها برعملکرد رشد جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی را نشان دادند (۱۷). Ding و همکاران، طی تحقیقی گزارش دادند که سطوح مختلف اسید فوماریک (۰، ۵، ۱۰ یا ۱۵ گرم در کیلوگرم) بدون تاثیر بر مصرف خوراک روزانه، سبب بهبود افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک در جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی (۱±۳۲ °C؛ ۲۲ تا ۴۵ روزگی) شد (۱۸). در حالی‌که Lan و همکاران، نشان دادند در شرایط تنش گرمایی، مکمل‌سازی جیره با بوتیرات سدیم (۳۰۰، ۶۰۰ یا ۱۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، بدون تاثیر بر ضریب تبدیل خوراک، سبب افزایش وزن بدن، مصرف خوراک و مصرف خوراک روزانه در جوجه‌های گوشتی شد (۱۷). از طرفی Abbasi و همکاران، گزارش دادند که افزودن مکمل تجاری Biotronic® (ترکیبی از اسید فرمیک و اسید پروپیونیک) به مقدار یک گرم در کیلوگرم جیره غذایی جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی (۱±۳۴ °C؛ ۴ ساعت؛ ۳۵ تا ۴۲ روزگی)، تاثیری بر مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک در مقایسه با گروه شاهد نداشت (۱۹). بهبود عملکرد رشد در تحقیق حاضر ممکن است به‌دلیل بهبود مصرف خوراک، افزایش هضم و جذب مواد مغذی، افزایش فلور میکروبی مفید روده، کاهش تولید سموم و بروز عفونت‌ها همراه با تعادل پاسخ ایمنی باشد. هم‌سو با نتایج این مطالعه، عدم تاثیر معنی‌دار مکمل ویتامین C در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی بر وزن‌های نسبی لاشه، ران، سینه، بال، گردن، سنگدان، کبد و قلب در مقایسه با گروه شاهد، گزارش شده است (۲۰). با این‌حال، تعدادی از مطالعات حاکی از افزایش معنی‌دار وزن نسبی لاشه (۲۱)، سینه (۲۲)، سنگدان، کبد و قلب (۲۳) و تعدادی نیز حاکی از کاهش وزن نسبی سنگدان (۲۴) با افزودن مکمل ویتامین C به جیره غذایی جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی می‌باشند که در تضاد با یافته‌های حاضر هستند. تنش گرمایی می‌تواند سبب افزایش رسوب چربی در محوطه شکمی شود. این امر نه تنها ممکن است ناشی از افزایش لیپوژنز باشد، بلکه می‌تواند ناشی از کاهش بسیج چربی یا افزایش جذب محیطی از طریق فعالیت آنزیم لیپوپروتئین لیپاز باشد (۲۵). در این آزمایش، ویتامین C توانست به‌طور معنی‌داری چربی محوطه شکمی جوجه‌ها را کاهش دهد ($P<0/05$) که این مشاهده در توافق با گزارشات قبلی بود (۲۱، ۲۶). برخلاف یافته اخیر، تعدادی از مطالعات عدم تاثیر ویتامین C را بر چربی حفره بطنی در شرایط تنش گرمایی مشاهده کرده‌اند (۲۷، ۲۲). گزارش شده که تنش گرمایی با فعال کردن محور هیپوتالاموس- هیپوفیز- فوق کلیه، سبب افزایش سطح کورتیکواسترون در پلاسمای خون می‌شود (۲) که با تاثیر بر سنتز پروتئین عضله (۲۸)، سبب کاهش پروتئین‌های عضلانی و تجمع چربی می‌شود. براساس نتایج، اسیدفرمیک تاثیر معنی‌داری بر صفات لاشه و چربی محوطه شکمی جوجه‌ها در مقایسه با گروه شاهد نداشت. Lan و همکاران، با افزودن سطوح مختلف مکمل بوتیرات سدیم (۳۰۰، ۶۰۰ یا ۱۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) به جیره غذایی جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی (۱۷) و Momenizadeh و همکاران، با افزودن اسیدبوتیریک (۰/۲ درصد) در شرایط نرمال حرارتی، تاثیری بر درصد لاشه، سینه، ران و چربی حفره بطنی مشاهده نکردند (۲۹). هم‌چنین، Daskiran و همکاران، با افزودن سطوح مختلف (۰، ۰/۰۵، ۰/۱۰، ۰/۲۰ یا ۰/۳۰٪) از یک اسیدی‌کننده تجاری به‌نام Lucta’cid (ترکیبی از اسیدفسفریک و اسیدسیتریک) به‌جیره‌غذایی جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی، تاثیر معنی‌داری بر وزن لاشه گرم و سرد، سینه، ران و چربی محوطه شکمی مشاهده نکردند (۸). براساس نتایج جدول ۴، اثرات سودمند مکمل ویتامین C بر وزن نسبی اندام‌های ایمنی در مقایسه با گروه شاهد به‌وضوح مشاهده می‌شود. گزارش شده است که در جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی، وزن نسبی اندام‌های ایمنی کاهش می‌یابد (۱۴، ۳۰). در تحقیق حاضر، مکمل ویتامین C سبب افزایش معنی‌دار وزن نسبی بورس‌فابریسیوس و طحال شد. اگرچه وزن نسبی تیموس تحت تأثیر مکمل ویتامین C قرار نگرفت، اما وزن نسبی تیموس در مقایسه با گروه شاهد، افزایش عددی (به‌ترتیب ۰/۱۶ و ۰/۱۳) نشان داد. نتایج مشابهی با افزودن مکمل ویتامین C به جیره غذایی جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی بر وزن نسبی اندام‌های ایمنی قبلاً نیز ثبت‌شده است (۳۱). در تحقیق Rafiee و همکاران، وزن‌نسبی بورس فابریسیوس و در گزارشات Zangeneh و همکاران، وزن نسبی تیموس و طحال با افزودن مکمل ویتامین C به‌جیره‌غذایی جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی افزایش یافت (۳۲). عدم تاثیر معنی‌دار مکمل ویتامین C بر وزن نسبی اندام‌های ایمنی جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی نیز گزارش شده‌است (۳۳). مکمل ویتامینC از طریق کاهش کورتیکوسترون پلاسما سبب افزایش وزن نسبی اندام‌های ایمنی و بهبود وضعیت ایمنی بدن می‌شود (۳۴). از طرفی، کاهش وزن اندام‌های ایمنی می‌تواند ناشی از کاهش مصرف خوراک در شرایط تنش گرمایی باشد که سبب می‌شود مواد مغذی کم‌تری

برای رشد مناسب این اندام‌ها فراهم شود (۳۵). در این تحقیق، وزن نسبی اندام‌های ایمنی تحت تاثیر اسیدفرمیک قرارنگرفت. اما وزن نسبی تیموس در مقایسه با گروه شاهد افزایش عددی نشان داد که ممکن‌است به‌دلیل اثر اسیدفرمیک بر افزایش‌دسترسی به‌مواد مغذی مورد نیاز برای رشد و نمو اندام‌های ایمنی و یا مربوط به اثرات مهاری اسیدفرمیک بر عوامل بیماری‌زا در دستگاه گوارش و بهبود وضعیت ایمنی در پرندگان باشد. He و همکاران، گزارش دادند که افزودن ۱۰ گرم مکمل اسیدفوماریک به هر کیلوگرم جیره جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی (۱°C۳۲±؛ ۲۵ تا ۴۲ روزگی)، تاثیر معنی‌داری بر وزن نسبی اندام‌های ایمنی نداشت، ولی سبب بهبود عددی آن‌ها شد (۳۶). براساس نتایج جدول ۵، مکمل ویتامین C باعث افزایش‌معنی‌دار پروتئین‌تام (P<۰/۰۵) و افزایش عددی غلظت آلبومین در مقایسه با گروه شاهد (به‌ترتیب ۱/۱۳ و ۱/۰۳ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) شد. گزارش شده است که در شرایط تنش گرمایی، ویتامین C از طریق اثر مهاری بر سنتز گلوکوکورتیکوئیدها، سبب کاهش غلظت کورتیکواسترون پلاسما می‌شود و کاتابولیسم لیپیدها و پروتئین‌ها را محدود می‌کند (۷). مشاهد شده که تنش ناشی از گرما، سبب افزایش‌غلظت‌گلوکز پلاسمای‌خون‌در جوجه‌های گوشتی می‌شود (۳۷). این‌امر ممکن است به‌دلیل افزایش تلاش برای کاهش بار گرما (۲۱) در اثر افزایش‌فعالیت هورمون‌های فوق‌کلیوی باشد که باعث کاهش مصرف خوراک و افزایش گلیکوژنولیز و گلوکونئوژنز می‌شود (۳۸). در تحقیق حاضر، مکمل ویتامین C سبب کاهش معنی‌دار غلظت گلوکز در مقایسه با گروه شاهد شد (P<۰/۰۵) که در توافق با یافته (۲۴) است. گزارش شده‌است که مکمل ویتامین C، با کاهش ترشح و یا سنتز هورمون‌های گلوکوکورتیکوئید، گلوکز سرم خون جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی را کاهش می‌دهد (۳۹). نشان‌داده‌شده که تنش‌گرمایی‌سبب افزایش غلظت کلسترول، تری‌گلیسیرید و کلسترول LDL، و کاهش کلسترول HDL در سرم خون جوجه‌های گوشتی می‌شود (۱۸). افزایش تنش با فعال‌کردن سمپاتو- آدرنال، باعث کاتابولیسم پروتئین‌ها و لیپیدها و در نتیجه افزایش غلظت کلسترول و تری‌گلیسیرید سرمی می‌شود (۴۰). طبق نتایج ما، مکمل ویتامین C سبب کاهش معنی‌دار غلظت کلسترول کل و کلسترول LDL سرم شد (P<۰/۰۵). اگرچه تاثیری بر غلظت تری‌گلیسیرید و کلسترول HDL نداشت؛ اما در مقایسه با گروه شاهد سبب بهبود عددی آن‌ها شد. کاهش معنی‌دار غلظت کلسترول و تری‌گلیسیرید قبلاً هم با افزودن مکمل ویتامین C به جیره غذایی جوجه‌های گوشتی‌تحت‌تنش گرمایی‌گزارش شده است (۲۴). هم‌سو بانتایج‌اخیر، Hajatiو همکاران، گزارش‌دادند که‌افزودن ۳۰۰ میلی‌گرم مکمل ویتامین C در کیلوگرم جیره غذایی جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی (۱°C۳۴±؛ ۵ ساعت؛ ۲۹ تا ۴۲ روزگی)، سبب کاهش معنی‌دار کلسترول، تری گلیسیرید و کلسترول LDL شد؛ اما تاثیر معنی‌داری بر غلظت کلسترول HDL نداشت (۴۰). نتایج پروفایل چربی خون نشان می‌دهد استفاده از مکمل ویتامین C تأثیر مثبتی بر متابولیسم چربی و سرم داشت. چندین مسیر متابولیکی می‌تواند در کاهش بسیج و کاتابولیسم‌چربی نقش‌داشته‌باشد.در گروه پرندگان دریافت‌کننده مکمل ویتامین C، ترشح کورتیکوئید کاهش یافته و در نتیجه لیپوپروتئین لیپازهای بافتی تحریک نمی‌شوند. به این ترتیب، لیپیدها از بافت‌ها منتقل نمی‌شوند (۴۱). در این آزمایش، ویتامین C تاثیر معنی‌داری بر غلظت اسیداوریک سرم خون جوجه‌ها نشان نداد که این مشاهده با یافته‌های تحقیق قبلی نیز مطابقت دارد (۴۰). براساس‌نتایج، اسیدفرمیک باعث‌افزایش‌معنی‌دار پروتئین کل شد (p<۰/۰۵). اگرچه تاثیر معنی‌داری بر غلظت آلبومین و گلوکز نداشت؛ اما سبب بهبود عددی آن در مقایسه با گروه شاهد شد. Ding و همکاران، طی تحقیقی گزارش دادند که مکمل اسید فوماریک در سطح ۵ گرم در کیلوگرم جیره سبب افزایش پروتئین کل و آلبومین سرم و در سطح ۱۵ گرم در کیلوگرم جیره سبب کاهش گلوکز سرم خون جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی شد (۱۸). اسیدفرمیک، باعث کاهش معنی‌دار غلظت کلسترول کل و کلسترولLDL سرم شد (P<۰/۰۵). درحالی‌که تاثیری بر غلظت تری‌گلیسیرید و کلسترولHDL نداشت. Ding و همکاران، گزارش دادند اسیدفوماریک در سطح ۵ گرم در کیلوگرم جیره، باعث کاهش معنی‌دار غلظت کلسترول و افزایش کلسترول HDL و در سطح ۱۵ گرم در کیلوگرم جیره، منجر به کاهش معنی‌دار تری‌گلیسیرید و کلسترول LDL سرم خون جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی شد (۱۸). درحالی‌که Rezaeipour و Nahavandi، با افزودن اسید بوتیریک (۰/۳درصد) به جیره‌غذایی‌جوجه‌های گوشتی تحت شرایط نرمال حرارتی، تاثیر معنی‌داری بر هیچ یک از متالبولیت‌های سرم، شامل گلوکز، تری گلیسیرید، کلسترول، کلسترولLDL و کلسترول HDL مشاهده نکردند (۴۲). گزارش شده است که باکتری‌های لاکتوباسیل با متابولیسم‌کلسترول‌در روده‌کوچک،سبب‌کاهش جذب آن از طریق خون می‌شود (۴۳). مکمل‌سازی جیره با اسیدفرمیک تاثیرمعنی‌داری برغلظت‌اسیداوریک نداشت. مطالعات نشان می‌دهند که تنش گرمایی، سبب کاهش مقادیر گلبول‌های قرمز، هموگلوبین (Hb) (۱۸) و هماتوکریت (PCV) (۴۴) می‌شود. افزایش هماتوکریت در‌طول‌تنش، نشان‌دهنده هیپوکسی بافت به‌دلیل‌سرکوب‌نرخ تنفس و متعاقب آن افزایش اریتروپویز است (۴۵). براساس نتایج جدول ۶، تحت‌تأثیرمکمل‌ویتامین‌C، مقادیرگلبول‌های قرمز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵)، درحالی‌که غلظت هموگلوبین و درصد

هماتوکریت فقط افزایش عددی نشان داد (P>۰/۰۵). افزایش اندکی در مقادیر هموگلوبین و هماتوکریت در گروه مصرف‌کننده مکمل ویتامین C، می‌تواند به‌دلیل توانایی این ویتامین در محافظت از یکپارچگی غشاء گلبول قرمز باشد. نتایج تحقیق حاضر در توافق با گزارشات Adenkola و Angani (۴۴) و برخلاف تحقیق Rafiee و همکاران (۲۲) است. میانگین حجم گلبول‌های قرمز (MCV)، میانگین هموگلوبین در سلول (MCH) و میانگین غلظت هموگلوبین در سلول (MCHC)، شاخص‌های گلبول قرمز هستند (۴۶). از آن‌جایی‌که MCH و MCHC با استفاده از هموگلوبین، هماتوکریت و یا گلبول‌های قرمز خون محاسبه می‌شود، هرگونه تغییر در مقادیر هموگلوبین، هماتوکریت و گلبول‌های قرمز خون، مستقیماً در MCH و MCHC منعکس می‌شود (۱۸). مکمل ویتامین C، سبب کاهش معنی‌دار MCV در مقایسه با گروه شاهد شد (P<۰/۰۵). مکمل ویتامین C بدون تاثیر معنی‌داری بر MCH، فقط سبب افزایش عددی آن شد. در تحقیق اخیر، مکمل ویتامین C سبب افزایش معنی‌دار MCHC شد (P<۰/۰۵). با توجه به این‌که MCHC بازتاب دهنده محتوای هموگلوبین گلبول‌های قرمز است، افزایش مقدار MCHC ممکن است به افزایش تولید هموگلوبین برای افزایش ظرفیت انتقال اکسیژن به وسیله گلبول‌های قرمز مربوط باشد. در مطالعه حاضر، تغییر در مقدار MCHC با تغییر در مقادیر گلبول‌های قرمز و هموگلوبین خون همراه بود. هم‌چنین، مقدار بالاتر MCHC در گروه مصرف کننده مکمل ویتامین C در مقایسه با گروه شاهد، ممکن‌است مربوط به نرخ بالای متابولیسم در این گروه باشد که منجر به افزایش وزن بالاتر در این گروه شده است. در جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرما، شمار گلبول‌های سفید خون، افزایش می‌یابد (۴۷). در تحقیق اخیر، اگرچه مکمل ویتامین C تاثیر معنی‌داری بر شمار گلبول‌های سفید خون نداشت؛ اما سبب بهبود عددی آن در مقایسه با گروه شاهد شد. عدم تاثیر مکمل ویتامین C بر شمار گلبول‌های سفید خون سرم جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی، قبلا نیز گزارش شده است (۲۲). هم‌چنین، در تحقیق حاضر مشاهده شد که در گروه مصرف‌کننده مکمل ویتامین C، شمار هتروفیل‌ها و نسبت هتروفیل به لنفوسیت به‌طور معنی‌داری در مقایسه با گروه مکمل اسیدفرمیک و شاهد کاهش یافت (P<۰/۰۵). کاهش نسبت هتروفیل به لنفوسیت، شاخصی مهم در مقابله با تنش گرمایی معرفی شده است (۴۸). در مطالعه اخیر، برای گروه مکمل ویتامین C پایین‌ترین نسبت هتروفیل به لنفوسیت ثبت شد (P<۰/۰۵) که نشان‌دهنده کاهش تنش ناشی از گرما در این پرندگان است. مشابه نتایج حاضر قبلاً نیز توسط دیگران گزارش شده است (۲۶، ۳۳). تنش گرمایی سبب کاهش غلظت هورمون‌های تری‌یدوتیرونین (T۳) و تیروکسین (T۴) در طیور می‌شود (۴۹). هورمون‌های تیروئیدی، نقش مهمی در تنظیم متابولیسم، حرارت بدن و تحریک رشد پرندگان دارد. در تحقیق حاضر، مکمل ویتامین C سبب افزایش معنی‌دار غلظت T۳ و T۴ در مقایسه با گروه شاهد شد (P<۰/۰۵)، که در توافق با نتایج Sahin و همکاران (۲۳) است. گزارش شده است که ویتامین C با دخالت در سنتز کورتیکواسترون، متابولیسم تیروزین، آهن و هورمون‌های تیروئیدی، می‌تواند در کاهش اثرات منفی تنش گرمایی موثر باشد (۵۰). بر اساس نتایج اخیر، اسیدفرمیک تاثیر معنی‌داری بر مقادیر گلبول‌های قرمز، هموگلوبین و درصد هماتوکریت نداشت؛ اما سبب بهبود عددی آن در مقایسه با گروه شاهد شد که نشان‌دهنده افزایش ظرفیت حمل اکسیژن و دسترسی بیش‌تر به مواد مغذی در شرایط محیطی تنش‌زا است. در تحقیق Ding و همکاران، مکمل اسیدفوماریک در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی، سبب افزایش معنی‌دار مقادیر گلبول‌های قرمز، هموگلوبین و هماتوکریت در مقایسه با گروه شاهد شد (۱۸). در تحقیق حاضر، مکمل اسیدفرمیک، به طور معنی‌داری سبب کاهش MCV و افزایش MCHC در مقایسه با گروه شاهد شد (P<۰/۰۵). درحالی‌که، تاثیری بر MCH نداشت. با توجه به این‌که MCHC نشان‌دهنده میزان هموگلوبین گلبول‌های قرمز است، افزایش مقدار MCHC ممکن است در افزایش تولید هموگلوبین برای افزایش ظرفیت انتقال اکسیژن گلبول‌های قرمز موثر باشد. هم‌چنین، مقدار MCHC بالاتر در گروه مصرف‌کننده مکمل اسیدفرمیک در مقایسه با گروه شاهد، ممکن است مربوط به میزان متابولیسم بالاتر در این گروه باشد، که منجر به افزایش وزن بالاتر در این پرندگان شده است. در مطالعه Ding و همکاران، اسید فوماریک در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی، تاثیر معنی‌داری بر مقادیر MCV و MCH در مقایسه با گروه شاهد نداشت (۱۸). هم‌چنین، مکمل اسیدفرمیک، تاثیری بر شمار گلبول‌های سفید خون در مقایسه با گروه شاهد نداشت. عدم تاثیر معنی‌دار مکمل اسید فوماریک هم بر شمار گلبول‌های سفید خون جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی، گزارش شده‌است (۱۸، ۳۶). هم‌چنین، اسیدفرمیک تاثیر معنی‌داری بر شمار لنفوسیت‌ها و هتروفیل‌ها نداشت اما در مقایسه با گروه شاهد، نسبت هتروفیل به لنفوسیت را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (P<۰/۰۵). He و همکاران، با افزودن مکمل اسیدفوماریک به جیره غذایی جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرمایی، تاثیر معنی‌داری بر شمار لنفوسیت‌ها، هتروفیل‌ها و نسبت هتروفیل به لنفوسیت مشاهده نکردند (۳۶). هم‌چنین، Ding و همکاران، گزارش دادند مکمل اسیدفوماریک تاثیر معنی‌داری بر شمار لنفوسیت‌ها و هتروفیل‌ها در جوجه‌های گوشتی تحت تنش گرما نداشت. به هرحال، بسته به مدت زمان قرار گرفتن در معرض گرما و ظرفیت

سازگاری پرنده با گرما، ممکن است پاسخ لکوسیتی آن‌ها به تنش گرمایی متفاوت باشد. براساس نتایج حاضر، اگرچه مکمل اسیدفرمیک تاثیر معنی‌داری بر مقادیر T۳ و T۴ در مقایسه با گروه شاهد نداشت(P>۰/۰۵)، اما سبب بهبود عددی آن شد. با توجه به یافته‌های این مطالعه، ویتامین C در مقایسه با اسیدفرمیک اثرات مفیدتری بر عملکرد، رسوب چربی محوطه شکمی، اندام‌های ایمنی و برخی از متابولیت‌های خونی جوجه‌ها نشان داد. با این وجود، به‌نظر می‌رسد که اسیدفرمیک نیز به‌دلیل بهبود عملکرد رشد جوجه‌های تحت تنش گرمایی، از ظرفیت خوبی در این‌خصوص برخوردار باشد. محدود بودن اطلاعات قابل دسترس در مورد این اسید آلی می‌طلبد که مطالعات بیش‌تری با تاکید بر نقش اسیدی‌کننده‌ها در جوجه‌های مواجه با تنش گرمایی انجام پذیرد.

منابع

1. **Mujahid, A., 2011.** Nutritional strategies to maintain efficiency and production of chickens under high environmental temperature. JPSA. 48(3): 145-154.
2. **Quinteiro-Filho, W.M., Gomes, A.V.S., Pinheiro, M.L., Ribeiro, A., Ferraz-de-Paula, V., Astolfi-Ferreira, C.S., Ferreira, A.J.P. and Palermo-Neto, J., 2012.** Heat stress impairs performance and induces intestinal inflammation in broiler chickens infected with Salmonella Enteritidis. Avian Pathol. 41(5): 421-427.
3. **Zhao, H., He, Y., Li, S., Sun, X., Wang, Y., Shao, Y., Hou, Z. and Xing, M., 2017.** Subchronic arsenism-induced oxidative stress and inflammation contribute to apoptosis through mitochondrial and death receptor dependent pathways in chicken immune organs. Oncotarget. 8(25): 40327-40344.
4. **Khan, R.U., Naz, S., Nikousefaut, Z., Tufarelli, V. and Laudadio, V., 2012.** Effect of ascorbic acid in heat stressed poultry. Worlds Poult Sci J. 68(3): 477-490.
5. **Abidin, Z. and Khatoon, A., 2013.** Heat stress in poultry and the beneficial effects of ascorbic acid (vitamin C) supplementation during periods of heat stress. Worlds Poult Sci J. 68(3): 477-483.
6. **Ghazi, S., Amjadian, T. and Norouzi, S., 2015.** Single and combined effects of vitamin C and oregano essential oil in diet, on growth performance, and blood parameters of broiler chicks reared under heat stress condition. Int J Biometeorol. 59(8): 1019-1024.
7. **McKee, J.S., Harrison, P.C. and Riskowski, G.L., 1997.** Effects of supplemental ascorbic acid on the energy conversion of broiler chicks during heat stress and feed withdrawal. Poult Sci. 76(9): 1278-1286.
8. **Daskiran, M., Teeter, R.G., Vanhooser, S.L., Gibson, M.L. and Roura, E., 2004.** Effect of dietary acidification on mortality rates, general performance, carcass characteristics and serum chemistry of broilers exposed to cycling high ambient temperature stress. J Appl Poult Res. 13(4): 605-613.
9. **Pathak, M., Mandal, G.P., Patra, A.K., Samanta, I., Pradhan, S. and Haldar, S., 2017.** Effects of dietary supplementation of cinnamaldehyde and formic acid on growth performance, intestinal microbiota and immune response in broiler chickens. Anim Prod Sci. 57(5): 821-827.
10. **Mililllo, S.R., Martin, E., Muthaiyan, A. and Ricke, S.C., 2011.** Immediate reduction of Salmonella enterica serotype Typhimurium following exposure to multiple-hurdle treatments with heated, acidified organic acid salt solutions. Appl Environ Microbiol. 77(11): 3765-3772.
11. **Ricke, S.C., Dittoe, D.K. and Richardson, K.E., 2020.** Formic acid as an antimicrobial for poultry production: a review. Front Vet Sci. 7: 563.
12. **Paul, S.K., Halder, G., Mondal, M.K. and Samanta, G., 2007.** Effect of organic acid salt on the performance and gut health of broiler chicken. J Poult Sci. 44(4): 389-395.
13. **Mirzapor Sarab, S., Salari, S., Mirzadeh, Kh. and Aghaei, A., 2016.** Effect of different levels of vitamin C and L-Carnitine on performance and some blood and immune parameters of broilers under heat stress. Iran J Appl Anim Sci. 8(1): 141-153.
14. **Chand, N., Naz, S., Khan, A., Khan, S. and Khan, R.U., 2014.** Performance traits and immune response of broiler chicks treated with zinc and ascorbic acid supplementation during cyclic heat stress. Int J Biometeorol. 58(10): 2153-2157.
15. **Zulkifli, I., Sti, N. and Azah, A., 2004.** Fear and stress reactions and the performance of commercial broiler chickens subjected to regular pleasant and unpleasant contacts with human being. Appl Anim Behav Sci. 88(1-2): 77-87.
16. **Bouret, S.G., Draper, S.J. and Simerly, R.B., 2004.** Formation of projection pathways from the arcuate nucleus of the hypothalamus to hypothalamic regions implicated in the neural control of feeding behavior in mice. J Neurosci. 24(11): 2797-805.
17. **Lan, R., Zhao, Z., Li, S. and An, L., 2020.** Sodium butyrate as an effective feed additive to improve performance, liver function, and meat quality in broilers under hot climatic conditions. Poult Sci. 99(11): 5491-5500.
18. **Ding, J., He, I.S., Xiong, Y., Liu, I.D., Dai, I.S. and Hu, I.H., 2020.** Effects of dietary supplementation of fumaric acid on growth performance, blood hematological and biochemical profile of broiler chickens exposed to chronic heat stress. Braz J Poult Sci. 22(1): 001-008.
19. **Abbasi, A., Hashemi, S.R., Hassani, S. and Ebrahimi, M., 2018.** Gastrointestinal microbial population response and performance of broiler chickens fed with organic acids and silver nanoparticles coated on zeolite under heat stress condition. Iran J Appl Anim Sci. 8(4): 685-691.
20. **Ružić, Z., Kanački, Z., Jokanović, M., Suzana Vidaković, S., Knežević, S., Jović, S. and Paraš, S., 2020.** The influence of vitamin C and early-age thermal conditioning on the quality of meat and specific production characteristics of broilers during heat stress. Turkish J Vet Anim Sci. 44(2): 314-322.
21. **Toplu, H.D.O., Nazligül, A., Karaarslan, S., Kaya, M. and Yagin, O., 2014.** Effects of heat conditioning and dietary ascorbic acid supplementation on growth performance, carcass and meat quality characteristics in heat-stressed broilersAnk Univ Vet Fak. 61(4): 295-302.
22. **Rafiee, F., Mazhari, M., Ghoreishi, M. and Esmaeilipour, O., 2016.** Effect of lemon verbena powder and vitamin C on performance, and immunity of heat stressed broilers. J Anim Physiol Anim Nutr. 100(5): 807-812.
23. **Sahin, K., Sahin, N. and Kucuk, O., 2003.** Effects of chromium, and ascorbic acid supplementation on growth, carcass traits, serum metabolites, and antioxidant status of

broiler chickens reared at a high ambient temperature (32°C). Nutr Res. 23(2): 225-238.

24. **Toplu, H.D.O., Tunca, R., Aypak, S.U., Coven, F., Epikmen, E.T., Karaarslan, S. and Yagin, O., 2014.** Effects of heat conditioning and dietary ascorbic acid supplementation on heat shock protein 70 expression, blood parameters and fear-related behavior in broilers subjected to heat stress. Acta Sci Vet. 42: 1179.

25. **Geraert, P.A., Padilha, J.C. and Guillaumin, S., 1996.** Metabolic and Endocrine Changes Induced by Chronic Heat Exposure in Broiler Chickens: Growth Performance, Body Composition and Energy Retention. Br J Nut. 75(2): 195-204.

26. **Attia, Y.A., Al-Harthi, M.A., El-Shafey, A.S., Rehab, Y.A. and Kim, W.K., 2017.** Enhancing tolerance of broiler chickens to heat stress by supplementation with vitamin E, vitamin C and/or probiotics. Ann Anim Sci. 17(4): 1155-1169.

27. **Hajati, H., Hassanabadi, A., Golian, A., Nassiri-Moghaddam, H. and Nassiri, M.R., 2015.** The effect of grape seed extract and vitamin C feed supplements carcass characteristics, gut morphology and ileal microflora in broiler chickens exposed to chronic heat stress. Iran J Appl Anim Sci. 5(1): 155-165.

28. **Temim, S., Chagneau, A.M., Peresson, R. and Tesseraud, S., 2000.** Chronic heat exposure alters protein turnover of three different skeletal muscles in finishing broiler chickens fed 20 or 25% protein diets. J Nutr. 130(4): 813-819.

29. **Momenizadeh, Z., Maghsoudlou, Z., Bayat Koohsar, J. and Ghanbari, F., 2020.** Evaluation of probiotics and butyric acid glycerides through feed and drinking water on growth performance, carcass characteristics and gut microflora in broiler chickens. Journal of Animal Environment. 2(4): 231-245. (In Persian)

30. **Hirakawa, R., Nurjanah, S., Furukawa, K., Murai, A., Kikusato, M., Nochi, T. and Toyomizu, M., 2020.** Heat stress causes immune abnormalities viavmassive damage to effect proliferation and differentiation of lymphocytes in broiler chickens. Front Vet Sci. 7: 46.

31. **Anwar, B., Khan, S.A., Aslam, A., Maqbool, A. and Khan, K.A., 2004.** Effects of ascorbic acid and acetylsalicylic acid Supplementation on the performance of broiler chicks Exposed to heat stress. Pak Vet J. 24(3): 109-112.

32. **Zangeneh, S., Torki, M., Lotfollahian, H. and Abdolmohammadi, A., 2018.** Effects of dietary lysophospholipids (lysolecithin) and vitamin C as feed additive in finishing period on performance, carcass characteristics and immune response of broiler chickens reared under thermonatural and high ambient temperature. Anim Sci J. 31(119): 155-168.

33. **Hajati, H., Hassanabadi, A., Golian, A., Nassiri Moghaddam, H. and Nassir, M.R., 2018.** The effect of grape seed extract supplementation on performance, antioxidant enzyme activity, and immune responses in broiler chickens exposed to chronic heat stress. Ital J Anim Sci. 14(3): 3273.

34. **Amakye-Anim, J.T., Lin, L., Hester, P.Y., Thiagarajan, D., Watkins, B.A. and Wu, C.C., 2000.** Ascorbic acid supplementation improved antibody response to infectious burial disease vaccination in chickens. Poult Sci. 79(5): 680-688.

35. **Bartlett, J.R. and Smith, M.O., 2003.** Effects of different levels of zinc on the performance and immunocompetence of broilers under heat stress. Poult Sci. 82(10): 1580-1588.

36. **He, S., Yin, Q., Xiong, Y., Liu, D. and Hu, H., 2020.** Effects of dietary fumaric acid on the growth performance, immune response, relative weight and antioxidant status of immune organs in broilers exposed to chronic heat stress. Czech J Anim Sci. 65(3): 104-113.

37. **Chand, N., Naz, S., Rehman, Z. and Khan, R.U., 2018.** Blood biochemical profile of four fast-growing broiler strains under high ambient temperature. Appl Biol Chem. 61(3): 273-279.

38. **Garriga, C., Hunter, R.R., Amat, C., Planas, J.M., Mitchell, M.A. and Moreto, M., 2006.** Heat stress increases apical glucose transport in the chicken jejunum. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 290(1): 195-201.

39. **Gursu, F.M., Onderci, M., Gulcu, F. and Sahin, K., 2004.** Effects of vitamin C and folic acid supplementation on serum paraoxonase activity and metabolites induced by heat stress in vivo. Nutr Res. 24(2): 157-164.

40. **Hajati, H., Hassanabadi, A., Golian, A. and Nassiri Moghaddam, H., 2014.** The effect of grape seed extract and vitamin C feed supplementation on some blood parameters and HSP70 gene expression of broiler chickens suffering from chronic heat stress. Ital J Anim Sci. 14(3): 3273.

41. **Seyrek, K., Yenisey, C., Serter, M., Kargın Kıral, F., Ulutas, P.A. and Bardakcioglu, H.E., 2004.** Effects of dietary vitamin C supplementation on some biochemical parameters of laying Japanese quails exposed to heat stress (34.8°C). Rev Med Vet. 156(6): 339-342.

42. **Rezaeipour, V. and Nahavandi, S., 2018.** Effects of dietary yeast cell wall powder, in combination with butyric acid supplementation, on growth performance, carcass characteristics, ileal microbial counts and serum biochemical metabolites of broiler chickens. Journal of Animal Environment. 10(1): 79-86. (In Persian)

43. **Richmond, W., 1973.** Preparation and properties of a cholesterol oxidase from *Nocardia* sp. and its application to the enzymatic assay of total cholesterol in serum. Clin Chem. 19(12): 1350-1356.

44. **Adenkola, A.Y. and Angani, M.T., 2017.** Ascorbic acid supplementation effect on hematology and oxidative stress parameters of broiler chicken during the hot-dry season in southern Guinea Savannah. J Appl Poult Res. 14(1): 28-33.

45. **Deaton, J.W., Reece, F.N. and Tarver, W.J., 1969.** Hematocrit, hemoglobin and plasma protein levels of broilers reared under constant temperatures. Poult Sci. 48(6): 1993-1996.

46. **Bao, W., Dalfers, E.R., Srinivasan, S.R., Webber, L.S. and Bernson, G.S., 1993.** Normative distribution of complete blood count from elderly males. Prev Med. 22(6): 825-837.

47. **Puvadolpirod, S. and Thaxton, J.P., 2000.** Physiology stress in chickens 1. Response parameters. Poult Sci. 76(3): 363-369.

48. **Felver-Gant, J.N., Mack, L.A., Dennis, R.L., Eicher, S.D. and Cheng, H.W., 2021.** Genetic variations alter physiological responses following heat stress in 2 strains of laying hens. Poult Sci. 91(7): 1542-1551.

49. **Lara, L.J. and Rostagno, M.H., 2013.** Impact of heat stress on poultry production. Anim. 3(2): 356-369.

50. **Nemati, M.H.I., Shahir, M.H.I., Harakinezhad, M.T.I. and Lotfalhian, H.I., 2013.** Cold-induced ascites in broilers: effects of vitamin C and Coenzyme Q10. Braz J Poult Sci. 3: 537-544.