نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، ص. ۵۴۰-۵۲۵

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 10, No. 4, Winter 2019, p. 525-540

تأثیر سطوح و منابع متیونین و جایگزینی آن با بتائین بر عملکرد و صفات لاشه جوجه‌های گوشتی در دو شرایط دمایی متداول و تنش گرمایی

فاطمه صاحبی اعلاء[۱]- احمد حسن آبادی[۲*]- ابوالقاسم گلیان[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۱

چکیده

هدف از این آزمایش بررسی تأثیر سطوح و منابع متیونین و جایگزینی آن با بتائین بر عملکرد و صفات لاشه جوجه‌های گوشتی در دو شرایط دمایی متداول و تنش‌گرمایی از سن ۱ تا ۴۲ روزگی بود. ۱۲۰۰ قطعه جوجه‌گوشتی راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش اسپلیت فاکتوریل با سه سطح متیونین (۳۰ درصد کمتر از احتیاجات، احتیاجات، ۳۰ درصد بیشتر از احتیاجات)×دو منبع متیونین (دی ال و یا ال-متیونین)× دو حالت جایگزینی و یا عدم جایگزینی بتائین مصنوعی با ۳۰ درصد متیونین مصنوعی) × دو شرایط دمایی با ۵ تکرار و ۱۰ پرنده در هر تکرار استفاده شد. دمای یکی از سالن‌ها متداول و دیگری از ۲۴-۱۰روزگی روزانه به مدت شش ساعت در ۳۲°C حفظ شد. مصرف خوراک پرندگان تغذیه شده با جیره دارای متیونین بالاتر از احتیاجات به‌طور معنی‌داری کمتر از دو سطح دیگر بود. افزایش وزن در جیره‌های برابر با احتیاجات و بیشتر از احتیاجات متیونین به‌طور معنی‌داری بالاتر بود. ضریب تبدیل در جیره دارای ال-متیونین کمتر از احتیاجات، نسبت به دی‌ال-متیونین در همان سطح بهبود معنی‌داری داشت. شاخص کارایی تولید با افزایش سطح دی‌ال-متیونین جیره بهبود یافت. کمترین سطح متیونین کاهش معنی‌داری در وزن لاشه و ران نسبت به بالاترین سطح متیونین داشت. بالاترین سطح متیونین در دمای متداول، وزن سینه بالاتری نسبت به همان سطح در تنش گرمایی داشت. تنش‌گرمایی عملکرد و تولید لاشه را کاهش و چربی شکمی و تلفات را افزایش داد. به‌طورکلی، بتائین با ۳۰درصد از متیونین مصنوعی جیره قابل جایگزین است و همچنین، ال-متیونین ضریب تبدیل خوراک را نسبت به دی‌ال-متیونین بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: بتائین، تنش گرمایی، جوجه گوشتی، عملکرد، متیونین

مقدمه

در جوجه‌های گوشتی و در جیره‌های بر پایه ذرت و کنجاله سویا، متیونین به‌عنوان اولین اسید آمینه محدودکننده شناخته می‌شود (۲۶). زنجیره جانبی حاوی گوگرد، متیونین را به اسید آمینه اصلی برای ساخت پروتئین و سایر عملکردهای بیولوژیکی تبدیل کرده است. طیور قادر به استفاده از ایزومرهای L و یا D متیونین می‌باشند؛ زیرا مسیر آنزیمی منحصر به فردی برای تبدیل ایزومرهای دی-متیونین به ال-متیونین در کبد و کلیه وجود دارد (۴). مطالعات آزمایشگاهی نشان داد که تنش گرمایی جذب دی-متیونین را در مقایسه با ال-متیونین تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۵) اما در مطالعات دیگر تفاوتی در عملکرد بین منابع مختلف متیونین در یک دوره ۵ روزه بعد از اینکه پرندگان در معرض تنش گرمایی قرار گرفتند گزارش نشده است (۴۲).

بتائین یک ترکیب‌دهنده گروه متیل است که برای ساخت متیونین از هموسیستئین ضروری است (۲). متیونین و هموسیستئین به صورت بالقوه برای سلول سمی هستند و هر دوی آنها در صورت کمبود دهنده و یا گیرنده‌های متیل در سلول‌های بدن تجمع می‌یابند. جایگزین‌های دهنده متیل ممکن است نیاز جیره‌ای متیونین را با قرار دادن متیونین به‌عنوان دهنده متیل یا با فراهم کردن گروه متیل لازم برای تبدیل هموسیستئین به متیونین کاهش دهند (۵۷). تأمین گروه‌های متیل مورد نیاز بدن توسط بتائین، متیونین بیشتری برای ساخت پروتئین و در نتیجه رشد ماهیچه‌ها در دسترس قرار می‌گیرد. علاوه بر این، در نتیجه متابولیسم بتائین اسید آمینه گلیسین در بدن تولید می‌شود. گلیسین از جمله اسیدهای آمینه مهم در ساخت پروتئین و رشد عضلات است (۳۰).

تنش گرمایی یکی از عواملی است که به دلیل وارد آوردن ضرر و زیان مالی ناشی از کاهش عملکرد طیور و افزایش تلفات، می‌تواند به‌عنوان یک مشکل جدی برای پرورش‌دهندگان طیور مورد توجه قرار گیرد. یکی از راه‌های کاهش تنش گرمایی استفاده از بتائین در جیره می‌باشد. بتائین به دلیل دارا بودن خاصیت تنظیم فشار اسمزی از مصرف انرژی توسط پمپ‌های یونی سلول جلوگیری می‌کند، در نتیجه انرژی مورد نیاز برای نگهداری پرنده، حتی در شرایط تنش گرمایی کاهش یافته و مقادیر بیشتری انرژی صرف رشد و تولید می‌شود (۲۳). بنابراین به دلیل اثرات متقابل بین کولین، بتائین و

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲- استاد گروه علوم دامی، دانشکده‌کشاورزی، دانشگاه فردوسی‌مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: hassanabadi@um.ac.ir
DOI: 10.22067/ijasr.v10i4.67924

متیونین، این مولکول‌های حاوی نیتروژن ممکن است در جیره‌های با حداقل قیمت قادر به جایگزینی به‌جای همدیگر باشند. همچنین این مواد ممکن است زمانی‌که بیشتر از سطح حداقل مکمل‌سازی شوند سودمندی‌هایی را به همراه داشته باشند (۵۳). با توجه به ماهیت به‌هم پیوسته بتائین، کولین و متیونین، بسیاری از تحقیقات جایگزینی یکی از مولکول‌ها را به جای دیگری در جیره طیور مورد بررسی قرار داده‌اند که نتایج متفاوتی در پی داشته است.

سودمندی استفاده از بتائین در صنعت طیور به‌صورت افزایش راندمان لاشه و درصد ماهیچه سینه و همچنین کاهش چربی شکمی (۲۱)، بهبود رشد و ضریب تبدیل خوراک در جیره دارای کمبود متیونین (۴۰)، بهبود عملکرد تحت تنش گرمایی (۴۸)، افزایش ریمتیلاسیون هموسیستئین از طریق متیونین سینتاز (۳۷) گزارش شده است. هرچند در این بین مطالعاتی نیز وجود دارد که اثرات معنی‌داری را از افزودن بتائین مشاهده نکردند (۳۸، ۵۷). لوکیک و همکاران (۲۷) بیان کردند که با جایگزینی کامل متیونین با بتائین باعث کاهش وزن بدن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک شد درحالی‌که سرعت مرگ و میر نیز کاهش یافت. گزارش شده است که مکمل‌سازی بتائین تا ۲۵ درصد متیونین جیره عملکرد رشدی را تحت تاثیر قرار نداد اما باعث افزایش ماهیچه سینه و محتوای پروتئین ماهیچه سینه در جوجه‌های گوشتی شد (۱۶).

از آنجایی که اطلاعات در مورد مقایسه منابع ال و دی ال-متیونین در شرایط تنش گرمایی محدود می‌باشد و همچنین تعیین مقدار مورد نیاز بدن به گروه متیل مشکل و پیچیده می‌باشد، مقدار دقیق مورد نیاز این گروه در جیره در منابع علمی گزارش نشده است. از طرفی به دلیل عدم درک کامل از مکانیسم‌های فیدبکی برای متابولیسم بتائین و چگونگی سودمند بودن آن برای حیوانات و صنعت طیور نیاز است تا مطالعات بیشتری در این زمینه انجام شود. از این روی، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر جایگزینی سطوح و منابع متیونین و جایگزینی آن با بتائین بر عملکرد رشد و صفات لاشه جوجه‌های گوشتی در دو شرایط دمایی متداول و تنش گرمایی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

پرندگان، جایگاه و جیره‌های آزمایشی: این پژوهش با استفاده از ۱۲۰۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه سویه راس ۳۰۸ با دو جنس مخلوط در دو سالن مجاور با شرایط یکسان انجام شد. سالن‌ها به‌عنوان واحد اصلی و ۱۲ جیره مختلف به‌عنوان واحد فرعی در نظر گرفته شد و آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت اسپلیت فاکتوریل با دو سطح جایگزینی بتائین (جایگزینی و یا عدم جایگزینی بتائین مصنوعی با ۳۰ درصد متیونین مصنوعی)×سه سطح متیونین (۳۰ درصد کمتر از احتیاجات، سطح احتیاجات، ۳۰ درصد بیشتر از احتیاجات)×دو منبع متیونین (دی ال و یا ال)×دو شرایط دمایی با ۵ تکرار و ۱۰ پرنده در هر تکرار انجام شد. جیره پایه ذرت-سویا مطابق با جدول احتیاجات مواد مغذی پیشنهادی سویه راس ۳۰۸ (به جز برای متیونین) برای سه دوره آغازین (۱۰-۱ روزگی)، رشد (۱۱ تا ۲۴ روزگی) و پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی) تنظیم شد که در جدول ۱ گزارش شده است (۳). سطح متیونین جیره پایه ۳۰ درصد کمتر از احتیاجات بود که با افزودن متیونین (دی‌ال-متیونین و یا ال-متیونین) مصنوعی به سطح احتیاجات یا ۳۰ درصد بیشتر از آن رسید. بتائین با ۳۰ درصد از متیونین مصنوعی در هر جیره جایگزین شد. جیره‌های آزمایشی به صورت زیر تهیه شدند:

جیره ۱ و ۲= جیره پایه با سطح دی ال-متیونین و یا ال-متیونین با ۳۰درصد متیونین کمتر ازاحتیاجات و بدون افزودن بتائین مصنوعی،

جیره ۳ و ۴= جیره پایه با سطح دی ال-متیونین و یا ال-متیونین با ۳۰ درصد متیونین کمتر از احتیاجات همراه با بتائین مصنوعی معادل ۳۰ درصد متیونین مصنوعی جیره،

جیره ۵ و ۶ = رساندن سطح متیونین جیره پایه به سطح احتیاجات با افزودن دی ال و یا ال-متیونین و بدون افزودن بتائین مصنوعی

جیره ۷ و ۸= رساندن سطح متیونین جیره پایه به سطح احتیاجات با افزودن دی ال-متیونین و یا ال-متیونین همراه با بتائین مصنوعی معادل ۳۰ درصد متیونین مصنوعی جیره

جیره ۹ و ۱۰= رساندن سطح متیونین جیره پایه به سطح ۳۰ درصد بیشتر از احتیاجات متیونین با افزودن دی ال و یا ال-متیونین و بدون افزودن بتائین مصنوعی

جیره ۱۱ و ۱۲= رساندن سطح متیونین جیره پایه به سطح ۳۰ درصد بیشتر از احتیاجات متیونین با افزودن دی ال-متیونین و یا ال-متیونین همراه با بتائین مصنوعی معادل ۳۰ درصد متیونین مصنوعی جیره.

بتائین جایگزین ۳۰ درصد از دی ال-متیونین و یا ال-متیونین مصنوعی جیره شد مقدار آن بر اساس وزن مولکولی محاسبه گردید (گروه متیل موجود در بتائین ۳/۷۵ برابر گروه متیل موجود در متیونین می‌باشد) (۱۶). برنامه نوری به صورت ۲۳ ساعت روشنایی و ۱ ساعت خاموشی اعمال شد و آب و خوراک در کل دوره به صورت آزاد و مداوم در اختیار پرندگان قرار گرفت. دمای هر دو سالن تا سن ۱۰ روزگی جوجه‌ها در دمای توصیه شده دفترچه راهنمای پرورش سویه تنظیم گردید. بعد از این سن، دمای یکی از سالن‌ها هر هفته ۳ درجه کاهش داده شد تا به دمای پایه (۲۳ °C) در سن ۲۸ روزگی برسد و تا پایان دوره در این دما ثابت نگه داشته شد. دمای سالن دیگر از ساعات ۸:۰۰ تا۹:۳۰ صبح به‌تدریج به ۳۲ درجه سانتی‌گراد رسانیده شد و به مدت ۶ ساعت در این دما حفظ شد (ساعت ۱۵:۳۰). بعد از آن دما به‌تدریج به دمای پایه کاهش داده شد (ساعت ۱۷:۰۰).

جدول ۱- اجزا و ترکیب شیمیایی جیره‌های پایه در بازه زمانی مختلف (٪)[۱]

Table 1- Ingredients and nutrient composition of basal experimental diets in different periods (%)[1]

اجزاء Ingredients, %	آغازین (۱۰-۱ روزگی) Starter (1–10 d)	رشد (۲۴-۱۱ روزگی) Grower (11–24 d)	پایانی (۴۲-۲۵ روزگی) Finisher (25–42 d)
ذرت، ۸ درصد پروتئین Corn, ۸ % CP	31.21	25.37	29.99
کنجاله سویا، ۴۴ درصد پروتئین Soybean meal, 44 % CP	39.09	33.97	28.56
گندم Wheat	20.00	30.00	30.00
روغن سویا Soybean oil	5.360	6.740	7.470
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	1.870	1.640	1.700
سنگ آهک Limestone	1.140	1.050	1.060
نمک طعام NaCl	0.360	0.350	0.350
دی ال-متیونین[۱] DL-Methionine[1]	0.050	0.030	0.030
ال-لیزین هیدروکلرید L-Lysine - HCl	0.320	0.270	0.280
ال- ترئونین L-Threonine	0.100	0.080	0.060
مکمل ویتامینی Vitamin premix[2]	0.250	0.250	0.250
مکمل معدنی Mineral premix[2]	0.250	0.250	0.250
مقدار محاسبه شده (٪) Calculated values (%)			
انرژی قابل متابولیسم، کیلوکالری/کیلوگرم Metabolisable energy, Kcal/kg	3000	3100	3200
پروتئین خام Crude protein%	23.00	21.50	19.50
کلسیم Calcium	0.960	0.870	0.870
فسفر قابل دسترس Available phosphorus	0.480	0.430	0.430
سدیم Sodium	0.160	0.160	0.160
متیونین Methionine	0.392	0.357	0.239
متیونین+سیستین Methionine+cystine	0.756	0.709	0.652
لیزین Lysine	1.440	1.290	1.160
ترئونین Threonine	0.970	0.880	0.780

[۱] ال-متیونین نیز با مقادیر مشابه با دی ال-متیونین به جیره‌های دارای ال-متیونین افزوده شد.

[1] L-methionine was also added to diets containing L-methionine with similar amounts to DL-methionine

[۲] مکمل ویتامینه و مواد معدنی مواد زیر را در هر کیلوگرم از جیره تأمین می‌کرد: ویتامین A، ۸۸۰۰ واحد بین‌المللی؛ کوله کلسیفرول، ۲۵۰۰واحد بین‌المللی؛ ویتامین E، ۸۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین K3، ۲/۲میلی‌گرم؛ ویتامین B12، ۰/۰۱ میلی‌گرم؛ تیامین، ۱/۵میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین؛ ۴ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۳۵ میلی‌گرم؛ اسید فولیک، ۰/۵ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۱۵ میلی‌گرم؛ پیرودوکسین، ۲/۵ میلی‌گرم؛اسید پنتوتنیک، ۸ میلی‌گرم؛ کولین کلراید، ۵۰ میلی‌گرم بتائین، ۱۹۰میلی‌گرم؛ روی، ۶۵ میلی‌گرم؛ منگنز، ۷۵ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۲میلی‌گرم؛ ید، ۰/۹میلی‌گرم؛ مس، ۶ میلی‌گرم؛ آهن، ۷۵ میلی‌گرم

[2] upplied per kg of diet: vitamin A as acetate, 8800 IU; Cholecalciferol, 2500 IU; vitamin E (as dl-α tocopherol) 80 IU, vitamin K3, 2.2 mg; Vitamin B12, 0.01 mg, thiamine, 1.5 mg; Riboflavin, 4 mg; Niacin 35 mg, folic acid 0.5 mg; Biotin, 0.15 mg; pyridoxine 2.5 mg; pantothenate, 8 mg; choline chloride, 50 mg; Betaine 190 mg; Zinc, 65 mg; Magnesium, 75 mg; selenium, 0.2 mg; iodide, 0.9 mg; Copper, 6 mg; Iron, 75 mg.

افزایش وزن و خوراک مصرفی روزانه جوجه‌ها به صورت گرم در روز به‌ازای هر جوجه برای تمام واحدهای آزمایشی در پایان هر دوره اندازه‌گیری شد. به منظور افزایش دقت در اندازه‌گیری افزایش وزن بدن، دانخوری‌ها ۲ ساعت قبل از توزین از دسترس جوجه‌ها خارج می‌شد و برای جوجه‌های تلف شده نیز تصحیح انجام گرفت. مقدار خوراک مصرفی برای هر جوجه با استفاده از فرمول روز مرغ به‌دست آمد و ضریب تبدیل برای هر واحد آزمایشی از تقسیم مقدار خوراک مصرفی بر افزایش وزن بدن در کل دوره محاسبه شد. برای تعیین درصد تلفات هر پن در کل دوره، تلفات هر پن شمارش و درصد آن نسبت به کل جوجه‌های آن پن محاسبه گردید. به منظور به‌دست آوردن میزان عملکرد گله در تیمارهای مختلف، شاخص کارایی تولید برای هر تیمار با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۲۸).

(۱)

۱۰۰× ((تعداد روزهای پرورش × ضریب تبدیل خوراک/ (درصد زنده مانی × وزن زنده (کیلوگرم))) = شاخص کارایی تولید

در روز پایانی آزمایش (سن ۴۲ روزگی) از هر واحد آزمایشی یک قطعه پرنده (۵ قطعه از هر تیمار) که وزن آن به میانگین وزنی پن نزدیک بود، انتخاب، توزین و کشتار شد. پس از انجام عملیات پوست‌کنی، وزن لاشه، سینه و ران‌ها و همچنین اندام‌های داخلی شامل قلب، کبد، طحال، بورس فابریسیوس، چربی شکمی و پانکراس اندازه‌گیری شد.

تجزیه آماری: آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت اسپلیت فاکتوریل ۲×۲×۳×۲ (دو منبع متیونین ال و یا دی ال-متیونین× دو شرایط دمایی × سه سطح متیونین × دو سطح بتائین) با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۴۷) و رویه مدل خطی عمومی GLM مورد تجزیه آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال (P<۰/۰۵) انجام شد. مدل آماری به صورت زیر بود:

(۲)

$$Y_{ijklr}=\mu+A_i+Ea_{ir}+B_j+C_k+D_l+AB_{ij}+AC_{ik}+AD_{il}+BC_{jk}+BD_{jl}+CD_{kl}+ABC_{ijk}+ABD_{ijl}+BCD_{jkl}+ABCD_{ijkl}+ Eb_{ijklr}$$

Y_{ijklr}: مشاهده مربوط به سطح iام فاکتور دما و سطح jام فاکتور سطح متیونین و سطح kام فاکتور نوع متیونین و سطح lام فاکتور بتائین در تکرار rام؛ μ: میانگین مشاهدات، A_i: اثر سطح iام فاکتور دما؛ Ea_{ir}: اشتباه اصلی در واحد اصلی مربوط به سطح iام فاکتور دما در تکرار rام؛ B_j: اثر سطح jام فاکتور سطح متیونین؛ C_k: اثر سطح kام فاکتور نوع متیونین؛ D_l: اثر سطح lام فاکتور بتائین؛ AB_{ij}: برهم‌کنش سطح iام فاکتور دما و سطح jام فاکتور سطح متیونین؛ AC_{ik}: برهم‌کنش سطح iام فاکتور دما و سطح kام فاکتور نوع متیونین؛ AD_{il}: برهم‌کنش سطح iام فاکتور دما و سطح lام فاکتور بتائین؛ BC_{jk}: برهم‌کنش سطح jام فاکتور سطح متیونین و سطح kام فاکتور نوع متیونین؛ BD_{jl}: برهم‌کنش سطح jام فاکتور سطح متیونین و سطح lام فاکتور بتائین؛ CD_{kl}: برهم‌کنش سطح kام فاکتور نوع متیونین و سطح lام فاکتور بتائین؛ ABC_{ijk}: برهم‌کنش سطح iام فاکتور دما و سطح jام فاکتور سطح متیونین و سطح kام فاکتور نوع متیونین؛ ABD_{ijl}: برهم‌کنش سطح iام فاکتور دما و سطح jام فاکتور سطح متیونین و سطح lام فاکتور بتائین؛ BCD_{jkl}: برهم‌کنش سطح jام فاکتور سطح متیونین و سطح kام فاکتور نوع متیونین و سطح lام فاکتور بتائین؛ $ABCD_{ijkl}$: برهم‌کنش سطح iام فاکتور دما و سطح jام فاکتور سطح متیونین و سطح kام فاکتور نوع متیونین و سطح lام فاکتور بتائین؛ E_{bijklr}: اشتباه فرعی

نتایج و بحث

نتایج مربوط به اثرات سطوح و منابع متیونین و بتائین و همچنین اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد رشد و درصد تلفات جوجه‌های گوشتی در شرایط دمایی متداول و تنش گرمایی در سن ۴۲ روزگی در جدول ۲ گزارش شده است. مصرف خوراک در پرندگان تغذیه شده با سطح بالاتر از احتیاجات متیونین نسبت به پرندگان تغذیه شده با جیره‌های دارای سطح احتیاجات و کمتر از احتیاجات متیونین به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰۵). افزایش وزن جوجه‌ها در جیره-های دارای متیونین احتیاجات و بالاتر از احتیاجات نسبت به جیره دارای متیونین کمتر از احتیاجات به‌طور معنی‌داری بالاتر بود (P<۰/۰۵). منابع متیونین و جایگزینی بتائین با ۳۰ درصد از متیونین مصنوعی جیره تأثیر معنی‌داری بر مصرف خوراک، افزایش وزن، ضریب تبدیل خوراک شاخص کارایی تولید و درصد تلفات نداشت (P>۰/۰۵). اثر دما بر این شاخص‌ها معنی‌دار گردید و پرندگانی که تحت شرایط تنش گرمایی پرورش یافتند مصرف خوراک، افزایش وزن و شاخص کارایی تولید کمتر و ضریب تبدیل خوراک و درصد تلفات بیشتری را نسبت به همتای خود در شرایط دمایی متداول نشان دادند (P<۰/۰۵). اثر متقابل دوگانه بین منبع متیونین و سطح متیونین در مورد ضریب تبدیل خوراک و شاخص کارایی تولید معنی‌دار بود (جدول ۳)، به‌طوری‌که پرندگان تغذیه شده با جیره دارای ال-متیونین و سطح پایین‌تر از احتیاجات متیونین ضریب تبدیل پایین‌تری (۱/۹۴) نسبت به پرندگان تغذیه شده با جیره دارای دی ال-متیونین در همان سطح (۲/۰۲) نشان دادند؛ اما بین سایر سطوح دی ال و ال-متیونین به‌صورت متناظر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P>۰/۰۵). شاخص کارایی تولید با افزایش سطح دی ال-متیونین جیره بهبود یافت (P<۰/۰۵) اما تفاوتی بین بالاترین سطح ال-متیونین و سطح استاندارد آن مشاهده نشد.

جدول ۲- تأثیر سطوح متیونین و جایگزینی بتائین بر عملکرد رشد، تلفات (٪) و شاخص کارایی تولید جوجه‌های گوشتی در شرایط دمایی متداول و تنش‌گرمایی درسن ۴۲ روزگی[۱]

Table 2- Effects of methionine levels and betaine replacement on growth performance, mortality (%) and production efficiency factor of broilers in normal and heat stress conditions at 42 day of age[1]

متغیر Item				مصرف خوراک (گرم/پرنده/روز) Feed intake (g/bird/d)	افزایش وزن (گرم/پرنده/روز) Weight gain (g/bird/d)	ضریب تبدیل خوراک (گرم:گرم) Feed conversion ratio (g : g)	شاخص کارایی تولید Production efficiency factor	تلفات (٪) Mortality (%)
دما Temp	منبع متیونین Met source	سطح متیونین[۲] Met level	بتائین[۳] betaine					
تنش گرمایی Heat stress				95.12[b]	52.76[b]	1.811	316.4	7.166[a]
متداول Normal				98.04[a]	56.20[a]	1.752	365.9	2.666[b]
SEM[‡]				0.5915	0.274	0.007	4.212	1.142
	دی ال- متیونین DL-Met			96.49	54.14	1.790	239.5	5.166
	ال-متیونین L-Met			96.66	54.82	1.772	342.8	4.663
SEM				0.8134	0.509	0.011	4.863	0.819
		-30%		97.14[a]	49.42[b]	1.987	275.0	5.750
		توصیه شده recommended		98.86[a]	57.39[a]	1.703	371.3	4.250
		+30%		93.73[b]	56.62[a]	1.655	377.1	4.750
SEM				0.990	0.612	0.016	5.956	1.003
			دارای بتائین +betaine	96.54	54.78	1.770	343.7	4.666
			فاقد بتائین - betaine	96.61	54.18	1.797	338.6	5.166
SEM				0.814	0.505	0.016	4.861	0.819
Source of variation					P-value			
دما Temp				0.025	0.008	0.003	0.001	0.049
منبع متیونین Met source				0.878	0.344	0.102	0.641	0.667
سطح متیونین Met level				0.003	<0.001	<0.001	<0.001	0.562
بتائین Betaine				0.955	0.403	0.219	0.465	0.667
منبع متیونین× دما Temp ×Met source				0.837	0.532	0.189	0.291	0.667
سطح متیونین×دما Temp ×Met level				0.945	0.745	0.812	0.439	0.780
بتائین×دما Temp × Betaine				0.965	0.821	0.634	0.356	0.885
بتائین× سطح متیونین× منبع متیونین×دما Temp ×Met source ×Met level× Betaine				0.979	0.999	0.945	0.950	0.920
سطح متیونین× منبع متیونین×دما Temp × Met source ×Met level				0.933	0.992	0.767	0.888	1.000
بتائین× سطح متیونین×دما Temp ×Met level× Betaine				0.994	0.984	0.882	0.733	0.920
بتائین× منبع متیونین×دما Temp ×Met source × Betaine				0.986	0.797	0.729	0.923	0.885
سطح متیونین×منبع متیونین Met source ×Met level				0.999	0.337	0.030	0.033	0.374
بتائین× سطح متیونین Met level× Betaine				0.987	0.942	0.867	0.262	0.780
بتائین× سطح متیونین×منبع متیونین Met source × Met level× Betaine				0.999	0.916	0.872	0.664	0.780
بتائین× منبع متیونین Met source × Betaine				0.989	0.953	0.879	0.555	0.667

[۱] هر چهار فاکتور دارای ۵ تکرار و ۱۰ قطعه پرنده در هر تکرار بود. [۲] سطوح متیونین به‌صورت:۳۰٪- = سطح دی ال یا ال-متیونین ۳۰ درصد کمتر از احتیاجات، توصیه شده= دی ال و یا ال-متیونین در سطح احتیاجات، ۳۰٪+ = سطح دی ال و یا ال-متیونین ۳۰ درصد بیشتر از احتیاجات. [۳] در جیره‌های دارای بتائین، بتائین جایگزین ۳۰ درصد از دی ال و یا ال-متیونین مصنوعی در هر جیره شد. [a-c] در هر ستون حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

[1]Each four-factor combinations had 5 replicate pens of 10 birds each (r=5). [2]-30%= DL- or L-Met was 30% lower than recommendation, recommende = DL- or L-Met was recommendation levels, +30%= DL- or L-Met was 30% higher than recommendation levels. [3] In diet containing betaine, betaine was replaced with 30% of supplemental DL - or L-methionine. [a-c] Means without common superscript within a column was significantly different (p<0.05).

تأثیر متیونین و بتائین بر درصد وزنی بخش‌های مختلف لاشه و وزن نسبی اندام‌های گوارشی جوجه‌های گوشتی در شرایط دمایی متداول و تنش گرمایی و همچنین اثرات متقابل آن‌ها در جدول ۴ تا ۶ گزارش شده است. جوجه‌های تغذیه شده با جیره‌های دارای کمترین سطح متیونین وزن لاشه کمتری نسبت به جوجه‌های تغذیه شده با بالاترین سطح متیونین داشتند (P<۰/۰۵) که اختلاف آنها با جوجه‌های تغذیه شده با سطح احتیاجات متیونین معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). همچنین جیره دارای کمترین سطح متیونین وزن ران کمتری نسبت به دو سطح دیگر متیونین داشتند (P<۰/۰۵). منبع متیونین و سطح بتائین اثر معنی‌داری بر هیچ‌یک از بخش‌ها نداشت (P>۰/۰۵). تنش گرمایی باعث کاهش وزن لاشه و ران جوجه‌های گوشتی در مقایسه با دمای نرمال شد. اثر متقابل دما و سطح متیونین برای درصد وزن سینه معنی‌دار بود (P<۰/۰۵)؛ به‌طوری که پرندگان تغذیه شده با بالاترین سطح متیونین در شرایط دمایی نرمال وزن سینه بالاتری نسبت به همتای خود در شرایط تنش گرمایی داشتند. درصد چربی شکمی در سطح احتیاجات و کمتر از احتیاجات متیونین به‌ترتیب کمترین (۱/۲۱۶) و بیشترین (۱/۵۲۰) مقدار را داشت (P<۰/۰۵). تنش گرمایی نیز باعث افزایش معنی‌دار درصد چربی شکمی شد (P<۰/۰۵).

متیونین ارتباط مستقیمی با بهبود عملکرد در پرندگان دارد که می‌تواند به دلیل اثر متیونین در تحریک فاکتورهای رشدی و ساخت و شکستن پروتئین‌ها باشد (۱۲). زمانی‌که غلظت مواد مغذی در جیره افزایش می‌یابد، پرندگان خوراک مصرفی خود را جهت دریافت مقدار کافی مواد مغذی کاهش می‌دهند (۷). در پژوهش حاضر نیز با افزایش سطح متیونین جیره میزان خوراک مصرفی کاهش یافت. نتایج ما در مورد افزایش وزن و خوراک مصرفی با نتایج تعدادی از محققین همخوانی داشت (۱۱، ۱۲، ۲۲). برخی از محققین بر این باورند که سطوح اسید آمینه توصیه شده توسط NRC (۳۴) برای حداکثر عملکرد رشدی پرنده کافی نمی‌باشد (۳۱، ۴۹). در این مطالعه با افزودن سطح متیونین از ۱۰۰ به ۱۳۰ درصد احتیاجات مصرف خوراک کاهش و ضریب تبدیل بهبود یافت که با نتایج پیشین همخوانی داشت.

جایگزینی بتائین با ۳۰ درصد از متیونین مصنوعی جیره تفاوت معنی‌داری را در هیچ‌یک از پارامترهای عملکردی نشان نداد. بنابراین می‌توان چنین گفت که بتائین می‌تواند با جایگزین شدن مقداری از متیونین جیره عملکردی مشابه با متیونین داشته باشد. توانایی بتائین برای جایگزین شدن با بخشی از متیونین جیره جوجه‌های گوشتی موضوعی بحث برانگیز است و در این زمینه نظرات مختلفی وجود دارد. ویرتانن و روسی (۵۶) گزارش کردند که جیره پایه (سطح متیونین ۷۵ درصد کمتر از احتیاجات) با سطوح ۰/۰۵، ۰/۱ یا ۰/۱۵ درصد متیونین یا بتائین (در سطحی برابر) مکمل‌سازی شد پاسخ به بتائین بیشتر از متیونین بود، در حالی که ما از افزودن بتائین در سطح برابر با متیونین پاسخ‌های مشابه و غیر معنی‌داری را مشاهده نمودیم. بتائین به دلیل خاصیت اسمولیتی می‌تواند ساختار و عملکرد روده و به دنبال آن عملکرد رشدی را بهبود بخشد. بنابراین به نظر می‌رسد که بتائین و متیونین می‌توانند در کمبودهای کم متیونین منجر به یک پاسخ رشدی برابر در جوجه‌های گوشتی شوند.

تغذیه جیره‌های دارای کمبود متیونین به پرندگان باعث افزایش فعالیت بتائین-هموسیستئین-متیل ترانسفراز می‌شود که به‌طور ویژه‌ای انتقال گروه‌های متیل ناپایدار تشکیل شده را از بتائین به هموسیستئین تسریع می‌کند که در نتیجه به‌طور برگشت‌ناپذیری به سیستئین جهت ساخت پروتئین تبدیل می‌شود و یا اینکه از طریق ری متیلاسیون توسط دیگر منابع دهنده متیل به متیونین تبدیل می‌شود که این افزایش فعالیت بتائین-هموسیستئین-متیل ترانسفراز با افزودن بتائین نیز حاصل می‌شود (۱۳). بنابراین یکسان بودن عملکرد رشدی جوجه‌های تغذیه شده با جیره حاوی بتائین در این مطالعه می‌تواند به دلیل همزمان شدن کمبود متیونین با افزودن بتائین باشد. نتایج تحقیقات پستی و همکاران (۳۶) و ژان و همکاران (۶۰) نیز نشان داد که در جیره‌های ذرت-سویا حدود ۲۵ درصد از احتیاجات متیونین جیره می‌تواند با بتائین جایگزین شود. از طرفی برخی از مطالعات نشان دادند که بتائین نمی‌تواند جایگزین متیونین در جیره‌های دارای کمبود متیونین شود (۱۵). در مطالعه انجام شده توسط میاحی و معتمد (۲۹) افزودن ۱ و ۲ کیلوگرم در تن بتائین بر جیره پایه تأثیری بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در سن ۲۱ و ۴۲ روزگی نداشت. رحیمی و همکاران (۳۹) تأثیر بتائین را بر میزان دفع اوسیت در بیماری کوکسیدیوز و عملکرد جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی آنها نشان داد که افزودن بتائین به میزان ۰/۱۵ درصد بر افزایش وزن بدن، خوراک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک اثری ندارد. مدیر صانعی و همکاران (۳۲) تأثیر بتائین بر میزان کارایی سالینومایسین در جوجه‌های گوشتی مبتلا به عفونت کوکسیدیای تجربی را مورد مطالعه قرار دادند و مشاهده کردند که بتائین همراه با سالینومایسین در جیره سبب بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی مبتلا به کوکسیدیوز می‌شود ولی بر خوراک مصرفی تأثیر ندارد. ثعلبی و همکاران (۴۵) اثر جایگزینی سطوح ۰، ۱۳ و ۲۶ درصد بتائین را با متیونین در دو شرایط دمایی متداول و تنش گرمایی مورد بررسی قرار دادند که تیمار تغذیه شده با سطح ۱۳ درصد جایگزینی در دمای متداول بهترین مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک را نسبت به گروه شاهد نشان داد. گزارش شده است که بتائین

رشد خوک‌ها را با افزایش ساخت هورمون رشد افزایش می‌دهد (۴۳). در مجموع، این نتایج نشان می‌دهد که تأثیر مکمل‌سازی بتائین بر عملکرد پرنده ممکن است بستگی به ترکیب جیره، سطح متیونین جیره و مقدار بتائین مکمل شده و عوامل مدیریتی پرورش داشته باشد.

یکی از اهداف مطالعه حاضر، مقایسه پاسخ عملکردی پرندگان به نوع متیونین جیره بود. تفاوت معنی‌داری بین دو منبع دی و ال-متیونین مشاهده نشد اما بین منبع متیونین و سطح متیونین اثر متقابل معنی‌داری برای ضریب تبدیل خوراک وجود داشت (جدول ۳)، به گونه‌ای که پرندگان تغذیه شده با جیره دارای سطح پایین متیونین و حاوی ال-متیونین ضریب تبدیل پایین‌تری (۱/۹۴) نسبت به پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی دی ال-متیونین (۲/۰۲) در همان سطح نشان دادند. بسیاری از محققین بازدهی یکسانی را بین ال-متیونین و دی ال-متیونین گزارش کردند (۱۴). اما گزارشاتی هم وجود دارد که بیان می‌کند ال-متیونین بهره‌وری بالاتری نسبت به دی ال-متیونین دارد (۵۱، ۵۲). طبق نتایج تحقیقات شن و همکاران (۵۲) پرندگان به ۱۳۸ و ۱۴۱ واحد از دی ال-متیونین برای رسیدن به افزایش وزن و ضریب تبدیل خوراک که با ۱۰۰ واحد ال-متیونین حاصل می‌شود نیاز دارند. بنابراین ال-متیونین نسبت به دی ال-متیونین توسط پرندگان به صورت مؤثرتری مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ زیرا اسید آمینه دی ال-متیونین در بدن باید به ال-متیونین تبدیل شود. بهره‌وری متفاوت از ایزومرهای متیونین در بین مطالعات می‌تواند به دلیل تفاوت در سن پرندگان مورد مطالعه باشد (۸)، زیرا تحقیقات نشان داده‌اند که بیان دی‌آمینو اسید اکسیدازها در پرندگان جوان بسیار کمتر است (۹). اکثر این تحقیقات در سن ۸ تا ۲۰ روزگی و بیشتر انجام شده است در حالی‌که در مطالعه حاضر جیره‌های آزمایشی از روز اول اعمال شد.

جدول ۳- اثر متقابل منبع متیونین و سطح متیونین بر ضریب تبدیل خوراک و شاخص کارایی تولید جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره دارای متیونین و بتائین در شرایط دمایی متداول و تنش گرمایی در سن ۴۲ روزگی[۱]

Table 3- Interaction effect of Met source and Met level on feed conversion ratio and production efficiency factor in broilers fed diet containing methionine and betaine in normal and heat stress conditions at 42 day of age [1]

منبع متیونین Met source	سطح متیونین[۲] Met level	ضریب تبدیل خوراک Feed conversion ratio (g : g)	شاخص کارایی تولید Production efficiency factor
	-30%	2.02[a]	267.3[c]
دی ال-متیونین	توصیه شده	1.71[c]	363.0[b]
DL-Met	recommended		
	+30%	1.65[d]	388.4[a]
	-30%	1.94[b]	282.8[c]
ال-متیونین	توصیه شده	1.70[c]	379.7[ab]
L-Met	recommended		
	+30%	1.66[cd]	365.8[ab]
SEM		0.016	8.423
P-value		0.030	0.0331

[۱] هر چهار فاکتور دارای ۵ تکرار و ۱۰ قطعه پرنده در هر تکرار بود. [۲]سطوح متیونین به‌صورت:۳۰٪- = سطح دی ال یا ال-متیونین ۳۰ درصد کمتر از احتیاجات، توصیه شده= دی ال و یا ال-متیونین در سطح احتیاجات، ۳۰٪+ = سطح دی ال و یا ال-متیونین ۳۰ درصد بیشتر از احتیاجات. [a-c] در هر ستون حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها بود.

[1]Each four-factor combinations had 5 replicate pens of 10 birds each (r=5). [2]-30%= DL- or L-Met was 30% lower than recommendation, recommende = DL- or L-Met was recommendation levels, +30%= DL- or L-Met was 30% higher than recommendation levels. [a-c] Means without common superscript within a column was significantly different ($p<0.05$).

تنش گرمایی بار متابولیکی را در حیوان و انسان ایجاد می‌کند و آسیبی که بر عملکرد پرنده وارد می‌کند با تغییرات فیزیولوژیکی ایجاد شده در بدن پرنده قابل توضیح است (۵۸). بنابراین مکانیسم‌های کیفیتی و محیطی مانند کاهش مصرف خوراک و افزایش مصرف آب

در درجه اول جهت تقلیل سرعت متابولیکی و افزایش اتلاف حرارتی بدن مورد استفاده قرار می‌گیرند (۳۳). در مطالعه حاضر پرندگان پرورش یافته در شرایط تنش گرمایی مصرف خوراک کمتری را نسبت به همتای خود در شرایط بدون تنش گرمایی داشتند. تحقیقات نشان داده است که تنش گرمایی مزمن باعث کاهش مصرف خوراک (۱۶/۴ درصد)، کاهش وزن بدن (۳۲/۶ درصد) و افزایش ضریب تبدیل غذایی (۲۵/۶ درصد) در سن ۴۲ روزگی می‌شود (۵۴). نتایج ما با نتایج محقیق دیگر (۵، ۱۰) که بیان کردند عملکرد پرنده با قرار گرفتن در معرض تنش گرمایی در مقایسه با تیمار کنترل کاهش می‌یابد مطابقت دارد. تنش گرمایی باعث مختل شدن تعادل باکتری‌های روده شده و از این روی باعث کاهش قابلیت هضم و جذب مواد مغذی می‌شود (۱۹). همچنین گزارش شده است که کاهش وزن بدن احتمالاً به دلیل آزاد شدن هورمون‌هایی مانند هورمون تحریک‌کننده تیروئید می‌باشد که با افزایش سرعت متابولیکی پایه منجر به کاهش وزن بدن می‌شود (۱۷). شاخص کارایی تولید بیانگر عملکرد تولیدی طیور می‌باشد زیرا بازتابی از میانگین وزن زنده، ضریب تبدیل خوراک و بقای گله است. بنابراین طیوری که عملکرد بهتری داشته باشند شاخص کارایی تولید بالاتری نیز خواهند داشت. از آنجایی که کمترین سطح متیونین و همچنین اعمال تنش گرمایی اثر منفی بر عملکرد پرندگان داشت انتظار می‌رود که پرندگان تغذیه شده با جیره دارای سطح پایین متیونین و پرندگان پرورش یافته در شرایط تنش گرمایی شاخص کارایی تولید کمتری را به خود اختصاص دهند.

در مطالعه حاضر، با افزایش سطح متیونین جیره پایه به سطح احتیاجات و ۳۰ درصد بیشتر از احتیاجات درصد وزن لاشه، سینه و ران بهبود یافت. نقش تنظیمی متیونین بر عملکرد و تولید گوشت سینه در جوجه‌های گوشتی در چندین مطالعه نشان داده شده است (۶). در یک گزارش تولید گوشت سینه در پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۰/۵۱ درصد متیونین در سن ۴۲ روزگی بیشتر از پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی ۰/۴۱ درصد متیونین در سن ۲۲تا ۴۲ روزگی بود که این امر ممکن است به دلیل رسوب بیشتر پروتئین در ماهیچه سینه باشد (۵۹).

در این پژوهش، همانند شاخص‌های عملکردی، جایگزین کردن بتائین با ۳۰ درصد متیونین جیره پاسخ‌های مشابه با متیونین نشان داد. مک دویت و همکاران (۳۰) بیان کردند که بتائین ممکن است برخی اثرات مفید را بر تولید گوشت سینه داشته باشد اما نمی‌تواند جایگزین مؤثری برای دی ال-متیونین باشد که با نتایج ما همخوانی نداشت. در مطالعه ثعلبی و همکاران (۴۵) گروه دریافت‌کننده ۱۳ درصد جایگزینی با بتائین و گروه شاهد بیشترین درصد وزنی گوشت سینه را داشتند و اثر بتائین بر درصد گوشت سینه در تیمارهای تحت تنش گرمایی بیش از تیمارهای فاقد تنش گرمایی بود. محققین دیگر گزارش کردند که بتائین در تولید گوشت سینه نسبت به متیونین مؤثرتر عمل می‌کند (۵۶).

تحقیقات نشان داده است که بتائین همانند متیونین می‌تواند باعث افزایش درصد گوشت سینه و کاهش چربی شکمی در پرندگان شود. این محققین بیان کردند که بتائین در جیره‌های دارای کمبود متیونین با کنترل مقدار بتائین-هموسیستئین-متیل ترانسفراز می‌تواند جایگزین متیونین شود. بنابراین مکمل‌سازی جیره با بتائین می‌تواند وزن لاشه و بخش‌های مختلف آن را تحت تأثیر قرار دهد که به دلیل خاصیت متیل دهندگی بتائین در افزایش متیونین، سیستین و گلایسین برای ساخت پروتئین می‌باشد (۱، ۶۱). در مطالعه حاضر افزایش سطح متیونین جیره تا سطح احتیاجات کاهش معنی‌داری را در مقدار چربی شکمی ایجاد کرد و با افزایش سطح متیونین به بیش از سطح احتیاجات میزان چربی شکمی نسبت به جیره دارای سطح استاندارد متیونین افزایش معنی‌داری را نشان داد. در مورد چربی شکمی نیز می‌توان به تأثیر مثبت بتائین در این تحقیق اشاره کرد. بتائین جیره اثرات مثبتی را بر خصوصیات لاشه خوک‌ها از طریق کاهش میزان چربی لاشه و ضخامت چربی پشت اعمال می‌کند بدون اینکه تأثیری بر عملکرد خوک‌ها داشته باشد (۴۶). بهبود در میزان چربی لاشه ممکن است به دلیل دسترسی بیشتر متیونین و سیستئین برای رسوب پروتئین باشد؛ زیرا افزایش فراهمی اسیدهای آمینه جیره برای ساخت پروتئین منجر به کاهش فراهمی اسیدهای آمینه جهت دآمیناسیون و نهایتاً ساخت بافت چربی می‌شود (۱۹). بر این اساس تغییرات در سطح هورمون‌ها و فاکتورهای درگیر در رشد و تنظیم ساخت و تجزیه چربی، همچنین فعالیت کمتر آنزیم‌های لیپوژنیک در جیره‌های مکمل شده با بتائین مشاهده شده است. نقش دیگر بتائین در متابولیسم چربی، افزایش ساخت ترکیبات متیله شده در کبد و کلیه مانند کارنیتین و کراتین می‌باشد. افزایش در غلظت کارنیتین در کبد می‌تواند اکسیداسیون اسیدهای چرب را تسهیل کند و قابلیت دسترسی اسیدهای چرب بلند زنجیر را برای ذخیره شدن در بافت چربی کاهش دهد (۲۰).

جدول ٤- تأثیر سطح و منبع متیونین و جایگزینی بتائین بر درصد وزن لاشه (نسبت به وزن زنده) و سینه و ران (نسبت به وزن لاشه) جوجه‌های گوشتی در شرایط دمایی متداول و تنش گرمایی در سن ۴۲ روزگی[۱]

Table 4- Effects of methionine (Met) levels and sources and betaine replacement on carcase yield (Percentage of live weight) and breast yield and tights (Percentage of carcass weight) of broilers in normal and heat stress conditions at 42 day of age[1]

متغیر Item				لاشه[۲] Carcass	سینه Breast	ران‌ها Thights
دما Temp	منبع متیونین Met source	سطح متیونین[۳] *Met level	بتائین[۴] betaine			
تنش گرمایی Heat stress				67.31[b]	26.77	22.31[b]
متداول Normal				69.23[a]	28.02	24.81[a]
SEM‡				0.389	0.164	0.439
	دی ال-متیونین DL-Met			68.13	27.23	23.72
	ال-متیونین L-Met			68.41	27.56	22.40
SEM				0.383	0.282	0.264
		-30%		67.22[b]	25.99	22.52[b]
		توصیه شده recommended		68.48[ab]	27.90	23.99[a]
		+30%		69.17[a]	28.30	۲۴.۱۷[a]
SEM				0.470	0.346	0.323
			دارای بتائین + betaine	68.31	27.47	23.73
			فاقد بتائین - betaine	68.23	27.32	23.39
SEM				0.383	0.282	0.264
Source of variation					P-value	
دما Temp				0.024	0.005	0.015
منبع متیونین Met source				0.602	0.421	0.405
سطح متیونین Met level				0.017	<0.001	<0.001
بتائین Betaine				0.875	0.709	0.368
منبع متیونین× دما Temp ×Met source				0.355	0.846	0.885
سطح متیونین×دما Temp ×Met level				0.455	0.031	0.357
بتائین×دما Temp × Betaine				0.781	0.846	0.636
بتائین× سطح متیونین× منبع متیونین×دما Temp ×Met source ×Met level× Betaine				0.815	0.404	0.818
سطح متیونین× منبع متیونین×دما Temp × Met source ×Met level				0.653	0.800	0.756
بتائین× سطح متیونین×دما Temp ×Met level× Betaine				0.442	0.857	0.983
بتائین× منبع متیونین×دما Temp ×Met source × Betaine				0.257	0.434	0.501
سطح متیونین×منبع متیونین Met source ×Met level				0.493	0.928	0.956
بتائین× سطح متیونین Met level× Betaine				0.641	0.422	0.976
بتائین× سطح متیونین×منبع متیونین Met source × Met level× Betaine				0.798	0.924	0.922
بتائین× منبع متیونین Met source × Betaine				0.470	0.470	0.617

[۱] هر چهار فاکتور دارای ۵ تکرار و ۱۰ پرنده در هر تکرار بود. [۲]لاشه پوست کنده شده. [۳]سطوح متیونین به صورت:۳۰٪- = سطح دی ال یا ال-متیونین ۳۰ درصد کمتر از احتیاجات، توصیه شده= دی ال و یا ال-متیونین در سطح احتیاجات، ۳۰٪+ = سطح دی ال و یا ال-متیونین ۳۰ درصد بیشتر از احتیاجات. [۴]در جیره‌های دارای بتائین، بتائین جایگزین ۳۰ درصد از دی ال و یا ال-متیونین مصنوعی در هر جیره شد. [a-c] در هر ستون حروف غیر مشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها بود

[1]Each four-factor combinations had 5 replicate p4ens of 10 birds each (r=5).[2] carcass without feathers and skin [3]-30%= DL- or L-Met was 30% lower than recommendation, recommende = DL- or L-Met was recommendation levels, +30%= DL- or L-Met was 30% higher than recommendation levels. [4] In diet containing betaine, betaine was replaced with 30% of supplemental DL - or L-methionine. [a-c] Means without common superscript within a column was significantly different (p<0.05).

جدول ۵- اثر متقابل دما و سطح متیونین بر درصد وزن سینه (درصدی از وزن لاشه) جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره دارای سطوح مختلف متیونین در شرایط دمایی متداول و تنش گرمایی در ۴۲ روزگی[۱]

Table 5- Interaction effect of temperature and Met level on breast yield (Percentage of carcass weight) in broilers fed diet containing different levels of methionine in normal and heat stress conditions at 42 day of age[1]

متغیر Item	سطح متیونین *Met level	سینه Breast
تنش گرمایی Heat stress	-30%	25.95[c]
	توصیه شده recommended	27.40[bc]
	+30%	26.97[bc]
متداول Normal	-30%	26.02[c]
	توصیه شده recommended	28.41[ab]
	+30%	29.63[a]
SEM		0.490
P-value		0.031

[۱] هر چهار فاکتور دارای ۵ تکرار و ۱۰ پرنده در هر تکرار بود. [۲]سطوح متیونین به صورت:۳۰٪- = سطح دی ال یا ال-متیونین ۳۰ درصد کمتر از احتیاجات، توصیه شده= دی ال و یا ال-متیونین در سطح احتیاجات، ۳۰٪+ = سطح دی ال و یا ال-متیونین ۳۰ درصد بیشتر از احتیاجات. [a-c] در هر ستون حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

[1]Each four-factor combinations had 5 replicate pens of 10 birds each (r=5). [2]-30%= DL- or L-Met was 30% lower than recommendation, recommende = DL- or L-Met was recommendation levels, +30%= DL- or L-Met was 30% higher than recommendation levels. [a-c] Means without common superscript within a column was significantly different ($p<0.05$).

با توجه به نتایج جدول ۴ تا ۶ تنش گرمایی اثر منفی بر وزن لاشه و بخش‌های مختلف آن و همچنین میزان چربی شکمی داشته است. ژانگ و همکاران (۶۱) گزارش کردند که تنش گرمایی مزمن باعث کاهش نسبت ماهیچه سینه در جوجه‌های گوشتی شد در حالی‌که نسبت ماهیچه ران را افزایش داد. در مطالعه ساهین و سیرانی (۴۴)، که اثر سطوح افزایشی متیونین (۰/۰۲۵ و ۰/۰۵ درصد) را در دو شرایط دمایی متفاوت (۳۰ و ۲۱ درجه سانتی‌گراد) با دو روش خوراکی و آشامیدنی مورد بررسی قرار دادند، دمای بالا باعث کاهش معنی‌دار وزن لاشه، ران‌ها و سینه شد. کاهش وزن لاشه می‌تواند به دلیل دریافت ناکافی انرژی و مواد مغذی، کاهش ساخت و ذخیره گلیکوژن (به‌عنوان مهمترین منبع انرژی) باشد (۱۸). افزایش چربی شکمی در پرندگان پرورش یافته در شرایط تنش گرمایی (جدول ۶) را می‌توان چنین توضیح داد که در دمای بالای محیطی، بازده استفاده از انرژی قابل متابولیسم برای نگهداری و تولید ۱۰۰ درصد نیست و استفاده از انرژی قابل متابولیسم بالاتر از نگهداری بستگی به تقسیم شدن انرژی برای ساخت پروتئین و چربی دارد. معمولاً، بازده انرژی برای رسوب پروتئین بسیار کمتر از چربی است (۶۱). بنابراین، زمانی‌که انرژی قابل متابولیسم به بیش از انرژی نگهداری می‌رسد تنش گرمایی باعث افزایش در ساخت چربی می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که تنش گرمایی باعث کاهش عملکرد پرنده می‌شود و جایگزین کردن بتائین با ۳۰ درصد متیونین مصنوعی جیره پاسخ مشابهی را در عملکرد پرندگان دارد و استفاده از متیونین در سطح کمتر از حد توصیه شده باعث کاهش عملکرد شده و افزودن سطح متیونین از ۱۰۰ به ۱۳۰ درصد احتیاجات، مصرف خوراک را کاهش و ضریب تبدیل خوراک را بهبود می‌بخشد. همچنین ال-متیونین در بهبود ضریب تبدیل خوراک نسبت به دی ال-متیونین مؤثرتر بود.

جدول ٦- تأثیر سطوح متیونین و جایگزینی بتائین بر درصد وزن نسبی اندام‌های گوارشی (درصدی از وزن زنده) جوجه‌های گوشتی در شرایط دمایی متداول و تنش گرمایی در سن ۴۲ روزگی[۱]

Table 6- Effects of methionine levels and betaine replacement on relative weight of digestive organs of broilers (Percentage of live weight) in normal and heat stress conditions at 42 day of age[1]

متغیر Item				قلب Heart	کبد Liver	طحال Spleen	پانکراس Pancrease	بورس فابرسیوس Bursa of fabricius	چربی شکمی Abdominal fat
دما Temp	منبع متیونین Met source	سطح متیونین[۲] Met level	بتائین Betaine						
تنش گرمایی Heat stress				0.515	2.092	0.116	0.202	0.147	1.434[a]
متداول Normal				0.513	2.031	0.119	0.194	0.152	1.330[b]
SEM‡				0.011	0.023	0.003	0.010	0.001	0.016
	دی ال-متیونین DL-Met			0.533	2.111	0.116	0.200	0.151	1.387
	ال-متیونین L-Met			0.496	2.012	0.117	0.196	0.148	1.377
SEM				0.018	0.061	0.003	0.009	0.002	0.015
		-30%		0.531	2.191	0.113	0.197	0.145	1.520[a]
		توصیه شده recommended		0.501	1.961	0.115	0.200	0.154	1.216[c]
		+30%		0.510	2.033	0.120	0.190	0.150	1.410[b]
SEM				0.022	0.075	0.004	0.011	0.003	0.019
			دارای بتائین +Betaine	0.534	2.110	0.116	0.188	0.149	1.373
			فاقد بتائین -Betaine	0.494	2.013	0.114	0.178	0.150	1.391
SEM				0.010	0.061	0.003	0.009	0.002	0.015
Source of variation				P-value					
دما Temp				0.903	0.133	0.844	0.605	0.110	0.011
منبع متیونین Met source				0.167	0.254	0.925	0.801	0.500	0.672
سطح متیونین Met level				0.638	0.092	0.509	0.983	0.184	<0.001
بتائین Betaine				0.132	0.270	0.982	0.966	0.905	0.398
منبع متیونین× دما Temp ×Met source				0.440	0.870	0.534	0.718	0.552	0.459
سطح متیونین×دما Temp ×Met level				0.512	0.819	0.605	0.904	0.749	0.355
بتائین×دما Temp × Betaine				0.397	0.746	0.664	0.979	0.781	0.516
بتائین× سطح متیونین× منبع متیونین×دما Temp ×Met source ×Met level× Betaine				0.251	0.810	0.988	0.998	0.831	0.829
سطح متیونین× منبع متیونین×دما Temp × Met source ×Met level				0.382	0.702	0.910	0.993	0.839	0.841
بتائین× سطح متیونین×دما Temp ×Met level× Betaine				0.898	0.912	0.360	0.963	0.890	0.724
بتائین× منبع متیونین×دما Temp ×Met source × Betaine				0.502	0.903	0.930	0.872	0.552	0.246
سطح متیونین×منبع متیونین Met source ×Met level				0.513	0.816	0.899	0.986	0.970	0.651
بتائین× سطح متیونین Met level× Betaine				0.247	0.344	0.734	0.918	0.815	0.630
بتائین× منبع متیونین سطح متیونین Met source × Met level× Betaine				0.922	0.320	0.947	0.951	0.499	0.366
بتائین× منبع متیونین Met source × Betaine				0.796	0.541	0.604	0.911	0.405	0.349

[۱] هر چهار فاکتور دارای ۵ تکرار و ۱۰ پرنده در هر تکرار بود. [۲]سطوح متیونین به صورت:۳۰٪- = سطح دی ال یا ال-متیونین ۳۰ درصد کمتر از احتیاجات، توصیه شده= دی ال و یا ال-متیونین در سطح احتیاجات، ۳۰٪+ = سطح دی ال و یا ال-متیونین ۳۰ درصد بیشتر از احتیاجات. [۳]در جیره‌های دارای بتائین، بتائین جایگزین ۳۰ درصد از دی ال و یا ال-متیونین مصنوعی در هر جیره شد. [a-c] در هر ستون حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

[1]Each four-factor combinations had 5 replicate pens of 10 birds each (r=5). [2]-30%= DL- or L-Met was 30% lower than recommendation, recommende = DL- or L-Met was recommendation levels, +30%= DL- or L-Met was 30% higher than recommendation levels. [3] In diet containing betaine, betaine was replaced with 30% of supplemental DL - or L-methionine. [a-c] Means without common superscript within a column was significantly different (p<0.05).

منابع

1. Alirezaei, M., H. R. Gheisari, V. R. Ranjbar, and A. Hajibemani. 2012. Betaine: a promising antioxidant agent for enhancement of broiler meat quality. British Poultry Science, 53: 699-707.
2. Alipanah, A., M. Daneshyar, and P. Farhoomand. 2018. Effects of different dietary levels of betaine and Lysine on meat and bone characteristics of broiler chickens under cold induced ascites. Iranian Journal of Animal Science Research, 1 (1).
3. Aviagen. 2014. Nutrition Specifications Manual: Ross 308. Aviagen Ltd., Scotland, UK. 3
4. Baker, D. H. 2006. Comparative species utilization and toxicity of sulfur amino acids. Journal of Nutrition, 136:1670S-1675S.
5. Bartlett, J. R., and M. O. Smith. 2003. Effects of different levels of zinc on the performance and immune competence of broilers under heat stress. Poultry Science, 82:1580-1588.
6. Bouyeh, M., and O. K. Gevorgyan. 2011. Influence of excess lysine and methionine on cholesterol, fat and performance of broiler chicks. Journal of Animal and Veterinary Advances, 10:1546-1550.
7. Bowmaker, J. E, and R. M. Gous. 1991. The response of broiler breeder hens to dietary lysine and methionine. British Poultry Science, 32:1069-1088.
8. Cho, E. S., D. W. Andersen, Jr. L. J. Filer, and L. D. Stegink. 1980. D methionine utilization in young miniature pigs, adult rabbits, and adult dogs. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 4:544-547.
9. D'Aniello, A., G. D'Onofrio, M. Pischetola, G. D'Aniello, A. Vetere, L. Petrucelli, and G. H. Fisher. 1993. Biological role of d-amino acid oxidase and d-aspartate oxidase. Effects of d-amino acids. Journal of Biological Chemistry, 268:26941-26949.
10. Del Vesco, A. P., E. Gasparino, D .O. Grieser, V. Zancanela, F. R. S. Gasparin, J. Constantin, and A. R. Oliveira Neto. 2014. Effects of Met supplementation on the redox state of acute heat stress–exposed quails. Journal of Animal Science, 92:806-815.
11. Del Vesco, A. P., E. Gasparino, D. O. Grieser, V. Zancanela, M. A. M. Soares, and A. R. Oliveira Neto. 2015. Effects of methionine supplementation on the expression of oxidative stress-related genes in acute heat stress-exposed broilers. British Journal of Nutrition, 113, 549-559.
12. Del Vesco, A. P., E. Gasparino, R. A. Oliveira Neto, R. Marcelo Rossi, M. Amélia Menck Soares, and S. Caroline Claudinoda Silva. 2013. Effect of Met supplementation on mitochondrial genes expression in the breast muscle and liver of broilers. Livestock Science, 151: 284-291.
13. Emmert, J. L., T. A. Garrow, and D. H. Baker. 1996. Hepatic betaine-homocysteine methyltransferase activity in the chicken is influenced by dietary intake of sulfur amino acids, choline and betaine. Journal of Nutrition, 126: 2050-2058.
14. Esteve-Garcia, E., and R. E. Austic. 1993. Intestinal absorption and renal excretion of dietary methionine sources by the growing chicken. The Journal of Nutritional Biochemistry, 4:576-587.
15. Esteve-Garcia, E., and S. Mack. 2000. The effect of DL-methionine and betaine on growth performance and carcass characteristics of broilers. Animal Feed Science and Technology, 87: 85-93.
16. Fu, Q., Z. X. Leng, L. R. Ding, T. Wang, C. Wen, and Y. M. Zhou. 2016. Complete replacement of supplemental dl-methionine by betaine affects meat quality and amino acid contents in broilers. Animal Feed Science and Technology, 212: 63-69.
17. Ganesan, B., R. Anandan, and P. Thandayan Lakshmanan. 2011. Studies on the protective effects of betaine against oxidative damage during experimentally induced restraint stress in Wistar albino rats. Cell Stress and Chaperones, 16:641-652.
18. Geraert, P. A., J. C. F. Padilha, and S. Guillaumin. 1996. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: growth performance, body composition and energy retention. British Journal of Nutrition, 75:195-204.
19. He, S., S. Zhao, S. Dai, D. Liu, and S. G. Bokhari. 2015. Effects of dietary betaine on growth performance, fat deposition and serum lipids in broilers subjected to chronic heat stress. Animal Science Journal, 1-7.
20. Huang, Q., Z. Xu, X. Han, and W. Li. 2008. Effect of dietary betaine supplementation on lipogenic enzyme activities and fatty acid synthase mRNA expression in finishing pigs. Animal Feed Science and Technology, 140:365-375.
21. Jahanian, R., and H. R. Rahmani. 2008. The effect of dietary fat level on the response of broiler chicks to betaine and choline supplements. International Journal of Biological Sciences, 8: 362-367.
22. Kauomar, N., P. Farhoomand, and S. K. Ebrahimzadeh. 2011. Effects of chromium methionine supplements on the performance and serum metabolites of broiler chickens. Journal of Food, Agriculture and Environment, 9: 292-294.
23. Kettunen, H., S. Peuranen, and K. Tiihonen. 2001. Betaine aids in the osmor egulation of duodenal epithelium of broiler chicks, and affects the movement of water across the small intestinal epithelium in vitro. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology, 129:595 603.

24. Klasing, K., K. Adler., J. Remus, and C. Calvert. 2002. Dietary betaine increases intraepithelial lymphocytes in the duodenum of coccidia-infected chicks and increases functional properties of phagocytes. Journal of Nutrition, 132: 2274-2282.
25. Knight, C. D., C. W. Wuelling, C. A. Atwell, and J. J. Dibner. 1994. Effect of intermittent periods of high environmental temperature on broiler performance responses to sources of methionine activity. Poultry Science, 73:627-639.
26. Liu, Z., A. Bateman, M. Bryant, A. Abebe, and D. Roland. 2004. Estimation of bioavailability of DL-methionine hydroxy analogue relative to DL-methionine in layers with exponential and slope-ratio model. Poultry Science, 83:1580-1586.
27. Lukic, M., Z. Jokic, V. Petricevic, Z. Pavlovski, Z. Skrbic, and L. Stojanovic. 2012. The effect of full substitution of supplemental methionine with betaine in broiler nutrition on production and slaughter results. Journal of Animal Science and Biotechnology, 28: 361-368.
28. Marcu, A., I. Vacaru-Opriş, G. Dumitrescu Petculescu, L. Ciochină, A. Marcu, M. Nicula, I. Peţ, D. Dronca, B. Kelciov, and C. Mariş. 2013. The influence of genetics on economic efficiency of broiler chickens growth. Journal of Animal Science and Biotechnology, 46:339-346.
29. Mayahi, M., and N. Motamed. 2010. The effect of betaine on broiler performance. Quarterly Shahid Chamran University Journal of Science, 27: 119-126. (In Persian).
30. McDevitt, R. M., S. Mack, and I. R. Wallis. 2000. Can betaine partially replace or enhance the effect of methionine by improving broiler growth and carcase characteristics. British Poultry Science, 41:473-480.
31. Mendonça, C. X, and L. S. Jensen. 1989. Influence of protein concentration on the sulphur containing amino acid requirement of broiler chickens. Poultry Science, 30:889-98.
32. Modirsanei, M., M. M. Kiaei, S. Rahbari, Z. Khaki, S. Nourikhah, and F. Amini. 2004. Effect of betaine on the efficacy of salinimysine in broiler chickens in experimental coccidiosis. Journal of Veterinary Research, 4: 305-311. (In Persian).
33. Mujahid, A., Y. Yoshiki, Y. Akiba, and M. Toyomizu. 2005. Super-oxide radical production in chicken skeletal muscle induced by acute heat stress. Poultry Science, 84: 307-314.
34. National Research Council .1994. 'Nutrient requirements for poultry.' 9th revised edn. (National Academy Press: Washington, DC).
35. Neto, M. G., G. M. Pesti, and R. I. Bakalli. 2000. Influence of dietary protein level on the broiler chicken's response to methionine and betaine supplements. Poultry Science, 79: 1478-1484.
36. Pesti, G. M., A. E. Harper, and M. L. Sunde. 1979. Sulfur amino acid and methyl donor status of corn-soy diets fed to starting broiler chicks and turkey poultry's. Poultry Science, 58: 1541-1547.
37. Pillai, P. B., A. C. Fanatico, K. W. Beers, M. E. Blair, and J. L. Emmert. 2006. Homocysteine remethylation in young broilers fed varying levels of methionine, choline, and betaine. Poultry Science, 85: 90-95.
38. Rafeeq, M., T. N. Pasha, N. Rashid, B. Hilal, and I. Shahzad. 2011. Effect of supplementation of methionine, betaine and choline on the performance of broiler chicken in early life fed methionine deficient ration. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 21: 778-780.
39. Rahimi, Sh., M. B. Tavakoli, and S. M. M. Kiaei. 2002. The effect of betaine on oocysts shedding in cocdiosis and performance of broilers. Journal of Veterinary Research, 58: 49-52. (In Persian).
40. Rao, S. V. R., M. V. L. N. Raju, A. K. Panda, P. S. Ria, and A. G. S. Sunder. 2011. Effect of supplementing betaine on performance, carcass traits and immune responses in broiler chicken fed diets containing different concentrations of methionine. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 24: 662-669.
41. Rhoads, R. P., L. H. Baumgard, and J. K. Suagee. 2013. Metabolic priorities during heat stress with an emphasis on skeletal muscle. Journal of Animal Science, 91:2492-2503.
42. Ribeiro, A. M. L., A. M. Jr. Penz, and R. G. Teeter. 2001. Effects of 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid as DL-methionine on broiler performance and compensatory growth after exposure to two different environmental temperatures. The Journal Applied Poultry Research, 10:419-426.
43. Rojas-Cano, M., L. Lara., M. Lachica, J. Aguilera, and I. Fernandez-Figares. 2011. Influence of betaine and conjugated linoleic acid on development of carcass cuts of Iberian pigs growing from 20 to 50kg body weight. Meat Science, 88:525-530.
44. Sahin, C., and K. Seyrani. 2014. Possible effects of delivering methionine to broilers in drinking water at constant low and high environmental temperatures. Italian Journal of Animal Science, 13:3013.
45. Salabi, F., M. Bujarpur, G. Fayazi, S. Salary, and M. Nazari. 2012. Evaluation of the effect of betaine substitute by methionine on performance, carcass quality and some blood parameters of broiler chickens at normal and heat stress condition. Iranian Veterinary Journal, 8: 15-23. (In Persian).
46. Sales, J. 2011. A meta-analysis of the effects of dietary betaine supplementation on finishing performance and carcass characteristics of pigs. Animal Feed Science and Technology, 165: 68-78.
47. SAS Institute Inc. 2004. User'sguide, version 9.1. Cary, NC: SAS Institute Inc.

48. Sayed, M. A. M. and J. Downing. 2011. The effects of water replacement by oral rehydration fluids with or without betaine supplementation on performance, acid-base balance, and water retention of heat-stressed broiler chickens. Poultry Science, 90: 157-167.
49. Schutte, J. B., and M. Pack, 1995. Effects of dietary sulphur containing amino acids on performance and breast meat deposition of broiler chicks during the growing and finishing phases. British Poultry Science, 36:747-762.
50. Schutte, J. B., J. D. Jong, W. Smink, and M. Pack. 1997. Replacement value of betaine for DL methionine in male broiler chicks. Poultry Science, 76: 321-325.
51. Shen, Y. B., A. C. Weaver, and S. W. Kim. 2014. Effect of feed grade l-methionine on growth performance and gut health in nursery pigs compared with conventional dl-methionine. Journal of Animal Science, 92:5530-5539.
52. Shen, Y. B., P. Ferket, I. Park, R. D. Malheiros, and S. W. Kim. 2015. Effects of feed grade l-methionine on intestinal redox status, intestinal development, and growth performance of young chickens compared with conventional dl-methionine. Journal of Animal Science, 93:2977-2986.
53. Simon, J. 1999. Choline, betaine and methionine interactions in chickens, pigs and fish (including crustaceans). World's Poultry Science Journal, 55: 353-374.
54. Sohail, M. U., M. E. Hume, J. A. Byrd, D. J. Nisbet, A. Ijaz, A. Sohail, M. Z. Shabbir, and H. Rehman. 2012. Effect of supplementation of prebiotic mannan-oligosaccharides and probiotic mixture on growth performance of broilers subjected to chronic heat stress. Poultry Science, 91: 2235-2240.
55. Tan, G. Y., L. Yang, Y. Q. Fu, J. H. Feng, and M. H. Zhang. 2010 Effects of different acute high ambient temperatures on function of hepatic mitochondrial respiration, antioxidative enzymes, and oxidative injury in broiler chickens. Poultry Science, 89:115-22.
56. Virtanen, E., and L. Rosi. 1995. Effects of betaine on methionine requirement of broiler under various environmental conditions. In: Processing of Australian Poultry Science Symposium, University of Sydney, Sydney NSW, Australia. 88-92.
57. Waldroup, P. W., M. A. Motl, F. Yan, and C. A. Fritts. 2006. Effects of betaine and choline on response to methionine supplementation to broiler diets formulated to industry standards. The Journal of Applied Poultry Research, 15: 58-71.
58. Willemsen, H., Q. Swennen, N. Everaert, P. A. Geraert, Y. Mercier, A. Stinckens, E. Decuypere, and J. Buyse. 2011. Effects of dietary supplementation of methionine and its hydroxyl analog DL-2-hydroxy-4-methylthiobutanoic acid on growth performance, plasma hormone levels, and the redox status of broiler chickens expose to high temperatures. Poultry Science, 90: 2311-2320.
59. Zhai, W., L. F. Araujo, S. C. Burgess, A. M. Cooksey, K. Pendarvis, Y. Mercier, and A. Corzo. 2012. Protein expression in pectoral skeletal muscle of chickens as influenced by dietary methionine. Poultry Science, 91: 2548-2555.
60. Zhan, X. A., J. X. LI, Z. R. Xuandr, and Q. Zhao. 2006. Effects of methionine and betaine supplementation on growth performance, carcase composition and metabolism of lipids in male broilers. British Poultry Science, 47: 576-580.
61. Zhang, Z. Y., G. Q. Jia, J. J. Zuo, Y. Zhang, J. Lei, L. Ren, and D. Y. Feng. 2012. Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat. Poultry science, 91: 2931-2937.

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 10, No. 4, Winter 2019, p. 525-540

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، ص. ۵۴۰-۵۲۵

The Effect of Dietary Supplemental Methionine Source and Betaine Replacement on the Growth Performance and Carcass Characteristics of Normal and Heat-Stressed Broiler Chickens

F. Sahebi Ala[1]- A. Hassanabadi[2*]- A. Golian[2]

Received: 11-10-2017
Accepted: 10-02-2018

Introduction Heat stress is considered as one of the most important stressors accompanied by economic losses to the poultry industry. It causes reductions in weight gain and a series of metabolic disorders in broiler farms. Methionine is one of the most limiting amino acids, playing a crucial role in body protein synthesis, and therefore it would be beneficial to spare its function as a methyl donor. Broilers can utilize the isomers and analogs of methionine for protein synthesis, because of the unique enzymatic pathways to convert methionine isomers to L-methionine in the liver and kidney. Betaine is a common term for trimethylglycine, a substrate for betaine-homocysteine methyl transferase in the liver and kidney that acts as a methyl donor during methionine synthesis from homocysteine. The present study aimed to evaluate the effects of supplemental methionine sources and betaine replacement on growth performance and carcass characteristics of normal and heat-stressed broiler chickens.

Materials and Methods This experiment was carried out in two adjoining poultry houses (n=1200, Ross 308). The experiment was designed in a 2 (Met sources)×2 (temperature)×3(Met levels)×2 (betaine levels) split-plot form, with two poultry houses (60 pens each) as the main plot and 12 different diets as the subplot, with 5 replicates of 10 birds each. Mash corn-soybean meal basal diets were prepared for starter (1–10 d), grower (11–24 d) and finisher (25–42 d) periods to meet 2014 Ross 308 nutrient recommendations, except for Met. Methionine levels in basal diets were adjusted at 30% lower than recommendation. They were increased to recommendation and/or 30% more than recommendation by supplementing DL-Met and/or L-Met. Betaine was substituted with 30% of supplemental DL-Met and/or L-Met. The betaine levels were calculated according to a molecular weight basis. Betaine contains about 3.75 times the methyl groups compared with Met. The temperature of both houses was set to thermal comfort temperature until 10 d of age. Then, the temperature of one house was gradually decreased by approximately 3°C/week until reached to the basal temperature (23°C) at d 28 and remained constant thereafter. In the other house, the temperature was gradually increased to 32°C between 0800 and 0930 and this high temperature was maintained for 6 h (until 1530). After that, the temperature was gradually decreased to the basal level by 1700. Body weight gain (WG) and feed consumption (FI) were recorded periodically, and feed conversion ratio (FCR) was calculated for each period by dividing feed intake by weight gain taking into account the mortality weights.

Results and Discussion Feed intake in broilers fed diet with 30% higher methionine was significantly lower than the other two groups. Body weight gain was higher in birds fed diets with recommended or 30% higher than recommended methionine compare to those fed diets with 30% less than recommended. It is tendentiously due to the inciting effect of Met on growth by means of growth factors and its influence on protein synthesis and breakdown. FCR in diet of 30% less than recommended methionine and containing L-methionine was significantly improved in comparison to diet containing DL-methionine in the same level. Chicks required 138 or 141 units of DL-methionine to achieve the same daily weight gain and G: F of birds receiving 100 units of L-methionine. Also, a number of studies have shown that the effectiveness of DL-methionine is similar to that of L-methionine in chicks. In this study, replacing of betaine with 30% of supplemental methionine, showed no significant differences on performance parameters, which implies the sparing effect of betaine for methionine. It appears that methionine and betaine supplementation to slightly methionine deficient broiler diets could result in an equivalent growth response and that methionine could be slightly spared by betaine. The production efficiency factor improved by elevated levels of DL-methionine, but no difference was found between highest

1- PhD student, Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2- Professor of Animal Science Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
(*- Corresponding author email: hassanabadi@um.ac.ir)

level of methionine and its standard level. Carcass yield, breast yield and tights yield had significant increase in birds fed diets with recommended or 30% less than recommended methionine. This may be due to increased muscle protein deposition induced by methionine. Birds fed diets with recommended or 30% less than recommended methionine had the lowest and highest percentage of abdominal fat, respectively. The improvement in carcass lean percentage may be attributed to a higher availability of recommended and cystine for protein deposition. This is because an enhanced utilization of dietary amino acids for protein synthesis may result in fewer amino acids available for deamination and eventual synthesis of adipose tissue. In the present study, replacing betaine with 30% methionine showed similar responses to methionine. Changes in hormone levels and growth factors involved in the regulation of fat synthesis and degradation, as well as lower activities of lipogenic enzymes, have been observed following dietary betaine supplementation. Heat stress reduced performance and carcass yield and increased mortality and abdominal fat content. HS disturbs the intestinal flora balance and thereby diminishes nutrient digestibility and absorption.

Conclusion These results indicated that replacing 30% of methionine with betaine resulted same result in broiler performance. The use of methionine below the recommended level, reduces performance in broiler chickens. L-methionine appears to be more effective methionine source in improving the FCR than DL-methionine.

Key words: Betaine, Broiler chicken, Heat Stress, Methionine, Performance