

تأثیر سطوح مختلف اسید آمینه‌های شاخه‌دار (ال-والین، ال-لوسین و ال-ایزولوسین) در جیره‌های کم پروتئین بر صفات عملکردی، خصوصیات لاشه و سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی

• شهریار خلیل زاده، ابوالفضل زارعی (نویسنده مسئول)، نیما ایلا
گروه علوم دامی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: خرداد ۱۴۰۳ تاریخ پذیرش: مهر ۱۴۰۳

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۲۶۰۶۷۲۱

Email: a-zarei@kiauo.ac.ir

چکیده

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ASJ.2024.365937.2396

پژوهش حاضر با هدف تأثیر سطوح مختلف اسید آمینه‌های شاخه‌دار ال-والین، ال-لوسین و ال-ایزولوسین در جیره‌های کم پروتئین بر عملکرد رشد، خصوصیات لاشه و سلول‌های خونی جوجه‌های گوشتی انجام شد. در این آزمایش از ۴۸۰ قطعه جوجه گوشتی یک روزه سویه راس ۳۰۸ (تعداد مساوی نر و ماده) با میانگین وزن یک روزگی $42/75 \pm 0/47$ گرم در قالب طرح کاملاً تصادفی با آزمایش فاکتوریل 2×3 با ۶ تیمار و ۴ تکرار انجام شد. جیره‌های آزمایشی شامل سه سطح اسید آمینه‌های شاخه‌دار (صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد بالاتر از جدول احتیاجات سویه و دو سطح پروتئین خام (در حد نیاز و ۱۰ درصد کمتر از آن) بودند. اثرات متقابل پروتئین خام و اسیدهای آمینه شاخه‌دار نشان داد که افزودن ۲۰ درصد اسیدهای آمینه شاخه‌دار بیشتر از نیاز سویه و با سطح پروتئین در حد نیاز سویه باعث بهبود افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک در مقایسه با جیره کم پروتئین به علاوه اسیدهای آمینه در حد نیاز سویه می‌شود. همچنین تغذیه جیره کم پروتئین با ۲۰ درصد مکمل اسیدهای آمینه شاخه‌دار بالاتر از حد نیاز سویه، قادر به جبران کاهش افزایش وزن بدن و بهبود ضریب تبدیل خوراک در مقایسه با جیره شاهد بود. اثرات اصلی سطح اسید آمینه نشان داد که استفاده از سطح ۲۰ درصد اسید آمینه‌های شاخه‌دار بالاتر از نیاز در جیره باعث افزایش درصد لاشه و ران نسبت به سطح احتیاجات سویه شد ($P < 0/05$). به طور کلی، در شرایط آزمایش حاضر، افزودن اسیدهای آمینه شاخه‌دار تأثیر مثبتی در بهبود خصوصیات لاشه، سلول‌های خونی و عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی داشت.

واژه‌های کلیدی: افزایش وزن بدن، پروتئین خام، جوجه گوشتی، لاشه، لنفوسیت.



Research Journal of Livestock Science No 148 pp: 15-28

The effect of different levels of branched-chain amino acids (L-valine, L-leucine and L-isoleucine) in low protein diets on performance, carcass characteristics and immune system in broilers

By: Shahriyar Khalilzadeh, Abolfazl Zarei*, Nima Eila

1: Department of Animal Sciences, Ka. C., Islamic Azad University, Karaj, Iran

Received: June 2024**Accepted: October 2024**

The present study was conducted with the aim of the effect of different levels of branched chain amino acids (BCAA) L-valine, L-leucine and L-isoleucine in low protein diets on growth performance, carcass characteristics and blood cells of broiler chickens. In this experiment, out of 480 one-day-old broiler chickens of Ross 308 strain (equal number of males and females) with an average one-day weight of 42.75 ± 0.47 g, it was conducted in a completely randomized design with a 2x3 factorial experiment with 6 treatments and 4 replications. The experimental diets included three levels of BCAA (0, 10 and 20% higher than the table of the strain's requirements) and two levels of crude protein (at the required level and 10% less than that). The mutual effects of crude protein and BCAA showed that adding 20% of BCAA more than the requirement of the strain and with the level of protein at the level of the requirement of the strain improves body weight gain and feed conversion ratio compared to the low protein diet plus BCAA at the level of the requirement of the strain. Also, feeding a low-protein diet with 20% BCAA supplement above the required level of the strain was able to compensate for the decrease in body weight gain and improve the feed conversion ratio compared to the control diet. The main effects of BCAA level showed that the use of 20% BCAA level above the requirement in the diet increased the percentage of carcass and thigh compared to the level of the strain's requirements ($P < 0.05$). In general, in the conditions of the present experiment, the addition of BCAA had a positive effect on improving carcass characteristics, blood cells and growth performance of broiler chickens.

Key words: Body weight gain, Crude protein, Broiler, Carcass, Lymphocyte**مقدمه**

رود که یک جیره کم پروتئین باعث کاهش مصرف آب اضافی در پرندگان شود (Shepherd و Fairchild، ۲۰۱۰). با این حال، کاهش پروتئین خام جیره‌ها باید تنها پس از در نظر گرفتن حداقل نیازهای اسیدهای آمینه ضروری و غیر ضروری انجام شود. لازم به ذکر است که اسیدهای آمینه غیرضروری نیز مهم هستند و سطوح پایین این اسیدهای آمینه در جیره همراه با تولید ناکافی آن در بدن پرند می‌تواند بر عملکرد رشد و عملکرد فیزیولوژیکی تأثیر گذار باشد (Hou و همکاران، ۲۰۱۵).

اسیدهای آمینه شاخه‌دار (لوسین، ایزولوسین و والین) در دسته اسیدهای آمینه ضروری قرار می‌گیرند (Adeva-Andany و

در جوجه‌های گوشتی رشد، مصرف خوراک و در نتیجه ضریب تبدیل خوراک ایده‌آل به پروتئین خام جیره و ترکیب مناسب اسیدهای آمینه نیاز دارد. منابع پروتئینی در جیره غذایی طيور جزو گرانترین اقلام خوراکی هستند. بنابراین، یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها برای تولید کارآمد جوجه‌های گوشتی، کمبود اسیدهای آمینه ضروری و غیرضروری است که منجر به تأخیر در توسعه دستگاه گوارش (روده) و تکثیر سلول‌های عضلانی مرتبط با تأمین اولیه پروتئین می‌شود (Kamran و همکاران، ۲۰۰۸). با این حال، تمایل کاهش محتوای پروتئین خام در جیره جوجه‌های گوشتی وجود دارد (Widaratne و Drew، ۲۰۱۱). همچنین انتظار می‌-

همکاران، ۲۰۱۷). مکمل کردن اسیدهای آمینه شاخه‌دار تجاری ممکن است اجازه کاهش سطح پروتئین خام جیره را بدهند (Allameh و Toghyani، ۲۰۱۹)، زیرا لوسین، ایزولوسین و والین فقط سه مورد از ۹ اسید آمینه ضروری برای طیور نیستند، بلکه اسیدهای آمینه پروتئین‌زا هستند که سنتز پروتئین در انواع بافت‌ها را تنظیم می‌کنند (Brosnan و Brosnan، ۲۰۰۶). بنابراین، مکمل‌های اسیدهای آمینه شاخه‌دار ممکن است رشد روده و تکثیر سلول‌های عضلانی را در مراحل اولیه رشد بهبود بخشند و در عین حال بر برخی مشکلات مانند هزینه تولید و آلودگی‌های زیست محیطی مرتبط با تغذیه پروتئین خام غلبه کنند (Laudadio و همکاران، ۲۰۱۲). برخلاف سایر اسیدهای آمینه شاخه‌دار، والین یک اسید آمینه محدود کننده در جیره بر پایه ذرت و کنجاله سویا است و در پاسخ به لوسین اضافه شده در جیره، نسبت به ایزولوسین در برابر تخریب آنزیمی حساس‌تر است. بنابراین، والین اغلب باید در جیره کم پروتئین تکمیل شود (Nascimento و همکاران، ۲۰۱۶). اسیدهای آمینه شاخه‌دار از نظر ساختاری مشابه هستند و ابتدا توسط آمینوترانسفرازهای شاخه‌دار و سپس توسط کمپلکس آلفا-کتو اسید دئیدروژناز با زنجیره شاخه‌ای تجزیه می‌شوند که باعث کاتابولیسم برگشت ناپذیر به ترکیبات کوآنزیم A می‌شوند (Brosnan و Brosnan، ۲۰۰۶). تحریک این فعالیت آنزیمی توسط یکی از اسیدهای آمینه شاخه‌دار (اغلب لوسین) منجر به کاتابولیسم سایر اسیدهای آمینه شاخه‌دار می‌شود. بنابراین سطح اضافی یکی از اسیدهای آمینه شاخه‌دار می‌تواند منجر به تخریب و کمبود سایر اسیدهای آمینه شاخه‌دار در غلظت‌های پایین‌تر شود. Allen و Baker (۱۹۷۲) مشاهده کردند که سطوح اضافی لوسین و به میزان کمتر ایزولوسین، رشد جوجه‌ها و استفاده از سایر اسیدهای آمینه شاخه‌دار را مختل می‌کند، در حالی که والین اضافی تأثیری بر استفاده از لوسین یا ایزولوسین ندارد.

همکاران، ۲۰۱۹؛ Ospina-Rojas و همکاران، ۲۰۱۷). با این حال، بین یافته‌های این مطالعات اختلاف نظر وجود دارد. از آنجا که فعل و انفعالاتی بین اسیدهای آمینه شاخه‌دار وجود دارد، افزایش لوسین اضافی باعث افزایش کاتابولیسم سه اسید آمینه شاخه‌دار می‌شود و در صورت کمبود والین و ایزولوسین، محتوای بالای لوسین در جیره ممکن است باعث افزایش نیاز به والین و ایزولوسین شود (Miranda و همکاران، ۲۰۱۵). اگرچه تغذیه با جیره‌های کم پروتئین با افزودن اسیدهای آمینه شاخه‌دار کریستالی (به ویژه والین و ایزولوسین) در جیره جوجه‌های گوشتی اهمیت بیشتری پیدا کرده است (Kop-Bozbay و همکاران، ۲۰۲۱)، پاسخ جوجه‌های گوشتی به سطوح بالای هر سه اسید آمینه شاخه‌دار به خوبی بررسی نشده است. داده‌های Ospina-Rojas و همکاران (۲۰۱۷، ۲۰۱۹) نشان داده است که واکنش بیشتری به والین و لوسین جیره در مراحل پایانی (۲۱ تا ۴۲ روز) نسبت به مراحل اولیه رشد (۱ تا ۲۱ روز) مشاهده می‌شود. این نتایج با استفاده از سطوح بالایی از والین و لوسین (۱/۹۶ درصد لوسین و ۱/۲۰ درصد والین) به دست آمدند که فراتر از موارد مشاهده شده در عمل است. لذا پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف اسید آمینه‌های شاخه‌دار (ال-والین، ال-لوسین و ال-ایزولوسین) در جیره‌های کم پروتئین بر عملکرد رشد، خصوصیات لاشه و پاسخ سیستم ایمنی در جوجه‌های گوشتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این تحقیق از ۴۸۰ قطعه جوجه گوشتی نر و ماده یک روزه سویه راس ۳۰۸ با میانگین وزن یک روزگی 42.75 ± 0.47 گرم استفاده شد. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آزمایش فاکتوریل 2×3 با ۶ تیمار و ۴ تکرار در هر تیمار اجرا شد و در هر تکرار (قفس) ۲۰ قطعه جوجه به طور تصادفی (۱۰ قطعه جنس نر و ۱۰ قطعه جنس ماده) قرار داده شد. تیمارهای آزمایشی بر پایه ذرت-کنجاله سویا و شامل ۱) جیره با سطوح پروتئین و اسید آمینه‌های شاخه‌دار مطابق نیاز سویه، ۲) جیره با پروتئین در نیاز سویه و اسید آمینه‌های شاخه‌دار ۱۰ درصد بالاتر از نیاز، ۳) جیره با پروتئین در حد نیاز و اسید آمینه‌های شاخه‌دار ۲۰ درصد بالاتر از احتیاجات، ۴) جیره با پروتئین ۱۰ درصد کمتر از نیاز و اسید آمینه‌های شاخه‌دار مطابق احتیاجات، ۵) جیره با پروتئین ۱۰ درصد کمتر از نیاز و

شاخه‌دار در سطح ۱۰ و ۲۰ درصد به صورت سرک به جیره‌های پایه با نیاز پروتئینی در حد احتیاجات و کم‌پروتئین اضافه شدند. در کل دوره پرورش خوراک و آب به صورت آزاد در اختیار پرندگان قرار گرفت. برنامه‌های مدیریت پرورش شامل نور، تهویه، دما، تراکم و بستر برای همه تیمارها یکسان و طبق استاندارد توصیه شده اجراء شدند.

اسیدآمین‌های شاخه‌دار ۱۰ درصد بالاتر از احتیاجات و ۶ جیره با پروتئین ۱۰ درصد کمتر از احتیاجات و اسیدآمین‌های شاخه‌دار ۲۰ درصد بالاتر از احتیاجات بودند. جیره‌ها بر اساس جداول احتیاجات غذایی سویه راس ۳۰۸ سال ۲۰۱۹ تنظیم و توسط نرم‌افزار جیره نویسی UFFDA فرموله شدند. جیره‌های تنظیم شده مورد استفاده در دوره‌های آغازین (۱۰-۱ روزگی)، رشد (۲۴-۱۱ روزگی) و پایانی (۴۲-۲۵ روزگی) در جدول ۱ ارائه شده است. اسیدآمین‌های

جدول ۱- اجزا و ترکیبات شیمیایی جیره‌های مورد استفاده در دوره‌های مختلف آزمایش

پایانی (۲۵-۴۲ روزگی)		رشد (۱۱-۲۴ روزگی)		آغازین (۱-۱۰ روزگی)		اقلام جیره
کم پروتئین	احتیاجات سویه	کم پروتئین	احتیاجات سویه	کم پروتئین	احتیاجات سویه	
۶۵/۳۷	۶۰/۳۳	۶۰/۰۰	۵۵/۱۵	۶۳/۸۵	۶۰/۶۲	دانه ذرت
۲۷/۰۴	۳۱/۲۶	۳۲/۶۸	۳۶/۷۳	۲۶/۸۱	۲۷/۵۸	کنجاله سویا
-	-	-	-	۴/۳۳	۶/۸۹	گلوتن ذرت
۳/۶۷	۴/۵۴	۳/۱۷	۴/۰۰	-	-	روغن سویا
۱/۴۲	۱/۴۰	۱/۵۴	۱/۵۳	۱/۷۰	۱/۷۰	کربنات کلسیم
۱/۱۹۷	۱/۱۶	۱/۳۲	۱/۲۹	۱/۵۲	۱/۵۱	دی کلسیم فسفات
۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	نمک
۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰	مکمل معدنی ویتامینی ^۱
۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۷	جوش شیرین
۰/۱۴	۰/۲۱	۰/۱۲	۰/۲۰	۰/۳۸	۰/۴۶	ال لیزین
۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۱۷	ال متیونین
۰/۰۲	-	۰/۰۲	-	۰/۱۱	۰/۰۷	ال ترئونین
-	-	-	۰/۰۰۲	-	-	ال والین
۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	-	۰/۰۱	۰/۰۱	ال ایزولوسین
-	-	-	-	۰/۱۶	۰/۱۰	ال آرژنین
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	جمع کل
۳۱۵۰	۳۱۵۰	۳۰۵۰	۳۰۵۰	۲۹۵۰	۲۹۵۰	ترکیبات شیمیایی
۱۷/۷۵	۱۹/۲۰	۱۹/۷۵	۲۱/۱۵	۲۰/۰۱	۲۲/۲۳	انرژی قابل متابولیسم (kcal/kg)
۰/۸۶	۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۹۳	۰/۹۳	پروتئین خام (%)
۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۶	۰/۴۶	کلسیم (%)
۱/۰۱	۱/۱۷	۱/۱۳	۱/۲۹	۱/۲۴	۱/۳۴	فسفر قابل دسترس (%)
۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۵۸	۰/۵۰	لیزین قابل هضم (%)
۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۸۶	۰/۸۶	۰/۹۲	۰/۹۲	متیونین قابل هضم (%)
۰/۶۸	۰/۷۱	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۸۳	متیونین+سیستئین قابل هضم (%)
۱/۱	۱/۲۱	۱/۲۵	۱/۳۶	۱/۳۲	۱/۳۲	ترئونین قابل هضم (%)
۰/۸۲	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۹۸	۰/۹۳	۱/۰۱	آرژنین قابل هضم (%)
۱/۵۷	۱/۶۶	۱/۷۱	۱/۸۰	۱/۱۸	۲/۲۳	والین قابل هضم (%)
۰/۷۵	۰/۸۱	۰/۸۳	۰/۸۸	۰/۸۳	۰/۹۰	لوسین قابل هضم (%)
						ایزولوسین قابل هضم (%)

^۱ منابع ویتامینی در هر کیلوگرم جیره غذایی: ویتامین A (رتینیل استات)، ۱۱۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین D₃ (کلکسفرول)، ۱۸۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E، ۱۱ میلی‌گرم؛ ویتامین K₃ (منادیون دی متیل پیریمیدینول)، ۲ میلی‌گرم؛ تیامین (تیامین مونونیترا)، ۱/۶ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین، ۶ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۳۰ میلی‌گرم؛ پانتوتنات کلسیم، ۱۵ میلی‌گرم؛ پیریدوکسین، ۲ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۲۵ میلی‌گرم؛ اسید فولیک، ۰/۸ میلی‌گرم؛ ویتامین B₁₂، ۰/۰۲۰ میلی‌گرم؛ کولین (کولین کلراید)، ۵۰۰ میلی‌گرم. منابع معدنی به‌ازای هر کیلوگرم جیره غذایی: منگنز (اکسید منگنز)، ۶۰ میلی‌گرم؛ روی (سولفات روی)، ۶۰ میلی‌گرم؛ آهن (سولفات آهن)، ۵۰ میلی‌گرم؛ مس (سولفات کاپریک)، ۱۰ میلی‌گرم؛ ید (یدید پتاسیم)، ۱ میلی‌گرم؛ سلنیوم (سلنیت سدیم)، ۰/۳۰ میلی‌گرم.

آزمایش به صورت زیر بود:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = مقدار هر مشاهده، μ = میانگین مشاهدات، A_i = اثر سطح پروتئین، B_j = اثر اسید آمینه، AB_{ij} = اثر متقابل بین پروتئین و اسید آمینه و e_{ijk} = اثر باقیمانده (اشتباه آزمایشی) را نشان می دهد.

نتایج

عملکرد

جدول ۲ اثر سطوح مختلف پروتئین خام و اسیدهای آمینه شاخه دار در جیره را بر مصرف خوراک، افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک پرندگان در طول دوره های مختلف پرورش نشان می دهد. مصرف خوراک تحت تأثیر سطح پروتئین خام و اسیدهای آمینه شاخه دار در دوره آغازین، رشد و پایانی قرار نگرفت ($P > 0.05$) اما افزودن بالاترین سطح اسیدهای آمینه شاخه دار (۲۰٪) باعث بهبود افزایش وزن بدن در طول دوره رشد و در کل دوره آزمایشی نسبت به سایر سطوح شد ($P < 0.05$). جوجه های گوشتی تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰ درصد پروتئین خام کمتر، افزایش وزن بدن کمتری در دوره پایانی داشتند. سطح پروتئین خام تأثیری بر ضریب تبدیل خوراک در دوره های مختلف پرورشی نداشت ($P > 0.05$) اما افزودن ۲۰٪ اسیدهای آمینه شاخه دار بالاتر از احتیاجات، باعث کاهش ضریب تبدیل خوراک در مقایسه با سطوح پایین تر در دوره رشد و کل دوره شد ($P < 0.05$). اثرات متقابل پروتئین خام و اسیدهای آمینه شاخه دار نشان داد که افزودن ۲۰ درصدی اسیدهای آمینه شاخه دار بالاتر از احتیاجات سویه در جیره با پروتئین در حد احتیاجات سویه راس، باعث بهبود افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک در مقایسه با جیره کم پروتئین با اسیدهای آمینه شاخه دار در سطح احتیاجات سویه راس می شود. لازم به ذکر است که سطح ۲۰ درصد اسیدهای آمینه شاخه دار قادر به جبران کاهش پروتئین جیره بود و افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک مشابه تیمار با پروتئین در حد احتیاجات سویه راس بود.

خصوصیات لاشه

جدول ۳ تأثیر سطوح مختلف پروتئین خام و اسید آمینه های شاخه دار در جیره را بر خصوصیات لاشه نشان می دهد. نتایج نشان داد که درصد لاشه و ران تحت تأثیر سطوح اسید آمینه های شاخه دار قرار

به منظور بررسی صفات عملکردی، خوراک مصرفی به صورت روزانه پس از وزن شدن در اختیار جوجه ها قرار گرفت. برای محاسبه میزان خوراک مصرفی هر تکرار مقدار خوراک باقیمانده در پایان هر مرحله پرورشی از کل خوراک داده شده در طول دوره کسر می شد. برای محاسبه افزایش وزن هر تکرار در هر دوره زمانی، اختلاف وزن انتها و ابتدای دوره پرورش تعیین شد. در روزهای یک، ۱۰، ۲۴ و ۴۲ نیز همه جوجه های هر واحد آزمایشی به صورت جمعی وزن کشی شدند. ضریب تبدیل خوراک در دوره های زمانی مختلف (دوره های آغازین، رشد و پایانی) محاسبه شد. ضریب تبدیل خوراک از تقسیم میانگین خوراک مصرفی بر میانگین افزایش وزن جوجه ها برای هر دوره محاسبه شد. در طول آزمایش، روزانه و قبل از تخصیص خوراک به هر واحد آزمایشی، تعداد تلفات در برگه های هر واحد آزمایشی ثبت و وزن تلفات آن روز یادداشت شد. از میزان تلفات روزانه در تعیین روز مرغ هر واحد آزمایشی استفاده شد (Awad و همکاران، ۲۰۰۹).

جهت بررسی ویژگی های قطعات لاشه، در پایان آزمایش (۴۲ روزگی)، ۲ پرنده از هر تکرار (۸ پرنده در هر تیمار) با وزن بدن نزدیک به میانگین وزن تکرار انتخاب شدند و پس از ۴ ساعت گرسنگی، دوباره وزن کشی شده و به روش بریدن گردن کشتار شدند. پس از باز کردن شکم، کبد، صفرا، سنگدان، طحال، پانکراس و روده ها جدا و وزن آنها اندازه گیری شد. همچنین وزن سینه، ران و چربی محوطه شکمی توزین شدند. پس از توزین و اندازه گیری هر کدام از صفات، جهت محاسبه وزن نسبی آنها، وزن هر یک از آنها بر وزن زنده جوجه ها تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب شد. در روز ۴۲ آزمایش، ۲ پرنده نر از هر تکرار انتخاب و از طریق سیاهرگ بال خونگیری انجام گرفت. نمونه های خون در لوله آزمایش حاوی ماده ضد انعقاد خون (هپارین)، به منظور اندازه گیری فراسنج های هماتولوژی (هتروفیل و لنفوسیت) به آزمایشگاه فرستاده شد. نمونه خون جوجه ها به روش گیمسا رنگ آمیزی شد و تعداد هتروفیل و لنفوسیت شمارش شد.

تجزیه داده ها بوسیله نرم افزار آماری SAS با استفاده از رویه Mixed در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. بررسی معنی دار بودن اختلافات بین میانگین داده ها با استفاده از آزمون مقایسه ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت. مدل آماری مورد استفاده در

می گیرد و استفاده از ۲۰ درصد مکمل اسید آمینه های شاخه دار در جیره باعث افزایش درصد لاشه و ران نسبت به سطح استاندارد شد ($P < 0.05$). اثرات متقابل نشان داد که استفاده از ۲۰ درصد اسیدهای

آمینو شاخه دار در جیره استاندارد باعث بهبود بازده لاشه در مقایسه با جیره کم پروتئین با اسیدهای آمینه استاندارد می شود ($P < 0.05$).

جدول ۲- تأثیر سطوح مختلف پروتئین خام و اسیدهای آمینه شاخه دار، و اثر متقابل آن ها بر عملکرد جوجه های گوشتی

اثرات	ضرب تبدیل خوراک			افزایش وزن بدن (گرم در روز)			مصرف خوراک (گرم در روز)		
	۱-۴۲	۲۵-۴۲	۱۱-۲۴	۱-۱۰	۲۵-۴۲	۱۱-۲۴	۱-۴۲	۲۵-۴۲	۱۱-۲۴
روزگی	روزگی	روزگی	روزگی	روزگی	روزگی	روزگی	روزگی	روزگی	روزگی
اثر سطح پروتئین خام	۱/۶۰	۱/۸۰	۱/۳۹	۱/۰۸	۵۶/۸۷	۷۴/۶۳ ^۳	۶۳/۳۷	۱۵/۸۰	۹۱/۲۳
	۱/۶۴	۱/۹۱	۱/۳۸	۱/۰۹	۵۵/۲۹	۷۰/۶۷ ^۲	۶۴/۲۷	۱۵/۰۱	۹۰/۶۸
	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۳	۱/۱۸	۲/۴۱	۱/۱۳	۰/۸۲	۱/۱۷
	۰/۳۷	۰/۲۲	۰/۶۹	۰/۸۰	۰/۲۶	۰/۰۳	۰/۵۸	۰/۵۰	۰/۸۴
احتیاجات سوبه									
۱۰ درصد کمتر از احتیاجات سوبه	۱/۶۷ ^۳	۱/۹۰	۱/۴۸ ^۳	۱/۰۲	۵۴/۴۳ ^۲	۷۰/۸۹	۶۰/۲۹ ^۲	۱۶/۸۶	۹۱/۱۹
	۱/۶۹ ^۳	۱/۸۹	۱/۴۳ ^۳	۱/۱۴	۵۵/۱۰ ^۲	۷۲/۴۵	۶۱/۳۳ ^۲	۱۵/۱۳	۹۱/۵۸
	۱/۵۳ ^۲	۱/۷۹	۱/۲۵ ^۲	۱/۱۱	۵۸/۷۳ ^۳	۷۴/۷۰	۶۹/۸۵ ^۳	۱۴/۳۳	۹۰/۱۱
	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۳	۱/۴۴	۲/۹۵	۱/۳۹	۱/۰۱	۱/۴۳
۲۰ درصد بیشتر									
SEM	۰/۰۱	۰/۴۰	۰/۰۰۱	۰/۳۳	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۰۲	۰/۲۵	۰/۸۵
P-value									
اثرات متقابل سطح پروتئین و اسید آمینه									
پروتئین و اسید آمینه در حد احتیاجات	۱/۶۱ ^{ab}	۱/۸۱ ^b	۱/۴۴ ^{ab}	۰/۹۵	۵۵/۹۹ ^{ab}	۷۴/۱۸ ^{ab}	۶۰/۱۷ ^b	۱۷/۴۰	۹۰/۴۱
	۱/۷۱ ^{ab}	۱/۹۵ ^{ab}	۱/۴۵ ^۳	۱/۱۱	۵۴/۰۹ ^{ab}	۷۰/۹۸ ^{ab}	۵۹/۵۱ ^b	۱۶/۳۰	۹۲/۸۸
	۱/۴۹ ^b	۱/۶۹ ^b	۱/۲۶ ^b	۱/۱۹	۶۰/۵۳ ^۳	۷۸/۷۲ ^۳	۷۰/۴۳ ^۳	۱۳/۹۲	۹۰/۴۱
	۱/۷۳ ^۳	۲/۰۰ ^۳	۱/۵۱ ^۳	۱/۱۰	۵۲/۸۶ ^۲	۶۷/۴۰ ^۲	۶۰/۴۱ ^b	۱۶/۱۲	۹۱/۹۷
پروتئین ۱۰ درصد کمتر و اسید آمینه در حد احتیاجات	۱/۶۰ ^{ab}	۱/۸۳ ^b	۱/۳۶ ^b	۱/۱۵	۵۶/۱۰ ^{ab}	۷۳/۹۱ ^{ab}	۶۳/۱۴ ^{ab}	۱۴/۱۷	۹۰/۲۷
	۱/۵۹ ^۲	۱/۹۰ ^{ab}	۱/۲۶ ^b	۱/۰۳	۵۶/۹۰ ^{ab}	۶۹/۷۰ ^{ab}	۶۹/۲۸ ^۳	۱۴/۸۵	۸۹/۸۱
	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۰۵	۲/۰۴	۴/۱۷	۱/۹۷	۱/۴۳	۲/۰۲
	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۰۸	۰/۲۴	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۶۱	۰/۵۹
پروتئین ۱۰ درصد کمتر و اسید آمینه ۲۰ درصد بیشتر از حد احتیاجات									
SEM									
P-value									

ab: میانگین های هر ستون برای هر عامل که دارای حرف غیر مشترک می باشند، اختلاف معنی داری دارند ($P < 0.05$). SEM: میانگین استاندارد خطا

جدول ۳- تأثیر سطوح مختلف پروتئین خام و اسیدهای آمینه شاخه دار، و اثر متقابل آنها بر خصوصیات لاشه (درصد از وزن زنده) در جوجه های گوشتی

اثرات	لاشه	سینه	ران	چربی حفره بطنی
اثر سطح پروتئین خام				
احتیاجات سویه	۶۹/۱۰	۲۴/۷۰	۲۲/۸۷	۱/۲۶
۱۰ درصد کمتر از احتیاجات سویه	۶۷/۸۰	۲۴/۷۱	۲۲/۱۸	۱/۰۷
SEM	۰/۵۳	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۲۳
P-value	۰/۱۰	۰/۹۷	۰/۰۷	۰/۴۴
اثر سطح اسید آمینه های شاخه دار				
صفر درصد	۶۶/۸۱ ^b	۲۴/۵۷	۲۱/۷۵ ^b	۱/۱۰
۱۰ درصد بیشتر	۶۸/۴۶ ^{ab}	۲۴/۵۷	۲۲/۶۲ ^{ab}	۱/۱۴
۲۰ درصد بیشتر	۷۰/۰۷ ^a	۲۴/۹۷	۲۳/۲۲ ^a	۱/۲۶
SEM	۰/۶۵	۲/۳۵	۰/۳۱	۰/۲۸
P-value	۰/۰۰۹	۰/۶۶	۰/۰۱	۰/۸۴
اثرات متقابل سطح پروتئین و اسید آمینه				
پروتئین و اسید آمینه در حد احتیاجات	۶۷/۱۴ ^{ab}	۲۴/۱۵	۲۲/۰۲	۱/۲۷
پروتئین در حد احتیاجات و اسید آمینه ۱۰ درصد بیشتر	۶۸/۹۲ ^{ab}	۲۴/۷۱	۲۲/۷۹	۱/۲۹
پروتئین در حد احتیاجات و اسید آمینه ۲۰ درصد بیشتر	۷۱/۲۶ ^a	۲۵/۲۳	۲۳/۸۱	۱/۲۴
پروتئین ۱۰ درصد کمتر و اسید آمینه در حد احتیاجات	۶۶/۵۰ ^b	۲۴/۹۹	۲۱/۴۸	۰/۹۴
پروتئین ۱۰ درصد کمتر و اسید آمینه ۱۰ درصد بیشتر از حد احتیاجات	۶۸/۰۱ ^{ab}	۲۴/۴۳	۲۲/۴۵	۱/۰۰
پروتئین ۱۰ درصد کمتر و اسید آمینه ۲۰ درصد بیشتر از حد احتیاجات	۶۸/۸۹ ^{ab}	۲۴/۷۱	۲۲/۶۳	۱/۲۸
SEM	۰/۹۲	۰/۵۰	۰/۴۴	۰/۵۶
P-value	۰/۰۱	۰/۳۷	۰/۶۲	۰/۱۳

^{a,b}: میانگین های هر ستون برای هر عامل که دارای حرف غیر مشترک می باشند، اختلاف معنی داری دارند ($P < 0.05$).

SEM: میانگین استاندارد خطا

نشان داد که وزن نسبی اندام های داخلی تحت تأثیر پروتئین خام و اسیدهای آمینه شاخه دار، و اثر متقابل آنها قرار نگرفت ($P > 0.05$).

تأثیر استفاده از سطوح مختلف اسیدهای آمینه شاخه دار در جیره استاندارد یا کم پروتئین بر وزن اندام های داخلی جوجه های گوشتی در جدول ۴ گزارش شده است. تجزیه و تحلیل آماری

جدول ۴- تاثیر سطوح مختلف پروتئین خام و اسیدهای آمینه شاخه‌دار، و اثر متقابل آنها بر وزن اندام‌های داخلی (درصد از وزن زنده) در جوجه‌های گوشتی

اثرات	سنگدان	طحال	روده کوچک	روده بزرگ	کبد و صفرا	پانکراس
اثر سطح پروتئین خام						
احتیاجات سویه	۲/۱۶	۰/۱۸	۴/۶۳	۰/۵۶	۳/۰۰	۰/۱۵
۱۰ درصد کمتر از احتیاجات سویه	۲/۰۰	۰/۱۰	۴/۷۷	۰/۵۲	۳/۱۶	۰/۱۵
SEM	۰/۱۵	۰/۰۰۶	۰/۱۷	۰/۰۲	۰/۱۷	۰/۰۰۴
P-value	۰/۴۵	۰/۴۰	۰/۵۷	۰/۱۹	۰/۵۲	۰/۶۷
اثر سطح اسید آمینه‌های شاخه‌دار						
صفر درصد	۲/۱۶	۰/۱۰	۴/۸۵	۰/۵۵	۲/۹۱	۰/۱۵
۱۰ درصد بیشتر	۲/۱۲	۰/۲۳	۴/۶۴	۰/۵۳	۳/۲۱	۰/۱۵
۲۰ درصد بیشتر	۱/۹۵	۰/۰۹	۴/۶۱	۰/۵۵	۳/۱۳	۰/۱۴
SEM	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۲۱	۰/۰۲	۰/۲۱	۰/۰۰۵
P-value	۰/۷۰	۰/۳۹	۰/۶۹	۰/۸۹	۰/۶۱	۰/۳۶
اثرات متقابل سطح پروتئین و اسید آمینه						
پروتئین و اسید آمینه در حد احتیاجات	۲/۲۲	۰/۱۰	۴/۷۹	۰/۵۶	۲/۶۹	۰/۱۵
پروتئین در حد احتیاجات و اسید آمینه ۱۰ درصد بیشتر	۲/۱۳	۰/۳۴	۴/۸۱	۰/۵۹	۳/۲۹	۰/۱۵
پروتئین در حد احتیاجات و اسید آمینه ۲۰ درصد بیشتر	۲/۱۴	۰/۰۹	۴/۲۹	۰/۵۳	۳/۰۳	۰/۱۴
پروتئین ۱۰ درصد کمتر و اسید آمینه در حد احتیاجات	۲/۱۰	۰/۱۰	۴/۹۱	۰/۵۴	۳/۱۴	۰/۱۵
پروتئین ۱۰ درصد کمتر و اسید آمینه ۱۰ درصد بیشتر از حد احتیاجات	۲/۱۲	۰/۱۱	۴/۴۷	۰/۴۷	۳/۱۳	۰/۱۴
پروتئین ۱۰ درصد کمتر و اسید آمینه ۲۰ درصد بیشتر از حد احتیاجات	۲/۷۷	۰/۱۰	۴/۹۴	۰/۵۶	۳/۲۲	۰/۱۵
SEM	۰/۲۶	۰/۰۰۱	۰/۳۰	۰/۳۴	۰/۳۰	۰/۰۰۸
P-value	۰/۷۸	۰/۴۵	۰/۲۸	۰/۱۳	۰/۶۱	۰/۵۷

^{a,b}: میانگین‌های هر ستون برای هر عامل که دارای حرف غیرمشترک می‌باشد، اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0.05$).

SEM: میانگین استاندارد خطا

سیستم ایمنی

اسیدهای آمینه شاخه‌دار بالاتر از احتیاجات سویه راس با درصد پروتئین در سطح احتیاجات باعث افزایش درصد هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت در مقایسه با جیره کم پروتئین با اسیدهای آمینه شاخه‌دار در سطح احتیاجات شد ($P < 0.05$).

جدول ۵ اثر استفاده از سطوح مختلف اسیدهای آمینه شاخه‌دار در جیره استاندارد یا کم پروتئین را بر سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به دست آمده، درصد هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت تحت تأثیر اثر متقابل سطح پروتئین خام و اسیدهای آمینه شاخه‌دار قرار گرفت و استفاده از سطح ۲۰ درصد

جدول ۵- تاثیر تیمارهای آزمایشی بر سیستم ایمنی در جوجه های گوشتی

اثرات	هتروفیل (%)	لنفوسیت (%)	نسبت هتروفیل به لنفوسیت
اثر سطح پروتئین خام			
احتیاجات سویه	۲۸/۲۲	۶۷/۲۳	۰/۴۲
۱۰ درصد کمتر از احتیاجات سویه	۲۷/۱۲	۶۸/۰۹	۰/۳۹
SEM	۰/۴۵	۰/۳۶	۰/۰۱
P-value	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۷
اثر سطح اسید آمینه های شاخه دار			
صفر درصد	۲۷/۱۶	۶۷/۹۲	۰/۴۰
۱۰ درصد بیشتر	۲۷/۹۹	۶۷/۲۵	۰/۴۲
۲۰ درصد بیشتر	۲۷/۸۷	۶۷/۵۰	۰/۴۱
SEM	۰/۴۵	۰/۳۶	۰/۰۱
P-value	۰/۶۸	۰/۸۷	۰/۷۳
اثرات متقابل سطح پروتئین و اسید آمینه			
پروتئین و اسید آمینه در حد احتیاجات	۲۸/۱۳ ^{ab}	۶۶/۸۲	۰/۴۳ ^a
پروتئین در حد احتیاجات و اسید آمینه ۱۰ درصد بیشتر	۲۸/۰۹ ^{ab}	۶۷/۲۹	۰/۴۲ ^{ab}
پروتئین در حد احتیاجات و اسید آمینه ۲۰ درصد بیشتر	۲۸/۴۶ ^a	۶۷/۱۱	۰/۴۳ ^a
پروتئین ۱۰ درصد کمتر و اسید آمینه در حد احتیاجات	۲۶/۱۹ ^b	۶۹/۰۳	۰/۳۶ ^b
پروتئین ۱۰ درصد کمتر و اسید آمینه ۱۰ درصد بیشتر از حد احتیاجات	۲۷/۸۹ ^{ab}	۶۷/۲۰	۰/۴۲ ^{ab}
پروتئین ۱۰ درصد کمتر و اسید آمینه ۲۰ درصد بیشتر از حد احتیاجات	۲۷/۲۹ ^{ab}	۶۷/۸۹	۰/۴۰ ^{ab}
SEM	۰/۸۳	۰/۶۱	۰/۰۲
P-value	۰/۰۳	۰/۸۷	۰/۷۵

^{a,b}: میانگین های هر ستون برای هر عامل که دارای حرف غیر مشترک می باشند، اختلاف معنی داری دارند ($P < 0.05$).

SEM: میانگین استاندارد خطا

بحث

باعث بهبود عملکرد رشد جوجه های گوشتی شود. گزارش شده است که پروفایل اسیدهای آمینه شاخه دار جیره به دلیل رقابت آنتاگونیستی بین لوسین و والین (Norouzian و همکاران، ۲۰۱۸) یا بین کل اسیدهای آمینه شاخه دار (Ospina-Rojas و همکاران، ۲۰۱۹) می تواند به عنوان یک عامل تأثیرگذار بر عملکرد جوجه های گوشتی باشد. همچنین بنا به برخی از پژوهش ها رقابت بین این اسیدهای آمینه شاخه دار می تواند منجر به افزایش نیاز به والین در خوراک مصرفی جوجه ها شود (Ospina-

مطالعه حاضر نشان داد که کاهش ۱۰ درصد سطح پروتئین خام بر مصرف خوراک جوجه های گوشتی تأثیری نداشت، اما می تواند افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک را در طول دوره پرورش تضعیف کند. در طول دوره آزمایشی، جوجه های گوشتی که با جیره پایه حاوی ۲۰ درصد اسید آمینه های شاخه دار بیشتر تغذیه شدند، افزایش وزن بدن بیشتری داشتند و ضریب تبدیل خوراک را در مقایسه با گروه کنترل بهبود بخشیدند، که نشان می دهد جیره غذایی حاوی اسید آمینه های شاخه دار ممکن است

لیزین برای حداکثر عملکرد متفاوت است (Agostini و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین این اختلافات ممکن است به دلیل نژاد و سن پرندگان آزمایشی، نسبت و کیفیت مواد تشکیل دهنده جیره یا شرایط محیطی (تنش گرمایی) باشد (Allameh و Toghyani، ۲۰۱۹؛ Potença و همکاران، ۲۰۱۵).

نیاز مواد مغذی جوجه‌های گوشتی به طور مستمر با انتشار سویه‌های جدید و با تغییر در برنامه‌های تغذیه به‌روز می‌شود (Aviagen، ۲۰۲۱؛ Cobb-Vantress، ۲۰۲۰)، در حالی که دستورالعمل‌های NRC (۱۹۹۴) برای اسیدهای آمینه شاخه‌دار بر اساس حداقل نیازهای پروتئین خام پرندگان بیان شده است. با این حال، یک نسبت مناسب از اسیدهای آمینه شاخه‌دار برای استفاده ایده‌آل مورد نیاز است، در غیر این صورت اسیدهای آمینه شاخه‌دار بیش از اسیدهای آمینه محدود کننده، دچار فرآیند آمین‌زدایی می‌شوند و برای تامین انرژی به‌جای سنتز پروتئین استفاده می‌شوند. Chen و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که افزایش لوسین از ۱/۸۸ به ۲/۷۳ درصد جیره با غلظت ثابت ایزولوسین و والین، افزایش وزن بدن جوجه‌های گوشتی را تا ۴۵ درصد افزایش داد و مصرف خوراک و کارایی خوراک را نیز بهبود بخشید. گنجاندن بیشتر مواد خوراکی حاوی والین ضروری است، زیرا جیره با کمبود والین می‌تواند منجر به اختلال در عملکرد رشد همراه با ناهنجاری در پرها و پاهای مرغ شود (Amirdahri و همکاران، ۲۰۲۰). از این رو، والین را می‌توان به عنوان چهارمین اسید آمینه محدود کننده در جوجه‌های تغذیه شده با جیره بر پایه ذرت و کنجاله سویا در نظر گرفت (Berres و همکاران، ۲۰۱۰). در پژوهشی دیگر Corzo و همکاران (۲۰۰۸) ایزولوسین را از ۰/۷۱ به ۰/۵۸ درصد در جوجه‌های گوشتی از روز ۳۵ تا ۵۴ کاهش داد، افزایش وزن بدن آنها ۵ درصد کاهش یافت و ضریب تبدیل خوراک ۶ درصد افزایش یافت. افزایش گنجاندن ایزولوسین از ۰/۵۸ به ۰/۶۶ درصد در این مطالعه عملکرد ضعیف را جبران کرد، اما افزودن آرژنین به جیره

Rojas و همکاران، ۲۰۱۹). با این حال پژوهشگران در سال ۲۰۲۱ با مکمل کردن نسبت‌های مختلف لوسین، والین و ایزولوسین در سه سطح گزارش کردند که این اسیدهای آمینه شاخه‌دار تأثیر معنی‌داری بر عملکرد جوجه‌های گوشتی پرورش یافته در شرایط تنش گرمایی از سن ۱۴ تا ۴۲ روزگی نداشتند (Kop-Bozbay و همکاران، ۲۰۲۱). در مقابل و موافق با نتایج آزمایش حاضر، گزارش شده است که افزودن ۱۰ درصد والین اضافی در جیره با ۲ درصد پروتئین خام کمتر از سطح توصیه شده باعث افزایش بیشتر وزن بدن در دوره رشد شد (پارسایی مهر و همکاران، ۱۴۰۱). در پژوهشی دیگر صادق‌زاده و همکاران (۱۴۰۰) گزارش کردند که سطح ۱۴۰ درصد اسید آمینه لوسین در مقایسه با سطح ۱۰۰ درصد باعث بهبود وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک در جوجه‌های گوشتی شد. رشد و نمو روده جوجه‌های گوشتی نیز تحت تأثیر مکمل اسیدهای آمینه شاخه‌دار قرار می‌گیرد (Moura و همکاران، ۲۰۱۷) که می‌تواند توضیح دهنده اثرات مثبت این دسته از اسیدهای آمینه بر عملکرد جوجه‌های گوشتی از طریق تأثیرگذاری بر روده و بهبود مورفولوژی روده باشد. بنابراین، همانطور که توسط Liu و همکاران (۲۰۱۶) گزارش شده است، استفاده از اسیدهای آمینه شاخه‌دار در جیره‌های کم پروتئین تأثیر مفیدی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی دارد. این یافته‌ها نشان داد که سطح پروتئین خام احتمالاً چندان مهم نیست و پروفایل اسیدهای آمینه شاخه‌دار به دلیل تأثیر متضاد بین لوسین و والین در جیره (Ospina-Rojas و همکاران، ۲۰۱۷) یا تضاد بین اسیدهای آمینه شاخه‌دار، عامل مهم‌تری است (Pereira و همکاران، ۲۰۱۸). با این حال، این نتایج با برخی از مطالعات قبلی (Kop-Bozbay و همکاران، ۲۰۲۱) که در آن عملکرد جوجه‌های گوشتی تحت تأثیر مکمل اسیدهای آمینه شاخه‌دار قرار نگرفت، مخالف است. تفاوت بین مطالعات قبلی و مطالعه حاضر ممکن است به این واقعیت مرتبط باشد که روابط بین اسیدهای آمینه شاخه‌دار و نسبت اسیدهای آمینه مانند والین و ایزولوسین به

کم ایزولوسین، افت عملکرد را جبران نکرد. بنابراین، نویسندگان به این نتیجه رسیدند که گنجاندن ایزولوسین بالاتر از سطح حاشیه در یک جیره بر پایه ذرت-کنجاله سویا ضروری است.

موافق با نتایج ما محققین گزارش کردند که ایزولوسین باعث افزایش درصد عضله سینه و ران و مکمل ترکیبی ایزولوسین و والین باعث کاهش چربی حفره شکمی شد (Kim و همکاران، ۲۰۲۲). همچنین مشخص شده است که عملکرد گوشت سینه در جوجه‌های گوشتی نر راس × هابارد در پاسخ به جیره با کمبود ایزولوسین کاهش می‌یابد (Kidd و همکاران، ۲۰۰۰)، که نشان می‌دهد ایزولوسین برای بهبود ترکیب بدن و عملکرد گوشت عضلات سینه و ران در جوجه‌های گوشتی مهم است. بنابراین، سطوح گنجاندن مناسب و نسبت‌های ایده‌آل ایزولوسین به سایر اسیدهای آمینه، به‌ویژه اسیدهای آمینه شاخه‌دار و لیزین، برای عملکرد بهتر و بازدهی بالای گوشت سینه حتی پس از برآورده شدن الزامات اسیدهای آمینه محدود کننده اصلی مورد نیاز است. الزامات والین و ایزولوسین نیز به یکدیگر وابسته هستند اما سطوح بهینه آن‌ها بیشتر تحت تأثیر غلظت لوسین در جیره است. در میان اسیدهای آمینه شاخه‌دار، لوسین به ویژه برای تحریک سنتز پروتئین شناخته شده است (Bai و همکاران، ۲۰۱۵)، اما لوسین اضافی می‌تواند غلظت ایزولوسین و والین پلاسما را کاهش دهد، بنابراین مقدار بهینه لوسین در جیره باید رعایت شود و بر اساس انواع مواد مورد استفاده در خوراک تعیین شود. در مطالعه‌ای که توسط Erwan و همکاران (۲۰۰۸) انجام شد، افزودن ۰/۵ درصد لوسین در جیره جوجه‌های گوشتی باعث افزایش ۹ درصدی وزن لاشه شد.

در رابطه با سیستم ایمنی مطالعه حاضر نشان داد که افزودن ۲۰ درصدی اسیدهای آمینه شاخه‌دار در جیره‌های با پروتئین در سطح احتیاجات سویه باعث افزایش درصد هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت در مقایسه با تیمار کم پروتئین با اسید آمینه در سطح احتیاجات شد. پارسایی مهر و همکاران (۱۴۰۰) گزارش کردند

که افزودن ۲۰ درصد اسید آمینه والین در جیره‌های کم پروتئین تأثیر معنی‌داری بر لکوسیت‌های خون نشان نداد اما به طور معنی‌داری باعث افزایش ایمنی هومورال گردید. علی‌رغم پذیرش نقش مهم اسیدهای آمینه شاخه‌دار در تعدیل ایمنی، مکانیسم خاصی برای تعامل آن در مطالعات شرح داده نشده است. انتظار می‌رود که اثرات مکمل اسیدهای آمینه شاخه‌دار باعث واکنش‌های مشابهی در طیور شود که در خوک‌ها یا موش‌ها مشاهده شد (Wesney و Tannock، ۱۹۷۹؛ Zhang و همکاران، ۲۰۱۸). با این وجود، مطالعات بیشتر برای تعیین اثرات اسیدهای آمینه شاخه‌دار بر پارامترهای سلامت طیور ضروری است، زیرا تفاوت‌های ذاتی در ایمنی طیور و خوک‌ها و سایر گونه‌های تک‌معدده وجود دارد. در بین اسیدهای آمینه شاخه‌دار، عمدتاً والین باعث تحریک لنفوژن لنفوسیت‌ها و همچنین افزایش سلول‌های کشنده طبیعی در کبد می‌شود (Monirujjaman و Ferdouse، ۲۰۱۴). در طی مطالعات آزمایشگاهی مشخص شده است که اسیدهای آمینه شاخه‌دار در پروتئین‌هایی که برای سنتز RNA و DNA استفاده می‌شوند، ترکیب می‌شوند و برای عملکردهای سلولی توسط سلول‌های ایمنی اکسید می‌شوند (Calder، ۲۰۰۶). این گزارش‌ها از این واقعیت حمایت می‌کنند که اسیدهای آمینه شاخه‌دار دارای اثرات آنابولیک و تعدیل‌کننده ایمنی هستند. علاوه بر این، مکمل اسیدهای آمینه شاخه‌دار در یک جیره کم پروتئین (۱۷ درصد) باعث کاهش اوره پلاسما و تعداد لنفوسیت‌های داخل اپیتلیال و افزایش ارتفاع پرز در دئودنوم و ایمونوگلوبولین A شد (Ren و همکاران، ۲۰۱۵). افزایش سطح لنفوسیت‌های داخل اپیتلیال ممکن است در عملکرد طبیعی مطلوب نباشد زیرا نشان دهنده التهاب مداوم در مخاط است (Cheroutre و همکاران، ۲۰۱۱). هنگامی که والین از ۶/۴ به ۸/۶۵ گرم در کیلوگرم جیره افزایش یافت، Thornton و همکاران (۲۰۰۶) هیچ تغییری در اندام‌های ایمنی یا تیترا آنتی‌بادی جوجه‌های گوشتی پیدا نکردند و به این نتیجه رسیدند که کمبود والین ایمنی را به خطر نمی‌اندازد زیرا نیاز به

س.م. (۱۴۰۰). اثر سطوح مختلف اسید آمینه لوسین بر عملکرد، خصوصیات و کیفیت لاشه و بیان ژن‌های IGF-1 و انسولین در جوجه‌های گوشتی. *مجله تحقیقات دامپزشکی*، ۷۶(۳)، ۳۵۹-۳۷۱.

Adeva-Andany, M. M., López-Maside, L., Donapetry-García, C., Fernández-Fernández, C. and Sixto-Leal, C. (2017). Enzymes involved in branched-chain amino acid metabolism in humans. *Amino acids*, 49(6), 1005-1028.

Agostini, P. S., Santos, R. R., Khan, D. R., Siebert, D. and Van der Aar, P. (2019). The optimum valine: lysine ratios on performance and carcass traits of male broilers based on different regression approaches. *Poultry science*, 98(3), 1310-1320.

Allameh, S. and Toghyani, M. (2019). Effect of dietary valine supplementation to low protein diets on performance, intestinal morphology and immune responses in broiler chickens. *Livestock Science*, 229, 137-144.

Allen, N. K. and Baker, D. H. (1972). Quantitative efficacy of dietary isoleucine and valine for chick growth as influenced by variable quantities of excess dietary leucine. *Poultry Science*, 51(4), 1292-1298.

Amirdahri, S., Janmohammadi, H., Taghizadeh, A., Lambert, W., Soumeh, E. A. and Oliayi, M. (2020). Valine requirement of female Cobb broilers from 8 to 21 days of age. *Journal of applied poultry research*, 29(4), 775-785.

Awad, W., Ghareeb, K. and Böhm, J. (2008). Intestinal structure and function of broiler chickens on diets supplemented with a synbiotic containing *Enterococcus faecium* and oligosaccharides. *International Journal of Molecular Sciences*, 9(11), 2205-2216.

Aviagen (2021). Ross 308 and 708 parent stock nutrition specifications guide. <https://en.aviagen.com/brands/ross/>. Accessed Aug. 2021.

ایمنی ممکن است کمتر از نیازهای رشد پرنده باشد. این نتایج نشان می‌دهد که والین برای رشد و عملکردهای فیزیولوژیکی ضروری است. اما نسبت آن به سایر اسیدهای آمینه، به ویژه سایر اسیدهای آمینه شاخه‌دار، برای پاسخ بهینه بسیار مهم است. به طور کلی، در دسترس بودن کافی اسیدهای آمینه برای سنتز مولکول‌های سیتوتوکسیک، پلی پپتیدها، ایمونوگلوبولین‌ها، سیتوکین‌ها و عملکرد سیستم ایمنی ضروری است (Calder, ۲۰۰۶). همچنین تامین اسیدهای آمینه شاخه‌دار برای سلول‌های ایمنی لازم است تا اسیدهای نوکلئیک و پروتئین‌های خود را سنتز کنند و همچنین منبعی برای سلول‌های در حال تقسیم فراهم کنند (Zhou و همکاران، ۲۰۱۸).

نتیجه‌گیری نهایی

به طور کلی در مطالعه حاضر افزودن ۲۰ درصدی اسیدهای آمینه شاخه‌دار در جیره‌های کم پروتئین توانست عملکرد جوجه‌های گوشتی را بهبود بخشد. همچنین، تغذیه با جیره‌های کم پروتئین سیستم ایمنی را تضعیف کرد. با این حال، مشخص شد که مکمل کردن اسیدهای آمینه شاخه‌دار در بهبود خصوصیات لاشه و عملکرد جیره‌های کم پروتئین حیاتی است.

منابع

پارسایی مهر، خ.، دانشیار، م.، فرهومند، پ.، جانمحمادی، ح.، علیایی، م. و جوانمرد، آ. (۱۴۰۱). تأثیر افزودن سطوح مختلف اسید آمینه والین در جیره‌های غذایی کم پروتئین بر عملکرد، شاخص‌های بیوشیمیایی خون و خصوصیات استخوان جوجه‌های گوشتی سویه راس-۳۰۸ در دوره رشد. *پژوهش‌های تولیدات دامی*، ۱۳(۳۷)، ۳۲-۳۹.

پارسایی مهر، خ.، دانشیار، م.، فرهومند، پ.، جانمحمادی، ح. و علیایی، م. (۱۴۰۰). تأثیر مقادیر مختلف اسید آمینه والین در جیره‌های کم پروتئین، بر ایمنی سلولی و همورال جوجه‌های گوشتی. *آسیب‌شناسی درمانگاهی دامپزشکی*، ۱۵(۵۸)، ۱۲۹-۱۴۱.

صادق زاده، س.، دانشیار، م.، فرهومند، پ.، یزدیان، م. و هاشمی،

- Bai, J., Greene, E., Li, W., Kidd, M. T. and Dridi, S. (2015). Branched-chain amino acids modulate the expression of hepatic fatty acid metabolism-related genes in female broiler chickens. *Molecular nutrition & food research*, 59(6), 1171-1181.
- Berres, J., Vieira, S. L., Dozier Iii, W. A., Cortês, M. E. M., De Barros, R., Nogueira, E. T. and Kutschenko, M. (2010). Broiler responses to reduced-protein diets supplemented with valine, isoleucine, glycine, and glutamic acid. *Journal of Applied Poultry Research*, 19(1), 68-79.
- Brosnan, J. T. and Brosnan, M. E. (2006). Branched-chain amino acids: enzyme and substrate regulation. *The Journal of nutrition*, 136(1), 207S-211S.
- Calder, P. C. (2006). Branched-chain amino acids and immunity. *The Journal of nutrition*, 136(1), 288S-293S.
- Chen, X., Zhang, Q. and Applegate, T. J. (2016). Impact of dietary branched chain amino acids concentration on broiler chicks during aflatoxicosis. *Poultry science*, 95(6), 1281-1289.
- Cheroutre, H., Lambolez, F. and Mucida, D. (2011). The light and dark sides of intestinal intraepithelial lymphocytes. *Nature Reviews Immunology*, 11(7), 445-456.
- Cobb-Vantress (2020c). Cobb 700 broiler performance and nutrition supplement guide. https://www.cobb-vantress.com/en_US/products. Accessed Aug. 2021
- Corzo, A., Dozier, W. I., Kidd, M. T. and Hoehler, D. (2008). Impact of dietary isoleucine status on heavy-broiler production. *International Journal of Poultry Science*, 7 (6), 526-529
- Erwan, E., Alimon, A. R., Sazili, A. Q. and Yaakub, H. (2008). Effect of varying levels of leucine and energy on performance and carcass characteristics of broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, 7, 696-699.
- Hou, Y., Yin, Y. and Wu, G. (2015). Dietary essentiality of "nutritionally non-essential amino acids" for animals and humans. *Experimental Biology and Medicine*, 240(8), 997-1007.
- Kaab, H., Bain, M. M. and Eckersall, P. D. (2018). Acute phase proteins and stress markers in the immediate response to a combined vaccination against Newcastle disease and infectious bronchitis viruses in specific pathogen free (SPF) layer chicks. *Poultry science*, 97(2), 463-469.
- Kamran, Z., Sarwar, M., Mahr-un-Nisa, Nadeem, M. A., Mushtaq, T., Ahmed, T. and Mushtaq, M. M. H. (2008). Effect of low levels of dietary protein on growth, protein utilisation and body composition of broiler chicks from one to twenty-six days of age. *Avian Biology Research*, 1(1), 19-25.
- Kidd, M. T., Kerr, B. J., Allard, J. P., Rao, S. K. and Halley, J. T. (2000). Limiting amino acid responses in commercial broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 9(2), 223-233.
- Kim, W. K., Singh, A. K., Wang, J. and Applegate, T. (2022). Functional role of branched chain amino acids in poultry: a review. *Poultry science*, 101(5), 101715.
- Kop-Bozday, C., Akdag, A., Atan, H. and Ocak, N. (2021). Response of broilers to supplementation of branched-chain amino acids blends with different valine contents in the starter period under summer conditions. *Animal bioscience*, 34(2), 295.
- Laudadio, V., Dambrosio, A., Normanno, G., Khan, R. U., Naz, S., Rowghani, E. and Tufarelli, V. (2012). Effect of reducing dietary protein level on performance responses and some microbiological aspects of broiler chickens under summer environmental conditions. *Avian Biology Research*, 5(2), 88-92.
- Liu, Q. W., Feng, J. H., Chao, Z., Chen, Y., Wei, L. M., Wang, F. and Zhang, M. H. (2016). The influences of ambient temperature and crude protein levels on performance and serum biochemical parameters in broilers. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 100(2), 301-308.

- Miranda, D. J. A., Vieira, S. L., Favero, A., Angel, C. R., Stefanello, C. and Nogueira, E. T. (2015). Performance and meat production of broiler chickens fed diets formulated at different crude protein levels supplemented or not with L-valine and L-isoleucine. *Animal Feed Science and Technology*, 206, 39-47.
- Monirujjaman, M. D. and Ferdouse, A. (2014). Metabolic and physiological roles of branched-chain amino acids. *Advances in Molecular Biology*, 2014.
- Moura, C. S., Lollo, P. C. B., Morato, P. N., Risso, E. M. and Amaya-Farfan, J. (2017). Modulatory effects of arginine, glutamine and branched-chain amino acids on heat shock proteins, immunity and antioxidant response in exercised rats. *Food & function*, 8(9), 3228-3238.
- Nascimento, G. R., Murakami, A. E., Ospina-Rojas, I. C., Diaz-Vargas, M., Picoli, K. P. and Garcia, R. G. (2016). Digestible valine requirements in low-protein diets for broilers chicks. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 18, 381-386.
- NRC (1994). National Research Council, & Subcommittee on Poultry Nutrition. Nutrient requirements of poultry: 1994. National Academies Press.
- Ospina-Rojas, I. C., Murakami, A. E., do Amaral Duarte, C. R., Pozza, P. C., Rossi, R. M. and Gasparino, E. (2019). Performance, diameter of muscle fibers, and gene expression of mechanistic target of rapamycin in pectoralis major muscle of broilers supplemented with leucine and valine. *Canadian journal of animal science*, 99(1), 168-178.
- Ospina-Rojas, I. C., Murakami, A. E., Duarte, C. R. A., Nascimento, G. R., Garcia, E. R. M., Sakamoto, M. I. and Nunes, R. V. (2017). Leucine and valine supplementation of low-protein diets for broiler chickens from 21 to 42 days of age. *Poultry Science*, 96(4), 914-922.
- Potencia, A., Murakami, A. E., Ospina-Rojas, I. C. and Muller Fernandes, J. I. (2015). Digestible valine-to-lysine ratio in diets for broiler chickens. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 6(1), 25-37.
- Ren, M., Zhang, S. H., Zeng, X. F., Liu, H. and Qiao, S. Y. (2015). Branched-chain amino acids are beneficial to maintain growth performance and intestinal immune-related function in weaned piglets fed protein restricted diet. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(12), 1742.
- Shepherd, E. M. and Fairchild, B. D. (2010). Footpad dermatitis in poultry. *Poultry science*, 89(10), 2043-2051.
- Thornton, S. A., Corzo, A., Pharr, G. T., Dozier Iii, W. A., Miles, D. M. and Kidd, M. T. (2006). Valine requirements for immune and growth responses in broilers from 3 to 6 weeks of age. *British Poultry Science*, 47(2), 190-199.
- Wesney, E. and Tannock, G. W. (1979). Association of rat, pig, and fowl biotypes of lactobacilli with the stomach of gnotobiotic mice. *Microbial ecology*, 5, 35-42.
- Widyaratne, G. P. and Drew, M. D. (2011). Effects of protein level and digestibility on the growth and carcass characteristics of broiler chickens. *Poultry Science*, 90(3), 595-603.
- Zhang, C., Jiao, S., Wang, Z. A. and Du, Y. (2018). Exploring effects of chitosan oligosaccharides on mice gut microbiota in in vitro fermentation and animal model. *Frontiers in microbiology*, 9, 405196.
- Zhou, H., Yu, B., Gao, J., Htoo, J. K. and Chen, D. (2018). Regulation of intestinal health by branched-chain amino acids. *Animal Science Journal*, 89(1), 3-11.