

اثر سطح پروتئین و نسبت ترئونین به لیزین در جیره بر ریخت‌شناسی و ترشح موسین در روده باریک جوجه‌های گوشتی

سید حسن نوریان^۱، محمدرضا اکبری^{۲*}، حسین حسن‌پور^۳، حسین مهربان^۲

۱. دانشجوی دکتری تغذیه طیور، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد- ایران.
۲. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد- ایران.
۳. گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد- ایران.

پذیرش: ۴ بهمن‌ماه ۱۴۰۰

دریافت: ۱۶ آبان‌ماه ۱۴۰۰

چکیده

به منظور بررسی اثر سطح پروتئین و نسبت ترئونین به لیزین قابل هضم در جیره‌های بر پایه گندم بر ریخت‌شناسی و ترشح موسین در روده جوجه‌های گوشتی، ۴۸۰ قطعه جوجه گوشتی نر Ross 308 در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۸ تیمار و ۶ تکرار و به صورت آزمایش فاکتوریل ۲×۴ استفاده شد. هشت جیره آزمایشی با استفاده از چهار نسبت ترئونین به لیزین (۰/۵۵، ۰/۰۶، ۰/۰۷، ۰/۰۸) و دو سطح پروتئین قابل هضم استاندارد (۱۷ و ۱۸ درصد)، برای دوره ۱۵ تا ۳۵ روزگی تنظیم شد. نمونه‌گیری‌ها در سن ۳۵ روزگی با دو پرندۀ از هر تکرار انجام شد. نسبت ترئونین به لیزین برابر با ۰/۸ در مقایسه با سایر نسبت‌ها، سبب افزایش طول پرزهای روده‌ای در هر سه قسمت روده باریک و افزایش سطح پرز در ایلئوم شد ($P < 0/05$). کاهش سطح پروتئین جیره سبب کاهش میانگین عمق کریپت در دئودنوم و ژژنوم شد ($P < 0/05$). افزایش نسبت ترئونین به لیزین تا سطح ۰/۷، سبب افزایش ترشح موسین در ژژنوم شد ($P < 0/05$). کاهش نسبت ترئونین به لیزین به سطح ۰/۵۵ سبب افزایش ویسکوزیته شیرابه هضمی در هر سه قسمت روده باریک شد ($P < 0/05$)؛ نسبت ترئونین به لیزین ۰/۷ باعث افزایش آنزیم فسفاتاز قلیایی در خون شد؛ در مقابل، کاهش سطح پروتئین جیره سبب کاهش سطح این آنزیم شد ($P < 0/05$). با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که نسبت ترئونین به لیزین مناسب در جیره‌های بر پایه گندم برای عمل‌کرد مناسب روده جوجه‌های گوشتی در محدوده ۰/۷ تا ۰/۸ است و با کاهش سطح پروتئین جیره، نسبت‌های بالاتر اهمیت بیشتری می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: گندم، اسیدآمینۀ ایده‌آل، قابلیت هضم، ترئونین، جوجه گوشتی.

مقدمه

موکوس روده‌ایدارد و حدود ۴۰ درصد گلائیکوپروتئین موجود در موکوس روده‌ای را شامل می‌شود (۳). اکثر موسین‌های روده‌ای قابل هضم نیست و به همین دلیل ترئونین قادر به بازیافت نیست که این قضیه می‌تواند در شرایط خاص موجب افزایش احتیاجات به این اسید آمینۀ گردد (۱). گزارش شده است که محدودیت ترئونین در جیره، سبب کاهش تولید موسین در روده کوچک و بزرگ شده است (۷ و ۸).

گندم و جو به عنوان جایگزین مناسبی برای ذرت در مقداری پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای (NSP) است (۲۰ و ۲۲) که به نوبه خود به عنوان یک ماده ضد تغذیه‌ای، خصوصیات فیزیولوژیک دستگاه گوارش جوجه‌های

ترئونین به عنوان سومین اسید آمینۀ محدود کننده در جیره جوجه‌های گوشتی به خصوص در جیره‌هایی با سطح پروتئین پایین مطرح است. ترئونین در بسیاری از مسیرهای متابولیک نظیر سنتز پروتئین و شکل‌گیری اسید اوریک نقش ایفا می‌کند، همچنین طیور قادر به ساخت این اسید آمینۀ نیستند و به همین دلیل این اسید آمینۀ از نظر تغذیه‌ای ضروری شناخته می‌شود (۲۴).

گزارش شده که ترئونین نقش مهمی در ترکیبات جیره‌های طیور شناخته می‌شوند. این دو غله در مناطق گسترده‌تری از دنیا قابلیت کشت و نیاز آبی کمتری نسبت به ذرت دارند (۲۳). دیواره سلولی گندم و جو حاوی



گوشتی را دستخوش تغییر قرار می‌دهند (۱۲ و ۳۱). قسمت اصلی NSP موجود در گندم آرابینوزایلان و در جو بتاگلوکان است (۳۱). مطالعات انجام شده روی تأثیر NSP بر دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی نشان دهنده تغییرات منفی pH و ویسکوزیته ماده هضمی موجود در روده است که خود باعث کاهش عمل‌کرد آنزیم‌های درون‌ریز دستگاه گوارش می‌گردد (۴)، همچنین گزارش شده است که سطوح بالای NSP در جیره غذایی سبب افزایش تولید موسین در جدار روده می‌شود (۲۷).

از سوی دیگر، افزایش سطح پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای در جیره سبب تکثیر پاتوژن‌های بیماری‌زا نظیر ایکولوی و کلستری‌دیوم در روده شده که به دنبال آن پاسخ‌های التهابی در بافت مخاطی و تغییراتی در ریخت‌شناسی روده را ایجاد می‌کند. پاسخ التهابی ایجاد شده در روده‌ها نتیجه فعال شدن سیستم ایمنی روده است که به نوبه خود با ترشح موسین در ارتباط است (۵). جیره‌های تنظیم شده برای جوجه‌های گوشتی معمولاً حاوی سطوح بالایی از پروتئین خام هستند که این امر منجر به بالا رفتن هزینه تمام شده جیره و همچنین دفع مقادیر نیتروژن مازاد در فضولات و به دنبال آن آلودگی محیط زیست می‌گردد. تعیین دقیق‌تر احتیاجات به اسیدهای آمینه برای اهداف مختلف تولیدی و همچنین استفاده از روش‌های پیشرفته‌تر در تنظیم جیره‌ها می‌تواند منجر به کاهش احتیاجات به پروتئین خام در جیره و به دنبال آن کاهش هزینه و مشکلات زیست محیطی گردد (۱۸). امروزه فرموله کردن جیره‌های طیور بر اساس اسیدهای آمینه قابل هضم نسبت به اسیدهای آمینه کل و یا پروتئین خام دارای اولویت است، همچنین کاربرد الگوی اسید آمینه ایده‌آل در جیره نویسی (تنظیم مقدار اسیدهای آمینه در جیره نسبت به اسید آمینه لیزین) می‌تواند به بهبود امر تغذیه پروتئین‌ها کمک کند (۱۸ و ۲۸)؛ بنابراین در این مطالعه اثر نسبت‌های مختلف ترئونین قابل هضم به لیزین قابل هضم در جیره‌های بر پایه گندم با دو سطح پروتئین قابل هضم، بر فراسنجه‌های خونی، ترشح موسین در روده و ریخت‌شناسی بافت روده جوجه‌های گوشتی بررسی شد.

به منظور انجام این پژوهش تعداد ۴۸۰ قطعه جوجه گوشتی نر سویه ROSS 308 در سن ۱۴ روزگی به صورت تصادفی و با میانگین وزنی مشابه به دسته‌های ده تایی تقسیم و در ۴۸ پن (۱/۵×۱/۲ متر مربع) روی بستری از تراشه‌های چوب قرار گرفتند. جوجه‌ها در دوره قبل از شروع آزمایش با یک جیره استاندارد بر پایه ذرت و کنجاله سویا تغذیه شدند. آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با ۸ تیمار و ۶ تکرار و به صورت آزمایش فاکتوریل ۴ × ۲ انجام شد. تعداد ۸ جیره آزمایشی بر پایه گندم با استفاده از چهار سطح ترئونین قابل هضم استاندارد (سطوح ۰/۵۸، ۰/۶۴، ۰/۷۴، و ۰/۸۵ درصد) و دو سطح پروتئین قابل هضم استاندارد (۱۷ و ۱۸ درصد) برای دوره ۱۵ تا ۳۵ روزگی تنظیم شدند (جدول ۱). سطوح ترئونین قابل هضم استاندارد (سطوح مذکور) به گونه‌ای در نظر گرفته شد که در نهایت نسبت ترئونین قابل هضم استاندارد به لیزین قابل هضم استاندارد (۱/۰۶ درصد) در جیره‌های آزمایشی برابر ۰/۵۵، ۰/۶، ۰/۷، و ۰/۸ به دست آید؛ برای این منظور ال-ترئونین مصنوعی (با خلوص ۹۸/۵ درصد) به میزان ۰/۵۷، ۱/۱، ۱/۶۴، ۲/۱۸، و ۲/۷۲ گرم در کیلوگرم به ترتیب به جیره‌های ۲ تا ۶ اضافه شد. سطوح پروتئین قابل هضم استاندارد در نظر گرفته شده نیز، معادل ۱۰۰ درصد و ۹۵ درصد احتیاجات توصیه شده (۱۸ درصد) از سوی Lemme و همکاران در سال ۲۰۰۴ بود (۱۸). محاسبه پروتئین و اسیدهای آمینه قابل هضم استاندارد در مواد خوراکی استفاده شده نیز با استفاده از ضرایب ارائه شده از سوی Lemme و همکاران در سال ۲۰۰۴ انجام شد (۱۸). پرنده‌ها در طول دوره آزمایش تحت شرایط دمایی کنترل شده نگهداری شده و دسترسی به آب و جیره‌های آزمایشی آزاد بود.

در پایان دوره آزمایش (۳۵ روزگی)، تعداد دو پرنده از هر تکرار (۱۲ پرنده از هر تیمار) به طور تصادفی انتخاب و خون‌گیری از طریق سیاهرگ بال انجام شد، سپس این پرنده‌ها کشتار شده و حفره شکمی باز و روده‌ها خارج شدند. برای اندازه‌گیری ویسکوزیته محتویات روده و میزان موسین، نمونه‌گیری از محتویات دئودنوم، ژژنوم، و ایلیوم هر پرنده به داخل لوله‌های پلی‌اتیلن انجام شد و این نمونه‌ها تا زمان انتقال به آزمایشگاه و انجام اندازه‌گیری، روی یخ نگهداری شدند. برای بررسی ریخت‌شناسی

قسمت‌های مختلف روده باریک، قطعات ۲ سانتی متری از بخش میانی دئودنوم، ژژنوم، و ایلئوم هر پرنده جدا شده و پس از شست و شو با سرم فیزیولوژی، به منظور تثبیت در محلول فرمالین قرار داده شدند.

جدول ۱- اجزای تشکیل دهنده جیره‌های پایه استفاده شده در سن ۱۵ تا ۳۵ روزگی

سطح پروتئین قابل هضم استاندارد شده ایلئومی (%)		اجزای جیره (درصد)
۱۸	۱۷	
۶۲/۴۲	۵۹/۰۹	گندم
۱۸/۶۷	۲۷/۸۳	کنجاله سویا
۸/۱۶	۰	کنجاله گلوتن ذرت
۵/۸۷	۸/۵۲	روغن
۰/۹۹	۰/۹۲	صدف
۱/۸۹	۱/۹۲	دی کلسیم فسفات
۰/۲۱	۰/۲	بی‌کربنات سدیم
۰/۲۴	۰/۲۴	نمک
۰/۲۷	۰/۳۶	دی‌ال متیونین
۰/۴۴	۰/۲۴	ال لیزین
۰/۱۷	۰/۰۳	ال آرژنین
۰/۰۱	۰/۰۱	ال ایزولوسین
۰/۰۳	۰/۰۶	ال والین
۰/۰۸	۰/۰۳	کولین کلراید
۰/۰۵	۰/۰۵	مولتی آنزیم روابیو
۰/۲۵	۰/۲۵	مکمل ویتامینی ۱
۰/۲۵	۰/۲۵	مکمل معدنی ۲
		ترکیب شیمیایی
۳۱۱۰	۳۱۱۰	انرژی (کیلوکالری/کیلوگرم)
۱۸	۱۷	*SID پروتئین (%)
۰/۸۷	۰/۸۷	کلسیم (%)
۰/۴۳۵	۰/۴۳۵	فسفر قابل دسترس (%)
۱/۰۶	۱/۰۶	SID لیزین (%)
۰/۵۸	۰/۵۸	SID ترئونین (%)
۰/۵۵	۰/۵۵	نسبت SID ترئونین به SID لیزین

*قابل هضم استاندارد شده ایلئومی (Standardized Ileal Digestible, SID)

۱- هر کیلوگرم مکمل ویتامینی حاوی (IU) ۳۶۰۰۰۰ ویتامین A، (IU) ۸۰۰۰۰۰ ویتامین D3، (IU) ۷۲۰۰۰ ویتامین E، ۸۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین K3، ۷۲۰ میلی‌گرم ویتامین B1، ۲۶۴۰ میلی‌گرم ویتامین B2، ۴۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B3، ۲۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B5، ۱۱۸۲ میلی‌گرم ویتامین B6، ۴۰۰ میلی‌گرم اسیدفولیک، ۶ میلی‌گرم ویتامین B12، ۴۰ میلی‌گرم بیوتین، ۱۰۰۰۰۰ کولین، ۱۵۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان بود.

۲- هر کیلوگرم مکمل معدنی به میزان ۴۰۰۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۳۷۰۰۰ میلی‌گرم روی، ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۴۰۰۰ میلی‌گرم مس، ۸۰ میلی‌گرم سلنیوم، ۴۰۰ میلی‌گرم ید بود.

گرم از محتویات روده به درون لوله فالکون ۱۵ میلی‌لیتری ریخته شد و میزان ۵ میلی‌لیتر از محلول سرد شده (۴ درجه سانتی‌گراد) نمک (۰/۱۵ مولار NaCl و ۰/۰۲ مولار

اندازه‌گیری موسین در محتویات روده طبق روش تشریح شده از سوی Horn و همکاران در سال ۲۰۰۹ با کمی تغییرات انجام شد (۱۳). برای این منظور، مقدار یک



گروه‌های آزمایشی در جدول ۲ نشان داده شده است. اثر استفاده از نسبت‌های مختلف ترئونین قابل هضم به لیزین قابل هضم در جیره بر پایه گندم بر طول پرزها در هر سه قسمت روده باریک (دئودنوم، ژژنوم، و ایلیوم) معنی‌دار بود ($P < 0.05$). استفاده از نسبت ترئونین به لیزین برابر با ۰/۸ در مقایسه با سایر نسبت‌ها، منجر به افزایش طول پرزهای روده‌ای در هر سه قسمت روده باریک شد؛ اگرچه تأثیر افزایش نسبت ترئونین به لیزین قابل هضم بر میانگین سطح پرزها روده در هر سه قسمت روده باریک یک روند افزایشی را نشان داد؛ در عین حال این افزایش فقط در بخش ایلیوم معنی‌دار بود (سطح ۰/۸، $P < 0.05$). اثر نسبت ترئونین به لیزین قابل هضم در جیره بر میانگین عمق کریپت در دئودنوم و ژژنوم نیز معنی‌دار بود ($P < 0.05$) به طوری که نسبت‌های ۰/۷ و ۰/۸ در مقایسه با نسبت‌های ۰/۵۵ و ۰/۶ سبب افزایش میانگین عمق کریپت در دو ناحیه دئودنوم و ژژنوم شد. نسبت ترئونین به لیزین جیره، بر عمق کریپت در ایلیوم تأثیر معنی‌داری نداشت. کاهش سطح پروتئین قابل هضم در جیره (۱۸٪) در مقابل ۱۷٪) منجر به کاهش میانگین عمق کریپت در ناحیه دئودنوم و ژژنوم شد ($P < 0.05$)؛ همچنین کاهش سطح پروتئین قابل هضم در جیره سبب افزایش سطح پرز در ناحیه دئودنوم گردید ($P < 0.05$). اثر متقابل نسبت ترئونین به لیزین با سطح پروتئین جیره در ارتباط با عمق کریپت در ناحیه دئودنوم و ژژنوم معنی‌دار بود به گونه‌ای که افزایش نسبت ترئونین به لیزین در جیره کم پروتئین در مقایسه با جیره با سطح پروتئین طبیعی منجر به افزایش بیشتری در عمق کریپت گردید.

نتایج مربوط به مقدار موسین ترشح شده در قسمت‌های مختلف روده باریک در گروه‌های مختلف آزمایشی در جدول ۳ نشان داده شده است. افزایش نسبت ترئونین به لیزین قابل هضم در جیره از سطح ۰/۵۵ تا ۰/۷، سبب افزایش میزان ترشح موسین در ناحیه ژژنوم روده گردید ($P < 0.05$)؛ در عین حال افزایش بیشتر این نسبت به ۰/۸ سبب کاهش میزان موسین ترشح شده در این ناحیه از روده شد. کاهش سطح پروتئین قابل هضم در جیره نیز منجر به کاهش مقدار موسین ترشح شده در دئودنوم ($P = 0.090$) و ژژنوم ($P = 0.105$) گردید. اثر متقابل نسبت ترئونین به لیزین قابل هضم با سطح

(NaN_3) به آن اضافه شد. محتویات لوله به مدت ۳۰ ثانیه مخلوط شد و سپس سانتریفیوژ گردید (۱۲۰۰۰g، ۴ درجه سانتی‌گراد، ۲۰ دقیقه). مایع بالایی به یک لوله جدید که از قبل وزن شده بود انتقال داده شد. میزان ۵ میلی‌لیتر اتانول مطلق اضافه شد و پس از مخلوط کردن به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید، سپس مخلوط مذکور سانتریفیوژ شده (۱۲۰۰۰g، ۴ درجه سانتی‌گراد، ۱۰ دقیقه) و در نهایت پلت به‌دست آمده معادل موسین در نظر گرفته شد.

به منظور اندازه‌گیری ویسکوزیته، محتویات هر یک از قسمت‌های روده باریک داخل لوله‌های پلی‌اتیلن سانتریفیوژ گردید (۵۰۰g، ۱۵ دقیقه). سپس مایع بالایی برای اندازه‌گیری میزان ویسکوزیته با دستگاه ویسکومتر دیجیتالی مطابق روش تشریح شده از سوی Smits و همکاران در سال ۱۹۹۷ استفاده شد (۲۶).

به منظور اندازه‌گیری‌های ریخت‌شناختی، قطعات نمونه‌گیری شده از روده پس از فرآوری با پارافین قالب‌گیری شده و برش‌های ۵ میکرومتری تهیه گردید. این برش‌ها با هماتوکسیلین و ائوزین رنگ‌آمیزی شده (۱۱) و سپس با میکروسکوپ نوری عکس برداری گردید. اندازه‌گیری‌های مربوط به طول و عرض پرز و عمق کریپت با استفاده از یک نرم افزار آنالیز تصویر روی عکس‌های به‌دست آمده انجام شد. سطح پرز نیز از حاصل ضرب طول پرز در عرض پرز در عدد $3/14$ (عدد پی) بدست آمد. در نهایت مقادیر طول پرز، سطح پرز، و عمق کریپت گزارش گردید.

سرم به دست آمده از نمونه‌های خونی به منظور اندازه‌گیری فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون با روش اسپکتروفوتومتری و با کیت‌های آزمایشگاهی شرکت‌های پارس آزمون و زیست شیمی طبق دستورالعمل‌های مربوط استفاده شد.

اطلاعات جمع‌آوری شده با روش مدل‌های خطی عمومی (GLM)، نرم افزار SAS نسخه ۲۰۰۹ تجزیه و تحلیل شد. معنی داری اختلاف میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح معنی داری ۰/۰۵ امتحان شد.

نتایج

نتایج مربوط به ریخت‌سنجی پرزهای روده در



ویسکوزیته شیرابه هضمی در هر سه قسمت روده باریک شده است ($P < 0/05$). در عین حال، اثر سطح پروتئین قابل هضم جیره بر مقدار ویسکوزیته شیرابه هضمی در هیچ یک از قسمت‌های روده باریک معنی‌دار نبود؛ از سوی دیگر اثر متقابل نسبت ترئونین به لیزین با سطح پروتئین قابل هضم جیره در ارتباط با میزان ویسکوزیته در بخش دئودنوم معنی‌دار بود ($P < 0/05$)، به طوری که افزایش نسبت ترئونین به لیزین در جیره بر پایه گندم با سطح پروتئین کمتر در مقایسه با جیره با سطح پروتئین رایج، تاثیر بیشتری در کاهش ویسکوزیته داشته است.

جدول ۲ - ریخت‌سنجی پرزهای روده در جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره‌های بر پایه گندم با دو سطح پروتئین و نسبت‌های مختلف ترئونین به لیزین قابل هضم ایلئومی

ایلتوم			ژژنوم			دئودنوم			تیمار	
عمق	سطح	طول پرز	عمق	سطح	طول پرز	عمق	سطح	طول پرز	پروتئین	نسبت Thr
کرپیت	پرز	(μm)	کرپیت	پرز	(μm)	کرپیت	پرز	(μm)	***(/.)	به Lys*
(μm)	(mm^2)		(μm)	(mm^2)		(μm)	(mm^2)			
۱۰۶	۰/۱۶	۴۳۷	۱۱۰c	۰/۷۴	۹۹۱bc	۹۸b	۰/۵۵	۱۰۱۴	۱۷	۰/۵۵
۱۰۳	۰/۱۷	۳۹۷	۱۲۱bc	۰/۶۵	۹۴۹c	۹۹b	۰/۶۱	۱۰۲۵		۰/۶
۱۰۶	۰/۱۸	۵۲۱	۱۴۹a	۰/۶۶	۱۰۹۹a	۱۲۶a	۰/۷۲	۱۰۹۶		۰/۷
۱۱۵	۰/۲۳	۶۰۷	۱۳۸ab	۰/۷۳	۱۱۰۱ab	۱۳۶a	۰/۷۷	۱۲۶۹		۰/۸
۱۰۶	۰/۱۰	۳۶۶	۱۳۴c	۰/۷۳	۱۰۱۴a	۱۰۹b	۰/۵۸	۱۰۹۲	۱۸	۰/۵۵
۱۰۳	۰/۱۲	۴۰۳	۱۶۹a	۰/۶۵	۱۰۹۱a	۱۱۸b	۰/۵۲	۹۳۸		۰/۶
۱۰۶	۰/۱۱	۴۴۰	۱۶۲ab	۰/۶۲	۱۱۰۰a	۱۱۵b	۰/۷۳	۱۱۲۱		۰/۷
۱۰۸	۰/۱۹	۵۴۳	۱۴۶bc	۰/۷۱	۱۱۰۴a	۱۳۱a	۰/۸۳	۱۳۳۳		۰/۸
۲/۸	۰/۰۱۷	۲۴/۷۵	۴/۷	۰/۰۴	۲۵/۷	۲/۱۴	۰/۰۴۵	۵۴/۶		خطای استاندارد
										اثرات اصلی
۱۰۶	۰/۱۳b	۴۰۱b	۱۲۲b	۰/۷۳	۱۰۰۲c	۱۰۳c	۰/۵۷	۱۰۵۳b	۰/۵۵	نسبت Thr به Lys
۱۰۳	۰/۱۴b	۴۰۰b	۱۴۵a	۰/۶۵	۱۰۱۹bc	۱۰۹c	۰/۵۸	۹۸۱b	۰/۶	
۱۰۶	۰/۱۵b	۴۸۱b	۱۵۶a	۰/۶۴	۱۰۹۹ab	۱۲۰b	۰/۷۳	۱۱۰۹b	۰/۷	
۱۱۲	۰/۲۱a	۵۷۵a	۱۴۲a	۰/۷۳	۱۱۰۲a	۱۳۳a	۰/۸۰	۱۳۰۱a	۰/۸	
۱۰۸	۰/۱۸a	۴۹۰a	۱۲۹b	۰/۶۹	۱۰۳۵	۱۱۵b	۰/۶۶	۱۱۰۱	۱۷	پروتئین
۱۰۵	۰/۱۳b	۴۳۸b	۱۵۳a	۰/۶۸	۱۰۷۷	۱۱۸a	۰/۶۷	۱۱۲۱	۱۸	
										سطح معنی‌داری
۰/۰۶۱	۰/۰۰۹	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۱۲۰	۰/۰۰۲	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱		نسبت Thr به Lys
۰/۳۴۴	۰/۰۰۱	۰/۰۱۵	<۰/۰۰۱	۰/۵۲۶	۰/۰۵۵	۰/۰۴۲	۰/۹۶۳	۰/۶۶۲		پروتئین
۰/۶۵۶	۰/۹۱۳	۰/۴۱۳	۰/۰۰۴	۰/۹۸۰	۰/۰۶۱	<۰/۰۰۱	۰/۴۶۵	۰/۵۰۸		نسبت Thr به Lys × پروتئین

*نسبت ترئونین قابل هضم استاندارد ایلئومی به لیزین قابل هضم استاندارد ایلئومی.

**میزان پروتئین قابل هضم استاندارد ایلئومی.

^{a,b} حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار است ($P < 0/05$).





جیره منجر به افزایش میزان آنزیم فسفاتاز قلیایی (ALP) در سرم خون شد ($P < 0.05$)، از سوی دیگر افزایش بیشتر در نسبت ترئونین به لیزین قابل هضم در جیره، سبب کاهش سطح آنزیم ALP در سرم شد ($P < 0.05$)؛ همچنین اثر سطح پروتئین قابل هضم در جیره بر سطح آنزیم ALP معنی‌دار بود ($P < 0.05$) به طوری که میزان این آنزیم در جیره کم پروتئین در مقایسه با جیره حاوی پروتئین در سطح احتیاجات، کاهش یافت (جدول ۵).

اثر تیمارهای مختلف آزمایشی بر فراسنجه‌های خونی اندازه‌گیری شده در جدول ۵ نشان داده شده است. اثر نسبت ترئونین به لیزین قابل هضم و سطح پروتئین جیره بر سطح تری‌گلیسرید، کلسترول، آلبومین، اسید اوریک، پروتئین تام، کراتین، آنزیم‌های آسپارات آمینو ترانسفراز (AST) و آلانین آمینو ترانسفراز (ALT) و همچنین مقدار مالون دی‌آلدئید (MDA) سرم معنی‌دار نبود. در عین حال افزایش نسبت ترئونین به لیزین قابل هضم تا سطح ۰/۷ در

جدول ۳- مقدار موسین ترشح شده در بخش‌های مختلف روده باریک جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های بر پایه گندم با دو سطح پروتئین و نسبت‌های مختلف ترئونین به لیزین قابل هضم ایلئومی

موسین (mg/g)			تیمار	
ایلتوم	ژژنوم	دئودنوم	پروتئین (%)**	نسبت Thr به Lys*
۲۱۳	۶۰	۸۴	۱۷	۰/۵۵
۱۹۵	۱۳۵	۸۷		۰/۶
۱۸۰	۲۶۴	۱۳۱		۰/۷
۳۳۱	۱۳۲	۷۳		۰/۸
۲۰۴	۱۰۱	۱۱۳	۱۸	۰/۵۵
۱۷۵	۱۷۶	۱۰۵		۰/۶
۴۷۱	۲۹۸	۹۲		۰/۷
۱۹۰	۱۲۳	۱۶۷		۰/۸
۱۲۶	۱۸	۱۷		خطای استاندارد اثرات اصلی
۲۱۰	۸۳b	۹۸	۰/۵۵	نسبت Thr به Lys
۱۸۰	۱۵۲b	۹۳	۰/۶	
۳۲۰	۲۸۴a	۱۱۱	۰/۷	
۲۶۰	۱۲۱b	۱۲۴	۰/۸	
۲۳۱	۱۵۵	۹۴	۱۷	پروتئین
۲۶۴	۱۷۲	۱۲۳	۱۸	
				سطح معنی‌داری
۰/۷۷۲	< ۰/۰۰۱	۰/۶۹۱		نسبت Thr به Lys
۰/۷۸۷	۰/۱۰۵	۰/۰۹۰		پروتئین
۰/۴۹۴	۰/۵۹۳	۰/۰۲۹		نسبت Thr به Lys × پروتئین

**نسبت ترئونین قابل هضم استاندارد ایلئومی به لیزین قابل هضم استاندارد ایلئومی.

**میزان پروتئین قابل هضم استاندارد ایلئومی.

^{a,b} حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار است ($P < 0.05$).



جدول ۴- مقدار ویسکوزیته شیرابه هضمی در بخش‌های مختلف روده باریک جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های بر پایه گندم با دو سطح پروتئین و نسبت‌های مختلف ترئونین به لیزین قابل هضم ایلئومی

ویسکوزیته (centipoise)			تیمار	
ایلتوم	ژژنوم	دئودنوم	پروتئین (%)**	نسبت Thr به *Lys
۱۴/۵	۵/۳	۷/۱a	۱۷	۰/۵۵
۱۲/۰	۳/۳	۴/۶b		۰/۶
۱۰/۶	۲/۱	۳/۶b		۰/۷
۱۱/۱	۲/۶	۳/۳b		۰/۸
۱۴/۶	۵/۹	۴/۰b	۱۸	۰/۵۵
۱۴/۴	۴/۲	۳/۷b		۰/۶
۱۰/۴	۲/۵	۳/۶b		۰/۷
۱۲/۳	۲/۲	۴/۷b		۰/۸
۰/۹۳	۰/۵۵	۰/۴۲		خطای استاندارد اثرات اصلی
۱۴/۶a	۵/۶a	۵/۵۸a	۰/۵۵	نسبت Thr به Lys
۱۳/۲ab	۳/۷b	۴/۱۷b	۰/۶	
۱۰/۵b	۲/۳b	۳/۶۲b	۰/۷	
۱۱/۷ab	۲/۴b	۴/۰۳b	۰/۸	
۱۲/۱	۳/۳	۴/۶۷	۱۷	پروتئین
۱۲/۹	۳/۷	۴/۰۳	۱۸	
				سطح معنی‌داری
۰/۰۰۵	<۰/۰۰۱	۰/۰۲۰		نسبت Thr به Lys
۰/۲۶۹	۰/۳۸۶	۰/۰۶۳		پروتئین
۰/۶۴۷	۰/۷۹۷	۰/۰۰۱		نسبت Thr به Lys × پروتئین

**نسبت ترئونین قابل هضم استاندارد ایلئومی به لیزین قابل هضم استاندارد ایلئومی.

**میزان پروتئین قابل هضم استاندارد ایلئومی.

^{a,b} حروف متفاوت در هر ستون نیم فاصله رعایت شودشان دهنده تفاوت معنی‌دار است ($P < 0.05$).





جدول ۵- مقدار فراسنجه‌های خونی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های بر پایه گندم با دو سطح پروتئین و نسبت‌های مختلف ترئونین به لیزین قابل هضم ایلئومی

MDA	ALP	ALT	AST	کراتین	پروتئین تام	اسید اوریک	آلبومین	کلسترول	تری گلیسرید	تیمار	نسبت پروتئین به Thr *(./)**	*Lys
μmol/l	u/l	u/l	u/l	g/dl	g/dl	mg/dl	g/dl	mg/dl	mg/dl			
۱/۷۷	۶۴b	۷۷	۷۰	۰/۵۷	۲/۷	۳/۵۹	۱/۲۷	۸۷	۷۰		۱۷	۰/۵۵
۱/۹۹	۳۶b	۹۵	۷۶	۰/۸۹	۳/۹	۲/۲۴	۱/۳۱	۸۸	۴۶			۰/۶
۰/۷۱	۲۸b	۱۲۱	۷۹	۰/۷۰	۱/۹	۲/۸۱	۰/۸۹	۱۰۸	۲۴			۰/۷
۰/۹۱	۶۴b	۹۴	۹۲	۰/۶۵	۳/۴	۳/۳۴	۱/۴۵	۱۰۱	۹۸			۰/۸
۱/۰۳	۷۰b	۷۰	۱۰۵	۰/۶۲	۱/۳	۴/۳۴	۱/۱۲	۶۲	۴۳		۱۸	۰/۵۵
۱/۳۱	۵۵b	۶۰	۵۷	۰/۸۳	۲/۳	۵/۴۴	۰/۹۷	۵۹	۴۳			۰/۶
۱/۱۲	۲۱۴a	۸۵	۸۸	۰/۷۰	۲/۵	۲/۲۴	۱/۲۸	۸۱	۵۴			۰/۷
۱/۲۸	۸۲b	۱۰۲	۱۲۳	۰/۸۱	۲/۳	۳/۶۷	۰/۴۴	۱۱۱	۴۱			۰/۸
۰/۱۹۷	۴/۹۷	۱۳/۶	۷/۶	۰/۰۹۶	۰/۴۶	۰/۴۲۴	۰/۱۸۳	۹/۷	۸/۳			خطای استاندارد اثرات اصلی
۱/۴	۶۷bc	۷۲	۸۷	۰/۵۹	۲/۰	۳/۹۷	۱/۱۹	۷۳	۵۶		۰/۵۵	نسبت به Thr Lys
۱/۶	۴۶c	۷۷	۶۷	۰/۸۶	۳/۱	۴/۸۴	۱/۱۴	۷۴	۴۵		۰/۶	
۰/۹	۱۲۱a	۱۰۳	۸۳	۰/۷۱	۲/۲	۲/۵۲	۱/۰۸	۹۴	۳۹		۰/۷	
۱/۰۹	۷۳b	۹۸	۱۰۷	۰/۷۳	۲/۹	۳/۵۰	۰/۹۴	۱۰۶	۶۹		۰/۸	
۱/۳۵	۴۸b	۹۶	۷۹	۰/۷۱	۳	۳/۵۱	۱/۲۳	۹۵	۶۰		۱۷	پروتئین
۱/۱۸	۱۰۵a	۷۹	۹۳	۰/۷۴	۱/۲	۳/۹۲	۰/۹۵	۷۸	۴۶		۱۸	
												سطح معنی‌داری
۰/۲۴۵	۰/۰۰۳	۰/۵۹۶	۰/۰۵۳	۰/۵۰۴	۰/۵۳۲	۰/۰۹۷	۰/۸۷۰	۰/۱۸۳	۰/۲۵۶			نسبت Thr به Lys
۰/۵۶۰	<۰/۰۰۱	۰/۳۹۷	۰/۲۱۹	۰/۷۹۱	۰/۲۰۸	۰/۴۸۰	۰/۲۹۶	۰/۲۱۹	۰/۲۶۵			پروتئین
۰/۲۶۷	<۰/۰۰۱	۰/۷۲۸	۰/۲۰۷	۰/۹۰۸	۰/۷۲۷	۰/۷۶۳	۰/۳۳۲	۰/۵۹۱	۰/۱۰۷			نسبت Thr به Lys
												× پروتئین

**نسبت ترئونین قابل هضم استاندارد ایلئومی به لیزین قابل هضم استاندارد ایلئومی.

**میزان پروتئین قابل هضم استاندارد ایلئومی.

^{a,b} حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار است (P<۰/۰۵).

بحث

که با افزایش سطح ترئونین در جیره، موسین ترشح شده در روده باریک افزایش یافت (۱۶ و ۲۱)، همچنان Wang و همکاران در سال ۲۰۰۷ نشان دادند که با بالا رفتن سطح ترئونین، تعداد سلول‌های گابلت موجود در لایه اپیتلیوم روده (که مسئول تولید و ترشح موسین هستند) افزایش یافت (۲۹).

در این مطالعه، با افزایش نسبت ترئونین به لیزین قابل هضم در جیره بر پایه گندم، ویسکوزیته شیرابه هضمی کاهش یافت. در تطابق با یافته مطالعه اخیر، Hosseini و همکاران در سال ۲۰۲۱ نیز گزارش کردند که افزایش سطح ترئونین جیره تا سطح ۱۴۰ درصد احتیاجات، سبب کاهش ویسکوزیته شیرابه هضمی در ژژنوم و ایلئوم گردید (۱۴). این امر می‌تواند به دلیل افزایش ترشح موسین در پاسخ به سطوح بالاتر ترئونین در جیره باشد (جدول ۳).

اندازه‌گیری آنزیم‌های AST و ALT معیاری برای سلامت کبد و کلیه محسوب می‌شود (۳۰)؛ در مواقعی هم که شرایط فیزیولوژیک دچار تغییر شود، این آنزیم‌ها نقش کلیدی را در فعال‌سازی و تحرک اسیدهای آمینه در مسیر گلوکونئوژنز و متابولیسم کربوهیدرات و پروتئین ایفا می‌کنند (۱۰). در توافق با نتایج مطالعه اخیر، Valizade و همکاران در سال ۲۰۱۶ گزارش کردند که با افزایش سطح ترئونین، سطح آنزیم AST تغییر معنی‌داری پیدا نکرد (۲۸)؛ از سوی دیگر، Gao و همکاران در سال ۲۰۱۴ افزایش معنی‌داری را در سطح AST و ALT سرم هم‌زمان با تغییر سطح ترئونین اعلام کردند (۱۰). MDA به عنوان شاخصی برای تعیین وضعیت اکسیداتیو استفاده می‌شود به طوری که افزایش سطح این شاخص در خون می‌تواند نشان دهنده تنش اکسیداتیو در بدن باشد. در توافق با نتایج این پژوهش، Azzam و همکاران در سال ۲۰۱۲ نیز بیان کردند که افزایش سطح ترئونین در جیره تغییری در میزان MDA سرم ایجاد نکرد (۲). در مطالعه اخیر، نبود تأثیر سطوح مختلف پروتئین جیره بر پروتئین‌های سرم خون را می‌توان به شرایط مناسب بهداشتی دوران پرورش و همچنین تأمین اسیدهای آمینه لازم برای تولید آلبومین‌ها و پروتئین‌های سرم خون، در هر دو سطح پروتئینی جیره نسبت داد.

مشخص شده است که اسید آمینه ترئونین دارای نقش حیاتی در نگه‌داری بافت روده است. در حدود ۶۰ درصد از ترئونین مصرفی در بافت روده مصرف می‌گردد که از این مقدار نیز ۸۰ درصد آن به سلول‌های روده‌ای (انتروسیت‌ها) اختصاص دارد (۲۹). معمولاً ارتباط مستقیمی بین طول پرز و ظرفیت جذب مواد مغذی در روده وجود دارد به طوری که افزایش طول پرز سبب افزایش سطح جذب مواد مغذی می‌شود که این امر به نوبه خود می‌تواند سبب بهبود عمل کرد پرنده شود (۲۸).

در این مطالعه، افزایش نسبت ترئونین به لیزین قابل هضم در جیره سبب افزایش طول پرز در نواحی دئودنوم، ژژنوم، و ایلئوم شد که با نتایج گزارش شده از سوی Zafarian و همکاران در سال ۲۰۰۸ و Min و همکاران در سال ۲۰۱۷ مطابقت دارد (۱۹ و ۳۳). افزایش طول پرزها در روده باریک در پاسخ به افزایش سطح ترئونین در جیره از سوی Shirzadegan و همکاران در سال ۲۰۱۵ و Hosseini و همکاران در سال ۲۰۲۱ نیز گزارش شده است (۱۴ و ۲۴). Min و همکاران در سال ۲۰۱۷ گزارش کردند که عمق کریپت و تعداد سلول‌های گابلت در روده باریک در پاسخ به افزایش سطح ترئونین جیره افزایش یافت (۱۹) که در توافق با یافته‌های این پژوهش است. Law و همکاران در سال ۲۰۰۷ گزارش کردند که افزایش سطح ترئونین در جیره سبب افزایش سطح پرزها در روده باریک گردید (۱۷). در مطالعه حاضر؛ اگرچه افزایش نسبت ترئونین به لیزین در جیره بر مقدار سطح پرز معنی‌دار نبود، ولی یک روند افزایشی در این زمینه در هر سه قسمت روده باریک مشاهده شد (جدول ۲)؛ از سوی دیگر Moghaddam و همکاران در سال ۲۰۱۱ بیان داشتند که افزایش سطح ترئونین در جیره منجر به کاهش سطح پرزهای روده‌ای شد (۲۱).

بخش عمده لایه مخاطی حفاظتی موجود در روده از گلایکوپروتئین موسین تشکیل شده و ترکیب اصلی ساختار پروتئینی موسین ترئونین است؛ بنابراین برای نگه‌داری موثر و افزایش کارایی بافت روده تأمین مداوم ترئونین از طریق جیره امری ضروری است (۱۷). در توافق با نتایج این پژوهش، Kidd و همکاران در سال ۲۰۰۴ و Moghaddam و همکاران در سال ۲۰۱۱ نیز نشان دادند



منابع

- 1- Ayoola, A.A; Malheiros, R.M; Grimes, J.L; and Ferket, P.R; Effect of dietary exogenous enzyme supplementation on enteric mucosal morphological development and adherent mucin thickness in turkeys. *Front Vet Sci*; 2015; 2:45.
- 2- Azzam, M.M; Dong, X.Y; Xie, P; and Zou, X.T; Influence of L-threonine supplementation on goblet cell numbers histological structure and antioxidant enzyme activities of laying hens reared in a hot and humid climate. *Br Poult Sci*; 2012; 53: 640-645.
- 3- Carlstedt, I; Herrmann, A; Karlson, H; Sheehan, J; Fransson, L.A; and Hansson, G.C; Characterization of different glycosylated domains from the insoluble mucin complex of rat small intestine. *J Biological Chem*; 1993; 268: 18771-18781.
- 4- Choct, M; Annison, G; The inhibition of nutrient digestion by wheat Pentosans. *Br J Nutr*; 1992; 67: 123-132.
- 5- Choct, M; Dersjant-Li, Y; McLeish, J; and Peisker, M; Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: a review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry. *Asian-Aust J Anim Sci*; 2010; 23: 1386-1398.
- 6- Dein F.J; Hematology. In Harrison G.J; Harrison L.R; (eds): *Clinical Avian Medicine and Surgery*. Philadelphia; WB Saunders Co, 1986, pp: 174-191.
- 7- Faure, M; Moennoz, D; Montigon, F; Mettraux, C; Breuille, D; and Ballevre, D; Dietary threonine restriction specifically reduces intestinal mucin synthesis in rats. *J Nutr*; 2005; 135: 486-491.
- 8- Ferket P.R; Alternatives to antibiotics in poultry production: responses, practical experience and recommendations. In: Lyons T.P; Jacques K.A; (eds): *Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries*. Proceedings of Alltech's 20th Annual Symposium. Lexington, KY; Nottingham University Press, 2004; pp: 56-67.
- 9- Fuller, M.F; Amino acid requirements for maintenance of body protein accretion and reproduction in pigs. *CAB International*, Wallingford, UK; 1994; pp: 155-184.
- 10- Gao, Y.J; Yang, H.J; Liu, Y.J; and Chen, S.J; Effects of graded levels of threonine on growth performance, biochemical parameters and intestine morphology of juvenile grass carp *Ctenopharyngodon idella*. *Aquaculture*; 2014; 424-425: 113-119.
- 11- Gridley M.F. *Manual of Histologic and Special Staining Technique*. 2nd Ed. McGraw-Hill, New York, 1960, 206 Pages.

ALP مشاهده شده در سرم خون پرندگان عمدتاً منشأ استخوانی دارد (۶). در مواقع استخوان‌سازی سطح ALP سرم افزایش می‌یابد (۳۲). میزان استخوان‌سازی در حیوانات در حال رشد در مقایسه با بالغان بیشتر است. افزایش سطح ALP سرم در پاسخ به افزایش سطح ترئونین و پروتئین جیره در این آزمایش می‌تواند نشان دهنده اهمیت تأمین کافی پروتئین و اسیدهای آمینه در جیره در ارتباط با رشد و توسعه مناسب استخوان‌ها و سیستم اسکلتی در جوجه‌های گوشتی باشد (۱۵).

به طور کلی، با توجه به نتایج به‌دست آمده در این آزمایش، به نظر می‌رسد که نسبت ترئونین به لیزین قابل هضم در جیره‌های بر پایه گندم برای عمل‌کرد مناسب روده باریک جوجه‌های گوشتی در محدوده ۰/۷ تا ۰/۸ است؛ همچنین نتایج نشان داد که با کاهش سطح پروتئین قابل هضم در جیره، جوجه‌های گوشتی به نسبت‌های بالاتر ترئونین به لیزین قابل هضم پاسخ بهتری نشان می‌دهند، به علاوه، به نظر می‌رسد سطح پروتئین جیره در ارتباط با میزان ترشح موسین در مخاط روده باریک، اهمیت دارد به طوری که کاهش سطح پروتئین قابل هضم در جیره (در عین تأمین اسیدهای آمینه ضروری) می‌تواند موسین ترشح شده در روده را کاهش دهد. کاهش نسبت ترئونین به لیزین قابل هضم در جیره‌های بر پایه گندم به زیر مقادیر استاندارد ریال، می‌تواند خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی شیرابه هضمی را به طور منفی تحت تأثیر قرار دهد. در این پژوهش، نسبت ترئونین به لیزین برابر ۰/۷ باعث افزایش سطح آنزیم ALP در سرم شد، در حالی که کاهش سطح پروتئین جیره نتیجه عکس نشان داد. با توجه به نقش آنزیم ALP در توسعه بافت استخوانی و سیستم اسکلتی در حیوانات در حال رشد، تأمین مقادیر کافی پروتئین و نسبت مناسب اسیدهای آمینه (توازن پروتئین) در جیره بیش از پیش اهمیت می‌یابد.

قدردانی و تشکر

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه شهرکرد و در قالب بخشی از رساله دکتری تخصصی در گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد انجام شد که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.



- 12- Hetland, H; Choct, M; and Svihus, B; Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. *World's Poult Sci J*; 2004; 60: 415-422.
- 13- Horn, N.L; Donkin, S.S; Applegate, T.J; and Adeola, O; Intestinal mucin dynamics: response of broiler chicks and white pekin ducklings to dietary threonine. *Poult Sci*; 2009; 88: 1906-1914.
- 14- Hoseini S.M; Akbari M.R; Alzawqari M.H; Mehrban, H; and Moharrery, A; Effect of L-threonine and NSP-degrading enzyme on the performance, intestinal morphometry and immunocompetence of the broiler chickens fed wheat-based diet during the starter period. *Poult Sci J*; 2021; 9: 7-18.
- 15- Kelsey, M.M; Sahni, S; and Kerstetter, J.E; Dietary protein is beneficial to bone health under conditions of adequate calcium intake: an update on clinical research. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*; 2014; 17: 69-74.
- 16- Kidd, M.T; McDaniel, C.D; Branton, S.L; Miller, E.R; Boren, B.B; and Fancher, B.I; Increasing amino acid density improves live performance and carcass yields of commercial broilers. *J Appl Poul Res*; 2004; 13: 593-604.
- 17- Law, G.K; Bertolo, R.F; Adjiri-Awere, A; Pencharz, P.B; and Ball, R.O; Adequate oral threonine is critical for mucin production and gut function in neonatal piglets. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*; 2007; 292: G1293-G1301.
- 18- Lemme A, Ravindran V; and Bryden, W.L; Ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broilers. *World's Poult Sci J*; 2004; 60: 423-438.
- 19- Min, Y.L; Meng, G; and Gao, Y; Effects of dietary threonine levels on growth performance, serum biochemical indexes, antioxidant capacities, and gut morphology in broiler chickens. *Poult Sci*; 2017; 96: 1290-1297.
- 20- Mirzaie, S; Zaghari, M; Aminzadeh, S; Shivazad, M; and Mateos, G.G; Effect of wheat inclusion and xylanase supplementation of the diet on productive performance, nutrient retention and endogenous intestinal enzyme activity of laying hens. *Poult Sci*; 2012; 91: 413-425.
- 21- Moghaddam, H.S; Moghaddam, H.N; Kermanshahi, H; Mosavi, A.H; and Raji, A; The effect of threonine on mucin 2 gene expression, intestinal histology and performance of broiler chicken. *Ital J Anim Sci*; 2011; 10: 66-70.
- 22- Olukosi, O.A; Cowieson, A.J; and Adeola, O; Age-related influence of a cocktail of xylanase, amylase, and protease or phytase individually or in combination in broilers. *Poult Sci*; 2007; 86: 77-86.
- 23- Ravindran, V; Selle, P.H; and Bryden, W.L; Effects of phytase supplementation, individually and in combination, with glycanase, on the nutritive value of wheat and barley. *Poult Sci*; 1999; 78: 1588-1595.
- 24- Shirzadegan, K; Nikkhah, L; and Jafari, M.A; Impact of dietary L-threonine supplementation on performance and intestinal morphology of broiler chickens during summer time. *Iran J Anim Sci*; 2015; 5: 431-436.
- 25- Smirnov, A; Sklan, D; and Uni, Z; Mucin dynamics in the small intestine are altered by starvation. *J of Nutr*; 2004; 134: 738-742.
- 26- Smits, C.H.M; Veldman, A; Versteegen, M.W.A; and Beynen, A.C; Dietary carboxy methyl cellulose with high instead of low viscosity reduces macronutrient digestion in broiler chickens. *J Nutr*; 1997; 127: 483-487.
- 27- Tanabe, H; Sugiyama, K; Matsuda, T; Kiriya, S; and Morita, T; Small intestine mucins are secreted in proportion to the setting volume in water if dietary indigestible components in rats. *J Nutr*; 2005; 135: 2431-2437.
- 28- Valizade, M.R; Sadeghi, A.A; Chamani, M; Shawrang, P; and Kashan, N; The effects of increase in threonine to lysine ratio on performance, blood parameters and humoral immune responses of male broiler chickens challenged with salmonella. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*; 2016; 22: 165-172.
- 29- Wang, X; Qiao, S; Yin, Y; Yue, L; and Wang, Z; A deficiency or excess of dietary threonine reduces protein synthesis in jejunum and skeletal muscle of young people. *J Nutr*; 2007; 137: 1442-1446.
- 30- Yamamoto, Y; Determination of toxicity by biochemical method. In Egami N; (eds): *Fishes as Laboratory*; Tokyo, 1981; pp: 568-574.
- 31- Yin, Y.L; Baidoo, S.K; and Boychuk, J.L; Effect of enzyme supplementation on the performance of broilers fed maize, wheat, barley or micronized dehulled barley diets. *J Anim Feed Sci Technol*; 2000; 9: 493-504.
- 32- Yuxin, S; Sun, G; Cao, S; Lu, L; Zhang, L; Liao, X; and Luo X; Bone phosphorus retention and bone development of broilers at different ages. *Poult Sci*; 2019; 98: 2114-2121.
- 33- Zaefarian, F; Zaghari, M; and Shivazad, M; The threonine requirements and its effects on growth performance and gut morphology of broiler chicken fed different levels of protein. *Int J Poult Sci*; 2008; 7: 1207-1215.





Effect of Dietary Protein Content and Threonine to Lysine Ratio on Intestinal Morphology and Mucin Secretion in Broiler Chickens

Seyed Hassan Noorian¹; Mohammad Reza Akbari^{2*}; Hossein Hassanpour³; Hossein Mehrban²

1. PhD Student, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Shahrekord- Iran.
2. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Shahrekord- Iran.
3. Faculty of Veterinary Medicine, Department of Basic Sciences, University of Shahrekord, Shahrekord- Iran.

Summary

Received: 7 November 2021

Accepted: 24 January 2022

In order to evaluate effects of dietary protein content and threonine to lysine ration on intestinal morphology and mucin secretion, 480 male broiler chicks (Ross 308) were used in a completely randomized design (seven treatments of six replicates) with 2×4 factorial arrangement. Eight dietary treatments were formulated using four threonine to lysine ratio (0.55, 0.6, 0.7, and 0.8) and two standardized ileal digestible protein levels (17 and 18 percent) and fed for 15 to 35 days of age. Sampling was conducted on day 35 with two birds from each replicate. The ratio of 0.8 for threonine to lysine caused an increase in villus height in all parts of the small intestine and villus surface in the ileum, compared to other ratios ($P<0.05$). Reduction of dietary digestible protein level decreased crypt depth in the duodenum and jejunum ($P<0.05$). Increasing the threonine to lysine ratio up to 0.7, increased mucin secretion in the jejunum ($P<0.05$). Decreasing the threonine to lysine ratio to 0.55, increased digesta viscosity in all three parts of the small intestine ($P<0.05$). The ratio of 0.7 for threonine to lysine caused an increase in serum alkaline phosphatase (ALP). On the other hand, reduction of dietary digestible protein level decreased the serum ALP ($P<0.05$). Regarding to the results, it seems that the optimum digestible threonine to lysine ratio for wheat-based diets to be around 0.7 to 0.8; and that with reduction in dietary protein level, higher ratios would be of more importance.

Keywords: Wheat, Ideal Amino Acid, Digestibility, Threonine, Broiler Chickens.

*Corresponding author: akbari-m@agr.sku.ac.ir

