شرکت مرغ نوجان

تامین مواد اولیه و ضروری خوراک دام و طیور

MorgheNojan.Com Info@MorgheNojan.Com ۰۲۶ - ۳۴۳۹۰۳۵۱ - ۶

گروه علمی شرکت مرغ نوجان

کاهش پروتئین‌خام جیره غذائی در جوجه‌های گوشتی، بدون تغییر غلظت اسیدآمینه، تاثیر منفی بر روی عملکرد نداشته و باعث کاهش اثرات سوء زیست محیطی می‌شود.

طرح مشکل:

در سال‌های اخیر راهکار تغذیه‌ای کاهش پروتئین‌خام جیره غذائی در جوجه‌های گوشتی باعث بهبود و پایداری تولیدات طیور شده است، که در این خصوص بررسی‌های گسترده‌ای انجام شده‌است(Hilliar and Swick, 2019; Selle *et al*., 2020). معمولا، این راهکار شامل جایگزینی تدریجی خوراک‌های غنی از پروتئین(بطور مثال کنجاله‌سویاSBM) با غلات و اسیدآمینه‌های مورد استفاده در تغذیه حیوانات(Feed Grade AAs) بوده و دفع نیتروژن و آلودگی‌های ناشی از آن (Belloir *et al*., 2017; Lemme *et al*., 2019; Alfonso-Avila *et al*., 2022) ظرفیت گرمایش کره زمین (GWP)(Lemme *et al*., 2019; van Harn *et al*., 2018, 2019) ، کیفیت بستر(Kebreab *et al*., 2016; Cappelaere *et al*., 2021) و سلامت دستگاه گوارش (Widyaratne *et al*.,2008;Qaisrani *et al*.,2015;Liu et al.,2017) را بهبود بخشیده است. در خصوص عملکرد رشد، که جیره‌های با سطح پروتئین پائین بتوانند همان عملکرد را حفظ نمایند، هنوز بحث وجو دارد (Belloir *et al*., 2017; Chrystal *et al*., 2020a; Maynard *et al*., 2021) بطور مثال، Chrystal و همکاران (2020a)، علیرغم استفاده از مقادیر بالای اسیدآمینه‌های نوع ال(L-AA)، هنگامیکه بیش از ۳٪ پروتئین‌خام جیره را کاهش دادند، افزایش معنی‌داری در ضریب تبدیل غذائی (۹٪+) مشاهده نمودند. در سال‌های گذشته، تحقیقات بر روی فهم عوامل متعدد و مفید در تغذیه جوجه‌های گوشتی سریع‌الرشد که با سطوح خیلی پائین پروتئین جیره تغذیه می‌شوند، متمرکز شده است. بطور مثال، تاثیر تامین اسیدآمینه غیرضروری(NEAA) جیره غذائی که به شکل گسترده‌ای توسط گروه تحقیقاتی Hohenheim در آلمان مورد بررسی قرارگرفت، نشان داد که در بین سایر اسیدآمینه‌های غیرضروری، گلایسین و سرین نقش مهمی را در حفظ سطح عملکرد جوجه‌های گوشتی که از جیره با پروتئین خام به شدت کاهش‌یافته تغذیه شده بودند، ایفا می‌کنند(Siegert *et al*., 2015a,b; Siegert and Rodehutscord, 2019) . با توجه به اینکه اثر صرفه‌جوئی ترئونین بیش از گلایسین جیره یکی از راهکارهای موجود می‌باشد (Corzo *et al*., 2009; Ospina-Rojas *et al*., 2012, 2013; Star *et al*., 2021) . توضیح احتمالی دیگر می‌تواند در سرنوشت متفاوت جذب اسیدآمینه آزاد در مقابل اسیدآمینه متصل به پروتئین، بویژه در رابطه با در دسترس بودن و جذب گلوکز از نشاسته نهفته باشد (Liu and Selle, 2017; Selle *et al*., 2019; Chrystal *et al*., 2020a) . سایرین، نظیر Cowieson و همکاران (۲۰۲۰) و Willemsو همکاران (۲۰۲۰) به ترتیب تاثیر موفقیت‌آمیز فسفر و پتاسیم جیره را بر روی جیره‌های کم‌پروتئین بررسی نمودند. آنها بطور واضح مشخص نمودند که تامین کافی فسفر و پتاسیم جیره (یا توازن الکترولیتی جیره dEB)، ابزار موفقیت‌آمیزی در کاربرد جیره‌های کم‌پروتئین در جوجه‌های گوشتی می‌باشد. یک عامل موفقیت‌آمیز گمشده می‌تواند اثر تامین میزان کافی یا تقریبا کافی لیزین قابل هضم ایلئومی(SID) باشد، همچنین به عنوان مقدار تمام اسیدآمینه‌ها در هنگامی‌که نسبت به لیزین در نظرگرفته می‌شوند، بیان می‌گردد. این به عنوان مطالعه تاثیر CP جیره نسبت به سطح SID Lys بیان می‌شود. سپس نسبت SID Lys/CP یک نشانگر کمی در خصوص سطح پروتئین خام جیره غذائی برای یک سطح مشخصی از لیزین قابل‌هضم ایلئومی جیره محسوب می‌شود.

در برخی از تحقیقات اخیر، با کاهش پروتئین خام جیره، لیزین قابل‌هضم ایلئومی جیره نیز کاهش یافته بود و این تاثیر منفی بر روی عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی داشت(Chen *et al*., 2016; Visscher *et al*., 2018; Barekatain *et al*., 2019) . Barekatian و همکاران (۲۰۱۹) در جیره‌های رشد، پروتئین خام را از ۲۲ به ۲۲/۵ درصد و SID Lys را از ۱/۲۶٪ به ۱/۱۵٪ کاهش دادند. در جیره‌های پایانی، CP جیره از ۲۱٪ به ۱۹٪ و SID Lys از ۱/۱۳ ٪ به ۱/۰۳٪ تقلیل یافت. گرچه نسبت اسیدآمینه‌های ضروری غیرقابل جایگزین به میزان کافی تامین شده بودند، در پایان دوره آزمایش، کاهش توام CP و SID Lys جیره در ۳۵ روزگی، وزن بدن را به میزان ۳۱۶ گرم و FCR ۰/۱ افزایش داشت. این موضوع با تعداد زیادی از تحقیقات منتشر شده مطابقت دارد، که کاهش SID Lys (به صورت کاهش تراکم اسیدآمینه) بشدت عملکرد رشد و تولید گوشت در سویه‌های راسو کاب را کاهش می‌دهد (Vieira and Angel, 2012; Belloir *et al*., 2018; Cloft *et al*., 2019; Johnson *et al*., 2020; Barekatain *et al*., 2021) . در تحقیق Johnson و همکاران (۲۰۲۰)، ارتباط ضریب تبدیل غذائی نسبت بهSID Lys مصرفی مورد بررسی قرار گرفت و اشاره نمودندکه: یک گرم SID Lys مصرفی کمتر به ازای هر پرنده، ضریب تبدیل غذائی را ۰/۰۱۵ افزایش داده و باعث کاهش ۰/۱۳٪ تولید گوشت سینه (Breast Meat Yield=BMY) در جوجه‌های گوشتی MV × Cobb 700 گردید.

بطورجالبی، در تحقیق اخیر، تراکم اسیدآمینه جیره متغییر بوده، به گونه‌ای کهSID Lys جوجه‌های گوشتی در سن ۲۱ الی ۳۵ روزگی از ۰/۹٪ (Belloir *et al*.,2020a) به ۱/۱٪در سن ۱۴ الی ۳۵ روزگی (Chrystal *et al*.,2020a) گزارش شده است. در این دو آزمایش، ظرفیت کاهش پروتئین خام جیره و تاثیر آن بر روی عملکرد رشد بدون درنظرگرفتن سطح SID Lys جیره، که یقینا بر روی این موضوع موثر است، مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس اطلاعات ما، هیچگونه تحقیقی در خصوص تاثیر کاهش پروتئین خام جیره و سطح SID Lys جیره و اثرات متقابل بین این دو در جوجه‌های گوشتی انجام نشده است. بنابراین هدف از آزمایش فعلی، تحقیق در خصوص اثر پروتئین خام جیره (بصورت نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام)، تراکم اسیدآمینه(لیزین قابل هضم ایلئومی) و اثرات متقابل این دو بر روی عملکرد رشد، یکنواختی، خصوصیات لاشه، کیفیت بستر، شاخص‌های خون و روده و عملکرد محیطی، بود.

مواد و روش‌ها

روش حیوانی

این آزمایش مورد تائید موسسه بین‌المللی بهداشت و مراقبت از حیوانات آزمایشگاهی قرار گرفته است(NIH Publications No.8023,revised 2011). در مجموع ۱۰۲۰ قطعه جوجه گوشتی نر یکروزه سویه راس ۳۰۸ از خط تجارتی Aviagen انتخاب و در یک سالن تجارتی بر روی بستر در شهر Pluzerec کشور فرانسه در فاصله ژولای تا آگوست ۲۰۲۰ پرورش داده شدند(5 rue Gabriel Calloet-Kerbrat, 22440, Ploufragan) . پرندگان بطور تصادفی در گروه‌های ۱۷ قطعه‌ای به ۶۰ واحد آزمایشی اختصاص یافتند. ابعاد هر واحد آزمایشی شامل طول، عرض و ارتفاع به ترتیب ۱، ۱/۲ و ۰/۸ متر با تراکم ۱۶ قطعه جوجه یکروزه در هر مترمربع بود. بستر حاوی تراشه‌های چوبی(۴ کیلوگرم در هر پن یا واحدآزمایشی در شروع آزمایش) بود. از سن ۴ الی ۳۵ روزگی برنامه نوری فرانسوی شامل ۱۸ ساعت روشنائی روزانه (۱۶ ساعت روشنائی : ۴ ساعت تاریکی : ۲ ساعت روشنائی : ۲ ساعت تاریکی) با شدت نور ۳۰ تا ۴۰ درصد اعمال گردید. درجه حرارت سالن تقریبا ۳۴ $^{\circ}$C در روز ورود جوجه بود و به ترتیب در روزهای آخر رشد به۲۴ $^{\circ}$C الی ۲۵ $^{\circ}$C کاهش یافت. خوراک و آب به شکل آزاد در اختیار پرندگان قرار گرفت. در هر پن یک سیستم آبخوری آویز پلاسون و یک دانخوری بشقابی آویز قرار داشت. جوجه‌های گوشتی بر علیه بیماری برونشیت عفونی (به شکل اسپری در روز نخست) و بورس عفونی (در ۱۷ روزگی از طریق آب آشامیدنی) واکسینه شدند. در طی دوره آزمایش هیچگونه درمان آنتی‌بیوتیکی یا درمان با واکسن صورت نگرفت.

جیره‌های آزمایشی

۳ مرحله تغذیه وجود داشت: آغازین(۱۰-۰ روز، پلت ۲/۵ میلیمتر)، رشد(۲۱-۱۰ روز ، پلت ۲/۵ میلیمتر) و پایانی (۳۵-۲۱ روز ، پلت ۳ میلیمتر). تمام جیره‌ها توسط کارخانه خوراک BV تولید شدند (Hoge maat 10, 3961 NC, Wijk bij Duurstede, Netherlands) . تمام جوجه‌های گوشتی از جیره‌های آغازین یکسانی تغذیه شدند(CP = 23.0%, SID Lys = 1.28% and AMEn = 3,000 kcal/kg) و از روزدهم شش جیره مورد آزمایش قرار گرفتند(جداول ۱ و ۲).

جدول ۱- اجزاء خوراک و ترکیب مواد مغذی شش جیره آزمایشی در مرحله رشد جوجه‌های گوشتی از ۱۰ تا ۲۱ روزگی(خوراک رشد)

	Grower					
SID Lys	Low			High		
SID Lys/CP	Low	Med	High	Low	Med	High
Ingredient composition, %						
Corn	43.60	46.80	50.10	37.20	41.10	44.70
Soybean meal, 48%	27.20	24.00	20.70	32.90	29.20	25.60
Wheat	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Soya oil	4.50	4.40	3.90	5.90	5.20	4.60
Monocalcium phosphate	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
Calcium bicarbonate	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Sodium bicarbonate	0.17	0.35	0.52	0.13	0.13	0.33
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
DL-Met 99%	0.25	0.28	0.31	0.29	0.32	0.35
L-Lys HCl 78.5%	0.25	0.35	0.45	0.22	0.33	0.44
L-Thr 98.5%	0.19	0.23	0.27	0.20	0.25	0.30
L-Val 98%	0.07	0.13	0.18	0.07	0.13	0.19
L-Arg 98%	0.03	0.13	0.22	—	0.10	0.20
L-Trp 98%	—	—	0.01	—	—	0.01
L-Ile 93.4%	0.01	0.06	0.12	—	0.05	0.12
Premix[1,2]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Formulated nutrient composition, %						
Crude protein	18.90	18.00	17.10	21.00	20.00	19.00
SID[3] Lys	1.04	1.04	1.04	1.15	1.15	1.15
SID[3] Lys/CP	5.50	5.78	6.08	5.48	5.75	6.05
AMEn broiler (kcal/kg)	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100
Crude fat	7.21	6.75	6.29	7.97	7.38	6.87
Crude fiber	3.10	2.98	2.85	3.29	3.16	3.02
Starch	41.30	43.10	45.00	37.50	39.70	41.80
Potassium	0.79	0.73	0.67	0.88	0.82	0.76
Sodium	0.17	0.22	0.27	0.16	0.16	0.21
Chloride	0.27	0.29	0.31	0.26	0.29	0.31
Electrolyte balance (mEq/kg)	200	200	200	222	200	200
Analyzed crude protein, %	19.80	18.80	18.00	21.90	20.80	19.90

[1]Trace mineral concentrate supplied per kilogram of diet: Cu (sulfate), 12 mg; I (iodide), 0.8 mg; Se (selenium), 0.15 mg; Mn (sulfate and oxide), 85 mg; Zn (sulfate and oxide), 60 mg; Vitamin concentrate supplied per kilogram of diet: retinol, 10,000 IU; cholecalciferol, 2,500 IU; tocopheryl acetate, 50 mg, menadione, 1.5 mg; thiamine, 2.0 mg; riboflavin, 7.5 mg; niacin, 35 mg; pantothenate, 12 mg; pyridoxine, 3.5 mg; folate, 1.0 mg; cyanocobalamin, 20 ug; biotin, 0.2 mg, choline chloride, 460 mg.

[2]Phytase was added at 20g/T, 500 FTU phytase by Axtra PHY 20000TPT2.

[3]Standardized Ileal Digestible.

شش تیمار آزمایشی در قالب یک طرح فاکتوریل ۲×۳ شامل ۳ سطح نسبت لیزین قابل‌هضم ایلئومی به پروتئین خام و ۲ سطح لیزین قابل هضم ایلئومی(غلظت اسیدآمینه لیزین) بودند. در جیره رشد لیزین قابل‌هضم ایلئومی از ۱/۰۴٪(پائین) به ۱/۱۵٪(بالا) و در جیره پایانی از ۰/۹۳٪ (پائین) به ۱/۰۳٪ (بالا) افزایش

می‌یافت(جداول ۱ و ۲). نسبت لیزین قابل‌هضم ایلئومی به پروتئین خام در جیره کنترل("پائین")حدود ۰/۳٪ ("متوسط" معادل۱=٪ پروتئین خام جیره) و ۰/۶٪ ("بالا" معادل ۲-٪ پروتئین خام جیره در هر دو مرحله رشد و پایانی) در دو سطح لیزین قابل هضم ایلئومی بود. بنابراین ۶ تیمار شامل: LL(لیزین قابل هضم ایلئومی پائین ، نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام پائین)، LM(لیزین قابل هضم ایلئومی پائین ، نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام متوسط)، LH(لیزین قابل هضم ایلئومی پائین ، نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام بالا)، HL(لیزین قابل هضم ایلئومی بالا ، نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام پائین)، HM(لیزین قابل هضم ایلئومی بالا ، نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام متوسط) و HH(لیزین قابل هضم ایلئومی بالا ، نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام بالا). سطوح لیزین قابل‌هضم ایلئومی معادل ۹۰٪ توصیه (Aviagen,2014) در تیمارهای با لیزین پائین و ۱۰۰٪ برای تیمارهای با لیزین قابل هضم ایلئومی بالا انتخاب شدند. سطوح پروتئین خام جیره به گونه‌ای انتخاب شد که نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام در دوره‌های رشد و پایانی در تیمارهای ششگانه فوق یکسان باشد(جدول ۱ و ۲). بنابراین پاسخ به پروتئین خام جیره به عنوان پاسخ به لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام می‌تواند مورد آنالیز قرار گیرد.

جدول ۲- **اجزاء خوراک و ترکیب مواد مغذی شش جیره آزمایشی در مرحله پایانی جوجه‌های گوشتی از۲۱ تا ۳۵ روزگی(خوراک پایانی)**

	FINISHER					
SID Lys	Low			High		
SID Lys/CP	Low	Med	High	Low	Med	High
Ingredient composition, %						
Corn	47.10	50.30	53.60	41.60	45.20	48.80
Soybean meal, 48%	23.00	19.70	16.40	28.00	24.40	20.80
Wheat	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Soya oil	5.93	5.41	4.88	6.65	6.08	5.50
Monocalcium phosphate	1.13	1.14	1.16	1.11	1.13	1.14
Calcium bicarbonate	0.96	0.98	1.00	0.93	0.95	0.97
Sodium bicarbonate	0.34	0.52	0.70	0.13	0.33	0.52
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
DL-Met 99%	0.21	0.24	0.27	0.24	0.28	0.31
L-Lys HCl 99%	0.24	0.34	0.44	0.22	0.33	0.44
L-Thr 98.5%	0.17	0.21	0.25	0.18	0.22	0.27
L-Val 98%	0.05	0.11	0.16	0.05	0.11	0.18
L-Arg 98%	0.03	0.13	0.22	—	0.11	0.21
L-Trp 98%	—	—	0.02	—	—	0.01
L-Ile 93.4%	—	0.06	0.12	—	0.05	0.12
Premix[1,2]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Formulated nutrient composition, %						
Crude protein	17.10	16.20	15.30	19.00	18.00	17.00
SID[3] Lys	0.93	0.93	0.93	1.03	1.03	1.03
SID[3] Lys/CP	5.44	5.74	6.08	5.42	5.72	6.06
AMEn broiler (kcal/kg)	3200	3200	3200	3200	3200	3200
Crude fat	8.23	7.78	7.31	8.83	8.34	7.83
Crude fiber	2.92	2.80	2.68	3.10	2.97	2.83
Starch	43.30	45.10	47.00	40.00	42.10	44.20
Potassium	0.71	0.65	0.59	0.80	0.73	0.67
Sodium	0.22	0.26	0.31	0.16	0.21	0.27
Chloride	0.27	0.29	0.31	0.26	0.29	0.31
Electrolyte balance (mEq/kg)	200	200	200	200	200	200
Analyzed crude protein, %	17.90	17.10	15.90	19.70	18.90	17.80

[1]Trace mineral concentrate supplied per kilogram of diet: Cu (sulfate), 12 mg; I (iodide), 0.8 mg; Se (selenium), 0.15 mg; Mn (sulfate and oxide), 85 mg; Zn (sulfate and oxide), 60 mg; Vitamin concentrate supplied per kilogram of diet: retinol, 10,000 IU; cholecalciferol, 2,500 IU; tocopheryl acetate, 50 mg, menadione, 1.5 mg; thiamine, 2.0 mg; riboflavin, 7.5 mg; niacin, 35 mg; pantothenate, 12 mg; pyridoxine, 3.5 mg; folate, 1.0 mg; cyanocobalamin, 20 ug; biotin, 0.2 mg, choline chloride, 460 mg.

[2]Phytase was added at 20g/T, 500 FTU phytase by Axtra PHY 20000TPT2.

[3]Standardized Ileal Digestible.

هنگامی‌که پروتئین خام جیره کاهش می‌یافت، کنجاله سویا بتدریج با ذرت و اسیدآمینه‌های نوع ال-L-Lys, L-Thr, L-Met, L-Val, L-Ile, & L-Arg) جایگزین می‌شد. با افزایش ذرت جیره، روغن سویا بتدریج کاهش می‌یافت. به عنوان یک نتیجه، چربی خام جیره کاهش و نشاسته افزایش یافت. توازن الکترولیتی جیره (dEB) در سطح حداقل ۲۰۰ میلی اکی والان در هر کیلوگرم جیره بر اساس یافته‌های Arantes *et al*. (2013) حفظ شد. با کاهش کنجاله سویا پتاسیم کاهش یافت، با افزودن بیکربنات سدیم میزان سدیم افزایش و با افزودن لیزین هیدروکلراید، سطح کلر افزایش یافت.

هنگامی‌که SID Lys جیره افزایش می‌یابد، نسبت همه اسیدآمینه‌ها به SID Lys بر اساس احتیاجات سویه استاندارد حداقل باقی خواهد ماند. به عنوان یک نتیجه افزایش اجباری SID Lys از ۹۰٪ به ۱۰۰٪ افزایش پروتئین خام جیره به میزان حدود ۲٪ رابه همراه خواهد داشت (به عنوان مثال در جیره پایانی پروتئین خام از ۱۷/۱ ٪ به ۱۹٪ افزایش می‌یابد). در این حالت، کنجاله سویا در ازای کاهش ذرت جیره، افزایش می‌یابد.

تمام جیره‌ها در هر مرحله با انرژی یکسان تنظیم شدند (به ترتیب برای جیره رشد ۳۱۰۰ و جیره پایانی ۳۲۰۰ کیلوکالری در هر کیلوگرم). قبل از شروع آزمایش، تمام جیره‌ها از نظر میزان اسیدآمینه‌کل و پروتئین خام در آزمایشگاه مورد آنالیز قرار گرفتند تا با سطح مورد انتظار مطابقت داده شده و راستی آزمائی شوند. قبل از شروع آزمایش، تیمار HH پایانی با همان ترکیبات خوراکی مجددا ساخته و در آزمایشگاه میزان اسیدآمینه‌ها و پروتئین خام آن اندازه‌گیری شدند.

اندازه‌گیری‌ها

تلفات و پرندگان حذفی روزانه رکوردبرداری شدند. این پرندگان وزن‌کشی و گروه‌بندی شدند(مرگ ناشی از آسیت، سندرم مرگ ناگهانی، حذف بخاطر پا، جثه کوچک و غیره). وزن بدن در روزهای ۰، ۱۴، ۲۱ و ۳۵ به شکل تجمیعی اندازه‌گیری شد. در روز ۳۵وزن بدن تمام پرندگان به شکل انفرادی اندازه‌گیری شد. خوراک مصرفی هر واحد آزمایشی در روزهای ۱۴، ۲۱ و ۳۵ اندازه‌گیری شد. میانگین افزایش وزن روزانه(ADG)، میانگین خوراک مصرفی روزانه(ADFI) و FCR برای هر واحد آزمایشی در سنین ۱۴-۰ ، ۲۱-۱۴، ۳۵-۲۱ و ۳۵-۰ محاسبه شد. FCR براساس تلفات تصحیح شد. باتوجه به اینکه بین روش تغذیه (۱۰-۰ و ۲۱-۱۰ روزگی) و روش جمع‌آوری عملکرد (۱۴-۰ و ۲۱-۱۴ روز) ناهماهنگی وجود دارد، برخی از نشانگرها، نظیر میانگین پروتئین خام مصرفی توزین شده (WACP)، با درنظرگرفتن خوراک مصرفی بین روز ۰ تا ۱۰ روزگی و ۱۰ تا ۲۱ روزگی مجددا محاسبه گردید. ضریب تغییرات (CV) در روز ۳۵ بر اساس وزن بدن انفرادی و شاخص تولید اروپائی(EPI) طبق معادله زیر برای ۰ تا ۳۵ روزگی تعیین گردید:

$$EPI = \frac{ADG \times (100 - mortality)}{10 \times FCR}$$

در پایان آزمایش(روز ۳۵)، ۵ پرنده از هر واحد آزمایشی(۵۰ پرنده از هر تیمار) بر اساس میانگین وزن بدن هر واحد آزمایشی،۲٪ ± ، برای تجزیه لاشه انتخاب شد. پرندگان ابتدا بر اساس استاندارد فرانسوی ذبح و با استفاده از دستگاه خنک کننده سرد شدند. سپس قطعات لاشه شامل ران، سینه و چربی محوطه بطنی جدا و اندازه‌گیری شدند. تمام شاخص‌های تولیدی به عنوان درصدی از وزن لاشه جهت تعیین تولید گوشت سینه(BMY)، تولید ران(LY)، و تولید چربی شکمی(AF) بیان شدند.

کیفیت بستر از طریق نمره دهی بصری در روزهای ۱۴، ۲۸ و ۳۵ برای تمام واحدهای آزمایشی از نمره ۱ تا ۵ (۱ خشک و کرامبل، ۵ کاملا مرطوب) طبق سیستم نمره‌دهی ITAVI(2022) انجام شد. امتیاز بستر میانگین امتیازات دانخوری، سیستم آبخوری و مناطق استراحت پرنده را شامل می‌شد. نمونه‌های بستر در ۳۵ روزگی برای تمام واحدهای آزمایشی از همان سه ناحیه جهت اندازه‌گیری ماده خشک و میزان نیتروژن توسط Labocea صورت گرفت (7 Rue du Sabot, 22440 Ploufragan, France) . امتیاز آسیب بالشتک پا(FPS) در ۳۵ روزگی برای تمام پرندگان در تمام واحدهای آزمایشی با سیستم امتیازدهی ۰ تا ۲ (۰ خوب بدون آسیب ، ۲ آسیب شدید) اندازه‌گیری شد. سپس FPS از محدوده ۰ تا ۲۰۰ به صورت زیر محاسبه گردید:

$$FPS = \frac{100 \times ((0.5 \times n^{\circ} \ of \ birds \ with \ score \ 1) + (2 \times number \ of \ birds \ with \ score \ 2))}{total \ number \ of \ scored \ birds}$$

نمونه‌های خون در ۳۵ روزگی از ۱۶ قطعه پرنده از هر تیمار(۱ یا ۲ قطعه از هر تکرار) به منظور آنالیز اسیداوریک(UA)، گلوکز، شمارش گلبول‌های سفید خون، شمارش گلبول‌های قرمز خون و هموگلوبین توسط Labocea اخذ شد. در روز ۳۵ ، ۱۰ پرنده از هر تیمار (۱ پرنده از هر واحد آزمایشی)کشتار و pH محتویات ژژنوم، ایلئوم و سکوم توسط Labocea اندازه‌گیری شد. نیتروژن دفعی در هر تیمار بر اساس عملکرد مرغ گوشتی در یک دوره ۰ تا۳۵ روزگی محاسبه می‌شود. ابقاء نیتروژن توسط حاصلضرب افزایش وزن بدن پرنده در میزان ثابت نیتروژن کل بدن (۲۹ گرم در هر کیلوگرم) بدست آمد (Belloir *et al.*, 2017) بنابراین، راندمان ابقاء نیتروژن در هر واحد آزمایشی یا پن بر اساس معادله زیر محاسبه می‌گردد:

$$Nefficiency\ (\%) = \frac{(Nintake\ (g/d) - Nretention\ (g/d))}{Nintake\ (g/d)} \times 100$$

نیتروژن دفعی بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$N\ excretion(g/d) = N\ intake(g/d) - N\ retention\ (g/d)$$

NH_3 و N_2O دفعی بر اساس نیتروژن فرار توسط معادلات مطرح شده از سوی Bellior و همکاران (۲۰۱۷) محاسبه شد و ضرایب بکار رفته IPCC(2019) و EMEP(2016) جهت تعیین دفع NH_3و N_2O به شکل زیر مورد استفاده قرار گرفت:

$$N\ volatilization(g/d) = N\ excretion(g/d) \times (5.04 \times feed\ CP\ content) \times (100\text{-}61.08)$$

$$NH3\ volatilization(g/d) = N\ volatilization(g/d) \times 59.9\%$$

$$N_2O\ volatilization(mg/d) = N\ volatilization\ (g/d) \times 0.3\% \times 1000$$

ظرفیت گرمایش جهانی برای هر قطعه جوجه گوشتی(GWPb، معادل کیلوگرم CO_2 تولیدی برای هر قطعه جوجه گوشتی) و برای هر کیلوگرم وزن زنده (GWPkg، معادل کیلوگرم CO_2 تولیدی برای هر کیلوگرم وزن زنده جوجه گوشتی) محاسبه شد، به گونه‌ای که GWPb در ۳۵ روزگی تقسیم بر وزن بدن شد. ابتدا GWP هر خوراک (آغازین، ۶ جیره آزمایشی رشد و ۶ جیره آزمایشی پایانی)با استفاده از ترکیب شیمیائی خوراک و گنجاندن هر ماده خوراکی

ضربدر GWP هر ماده خوراکی خام بدست می‌آید. روش شناسی زیر ابداع شده بود: اطلاعات پایه برای GWP موادمغذی عمده(گندم، ذرت، کنجاله سویا،روغن سویا) GFLI بود(Blonk consultants, 2019; Table 3) . از GLFI ، مقادیرکنجاله سویا و روغن سویا، مقادیر PER(میانیگن واردات اروپا) به ترتیب ۲/۶۸ و ۸/۱۸ کیلوگرم CO_2 در هر کیلوگرم بود. برای ذرت و گندم، مقادیر فرانسه در نظر گرفته شد. برای ریزمغذی‌ها (نمک، مونوکلسیم فسفات و.....)، GFLI مقادیر GWPدرنظر گرفته نشد، بنابراین اطلاعات پایه EcoAlim مورد استفاده قرار گرفت (Wilfart et al., 2016).

جدول ۳- اطلاعات پایه ظرفیت گرمایش جهانی و مبدا انتخاب اقلام خوراکی برای وضعیت پیش روی هر اسیدآمینه

		AA sourcing scenario[1]		GWP
Ingredient	Database used	EU	CN	$kgCO_2eq/kg$
Corn	GFLI (2019)	FR	FR	0.47
Soybean meal	GFLI (2019)	RER	RER	2.68
Wheat	GFLI (2019)	FR	FR	0.42
Soya oil	GFLI (2019)	RER	RER	8.18
Monocalcium phosphate	EcoAlim (2019)	RER	RER	1.17
Calcium bicarbonate	EcoAlim (2019)	RER	RER	0.08
Sodium bicarbonate	EcoAlim (2019)	NA	NA	0.19
Salt	EcoAlim (2019)	NA	NA	0.14
L-Lys HCl	METEX NOOVISTAGO (2021)	EU	CN	1.86/9.15
Premix	None	NA	NA	NA
Phytase	None	NA	NA	NA

[1]AA, Amino Acid; CN, China; EU, European union; FR, France; GWP, global warming potential; RER, average European import; NA, not applicable.

در ارتباط با مقادیر AA GWP ، از آنجاائیکه مقادیر GWP به میزان زیادی بین کشورهای تولیدکننده، به دلیل تولید ویژه قند و انرژی، متفاوت است، دو سناریوی کاربردی انتخاب شده بشرح زیر است: ۱) اسیدآمینه‌ای که در اروپا تولید می‌شود(EU) یا ۲) اسیدآمینه‌ای که در چین تولید می‌شود(CN). مقادیر GWP اسیدآمینه تولید شده توسط METEX NOOVISTAGO با راهنمای سازمان خواربار جهانی(۲۰۲۰) مورد تائید قرار گرفته و در مطالعات مختلف مورد استفاده قرار گرفته است(appelaere *et al*., 2022, Espagnol *et al*., 2022) . دو مورد ویژه عبارت بودند از: DL-Met برای مقادیر GWP اسیدآمینه که از اطلاعات پایه EcoAlim (Wilfart *et al*., 2016) بدست آمده و L-Thr. بطوریکه ۱۰۰٪ تولیدL-Thr از CN ، کشور انتخابی تولیدکننده در هر دو سناریو، می‌باشد. در کل، مقادیر GWP برای تمام تیمارها و برای هر دو مرحله ۹۹/۵٪ خوراک در نظر گرفته شد، بایک استثناء که برای پرمیکس و فیتاز وجود داشت. GWP جوجه گوشتی از ۰ تا ۳۵ روزگی با ضرب کردن GWP هر خوراک در مقدار مصرف در هر مرحله بدست آمد، سپس برای ۰ تا ۳۵ روز همه با هم جمع شد. همچنین کنجاله سویای مصرفی بر اساس میزان کنجاله موجود در جیره‌ها و در ADFI در هر مرحله محاسبه گردید.

آمار

قبل از آنالیز آماری، جهت نرمال بودن داده‌ها، اطلاعات بر اساس آزمون Gruber's ، برای هر متغییر در کل جمعیت مورد ارزیابی قرار گرفت. اگر سطح معنی‌داری زیر ۵٪ بود، آن عدد حذف می‌شد. هیچ داده پرتی مشاهده نشد، به استثناء یکی برای تولید لاشه، LY ، AF ، گلوکز خون و اسید اوریک خون. تمام داده‌ها بر اساس آنالیز واریانس دوطرفه با لیزین SID و SID Lys/CP جیره به عنوان اثرات اصلی و اثرات متقابل بین این دو، تجزیه آماری شدند. بعلاوه، یک تجزیه واریانس سه طرفه برای GWP با لیزین SID جیره ، SID Lys/CP جیره و منبع اسیدآمینه به عنوان اثرات اصلی و همچنین اثرات متقابل آنها طراحی گردید. همچنین متغییرهای انتخاب شده برای رگرسیون خطی مورد آزمون قرار گرفتند تا مشخص شود کدام متغییر بر روی راندمان ابقاء نیتروژن (ADG, ADFI, FCR, and N intake) و کیلوگرم GWP (ADG, ADFI, FCR and SBM intake) موثر بوده است. هر پن به عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد و مقادیر بدست آمده در جداول به شکل میانگین با خطای استاندارد میانگین(SEM) نشان داده شدند. اگر یک اثر معنی‌داری مشاهده می‌شد، اختلاف بین تیمارها یا اثرات اصلی توسط آزمون اختلاف حداقل مربعات (آزمون توکی) مجزا می‌شدند. سطح معنی‌داری به شکل $p<0.05$ و $p<0.1$ در نظر گرفته شد. آنالیز آماری توسط Minitab، شماره ۲۱ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز خوراک های آزمایشی

بطوریکه در جدول ۴ گزارش شده است، بطور متوسط در تمام خوراک‌ها، محتویات CP و لیزین SID آنالیز شده جیره اندکی بیشتر از مقدار مورد انتظار به ترتیب ۰/۸۷٪ و ۰/۰۷ ٪ بود. به دنبال افزایش لیزینSID ،در خصوص سایراسیدآمینه‌های ضروری دیگر، نسبت اغلب این اسیدآمینه‌های SID به لیزین SID در مسیر مورد انتظار بود. فقط نسبت SID Arg و SID Met به لیزین اندکی پائین‌تر از مقدار مورد انتظار بود اما در همه تیمارها ثابت باقی ماند. می توان اینطور نتیجه گرفت که آنالیز اسیدآمینه‌ها با مقادیر مورد انتظار همخوانی دارد اما بایستی بخاطر داشته باشیم بطور کلی لیزین قابل هضم ایلئومی و پروتئین خام جیره اندکی بالاتر از مقدار مورد انتظار است.

جدول ۴- نسبت اسیدآمینه‌های مورد انتظار و آنالیزشده پنج جیره آزمایشی در مراحل رشد و پایانی

Treatments[1]	Grower						Finisher					
Lysine level	Low			High			Low			High		
SID Lys/CP	Low	Med	High	Low	Med	High	Low	Med	High	Low	Med	High
Formulated SID AA, %[2]												
SID Lys	1.04	1.04	1.04	1.15	1.15	1.15	0.93	0.93	0.93	1.03	1.03	1.03
SID Thr/Lys	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0
SID Met/Lys	49.3	50.5	51.8	49.9	51.1	52.4	48.1	49.6	51.0	48.9	50.3	51.7
SID Cys/Lys	25.7	24.5	23.2	25.1	23.8	22.6	26.8	25.4	24.0	26.1	24.7	23.3
SID M+C/Lys	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0
SID Trp/Lys	19.3	17.6	17.0	20.0	18.3	17.0	19.0	17.1	17.0	19.8	17.9	17.0
SID Ile/Lys	67.0	67.0	67.0	67.8	67.0	67.0	67.0	67.0	67.0	68.1	67.0	67.0
SID Val/Lys	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
SID Leu/Lys	130.9	123.8	116.5	128.9	121.9	114.7	135.4	127.4	119.2	133.0	125.0	116.9
SID Phe/Lys	77.1	71.6	66.1	78.0	72.5	67.0	78.0	71.9	65.7	78.8	72.7	66.5
SID Tyr/Lys	55.4	51.7	47.9	55.6	52.0	48.2	56.3	52.2	47.9	56.5	52.4	48.1
SID P+T/Lys	132.5	123.3	114.0	133.6	124.5	115.2	134.4	124.1	113.7	135.3	125.1	114.7
SID His/Lys	41.0	38.1	35.3	41.3	38.5	35.6	41.6	38.4	35.2	41.8	38.7	35.5
SID Arg/Lys	107.0	107.0	107.0	107.3	107.0	107.0	107.0	107.0	107.0	107.0	107.0	107.0
SID G+SvLys	133.8	124.5	115.1	135.0	125.8	116.4	135.7	125.3	114.8	136.7	126.3	115.8
Analyzed SID AA[3], %												
SID Lys	1.11	1.12	1.11	1.21	1.22	1.21	1.01	1.00	0.99	1.11	1.10	1.11
SID Thr/Lys	69.7	68.2	68.5	69.4	68.7	68.3	67.8	68.2	66.8	67.6	68.0	67.8
SID Met/Lys	43.0	44.2	46.0	44.3	44.4	46.3	41.9	43.5	44.7	42.1	44.0	45.0
SID Cys/Lys	21.7	20.6	19.8	21.6	20.1	19.2	22.2	21.0	19.8	21.5	20.8	19.2
SID M+C/Lys	64.6	64.7	65.6	65.8	64.5	65.4	63.9	64.4	64.4	63.5	64.6	64.0
SID Trp/Lys	19.2	17.6	17.4	20.3	18.5	17.3	18.9	17.4	16.8	19.6	17.9	17.1
SID Ile/Lys	66.2	66.3	66.7	68.4	66.9	67.3	66.6	66.2	64.8	67.4	66.9	66.7
SID Val/Lys	76.2	76.3	76.8	77.6	76.9	77.3	76.6	76.3	75.0	77.2	76.9	76.8
SID Leu/Lys	126.5	119.3	112.4	125.5	118.1	110.3	129.4	121.9	113.4	127.3	119.6	112.4
SID Phe/Lys	76.8	71.4	65.7	78.0	72.4	66.4	76.5	71.0	63.7	77.1	72.1	65.7
SID Tyr/Lys	54.0	49.5	45.9	55.2	51.1	47.0	53.9	49.1	44.1	54.5	50.0	45.9
SID P+T/Lys	130.7	120.9	111.6	133.3	123.5	113.4	130.4	120.1	107.8	131.6	122.1	111.6
SID His/Lys	37.9	35.2	33.1	38.2	35.8	33.1	38.1	35.8	32.6	38.4	35.5	33.1
SID Arg/Lys	101.8	100.9	101.7	103.3	102.4	101.6	101.0	100.0	98.0	101.0	100.9	100.8
SID G+S/Lys	124.0	116.9	109.6	121.3	114.2	107.6	126.1	119.8	111.0	122.6	116.0	108.7

[1]Med = Medium CP level.

[2]SID = Standardized Ileal Digestible.

[3]Analyzed SID AA = Analyzed ratio based on chemically analyzed total amino acid associated to the corresponding AA SID coefficient of the feed.

عملکرد رشد و صفات لاشه

در این آزمایش، تعداد تلفات و پرندگان حذفی کم بود، به ترتیب زیر۴٪ و زیر ۱/۶ ٪ و این مقادیر بر روی تیمارها تاثیرگذار نبودند(داده‌ها نشان داده نشد). بطورکلی، عملکرد این آزمایش با مقادیر شرکت پرورش دهنده همخوانی داشت بطوریکه میانگین وزن بدن و ضریب تبدیل غذائی در ۳۵ روزگی به ترتیب ۲۶۲۰گرم (۱۷/۴± گرم) و ۱/۳۶ (۰/۰۱±) بودند. عملکرد بهتر اهداف Aviagen(2018) برای جوجه‌های گوشتی نرسویه راس ۳۰۸ مقدار۳۸۵ گرم برای وزن بدن و ۱۱- واحد برای ضریب تبدیل غذائی بود. هیچگونه اثر متقابلی برای شاخص‌های عملکردی مشاهده نشد (جدول ۵ ;$P > 0.05$) . افزایش لیزین قابل هضم ایلئومی در جیره غذائی بطور معنی‌داری افزایش وزن بدن، افزایش وزن روزانه و کاهش ضریب تبدیل غذائی را برای ۰الی۱۴روز، ۱۴ الی ۲۱روز ، ۲۱ الی ۳۵ روز و در کل ۰ الی ۳۵ روز را سبب شد($P < 0.05$) .ADFI یا میانگین خوراک مصرفی روزانه فقط از ۲۱ الی ۳۵ روزگی و از ۰ الی ۳۵ روزگی افزایش نشان داد. با بیشترین میزان لیزین قابل هضم ایلئومی، شاخص تولید اروپائیEPI و ضریب تغییرات CV به ترتیب بطور معنی‌داری افزایش و کاهش داشتند ($P< 0.001$) . افزایش لیزین قابل هضم ایلئومی باعث افزایش تولید گوشت سینه یا BMY ($P< 0.001$) و کاهش چربی محوطه بطنی یا AF را سبب شد($P< 0.001$) اما تاثیری بر روی تولید لاشه و تولید ران یا LY (جدول ۶ ;$P > 0.10$) . از طرف دیگر، افزایش نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام جیره (کاهش پروتئین خام جیره) به استثناء ضریب تبدیل غذائی قبل از ۲۱روزگی و شاخص تولید اروپائی، بر روی عملکرد تاثیر منفی ایجاد نکرد. کاهش پروتئین خام جیره به میزان ۲٪ باعث افزایش معنی‌دار ضریب تبدیل غذائی در سنین ۰ الی ۱۴ روزگی و ۱۴ الی ۲۱ روزگی شد در حالیکه کاهش پروتئین خام جیره به میزان ۱٪ باعث بهبود معنی‌دار شاخص تولید اروپائی در مقایسه با سایر تیمارها گردید ($P = 0.031$) . کاهش پروتئین خام جیره غذائی بر روی LY تاثیر گذاشت($P = 0.046$) بطوریکه در جیره با سطح پائین پروتئین خام LY کمتر بود و چربی محوطه بطنیAF از ۰/۳۷ ٪ به ۰/۴۳٪ بین سطوح بالا و پائین پروتئین خام ، افزایش یافت ($P = 0.006$) . در مطالعه حاضر، هدف ارزیابی اثر کاهش پروتئین خام جیره به میزان ۱٪ و ۲٪ در دوسطح لیزین قابل هضم ایلئومی جیره بود که به عنوان تراکم اسیدآمینه نامیده شد. ویژگی این مطالعه آزمایش ۲ راهکار تغذیه‌ای در یک طرح فاکتوریل بود تا به سوال زیر جواب

داده شود: آیا ظرفیت کاهش پروتئین خام جیره بستگی به سطح پایه لیزین قابل هضم ایلئومی دارد؟ از آنجائی که تقابل بین دو راهکار به آن معنی است که

جدول ۵- عملکرد رشد، شاخص تولید اروپائی، و ضریب تغییرات جوجه‌های گوشتی که از جیره‌های آزمایشی متفاوت از نظر نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام و لیزین قابل هضم ایلئومی تغذیه شده بودند(۱۰ تکرار حاوی ۱۷ قطعه در هر پن)

Treatments[1]		Body weight g/bird			Average daily feed intake g/bird/day				Feed conversion ratio g/g				EPI	CV
SID Lys	SID Lys/CP	Day 14	Day 21	Day 35	Day 0-14	Day 14-21	Day 21-35	Day 0-35	Day 0-14	Day 14-21	Day 21-35	Day 0-35	Day 0-35	Day 35
Low	Low	563	1,141	2,530	39.4	105.6	157.2	98.9	0.955	1.294	1.591	1.385	483	9.48
Low	Med	557	1,128	2,520	39.1	106.2	158.1	99.7	0.964	1.299	1.592	1.391	494	9.22
Low	High	570	1,142	2,520	40.0	108.1	156.7	99.5	0.974	1.330	1.599	1.397	477	8.81
High	Low	570	1,195	2,705	38.6	105.4	160.9	99.9	0.985	1.190	1.506	1.313	532	8.38
High	Med	579	1,203	2,763	39.6	107.2	165.9	103.3	0.989	1.204	1.494	1.316	574	6.84
High	High	576	1,193	2,687	39.9	107.7	160.1	101.1	0.989	1.221	1.520	1.332	538	7.46
	SEM	2.7	6.7	17.4	0.17	0.56	0.93	0.49	0.002	0.007	0.007	0.005	6.3	0.24
Main effects														
SID Lys														
	Low	564[b]	1,137[b]	2,523[b]	39.5	106.6	157.3[b]	99.3[b]	0.988[a]	1.308[a]	1.594[a]	1.391[a]	485[b]	9.17[a]
	High	575[a]	1,197[a]	2,718[a]	39.4	106.8	162.3[a]	101.5[a]	0.964[b]	1.205[b]	1.507[b]	1.320[b]	548[a]	7.56[b]
SID Lys/CP														
	Low	567	1,168	2,617	39.0	105.5	159.1	99.4	0.970[b]	1.242[b]	1.549	1.349	508[b]	8.93
	Med	568	1,166	2,641	39.4	106.7	162.0	101.5	0.976[ab]	1.252[ab]	1.543	1.354	534[a]	8.03
	High	573	1,168	2,604	40.0	107.9	158.4	100.3	0.982[a]	1.276[a]	1.560	1.364	507[b]	8.14
P-value														
	SID Lys x SID Lys/CP	0.370	0.651	0.383	0.295	0.859	0.523	0.494	0.135	0.598	0.661	0.734	0.394	0.426
	SID Lys	0.035	< 0.001	< 0.001	0.677	0.883	0.006	0.031	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
	SID Lys/CP	0.615	0.987	0.433	0.052	0.222	0.202	0.203	0.021	< 0.001	0.329	0.056	0.031	0.166

[a-c]Values in a column with no common superscripts differ significantly (P < 0.05)—Tukey test.
[1]EPI, European production index; Med, medium CP level; SID, standardized ileal digestible.

جدول ۶- لاشه و قطعات لاشه جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌هائی که از نظر نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام و لیزین قابل هضم ایلئومی متفاوت بودند(۵ پرنده از هر پن ، ۱۰ تکرار ۱۷ قطعه‌ای)

Treatments[1]		Carcass (g/100g live weight)			
SID Lys	SID Lys/CP	Carcass	Breast meat	Leg	Abdominat fat
Low	Low	66.8	20.5	21.5	0.40
Low	Med	66.4	20.2	21.4	0.42
Low	High	66.6	20.3	21.8	0.46
High	Low	67.1	21.5	21.4	0.34
High	Med	67.1	21.4	21.5	0.40
High	High	66.9	21.3	21.7	0.40
	SEM	0.12	0.09	0.06	0.01
Main effects					
SID Lys					
	Low	66.6	20.4[b]	21.6	0.43[a]
	High	67.0	21.4[a]	21.6	0.38[b]
SID Lys/CP					
	Low	67.0	21.0	21.5[b]	0.37[b]
	Med	66.7	20.8	21.5[b]	0.41[ab]
	High	66.7	20.8	21.8[a]	0.43[a]
P-value					
	SID Lys x SID Lys/CP	0.670	0.802	0.824	0.347
	SID Lys	0.298	< 0.001	0.834	< 0.001
	SID Lys/CP	0.404	0.303	0.046	0.006

[a-c]Values in a column with no common superscripts differ significantly (P < 0.05)—Tukey test.
[1]Med, medium CP level; SID, standardized ileal digestible.

کاهش پروتئین خام جیره دست یافتنی است بدون داشتن هر گونه تاثیر بر روی عملکرد اگر جوجه‌های گوشتی از جیره با سطوح پائین یا بالای تراکم اسیدآمینه تغذیه کرده باشند. در این مطالعه ، ما سطوح متوسط نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام را در مقایسه با مقالات اخیر مورد بررسی قرار دادیم(Van Harn *et al*., 2018, 2019; Chrystal *et al*., 2020a; Cowieson *et al*., 2020; Willems *et al*., 2020; Maynard *et al*., 2021) . بطور مثال، Chrystal *et al*.(2020a) ۴ سطح از نسبت لیزین قابل هضم به پروتئین خام شامل: ۵/۵، ۵/۸۵، ۶/۴ و ۷/۰۵ درصد را مورد آزمایش قرار دادند و دریافتند که فقط کاهش شدید سطح پروتئین خام جیره (7.05% SID Lys/CP) بطور معنی داری بر روی ضریب تبدیل غذائی اثر مخربی دارد (۹+ واحد). در مطالعه حاضر، نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام جیره از ۵/۵ ٪ تا ۶/۱٪ متغییر بود و سطوح تیمارها بین دو حد پائین و بالای لیزین قابل هضم ایلئومی بودند. گرچه کاهش پروتئین خام جیره غذائی از شدت کمتری نسبت به Chrystal *et al*. (2020a) یا Maynard *et al*. (2021) برخوردار بود، مقدار افزودن اسیدآمینه‌های سنتتیک نوع حیوانی ال- لیزین، دی ال – متیونین، ال- ترئونین، ال- والین، ال- ایزولوسین و ال- آرژنین کاملا زیاد بود. سپس اسیدآمینه ضروری اصلی بر اساس نیاز تحت کنترل قرار گرفتند. عملکرد رشد و صفات لاشه تاثیر منفی با کاهش پروتئین خام جیره از خود نشان ندادند، بدین معنی که بر اساس این آزمایش، سطح مورد انتظار پروتئین خام جیره در مرحله رشد حداقل ۱۷٪ و در مرحله پایانی ۱۵/۳٪ در هنگامی که با ۹۰٪ لیزین قابل هضم ایلئومی احتیاجات توصیه شده سویه راس ۳۰۸ یا ۱۹٪ در جیره مرحله رشد و ۱۷٪ جیره مرحله پایانی در زمانی که با سطح ۱۰۰٪ لیزین قابل

هضم ایلئومی توصیه راس ۳۰۸ باشند. بطور جالبی، سطح پائین پروتئین خام جیره تولید ران را افزایش داد که با یافته‌های Van Harn *et al.*(2019) و Willems *et al.*(2020) همخوانی داشت اما بر روی تولید گوشت سینه تاثیری نداشت. بطوریکه اغلب اشاره کرده‌اند، چربی محوطه بطنی با مصرف تدریجی سطوح پائین پروتئین خام افزایش یافت(Bregendahl *et al.*, 2002; Belloir *et al.*, 2017; Chrystal *et al.*, 2020a). در جیره حاوی پائین‌ترین سطح پروتئین خام در این تحقیق، چربی جیره ۶ تا ۷ درصد در هر دو جیره رشد و پایانی کاهش و میزان نشاسته جیره ۴ و ۵ درصد افزایش یافت. همچنین کاهش پروتئین خام جیره غذائی اثرات مثبت خطی واضح و روشنی را بر روی قابلیت هضم انرژی نشان داده است (Chrystal *et al.*, 2020a; Maynard *et al.*, 2021) . این نتایج اشاره به این موضوع دارد که تغذیه جیره‌های کم‌پروتئین بر روی انرژی متابولیسمی جوجه‌های گوشتی تاثیر دارد، به گونه‌ای که انرژی قابل دسترس بیشتری در اختیار حیوان قرار می‌گیرد و این انرژی به شکل چربی دخیره می‌شود. فرضیه‌های زیادی برای توضیح این اثر مطرح شده است، از جمله محدودیت‌های احتمالی سیستم انرژی AMEn رایج، که هنوز بطور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، شاید به شکل صحیح مقدار انرژی واقعی جیره را ارزیابی نکند(Wu *et al.*, 2019; Noblet *et al.*, 2022) .

ویژگی‌های بستر

امتیاز بستر تحت تاثیر لیزین قابل‌هضم ایلئومی یا سطحSID Lys/CP جیره نبود و فقط یک اختلاف ناچیز در نسبتSID Lys/CP جیره بر روی امتیاز بستر در روز ۳۵ مشاهده شد($P = 0.072$) (جدول ۷). لیزین قابل‌هضم ایلئومی و سطوحSID Lys/CP جیره، هر دو بر روی نیتروژن بستر تاثیر داشتند ($P < 0.001$) اما بر روی ماده خشک بستر یا امتیاز آسیب بالشتک (FPS) پا تاثیری نداشتند($P > 0.1$). افزایش لیزین قابل‌هضم ایلئومی میزان نیتروژن بستر را افزایش داد در حالیکه افزایش سطحSID Lys/CP جیره، بطور معنی‌داری نیتروژن بستر را به شکل تدریجی کاهش داد. بنابراین هنگامی‌که پروتئین خام جیره پائین بود، بهبودی درکیفیت بستر ایجاد نشد، که این نتیجه با بسیاری از نتایج تحقیقات منتشر شده اخیر، همخوانی ندارد (van Harn *et al.*, 2018; 2019; Lemme *et al.*, 2019; Willems *et al.*, 2020) تفاوت از این حقیقت سرچشمه می‌گیرد که کیفیت بستر از van Harn *et al.* (2019) و Lemme *et al.*(2019) بهتر و امتیاز آسیب بالشتک پائین‌تر بود. پاسخ امتیاز آسیب بالشتک پا به پروتئین خام جیره توسط متاآنالیز بدست آمد که بدون شک بستگی به سطح اولیه FPS دارد(Minussi *et al.*,2021). بنابراین ممکن است پاسخ CP جیره در یک مطالعه با بستر و FPS غلط شدیدتر باشد از این آزمایش که از بستر جدید و تمیز استفاده شده است. هم ردیف با این مطالعه، که سطح پائین پروتئین خام جیره میزان نیتروژن بستر را بتدریج کاهش داده است، مقادیر بدست آمده توسط مطالعات اخیر با این تحقیق همخوانی دارد(Belloir *et al.*, 2017; Willems *et al.*, 2020) .

جدول ۷- امتیاز بستر(۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۳۵ روزگی)، ماده خشک بستر(۳۵ روزگی) و امتیاز آسیب بالشتک پا(۳۵ روزگی) در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های متفاوت از نظر میزان لیزین قابل‌هضم ایلئومی و نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام جیره

Treatments[1]		Litter score				Litter parameters, %		
SID Lys	SID Lys/CP	Day 14	Day 21	Day 28	Day 35	N	DM	FPS, 0-200
Low	Low	1.93	2.13	3.47	2.90	1.65	44.7	36.4
Low	Med	2.00	2.07	3.40	3.53	1.40	41.4	66.3
Low	High	2.07	2.27	3.77	3.37	1.26	42.7	50.2
High	Low	1.80	2.07	3.40	2.90	1.80	42.1	43.4
High	Med	2.17	2.43	3.57	3.33	1.72	44.2	44.3
High	High	2.07	2.37	3.67	2.97	1.50	42.4	54.4
	SEM	0.06	0.08	0.06	0.09	0.03	0.5	4.2
Main effects								
SID Lys								
	Low	2.01	2.16	3.54	3.07	1.44[b]	42.9	51.0
	High	2.00	2.29	3.54	3.27	1.67[a]	42.9	47.3
SID Lys/CP								
	Low	1.87	2.10	3.43	2.90	1.72[a]	43.4	39.9
	Med	2.08	2.25	3.48	3.43	1.56[b]	42.8	55.3
	High	2.07	2.32	3.72	3.17	1.38[c]	42.6	52.3
P-value								
	SID Lys x SID Lys/CP	0.553	0.510	0.601	0.680	0.267	0.098	0.309
	SID Lys	0.921	0.387	1.000	0.285	<0.001	0.955	0.669
	SID Lys/CP	0.223	0.499	0.118	0.072	<0.001	0.794	0.293

[a-c]Values in a column with no common superscripts differ significantly ($P < 0.05$)—Tukey test.

[1]DM, dry matter; FPS, footpad score; Med, medium CP level; N, nitrogen; SID, standardized ileal digestible.

شاخص‌های خون و دستگاه گوارش

از بین تمام شاخص‌های خونی و دستگاه گوارش، افزایش لیزین قابل هضم ایلئومی فقط بر روی میزان پروتئین خون از ۳۴/۳ به ۳۶ گرم در لیتر افزایش نشان داده شد($P = 0.028$) (جدول ۸). افزایش نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام جیره، اسید اوریک خون را کاهش داد، بطوریکه تیمارهای حاوی نسبت‌های متوسط و بالا، بطور معنی‌داری پائین‌تر از تیمارهای با پروتئین‌خام بالای جیره بودند($P = 0.001$). به علاوه، شمارش سلول‌های سفید خون ($P = 0.025$) و pH ایلئوم ($P = 0.014$) بخوبی تحت تاثیر قرار گرفتند. تیمارهای با سطح متوسط نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام جیره در مقایسه با تیمارهای با سطح پائین نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام جیره، از نظر میزان شمارش سلول‌های سفیدخون بطور معنی‌داری بالاتر

بودند و بطور معنی‌داری pH ایلئوم آنها بیشتر از تیمارهای با سطح بالای نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام جیره بود. سطوح متفاوت نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام جیره و لیزین قابل هضم ایلئومی فقط بر روی ترکیبات نیتروژنه خون تاثیر داشت، بطوریکه با افزایش لیزین قابل هضم ایلئومی، میزان پروتئین خون بیشتر و با افزایش نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام جیره، کاهش تدریجی در اسیداوریک خون ایجاد شد. تفسیر نتایج مربوط به میزان پروتئین خون مشکل است، اما کاهش اسیداوریک همراه با کاهش سطح پروتئین خام با منابع علمی همخوانی دارد (Namroud *et al.*, 2008; Kriseldi *et al.*, 2018; Ndazigaruye *et al.*, 2019; Willems *et al.*, 2020) . منابع در خصوص اثر جیره کم پروتئین و سطح بالای لیزین قابل هضم ایلئومی بر روی سلامت دستگاه گوارش، ناچیز است، گرچه ایده کلی کاهش پروتئین خام جیره با کاهش دسترسی نیتروژن مازاد در قسمتهای انتهائی دستگاه گوارش، به سلامتی دستگاه گوارش کمک می‌کند و این مسئله تکثیر باکتری‌های بیماری‌زا نظیر *کلستریدیوم پرفرینجنز* را مختل می‌کند (Qaisrani *et al.*,2015;Liu *et al.*,2017) . در آزمایش فعلی، pH ایلئومی در زمانیکه پروتئین خام جیره کاهش می‌یافت، بطور معنی‌داری افزایش یافت. معمولا جیره‌های تقلیل یافته از نظر پروتئین بر روی pH تاثیری ندارند اما داده‌ها نادرند و در قسمت‌های دیگر صورت گرفته است (سنگدان، Chrystal *et al.*,2020b) ، (بستر ، Van Harn *et al.*,2019).

جدول ۸- شاخص‌های خونی و دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های متفاوت از نظر نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام جیره و لیزین قبل هضم ایلئومی (به ترتیب ۱۶ پرنده در هر تیمار برای شاخص‌های خونی و ۱۰ پرنده در هر تیماربرای شاخص‌های دستگاه گوارش)

Treatments[1]		Blood parameters						Gut parameters					
SID Lys	SID Lys/CP	Glucose (mmol/L)	Protein (g/L)	Uric acid (mg/L)	Red Blood Cell (mm3)	Hemoglobin (g/dL)	White Blood Cell (mm3)	ileon pH	caeca pH	jejunum/ rectum pH	ileon NH_4^+ (mg/L)	caeca NH_4^+ (mg/L)	jejunum/rectum NH_4^+ (mg/L)
Low	Low	14.0	33.6	48.3	1,791,667	8.65	11,568	7.30	7.22	6.32	0.011	0.076	0.026
Low	Med	13.7	34.7	41.4	1,952,500	10.03	13,027	7.67	7.11	6.30	0.009	0.072	0.021
Low	High	14.2	34.8	36.2	1,882,222	8.84	12,434	6.84	7.07	6.54	0.008	0.086	0.033
High	Low	13.9	35.5	51.5	1,801,429	9.06	10,785	6.88	6.89	5.88	0.008	0.076	0.038
High	Med	13.8	36.5	43.3	1,868,750	9.21	14,258	7.65	7.07	6.56	0.011	0.065	0.029
High	High	13.4	36.0	40.8	1,831,429	8.89	13,582	7.00	7.19	6.20	0.011	0.063	0.018
	SEM	0.1	0.4	1.3	21320	0.17	370	0.11	0.06	0.09	0.0007	0.0048	0.0031
Main effects													
SID Lys													
	Low	14.0	34.3[b]	42.0	1,868,421	9.03	12,285	7.27	7.13	6.39	0.010	0.078	0.027
	High	13.7	36.0[a]	45.3	1,835,455	9.06	13,040	7.19	7.05	6.21	0.010	0.068	0.028
SID Lys/CP													
	Low	13.9	34.6	49.9[a]	1,796,923	8.87	11,176[b]	7.09[ab]	7.06	6.10	0.010	0.076	0.032
	Med	13.7	35.6	42.4[b]	1,896,667	9.48	13,848[a]	7.66[a]	7.09	6.44	0.010	0.069	0.025
	High	13.8	35.4	38.5[b]	1,860,000	8.86	12,936[ab]	6.93[b]	7.13	6.37	0.010	0.074	0.026
P-value													
	SID Lys x SID Lys/CP	0.203	0.902	0.904	0.697	0.377	0.434	0.521	0.277	0.221	0.221	0.652	0.153
	SID Lys	0.229	0.028	0.179	0.352	0.725	0.456	0.646	0.471	0.323	0.657	0.308	0.807
	SID Lys/CP	0.691	0.497	0.001	0.143	0.151	0.025	0.014	0.868	0.263	0.775	0.821	0.621

For litter characteristics, all the pens were assessed and for FPS, all the broilers from all pens were individually scored.

[a-c]Values in a column with no common superscripts differ significantly ($P < 0.05$)—Tukey test.

[1]Med, medium CP level; SID, standardized ileal digestible.

شاخص‌های محیطی

بطور شگفت‌انگیزی ، تنها اثر متقابل در این آزمایش، بین لیزین قابل هضم ایلئومی و نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام برای NH_3 و N_2O فرار به شکل گرم در روز و گرم در هر کیلوگرم وزن زنده بدن جوجه گوشتی بود($P < 0.001$) (جدول ۹). کاهش لیزین قابل هضم ایلئومی و افزایش نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام هر دو آمونیاک فرار را کاهش دادند اما مقدار پاسخ در تیمارهای با لیزین قابل هضم ایلئومی بالا مقداری بیشتر از تیمارهای با لیزین قابل هضم ایلئومی پائین بود. هنگامی‌که واحد گرم در روز باشد، افزایش لیزین قابل هضم ایلئومی تمام شاخص‌های نیتروژن را اشتباه نشان می‌دهد ($P < 0.001$) و گرچه هنگامی که به شکل گرم در هر کیلوگرم وزن زنده بدن جوجه گوشتی بیان می‌شود، اثر آن اندکی کمتر می‌گردد، اما این اثر هنوز معنی‌دار است($P < 0.001$) . همچنین افزایش لیزین قابل هضم ایلئومی راندمان ابقاء نیتروژن را از ۶۵/۶ ٪ به ۶۳/۳٪ کاهش داد($P < 0.001$) . به عبارت دیگر، افزایش نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام(کاهش پروتئین خام جیره) تمام نشانگرهای آلودگی نیتروژن را بوسیله کاهش مصرف نیتروژن، دفع نیتروژن، NH_3&NO_2 فرار را بهبود بخشیده، بنابراین راندمان ابقاء نیتروژن افزایش یافته است ($P < 0.001$) . از آنجائی‌که در جیره‌های حاوی پروتئین خام پائین، عملکرد حفظ شد، ابقاء نیتروژن تحت تاثیر قرار نگرفت($P > 0.1$) . در خصوص ظرفیت گرمایش زمین یا GWP، فقط اثر متقابل بین پروتئین خام جیره و منشاء اسیدآمینه برای هردو GWPb و GWPkgمعنی‌دار شد($P < 0.001$) (جدول ۱۰، شکل ۱). کاهش پروتئین خام جیره،GWPb و GWPkg را با هر دو منشاء اسیدآمینه کاهش داد اما مقدار کاهش در EU AA تا اندازه‌ای بیشتر از CN AA بود. برای این منظور، کاهش پروتئین خام جیره از بالا به پائین هنگامی که از CN AA استفاده شده بود، GWPkg به میزان ۲/۹٪ کاهش یافت ، و هنگامی که از EU AA استفاده شدGWPkg به میزان ۱۲٪ کاهش یافت. بعلاوه، تغییر منشاء AA از CN به EU تولید GWPkg در تیمارهای حاوی پروتئین خام بالا را به میزان ۲/۴٪ کاهش داد و در تیمارهای حاوی پروتئین خام پائین، ۱۰٪ کاهش صورت گرفت. افزایش لیزین قابل هضم ایلئومی جیره باعث افزایش GWPb به میزان ۲/۲٪ و GWPkg به میزان ۲/۴٪ گردید($P > 0.001$). کاهش منطقی پروتئین خام جیره غذائی باعث کاهش تدریجی مصرف نیتروژن گردید بطوریکه عملکرد حتی در جیره‌های بسیار کم پروتئین نیز حفظ شد، ابقاء نیتروژن بین تیمارهای مختلف از نظر پروتئین یکسان بود. به نوبه خود، هنگامیکه پروتئین خام ۱٪ کاهش یافت، نیتروژن دفعی ۱۰٪ الی ۱۱٪ و هنگامی‌که پروتئین خام ۲٪ کاهش یافت ، نیتروژن دفعی ۲۶٪ کاهش نشان داد، پاسخ پروتئین خام جیره خیلی شبیه به آن چیزی بود که در مورد نیتروژن بستر اندازه‌گیری شده بود. همچنین Alfonso-Avila *et al.*(2022) مشخص کردند که کاهش پروتئین‌خام به میزان ۲٪ ، نیتروژن دفعی را به

میزان ۲۹٪ در سن ۰ الی ۲۱ روزگی و ۱۸٪ در سنین ۲۱ الی ۴۲ روزگی در جوجه‌های گوشتی کاهش داد، که با ۰ الی ۳۵ روزگی مطالعه فعلی همخوانی

جدول ۹- دفع و راندمان ابقاء نیتروژن در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های متفاوت از نظر نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام جیره و لیزین قبل هضم ایلئومی(۱۰ تکرار از هر پن ۱۷ قطعه‌ای از جوجه‌های گوشتی)

Treatments[1]		Nitrogen emissions (g/bird/day)					Nitrogen emissions (g/kg LW broiler)					N retention efficiency
SID Lys	SID Lys/CP	Intake	Retention	Excretion	NH_3 volatilization	N_20 volatilization (mg)	Intake	Retention	Excretion	NH_3 volatilization	N_20 volatilization (mg)	%
Low	Low	3.2	1.8	1.1	0.19[c]	0.96[c]	40.0	25.2	14.9	2.67[c]	13.4[c]	62.9
Low	Med	3.2	1.8	0.9	0.15[e]	0.75[e]	38.5	25.2	13.3	2.08[e]	10.4[e]	65.4
Low	High	2.9	1.8	0.8	0.11[f]	0.56[f]	36.8	25.2	11.6	1.54[f]	7.7[f]	68.4
High	Low	2.9	2.0	1.3	0.29[a]	1.47[a]	41.6	25.2	16.3	3.78[a]	19.0[a]	60.7
High	Med	2.8	2.0	1.2	0.24[b]	1.19[b]	39.9	25.2	14.7	3.01[b]	15.1[b]	63.2
High	High	2.7	1.9	1.0	0.18[d]	0.90[d]	38.3	25.2	13.1	2.35[d]	11.8[d]	65.8
	SEM	0.03	0.01	0.02	0.008	0.039	0.2	0.0	0.2	0.094	0.47	0.3
Main effects												
SID Lys												
	Low	2.8[b]	1.8[b]	1.0[b]	0.15[b]	0.76	38.5[b]	25.2[b]	13.3[b]	2.10[b]	10.5	65.6[a]
	High	3.1[a]	2.0[a]	1.1[a]	0.24[a]	1.19	39.9[a]	25.2[a]	14.7[a]	3.05[a]	15.3	63.3[b]
SID Lys/CP												
	Low	3.1[a]	1.9	1.2[a]	0.24[a]	1.22	40.8[a]	25.2	15.6[a]	3.23[a]	16.2	61.8[c]
	Med	2.3[b]	1.9	1.2[b]	0.19[b]	0.97	39.2[b]	25.2	14.0[b]	2.54[b]	12.7	64.3[b]
	High	2.8[c]	1.9	0.9[c]	0.15[c]	0.73	37.5[c]	25.2	12.3[c]	1.95[c]	9.7	67.1[a]
P-value												
	SID Lys x SID Lys/CP	0.446	0.382	0.679	<0.001	<0.001	0.920	0.451	0.909	<0.001	<0.001	0.762
	SID Lys	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	SID Lys/CP	<0.001	0.432	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.642	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

[a-f]Values in a column with no common superscripts differ significantly ($P < 0.05$)--Tukey test.
[1]LW, live weight; Med, medium CP level; N, nitrogen; NH_3, ammonia; N_2O, nitrous oxide; SID, standardized ileal digestible.

جدول ۱۰- ظرفیت گرمایش کره زمین در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های متفاوت از نظر نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام جیره و لیزین قبل هضم ایلئومی(۱۰ تکرار از هر پن ۱۷ قطعه‌ای از جوجه‌های گوشتی)

Treatments[1]			Global warming potential	
SID Lys	SID Lys/CP	AA	$kgCO_2eq$/broiler (GWPb)	$kgCO_2eq$/kg LW broiler (GWPkg)
Low	Low	EU	5.55	2.20
Low	Med	EU	5.33	2.11
Low	High	EU	5.09	2.02
High	Low	EU	6.09	2.25
High	Med	EU	5.97	2.16
High	High	EU	5.57	2.07
Low	Low	CN	5.68	2.25
Low	Med	CN	5.65	2.24
Low	High	CN	5.62	2.23
High	Low	CN	6.19	2.29
High	Med	CN	6.28	2.27
High	High	CN	6.10	2.27
		SEM	5.76	2.20
Main effects				
SID Lys				
	Low		4.95[b]	1.96[b]
	High		5.56[a]	2.05[a]
SID Lys/CP				
	Low		5.43[a]	2.07[a]
	Med		5.30[b]	2.00[b]
	High		5.04[c]	1.93[c]
AA				
	FR		5.42[a]	2.07[a]
	CN		5.09[b]	1.94[b]
P-value				
	SID Lys		<0.001	<0.001
	SID Lys/CP		<0.001	<0.001
	AA		<0.001	<0.001
	SID Lys X SID Lys/CP		0.229	0.585
	SID Lys X AA		0.839	0.224
	SID Lys/CP X AA		<0.001	<0.001
	SID Lys X SID Lys/CP X AA		0.990	0.987

[a-c]Values in a column with no common superscripts differ significantly ($P < 0.05$)--Tukey test.
[1]AA, amino acid origin; CN, China; EU, European Union; LW, live weight; Med, Medium CP level; SID, Standardized ileal digestible.

دارد(بطور متوسط ۱۱٪-). افزایش تراکم اسیدآمینه از ۹۰٪ به ۱۰۰٪ لیزین قابل هضم ایلئومی مصرف نیتروژن را در هنگامی‌که خوراک از نظر CP غنی‌تر بود، افزایش داد. گرچه به دلیل بهبود رشد و راندمان غذائی، ابقاء نیتروژن افزایش یافت، دفع نیتروژن نیز افزایش نشان داد، بدان معنی که بهبود عملکرد رشد بطور کامل افزایش در مصرف نیتروژن را جبران نمی‌کند. بطور جالبی، راندمان ابقاء نیتروژن بوسیله مصرف نیتروژن (R^2=55%) خیلی بیشتر از راندمان غذائی بود

(R^2=10.4%)(شکل ۲). بر اساس یافته‌های Belloir *et al.*(2017) ، کاهش پروتئین خام جیره باعث کاهش میزان رطوبت بستر و به نوبه خود کاهش نیتروژن فرار می‌شود. بنابراین انتظار می‌رفت که کاهش پروتئین یک اثر همسو بر روی نیتروژن فرار داشته باشد و بنابراین کاهش شدیدتری از آمونیاک و N_2O فرار را نسبت به دفع محدود نیتروژن خواهد داشت. اثر متقابل بین پروتئین خام و لیزین قابل هضم ایلئومی بر روی آمونیاک و N_2O فرار بطور واقعی توسط Belloir *et al.*(2017) توضیح داده شده است، معادله بستگی به میزان پروتئین خام جیره دارد اما سطح پروتئین خام در تیمارهای حاوی لیزین قابل هضم ایلئومی پائین ، کمتر بود و بنابراین کاهش نسبی مورد انتظار دفع قویتر بود. اطلاعات علمی در خصوص اثرات جیره‌های کم پروتئین بر روی دفع آمونیاک، کم و برای N_2O وجود ندارد. در مطالعات Namroud *et al.*(2008) و Van Harn *et al.*(2019) ، NH_3 یا NH_4^+ در بستر کاهش نیافتند و حتی در برخی از تیمارهای حاوی جیره دارای پروتئین خام پائین، افزایش نشان دادند. به عبارت دیگر، در تحقیق Lemme *et al.*(2019) ، NH_4^+ در بستر به تدریج تا ٪۳۵ کاهش یافت. این ناهماهنگی در یافته‌ها می‌تواند ناشی از این حقیقت باشد که آمونیاک دفعی معمولا در بستر مورد آنالیز قرار می‌گیرد. Belloir *et al.*(2017) نشان دادند در شرایطی که جوجه‌های گوشتی از جیره‌های کم‌پروتئین تغذیه شده بودند، نیتروژن فرار کاهش یافت، بدین معنا که حتی اگر دفع نیتروژن کاهش یابد، برخی از بقایای ترکیبات حاوی نیتروژن در بسترممکن است افزایش یابند. بطورکلی، از آنجائیکه Cappelaere *et al.*(2021) نشان دادند، هنگامی که پروتئین خام جیره کاهش می‌یابد، ترکیبات نیتروژنه دفعی هم در خوک و هم در جوجه‌های گوشتی بطور فزاینده‌ای کاهش می‌یابند. در ارتباط با GWP جوجه‌های گوشتی، تاثیر تیمارها بر روی نتایج، خواه بر روی هر جوجه گوشتی یا هر کیلوگرم از وزن بدن جوجه گوشتی ، خیلی شبیه هستند به استثناء اثر لیزین قابل هضم ایلئومی بطوریکه اثر افزایش لیزین قابل هضم ایلئومی باعث افزایش ۱۱٪ GWP برای هر قطعه جوجه گوشتی می‌شود، اما هنگامیکه به هر کیلوگرم وزن بدن تبدیل می‌شود ، فقط ۴٪ می‌شود ، قسمتی توسط افزایش وزن بدن جبران می‌شود. بین پروتئین خام و لیزین یا بین لیزین و اسیدآمینه هیچگونه اثر متقابلی وجود نداشت، اما بین پروتئین خام و اسیدآمینه اثر متقابل مشاهده شد. حتی اثر کاهش پروتئین خام جیره بر روی GWP ، هنگامی که اسیدآمینه از CN درنظر گرفته می‌شد، از نظر عددی پائین‌تر بود، اما اختلاف معنی‌دار نبود. اما، هنگامی‌که اسیدآمینه بر اساس سیستم EU بود ، کاهش پروتئین خام جیره بطور معنی‌داری GWP را ۳/۶٪ برای ۱٪ کاهش CPو ۹٪ برای ۲٪ کاهش CP ، کاهش داد. اثر کاهش پروتئین خام جیره بر روی GWP جوجه‌های گوشتی توسط Mosnier *et al.* (2011), Kebreab *et al.* (2016) مورد ارزیابی و توسط Cappelaere *et al.*(2021) مرور شده است. بطور مثال، Mosnier *et al.*(2011) نشان داد که کاهش پروتئین خام جیره باعث کاهش GWP به میزان ۵/۳٪ نسبت به کنترل می‌شود، اما این نتیجه بستگی به ناحیه تولید کنجاله سویا و ذرت دارد. در حالتهای نهائی ممکن ، Kebreab *et al.*(2016) یک کاهش در GWP جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های کم‌پروتئین ، فاکتوری حدود ۴ را بدست آورد. جنبه نوآوری مطالعه حاضر عبارتست از: ۱) آخرین داده‌های منتشر شده مربوط به GWP (Wilfart *et al.*2016; GFLI,2019) در مطالعه‌ای اثرات تغذیه‌ای را مورد بررسی قرار دادند ۲) دو حالت مختلف منبع اسیدآمینه با یکدیگر مقایسه شدند و ۳) استراتژی تغذیه‌ای نظیر افزایش لیزین قابل هضم ایلئومی یا کاهش پروتئین خام جیره مورد بررسی قرار گرفت. اما، با توجه به روش شناسی تحقیق، در این مطالعه امکان بررسی تلفیقی از خصوصیات فارم و استراتژی مدیریت کود همانند مطالعه(2016) Kebreab *et al* و Mosnier *et al.*(2011) وجود نداشت. این یک اخطار برای تحقیق بعدی است، حتی اگر ۷۰٪ الی ۸۵٪GWP جوجه‌های گوشتی توسط تولید غذا باشد، سنجش چرخه کامل حیات بایستی صورت پذیرد(Kebreab *et al.*,2016;Cappelaere *et al.*,2021) .

نتیجه‌گیری و کاربرد

۱- افزایش لیزین قابل هضم ایلئومی بوضوح عملکرد رشد و خصوصیات لاشه را بهبود بخشید، اما در نتیجه افزایش نیتروژن و مصرف کنجاله سویا، بطرف آثار سوء زیست محیطی سوق داده شد.

۲- افزایش نسبت لیزین قابل هضم ایلئومی به پروتئین خام جیره غذائی (معادل کاهش ۱ یا ۲ درصدی پروتئین خام جیره) تاثیر منفی بر روی عملکرد یا خصوصیات لاشه نداشت، اما بوضوح تمام عوامل مخرب محیطی ناشی از تولید جوجه‌های گوشتی نظیر آلودگی نیتروژن و پتانسیل گرمایش کره زمین را کاهش داد. اما پاسخ پتانسیل گرمایش کره زمین به استراتژی جیره غذائی تحت تاثیر منشاء اسیدآمینه بود.

منبع:

Lambert W.,T.Chalvon-Demersay.,R.Bouvet.,J.Le Cour Grandmaison., and S.Fontaine.2022.Reducing dietary crude protein in broiler diets does not compromise performance and reduces environmental impacts, independently from the amino acid density of the diet. Japanese Applied Poultry Research.31:100300.