دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

تعیین سطح بهینه دانه تاج خروس در جیره پلت شده جوجه‌های گوشتی بر مبنای روش تصمیم‌گیری چند شاخصی (مدل TOPSIS) و شاخص تولید

امیرحسین علیزاده قمصری[1] و سید عبداله حسینی[2]

1- استادیار مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (نویسنده مسوول: amir3279@gmail.com)
2- دانشیار مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
تاریخ دریافت: 1398/06/31 تاریخ پذیرش: 1398/09/13
صفحه: 1 تا 8

چکیده

به‌منظور تعیین سطح بهینه دانه تاج خروس در جیره جوجه‌های گوشتی، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار گروه آزمایشی، پنج تکرار و 30 قطعه پرنده (سویه راس 308 به نسبت مساوی از هر دو جنس) در هر واحد آزمایشی انجام شد. گروه‌های آزمایشی شامل پرندگانی بودند که سطوح صفر (شاهد)، 2، 4 و 6 درصد دانه تاج خروس (*Amaranthus hybridus* واریته *Ultra*) را از سن 7 تا 42 روزگی در خوراک پلت دریافت نمودند. در طول دوره آزمایش صفات مربوط به عملکرد، شاخص تولید، سطح لیپوپروتئین کم‌چگالی (LDL- کلسترول) سرم، وزن نسبی چربی حفره شکمی، شاخص جذب (نسبت طول پرز به عمق کریپت) در ژژنوم و شاخص تنش (نسبت هتروفیل به لنفوسیت) در خون مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تعیین سطح بهینه دانه تاج خروس در جیره پلت علاوه بر شاخص تولید از روش تصمیم‌گیری چند شاخصی (MADM یا Multi Attribute Decision Making) نیز استفاده شد. بر اساس نمره‌دهی حاصل از این روش، گروه آزمایشی دریافت‌کننده 2 درصد دانه تاج خروس بالاترین نمره را به‌دست آورد (0/9158). گروه آزمایشی شاهد و گروه‌های دریافت‌کننده 4 و 6 درصد دانه تاج خروس به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. سطح بهینه افزودن دانه تاج خروس به جیره برای رسیدن به بالاترین شاخص تولید 1/57 درصد تعیین شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، می‌توان از دانه تاج خروس به‌کار رفته در این پژوهش (واریته *Ultra*) در سطح 1/5 تا 2 درصد در جیره پلت شده جوجه‌های گوشتی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تصمیم‌گیری چند شاخصی، دانه تاج خروس، جوجه گوشتی، جیره پلت شده، شاخص تولید

مقدمه

بحران افزایش جمعیت و کمبود مواد غذایی در جهان سبب شده که انجام پژوهش‌های مستمر برای یافتن منابع خوراکی جدید (به‌ویژه با منشاء گیاهی) به‌منظور دستیابی به امنیت غذایی پایدار برای انسان و دام از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شود. در سال‌های نه چندان دور، انسان و حیوانات اهلی از بیش از هزار گونه گیاهی تغذیه می‌کردند، اما امروزه این عدد به حداکثر 150 گونه کاهش‌یافته و بیش از 60 درصد نیاز مردم دنیا به انرژی و پروتئین تنها از چهار گونه گندم، برنج، ذرت و سیب‌زمینی تأمین می‌شود (4). در دهه‌های اخیر بررسی و استفاده مجدد از گونه‌های گیاهی مفید و اغلب فراموش شده مورد توجه بسیاری از متخصصین تغذیه انسان و دام قرار گرفته است (26).

در سی و پنج سال اخیر، گیاه تاج خروس (*Amaranthus spp.*) به‌دلیل ارزش غذایی بالای دانه و برگ و نیز استقامت در برابر گرما، خشکسالی، آفات و بیماری‌ها به‌عنوان یک شبه‌غله[1] امیدبخش مورد توجه قرار گرفته است (26،17). میزان پروتئین این گیاه نسبتاً بالا و بین 14 تا 18 درصد بوده و سطح اسید آمینه ضروری لیزین در آن حدود دو برابر دانه گندم است (27). در پژوهشی ترکیب اسیدهای آمینه و ارزش بیولوژیکی پروتئین چند گونه تاج خروس با پروتئین تخم‌مرغ مقایسه و گزارش‌شد که شاخص اسیدهای آمینه ضروری در دانه برشته[2] و خام تاج خروس به‌ترتیب 85/4 و 90/4 درصد است (19). در پژوهشی دیگر ترکیب اسیدهای آمینه سه شبه‌غله شامل کینوآ (*Chenopodium quinoa*)، تاج خروس (*Amaranthus caudatus*) و گندم سیاه (*Fagopyrum esculentum*) بررسی و مشاهده شد که این دانه‌ها غنی از اسیدهای آمینه ضروری بوده و می‌توانند به‌عنوان منابع خوراکی جایگزین[3] به‌ویژه در جیره‌های فاقد گلوتن مورد استفاده قرار گیرند (16).

امکان استفاده از دانه تاج خروس در تغذیه تک‌معده‌ای‌ها از جمله موش[4] (3)، خرگوش (14)، جوجه گوشتی (21،9) و بلدرچین (23) مورد بررسی قرار گرفته‌است. نتیجه مطالعه گروهی از پژوهشگران نشان‌داد که دانه تاج خروس می‌تواند به‌عنوان یک منبع گیاهی جایگزین، در تغذیه خوک و جوجه‌های گوشتی مناطق گرمسیر مورد استفاده قرارگیرد (12). با این حال در پژوهشی تازه‌تر گزارش شد که افزودن دانه تاج خروس (*Amaranthus hybridus*) به‌میزان بیشتر از 5 درصد به جیره سبب اُفت عملکرد جوجه‌های گوشتی در مقایسه با گروه شاهد شد (2). این پدیده احتمالاً به‌دلیل وجود ترکیبات ضد تغذیه‌ای مانند بازدارنده تریپسین، فنل‌ها و تانن‌ها در این گیاه است (18،5،2). استفاده از فرآیندهایی مانند اُتوکلاو، پلت، اکسترود یا برشته کردن ممکن است سبب تجزیه تمام یا بخشی از ترکیبات ضدتغذیه‌ای منابع خوراکی شود (5).

امروزه استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصی (MADM یا Multi Attribute Decision Making) در پژوهش‌ها مورد توجه زیادی قرار گرفته است (15). بر اساس نظر پژوهشگران تعداد 17 روش تصمیم‌گیری چند شاخصی را می‌توان بر اساس نوع و اهمیت آن‌ها و با توجه به نوع اطلاعات به‌دست آمده، طبقه‌بندی نمود (7). از این روش‌ها برای انتخاب مناسب‌ترین گزینه از بین راهکار (تیمار)های مورد بررسی در پژوهش‌های علوم دامی نیز استفاده شده‌است (13). یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری ارائه شده در این

1- Pseudocereal 2- Popped 3- Alternative 4- Rat

زمینه، مدل TOPSIS یا Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution است (15). اساس مدل بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی باید کم‌ترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیش‌ترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن)، داشته باشد. نقطه ایده‌آل به‌عنوان مناسب‌ترین، وزین‌ترین و قابل‌تصورترین نقطه، تعریف می‌شود. بهترین گزینه، نزدیک‌ترین گزینه به نقطه ایده‌آل خواهد بود (10). فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص، به‌طور یکنواخت، افزایشی یا کاهشی است. لذا در این پژوهش با تمرکز بر عملکرد، شاخص تولید، وزن نسبی چربی حفره شکمی، سطح LDL-کلسترول سرم، شاخص جذب (نسبت طول پرز به عمق کریپت) و نسبت هتروفیل به لنفوسیت در سلول‌های خون و با بهره‌گیری از مدل تصمیم‌گیری چند شاخصی TOPSIS، سطح بهینه استفاده از دانه تاج خروس در جیره پلت شده جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

دانه تاج خروس به‌کار رفته در این آزمایش از گونه *hybridus* واریته *Ultra* بود. با توجه به مشابه بودن منبع دانه تاج خروس به‌کار رفته در این پژوهش (جهاد کشاورزی استان البرز) برای جیره‌نویسی، از ترکیب مواد مغذی گزارش شده توسط پژوهشگران قبلی (28) شامل ماده‌خشک، پروتئین خام، عصاره اتری، عصاره فاقد نیتروژن، الیاف خام، خاکستر، کلسیم، فسفر، انرژی قابل سوخت‌و ساز، تانن، بازدارنده تریپسین و برخی اسیدهای آمینه استفاده‌شد (جدول 1).

جدول 1- ترکیب شیمیایی دانه تاج خروس به‌کار رفته در آزمایش*

Table 1. Chemical compositions of amaranth grain used in the experiment

فراسنجه	مقدار	اسید آمینه (درصد)	مقدار
ماده خشک (درصد)	90/08	لیزین	0/751
پروتئین خام (درصد)	14/31	متیونین	0/212
عصاره اتری (درصد)	7/15	سیستئین	0/363
عصاره فاقد نیتروژن (درصد)	59/91	ترئونین	0/482
الیاف خام (درصد)	4/50	آرژنین	1/051
خاکستر (درصد)	3/37	ایزولوسین	0/632
کلسیم (درصد)	0/24	لوسین	0/723
فسفر قابل‌دسترس (درصد)	0/41	والین	0/632
اسید فیتیک (درصد)	0/43	هیستیدین	0/261
انرژی خام (کیلوکالری بر کیلوگرم)	3112/21	فنیل‌آلانین	0/553
انرژی قابل سوخت‌وساز (کیلوکالری بر کیلوگرم)	2722/89	سرین	/928
تانن (درصد معادل کاته‌کین)	0/09	پرولین	0/510
بازدارنده تریپسین (واحد آنزیم)	4/05	گلیسین	1/110

* برگرفته از یعقوبفر و همکاران (28)

در این آزمایش از 600 قطعه جوجه گوشتی سویه راس 308 (مخلوط نر و ماده با نسبت مساوی) با در قالب چهار گروه آزمایشی (تیمار)، پنج تکرار و 30 قطعه جوجه در هر تکرار (پن) استفاده شد. گروه‌های آزمایشی شامل پرندگان دریافت‌کننده سطوح صفر (شاهد)، 2، 4 و 6 درصد دانه تاج خروس در جیره پلت شده بر پایه ذرت- کنجاله سویا بود. فرآیند پلت‌سازی در کارخانه خوراک رشد دانه (کرج، استان البرز) تحت دمای 72 درجه سانتی‌گراد و فشار بخار 5/2 کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع انجام شد. جوجه‌ها پس از ورود به سالن در 20 جایگاه بستری (پن) قرار گرفته و در هفته اول با جیره یکسان مطابق با پیشنهاد کاتالوگ سویه راس 308 تغذیه شدند (1). آزمایش از سن 7 روزگی شروع و تا پایان دوره پرورش (42 روزگی) ادامه‌یافت. خوراک تمامی گروه‌های آزمایشی بر اساس پیشنهادهای کاتالوگ سویه راس 308 تنظیم‌شده و از نظر انرژی و پروتئین مشابه بودند (جدول 2). پرندگان در کل دوره دسترسی آزادانه به آب و خوراک داشتند. دما، نور و رطوبت سالن در طول دوره پرورش بر اساس پیشنهادهای کاتالوگ سویه مورد استفاده تأمین و تنظیم شد.

در پایان هر هفته، وزن‌کشی جوجه‌های هر تکرار به‌صورت گروهی و چهار ساعت بعد از قطع دان، با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت $\pm$ 10 گرم انجام‌گرفته و مقدار خوراک مصرفی هر تکرار نیز به‌طور هفتگی اندازه‌گیری شد. تلفات به‌صورت روزانه جمع‌آوری و توزین شد و برای محاسبه روزمرغ، ضریب تبدیل خوراک و درصد ماندگاری مورد استفاده قرار گرفت. شاخص تولید از رابطه (1) محاسبه شد (15):

رابطه (1)

$$PI = \frac{V(\%) \times ADG(g/chick/d)}{FCR \times 10}$$

در رابطه فوق، PI، شاخص تولید؛ V، درصد ماندگاری؛ ADG، میانگین افزایش وزن روزانه (گرم/ پرنده/ روز) و FCR، ضریب تبدیل خوراک در کل دوره آزمایش بود.

به‌منظور شمارش گلبول‌های سفید، در سن 42 روزگی از هر تکرار سه پرنده به‌طور تصادفی انتخاب و دو میلی‌لیتر خون از ورید بال گرفته شد. نمونه خون با ماده ضد انعقاد اتیلن دی آمید ترا استیک اسید[1] که قبل از نمونه‌گیری به‌میزان 0/2 میلی‌لیتر در سرنگ‌ها موجود بود، به‌آرامی مخلوط شد تا لخته ایجاد نشود. سپس نمونه داخل میکروتیوب ریخته شده و برای شمارش تفریقی گلبول‌های سفید (22) به آزمایشگاه ارسال شد. در همین روز سه پرنده دیگر از هر تکرار به‌طور تصادفی انتخاب و دو میلی‌لیتر خون از ورید بال گرفته شد. نمونه‌های خون به‌منظور جداسازی سرم به داخل لوله‌های عاری از ماده

1- Ethylene diamine tetra acetic acid (EDTA)

ضد انعقاد منتقل و LDL- کلسترول سرم با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون و دستگاه اسپکتروفوتومتر (Cecil Company, Model Ce1010, England) اندازه‌گیری شد.

در سن 42 روزگی دو قطعه پرنده به‌ازای هر تکرار پس از توزین، ذبح شده و پس از تخلیه محتویات لاشه، وزن نسبی اندام‌ها و چربی حفره شکمی محاسبه شد. در ادامه تقریباً دو سانتی‌متر از بافت ناحیه میانی ژنوم هر یک از پرندگان ذبح شده برداشته‌شده و پس از شستشو و خارج کردن محتویات آن با سرنگ حاوی سرم نمکی 0/9 درصد، برای آزمایش بافت‌شناسی در محلول بافر فرمالین 10 درصد تثبیت شد. در آزمایشگاه، ویژگی‌های ریخت‌شناختی شامل: ارتفاع پرز (از نوک پرز تا محل اتصال پرز و کریپت) و عمق کریپت (از محل اتصال پرز و کریپت تا کف کریپت) اندازه‌گیری و سپس نسبت طول پرز به عمق کریپت (شاخص جذب) محاسبه‌شد (25).

برای تعیین سطح بهینه دانه تاج خروس در جیره جوجه‌های گوشتی از روش تصمیم‌گیری چند شاخصی (مدل TOPSIS) استفاده شد (15). در این روش برای انتخاب بهترین تیمار از صفاتی چون افزایش وزن روزانه، ضریب تبدیل خوراک، شاخص تولید، وزن نسبی چربی حفره شکمی، میزان LDL- کلسترول، نسبت هتروفیل به لنفوسیت و شاخص جذب استفاده شد.

جدول 2- مواد خوراکی و ترکیب جیره‌های آزمایشی در دوره‌های مختلف پرورش

Table 2. Feed ingredients and nutrient composition of experimental diets in different periods of production

اجزای جیره (گرم در کیلوگرم)	7 تا 21 روزگی				22 تا 42 روزگی			
	سطح دانه تاج خروس (گرم در کیلوگرم جیره)				سطح دانه تاج خروس (گرم در کیلوگرم جیره)			
	صفر	20	40	60	صفر	20	40	60
دانه ذرت	560/0	541/0	524/1	507/4	610/0	596/0	577/0	588/0
کنجاله سویا (44 درصد پروتئین خام)	383/5	382/5	378/0	375/0	330/0	324/0	322/0	320/0
روغن سویا	14/5	15/6	17/0	17/2	22/5	22/5	23/5	24/5
دانه تاج خروس	-	20/0	40/0	60/0	-	20/0	40/0	60/0
سنگ آهک	12/0	11/5	11/5	11/5	10/0	10/0	10/0	10/0
دی کلسیم فسفات	18/0	17/5	17/5	17/0	16/5	16/5	16/5	16/5
نمک	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1
جوش شیرین	2/5	2/5	2/5	2/5	2/5	2/5	2/5	2/5
*مکمل ویتامینی و مواد معدنی	5/0	5/0	5/0	5/0	5/0	5/0	5/0	5/0
دی ال- متیونین	2/2	2/2	2/2	2/2	1/4	1/4	1/4	1/4
ال- لیزین هیدروکلرید	0/1	0/1	0/1	0/2	-	-	-	-
ترکیب مواد مغذی (محاسبه شده)								
انرژی قابل سوخت‌وساز (کیلوکالری در کیلوگرم)	2854	2854	2857	2853	2971	2968	2966	2964
پروتئین خام (درصد)	21/50	21/58	21/54	21/56	19/48	19/40	19/43	19/40
لیزین (درصد)	1/12	1/13	1/12	1/12	0/98	0/98	0/97	0/98
متیونین+ سیستین (درصد)	0/86	0/87	0/86	0/86	0/83	0/83	0/84	0/84
کلسیم (درصد)	0/97	0/94	0/94	0/94	0/85	0/85	0/85	0/86
فسفر قابل دسترس (درصد)	0/50	0/50	0/50	0/50	0/47	0/47	0/47	0/51
سدیم (درصد)	0/17	0/16	0/17	0/17	0/17	0/17	0/17	0/17
پتاسیم (درصد)	0/89	0/92	0/96	0/92	0/82	0/84	0/85	0/86
کلر (درصد)	0/24	0/24	0/23	0/23	0/22	0/23	0/23	0/23
نسبت انرژی به پروتئین	133	133	133	133	152	152	152	152

*: مکمل ویتامینی و معدنی مقادیر ذیل را برای هر کیلوگرم جیره تأمین نمود: 18000 واحد بین‌المللی ویتامین A، 4000 واحد بین‌المللی ویتامین D_3، 36 میلی‌گرم ویتامین E، 5 میلی‌گرم ویتامین K_3، 1/6 میلی‌گرم کوبالامین، 2/97 میلی‌گرم تیامین، 7/5 میلی‌گرم ریبوفلاوین، 57 میلی‌گرم نیاسین، 4/45 میلی‌گرم پیریدوکسین، 0/18 میلی‌گرم بیوتین، 1/9 میلی‌گرم اسید فولیک، 17/8 گرم اسید پانتوتنیک، 0/125 میلی‌گرم اِتوکسی‌کوئین، 487/5 میلی‌گرم کولین کلراید، 40/5 میلی‌گرم آهن (سولفات)، 84 میلی‌گرم روی (سولفات)، 160 میلی‌گرم منگنز (سولفات)، 1/26 میلی‌گرم ید (کلسیم یدات)، 20 میلی‌گرم مس (سولفات) و 0/31 میلی‌گرم سلنیوم (سدیم سلنیت) بود.

برای استفاده از این مدل، مراحل زیر باید طی شود:

کمّی کردن و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم (N): برای بی‌مقیاس‌سازی، از بی‌مقیاس‌سازی نرمال استفاده می‌شود.

به‌دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون (V): ماتریس بی‌مقیاس شده (N) در ماتریس قطری وزن‌ها، با استفاده از رابطه (2) ضرب می‌شود:

رابطه (2) $V = N \times W_n$

تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی: راه‌حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

[بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس V] = راه‌حل ایده‌آل مثبت (V_{j+})

[بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس V] = راه‌حل ایده‌آل منفی (V_{j-})

بهترین مقادیر برای شاخص‌های مثبت، بزرگ‌ترین و برای شاخص‌های منفی، کوچک‌ترین مقادیر بوده و بدترین برای شاخص‌های مثبت، کوچک‌ترین و برای شاخص‌های منفی، بزرگ‌ترین مقادیر هستند. به‌دست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی: فاصله اقلیدسی هر گزینه تا ایده‌آل مثبت (V_{j+}) و ایده‌آل منفی (V_{j-}) بر اساس روابط (3) و (4) محاسبه می‌شود.

رابطه (3) $$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

رابطه (4)
$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)^2}$$

V_{ij}: مقدار هر گزینه
V_j^+: مقدار در گزینه‌ای که حداکثر مقدار را دارد و در این گزینه مقادیر بالاتر، مطلوب‌تر است.
V_j^-: مقدار در گزینه‌ای که حداقل مقدار را دارد و در این گزینه مقادیر کمتر، مطلوب‌تر است.
d_i^+: فاصله هر تیمار تا ایده‌آل مثبت
d_i^-: فاصله هر تیمار تا ایده‌آل منفی
نزدیکی نسبی (Closeness یا CL) یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل از رابطه (5) تعیین می‌شود:

رابطه (5)
$$CL = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

در رتبه‌بندی گزینه‌ها، هر گزینه‌ای که CL آن بزرگ‌ترین عدد باشد، از بقیه گزینه‌ها بهتر است. در این تحقیق، برای به‌دست آوردن سطح بهینه دانه تاج خروس، علاوه بر مقایسه امتیاز به‌دست آمده با مدل TOPSIS، تابعیت شاخص تولید از سطح دانه تاج خروس نیز محاسبه و با استفاده از مشتق‌گیری، سطح مطلوب استفاده از این دانه در جیره به‌دست آمد (6).

نتایج و بحث

جدول 3، ماتریس تصمیم‌گیری جهت تعیین بهترین گروه آزمایشی (تیمار خوراکی) را نشان می‌دهد. در جدول مذکور، معیار مثبت برای صفاتی که عدد بالاتر آن‌ها مطلوب بوده و معیار منفی برای صفاتی که مقدار کمتر آن‌ها مطلوب است، به‌کاربرده شده است. همچنین برای تعیین تیمار مطلوب، به صفات اقتصادی، ضریب بالاتری داده‌شد. برای مثال به شاخص تولید که چند صفت عملکردی نیز در آن دیده شده است، وزن 0/20 و به ضریب تبدیل خوراک وزن 0/15 داده شد. همچنین به شاخص جذب (نسبت طول پرز به عمق کریپت) به‌دلیل اهمیت آن در سلامت دستگاه گوارش و تأثیرپذیری از سطح مواد ضد تغذیه‌ای موجود در جیره وزن 0/15 داده شد. در مورد سایر صفات که در درجات بعدی اهمیت قرار داشته یا به‌نحوی خود را در عملکرد بروز داده بودند، وزن 0/10 لحاظ شد.

جدول 3- ماتریس تصمیم‌گیری (نتایج خام حاصل از افزودن سطوح مختلف دانه تاج خروس به جیره در جوجه‌های گوشتی در سن 42 روزگی)
Table 3. Decision-making matrix (Crude results of dietary inclusion of different levels of amaranth grain in 42 day-old broilers)

ماتریس	فراسنجه‌های مورد ارزیابی در سن 42 روزگی								
سطح دانه تاج خروس در جیره (درصد)	وزن بدن (گرم)	افزایش وزن روزانه (گرم) در دوره 7 تا 42 روزگی	ضریب تبدیل خوراک (گرم/ گرم)	شاخص تولید	سطح LDL- کلسترول سرم (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	وزن نسبی چربی حفره شکمی (درصد)	نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت	نسبت هتروفیل به لنفوسیت
صفر	2231	58/6	1/70	310	40/0	1/73	5/9	0/32
2	2520	66/8	1/67	356	39/5	1/16	6/3	0/29
4	2165	56/7	1/86	277	36/9	1/21	5/3	0/33
6	2072	54/0	1/92	253	36/8	1/09	5/0	0/33
نوع معیار	مثبت	مثبت	منفی	مثبت	منفی	منفی	مثبت	منفی
وزن معیار	0/10	0/10	0/15	0/20	0/10	0/10	0/15	0/10

جدول 4 نشان‌دهنده ماتریس بی‌مقیاس است. این بی‌مقیاس‌سازی به‌منظور حذف بُعد منفی و مثبت شاخص‌های کمّی مورد نظر جهت جمع‌پذیری صفات بوده و برای این‌کار از بی‌مقیاس‌سازی نرمال، استفاده شد. از آنجا که داده‌های به‌کار رفته از این جدول به‌بعد، با روش بی‌مقیاس‌سازی به‌دست آمده‌اند، در دامنه صفر تا یک قرار داشته و فاقد واحد هستند. با توجه به اهمیت نسبی شاخص‌ها، اوزان نسبی در نظر گرفته‌شده در جدول 3، در مورد هر شاخص لحاظ و داده‌های به‌دست آمده جهت ارزیابی اوزان شاخص‌ها به‌روش آنتروپی، در جدول 5 نشان داده شده‌است.

جدول 4- نرمال‌سازی داده‌های ماتریس تصمیم‌گیری به‌منظور انتخاب سطح مناسب استفاده از دانه تاج خروس در جیره جوجه‌های گوشتی
Table 4. Normalization the data of decision-making matrix to select proper level of dietary amaranth grain inclusion in broiler chicken diets

ماتریس	فراسنجه‌های مورد ارزیابی در سن 42 روزگی								
سطح دانه تاج خروس در جیره (درصد)	وزن بدن	افزایش وزن روزانه (گرم) در دوره 7 تا 42 روزگی	ضریب تبدیل خوراک	شاخص تولید	سطح LDL- کلسترول سرم	وزن نسبی چربی حفره شکمی	نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت	نسبت هتروفیل به لنفوسیت
صفر	0/4951	0/4948	0/4747	0/5141	0/5218	0/6543	0/5223	0/5033
2	0/5592	0/5640	0/4663	0/5904	0/5153	0/4387	0/5577	0/4561
4	0/4804	0/4787	0/5194	0/4594	0/4814	0/4576	0/4692	0/5190
6	0/4598	0/4559	0/5361	0/4196	0/4801	0/4123	0/4427	0/5190

جدول 5- وزن‌دهی به داده‌های ماتریس نرمال شده به‌منظور انتخاب سطح مناسب استفاده از دانه تاج خروس در جیره جوجه‌های گوشتی
Table 5. Weighting the data of normalized decision-making matrix to select proper level of dietary amaranth grain inclusion in broiler chicken diets

ماتریس	فراسنجه‌های مورد ارزیابی در سن 42 روزگی							
سطح دانه تاج خروس در جیره (درصد)	وزن بدن	افزایش وزن روزانه (گرم) در دوره 7 تا 42 روزگی	ضریب تبدیل خوراک	شاخص تولید	سطح LDL- کلسترول سرم	وزن نسبی چربی حفره شکمی	نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت	نسبت هتروفیل به لنفوسیت
صفر	0/0495	0/0495	0/0712	0/1028	0/0522	0/0654	0/0783	0/0503
2	0/0559	0/0564	0/0699	0/1181	0/0515	0/0439	0/0837	0/0456
4	0/0480	0/0479	0/0779	0/0919	0/0481	0/0458	0/0704	0/0519
6	0/0460	0/0456	0/0804	0/0839	0/0480	0/0412	0/0664	0/0519

سپس با توجه به ماتریس تصمیم‌گیری، مثبت و منفی بودن راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی برای هر شاخص، تعیین شد (جدول 6). در ادامه برای به‌دست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی، از فرمول‌های بیان شده در بخش مواد و روش‌ها استفاده شد که نتایج آن در جدول 7 آمده است.

جدول 6- تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی به‌منظور انتخاب سطح مناسب استفاده از دانه تاج خروس در جیره جوجه‌های گوشتی
Table 6. Determination of positive and negative ideal solutions to select proper level of dietary amaranth grain inclusion in broiler chicken diets

راه‌حل بهینه	فراسنجه‌های مورد ارزیابی در سن 42 روزگی							
	وزن بدن	افزایش وزن روزانه (گرم) در دوره 7 تا 42 روزگی	ضریب تبدیل خوراک	شاخص تولید	سطح LDL- کلسترول سرم	وزن نسبی چربی حفره شکمی	نسبت ارتفاع پرز به عمق کریپت	نسبت هتروفیل به لنفوسیت
ایده‌آل مثبت	0/0559	0/0564	0/0699	0/1181	0/0480	0/0412	0/0837	0/0456
ایده‌آل منفی	0/0460	0/0456	0/0804	0/0839	0/0522	0/0654	0/0664	0/0519

جدول 7- تعیین اندازه فاصله از ایده‌آل مثبت و منفی به‌منظور انتخاب سطح مناسب افزودن دانه تاج خروس به جیره جوجه‌های گوشتی
Table 7. Determination the distance between the values and positive and negative ideal solutions to select proper level of dietary amaranth grain inclusion in broiler chicken diet

فاصله	مثبت (+)	منفی (-)
جیره فاقد دانه تاج خروس (شاهد)	0/0313	0/0248
جیره دارای 2 درصد دانه تاج خروس	0/0044	0/0479
جیره دارای 4 درصد دانه تاج خروس	0/0335	0/0223
جیره دارای 6 درصد دانه تاج خروس	0/0428	0/0246

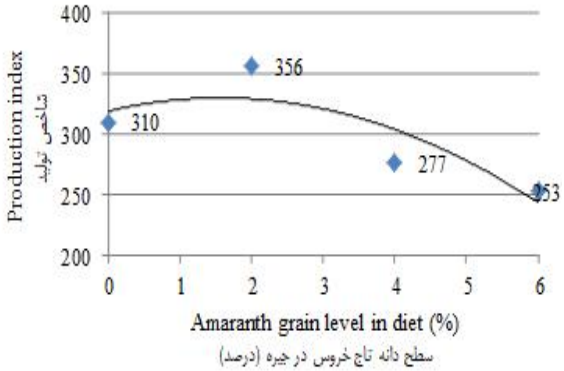
جدول 8 نشان‌دهنده نزدیکی نسبی یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل است. در این جدول، هر گزینه‌ای که عدد مربوط به آن بزرگ‌تر باشد، از بقیه گزینه‌ها (تیمارها) مطلوب‌تر است. امروزه در تحقیقات علوم دامی، برای انتخاب مناسب‌ترین تیمار (گروه آزمایشی) از مقایسه میانگین‌ها استفاده می‌شود (8). در این روش معمولاً تنها یک صفت مورد مقایسه قرار گرفته و توانایی تصمیم‌گیری بر اساس تمامی صفات مورد بررسی وجود ندارد. در حالی‌که در علم مدیریت، امکان تصمیم‌گیری چند شاخصی (MCDM) وجود دارد. در این روش که برای تجزیه و تحلیل چند گزینه (در اینجا تیمار) به‌کار می‌رود، چند شاخص (صفت) وجود دارد که تصمیم‌گیرنده (مدیر) باید آن‌ها را مشخص و وزن‌دهی نماید (15). این صفات که در بخش قبل بیان شد، در ارتباط با هر یک از تیمارها مورد بررسی قرار گرفت و نتیجه در جدول 7 ارائه شده است. مطابق نتایج این جدول، پرندگان دریافت‌کننده 2 درصد دانه تاج خروس بالاترین نمره را از نظر صفات مورد بررسی در بین گروه‌های آزمایشی کسب نموده و گروه‌های شاهد، دریافت‌کننده 4 و 6 درصد دانه تاج خروس به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

جدول 8- محاسبه ضریب نزدیکی به راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی و رتبه‌بندی تیمارها به‌منظور انتخاب سطح مناسب افزودن دانه تاج خروس به جیره جوجه‌های گوشتی
Table 8. Calculation the closeness coefficient to positive and negative ideal solutions and ranking the treatments to select proper level of dietary amaranth grain inclusion in broiler chicken diets

نتیجه	ضریب نزدیکی
جیره دارای 2 درصد دانه تاج خروس	0/9158
جیره فاقد دانه تاج خروس (شاهد)	0/4424
جیره دارای 4 درصد دانه تاج خروس	0/4000
جیره دارای 6 درصد دانه تاج خروس	0/3647

این موضوع می‌تواند به‌دلیل ارزش تغذیه‌ای بالا، توازن مناسب اسیدهای آمینه و نیز فرآیند حرارتی انجام شده روی دانه تاج خروس باشد که احتمالاً در سطوح پایین استفاده در جیره منجر به کاهش میزان مواد ضد تغذیه‌ای از جمله تانن شده است (5).

در این تحقیق علاوه بر مقایسه امتیاز گروه‌های آزمایشی با روش تصمیم‌گیری چند شاخصی (مدل TOPSIS)، برای به‌دست آوردن سطح بهینه دانه تاج خروس در جیره که سبب حداکثر شاخص تولید می‌شود، تابعیت شاخص تولید از سطح دانه تاج خروس نیز برآورد شد (شکل 1). منحنی برازش شده با استفاده از رگرسیون چندجمله‌ای[1] به‌دست آمده و تابعیت این شاخص از نوع درجه دوم بود.



شکل 1- تابعیت شاخص تولید از سطح دانه تاج خروس جیره
Figure 1. Dependence of production index form dietary amaranth grain leve

معادله نمودار فوق به‌صورت روبرو بود:

$y_{\text{Production index}} = -4/375\ x^2 + 13/75\ x + 319$

$R^2=0/728$

اگر از معادله فوق مشتق‌گیری نماییم، حاصل $x = 1/57$ است، در نتیجه مقدار بهینه استفاده از دانه تاج خروس مورد بررسی در جیره برای کسب حداکثر شاخص تولید 1/57 درصد خواهد بود. این نتیجه تا حدودی با یافته پژوهشگران قبلی که از همین واریته تاج خروس استفاده کرده بودند، همخوانی دارد (28). در پژوهشی دیگر، دانه خام تاج‌خروس خام گونه *hypochondriacus* در سطوح صفر (شاهد)، 200 و 400 گرم بر کیلوگرم به جیره جوجه‌های گوشتی افزوده شد و با افزایش سطح دانه، افزایش وزن و خوراک مصرفی کاهش یافت (20)؛ اما در همان تحقیق افزایش وزن، مقدار خوراک مصرفی و بازده مصرف خوراک در جوجه‌هایی که 200 گرم بر کیلوگرم دانه تاج خروس اتوکلاو شده (دمای 130 درجه سانتی‌گراد به‌مدت یک ساعت) دریافت کردند، مشابه گروه شاهد (جیره پایه ذرت- کنجاله سویا) بود. به‌نظر می‌رسد گونه و واریته تاج خروس به‌کار رفته و یا نوع فرآیند حرارتی اعمال شده عامل ایجاد تنوع در نتایج گزارش شده باشد.

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش سطح بهینه استفاده از دانه تاج خروس در جیره جوجه‌های گوشتی با روش تصمیم‌گیری چند شاخصی (مدل TOPSIS) و روش حداکثرسازی شاخص تولید به‌ترتیب 2 و 1/57 درصد برآورد شد. از این گونه و واریته خاص از دانه تاج خروس می‌توان در جیره پلت شده جوجه‌های گوشتی در سطح 1/5 تا 2 درصد استفاده کرد. همچنین پیشنهاد می‌شود برای افزایش سطح مصرف دانه تاج خروس در جیره طیور استفاده از روش‌های دیگر فرآوری همچون اکسترود یا اتوکلاو کردن دانه یا به‌کار بردن سایر واریته‌ها و گونه‌های دانه این گیاه در پژوهش‌های آینده مورد توجه قرار گیرد.

منابع

1. Aviagen. 2014. Ross 308: broiler nutrition specifications. Available at http:// en.aviagen.com/assets/ Tech_Center/Ross_Broiler/Ross308 Broiler Nutrition Specs 2014-EN. pdf (accessed 12 April 2016).
2. Cai, Y.Z., H. Corke and H.X. Wu. 2004. Amaranth. In: Wrigley C. (ed.) Encyclopedia of grain science. Elsevier Academic Press, North Ryde, Australia, 1-10.
3. Cazarin, C.B.B., Y.K. Chang, M. Depieri, E.M. Carneiron, A.S. de Souza and J. Amaya-Farfan. 2012. Amaranth grain brings health benefits to young normolipidemic rats. Food and Public Health, 2(5): 178-183.
4. FAO. 2005. The state of food insecurity in the world 2004. Available at http:// www.fao.org/ docrep/pdf/007/y5650e/y5650e00.pdf (accessed 15 March 2018).
5. Gamel, T.H., J.P. Linssen, A.S. Mesallam, A.A. Damir and L.A. Shekib. 2006. Seed treatments affect functional and antinutritional properties of amaranth flours. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86(6): 1095-102.

1- Polynomial regression

6. Hosseini, S.A., M. Zaghari, H. Lotfollahian, M. Shivazad and H. Morravej. 2012. Optimization of methionine level in broiler breeder diets, using of maximized economic profit and multi-criteria decision making methods. Iranian Journal of Animal Science, 42(4): 329-336 (In Persian).
7. Hwang, C.L. and K. Yoon. 1981. Multi Attribute Decision Making: Methods and Applications. 1st edn. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 250 pp.
8. Li, J.Y., W. Liu, R.Y. Ma, Y. Li, Y. Liu, R.R. Qi and K. Zhan. 2019. Effects of cage size on growth performance, blood biochemistry, and antibody response in layer breeder males during rearing stage. Poultry Science, Available at: http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez102 (accessed 15 April 2019).
9. Longato, E., G. Meineri, P.G. Peiretti and P.P. Mussa. 2015. Effects of diets containing linseed oil and supplemented with grain amaranth (*Amaranthus caudatus*) on growth performances, oxidative status and serum biochemical parameters in broilers. Italian Journal of Animal Science, 14(1): 18 (Abstr).
10. Malczewski, J. 1997. Propagation of errors in multicriteria location analysis: a case study. In: Fandel, G. and T. Gal, (eds.) Multiple criteria decision making. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 154-155.
11. Marcu, A., I. Vacaru-Opriş, G. Dumitrescu, L. Petculescu Ciochină, A. Marcu, M. Nicula, I. Peţ, D. Dronca, B. Kelciov and C. Mariş. 2013. The influence of genetics on economic efficiency of broiler chickens growth. Animal Science and Biotechnologies, 46(2): 339-346.
12. Martens, S.D., T.T. Tiemann, J. Bindelle, M. Peters and C.E. Lascano. 2012. Alternative plant protein sources for pigs and chickens in the tropics - nutritional value and constraints: a review. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics, 113(2): 101-123.
13. Meimandipour, A., S.A. Hosseini, H. Lotfollahian, S.J. Hosseini, S.H. Hosseini and H. Sadeghipanah. 2012. Multi attribute decision-making: use of scoring methods to compare the performance of laying hen fed with different levels of yeast. Italian Journal of Animal Science, 11(1): 82-86.
14. Milona, E., P. Gonzalez-Redondo, R. Moreno-Rojas, K. Montero-Qintero and A. Sanchez-Urdaneta. 2018. Effect of the inclusion of *Amaranthus dubius* in diets on carcass characteristics and meat quality of fattening rabbits. Journal of Applied Animal Research, 46(1): 218-223.
15. Momeni, M. 2014. New topics in operations research. 6th ed. Moallef Publications, Tehran, Iran, 10-50 (In Persian).
16. Mota, C., M. Santos, R. Mauro, N. Samman, A.S. Matos, D. Torres and I. Castanheira. 2014. Protein content and amino acids profile of pseudocereals. Food Chemistry, Available at: https://doi.org/10.1016/j.foodchem. 2014.11.043 (accessed 10 April 2019).
17. National Research Council. 1984. Amaranth: modern prospects for an ancient crop. National Academy Press, Washington, DC, USA.
18. Ogrodowska, D., S. Czaplicki, R. Zadernowski, P. Mattila, J. Hellström and M. Naczk. 2012. Phenolic acids in seeds and products obtained from *Amaranthus cruentus*. Journal of Food and Nutrition Research, 51(2): 96-101.
19. Pisarikova, B., S. Kracmar and I. Herzig. 2005. Amino acid contents and biological value of protein in various amaranth species. Czech Journal of Animal Science, 50(4): 169-174.
20. Ravindran, V., R.L. Hood, R.J. Gill, C.R. Kneale and W.L. Bryden. 1996. Nutritional evaluation of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) in broiler diets. Animal Feed Science and Technology, 63(1): 323-331.
21. Rouckova, J., M. Trckova and I. Herzig. 2004. The use of amaranth grain in diets for broiler chickens and its effect on performance and selected biochemical indicators. Czech Journal of Animal Science, 49(12): 532-541.
22. Stedman, N.L., T.P. Brown, R.L. Brooks and D.I. Bounous. 2001. Heterophil function and resistance to staphylococcal challenge in broiler chickens naturally infected with avian leucosis virus subgroup. Veterinary Pathology, 38(5): 519-527.
23. Szczerbinska, D., B. Pyka, E. Szabelska, M. Ligocki, D. Majewska, K. Romaniszyn and M. Sulik. 2015. The effect of diet with amaranth (*Amaranthus cruentus*) seeds on Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) performance, somatic development, hatching results and selected blood biochemical parameters. Veterinarija Ir Zootechnika, 70(92): 67-72.
24. Tang, Y. and R. Tsao. 2017. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory and potential health beneficial effects: a review. Molecular Nutrition and Food Research, 61(7): 1-16.
25. Uni, Z., A. Smirnov and D. Sklan. 2003. Pre- and post-hatch development of goblet cells in the broiler small intestine: Effect of delayed access to feed. Poultry Science, 82(2): 320-327.
26. Venskutonis, P.R. and P. Kraujalis. 2013. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: a review on composition, properties, and uses. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12(3): 381-412.
27. Wu, H., M. Sun, S. Yue, H. Sun, Y. Cai, R. Huang, D. Brenner and H. Corke. 2000. Field evaluation of an *Amaranthus* genetic resource collection in China. Genetic Resources and Crop Evolution, 47(1): 43-53.
28. Yaghobfar, A., A. Safamehr and H. Ghaderi. 2014. Determination of nutritional values of *Amaranthus* grain on the broiler performance. Applied Animal Science Research Journal, 3(12): 43-50 (In Persian).

Determination the Optimum Level of Amaranth Grain in Broilers Pelleted Diet Based On Multiple Attribute Decision Making Method (TOPSIS Model) and Production Index

Amir Hossein Alizadeh-Ghamsari[1] and Seyed Abdullah Hosseini[2]

1- Assistant Professor, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran (Corresponding author: amir3279@gmail.com)
2- Associate Professor, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
Received: September 22, 2019 Accepted: December 4, 2019

Abstract

An experiment was conducted to determine the optimum level of amaranth grain (AG) in broiler diet by empoying a completely randomized design with 4 experimental groups, 5 replicates and 30 birds (Ross 308 as-hatched chicks with equal proportion from both sexes) per each experimental unit. Experimental groups were included birds received levels of zero (control), 2, 4, and 6% of AG (*Amaranthus hybridus*, variety *Ultra*) in pelleted diet from 7 to 42 days of age. During the experiment, performance traits, productive index, low density lipoprotein (LDL)- cholesterol level in serum, relative weight of abdominal fat, absorption index (villus height to crypt depth ratio) in jejunum and stress index (heterophile to lymphocyte ratio) in blood were evaluated. To determine the optimum level of AG in pelleted diet, production index and also multi attribute decision making method (MADM) were applied. Based on scoring by this method, experimental group received 2% AG showed the highest score (0.9158). The control and experimental groups fed with 4 and 6% AG ranked in subsequent positions, respectively. Optimum level of dietary AG inclusion to obtain maximum production index was 1.57%. According to the results, this specific variety of amaranth grain (*Ultra*) can be included at the range of 1.5 to 2% in broiler pelleted diet.

Keywords: Amaranth Grain, Broiler Chicken, Multiple Attribute Decision Making, Pelleted Diet, Production Index