



## 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<sup>1</sup> و سید عبدالله حسینی<sup>2</sup>

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

به منظور 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 پرنده‌گانی 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 لیوپروتئین کم‌چگالی (LDL-کلسترول) سرم، وزن نسبی چربی حفره شکمی، شاخص جذب (نسبت طول پرز به عمق کریپت) در ژژنوم و شاخص تنشی (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 نمردهی حاصل از این روش، گروه آزمایشی دریافت‌کننده 2 درصد دانه تاج خروس بالاترین نمره را به دست آورد (0/9158). گروه آزمایشی شاهد و گروه‌های دریافت‌کننده 4 و 6 درصد دانه تاج خروس به ترتیب 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 به دست آمده، می‌توان از دانه تاج خروس به کار 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

دانه‌ها غنی از اسیدهای آمینه ضروری بوده و می‌توانند به‌عنوان منابع خوراکی جایگزین<sup>3</sup> به‌ویژه در جیره‌های فاقد گلوتن مورد استفاده قرار گیرند (16).

امکان استفاده از دانه تاج خروس در تغذیه تک‌معدله‌ای‌ها از جمله موش<sup>4</sup> (3)، خرگوش (14)، جوجه گوشتی (21.9) و بلدرچین (23) مورد بررسی قرار گرفته‌است. نتیجه مطالعه گروهی از پژوهشگران نشان داد که دانه تاج خروس می‌تواند به‌عنوان یک منبع گیاهی جایگزین، در تغذیه خوک و جوجه‌های گوشتی مناطق گرمسیر مورد استفاده قرار گیرد (12). با این حال در پژوهشی تازه‌تر گزارش شد که افزودن دانه تاج خروس (*Amaranthus hybridus*) به‌میزان بیشتر از 5 درصد به جیره سبب افت عملکرد جوجه‌های گوشتی در مقایسه با گروه شاهد شد (2). این پدیده احتمالاً به دلیل وجود ترکیبات ضد تغذیه‌ای مانند بازدارنده تریپسین، فنل‌ها و تانن‌ها در این گیاه است (18.5.2). استفاده از فرآیندهایی مانند اتوکلاو، پلت، اکستروژن 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 به دست 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

بحران افزایش جمعیت و کمبود مواد غذایی در جهان سبب شده که انجام پژوهش‌های مستمر برای یافتن منابع خوراکی جدید (به‌ویژه با منشأ 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 کاهش یافته 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.*) به دلیل ارزش غذایی بالای دانه و برگ و نیز استقامت در برابر گرما، خشکسالی، آفات و بیماری‌ها به‌عنوان یک شبه‌غله امیدبخش مورد توجه قرار گرفته است (17، 26). 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 گزارش شد که شاخص اسیدهای آمینه ضروری در دانه برشته<sup>2</sup> و خام تاج خروس به ترتیب 85/4 و 90/4 درصد است (19). در پژوهشی دیگر ترکیب اسیدهای آمینه سه شبه‌غله شامل کینوا (*Chenopodium quinoa*)، تاج خروس (*Amaranthus caudatus*) و گندم سیاه (*Fagopyrum esculentum*) بررسی و مشاهده شد که این

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

زمینه، مدل TOPSIS یا Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (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

جدول 1- ترکیب شیمیایی دانه تاج خروس به کار رفته در آزمایش\*

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

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

برگرفته از یعقوبفر و همکاران (28)

ترازوی دیجیتال با دقت  $\pm 10$  گرم انجام گرفته 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 دی‌آمید تترا استیک اسید<sup>1</sup> 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

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) ادامه یافت. خوراک تمامی گروه‌های آزمایشی بر اساس پیشنهادهای کاتالوگ سویه راس 308 تنظیم شده 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

1- Ethylene diamine tetra acetic acid (EDTA)

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) محاسبه شد (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.

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 برداشته شده 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

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

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

\*: مکمل ویتامینی و معدنی مقادیر ذیل را برای هر کیلوگرم جیره تامین نمود: 18000 واحد بین‌المللی ویتامین A، 4000 واحد بین‌المللی ویتامین D<sub>3</sub>، 36 میلی‌گرم ویتامین E، 5 میلی‌گرم ویتامین K<sub>3</sub>، 1/6 میلی‌گرم کوبالامین، 2/97 میلی‌گرم تیامین، 7/5 میلی‌گرم ریوفلاوین، 57 میلی‌گرم نیاسین، 4/45 میلی‌گرم پیریدوکسین، 0/18 میلی‌گرم بیوتین، 1/9 میلی‌گرم اسید فولیک، 17/8 گرم اسید پانتوتینیک، 0/125 میلی‌گرم اینوکسی کونین، 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.

[بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس V] = راه‌حل ایده‌آل منفی (V<sub>j-</sub>)

بهترین مقادیر برای شاخص‌های مثبت، بزرگ‌ترین و بدترین مقادیر برای شاخص‌های منفی، کوچک‌ترین مقادیر بوده و بدترین مقادیر برای شاخص‌های مثبت، کوچک‌ترین و بدترین مقادیر 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<sub>j+</sub>) و ایده‌آل منفی (V<sub>j-</sub>) بر اساس روابط (3) و (4) محاسبه می‌شود.

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

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

$$V = N \times W_n \quad \text{رابطه (2)}$$

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<sub>j+</sub>)

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) به دلیل 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.

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

$V_{ij}$ : 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:

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

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

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)

فراسنجه‌های مورد ارزیابی در سن 42 روزگی									
ماتریس	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	1770	310	40/0	1/73	5/9	0/32	
2	2520	66/8	167	356	39/5	1/16	6/3	0/29	
4	2165	56/7	186	277	36/9	1/21	5/3	0/33	
6	2072	54/0	192	253	36/8	1/09	5/0	0/33	
نوع معیار وزن معیار	مثبت 0/10	مثبت 0/10	منفی 0/15	مثبت 0/20	منفی 0/10	منفی 0/10	مثبت 0/15	منفی 0/10	

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 نشان‌دهنده ماتریس بی‌مقیاس است. این بی‌مقیاس‌سازی به‌منظور حذف بُعد منفی و مثبت شاخص‌های کمی مورد نظر جهت جمع‌پذیری صفات بوده و برای این کار از بی‌مقیاس‌سازی نرمال، استفاده شد. از آنجا که داده‌های به‌کار رفته از این جدول به‌بعد، با روش بی‌مقیاس‌سازی

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

فراسنجه‌های مورد ارزیابی در سن 42 روزگی									
ماتریس	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 به منظور 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

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

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

جدول 6- تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی به منظور 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

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

جدول 7- تعیین اندازه فاصله از ایده‌آل مثبت و منفی به منظور 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

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

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 به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

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 حالی که در علم مدیریت، امکان تصمیم‌گیری چند شاخصی (MCDM) وجود دارد. در این روش که برای تجزیه و تحلیل چند گزینه (در اینجا تیمار) به کار می‌رود، چند

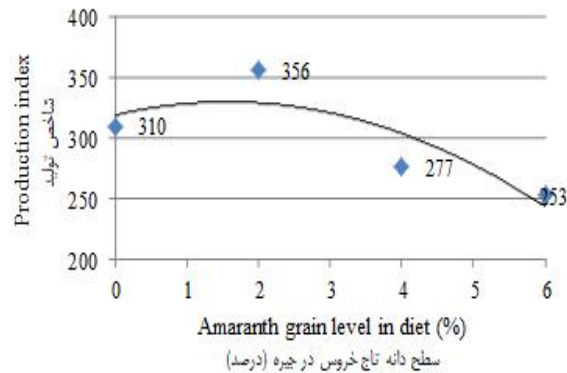
جدول 8- محاسبه ضریب نزدیکی به راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی و رتبه‌بندی تیمارها به منظور انتخاب سطح مناسب افزودن دانه تاج خروس به جیره جوجه‌های گوشتی  
Table 8. Calculation the closeness coefficient to positive and negative ideal solutions and ranking the treatments to select proper level of dietary amaranth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

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

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 به‌دست آمده و تابعیت این شاخص از نوع درجه دوم بود.

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



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

سانتی‌گراد به‌مدت یک ساعت) دریافت کردند، مشابه گروه شاهد (جیره پایه ذرت - کنجاله سویا) بود. به‌نظر می‌رسد گونه و وارسته 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 وارسته 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 وارسته‌ها و گونه‌های دانه این گیاه در پژوهش‌های آینده مورد توجه قرار گیرد.

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 وارسته 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

## 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](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.

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 Ciocchină, 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*. 6<sup>th</sup> ed. Moallem 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. Naczka. 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<sup>1</sup> and Seyed Abdullah Hosseini<sup>2</sup>

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 employing 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