Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Research on Animal Production, Vol. 15, Issue 4, 2024 p: 1-12

OPEN ACCESS

**Research Paper**

# Evaluation of Using Nutrient Matrix Values for Three Multi Enzymes on Growth Performance, Water Intake, Litter Moisture, Jejunal Viscosity, and Some Gastrointestinal Tract Traits of Broiler Chickens Fed Wheat-Soybean Meal-Based Diets

**Seyed Adel Moftakharzadeh[1], Hossein Moravej[2] and Soheil Yousefi[3]**

1- Assistant Professor, Animal Science Research Institute of Iran (ASRI), Karaj, Iran, (Corresponding author: adelmoftakharzadeh@gmail.com)
2- Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3- Assistant Professor, Department of Animal Science, College of Animal Science and Fisheries, Sari Agricultural Science and Natural Resources University, Sari, Iran

Received: 17 February, 2024 Accepted: 7 May, 2024

**Background**: Cereal gains form the largest portion of the poultry industry. The most important cereal in this industry is corn grain, but the presence of some issues, including the change and fluctuation of corn prices accompanied by a shortage of corn gain in some conditions in our country, have forced poultry farmers to explore different substitutional grains, such as wheat. Compared with corn, wheat grain has some advantages over corn, including improving the pellet quality and having more crude protein along with higher lysine, methionine, arginine, phenylalanine, tryptophan, threonine, and valine. However, two drawbacks to wheat grain have limited its usage in poultry diets in some conditions. On the one hand, wheat has lower metabolizable energy than corn. On the other hand, non-starch polysaccharides in wheat grain prevent energy availability and impede the growth performance of boilers. The most prominent non-starch polysaccharide known in wheat is arabinoxylan, which includes almost 10% of this cereal; these particular polymers have a great water-holding capacity of around 10 times their weight. Furthermore, having arabinose in the lateral chain has made it possible for non-starch polysaccharides to become water-soluble. These factors make a high-viscosity condition in the gastrointestinal tract causing a low enzyme-substrate interaction, resulting in weaker digestion and absorption of starch, protein, and fat and, consequently, lower energy retention, which reduces the growth performance of birds. One of the most appropriate methods to improve broiler chickens' performance and decline the negative effects of non-starch polysaccharides (NSPs) in wheat is to apply multi-enzymes. The classic method for enzyme supplementation is to add enzymes over a formulated diet (over the top). Another way for enzyme addition is to consider the nutrient matrix values for the enzyme, which is the most suitable method to decrease the cost of both enzyme and feed consumption. The current study aimed to apply the nutrient matrix values for three different multi-enzymes and evaluate their effects on the performance, water consumption, litter moisture, jejunal viscosity, and some characteristics of the gastrointestinal tract in broilers fed wheat-soybean meal to find an appropriate criterion for the most realistic nutrient matrix values for enzymes.

**Methods:** Three-hundred-day-old male broiler chicks of commercial strain (Ross 308) were studied with four treatments, five replications, and 15 chicks in each replicate in a floor pen. All data were analyzed using a randomized complete design. The four dietary treatments consisted of a wheat-soybean meal-based diet without enzyme (control group) and three wheat-soybean-based diets supplemented with enzymes A, B, and C, which were added at 170, 600, and 500 mg/kg DM, respectively. The nutrient matrix values were considered for enzymes. The effects of treatments on the performance, carcass characteristics, length and weight of intestinal segments, digestive organs weight, water-to-feed intake ratio, and jejunal viscosity were investigated at the end of 42 days.

**Results:** Results of this trial showed that in the starter, finisher, and the whole period, feed intake was not affected by enzyme addition whereas only in the grower period of rearing and only adding enzyme B to the wheat-soybean meal-based diet significantly improved Average Daily Feed Intake (ADFI) ($p < 0.05$). In the starter period, only the enzyme A addition to a wheat-based diet improved Average Daily Gain (ADG) ($p < 0.05$). However, in the grower, finisher, and the whole period, ADG was improved by enzyme A and B supplementation ($p < 0.05$). However, feed conversion ratio (FCR) was not affected by enzyme addition in the starter period ($p > 0.05$), but using nutrient matrix values for enzymes A and B significantly improved

Copyright ©2024 Moftakharzadeh et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2025-02-23 ]

[ DOI: 10.61186/rap.15.4.1 ]

FCR in the grower, finisher, and in the entire period ($p < 0.05$). Results showed that enzyme supplementation did not significantly affect the relative weight of the pancreas, liver, relative weight and length of the duodenum, jejunum, ileum, and cecum, water to feed intake ratio, and litter moisture ($p > 0.05$). Birds that received enzyme A and B had lower jejunal content viscosity at day 23 and higher abdominal fat at day 42 ($p < 0.05$). While carcass yield and thigh relative weight did not change by enzyme supplementation ($p > 0.05$), breast relative weight for birds that received enzyme A was significantly lower than control treatment and the enzyme C containing group ($p < 0.05$), and there was no significant difference among enzymes A and B ($p > 0.05$).

**Conclusion:** The results of the present study showed that the application of nutrient matrix values for enzymes A and B improved the performance of broiler chickens fed a wheat-soybean meal-based diet, and their matrix values could be used for feed formulation to reduce the cost of each kilogram feed. Moreover, the results of the current study showed that using the nutrient matrix value for enzyme C did not significantly affect broiler performance. For assurance, more experiments are needed to be designed to evaluate the nutrient matrix value of this enzyme.

**Keywords:** Broiler chicken, Multi-enzyme, Nutrient matrix values, Performance, Wheat

**How to Cite This Article:** Moftakharzadeh, A., Moravej, H., & Tajikkhari, M. (2024). Evaluation of Using Nutrient Matrix Values for Three Multi Enzymes on Growth Performance, Water Intake, Litter Moisture, Jejunal Viscosity, and Some Gastrointestinal Tract Traits of Broiler Chickens Fed Wheat-Soybean Meal-Based Diets. *Res Anim Prod,* 15(4), 1-12. DOI: 10.61186/rap.15.4.1

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2025-02-23 ]

[ DOI: 10.61186/rap.15.4.1 ]

مقاله پژوهشی

# مقایسه به‌کارگیری معادل ارزش تغذیه‌ای سه نوع مولتی آنزیم بر عملکرد رشد، مصرف آب، رطوبت بستر، گران‌روی محتویات ژژنوم و برخی از فراسنجه‌های دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های بر پایه گندم–کنجاله سویا

سید عادل مفتخرزاده[۱]، حسین مروج[۲] و سهیل یوسفی[۳]

۱– استادیار، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران،
(نویسنده مسوول: adelmoftakharzadeh@gmail.com)
۲– استاد، گروه علوم دامی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳– استادیار، گروه علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۱۸
صفحه: ۱ تا ۱۲

## چکیده مبسوط

**مقدمه و هدف:** غلات بخش اعظم جیره‌های خوراکی در صنعت طیور را تشکیل می‌دهند. مهم‌ترین غله‌ای که امروزه در صنعت طیور مورداستفاده قرار می‌گیرد، دانه ذرت می‌باشد. مشکلاتی از قبیل تغییرات و نوسانات قیمت ذرت و همچنین کمبود غله ذرت در برخی شرایط و همچنین در کشور ما، مرغداران را مجبور به استفاده از غلات جایگزین نظیر گندم می‌کند. دانه گندم در مقایسه با دانه ذرت دارای مزایایی است که ازجمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: این غله کیفیت پلت را بهبود می‌بخشد و همچنین مقدار پروتئین خام و همین‌طور اسیدهای آمینه لیزین، متیونین، آرژنین، فنیل آلانین، تریپتوفان، ترئونین والین بالاتری نسبت به دانه ذرت دارد. با این‌وجود در گندم دو خصوصیت منفی وجود دارد که مصرف آن‌را توسط طیور در بعضی شرایط محدود می‌کند. از یک‌سو گندم انرژی قابل متابولیسم پایین‌تری به‌ازای واحد وزن نسبت به ذرت دارد. از سوی دیگر پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای در گندم مانع از در دسترس قرار گرفتن کل انرژی موجود در آن و کاهش عملکرد جوجه‌های گوشتی می‌شوند. عمده پلی‌ساکارید غیر نشاسته‌ای موجود در گندم آرابینوزایلان می‌باشد که تا ۱۰ درصد این غله را شامل می‌شود. این پلیمرهای طویل دارای ظرفیت بالای نگهداری آب هستند به‌طوری‌که تا ۱۰ برابر وزن خود آب جذب می‌کنند. همچنین قرار گرفتن آرابینوز در زنجیر جانبی به پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای طبیعت محلول در آب می‌بخشد. این عوامل باعث می‌شوند تا محیط چسبنده‌ای در روده ایجاد شود. افزایش چسبندگی مواد هضمی ژژنوم منجر به کاهش رویگرد آنزیم– سوبسترا می‌شود و در نتیجه هضم و جذب نشاسته، پروتئین و چربی و درنهایت انرژی مصرفی حیوان کاهش می‌یابد که این امر منجر به کاهش عملکرد در طیور می‌شود یکی از روش‌های مناسب بهبود عملکرد طیور و کاهش اثرات منفی پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای در غله گندم استفاده از مولتی آنزیم‌ها هست. روش سنتی استفاده از آنزیم به‌صورت سربار (سرک) می‌باشد. روش دیگر و مناسب‌تر جهت مصرف آنزیم توجه به معادل ارزش تغذیه‌ای آن‌ها می‌باشد که بدین‌وسیله می‌توان هزینه مصرف آنزیم و خوراک را کاهش داد. هدف از انجام این آزمایش این است تا با به‌کارگیری معادل ارزش تغذیه‌ای سه نوع مولتی آنزیم، اثرات این آنزیم‌ها را بر عملکرد رشد، مصرف آب، رطوبت بستر، گران روی محتویات ژژنوم و برخی از خصوصیات دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره بر پایه گندم–سویا مورد مقایسه قرار دهد تا نسبت به انتخاب بهترین آنزیم واقعی‌ترین معادل ارزش تغذیه‌ای معیار مناسبی در دست باشد.

**مواد و روش‌ها:** تعداد ۳۰۰ قطعه جوجه گوشتی نر یک‌روزه (راس ۳۰۸) در ۴ تیمار، ۵ تکرار و تعداد ۱۵ قطعه در جوجه در هر واحد آزمایشی اختصاص یافتند و داده‌های به‌دست‌آمده در قالب طرح کامل تصادفی آنالیز شدند. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: جیره بر پایه گندم–کنجاله سویا بدون آنزیم (گروه شاهد) و سه جیره بر پایه گندم–کنجاله سویا دیگر به‌ترتیب حاوی آنزیم‌های A، B و C بر اساس میزان توصیه‌شده شرکت‌های سازنده که به‌ترتیب به‌میزان ۰/۰۱۷، ۰/۰۶ و ۰/۰۵ درصد جیره مورداستفاده قرار گرفتند. قابل‌ذکر است که معادل ارزش تغذیه‌ای برای آنزیم‌ها مطابق جداول توصیه‌شده شرکت‌های سازنده آنزیم‌ها در نظر گرفته شد. اثر تیمارها در پایان دوره ۴۲ روزه پرورش، بر عملکرد، ویژگی‌های لاشه، طول و وزن قطعات روده، وزن اندام‌های هضمی، نسبت آب به خوراک مصرفی، رطوبت بستر، گران روی محتویات ژژنوم مورد ارزیابی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** در دوره‌های آغازین، پایانی و در کل دوره مصرف خوراک تحت تأثیر مصرف آنزیم قرار نگرفت. این در حالی است که تنها در دوره رشد و تنها افزودن آنزیم B به جیره بر پایه دانه گندم موجب افزایش میانگین مصرف خوراک روزانه را به صورت معنی‌داری در مقایسه با جیره شاهد شد ($p<0/05$). در دوره آغازین، تنها افزودن آنزیم A به جیره بر پایه گندم موجب افزایش میانگین افزایش روزانه پرندگان شد ($p<0/05$). در دوره‌های رشد، پایانی و در کل دوره نیز آنزیم‌های A و B میانگین افزایش وزن روزانه را بهبود داد ($p<0/05$). ضریب تبدیل خوراکی در دوره آغازین تحت تأثیر مصرف آنزیم قرار نگرفت اما در دوره‌های رشد، پایانی و در کل دوره استفاده از معادل ارزش تغذیه‌ای برای آنزیم‌های A و B ضریب تبدیل را بهبود بخشید ($p<0/05$) درحالی‌که آنزیم C تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشت. استفاده از آنزیم تأثیر معنی‌داری بر وزن نسبی پانکراس، کبد، طول وزن نسبی دودونوم، ژژونوم، ایلیوم و سکوم، نسبت آب مصرفی و رطوبت بستر نداشت ($p>0/05$). در مقایسه با جیره گندم–سویا بدون آنزیم، پرندگانی که با جیره‌های حاوی آنزیم‌های A و B تغذیه شدند، در سن ۲۳ روزگی به‌صورت معنی‌داری گران روی کمتری در محتویات ژژنوم و در سن ۴۲ روزگی چربی محوطه بطنی بیشتری نشان دادند ($p<0/05$). درحالی‌که در ۴۲ روزگی درصد لاشه و وزن نسبی ران تحت تأثیر آنزیم قرار نگرفت، وزن نسبی سینه در جیره حاوی آنزیم A به‌صورت معنی‌داری کمتر از گروه شاهد و تیمارهای حاوی آنزیم C بود، درحالی‌که بین تیمار حاوی آنزیم A و B تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

**نتیجه‌گیری:** نتایج کلی نشان داد که استفاده از معادل ارزش تغذیه‌ای برای آنزیم‌های A و B عملکرد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره بر پایه گندم–سویا را بهبود داد و می‌توان از معادل ارزش تغذیه‌ای این آنزیم‌ها جهت جیره نویسی و کاهش هزینه خوراک حاوی گندم استفاده کرد. همچنین، نتایج آزمایش حاضر نشان داد که استفاده از معادل ارزش تغذیه‌ای برای آنزیم C تأثیر معنی‌داری بر عملکرد جوجه‌های گوشتی نداشت و می‌توان برای اطمینان بیشتر به آزمایش‌ها دیگری طراحی شود تا معادل ارزش تغذیه‌ای این آنزیم ارزشیابی شود.

**واژه‌های کلیدی:** جوجه گوشتی، عملکرد، معادل ارزش تغذیه‌ای، مولتی آنزیم

## مقدمه

غلات بخش اعظم جیره‌های خوراکی در صنعت طیور را تشکیل می‌دهند (۷۰–۵۰٪) (Sibbald & Slinger, 1962). مهم‌ترین غله‌ای که امروزه در صنعت طیور مورداستفاده قرار می‌گیرد، دانه ذرت می‌باشد. مشکلاتی از قبیل تغییرات و نوسانات قیمت ذرت و همچنین کمبود غله ذرت در برخی شرایط و همچنین در کشور ما، مرغداران را مجبور به استفاده از غلات جایگزین نظیر گندم می‌کند. دانه گندم در مقایسه با

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2025-02-23 ]

[ DOI: 10.61186/rap.15.4.1 ]

دلنه ذرت دارای مزایایی است که ازجمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: این غله کیفیت پلت را بهبود می‌بخشد و همچنین مقدار پروتئین خام و همین‌طور اسیدهای آمینه لیزین، متیونین، آرژنین، فنیل آلانین، تریپتوفان، ترئونین والین بالاتری نسبت به دانه ذرت دارد (Council, 1994). با این‌وجود در گندم دو خصوصیت منفی وجود دارد که مصرف آن‌را توسط طیور در بعضی شرایط محدود می‌کند. از یک‌سو گندم انرژی قابل متابولیسم پایین‌تری به‌ازای واحد وزن نسبت به ذرت دارد. طبق گزارش‌های انجمن تحقیقات ملی ایالات‌متحده[1] میانگین مقدار انرژی قابل متابولیسم برای ذرت ۳۳۵۰ کیلوکالری بر کیلوگرم و برای گندم سفید زمستانه نرم ۳۱۱۰ کیلوکالری بر کیلوگرم و برای گندم زمستانه قرمز سخت ۲۹۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم است (Engberg *et al*., 2004). از سوی دیگر پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای[2] موجود در گندم مانع از در دسترس قرار گرفتن کل انرژی موجود در آن توسط پرنده می‌شوند (Daymeh *et al*., 2016; Shang *et al*., 2020). عمده پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای موجود در دیوارهٔ سلولی گندم آرابینوزایلان است. ساختمان آرابینوزایلان دارای یک زنجیر اصلی زایلوز با پیوند ۱ و ۴ آلفا است که آلفا آرابینوز به‌عنوان زنجیر جانبی به آن متصل است (Pourreza *et al*., 2007). طبق گزارش‌ها غلظت این‌گونه ترکیبات در گندم متنوع می‌باشد، به‌طوری‌که در بعضی منابع ۸– ۵ درصد (Shang *et al*., 2020) و در برخی دیگر ۱۰–۱ درصد و حتی بیشتر (Engberg *et al*., 2004) گزارش‌شده است. همچنین بر اساس مطالعه چات و همکاران (Choct *et al*., 2004) گندم علاوه بر آرابینوزایلان، حاوی ۳–۲ درصد بتاگلوکان نیز است. قابل‌توجه است که مقدار هضم این پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای در طیور بسیار کم و حدود ۱۲ درصد است و مقدار آن‌ها با میزان انرژی قابل متابولیسم رابطه معکوسی دارد به‌طوری‌که افزایش مقدار آن‌ها باعث کاهش انرژی قابل متابولیسم می‌شود (Polovinski-Horvatović, 2021). این پلیمرهای طویل دارای ظرفیت بالای نگهداری آب هستند به‌طوری‌که تا ۱۰ برابر وزن خود آب جذب می‌کنند. همچنین قرار گرفتن آرابینوز در زنجیر جانبی به پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای طبیعت محلول در آب می‌بخشد. این عوامل باعث می‌شوند تا محیط چسبنده‌ای در روده ایجاد شود (Anwar *et al*., 2023). افزایش چسبندگی مواد هضمی ژژنوم منجر به کاهش رویگرد آنزیم– سوبسترا می‌شود و درنتیجه هضم و جذب نشاسته، پروتئین و چربی و درنهایت انرژی مصرفی حیوان کاهش می‌یابد که این امر منجر به کاهش عملکرد در طیور می‌شود (Bautil *et al*., 2019).

نظر به مشکلات ایجادشده در صورت استفاده از گندم در تغذیه طیور در مقایسه با غله ذرت به‌دلیل وجود پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای، بهره‌وری از روش‌هایی که این اثرات منفی را به حداقل ممکن برسانند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌شوند. بهترین اقدامی که در حال حاضر در جهت کاهش این مضرات مورداستفاده قرار می‌گیرد، به‌کار گرفتن آنزیم‌های برون‌زادی با فعالیت عمده زایلانازی و بتاگلوکلنازی می‌باشد. گزارش‌شده است که عملکرد ضعیف جوجه‌های تغذیه شده با جیره بر پایه گندم تا حد زیادی توسط آنزیم‌های هیدرولیز کننده به‌ویژه آنزیم‌هایی که دارای فعالیت لندو– بتا– گلوکاناز هست، بهبودیافته است (Kiarie *et al*., 2017; Krogh Madsen *et al*., 2018). گزارش‌شده است که این آنزیم‌ها تا حدود زیادی بتاگلوکان و زایلان محلول را می‌شکنند و بدین‌وسیله گران‌روی[3] مواد هضمی را کاهش می‌دهند و نهایتاً گرانول‌های نشاسته و پروتئین جهت قرار گرفتن در معرض فعالیت آنزیمی آزاد می‌شوند که توأم با بهبود در جذب مواد مغذی است (Hajati, 2010). به‌علاوه، این کاهش در گران‌روی عموماً همراه با کاهش میزان آب مصرفی پرندگان و خشک شدن فضولات و بستر بوده است (Rotter *et al*., 1989).

در حال حاضر، مولتی آنزیم‌های تجاری مورداستفاده در صنعت طیور ایران عمدتاً وارداتی می‌باشند و مبالغ قابل‌توجهی ارز جهت واردات این فراورده‌ها به داخل کشور از کشور خارج می‌گردد، اما نکته‌ای که می‌بایست موردتوجه قرار گیرد نحوه استفاده از این آنزیم‌ها در جیره خوراکی طیور می‌باشد که از اهمیت خاصی برخوردار است. روش سنتی افزودن آنزیم به جیره استفاده سربار (سرک) از آنزیم می‌باشد که در این روش پس از فرموله شدن جیره، آنزیم به جیره افزوده می‌شود. مطالعات متعددی نیز در رابطه با استفاده سرک آنزیم‌ها به خوراک بر پایه آنزیم در جوجه‌های گوشتی صورت گرفته است. لیکن استفاده از معادل ارزش تغذیه‌ای[4] روش دیگری می‌باشد که آن میزان معادل مواد مغذی و انرژی آزادشده در صورت افزودن آنزیم به خوراک خاص محاسبه و در جیره پرندگان گنجانده می‌شود. درنتیجه لحاظ کردن مقادیر انرژی و مواد مغذی آزادشده به وسیله آنزیم، این مقادیر در جیره گنجانده‌شده که درنهایت موجب کاهش هزینه یکی کیلوگرم خوراک مورداستفاده پرندگان می‌شود؛ اما پرسشی که می‌بایست موردبررسی قرار گیرد این است که آیا میزان معادل ارزش تغذیه‌ای ارائه‌شده توسط شرکت‌های واردکننده آنزیم‌های تجاری واقعی است و آیا این مقادیر مواد مغذی و انرژی به‌واقع از جیره خوراکی در حیوان آزاد می‌شوند و عملکرد طیور را بهبود می‌بخشند. این مطلب از این جهت از اهمیت بسزایی برخوردار است که اگر چنانچه این معادل ارزش تغذیه‌ای ادعاشده تأمین نگردد این امکان وجود دارد که عملکرد جوجه‌های گوشتی حتی ضعیف‌تر از جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های بدون آنزیم باشد چراکه در این روش و در جیره نویسی به آنزیم به‌اندازه یک ماده خوراکی توجه می‌گردد. لذا در تحقیق حاضر تلاش شده است تا با به‌کارگیری معادل ارزش تغذیه‌ای سه نوع مولتی آنزیم بر عملکرد رشد، مصرف آب، رطوبت بستر، گران روی محتویات ژژنوم و برخی از خصوصیات دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره بر پایه گندم–سویا مورد مقایسه قرارگرفته شود تا نسبت به انتخاب بهترین آنزیم واقعی‌ترین معادل ارزش تغذیه‌ای معیار مناسبی در دست باشد.

1- US National Research Council - National Academy of Sciences
2- Non Starch Polysaccharides
3- Viscosity
4- Nutrients Matrix Value

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2025-02-23 ]
[ DOI: 10.61186/rap.15.4.1 ]

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق تعداد ۳۰۰ قطعه جوجه گوشتی نر یک‌روزه سویه راس ۳۰۸ به ۴ تیمار، ۵ تکرار و ۱۵ پرنده در هر واحد آزمایشی اختصاص داده شدند. آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی بود و دوره پرورش بر روی بستر انجام شد. در طول سه روز اول، دمای سالن ۳۴ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شد سپس به‌تدریج با افزایش سن دما کاهش یافت تا اینکه در ۲۱ روزگی به ۲۲ درجه سانتی‌گراد رسید و ثابت نگه داشته شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: جیره بر پایه گندم–سویا بدون آنزیم (گروه شاهد) و سه جیره دیگر بر پایه گندم–سویا حاوی آنزیم‌های A، B و C براساس میزان توصیه‌شده شرکت‌های سازنده که به‌ترتیب به‌میزان ۱۷۰،۶۰۰ و ۵۰۰ گرم در تن جیره مورداستفاده قرار گرفتند. آنزیم‌های A، B و C به‌ترتیب از شرکت‌های بیوشم، وتاک و ماکیان دارو تهیه شدند. ترکیب جیره‌های مورداستفاده در دوره آغازین (۰ تا ۱۰ روزگی)، دوره رشد (۱۱ تا ۲۸ روزگی) و دوره پایانی (۲۹ تا ۴۲ روزگی) در جدول ۱ آورده شده است. تنظیم جیره‌های آزمایشی براساس توصیه‌های مواد مغذی جدول احتیاجات غذایی راس ۳۰۸ (Aviagen, 2014) و با استفاده از نرم‌افزار جیره نویسی UFFDA[1] انجام شد. میزان فعالیت آنزیم A در هر کیلوگرم جیره: اندو–۱، ۴–بتا گلوکاناز (BGU 1500)، لندو–۱، ۴– بتا زایلاناز (FXU 3600)، میزان فعالیت آنزیم B در هر کیلوگرم جیره: بتا گلوکانازها (۱۴۰۰ واحد بین‌المللی)، زایلانازها (۶۶۰ واحد بین‌المللی). میزان فعالیت آنزیم C در هر کیلوگرم جیره: اندو– (۴)۱، ۳–بتا گلوکاناز (AGL 100)، اندو–۱، ۴– بتا زایلاناز (۱۱۰۰ ویسکو واحد بین‌المللی). خوراک و آب به‌صورت آزادانه در اختیار پرندگان قرار گرفت. قبل از فرموله کردن جیره ترکیبات اصلی جیره برای انرژی قابل متابولیسم ظاهری (AMEn)، پروفیل اسیدهای آمینه، پروتئین خام، فیبر خام، چربی خام و مقدار مواد معدنی پرمصرف به‌وسیله روش‌های AOAC تعیین شد. معادل ارزش تغذیه‌ای آنزیم‌ها در جیره‌های آزمایشی با توجه به جداول توصیه‌شده توسط شرکت‌های تولیدکننده آنزیم‌ها و بر اساس آزادسازی انرژی، پروتئین و سایر مواد مغذی بود. معادل ارزش تغذیه‌ای آنزیم‌های A[2]، B[3] و C[4] به‌ترتیب در جدول ۲ نشان داده‌شده است.

جدول ۱– اجزا و ترکیب جیره‌های آزمایشی در دوره آغازین، رشد و پایانی

Table 1. Ingredients and chemical composition of different treatments at starter, grower, and finisher period

| اجزای جیره Feed Ingredients | دوره آغازین (۰ تا ۱۰ روزگی) Starter period (0 to 10 days) | | | | دوره رشد (۱۱ تا ۲۸ روزگی) Grower period (11 to 28 days) | | | | دوره پایانی (۲۹ تا ۴۲ روزگی) Finisher period (28 to 42 days) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | شاهد Control | آنزیم A[1] Enzyme A | آنزیم B[1] Enzyme B | آنزیم C[1] Enzyme C | شاهد Control | آنزیم A Enzyme A | آنزیم B Enzyme B | آنزیم C Enzyme C | شاهد Control | آنزیم A Enzyme A | آنزیم B Enzyme B | آنزیم C Enzyme C |
| گندم Wheat | 60.00 | 64.6 | 65.00 | 65.00 | 63.00 | 65.92 | 67.20 | 65.50 | 69.10 | 71.80 | 70.70 | 70.00 |
| کنجاله سویا Soybean meal | 26.96 | 26.38 | 25.97 | 25.52 | 23.47 | 24.22 | 26.00 | 26.20 | 20.24 | 20.81 | 22.00 | 20.60 |
| کنجاله گلوتن Gluten meal | 2.40 | 1.91 | 2.09 | 1.76 | 4.48 | 2.50 | 0.71 | 1.59 | 1.60 | – | – | 1.10 |
| روغن سویا Soy oil | 4.80 | 2.37 | 1.78 | 2.62 | 4.47 | 3.18 | 1.97 | 3.19 | 5.80 | 4.30 | 3.49 | 5.00 |
| دی کلسیم فسفات Dicalcium Phosphate | 1.91 | 1.58 | 1.70 | 1.92 | 1.95 | 1.30 | 1.18 | 0.99 | 0.78 | 0.78 | 0.77 | 0.76 |
| کربنات کلسیم Calcium carbonate | 2.33 | 1.66 | 1.80 | 1.59 | 2.12 | 1.70 | 1.29 | 139 | 1.39 | 1.21 | 1.41 | 1.31 |
| نمک Salt | 0.32 | 0.30 | 0.32 | 0.30 | 0.32 | 0.32 | 0.34 | 0.30 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.32 |
| مکمل ویتامینه [2] Vitamin premix | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| مکمل مواد معدنی [3] Mineral premix | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| ال– لیزین هیدروکلرید L-Lysine hydrochloride | 0.73 | 0.54 | 0.47 | 0.47 | 0.43 | 0.11 | 0.43 | 0.04 | 0.04 | 0.02 | 0.51 | 0.13 |
| دی–ال متیونین DL-Methionine | 0.25 | 0.25 | 0.31 | 0.27 | 0.19 | 0.25 | 0.27 | 0.25 | 0.23 | 0.24 | 0.24 | 0.23 |
| آنالیز مواد خوراکی (بر حسب درصد) Calculated nutrient contents (%) | | | | | | | | | | | | |
| انرژی قابل متابولیسم ظاهری (kcal/kg) AME, kcal kg$^{-1}$ | 2860 | | | | 2900 | | | | 3020 | | | |
| پروتئین خام Crude protein | 21.40 | | | | 21.60 | | | | 19.00 | | | |
| لیزین Lysine | 1.36 | | | | 1.01 | | | | 1.02 | | | |
| متیونین+ سیستئین Methionine+cycteine | 1.03 | | | | 0.77 | | | | 0.81 | | | |
| کلسیم Calcium | 0.95 | | | | 0.83 | | | | 0.80 | | | |
| فسفر قابل‌دسترس Available Phospherous | 0.50 | | | | 0.41 | | | | 0.39 | | | |
| سدیم Sodium | 0.15 | | | | 0.15 | | | | 0.15 | | | |

۱– میزان مصرف آنزیم‌ها در جیره به‌ترتیب: آنزیم A: ۱۷۰ گرم در کیلوگرم جیره، آنزیم B: ۶۰۰ گرم در کیلوگرم جیره، آنزیم C: ۵۰۰ گرم در کیلوگرم جیره.

۲– مکمل ویتامینه در هر کیلوگرم جیره تأمین‌کننده: ویتامین آ ۹۰۰۰ واحد بین‌المللی، ویتامین دی (کوله کلسیفرول) ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی، ویتامین ای ۱۸ واحد بین‌المللی، ویتامین کا ۲

1- User-Friendly Feed Formulation Done 2- Grind enzyme 3- Rovabio 4- Safizyme

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2025-02-23 ]
[ DOI: 10.61186/rap.15.4.1 ]

میلی‌گرم، ریبوفلاوین ۶/۶ میلی‌گرم، اسید پانتوتنیک ۱۰ میلی‌گرم، پیریدوکسین ۳ میلی‌گرم، اسیدفولیک ۱ میلی‌گرم، تیامین ۱/۸ میلی‌گرم، سیانوکبالامین ۱۵ میکروگرم، بیوتین ۰/۱ میلی‌گرم، کولین کلراید ۵۰۰ میلی‌گرم و اتوکسی‌کوئین ۰/۱ میلی‌گرم.

۳- مکمل معدنی در در هر کیلوگرم جیره تأمین‌کننده: سلنیم ۰/۲ میلی‌گرم، ید ۱ میلی‌گرم، مس ۱۰ میلی‌گرم، آهن ۵۰ میلی‌گرم، روی ۸۵ میلی‌گرم و منگنز ۱۰۰ میلی‌گرم

جدول ۲- میزان معادل ارزش تغذیه‌ای آنزیم‌ها

Table 2. Nutrient matrix values of enzme A for broiler

| | آنزیم A Enzyme A | | آنزیم B Enzyme B | | آنزیم C Enzyme C | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | معادل Matrix value | میزان آزاد شده Amount released | معادل Matrix value | میزان آزاد شده Amount released | معادل Matrix value | میزان آزاد شده Amount released |
| انرژی قابل متابولیسم (kcal/kg) Metabolizable energy (kcal/kg) | 781790 | 139 | 347240 | 208 | 170000 | 85 |
| پروتئین (٪) Protein (%) | 36.20 | 0.06 | 11.0 | 0.06 | 80.50 | 0.40 |
| لیزین (٪) Lysine (%) | 8 | 0/01 | 23 | 0/14 | 30 | 015 |
| متیونین+ سیستئین (٪) Methionine+cycteine (%) | 6 | 0/01 | 46 | 0/28 | 23 | 012 |
| ترئونین (٪) Threonine (%) | 7.00 | 0.01 | 6.33 | 0.04 | 8.00 | 0.04 |

**عملکرد**

وزن جوجه‌ها و میزان خوراک مصرفی مربوط به هر واحد آزمایشی به‌ترتیب در سنین ۱، ۱۰، ۲۸ و ۴۲ بر حسب روز مرغ ثبت گردید و ضریب تبدیل خوراک با احتساب این داده‌ها در هر دوره پرورش محاسبه شد.

**خصوصیات لاشه، دستگاه گوارش**

در سن ۲۳ و ۴۳، دو قطعه جوجه از هر واحد آزمایشی (۱۰ پرنده به‌ازای هر تیمار) که وزنی برابر با میانگین واحد آزمایشی داشتند برای اندازه‌گیری وزن ران و سینه و وزن و طول بخش‌های مختلف دستگاه گوارش انتخاب شدند. چربی محوطه بطنی، طحال، کبد (بدون کیسه صفرا)، پانکراس، دئودنوم (از سنگدان تا ورودی مجاری صفرا و پانکراس)، ژژنوم (از ورودی مجراها تا کیسه زرده)، ایلئوم (از کیسه زرده تا اتصال ایلئو-سکال) و سکوم چپ بعد از شستشوی آن‌ها با آب وزن‌کشی شدند و وزن نسبی این اندام‌ها به ازای هر ۱۰۰ گرم وزن زنده تعیین شد. همچنین طول هر سه بخش روده کوچک و سکوم بر اساس سانتی‌متر به ازای صد گرم وزن زنده گزارش شد. اندازه‌گیری فراسنجه‌های مربوط به دستگاه گوارش بر اساس روش برینز و همکاران (Brenes *et al*., 1993) بود.

**گران‌روی محتویات دستگاه گوارش و رطوبت بستر**

در ۲۳ روزگی، دو پرنده از هر واحد آزمایشی که وزنی نزدیک به میانگین وزن هر واحد آزمایشی داشتند انتخاب و با استفاده از دی‌اکسید کربن خفه شدند. محتویات ژژنوم جمع‌آوری‌شده و مطابق روش لازارو جهت تعیین گران‌روی جمع‌آوری شدند. در ۲۳ روزگی، دو جوجه (۱۰ پرنده به‌ازای هر تیمار) که وزنی برابر با میانگین واحد آزمایشی داشتند انتخاب شدند و به‌وسیله گاز دی‌اکسید کربن خفه شدند. ژژنوم (از ورودی مجاری صفرا و پانکراس تا کیسه زرده) جوجه‌ها به‌صورت بهداشتی شکافته شد سپس محتویات مواد هضمی آن‌ها جمع‌آوری و برای هر تکرار مخلوط شدند، روش اندازه‌گیری گران‌روی محتویات ژژنوم بر اساس روش لازارو و همکاران (Lázaro *et al*., 2004) بود. بدین‌صورت مواد هضمی هموژنیزه شدند، دو عدد میکروتیوب ۱/۵ گرمی برای هر تکرار از این محتویات پرشدند، سپس با دور ۵۰۰،۱۲ به‌مدت ۳ دقیقه سانتریفیوژ شدند. ویسکوزیته (برحسب سنتی پویز) ۰/۵ میلی‌لیتر از مایع رویی حاصل از سانتریفیوژ با استفاده از ویسکومتر دیجیتالی (مدل DV-III, Brookfield Engineering Laboratories Inc., Stoughton, MA) در $25^{o}C$ تعیین شد. هر نمونه چهار مرتبه تکرار شد و میانگین آن برای آنالیز آماری استفاده شد.

**نسبت آب به خوراک مصرفی و رطوبت بستر**

در روزهای ۵، ۱۵، ۲۵، ۳۴ و ۴۰ میزان آب و خوراک مصرفی به‌مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شدند و نسبت آب به خوراک مصرفی در این روزها تعیین شد. برای تعیین رطوبت بستر در پایان دوره (۴۳ روزگی)، میزان ۲۰۰ گرم نمونه تهیه شد به‌صورتی‌که تعداد ۵ نمونه از هر ۵ گوشه هر واحد آزمایشی جمع‌آوری شدند. این نمونه‌ها یک‌بار به‌صورت مرطوب وزن شدند و سپس در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند و از تفاوت این وزن میزان رطوبت بستر تعیین شد.

**آنالیز آماری**

مدل آماری مورداستفاده در این مطالعه به صورت زیر تعریف شد:

$$Yij = \mu + Ti + \epsilon ij$$

به‌طوری‌که Yij:مقدار هر مشاهده؛ μ:میانگین جامعه؛Ti: اثر تیمار آزمایشی و eij: اثر خطای آزمایشی است. داده‌های به‌دست‌آمده از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS و با استفاده از رویه GLM در قالب طرح کامل تصادفی (۴ تیمار، ۵ تکرار و ۱۵ پرنده در هر واحد آزمایشی) آنالیز شدند. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام شد.

## نتایج و بحث

عملکرد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی در دوره‌های آغازین، رشد، پایانی و کل دوره در جدول ۲ نشان داده‌شده است.

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2025-02-23 ]

[ DOI: 10.61186/rap.15.4.1 ]

در دوره‌های آغازین، پایانی و در کل دوره مصرف خوراک تحت تأثیر مصرف آنزیم قرار نگرفت. این در حالی است که تنها در دوره رشد و تنها افزودن آنزیم B به جیره بر پایه دانه گندم موجب افزایش میانگین مصرف خوراک روزانه را به‌صورت معنی‌داری در مقایسه با جیره شاهد شد (p<0/05). نتایج مربوط به دوره پایانی و کل دوره با نتایج سنکولیو و همکاران (Senkoylu & Akyurek, 2004) و انبرگ و همکاران (Engberg *et al*., 2004) مطابقت داشت. هرچند افزودن آنزیم در کل دوره به‌صورت معنی‌داری مصرف خوراک را تحت تأثیر قرار نداد اما در جیره‌های حاوی آنزیم‌های A و C روند مصرف خوراک در مقایسه با جیره پایه روند افزایشی نشان داد که این نتیجه می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر این آنزیم‌ها در افزایش قابلیت هضم مواد مغذی باشد. این در حالی است که آنزیم C این رویه افزایش در مصرف خوراک را نشان نداد. گزارش‌شده است که حضور پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای به‌خصوص انواع محلول آن در گندم است که ایجاد یک توده چسبنده در دستگاه گوارش می‌کند. این توده سرعت انتقال مواد هضمی را کاهش می‌دهند و درنهایت موجب بروز سیری فیزیکی پیش از سیری شیمیایی می‌گردد (Matthiesen *et al*., 2021). در مطالعات مختلفی افزودن آنزیم با منشأ برون‌زادی باعث تغییر ساختار و شکستن پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای در طول دستگاه گوارش شد (Senkoylu & Akyurek, 2004). این فرایند باعث جابه‌جایی آزادانه آنزیم‌ها در خوراک و همین‌طور حیوان میزبان شده و بهبود مصرف خوراک و عملکرد را در بردارد (Perera *et al*., 2019).

در دوره آغازین، تنها افزودن آنزیم A به جیره بر پایه گندم موجب افزایش میانگین افزایش روزانه پرندگان شد (p<0/05). در دوره‌های رشد، پایانی و در کل دوره نیز آنزیم‌های A و B میانگین افزایش وزن روزانه را بهبود داد (p<0/05) که این نتایج با نتایج دیگر محققین مطابقت دارد (Leeson *et al*., 2000; Shirzadi *et al*., 2009). ضریب تبدیل خوراکی در دوره آغازین تحت تأثیر مصرف آنزیم قرار نگرفت که با نتیجه گراسیا و همکاران (García *et al*., 2008) مطابقت دارد. در دوره‌های رشد، پایانی و در کل دوره استفاده از معادل ارزش تغذیه‌ای برای آنزیم‌های A و B ضریب تبدیل را بهبود بخشید (p<0/05) که این نتایج نیز با یافته‌های سایر محققین همسو می‌باشد (Kalantar *et al*., 2017; Kiarie *et al*., 2017; Senkoylu & Akyurek, 2004). علت تأثیر آنزیم در بهبود وزن‌گیری و ضریب تبدیل می‌تواند مربوط به مرحله بعد از هضم و پس از تأثیر آنزیم بر شکستن پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای باشد که موجب آزادسازی مواد مغذی احاطه‌شده توسط آرابینوزایلان در گندم می‌شود که درنهایت به‌شکل انرژی، پروتئین و اسیدهای آمینه مورداستفاده حیوان قرار می‌گیرد. این در حالی است که در هیچ دوره پرورشی آنزیم C نتوانست میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراکی را بهبود ببخشد. همان‌طور که اشاره شد مبنای استفاده از آنزیم در جیره بر پایه گندم، لحاظ کردن معادل ارزش تغذیه‌ای آن‌ها بود؛ به‌عبارت دیگر، به آنزیم به‌عنوان یک منبع مواد مغذی توجه شد و بنا بود بخشی از مواد مغذی موردنیاز پرندگان برای عملکرد مناسب از طریق آنزیم در جیره گنجانده شود. عدم موفقیت آنزیم C در جیره بر پایه دانه گندم و کنجاله سویا می‌تواند به این دلیل باشد که مقادیر انرژی، پروتئین و سایر مواد مغذی که توسط شرکت‌های سازنده آنزیم ادعاشده است در صورت افزودن آنزیم به جیره آزاد می‌شود، برآورده نشده است و این کمبود انرژی، پروتئین و مواد مغذی برآورده نشده به‌صورت کاهش عملکرد پرندگان خود را نشان داده است.

جدول ۳- عملکرد جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی در دوره‌های آغازین، رشد، پایانی و کل دوره
Table 3. Effect of dietary treatments on the performance of broiler chicks at starter, grower, and finisher period

| تیمار treatment | آغازین (۰ تا ۱۰ روزگی) Starter period (0 to 10 days) | | | رشد (۱۱ تا ۲۸ روزگی) Grower period (11 to 28 days) | | | پایانی (۲۹ تا ۴۲ روزگی) Finisher period (28 to 42 days) | | | کل دوره (۰ تا ۴۲ روزگی) Overall period (0 to 42 days) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ADFI[۱] | ADG[۲] | FCR[۳] | ADFI | ADG | FCR | ADFI | ADG | FCR | ADFI | ADG | FCR |
| گروه شاهد Control group | 24.58 | 18.01 [b] | 1.33 | 90.37[b] | 50.43[b] | 1.79[a] | 176.11 | 80.03[b] | 2.20[a] | 101.28 | 51.67[b] | 1.96[a] |
| آنزیم A Enzyme A | 26.74 | 21.87[a] | 1.22 | 92.66[ab] | 58.81[a] | 1.57[b] | 177.65 | 85.97[a] | 2.06[b] | 103.29 | 57.70[a] | 1.79[b] |
| آنزیم B Enzyme B | 25.30 | 18.35[b] | 1.37 | 94.30[a] | 59.34[a] | 1.59[b] | 175.91 | 83.16[a] | 2.12[ab] | 102.24 | 55.90[a] | 1.84[b] |
| آنزیم C Enzyme C | 25.10 | 18.45[b] | 1.35 | 93.34[ab] | 52.43[b] | 1.78[a] | 174.57 | 79.48[d] | 2.18 [a] | 102.17 | 52.38[b] | 1.95[a] |
| SEM | 0.853 | 0.438 | 0.022 | 1.539 | 1.044 | 0.020 | 4.750 | 2.393 | 0.018 | 2.153 | 0.976 | 0.017 |
| p value | 0.2102 | 0.0091 | 0.0804 | 0.0214 | 0.02312 | 0.0102 | 0/1203 | 0.0383 | 0.0061 | 0.1501 | 0.0411 | 0.0310 |

[a-d] حروف غیرمشابه در هر ستون نشانه وجود تفاوت معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین گروه‌های آزمایشی می‌باشد.
[a-d]Means within a row without common superscripts differ significantly, p < 0.05.

[۱]- میانگین خوراک مصرفی روزانه (گرم در روز).
Average daily feed intake (ADFI)

[۲]- میانگین افزایش وزن روزانه (گرم در روز)
Average daily gain (ADG).

[۳]- ضریب تبدیل غذایی (گرم خوراک مصرفی به گرم میانگین افزایش وزن روزانه
Feed conversion ratio (FCR).

**طول و وزن نسبی اندام‌های دستگاه گوارش و صفات لاشه**

اثر جیره‌های آزمایشی بر وزن و طول بخش‌های مختلف دستگاه گوارش جوجه‌های مورد آزمایش در سن ۲۳ و ۴۲ روزگی به‌ترتیب در جداول ۳ و ۴ نشان داده‌شده است.

نتایج تأثیر آنزیم روی فراسنجه‌های مربوط به دستگاه گوارش در ۲۳ روزگی نشان داد آنزیم هیچ‌گونه تأثیر معنی‌داری روی وزن نسبی چربی بطنی، پانکراس، کبد، طول وزن نسبی دئودنوم، ژژونوم، ایلئوم و سکوم نداشت، که با نتایج مطالعه شیرزادی و همکاران (Shirzadi *et al*., 2009) که تأثیر افزودن چهار مولتی آنزیم تجاری به‌صورت سرک بر جیره‌های بر پایه گندم و جو را موردبررسی قراردادند و همچنین سیو و همکاران (Sieo *et al*., 2005) و الم و همکاران (Alam *et al*., 2003) مطابقت دارد. درحالی‌که درصد لاشه و وزن نسبی ران تحت تأثیر آنزیم قرار نگرفت،

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2025-02-23 ]
[ DOI: 10.61186/rap.15.4.1 ]

وزن نسبی سینه در جیره حاوی آنزیم A به‌صورت معنی‌داری کمتر از گروه شاهد و تیمارهای حاوی آنزیم C بود، درحالی‌که بین تیمار حاوی آنزیم A و B تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. هرچند مکانیسم کاهش وزن نسبی سینه در تیمار حاوی آنزیم A دقیقاً مشخص نیست اما به‌نظر می‌رسد که مصرف آنزیم A در جیره گندم-کنجاله سویا بیش از سایر آنزیم‌های B و C موجب افزایش وزن سر، گردن و بخش پشتی لاشه شده باشد. با توجه به نتایج مربوط به گران روی محتویات روده، آنزیم A از لحاظ عددی بیش از سایر آنزیم‌ها باعث کاهش گران‌روی محتویات ژژنوم شد. به‌نظر می‌رسد این کاهش نیز به‌نوبه خود از طریق کاهش جمعیت برخی میکروب‌های روده به‌خصوص استرپتوکوکوس فاسیوم[1] و کلوستریدیوم پرفرنژنس[2] باعث دکنژوگه شدن نمک‌های صفراوی شده است که باعث افزایش جذب چربی و ویتامین‌های محلول در چربی به‌خصوص ویتامین D در پرزهای روده می‌شود (Knarreborg *et al*., 2004). به‌نظر می‌رسد درنتیجه افزایش جذب ویتامین D، چگالی و وزن استخوان‌ها، سر، گردن و بخش پشتی لاشه در مقایسه با سینه بیشتر افزایش پیداکرده و درنهایت موجب کاهش وزن نسبی سینه در پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی آنزیم A شده است. این نتایج با نتایج نوبخت و همکاران همسو می‌باشد (Nobakht *et al*., 2012).

در سن ۴۳ روزگی، وزن نسبی چربی بطنی به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر مصرف آنزیم‌های A و B افزایش یافت ($p<0/05$) که همسو با نتایج امراه و همکاران (Amerah *et al*., 2015) می‌باشد. افزایش معنی‌دار چربی در محوطه شکمی را می‌توان درنتیجه افزایش فزاینده انرژی در دسترس پرندگان در اثر افزودن آنزیم به جیره بر پایه گندم دانست که مازاد آن به‌صورت چربی در بدن حیوان ذخیره شد. با توجه به این‌که استفاده از آنزیم‌ها بر اساس معادل ارزش تغذیه‌ای آن‌ها بوده، به‌نظر می‌رسد افزودن آنزیم‌های A و B موجب آزادسازی انرژی بیش از میزان برآورده شده شرکت‌های تولیدی آن‌ها شده باشد. افزودن آنزیم به جیره پایه تأثیر معنی‌داری بر وزن نسبی پانکراس، کبد، طول و وزن نسبی دودونوم، ژژونوم، ایلئوم و سکوم نداشت، که با نتایج الم و همکاران (Alam *et al*., 2003) نیز مطابقت دارد. تنها در ۴۳ روزگی، طول دئودنوم در تیمار حاوی آنزیم C به‌صورت معنی‌داری بیشتر از تیمارهای حاوی آنزیم‌های A و B بود.

جدول ۴- اثر جیره‌های آزمایشی بر وزن و طول بخش‌های مختلف دستگاه گوارش جوجه‌های گوشتی در ۲۳ روزگی
Table 4. Effect of dietary treatments on relative length and weight of some characteristics of gastrointestinal tract of broiler chicks at 23 day.

| *p value* | SEM | آنزیم C<br>Enzyme C | آنزیم B<br>Enzyme B | آنزیم A<br>Enzyme A | گروه شاهد<br>Control group | فراسنجه‌ها |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | اوزان نسبی اندام‌ها (گرم به‌ازای هر ۱۰۰ گرم وزن زنده)<br>Relative weight of organs (gr per 100 gr live weight) | | | |
| 0.1260 | 0.090 | 0.81 | 0.81 | 0.84 | 0.79 | چربی محوطه بطنی<br>Abdominal fat |
| 0.2121 | 0.023 | 0.46 | 0.46 | 0.45 | 0.47 | پانکراس<br>Pancreas |
| 0.0982 | 0.202 | 4.01 | 3.88 | 3.94 | 3.90 | کبد<br>Liver |
| 0.1550 | 0.084 | 1.98 | 1.12 | 1.13 | 2.16 | دئودنوم<br>duodenum |
| 0.0690 | 0.211 | 2.17 | 1.93 | 1.85 | 2.07 | ژژنوم<br>jejunum |
| 0.9701 | 0.220 | 2.02 | 1.70 | 1.64 | 2.20 | ایلئوم<br>ileum |
| | | | طول نسبی اندام‌ها (سانتی‌متر به‌ازای هر ۱۰۰ گرم وزن زنده)<br>Relative length of organs (cm per 100 g of live weight) | | | |
| 0.2407 | 0.170 | 3.21 | 2.80 | 2.73 | 3.12 | دئودنوم<br>duodenum |
| 0.1324 | 0.445 | 6.94 | 6.12 | 5.80 | 7.13 | ژژنوم<br>jejunum |
| 0.7800 | 0.281 | 5.96 | 5.54 | 5.12 | 6.10 | ایلئوم<br>ileum |

[a-d] حروف غیرمشابه در هر ستون نشانه وجود تفاوت معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بین گروه‌های آزمایشی می‌باشد.
[a-d]Means within a row without common superscripts differ significantly, $p < 0.05$.

1- *Streptococcus faecium*
2- *Clostridium perfringens*

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2025-02-23 ]
[ DOI: 10.61186/rap.15.4.1 ]

جدول ۵- اثر جیره‌های آزمایشی بر وزن و طول بخش‌های مختلف دستگاه گوارش و صفات لاشه جوجه‌های گوشتی در سن ۴۳ روزگی
Table 5. Effect of dietary treatments on relative length and weight of some characteristics of gastrointestinal tract and breast and thigh yield of broiler chicks at 43 day

| *p value* | SEM | آنزیم C Enzyme C | آنزیم B Enzyme B | آنزیم A Enzyme A | گروه شاهد Control group | فراسنجه‌ها Items |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | اوزان نسبی اندام‌ها (گرم به‌ازای هر ۱۰۰ گرم وزن زنده) Relative weight of organs (gr per 100 gr live weight) | | | |
| 0.2113 | 0.723 | 68.78 | 70.12 | 69.30 | 69.56 | درصد لاشه Carcass yield |
| 0.0381 | 0.389 | 32.25$^{a}$ | 31.91$^{ab}$ | 30.12$^{b}$ | 32.56$^{a}$ | سینه Breast |
| 0.8203 | 0.310 | 28.60 | 28.47 | 29/10 | 28.45 | ران Thigh |
| 0.0110 | 0.092 | 1.24$^{b}$ | 1.72$^{a}$ | 1.83$^{a}$ | 1.26$^{b}$ | چربی حفره بطنی Abdominal fat |
| 0.3103 | 0.033 | 0.27 | 0.24 | 0.23 | 0.26 | پانکراس Pancreas |
| 0.1864 | 0.113 | 2.44 | 2.09 | 2.26 | 2.18 | کبد liver |
| 0.1995 | 0.068 | 0.61 | 0.55 | 0.56 | 0.61 | دئودنوم duodenum |
| 0.0698 | 0.118 | 1.33 | 1.19 | 1.08 | 1.38 | ژژنوم jejunum |
| 0.1394 | 0.123 | 1.10 | 1.05 | 1.07 | 1.10 | ایلئوم ileum |
| 0.2007 | 0.023 | 0.25 | 0.25 | 0.23 | 0.25 | سکوم caecum |
| | | | طول نسبی اندام‌ها (سانتی‌متر به‌ازای هر ۱۰۰ گرم وزن زنده) Relative length of organs (cm per 100 gr live weight) | | | |
| 0.0370 | 0.056 | 1.61$^{a}$ | 1.35$^{b}$ | 1.20$^{b}$ | 1.49$^{ab}$ | دئودنوم duodenum |
| 0.1502 | 0.122 | 4.24 | 3.94 | 3.77 | 4.18 | ژژنوم jejunum |
| 0.1508 | 0150 | 4.41 | 3.55 | 3.48 | 4.27 | ایلئوم ileum |
| 0.2343 | 0.075 | 0.97 | 0.94 | 0.94 | 0.99 | سکوم caecum |

$^{a-d}$ حروف غیرمشابه در هر ستون نشانه وجود تفاوت معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین گروه‌های آزمایشی می‌باشد.
$^{a-d}$Means within a row without common superscripts differ significantly, p < 0.05.

**نسبت آب به خوراک مصرفی و رطوبت بستر**

اثر جیره‌های آزمایشی بر جوجه‌های مورد آزمایش در روزهای ۵، ۱۵، ۲۵، ۳۴ و ۴۰ در جدول ۴ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد که نسبت آب به خوراک مصرفی در روزهای ۵، ۱۵، ۳۴ و ۴۰ و رطوبت بستر تحت تأثیر مصرف آنزیم قرار نگرفت، که این نتایج با نتایج لیسِن و همکاران (Leeson *et al*., 2000) مطابقت داشت. تنها افزودن آنزیم A به جیره پایه و تنها در ۲۵ روزگی نسبت آب به خوراک مصرفی را به‌صورت معنی‌داری کاهش داد که این نتایج هم با نتایج لیسون و همکاران (Leeson *et al*., 2000) مطابقت دارد. گزارش‌شده است که پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای در گندم و جو در لایه آلورون عمدتاً محلول در آب هستند و از واحدهای گلوکز با زنجیر اصلی ۱ و ۴ و پیوندهای ۱ و ۳ در زنجیر جانبی تشکیل‌شده‌اند (Choct *et al*., 2004). حضور پیوند ۱ و ۳ بتا و ساختار شاخه‌ای آن از تاخوردگی مولکول‌ها جلوگیری می‌کند و توانایی نگهداری آب را افزایش می‌دهد که این منتج به افزایش گران روی و خصوصیات ژل‌مانند می‌شود (Fadel *et al*., 1987) که درنهایت موجب افزایش مصرف آب در حیوانات می‌گردد. ویفن لی و همکاران (Li *et al*., 2004) پیشنهاد کردند که علت کاهش میزان آب مصرفی و رطوبت بستر در هنگام مصرف آنزیم به‌هنگام مصرف آنزیم در ارتباط با شکسته شدن پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای اندوسپرم دیواره سلولی و همچنین کاهش گران‌روی مواد هضمی در روده کوچک می‌باشد. به هر حال هرچند نسبت آب به خوراک مصرفی در روزهای ۵، ۱۵، ۳۴ و ۴۰ و رطوبت بستر با افزودن آنزیم به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر قرار نگرفت اما این نسبت در جیره‌های حاوی آنزیم‌های A و B روند کاهشی نشان داد که می‌تواند نشان دهند تأثیر این دو آنزیم در کاهش میزان اثرات منفی آرابینوزایلان و بتاگلوکان موجود در گندم دارد.

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2025-02-23 ]
[ DOI: 10.61186/rap.15.4.1 ]

جدول ۶- اثر جیره‌های آزمایشی بر نسبت آب به خوراک مصرفی، گران‌روی محتویات ژژنوم و رطوبت بستر جوجه‌های گوشتی
Table 6. Effect of treatments on water intake, jejunal content viscosity, and litter moisture

| فراسنجه‌ها Items | گروه شاهد Control group | آنزیم A Enzyme A | آنزیم B Enzyme B | آنزیم C Enzyme C | SEM | *p value* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| نسبت آب به غذا (میلی‌لیتر به گرم) Water to feed ratio, mL/g | | | | | | |
| ۵ روزگی Day 5 | 2.47 | 2.29 | 2.26 | 2.53 | 0.167 | 0.0690 |
| ۱۵ روزگی Day 15 | 2.35 | 2.11 | 2.23 | 2.40 | 0.183 | 0.1007 |
| ۲۵ روزگی Day 25 | 2.71[a] | 1.95[b] | 2.38[ab] | 2.66[a] | 0.206 | 0.0284 |
| ۳۳ روزگی Day 33 | 2.59 | 2.23 | 2.27 | 2.64 | 0.178 | 0.9202 |
| ۴۰ روزگی Day 40 | 2.79 | 2.26 | 2.16 | 2.40 | 0.176 | 0.1759 |
| گران‌روی محتویات ژژنوم (سانتی پواز) Jejunal viscosity (cps) | | | | | | |
| ۲۳ روزگی Day 23 | 1.97[a] | 1.29[b] | 1.59[ab] | 1.83[a] | 0/062 | 0.0159 |
| pH ژژنوم Jejunal pH | | | | | | |
| ۲۳ روزگی Day 33 | 6.23 | 6.16 | 6.11 | 6.21 | 0.075 | 0.2338 |
| رطوبت بستر (درصد) litter moisture (%) | | | | | | |
| ۴۳ روزگی Day 43 | 19.22 | 13.69 | 16.86 | 18.16 | 1.845 | 0.0886 |

[a-d] حروف غیرمشابه در هر ستون نشانه وجود تفاوت معنی‌دار (p<۰/۰۵) بین گروه‌های آزمایشی می‌باشد.
[a-d]Means within a row without common superscripts differ significantly, p < 0.05.

**گران‌روی و pH محتویات ژژنوم**

اثر آنزیم بر گران‌روی و pH محتویات ژژنوم در جدول ۶ نشان داده‌شده است. نتایج نشان داد که تنها افزودن آنزیم A به جیره پایه در ۲۳ روزگی گران‌روی محتویات دستگاه گوارش را کاهش داد (p<0/05) که مطابق نتایج لیسِن و همکاران (Leeson *et al*., 2000) است. همچنین گارسیا و همکاران (García *et al*., 2008) گزارش کردند که مکمل آنزیمی گران‌روی محتویات ژژنوم جوجه‌های تغذیه شده با جیره بر پایه جو را در ۷، ۲۸ و ۴۲ روزگی کاهش می‌دهد. شکستن پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای به پلیمرهای کوچک‌تر در روده از شکل‌گیری شبکه‌ای چسبنده جلوگیری می‌کند (Perera *et al*., 2019). سل و همکاران (Selle *et al*., 2022) گزارش کردند بخش‌های بتاگلوکان و آرابینوزایلان دیواره سلولی با دیگر ترکیبات شکل‌دهنده مولکول‌های با وزن مولکولی خیلی بالا (۴×۱۰$^{۷}$ دالتون) متصل می‌شوند و مولکول‌های بزرگ‌تر تأثیر بیشتری روی میزان گران‌روی و چسبندگی دارند. به‌نظر می‌رسد تنها افزودن آنزیم A به‌طور چشمگیری اندازه این کمپلکس‌ها را کاهش داد و از این طریق باعث کاهش گران‌روی شد (Krogh Madsen *et al*., 2018). این در حالی بود که بین سایر جیره‌های حاوی آنزیم و جیره شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. pH محتویات روده تحت تأثیر افزودن آنزیم قرار نگرفت.

## نتیجه‌گیری کلی

با توجه به عملکرد پرندگان، استفاده از دو آنزیم A و B ضریب تبدیل غذایی و میانگین افزایش وزن روزانه را به‌صورت معنی بهبود بخشیدند، به‌نظر می‌رسد معادل ارزش تغذیه‌ای این دو آنزیم به‌میزان ادعاشده نزدیک باشد و می‌توان در جیره‌نویسی جیره‌های حاوی دانه گندم جهت کاهش هزینه یک کیلوگرم خوراک و بهبود عملکرد جوجه‌های گوشتی مورداستفاده قرار گیرد. همچنین، نتایج آزمایش حاضر نشان داد که استفاده از معادل ارزش تغذیه‌ای برای آنزیم C تأثیر معنی‌داری بر عملکرد جوجه‌های گوشتی نداشت و می‌توان برای اطمینان بیشتر به آزمایش‌ها دیگری طراحی شود تا معادل ارزش تغذیه‌ای این آنزیم ارزشیابی شود.

## References

Alam, M., Howlider, M., Pramanik, M., & Haque, M. (2003). Effect of exogenous enzyme in diet on broiler performance. *International Journal of Poultry Science*, *2*(2), 168-173.

Amerah, A., Van de Belt, K., & van Der Klis, J. (2015). Effect of different levels of rapeseed meal and sunflower meal and enzyme combination on the performance, digesta viscosity and carcass traits of broiler chickens fed wheat-based diets. *Animal*, *9*(7), 1131-1137.

Anwar, U., Riaz, M., Farooq Khalid, M., Mustafa, R., Farooq, U., Ashraf, M., ... & Rahman, M. A. U. (2023). Impact of exogenous xylanase and phytase, individually or in combination, on performance, digesta viscosity and carcass characteristics in broiler birds fed wheat-based diets. *Animals*, *13*(2), 278.

Aviagen, W. (2014). Ross 308 broiler nutrition specifications. *Aviagen: Huntsville, AL, USA*.

Bautil, A., Verspreet, J., Buyse, J., Goos, P., Bedford, M., & Courtin, C. (2019). Age-related arabinoxylan hydrolysis and fermentation in the gastrointestinal tract of broilers fed wheat-based diets. *Poultry Science*, *98*(10), 4606-4621.

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2025-02-23 ]

[ DOI: 10.61186/rap.15.4.1 ]

Brenes, A., Smith, M., Guenter, W., & Marquardt, R. (1993). Effect of enzyme supplementation on the performance and digestive tract size of broiler chickens fed wheat-and barley-based diets. *Poultry Science*, *72*(9), 1731-1739.

Choct, M., Kocher, A., Waters, D., Pettersson, D., & Ross, G. (2004). A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, *92*(1), 53-61.

Council, N. R. (1994). *Nutrient requirements of poultry: 1994*. National Academies Press.

Daymeh, S., Afzali, N., & Bashtini, M. (2016). Effect of revabio in diets containing wheat bran on growth performance, some blood metabolites and absorbing of mineral elements in broilers chickens. *Research on Animal Production*, *7*, 33-43. [In Persian]

Engberg, R., Hedemann, M., Steenfeldt, S., & Jensen, B. (2004). Influence of whole wheat and xylanase on broiler performance and microbial composition and activity in the digestive tract. *Poultry Science*, *83*(6), 925-938.

Fadel, J., Newman, R., Newman, C., & Barnes, A. (1987). Hypocholesterolemic effects of beta-glucans in different barley diets fed to broiler chicks. *Nutrition Reports International*, *35*(5), 1049-1058.

García, M., Lázaro, R., Latorre, M., Gracia, M., & Mateos, G. (2008). Influence of enzyme supplementation and heat processing of barley on digestive traits and productive performance of broilers. *Poultry Science*, *87*(5), 940-948.

Hajati, H. (2010). Effects of enzyme supplementation on performance, carcass characteristics, carcass composition and some blood parameters of broiler chicken. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, *5*(3), 221-227.

Kalantar, M., Khajali, F., Yaghobfar, A., Pourreza, J., & Akbari, M. (2017). Effects of COMBO® Enzyme Supplemented Wheat and Wheat Bran Diet on Growth Performance and Digesta Physicochemical Properties of Broilers [Research]. *Research on Animal Production*, *8*(15), 49-57. https://doi.org/10.29252/rap.8.15.49 [In Persian]

Kiarie, E., Walsh ,M., Romero, L., Arent, S., & Ravindran, V. (2017). Nutrient and fiber utilization responses of supplemental xylanase in broiler chickens fed wheat based diets are independent of the adaptation period to test diets. *Poultry Science*, *96*(9), 3239-3245.

Knarreborg, A., Lauridsen, C., Engberg, R. M., & Jensen, S. K. (2004). Dietary antibiotic growth promoters enhance the bioavailability of α-tocopheryl acetate in broilers by altering lipid absorption. *The Journal of Nutrition*, *134*(6), 1487-1492.

Krogh Madsen, C., Pettersson, D., Hjortshøj, R., Katholm, A., & Brinch-Pedersen, H. (2018). Superior growth rates in broilers fed wheat with low in vitro feed-xylanase inhibition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *66*(16), 4044-4050.

Lázaro, R., Latorre, M., Medel, P., Gracia, M., & Mateos, G. (2004). Feeding regimen and enzyme supplementation to rye-based diets for broilers. *Poultry Science*, *83*(2), 152-160.

Leeson, S., Caston, L., Kiaei, M., & Jones, R. (2000). Commercial enzymes and their influence on broilers fed wheat or barley. *Journal of Applied Poultry Research*, *9*(2), 242-251.

Li, W.-F., Feng, J., Xu, Z.-R., & Yang, C.-M. (2004). Effects of non-starch polysaccharides enzymes on pancreatic and small intestinal digestive enzyme activities in piglet fed diets containing high amounts of barley. *World Journal of Gastroenterology*, *10*(6), 856.

Matthiesen, C. F., Pettersson, D., Smith, A., Pedersen, N. R., & Storm, A. C. (2021). Exogenous xylanase improves broiler production efficiency by increasing proximal small intestine digestion of crude protein and starch in wheat-based diets of various viscosities. *Animal Feed Science and Technology*, *272*, 114739.

Nobakht, A., Mahini., F., & S, K. (2012). The Effects of Using Three Commercial Enzyme on Performance and Carcass Traits of Broiler Chickens Fed Wheat - Barley- Soy Based Diets. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *4*(1), 32-38. https://doi.org/10.22067/ijasr.v4i1.13909

Perera, W., Abdollahi, M., Zaefarian, F., Wester, T., Ravindran, G., & Ravindran, V. (2019). Influence of inclusion level of barley in wheat-based diets and supplementation of carbohydrase on growth performance, nutrient utilisation and gut morphometry in broiler starters. *British Poultry Science*, *60*(6), 736-748.

Polovinski-Horvatović, M. (2021). A Mini Review of the Effects of NSP and Exogenous Enzymes in Broiler Diets on Digestibility and Some Intestinal Functions. *Contemporary Agriculture*, *70*(3-4), 116-122.

Pourreza, J., Samie, A., & Rowghani, E. (2007). Effect of supplemental enzyme on nutrient digestibility and performance of broiler chicks fed on diets containing triticale. *International Journal of Poultry Science*, *6*(2), 115-117.

Rotter, B., Marquardt, R., Guenter, W., Biliaderis, C., & Newman, C. (1989). In vitro viscosity measurements of barley extracts as predictors of growth responses in chicks fed barley-based diets supplemented with a fungal enzyme preparation. *Canadian Journal of Animal Science*, *69*(2), 433-439.

Selle, P. H., Macelline, S. P., Greenhalgh, S., Chrystal, P. V., & Liu, S. Y. (2022). Identifying the shortfalls of crude protein-reduced, wheat-based broiler diets. *Animal Nutrition*, *11*, 181-189.

Senkoylu, N., & Akyurek, H. (2004). Implications of b-glucanase and pentosanase enzymes in low-energy low-protein barley and wheat based broiler diets. *Czech Journal of Animal Science*, *49*(3), 108-114.

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2025-02-23 ]

[ DOI: 10.61186/rap.15.4.1 ]

Shang, Q., Wu, D., Liu, H., Mahfuz, S., & Piao, X. (2020). The impact of wheat bran on the morphology and physiology of the gastrointestinal tract in broiler chickens. *Animals*, *10*(10), 1831.

Shirzadi, H., Moravej, H., & Shivazad, M. (2009). Assessment of xylanase and β-glucanase impact on growth performance and some characteristics of gastrointestinal tract of broiler chicks fed wheat and barley-based diet. *Animal Science Researches*, *1*(19), 97-109.

Sibbald, I., & Slinger, S. (1962). The metabolizable energy of materials fed to growing chicks. *Poultry Science*, *41*(5), 1612-1613.

Sieo, C., Abdullah, N., Tan, W., & Ho, Y. (2005). Influence of β-glucanase-producing Lactobacillus strains on intestinal characteristics and feed passage rate of broiler chickens. *Poultry Science*, *84*(5), 734-741.

[ Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2025-02-23 ]

[ DOI: 10.61186/rap.15.4.1 ]