



Research Article

Vol. 17, No.3, 2025, p. 341-360

Investigate the Effect of Commercial Strain Type and Feeding Methods on Performance, Intestinal Morphological Parameters, and Immune System of Broiler Chickens

Hesamuddin Zahabi¹, Hasan Rouhanipour², Kazem Yussefi Kelarikolaei^{3*}, Seyed Davood Sharifi⁴, Seyyed Abdollah Hosseini⁵, Ali Solbi³

1- Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

2- Department of Animal and Poultry Science, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

3- Animal Science Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran

4- Department of Animal and Poultry Sciences, Faculty of Agricultural Technology, University of Tehran, Pakdasht, Iran

5- Department of Animal and Poultry Nutrition Research, Animal Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

*Corresponding Author's Email: k.yusefi@areeo.ac.ir

How to cite this article:

Received: 11-04-2025
Revised: 21-06-2025
Accepted: 29-06-2025
Available Online: 05-10-2025

Zahabi, H., Rouhanipour, H., Yussefi Kelarikolaei, K., Sharifi, S. D., Hosseini, S. A., & Solbi, A. (2025). Investigate the effect of commercial strain type and feeding methods on performance, intestinal morphological parameters, and immune system of broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 17(3), 341-360. (in Persian with English abstract)
<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.92757.1244>

Introduction: The feed restriction program is one of the main techniques in growth curve manipulation for increasing production efficiency in broiler chicken. Quantities and qualitative feed restriction are procedures that can be used to manipulate the feeding strategies of poultry in order to decrease growth and metabolic rate to some extent and so alleviate the incidence of some metabolic diseases such as ascites, lameness, mortality, and sudden death syndrome and so improving feed conversion and reducing feed cost. Also to produce a leaner bird and reduce the unfavorable effects of fat on human health, and to reduce fat deposition in broiler carcasses using of feed restriction programs can be profitable in broiler chickens production. This article surveys new findings in feed restriction of broilers and evaluates the application of feed restriction methods to broiler chicken production. Arian broiler is one of the meat strains that originated in Iran and considering that several decades have passed since the arrival of Arian line in the Iran country, It is necessary to carry out Time nutritional experiments to more accurately meet the requirement of them with regard to optimizing growth, FCR, carcass efficiency and increasing tissue by increasing the density of nutrients such as AA. Therefore, the objective of this study was to investigate the effect of commercial strain type and feeding methods on performance, intestinal morphological parameters, and immune system of broiler chickens.

Materials and Methods: The experiment was conducted for 45 days using 600 broiler chicks in a 2 × 3 factorial arrangement under a completely randomized design. The factors included two commercial strains (Arian and Ross 308) and three feeding methods (free access, intermittent feed restriction, and time feed restriction), with 6 treatments, 5 replicates and 20 birds per replicate. The diets of experimental included T1: Arian strain broilers with free access to feed, T2: Arian strain broilers with intermittent access to feed, T3: Arian strain broilers with time feed



©2025 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.92757.1244>

restriction method, T4: Ross 308 strain broilers with free access to feed, T5: Ross 308 strain broilers with intermittent access to feed, T6: Ross 308 strain broilers with time feed restriction method. At 45 days of age, 6 bird from each replicate were randomly selected, weighed, and killed). Feed intake of experimental units was calculated from the fraction of feed consumed at the end of the period from the feed allocated at the beginning of the period, based on chick days. At the end of 45 weeks, maturation parameters including body weight and length, neck length, wing length, shank length and diameter were measured. To determine blood parameters, 12 birds were selected from each dietary treatment (2 birds /pen), and blood samples of approximately 5 ml were obtained from the wing vein after a 2-hour feeding withdrawal. At the end of the experiment (45 days of age), the weighed broilers were cut using the cervical dislocation method and then plucked and eviscerated. The internal organs (heart, digestive tract, and fat tissue) were also weighed and expressed as percentages of the slaughter weight of broiler. Immediately after bird euthanasia, a 3-cm sample of the liver and middle portion of the jejunum (midpoint between the bile duct entry and Meckel's diverticulum) was collected, opened longitudinally, washed with PBS, and fixed in 10% formaldehyde and phosphate buffer 0.1 M with pH 7.3. The data obtained from the experiment were analyzed in the form of a completely randomized design using SAS software version 9.4 (2024) with the general linear model (GLM) procedure. The respective means were compared with Tukey's test at the probability level ($P < 0.05$).

Results and Discussion: The feed conversion ratio (FCR) of Arian strain broilers improved throughout the entire period when using the free feeding method, compared to Ross 308 strain broilers under the intermittent feed restriction method ($P < 0.05$). Time feed restriction in Arian broilers led to an increased shank thickness, compared to intermittent feed restriction in Arian broilers and free feeding in Ross 308 broilers ($P < 0.05$). The villus height to crypt depth ratio increased using the time-restricted feed method compared to the free access to feed method in Ross 308 strain broiler chickens ($P < 0.05$).

Conclusion: Based on these findings, Arian strain with time feed restriction and Ross 308 strain with free feeding showed the best weight performance. Overall, the time feed restriction method in Arian broiler chickens improved body physical parameters, intestinal morphometry, and enhanced immune system (decreased heterophil to lymphocyte ratio) and productive performance throughout the experimental period.

Keywords: Broiler, Feed access method, Feed restriction, Intestinal morphology, Physical parameters



بررسی تأثیر نوع سویه تجاری و روش‌های خوراک‌دهی بر عملکرد، فراسنجه‌های ریخت‌شناسی روده و سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی

حسام‌الدین ذهبی^۱، حسن روحانی‌پور^۲، کاظم یوسفی کلاریکلانی^{۳*}، سید داود شریفی^۴، سید عبدالله حسینی^۵، علی صلیبی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۰۸

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر نوع سویه‌های تجاری و روش‌های خوراک‌دهی بر عملکرد، صفات لاشه، فراسنجه‌های ریخت‌سنجی روده و سیستم ایمنی جوجه‌های گوشتی انجام شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به روش فاکتوریل ۲×۳ با دو نوع سویه تجاری (آرین و راس ۳۰۸) و سه روش خوراک‌دهی (دسترس آزاد، محدودیت متناوب خوراک و محدودیت زمانی خوراک) با استفاده از ۶۰۰ قطعه جوجه گوشتی با شش تیمار، پنج تکرار و ۲۰ پرنده در هر تکرار به مدت ۴۵ روز اجرا شد. در کل دوره پرورش، جوجه‌های گوشتی سویه آرین با دسترسی آزاد به دان، ضریب تبدیل خوراک بهتری نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ تحت روش محدودیت خوراک با دسترسی متناوب نشان داد ($P < 0.05$). استفاده از روش محدودیت زمانی خوراک در جوجه‌های گوشتی سویه آرین سبب افزایش ضخامت ساق پا نسبت به روش محدودیت خوراک با دسترسی متناوب در جوجه‌های گوشتی سویه آرین و روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد در جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ شد ($P < 0.05$). نسبت طول پرز به عمق کریپت روده با استفاده از روش محدودیت زمانی خوراک نسبت به روش دسترسی آزاد به خوراک در جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ افزایش یافت ($P < 0.05$). براساس نتایج این تحقیق، سویه آرین با روش محدودیت زمانی خوراک و سویه راس ۳۰۸ با روش خوراک‌دهی آزاد بهترین عملکرد وزنی را داشتند. به طور کلی، روش محدودیت زمانی خوراک در جوجه‌های گوشتی نژاد آرین سبب بهبود شاخص‌های فیزیکی بدن، فراسنجه‌های ریخت‌سنجی روده و تقویت سیستم ایمنی (کاهش نسبت هتروفیل به لنفوسیت) و عملکرد تولیدی در کل دوره شد.

واژه‌های کلیدی: سلامت روده، طیور، عملکرد رشد، محدودیت خوراک

مقدمه

جوجه‌های گوشتی امروزی در طی برنامه‌های اصلاح‌نژادی از قابلیت سرعت رشد زیادی برخوردار شده‌اند که پیامد آن افزایش نیاز به مواد غذایی و مصرف زیاد خوراک است. به همین منظور، محققان برنامه‌های محدودیت خوراک را در پرورش جوجه‌های گوشتی به کار گرفتند (Korver et al., 2023). محدودیت خوراک در جوجه‌های گوشتی به معنای کنترل دسترسی پرنده به دان است، به طوری که نیازهای خوراکی آن برای حداکثر رشد به طور کامل تأمین نشود. محدودیت خوراک در گله می‌تواند به روش‌های مختلفی از جمله محدودیت کمی، محدودیت زمانی و محدودیت متناوب اعمال شود (Khetani et al., 2009). شدیدترین نوع محدودیت خوراک، محرومیت کامل (کمی و کیفی) از دسترسی به غذا می‌باشد. در روش محدودیت خوراک کمی، دسترسی فیزیکی پرنده به دان در ساعاتی از روز کاهش می‌یابد، ولی در روش محدودیت کیفی با رقیق نمودن

- ۱- بخش بهداشت و بیماری‌های طیور گروه علوم درمانگاهی دانشکده دامپزشکی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
- ۲- گروه علوم دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- ۳- بخش علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
- ۴- گروه علوم دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران
- ۵- بخش تحقیقات تغذیه دام و طیور، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

(Email: k.yusefi@areeo.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

<https://doi.org/10.22067/IJASR.2025.92757.1244>

به منظور بررسی اثر دو سویه تجاری (آرین و راس ۳۰۸) و سه روش دسترسی پرند به خوراک (دسترسی آزاد، محدودیت متناوب خوراک و محدودیت زمانی خوراک) بر عملکرد، ریخت‌شناسی روده، سیستم ایمنی و خصوصیات لاشه جوجه‌های گوشتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

پرنده‌ها، شرایط محیطی و جیره آزمایشی

این مطالعه در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزشی و پرورش دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی واقع در پنج کیلومتری غربی شهرستان گرگان در استان گلستان در سال ۱۴۰۳ انجام شد. تعداد ۶۰۰ قطعه جوجه یک‌روزه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ با میانگین وزن 46 ± 1 گرم در آزمایشی به صورت فاکتوریل 2×3 با قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار و پنج تکرار و ۲۰ پرنده در هر تکرار به مدت ۴۵ روز پرورش داده شدند. عامل‌های آزمایشی شامل دو سویه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و سه روش دسترسی به دان (دسترسی آزاد به دان، محدودیت متناوب خوراک و محدودیت زمانی خوراک) بود (جدول ۱ و جدول ۲). جیره‌ها برپایه دانه گندم، دانه ذرت و کنجاله سویا و در چهار دوره زمانی آغازین (۱۰-۰۰ روزگی)، رشد (۲۳-۱۱ روزگی)، میانی (۳۵-۲۴ روزگی) و پایانی (۴۵-۳۶ روزگی) تنظیم شدند. این جیره‌ها براساس احتیاجات غذایی و طبق راهنمای پرورش نژاد راس ۳۰۸ تنظیم شدند. تا سن ۱۱ روزگی همه جوجه‌ها آزادانه به دان دسترسی داشتند. از سن ۱۲ روزگی تا پایان دوره پرورش، سه روش دسترسی به دان شامل دسترسی آزاد، محدودیت متناوب خوراک و محدودیت زمانی خوراک اعمال شد. گروه‌های آزمایش شامل ۱- جوجه گوشتی آرین همراه با روش دسترسی آزاد به دان، ۲- جوجه گوشتی آرین همراه با روش محدودیت متناوب خوراک، ۳- جوجه گوشتی آرین همراه با روش محدودیت زمانی خوراک، ۴- جوجه گوشتی راس ۳۰۸ همراه با روش دسترسی آزاد به دان، ۵- جوجه گوشتی راس ۳۰۸ همراه با روش محدودیت متناوب خوراک، ۶- جوجه گوشتی راس ۳۰۸ همراه با روش محدودیت زمانی خوراک بودند.

روش دسترسی آزاد به دان: در این روش، جوجه‌ها در تمام

طول دوره آزمایش (از صفر تا ۴۵ روزگی)، بدون هیچ گونه محدودیتی به دان تازه دسترسی داشتند. برای اطمینان از دسترسی مداوم، دان خوری‌ها حداقل دو بار در روز (صبح و عصر) بازدید و مجدداً پر شدند تا همواره مقدار کافی دان در دسترس پرندگان باشد و اطمینان حاصل شد که پرندگان می‌توانند به مقدار دلخواه و در هر زمانی از شبانه‌روز تغذیه کنند.

روش محدودیت متناوب خوراک: در این روش، پرندگان در

دوره‌های زمانی مشخصی از دسترسی به دان به شرح زیر محروم شدند: ۱- از ۱۲ تا ۲۴ روزگی: در این دوره، جوجه‌ها در مجموع ۱۹

جیره، مثلاً با افزودن ترکیبات الیافی به جیره سعی در کاهش میزان مصرف برخی مواد مغذی اصلی توسط پرنده می‌شود (Fanoooci & Turki, 2010). در سال‌های اخیر، محدودیت خوراک (با کنترل کیفیت، کمیت دان یا زمان دسترسی) به عنوان ابزاری مدیریتی برای کاهش اختلالات متابولیکی در پرورش جوجه‌های گوشتی به کار گرفته شده است (Özkan et al., 2006). اما طی بررسی‌های موجود، جوجه‌های گوشتی براساس مدت زمان و شدت محدودیت اعمال شده، پاسخ‌های متفاوتی نظیر تغییر در وزن گیری، ضریب تبدیل خوراک، صفات لاشه و واکنش‌های فیزیولوژیکی و ایمنی را نسبت به اعمال محدودیت خوراک از خود نشان داده‌اند (Urdaneta-Rincon & Leeson, 2002). با این وجود کاهش ساعت دسترسی به خوراک، یک روش کاربردی آسان جهت اعمال محدودیت خوراکی می‌باشد. بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد که از محدودیت خوراک در جوجه‌های گوشتی جهت بهبود کیفیت لاشه و کاهش چربی محوطه‌ی شکمی در سنین مختلف و بهبود سیستم ایمنی استفاده می‌شود (Zhan et al., 2007). محدودیت خوراک به معنای کنترل یا کاهش عمدی دسترسی جوجه‌های گوشتی به دان است که اغلب با هدف بهبود عملکرد، کیفیت لاشه یا کاهش اختلالات متابولیکی اعمال می‌شود. یکی از روش‌های متداول اعمال این محدودیت، استفاده از آن در ابتدای دوره پرورش با تکیه بر پدیده رشد جبرانی است (Sahraei, 2012). بررسی نتایج برخی مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که محدودیت خوراکی در ابتدای دوره پرورشی سبب بهبود عملکرد بعدی طیور می‌شود (Shariatmadari & Moghadamian, 2007). از جمله روش‌های مدیریت کنترل خوراک مصرفی، اعمال برنامه نوری می‌باشد (Decuyper et al., 2010). برنامه نوری متناوب به علت قطع مصرف خوراک توسط پرنده در دوره تاریکی باعث هماهنگی میزان رشد اندام‌های داخلی بدن با سرعت رشد ماهیچه‌ای می‌شود (Hama et al., 2021). در آزمایشی گزارش شده است که جوجه‌های گوشتی که از سن پنج روزگی به مدت سه روز گرسنگی داده شدند، نتوانستند در سن ۴۹ روزگی کاهش وزن و تأخیر رشد ایجادشده را جبران کنند (Arce et al., 1992). در آزمایشی دیگر بیان شده است که در پایان سن ۵۶ روزگی، افزایش وزن بدن جوجه‌های گوشتی در پاسخ به افزایش ساعت قطع دان (۲، ۴، ۶ و ۸ ساعت) بهبود یافت که نشان‌دهنده رشد جبرانی می‌باشد (Offiong et al., 2002). به هر حال به وضوح تأیید نشده است که آیا محدودیت دان در جوجه‌های گوشتی که اشتیهای حریصانه‌ای دارند، پاسخ ایمنی پرنده را به مخاطره می‌اندازد یا خیر. بنابراین با توجه به اینکه تحقیقات اندکی در ارتباط با محدودیت زمانی دسترسی به خوراک و نیز اعمال آن تا پایان دوره پرورش و مقایسه نژادی در ارتباط با عملکرد سویه آرین و راس ۳۰۸ وجود دارد، لذا تحقیق حاضر

روش محدودیت زمانی خوراک: در این روش، دسترسی جوجه‌ها به دان در طول شبانه‌روز به بازه‌های زمانی مشخصی به‌شرح زیر محدود شد: ۱- از ۱۲ تا ۲۴ روزگی: در این دوره، پرندگان روزانه به‌مدت شش ساعت متوالی از دسترسی به دان محروم بودند. در ۱۸ ساعت باقی‌مانده شبانه‌روز، دان به‌صورت آزادانه و به‌شکل کرامبل در اختیار آن‌ها قرار داشت، ۲- از ۲۵ تا ۴۵ روزگی: در این دوره، پرندگان روزانه به‌مدت چهار ساعت متوالی از دسترسی به دان محروم بودند. در ۲۰ ساعت باقی‌مانده شبانه‌روز، دان به‌صورت آزادانه و به‌شکل پلت در اختیار آن‌ها قرار داده شد. در هر جایگاه بستری (به ابعاد ۲×۱ متر) چهار عدد نیپل و یک دانخوری آویز قرار داده شد.

ساعت در طول شبانه‌روز از دسترسی به دان محروم بودند و تنها پنج ساعت در روز به دان دسترسی داشتند (چهار دوره چهارساعته عدم دسترسی و یک ساعت دسترسی به دان و یک دوره سه‌ساعته عدم دسترسی و یک ساعت دسترسی به دان بود)، ۲- از ۲۵ تا ۴۵ روزگی: در این دوره، پرندگان در مجموع ۱۵ ساعت در طول شبانه‌روز از دسترسی به دان محروم بودند و نه ساعت در روز به دان دسترسی داشتند (شامل پنج دوره سه‌ساعته محرومیت و یک ساعت تغذیه سپس چهار ساعت متوالی دسترسی آزاد به دان). این تقسیم‌بندی زمانی به‌گونه‌ای طراحی شد که نوسانات دسترسی به دان در طول روز مدیریت شود.

جدول ۱- اجزای تشکیل‌دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره‌های آزمایشی

Table 1- The ingredient and nutrient composition of experimental diets

اجزای تشکیل‌دهنده (درصد) Ingredient composition (%)	آغازین (صفر تا ۱۱ روزگی) Starter (0 to 11 d)	رشد (۱۲ تا ۲۴ روزگی) Grower (12 to 24 d)	میانی (۲۵ تا ۳۶ روزگی) Grower (25 to 36 d)	پایانی (۳۷ تا ۴۵ روزگی) Finisher (37 to 45 d)
ذرت (۷/۲۰ درصد پروتئین) Corn (7.20 % protein)	35.21	35.51	29.25	29.16
کنجاله سویا (۴۴/۵۴ درصد پروتئین) Soybean meal (44.54 % protein)	39.30	39.20	36.10	34.00
گندم (۱۶/۳۷ درصد پروتئین) Wheat (16.37 % protein)	19.50	20.00	28.00	29.50
روغن سویا Soybean oil	1.55	1.45	3.00	3.70
دی-ال-متیونین DL-methionine	0.24	0.20	0.18	0.16
ال-لیزین هیدروکلراید L-lysine	0.04	0.13	0.11	0.12
ال-ترئونین L-threonine	0.02	0.04	0.03	0.04
دی کلسیم فسفات Di-calcium phosphate	1.74	1.45	1.28	1.30
صدف Oyster	1.20	1.14	1.14	1.13
نمک Salt	0.26	0.21	0.17	0.18
جوش شیرین Sodium bicarbonate	0.15	0.01	0.08	0.05
پرمکس معدنی و ویتامینی ^۱ Vitamin and Mineral permix ¹	0.60	0.50	0.50	0.50
کولین کلراید ۶۰ درصد Choline chloride 60 %	0.17	0.14	0.14	0.14
گریندازیم ^۲ Grindazim ²	0.02	0.02	0.02	0.02
جمع Total	100	100	100	100

ترکیبات شیمیایی محاسبه‌شده^۳

Calculated chemical compositions³

انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری بر کیلوگرم)

Metabolizable energy² (kcal/kg)

2845

2898

2998

3053

پروتئین خام (درصد)	23.30	20.61	19.60	18.82
Croud Protein (%)				
کلسیم (درصد)	1.02	0.90	0.85	0.85
Calcium (%)				
فسفر قابل استفاده (درصد)	0.50	0.45	0.42	0.42
(%)Available phosphorus				
لیزین (درصد)	1.15	1.00	0.92	0.88
Lysine (%)				
متیونین (درصد)	0.61	0.53	0.48	0.45
Methionine (%)				
متیونین+سیستئین (درصد)	0.85	0.77	0.72	0.69
Methionine + cysteine (%)				
ترئونین (درصد)	0.75	0.66	0.62	0.59
Threonine (%)				
تریپتوفان (درصد)	0.17	0.15	0.18	0.16
Tryptophan (%)				
آرژنین (درصد)	1.26	1.26	1.04	1.14
Arginine (%)				
والین (درصد)	0.95	0.83	0.78	0.75
Valine (%)				
ایزولوسین (درصد)	0.89	0.75	0.71	0.68
Isoleucine (%)				
سدیم (درصد)	0.18	0.16	0.15	0.14
Na (%)				
کلر (درصد)	0.21	0.20	0.18	0.18
Cl (%)				
پتاسیم (درصد)	1.05	0.91	0.87	0.83
K (%)				
نسبت اسیدهای آمینه به اسیدآمینه لیزین قابل هضم				
Ratio of amino acids to digestible amino acid lysine				
نسبت والین به لیزین (درصد)	75	76	77	77
Valine to lysine ratio (%)				
نسبت متیونین+سیستئین به لیزین (درصد)	74	76	78	78
Ratio of methionine + cysteine to lysine (%)				
نسبت ترئونین به لیزین (درصد)	65	66	67	67
Threonine to lysine ratio (%)				
نسبت تریپتوفان به لیزین (درصد)	16	16	16	16
Tryptophan to lysine ratio (%)				
نسبت آرژنین به لیزین (درصد)	103	104	105	105
Arginine to lysine ratio (%)				
نسبت ایزولوسین به لیزین (درصد)	67	68	69	69
Isoleucine to lysine ratio (%)				

^۱ میزان ویتامین‌ها در هر هزار کیلوگرم جیره شامل: ۸۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۳۳۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۲۰ گرم ویتامین E، ۲/۵ گرم ویتامین K₃ (منادیون)، ۲/۵ گرم ویتامین B₁، ۵/۵ گرم ویتامین B₂، ۳۰ گرم ویتامین B₃ (نیاسین)، هشت گرم ویتامین B₅ (د-کلسیم پنتوتنات)، چهار گرم ویتامین B₆، ۷۵ میلی‌گرم ویتامین B₇، ۰/۹ گرم ویتامین B₉، ۲۳ میلی‌گرم ویتامین B₁₂. میزان مواد معدنی در هر هزار کیلوگرم جیره شامل: ۹۰ گرم منگنز، ۴۰ گرم آهن، ۸۰ گرم روی، صفر گرم مس، ۱/۲ گرم ید، ۰/۲۲ گرم سلنیوم.

^۲ آنزیم گریندازیم ۱۵۰۰۰ (Danisco Animal Nutrition)

^۳ ترکیبات شیمیایی محاسبه‌شده اقلام خوراکی با دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز نزدیک (NIR) در شرکت ایونیک (تهران) اندازه‌گیری شد.

IU; vitamin E, 20 IU; vitamin K₃, 2.5 mg; ¹ Vitamin and mineral premix supplied per kilogram of diet: vitamin A, 8000 IU; vitamin D₃, 3300 IU; vitamin E, 20 IU; vitamin K₃, 2.5 mg; Biotin, 0.1 mg; folic acid, 0.9 mg; vitamin B₁₂, 23 mg; riboflavin, 5.5 mg; niacin, 30 mg; choline 500 mg; manganese oxide 90 mg; ferrous sulfate 40 mg; zinc oxide 80 mg; copper sulfate, 0 mg; calcium iodate, 1.2 mg; sodium selenite, 0.22 mg.

Grindazim enzyme 15000 (Danisco Animal Nutrition)

The calculated chemical compositions of feed items were measured with a near infrared spectrometer (NIR) at Ivanik Company (Tehran).

جدول ۲- روش‌های دان‌دهی در سنین مختلف (روز)
Table 2- Feeding methods at different ages (day)

روش‌ها Methods	آغازین (صفر تا ۱۱ روزگی) Starter (0 to 11 d)	رشد (۱۲ تا ۲۴ روزگی) Grower (12 to 24 d)	پایانی (۲۵ تا ۴۵ روزگی) Finisher (25 to 45 d)
دسترسی آزاد به دان ^۱ Free access to feed ¹	دسترسی آزاد به دان Free access to feed	دسترسی آزاد به دان در طول دوره آزمایش Free access to food during the experimental period	
محدودیت متناوب خوراک ^۲ Intermittent feed restriction	دسترسی آزاد به دان Free access to feed	۱۹ ساعت محرومیت از دان 19 h deprived of feed	۱۵ ساعت محرومیت از دان 15 h deprived of feed
محدودیت زمانی خوراک ^۳ Time feed restriction	دسترسی آزاد به دان Free access to feed	شش ساعت محرومیت Six h deprived	چهار ساعت محرومیت Four h deprived

^۱ یک ساعت خاموشی در هر شبانه‌روز.

^۲ ۱۹ ساعت محرومیت = چهار دوره چهار ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه و سپس یک دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه.

^۳ ۱۵ ساعت محرومیت = پنج دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه و سپس چهار ساعت متوالی دسترسی آزاد به دان.

^۱ 1 hour of black-out per day.

^۲ 19 hours of deprivation = 4 periods of 4 h of deprivation and 1 h of feeding, and then 1 period of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding.

^۳ 15 hours of deprivation = 5 periods of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding, and then 4 h consecutive of free access to food.

اندازه‌گیری شد. مصرف دان در هر واحد آزمایشی به‌صورت دوره‌ای اندازه‌گیری شد. مصرف دان واحدهای آزمایشی از کسر دان مصرف‌شده در انتهای دوره از دان اختصاص داده‌شده در شروع دوره، بر مبنای روز جوجه محاسبه شد. در طول دوره آزمایش، تعداد تلفات (از صفر تا ۴۵ روزگی) و وزن آن‌ها ثبت شد و در تصحیح ضریب تبدیل خوراک منظور شد. در پایان ۴۵ روزگی، از هر تکرار هفت پرند به‌صورت تصادفی جهت شاخص‌های فیزیولوژیکی شامل طول بدن، طول گردن، طول بال، طول و قطر ساق پا با استفاده از کولیس ورنیه (مدل P150، گستره ۰-۱۵۰ میلی‌متر) اندازه‌گیری شد. برای تعیین طول بدن، مرغ‌ها به‌سمت شکمی قرار داده شدند و گردن و پای راس ۳۰۸ کاملاً کشیده شد. طول بدن به‌عنوان فاصله از نوک منقار تا نقطه انتهایی ناخن روی انگشت سوم برحسب سانتی‌متر تعریف شد (Willemssen *et al.*, 2008). طول بال از مفصل کتف تا آخرین رقم بال (شاه‌پر) در نظر گرفته شد. طول ساق پا به‌عنوان طول تارس-متاتارس از مفصل هاک تا پد تارس-متاتارسوس درست زیر خار برحسب میلی‌متر تعیین گردید (Faye *et al.*, 2006). همچنین در پایان دوره، یک نمونه از استخوان درشت نی پای راست شش پرند از هر تکرار جمع‌آوری و پس از چربی‌زدایی، میزان کلسیم با استفاده از دستگاه طیف‌سنجی جذب اتمی (AAS^۲) اندازه‌گیری گردید (Paul *et al.*, 2014) و میزان خاکستر موجود در آن تعیین شد (AOAC, 1995).

نمونه‌گیری فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم و پلاسمای

خون: در پایان دوره آزمایشی (۴۵ روزگی)، ۵ میلی‌لیتر خون برای اندازه‌گیری گلبول‌های سفید، درصد هتروفیل، لنفوسیت و نسبت هتروفیل / لنفوسیت جمع‌آوری شد. نمونه‌ها به لوله‌های خون‌گیری

مواد خوراکی از قبیل ذرت و کنجاله سویا به آزمایشگاه ارسال و پس از تعیین مقدار دقیق پروتئین خام، عصاره اتری و فیبر خام، مقادیر حقیقی مواد مغذی موجود در مواد خوراکی به دست آمدند (AOAC, 1995). مقادیر دقیق اسیدهای آمینه از روی مقدار پروتئین برحسب معادله $y = ax + b$ محاسبه شد. که در آن، x : میزان پروتئین خام نمونه، a : عرض از مبدأ و b : ضریب رگرسیون بود. بعد از محاسبه دقیق مواد مغذی این مقادیر در نرم‌افزار UFFDA^۱ برای تهیه جیره استفاده شد. تمامی برنامه‌های بهداشتی، مدیریتی و شرایط دمایی براساس اصول و مقررات مزرعه تحقیقاتی مجتمع مرغ لاین سویه آرین اجرا شد. درجه حرارت سالن در هفته اول ۳۶-۳۴ درجه سانتی-گراد و هر هفته دو درجه سانتی‌گراد کاهش داده شد و در محدوده ۲۴-۲۲ درجه سانتی‌گراد با دمای آب حدود ۲۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰-۶۰ درصد تا پایان دوره آزمایش تنظیم شد. به‌منظور پیشگیری از بیماری‌ها، با توجه به شرایط منطقه، برنامه واکسیناسیون به‌صورت آشامیدنی برای جوجه‌ها اعمال شد. به این ترتیب که در سن هفت روزگی، واکسن دوگانه نیوکاسل-آنفلوانزا به‌صورت قطره چشمی و تزریق زیرجلدی پشت گردن استفاده شد. سپس، واکسن گامبور در ۱۵ روزگی، واکسن نیوکاسل (لاسوتا) در ۲۱ روزگی و واکسن گامبور در ۲۸ روزگی به‌صورت آشامیدنی تجویز شدند.

متغیرهای مورد بررسی

عملکرد: وزن کشی به‌صورت گروهی در روز نخست و روزهای ۱۱، ۲۴ و ۴۵ انجام و خوراک مصرفی نیز در این سنین اندازه‌گیری شد. وزن زنده بدن برحسب کیلوگرم با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۱/

دان، $T_i \times S_j$: اثر متقابل نوع سویه و روش‌های دسترسی به دان و e_{ijk} : خطای آزمایشی بود.

نتایج و بحث

عملکرد

تأثیر دو سویه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به دان بر صفات عملکردی در دوره‌های مختلف پرورش در **Error! Reference source not found.** ارائه شده است. در دوره آغازین (صفر تا ۱۱ روزگی)، خوراک مصرفی جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ با استفاده از محدودیت متناوب خوراک نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ با استفاده از روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد و زمانی به دان کاهش یافت ($P < 0.05$). ضریب تبدیل خوراک سویه آرین در مقایسه با سویه راس ۳۰۸ با استفاده از محدودیت متناوب خوراک منجر به کاهش ضریب تبدیل خوراک نسبت به استفاده از روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد و زمانی به دان کاهش داد ($P < 0.05$). همچنین در دوره آغازین، استفاده از روش‌های محدودیت خوراک با دسترسی متناوب و زمانی به دان در هر دو سویه آرین و راس ۳۰۸ سبب افزایش معنی‌دار وزن زنده بدن نسبت به گروه دسترسی آزاد به دان شد ($P < 0.05$). در دوره رشد (۱۲ تا ۲۴ روزگی)، در هر دو سویه آرین و راس ۳۰۸، خوراک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک با استفاده از روش محدودیت متناوب خوراک، نسبت به دسترسی آزاد به دان کاهش معنی‌داری یافت ($P < 0.05$). در دوره میانی (۲۵ تا ۳۶ روزگی)، وزن زنده بدن جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه آرین افزایش یافت ($P < 0.05$). خوراک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک با استفاده از محدودیت متناوب خوراک نسبت به استفاده از روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد به دان کاهش یافت ($P < 0.05$). همچنین ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه آرین در تمامی دوره‌های مختلف پرورش کاهش یافت ($P < 0.05$). در دوره پایانی (۳۷ تا ۴۵ روزگی)، وزن زنده بدن جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه آرین افزایش یافت ($P < 0.05$). ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ با استفاده از محدودیت متناوب خوراک نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه آرین با استفاده از روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد و متناوب کاهش یافت ($P < 0.05$). همچنین در هر دو سویه آرین و راس ۳۰۸، خوراک مصرفی با استفاده از روش محدودیت متناوب خوراک، نسبت به دسترسی آزاد به دان کاهش معنی‌داری یافت ($P < 0.05$).

هپارینه منتقل و پس از مخلوط شدن، بلافاصله به آزمایشگاه فرستاده شدند. در آزمایشگاه به‌منظور بررسی شمارش گلبول‌های سفید خون، لوله‌های ونوجکت حاوی ماده ضدانعقاد (EDTA۱) برای تهیه لام و رنگ‌آمیزی با روش رایت-گیمسا آماده‌سازی شدند. سپس، شمارش افتراقی گلبول‌های سفید به صورت دستی و با استفاده از میکروسکوپ نوری (مدل CX21، ژاپن) انجام گرفت. در نهایت، نسبت هتروفیل به لنفوسیت در هر ۱۰۰ لوکوسیت به عنوان شاخصی از عملکرد سیستم ایمنی محاسبه گردید.

خصوصیات لاشه: در پایان دوره آزمایشی (۴۵ روزگی)، شش قطعه جوجه با نسبت مساوری (سه نر و سه ماده) از هر تکرار، به‌صورت تصادفی (با در نظر گرفتن میانگین وزن آن تکرار) انتخاب شدند و بلافاصله پس از کشتار، دستگاه گوارش خارج و قسمت‌های مختلف لاشه شامل سینه، ران، چربی حفره بطنی، طحال و بورس به‌صورت درصدی از وزن زنده بدن مشخص گردید. وزن اندام‌های ایمنی شامل طحال و بورس فابریسیوس به‌وسیله ترازوی دیجیتال آزمایشگاهی متلر (مدل ME303، سوئیس) با دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه گیری شد.

ریخت‌سنجی روده: سپس از همان شش قطعه جوجه از هر تکرار، قطعات سه سانتی‌متری از ناحیه روده کوچک (ژژنوم) برداشته شد و پس از شست‌وشو با محلول بافر فسفات با استفاده از فرمالین پنج درصد تثبیت شدند. نمونه‌ها برای انجام مطالعات بافت‌شناسی به آزمایشگاه (دامپزشکی کاوش، گرگان) منتقل گردید. برای رنگ‌آمیزی برش‌های بافتی، از رنگ‌های هماتوکسیلین-ئوزین استفاده شد. صفات ریخت‌شناسی بافت روده نظیر ارتفاع پرز، ضخامت یا قطر پرز، عمق و قطر کریپت به‌کمک میکروسکوپ نوری متصل به کامپیوتر (مدل MBL3300، آلمان) اندازه‌گیری گردید. جهت ارزیابی تغییرات هیستومورفومتری از دوربین Dino late (مدل AM4113-RUT، تایوان) و نرم‌افزار (Dino Capture، نسخه ۲/۰) استفاده شد.

مدل آماری تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های به‌دست‌آمده پس از مرتب‌سازی با نرم‌افزار (Excel، نسخه ۲۰۲۴) و با استفاده از نرم‌افزار (SAS، نسخه ۹/۴)، در قالب طرح کامل تصادفی با آرایش فاکتوریل 2×3 و با رویه مدل‌های خطی عمومی (General Liner Models) با استفاده از معادله ۱ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. میانگین‌ها به کمک آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج درصد مقایسه شدند.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + T_i \times S_j + e_{ijk} \quad (1)$$

که در آن، Y_{ijk} : مقدار مشاهده تیمار i ام در تکرار j ام، μ : میانگین مشاهدات، T_i : اثر نوع سویه، S_j : اثر روش‌های دسترسی به

جدول ۳- تأثیر دو سویه تجاری جوجه‌های گوشتی آریان و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به خوراک بر عملکرد در دوره‌های مختلف پرورش

تیمار Treatment	۰ تا ۱۱ روزگی (آغازین) 0 to 11 d (Starter)				۱۲ تا ۲۴ روزگی (رشد) 12 to 24 d (Grower)				۲۵ تا ۳۶ روزگی (بسیان) 25 to 36 d (Grower)				۳۷ تا ۴۵ روزگی (پایانی) 37 to 45 d (Finisher)			
	وزن زنده (گرم) Live weight (g)	خوراک مصرفی (گرم) Food intake (g)	تغییر تبدیل خوراک (گرم/گرم) Feed conversion ratio (g/g)	وزن زنده (گرم) Live weight (g)	خوراک مصرفی (گرم) Food intake (g)	تغییر تبدیل خوراک (گرم/گرم) Feed conversion ratio (g/g)	وزن زنده (گرم) Live weight (g)	خوراک مصرفی (گرم) Food intake (g)	تغییر تبدیل خوراک (گرم/گرم) Feed conversion ratio (g/g)	وزن زنده (گرم) Live weight (g)	خوراک مصرفی (گرم) Food intake (g)	تغییر تبدیل خوراک (گرم/گرم) Feed conversion ratio (g/g)	وزن زنده (گرم) Live weight (g)	خوراک مصرفی (گرم) Food intake (g)	تغییر تبدیل خوراک (گرم/گرم) Feed conversion ratio (g/g)	وزن زنده (گرم) Live weight (g)
سویه																
آریان	255	271	1.06 ^a	981	1400	1.43 ^a	1951 ^b	3363	1.72 ^a	2648 ^b	5043	1.91 ^a				
راس ۳۰۸	260	266	1.03 ^b	991	1384	1.39 ^b	2010 ^a	3360	1.67 ^b	2731 ^a	5069	1.86 ^b				
انحراف استاندارد میانگین	2.7	2.8	0.012	7.9	14.6	0.006	12.8	20.8	0.010	17.9	34.0	0.010				
SEM																
دسترسی به دان																
Access to feed																
آزاد ^۱																
Free ^۲																
مستجاب ^۳																
Intermittent ^۴	195 ^b	315 ^a	1.61 ^a	944	1424 ^a	1.43 ^a	1968	3419 ^a	1.74 ^a	2679	5136 ^a	1.92 ^a				
Intermittent ^۵	204 ^a	308 ^{ab}	1.51 ^b	975	1357 ^b	1.39 ^b	1990	3303 ^b	1.66 ^b	2684	4976 ^b	1.85 ^a				
زمانی ^۶	203 ^a	304 ^b	1.50 ^b	990	1395 ^{ab}	1.41 ^{ab}	1989	3363 ^{ab}	1.69 ^{ab}	2706	5055 ^{ab}	1.87 ^{ab}				
Time ^۷																
انحراف استاندارد میانگین	0.2	0.1	0.013	9.7	17.9	0.009	15.7	25.5	0.012	21.0	41.7	0.014				
SEM																
تأثیرات متقابل																
Interaction effects																
آریان × آزاد	209	308 ^{ab}	1.47 ^{bc}	999	1444	1.45	1953	3420	1.75	2616	5152	1.97 ^{bc}				
Arian × free																
آریان × مستجاب	212	310 ^{ab}	1.46 ^c	973	1363	1.44	1956	3319	1.69	2635	4953	1.88 ^b				
Arian × intermittent																
آریان × زمانی	209	309 ^{ab}	1.47 ^{bc}	972	1392	1.43	1961	3351	1.71	2694	5023	1.86 ^{bc}				
Arian × time																
راس ۳۰۸ × آزاد	190	318 ^a	1.67 ^a	989	1404	1.42	1984	3418	1.72	2742	5120	1.87 ^{bc}				
Ross 308 × free																
راس ۳۰۸ × مستجاب	202	300 ^b	1.49 ^{bc}	976	1350	1.38	2024	3286	1.62	2616	5152	1.97 ^a				
Ross 308 × intermittent																
راس ۳۰۸ × زمانی	201	320 ^a	1.53 ^b	1007	1398	1.39	2016	3375	1.67	2717	5088	1.87 ^{bc}				
Ross 308 × time																
انحراف استاندارد میانگین	0.3	0.2	0.021	13.7	25.3	0.015	22.2	36.1	0.017	31.07	58.9	0.019				
SEM																
سطح احتمال معنی‌داری																
P-value																
سویه	0.900	0.244	0.001	0.414	0.464	0.037	0.008	0.914	0.004	0.003	0.584	0.004				
Strain																
دسترسی به دان	0.001	0.001	0.007	0.351	0.042	0.039	0.554	0.012	0.001	0.662	0.037	0.004				
Access to feed																
سویه × دسترسی به دان	0.060	0.009	0.008	0.275	0.656	0.676	0.701	0.734	0.372	0.243	0.684	0.023				
Strain × access to feed																

^{a,b,c} Means with different superscripts within a column are different at ($P < 0.05$).
^۱ Live weights- Weight of experiment unit (g) / number of bird days. ^۲ DPI=The amount of feed left at the end of the week (g) / number of bird days. ^۳ FCR = food intake (g) / weight gain (g). ^۴ 1 hour of black-out per day. ^۵ 19 hours of deprivation = 4 periods of 4 h of deprivation and 1 h of feeding, and then 1 period of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding. ^۶ 15 hours of deprivation = 5 periods of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding. ^۷ 19 hours of deprivation = 4 periods of 4 h of deprivation and 1 h of feeding, and then 1 period of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding.

^{a,b,c} میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، یا یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.05$).
^۱ وزن زنده (گرم)- وزن واحد آزمایش (گرم) / تعداد روز مرغ. ^۲ خوراک باقی‌مانده در پایان هفته (گرم) / تعداد روز مرغ. ^۳ FCR = مقدار خوراک مصرفی / افزایش وزن (گرم). ^۴ ۱ ساعت قطع دسترسی به دان. ^۵ ۱۹ ساعت محرومیت = ۴ دوره ۴ ساعته محرومیت و یک ساعت تغذیه به مدت ۱۹ روز. ^۶ ۱۵ ساعت محرومیت = ۵ دوره ۳ ساعته محرومیت و یک ساعت تغذیه به مدت ۱۹ روز. ^۷ ۱۹ ساعت محرومیت = ۴ دوره ۴ ساعته محرومیت و یک ساعت تغذیه به مدت ۱۹ روز.

جدول ۳- تأثیر دو سویه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به خوراک بر عملکرد در کل دوره (صفر تا ۴۵ روزگی)

Table 3- The effects of two strains of Arian and Ross 308 broiler chickens and feed access methods on performance at total period (0 to 45 days of age)

تیمار Treatment	تلفات (درصد) Mortality (%)	وزن زنده ^۱ (گرم) Live weight ¹ (g)	خوراک مصرفی ^۲ (گرم) Food intake ² (g)	ضریب تبدیل خوراک ^۳ (گرم/گرم) Feed conversion ratio ³ (g/g)
سویه Strain				
آرین Arian	14.73	2999	5925	1.98
راس ۳۰۸ Ross 308	14.25	3061	5960	1.95
انحراف استاندارد میانگین SEM				
دسترسی به دان Access to feed				
آزاد ^۴ Free ⁴	15.22 ^{ab}	3031	6046 ^a	1.99 ^a
متناوب ^۵ Intermittent ⁵	17.75 ^a	3026	5881 ^b	1.94 ^b
زمانی ^۶ Time ⁶	10.51 ^b	3033	5921 ^{ab}	1.95 ^b
انحراف استاندارد میانگین SEM				
اثرات متقابل Interaction effects				
آرین × آزاد Arian × free	14.49	2958 ^c	6008	2.03 ^a
آرین × متناوب Arian × intermittent	18.84	2988 ^{bc}	5895	1.97 ^{bc}
آرین × زمانی Arian × time	10.87	3049 ^{ab}	5871	1.92 ^{cd}
راس ۳۰۸ × آزاد Ross 308 × free	15.94	3103 ^a	6085	1.96 ^{bc}
راس ۳۰۸ × متناوب Ross 308 × intermittent	16.67	3064 ^{ab}	5824	1.90 ^d
راس ۳۰۸ × زمانی Ross 308 × time	10.15	3017 ^{bc}	5971	1.98 ^{ab}
انحراف استاندارد میانگین SEM	50.71	28.3	63.2	0.018
سطح احتمال معنی‌داری P-value				
سویه Strain	0.841	0.011	0.500	0.051
دسترسی به دان Access to feed	0.047	0.971	0.019	0.007
سویه × دسترسی به دان Strain × access to feed	0.824	0.014	0.353	0.001

a,b,c میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.05$).

^۱ وزن زنده (گرم) = وزن واحد آزمایش (گرم) / تعداد روز مرغ. ^۲ خوراک مصرفی = مقدار باقی‌مانده دان (گرم) - مقدار دان داده‌شده (گرم) / تعداد روز مرغ. ^۳ ضریب تبدیل = متوسط خوراک مصرفی (گرم) / افزایش وزن (گرم). ^۴ یک ساعت خاموشی در هر شبانه‌روز. ^۵ ۱۹ ساعت محرومیت = چهار دوره چهار ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه و یک دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه. ^۶ ۱۵ ساعت محرومیت = پنج دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه سپس چهار ساعت متوالی دسترسی آزاد به دان.

a,b,c Means with different superscripts within a column are different at ($P < 0.05$).

¹ Live weight = weight of experiment unit (g) / number of bird days. ² DFI = the amount of feed given week (g) - The amount of feed left at the end of the week (g) / number of bird days. ³ FCR = food intake (g) / weight gain (g). ⁴ 1 hour of black-out per day. ⁵ 19 hours of deprivation = 4 periods of 4 h of deprivation and 1 h of feeding, and then 1 period of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding. ⁶ 15 hours of deprivation = 5 periods of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding, and then 4 h consecutive of free access to food.

نمی‌شود. بهبود شاخص‌های عملکردی در پرندگان تحت برنامه‌های محدودیت دانی ناشی از کاهش نیازهای نگهداری در آن‌ها می‌باشد. به نظر می‌رسد که این کاهش به دلیل کاهش موقت سرعت متابولیسم پایه در پرندگان دارای محدودیت خوراک می‌باشد و با وزن کمتر بدن در اوایل رشد مرتبط بوده که باعث کاهش نیاز به انرژی برای نگهداری پرند می‌شود (Yan et al., 2021). نتایج حاصل در مورد افزایش وزن با یافته‌های ژان و همکاران (Zhan et al., 2007) مطابقت دارد. آفینگ و همکاران (Offiong et al., 2002) عنوان کردند که پس از اعمال محرومیت خوراک و اعمال تغذیه آزاد، پرندگان تحت محدودیت خوراک دارای افزایش وزنی مشابه با پرندگان شاهد می‌باشند که حاکی از بروز پدیده رشد جبرانی است و همان‌طوری که در این آزمایش مشاهده می‌شود، تیمارهای دارای محرومیت خوراکی افزایش وزنی تقریباً مشابه با شاهد داشتند. معنی دار شدن اثر تیمار در دوره رشد برای تیمارهای پنج ساعت قطع دان و نه ساعت قطع دان می‌تواند به واسطه خالی شدن کامل دستگاه گوارش پرند از دان در فاصله زمانی سه الی چهار ساعت محرومیت از غذا و پیرو آن حالت تهاجمی پرند برای مصرف دان باشد. براساس نتایج فوق، طبیعی به نظر می‌رسد که تیمار پنج ساعت قطع دان دارای بیشترین میزان خوراک مصرفی و تیمار نه ساعت قطع دان نیز به علت طولانی شدن مدت زمان قطع دان نسبت به سایر تیمارها و کاهش وزن پرند دارای کمترین میزان افزایش وزن و خوراک مصرفی بودند. نتایج حاصل با یافته پلاونیک و هرویتز (Plavnik & Hurwitz, 1988) و همچنین با یافته‌های حاصل از ژان و همکاران (Zhan et al., 2007) که در آزمایش آن‌ها غذا به مدت چهار ساعت در سن ۱ تا ۲۱ روزگی از دسترس جوجه‌ها خارج شده بود، مطابقت دارد که گزارش کردند میزان خوراک مصرفی در مدت زمان اعمال محدودیت نسبت به گروه شاهد کاهش یافته بود، اما پس از اتمام دوره محرومیت و اعمال تغذیه آزاد، صفت خوراک مصرفی در پایان دوره تقریباً مشابه با پرندگان شاهد بود. همچنین با توجه به وابستگی ضریب تبدیل خوراکی به دو صفت افزایش وزن و مقدار خوراک مصرفی و با توجه به اینکه میزان مصرف خوراک تقریباً در بین گروه‌های آزمایشی مشابه بود، بنابراین اختلاف معنی‌داری بین تیمارها برای صفت ضریب تبدیل خوراک مشاهده شده است. پرندگان هنگام استفاده از جیره‌های رقیق با کاهش مصرف انرژی کارایی انرژی مصرفی خود را بهبود می‌بخشند، مطابقت دارد و از آنجایی که در این آزمایش جیره یکسان (کاتالوگ راس ۳۰۸) استفاده شد، می‌توان انتظار داشت که ضریب تبدیل خوراکی در کل دوره پرورش تفاوت معنی‌داری نداشته باشد. در ارتباط با محدودیت مواد مغذی برای جوجه‌های گوشتی، گزارش‌های متعددی مبنی بر تأثیر محدودیت خوراک مدیریت‌شده بر بهبود ضریب تبدیل خوراک و رشد جبرانی در

تأثیر دو سویه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به دان بر صفات عملکردی در کل دوره پرورش در جدول ۳ ارائه شده است. وزن زنده بدن جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ با استفاده از روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد به دان نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه آرین با استفاده از روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد به دان کاهش یافت ($P < 0.05$). ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی سویه آرین با استفاده از روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد به دان نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ با استفاده از محدودیت متناوب خوراک کاهش یافت ($P < 0.05$). در هر دو سویه آرین و راس ۳۰۸، خوراک مصرفی با استفاده از محدودیت متناوب خوراک نسبت به استفاده از روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد به دان کاهش یافت ($P < 0.05$). در هر دو سویه آرین و راس ۳۰۸، استفاده از روش محدودیت زمانی خوراک نسبت به استفاده از محدودیت متناوب خوراک سبب کاهش تعداد تلفات و حذفی شد ($P < 0.05$).

براساس نتایج آزمایش حاضر، عدم دسترسی به دان بر وزن نهایی بدن جوجه‌ها تأثیر منفی نداشته است. اگرچه نحوه محدودیت خوراک بر پاسخ جوجه‌ها به سطوح اسیدهای آمینه مؤثر بوده است، به‌طوری که وقتی از سطح پایین اسیدهای آمینه در جیره استفاده شود، اعمال محدودیت زمانی خوراک سبب افزایش وزن بدن خواهد شد. از آنجایی که گروه برنامه محدودیت خوراک با دسترسی زمانی به دان، شدت ملایم‌تری نسبت به گروه محدودیت متناوب دارد، لذا اختلاف کمتری در میزان مصرف دان با گروه شاهد را نشان می‌دهند. احتمالاً پاسخ دستگاه گوارش در جهت سازش‌پذیری با شرایط محدودیت خوراک متفاوت می‌باشد، زیرا در شرایط محدودیت طولانی‌مدت خوراک و با افزایش سن، دستگاه گوارش طی یک پاسخ در جهت سازش‌پذیری با شرایط محدودیت حجم بخش‌های ذخیره‌ای مانند چینه‌دان، پیش‌معدة و سنگدان را به منظور مصرف و نگهداری بیشتر دان افزایش خواهد داد تا پرند بتواند در ساعاتی که به دان دسترسی دارد، حجم بیشتری از دان را به منظور تأمین نیاز خود مصرف نماید (Özakan et al., 2010). اثر برنامه محدودیت خوراک بر مصرف دان در این تحقیق با نتایج تحقیق فرهنگ‌فر و همکاران (Farhangfar et al., 2013) مطابقت دارد. استفاده از برنامه‌های محدودیت خوراک در طول دوره آزمایش تأثیر منفی بر وزن بدن نداشته است. این امر نشان می‌دهد که یک ساعت دسترسی به دان، زمان کافی برای تأمین نیاز خوراکی جوجه‌ها می‌باشد. عدم کاهش وزن جوجه‌های تحت محدودیت خوراک اثبات می‌کند که با وجود محدودیت شدید خوراکی (۱۹ ساعت تا ۲۴ روزگی و ۱۵ ساعت عدم دسترسی به دان تا پایان دوره در گروه محدودیت خوراک با دسترسی متناوب به دان) این شیوه مانع دریافت مواد مغذی لازم برای رشد

جوجه‌های گوشتی وجود دارد، همچنین میزان پاسخ به محرک‌های سیستم ایمنی در جوجه‌های تحت محدودیت خوراک نسبت به گروه‌های با غذای در دسترس و بدون محدودیت بهتر بوده است (Yun et al., 2021). یکی از خواص اعمال محدودیت جوجه‌های گوشتی، تحریک سیستم سوخت‌وساز بدن آن‌ها است که منجر به ترشح هورمون‌های رشد و تیروئید می‌شود، در نتیجه افزایش غلظت آن‌ها پس از این دوره، رشد سریع‌تر و تبدیل خوراک بهتری را می‌توان مشاهده کرد. بسیاری از ادعاهایی که در مورد این محدودیت مطرح می‌شود منطبق بر این نظریه است که جوجه‌های گوشتی با فراخوانی مواد مغذی از روده‌ها حداکثر رشد و اضافه وزن را خواهند داشت (Nabinejad et al., 2023). در تمامی موقعیت‌های بیان شده در مورد جوجه‌های گوشتی، پدیده رشد جبرانی و حداکثر رشد با انواع کند رشد و تند رشد مشاهده شده است و این خاصیت منجر به مصرف دان کمتر با بهبود ضریب تبدیل خوراک می‌باشد (Shariatmadari et al., 2009). شدت محدودیت، طول دوره آن و شروع سن اعمال محدودیت باید مورد توجه باشد، با بررسی متابولیسم پایه و متابولیسم در دوره محدودیت می‌توان میزان انرژی مورد نیاز در زمان محدودیت را به‌صورت نسبتی از انرژی پایه در نظر گرفت، در این محدودیت لازم است که تفاوت این انرژی‌ها را برای رشدی معادل دو سوم انرژی پایه فراهم نمود، زیرا کلیه پرندگان به‌لحاظ ژنتیکی دارای نسبت معینی از انرژی متابولیسم پایه برای پاسخ به محدودیت هستند (Nabinejad et al., 2023). در واقع، میزان محدودیت مورد نیاز جهت پاسخ مطلوب در پرندگان حدود ۶۶ درصد از انرژی متابولیسم پایه باید فراهم باشد. محدودیت انرژی مدیریت‌شده در انتهای دوره به‌صورت وضعیت رشد جوجه‌ها، قدرت جبران‌کنندگی، میزان کاهش هزینه‌ها و سطح ایمنی گله نشان داده می‌شود، به‌طوری‌که با محدودیت در دوره رشد یا در انتهای آن نیز می‌توان تحریک ژنتیکی ویژه جهت رشد جبرانی و بهبود ضریب تبدیل خوراکی را مشاهده نمود و این خاصیت برای بهبود در کیفیت لاشه نیز می‌تواند مورد ارزیابی قرار گیرد (Naserio et al., 2015).

شاخص‌های فیزیولوژیکی بدن

تأثیر دو سویه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به دان بر شاخص‌های فیزیولوژیکی بدن در جدول ۴ گزارش شده است. استفاده از روش‌های محدودیت خوراک با محدودیت زمانی به دان در جوجه‌های گوشتی سویه آرین و دسترسی متناوب به دان در جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ سبب افزایش طول بدن شد ($P < 0.05$). در جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸، استفاده از روش محدودیت زمانی خوراک سبب افزایش معنی‌دار طول گردن نسبت به روش دسترسی آزاد در جوجه‌های گوشتی سویه آرین شد ($P < 0.05$). استفاده از روش محدودیت زمانی خوراک در

جوجه‌های گوشتی سویه آرین سبب افزایش ضخامت ساق پا نسبت به محدودیت متناوب خوراک در جوجه‌های گوشتی سویه آرین و روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد به دان در جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ شد ($P < 0.05$). صرف نظر از روش تغذیه اعمال‌شده، طول ساق پای جوجه‌های گوشتی سویه آرین نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ افزایش یافت ($P < 0.05$). در هر دو سویه آرین و راس ۳۰۸، میانگین طول بال پرندگان با استفاده از روش محدودیت زمانی خوراک نسبت به دسترسی آزاد به دان افزایش یافت ($P < 0.05$). صرف نظر از روش تغذیه اعمال‌شده، میزان کلسیم و خاکستر استخوان جوجه‌های گوشتی سویه آرین به‌طور معنی‌داری نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ افزایش یافت ($P < 0.05$). همچنین در هر دو سویه آرین و راس ۳۰۸، میزان خاکستر استخوان پرندگان با استفاده از روش محدودیت زمانی خوراک نسبت به روش دسترسی متناوب به دان کاهش معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$). شاخص‌های فیزیکی، یک ویژگی ژنتیکی و اقتصادی مهم برای پرورش طیور است و می‌تواند برای ایجاد راهبردهای اصلاح نژادی با اندازه‌گیری‌های ترکیب بدن به بهترین شکل ممکن برای دستیابی به حداکثر وزن بدن و بازده اقتصادی مورد استفاده قرار گیرد (Rouhanipour et al., 2025). گفته می‌شود که طول بدن و طول استخوان ساق پا، ابزارهای بسیار مناسبی برای پیش‌بینی پتانسیل رشد طیور نسبت به وزن بدن می‌باشد. اندازه ساق پا به‌سرعت تحت تأثیر ترکیب جیره قرار می‌گیرد و به نظر می‌رسد که غلظت استروژن پلاسما همزمان با رشد تاج افزایش می‌یابد. علاوه‌بر این، اثرات آنابولیک مختلف در متابولیسم ماهیچه‌های اسکلتی، مانند تمایز و تکثیر سلول‌های ماهواره‌ای و تجمع پروتئین میوفیبریلار مرتبط است (Rouhanipour et al., 2025).

خصوصیات لاشه

تأثیر دو سویه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به دان بر بازده لاشه و وزن نسبی اندام‌های داخلی (درصد از وزن زنده) در جدول ۵ گزارش شده است. بازده لاشه و سینه جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه آرین افزایش یافت ($P < 0.05$). وزن طحال جوجه‌های گوشتی سویه آرین نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ کاهش یافت و استفاده از روش محدودیت خوراک با دسترسی آزاد نسبت به دسترسی متناوب و زمانی به خوراک کاهش یافت ($P < 0.05$). محققان زیادی به تأثیر نحوه دسترسی به دان بر کاهش درصد لاشه و برخی از اجزاء لاشه گزارش کردند و میزان کاهش آن را تحت تأثیر شدت محدودیت خوراک را بیان کردند (Wijten et al., 2010).

جدول ۴- تأثیرات دو سویه جوجه‌های گوشتی آراین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به خوراک بر شاخص‌های فیزیکی بدن (۴۵ روزگی)

Table 4- The effects of two strains of Arian and Ross 308 broiler chickens and feed access methods on body physical parameters (45 day of age)

تیمار Treatment	طول بدن (سانتی‌متر) Body length (cm)	طول گردن (میلی‌متر) Neck length (mm)	طول ساق پا (میلی‌متر) Shank length (mm)	ضخامت ساق پا (میلی‌متر) Shank thickness (mm)	میانگین طول بال (سانتی‌متر) Average wing length (cm)	خاکستر (درصد) Ash (%)	کلسیم (درصد) Ca (%)
سویه Strain							
آراین Arian	57.23	103.66 ^b	65.46 ^b	11.30	14.67	46.31 ^a	31.28 ^a
راس ۳۰۸ Ross 308	57.08	105.51 ^a	67.02 ^a	11.16	14.82	42.13 ^b	27.91 ^b
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.176	0.480	0.287	0.065	0.108	0.901	0.561
دسترسی به دان Access to feed							
آزاد ^۴ Free ⁴	56.99	102.91 ^b	66.13	11.13 ^b	14.47 ^b	45.76 ^{ab}	28.60
متناوب ^۵ Intermittent ⁵	57.33	104.62 ^{ab}	65.99	11.12 ^b	14.85 ^{ab}	48.36 ^a	29.80
زمانی ^۶ Time ⁶	57.14	106.22 ^a	66.60	11.45 ^a	14.92 ^a	38.54 ^b	30.38
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.210	0.587	0.343	0.076	0.121	1.108	0.687
اثرات متقابل Interaction effects							
آراین × آزاد Arian × free	57.00 ^{ab}	99.85 ^b	65.11	11.49 ^{ab}	14.36	49.22	30.51
آراین × متناوب Arian × intermittent	56.75 ^{ab}	106.02 ^{ab}	65.14	10.73 ^b	14.70	49.34	32.25
آراین × زمانی Arian × time	57.93 ^a	105.09 ^{ab}	66.12	11.69 ^a	14.95	40.37	31.08
راس ۳۰۸ × آزاد Ross 308 × free	56.99 ^{ab}	105.97 ^{ab}	67.15	10.77 ^b	14.58	42.31	26.69
راس ۳۰۸ × متناوب Ross 308 × intermittent	57.92 ^a	103.21 ^{bc}	66.84	11.51 ^{ab}	14.99	47.38	27.36
راس ۳۰۸ × زمانی Ross 308 × time	56.34 ^b	107.35 ^a	67.08	11.21 ^{ab}	14.90	36.71	29.68
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.301	0.832	0.483	0.110	0.176	1.554	0.966
سطح احتمال معنی‌داری P-value							
سویه Strain	0.552	0.006	<0.0001	0.099	0.276	0.003	<0.0001
دسترسی به دان Access to feed	0.517	0.0004	0.432	0.002	0.021	<0.0001	0.187
سویه × دسترسی به دان Strain × access to feed	<0.0001	<0.0001	0.525	<0.0001	0.568	0.282	0.197

^{a,b,c} میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.05$).

^۱ یک ساعت خاموشی در هر شبانه‌روز. ^۲ ۱۹ ساعت محرومیت = چهار دوره چهار ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه و یک دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه. ^۳ ۱۵ ساعت محرومیت = پنج دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه سپس چهار ساعت متوالی دسترسی آزاد به دان.

^{a,b,c} Means with different superscripts within a column are different at ($P < 0.05$).

¹ 1 hour of black-out per day. ² 19 hours of deprivation = 4 periods of 4 h of deprivation and 1 h of feeding, and then 1 period of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding. ³ 15 hours of deprivation = 5 periods of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding, and then 4 h consecutive of free access to food.

جدول ۵- تأثیرات دو سویه جوجه‌های گوشتی آراین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به خوراک بر بازده لاشه و وزن نسبی اندام‌های داخلی (درصد از وزن زنده) (۴۵ روزگی)

Table 5- The effects of two strains of Arian and Ross 308 broiler chickens and feed access methods on carcass yield and relative weight of internal organs (% of live weight) (45 day of age)

تیمار Treatment	لاشه (درصد) Carcass (%)	ران (درصد) Thigh (%)	سینه (درصد) Breast (%)	چربی محوطه بطنی (درصد) Abdominal fat (%)	قلب (درصد) Heart (%)	پانکراس ۳۰۸ (درصد) Pancreas (%)	طحال (درصد) Spleen (%)
سویه Strain							
آراین Arian	63.07 ^b	18.05 ^a	23.64 ^b	1.12	0.52	0.173	0.125 ^a
راس ۳۰۸ Ross 308	68.07 ^a	13.05 ^b	24.77 ^a	1.05	0.46	0.160	0.096 ^b
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.065	0.049	0.098	0.081	0.029	0.006	0.002
دسترسی به دان Access to feed							
آزاد ^۴ Free ⁴	65.56	15.85	24.20	1.13	0.47	0.166	0.102 ^b
متناوب ^۵ Intermittent ⁵	65.70	15.41	24.17	0.94	0.48	0.162	0.115 ^a
زمانی ^۶ Time ⁶	65.44	15.44	24.23	1.14	0.53	0.171	0.114 ^a
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.710	0.065	0.112	0.084	0.033	0.008	0.003
اثرات متقابل Interaction effects							
آراین × آزاد Arian × free	63.15	18.45	23.55	1.01	0.50	0.169	0.097
آراین × متناوب Arian × intermittent	63.03	17.88	23.62	0.97	0.47	0.172	0.147
آراین × زمانی Arian × time	63.04	17.83	23.75	1.37	0.47	0.177	0.130
راس ۳۰۸ × آزاد Ross 308 × free	67.98	13.25	24.85	1.17	0.47	0.163	0.107
راس ۳۰۸ × متناوب Ross 308 × intermittent	68.38	12.95	24.72	0.90	0.49	0.153	0.084
راس ۳۰۸ × زمانی Ross 308 × time	67.85	13.05	24.73	1.08	0.50	0.163	0.098
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.150	0.085	0.160	1.22	0.019	0.012	0.005
سطح احتمال معنی‌داری P-value							
سویه Strain	0.001	0.001	0.001	0.815	0.180	0.180	0.001
دسترسی به دان Access to feed	0.064	0.360	0.923	0.194	0.110	0.766	0.030
سویه × دسترسی به دان Strain × access to feed	0.100	0.085	0.590	0.319	0.340	0.852	0.075

a,b,c میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.05$).^۱ یک ساعت خاموشی در هر شبانه‌روز. ^۲ ۱۹ ساعت محرومیت= چهار دوره چهار ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه و یک دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه. ^۳ ۱۵ ساعت

محرومیت= پنج دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه سپس چهار ساعت متوالی دسترسی آزاد به دان.

a,b,c Means with different superscripts within a column are different at ($P < 0.05$).¹ 1 hour of black-out per day. ² 19 hours of deprivation = 4 periods of 4 h of deprivation and 1 h of feeding, and then 1 period of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding. ³ 15 hours of deprivation = 5 periods of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding, and then 4 h consecutive of free access to food.

(2005) گزارش کردند که تفاوت‌های ژنتیکی می‌تواند بر پاسخ فیزیولوژیک و ایمونولوژیک تحت شرایط محدودیت خوراک تأثیرگذار باشد و تحت شرایط محدودیت شدید خوراکی وزن نسبی طحال افزایش می‌یابد و به‌عنوان بهبود پاسخ ایمنی در نظر گرفته می‌شود (Urdaneta-Rincon & Leeson, 2002).

ریخت‌شناسی بافت روده

تأثیر دو سویه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به دان بر ریخت‌شناسی بافت روده در روده همراه بوده و به‌عنوان یک نشانگر مثبت در سلامت و کارایی روده در نظر گرفته می‌شود (Table 6- The effects of two strains of Arian and Ross 308 broiler chickens and feed access methods on intestinal morphology par Gubina-Vakyulyk et al., 2015). محدودیت زمانی خوراک احتمالاً با ایجاد دوره‌های استراحت برای دستگاه گوارش، به بهبود یکپارچگی ساختاری روده کمک می‌کند. در چنین شرایطی، تجدید سلولی در کریپت‌ها کارآمدتر شده و نیاز به تکثیر سریع سلول‌ها کاهش می‌یابد، که خود را به‌صورت کاهش عمق کریپت نشان می‌دهد. این فرآیند در نهایت به افزایش سطح مؤثر جذب مواد مغذی و بهبود کلی عملکرد پرنده منجر می‌شود (Islamiati et al., 2024). سلول‌های روده‌ای آنزیم‌های مختلفی مانند ساکاراز، مالتاز و پپتیداز ترشح می‌کنند و می‌توانند بر ویسکوزیته و مصرف خوراک تأثیر بگذارند (Konkol et al., 2024).

سیستم ایمنی سلولی

تأثیر دو سویه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به دان بر فراسنجه‌های مربوط به سیستم ایمنی سلولی در جدول ۷ ارائه شده است. در بررسی اثرات سویه، میزان هتروفیل و لنفوسیت خون جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه آرین به‌ترتیب افزایش و کاهش یافت ($P < 0.05$). در خصوص اثرات روش خوراک‌دهی، استفاده از روش‌های محدودیت خوراک با دسترسی متناوب و زمانی نسبت به دسترسی آزاد به خوراک به‌ترتیب سبب کاهش و افزایش میزان هتروفیل و لنفوسیت خون شد ($P < 0.05$). در هر دو سویه آرین و راس ۳۰۸، نسبت هتروفیل به لنفوسیت خون پرندگان با استفاده از روش‌های محدودیت خوراک با محدودیت زمانی نسبت به دسترسی آزاد به دان کاهش یافت ($P < 0.05$). نوایگوئی و همکاران (Nwaigwe et al., 2020) گزارش کردند که کاهش نسبت هتروفیل به لنفوسیت می‌تواند نشانگر تنش باشد. مکسول و همکاران (Maxwell et al., 1992) گزارش کردند که محدودیت خوراک باعث افزایش نسبت هتروفیل به لنفوسیت در سن ۵۲ روزگی شده است. استفاده از برنامه محدودیت خوراک با دسترسی به دان متناوب و زمانی، سازوکارهای ایمنی هومورال را از طریق تولید لنفوسیت‌های B-فعال و در نتیجه سنتز

در این تحقیق، اثر سویه بر درصد لاشه، ران، سینه و طحال معنی‌دار بود، ولی بر اندازه قلب و پانکراس ۳۰۸ تأثیری نداشت، به‌نحوی که درصد لاشه و سینه در جوجه‌های گوشتی سویه آرین کاهش یافت، اما درصد ران و طحال نسبت به جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ افزایش یافت. در ارتباط با روش دسترسی به خوراک، درصد ران و طحال تحت تأثیر قرار گرفته است، به‌نحوی که در روش دسترسی آزاد به خوراک، اندازه ران افزایش یافت و از طرف دیگر استفاده از روش محدودیت متناوب و زمانی به خوراک سبب افزایش اندازه طحال شد. هانگالاپورا و همکاران (Hangalapura et al., 2024).

جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به خوراک بر فراسنجه‌های ریخت‌شناسی بافت روده (۴۵ روزگی) of Arian and Ross 308 broiler chickens and feed access methods on intestinal morphology par

گزارش شده است. نسبت طول پرز به عمق کریپت روده با استفاده از روش محدودیت زمانی خوراک نسبت به روش دسترسی آزاد به خوراک در جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ افزایش یافت ($P < 0.05$). در هر دو سویه آرین و راس ۳۰۸، عمق کریپت روده پرندگان با استفاده از روش محدودیت زمانی خوراک نسبت به دسترسی آزاد به دان کاهش یافت ($P < 0.05$). ریخت‌شناسی مخاط روده یکی از شاخص‌های سلامت روده است (Moita et al., 2021). افزایش طول پرزها باعث افزایش سطح جذب مواد مغذی و در نتیجه افزایش راندمان دان و افزایش وزن بدن می‌شود (Ullah et al., 2024). افزایش طول پرز، سطح جذب مواد مغذی را به‌طور چشمگیری بالا می‌برد، درحالی که کاهش عمق کریپت نشان‌دهنده کاهش سرعت چرخش سلولی و نیاز کمتر به ترمیم سلول‌های اپیتلیال آسیب‌دیده است. مجموع این عوامل به افزایش ظرفیت جذب مواد مغذی و بهبود ضریب تبدیل غذایی منجر می‌شود (Paudel et al., 2023). سازوکارهای احتمالی دخیل در این بهبود می‌تواند شامل کاهش تنش متابولیکی روده در دوره‌های عدم دسترسی به دان باشد که به سلول‌های روده فرصت بازسازی و ترمیم بهتری می‌دهد. همچنین ممکن است که تغییر در الگوهای ترشح آنزیم‌های گوارشی یا هورمون‌های روده در پاسخ به دوره‌های تغذیه متناوب، در نهایت به سازگاری‌های ریخت‌شناختی مفید منجر شده باشد. این یافته‌ها نشان داده‌اند که مدیریت‌های تغذیه‌ای خاص، از جمله محدودیت‌های ملایم خوراکی یا تغییر در زمان‌بندی تغذیه، می‌توانند با ایجاد تغییراتی در محیط لومن روده و پویایی سلول‌های اپیتلیال، به سلامت و یکپارچگی سد روده‌ای کمک کنند (Chaiyasing et al., 2024). بنابراین، اعمال دقیق محدودیت زمانی خوراک در سویه راس ۳۰۸، بر پتانسیل بهبود جذب مواد مغذی و به‌تبع آن بر کارایی رشد از طریق بهینه‌سازی ساختار روده تأثیرگذار است. همچنین، کاهش عمق کریپت نشان‌دهنده چرخش آهسته بازسازی بافت روده است. این امر با کاهش نیاز به انرژی و پروتئین برای نگهداری و ترمیم سلول‌های

آنتی‌بادی‌ها را تحریک می‌کند و می‌تواند سیستم ایمنی را بهبود بخشد (Jarosz et al., 2018).

جدول ۶- تأثیرات دو سویه جوجه‌های گوشتی آرین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به خوراک بر فراسنجه‌های ریخت‌شناسی بافت روده (۴۵ روزگی)

Table 6- The effects of two strains of Arian and Ross 308 broiler chickens and feed access methods on intestinal morphology parameters (45 day of age)

تیمار Treatment	طول پرز (میکرومتر) Villus height (μm)	ضخامت پرز (میکرومتر) Villus thickness (μm)	عمق کریپت (میکرومتر) Crypt depth (μm)	عرض کریپت (میکرومتر) Crypt width (μm)	طول پرز/ عمق کریپت Villus:Crypt
سویه Strain					
آرین Arian	1468	168.5	144.9	14.17	10.12 ^b
راس ۳۰۸ Ross 308	1522	142.9	152.8	17.16	9.96 ^a
انحراف استاندارد میانگین SEM	50.4	10.65	3.80	1.610	0.265
دسترسی به دان Access to feed					
آزاد ^۱ Free ⁴	1518	144.1	158.8 ^a	16.40	9.56 ^b
متناوب ^۵ Intermittent ⁵	1499	169.1	149.0 ^{ab}	17.04	10.06 ^{ab}
زمانی ^۶ Time ⁶	1467	153.9	138.7 ^b	13.55	10.58 ^a
انحراف استاندارد میانگین SEM	61.7	12.98	4.70	1.976	0.321
اثرات متقابل Interaction effects					
آرین × آزاد Arian × free	1502	168.1	154.9	12.77	9.69 ^{ab}
آرین × متناوب Arian × intermittent	1441	172.1	139.6	17.94	10.32 ^{ab}
آرین × زمانی Arian × time	1459	165.4	140.2	11.80	10.41 ^{ab}
راس ۳۰۸ × آزاد Ross 308 × free	1533	120.1	162.7	16.14	9.42 ^b
راس ۳۰۸ × متناوب Ross 308 × intermittent	1558	166.0	158.4	20.03	9.83 ^{ab}
راس ۳۰۸ × زمانی Ross 308 × time	1475	142.5	137.2	15.30	10.75 ^a
انحراف استاندارد میانگین SEM	87.2	18.32	6.601	2.785	0.452
سطح احتمال معنی‌داری P-value					
سویه Strain	0.449	0.103	0.161	0.207	0.004
دسترسی به دان Access to feed	0.841	0.407	0.024	0.140	0.012
سویه × دسترسی به دان Strain × access to feed	0.825	0.527	0.285	0.967	0.042

a,b,c میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.05$).

^۱ یک ساعت خاموشی در هر شبانه‌روز. ^۲ ۱۹ ساعت محرومیت = چهار دوره چهار ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه و یک دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه. ^۳ ۱۵ ساعت محرومیت = پنج دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه سپس چهار ساعت متوالی دسترسی آزاد به دان.

a,b,c Means with different superscripts within a column are different at ($P < 0.05$).

¹ 1 hour of black-out per day. ² 19 hours of deprivation = 4 periods of 4 h of deprivation and 1 h of feeding, and then 1 period of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding. ³ 15 hours of deprivation = 5 periods of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding, and then 4 h consecutive of free access to food.

جدول ۷- تأثیرات دو سویه جوجه‌های گوشتی آراین و راس ۳۰۸ و روش‌های دسترسی به خوراک بر سیستم ایمنی سلولی (۴۵ روزگی)

Table 7- The effects of two strains of Arian and Ross 308 broiler chickens and feed access methods on cellular immune system (45 day of age)

تیمار Treatment	گلبول سفید خون (میکرولیتر/ ^۶) White blood cell ($\mu\text{l}/10^6$)	گلبول قرمز خون (میکرولیتر/ ^۶) Red blood cell ($\mu\text{l}/10^6$)	هتروفیل (درصد) Heterophile (%)	لنفوسیت (درصد) Lymphocyte (%)	هتروفیل / لنفوسیت (درصد) HET/LYM (%)
سویه Strain					
آراین Arian	27160	2.52	27.4 ^b	70.2 ^a	0.390
راس ۳۰۸ Ross 308	26399	2.48	28.7 ^a	68.9 ^b	0.417
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.9	0.310	4.47	4.47	0.321
دسترسی به دان Access to feed					
آزاد ^۴ Free ⁴	27993	2.45	29.3 ^a	68.0 ^b	0.433 ^a
متناوب ^۵ Intermittent ⁵	26086	2.53	27.8 ^b	70.4 ^a	0.398 ^{ab}
زمانی ^۶ Time ⁶	26260	2.52	27.2 ^b	70.3 ^a	0.391 ^b
انحراف استاندارد میانگین SEM	0.5	0.187	2.63	2.58	0.198
اثرات متقابل Interaction effects					
آراین × آزاد free×Arian	28317	2.40	29.2	68.0	0.441
آراین × متناوب intermittent×Arian	26181	2.66	26.5	71.5	0.376
آراین × زمانی time×Arian	26983	2.50	26.5	71.0	0.377
راس ۳۰۸ × آزاد free × Ross 308	27670	2.50	29.3	68.0	0.426
راس ۳۰۸ × متناوب intermittent × Ross 308	25992	2.39	29.0	69.3	0.420
راس ۳۰۸ × زمانی time × Ross 308	25537	2.55	27.8	69.5	0.404
انحراف استاندارد میانگین SEM	8.1	12.465	5.32	1.98	8.435
سطح احتمال معنی‌داری P-value					
سویه Strain	0.308	0.724	0.016	0.012	0.116
دسترسی به دان Access to feed	0.080	0.794	0.009	<0.0001	0.013
سویه × دسترسی به دان access to feed×Strain	0.780	0.327	0.208	0.157	0.128

^{a,b,c} میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند ($P<0.05$).

^۱ یک ساعت خاموشی در هر شبانه‌روز. ^۲ ۱۹ ساعت محرومیت= چهار دوره چهار ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه و یک دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه. ^۳ ۱۵ ساعت محرومیت= پنج دوره سه ساعت محرومیت و یک ساعت تغذیه سپس چهار ساعت متوالی دسترسی آزاد به دان.

^{a,b,c} Means with different superscripts within a column are different at ($P<0.05$).

¹ 1 hour of black-out per day. ² 19 hours of deprivation = 4 periods of 4 h of deprivation and 1 h of feeding, and then 1 period of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding. ³ 15 hours of deprivation = 5 periods of 3 h of deprivation and 1 hour of feeding, and then 4 h consecutive of free access to food.

نتیجه گیری کلی

سیاسگزاری

از مدیریت محترم مجتمع تحقیقاتی، آموزشی و پرورشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به خاطر در اختیار قرار دادن سالن پرورش، از مجتمع پرورش و اصلاح نژاد مرغ لاین آراین بابلکنار به خاطر در اختیار قرار دادن جوجه گوشتی و از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان به خاطر در اختیار قرار دادن تجهیزات آزمایشگاهی و حمایت مالی برای اجرای این طرح تشکر و قدردانی می شود.

براساس نتایج این تحقیق، سویه آراین با محدودیت زمانی خوراک و سویه راس ۳۰۸ با روش خوراک دهی آزاد بهترین عملکرد وزنی را داشتند. به طور کلی، روش محدودیت زمانی خوراک در جوجه های گوشتی نژاد آراین سبب بهبود شاخص های فیزیکی بدن، فراسنج های ریخت سنجی روده و تقویت سیستم ایمنی و عملکرد تولیدی در کل دوره شد و این سویه از جوجه های گوشتی می تواند تأخیر در رشد خود را جبران نمایند. انجام مطالعات بیشتر در این زمینه توصیه می شود.

References

- Arce, J., Berger, M., & Coello, C. L. (1992). Control of ascites syndrome by feed restriction techniques. *Journal of Applied Poultry Research*, 1, 1-5. <https://doi.org/10.1093/japr/1.1.1>
- Association of Official Analytical Chemists, A. O. A. C. (2005). Official method of Analysis (18th ed). Washington, DC: Association of Officiating Analytical Chemists, Method 935.14 and 992.24. [Scientific Research Publishing]
- Chaiyasing, R., Srinontong, P., Aengwanich, W., Promsatit, S., Cahyadi, D. D., & Wandee, J. (2024). Effects of different feeding frequencies on broiler chickens' growth performance and intestinal villus development. *Trends in Sciences*, 21, 7353-7353. <https://doi.org/10.48048/tis.2024.7353>
- Decuypere, E., Bruggeman, V., Everaert, N., Li, Y., Boonen, R., De Tavernier, J., & Buys, N. (2010). The broiler breeder paradox: ethical, genetic and physiological perspectives, and suggestions for solutions. *British Poultry Science*, 51, 569-579. <https://doi.org/10.1080/00071668.2010.519121>
- Fanooci, M., & Torki, M. (2010). Effects of qualitative dietary restriction on performance, carcass characteristics, white blood cell count and humoral immune response of broiler chicks. *Global Veterinaria*, 4, 277-282. [Google Scholar]
- Farhangfar, B., Hosseini, S. A., Zariaei, A., & Lotfollahian, H. (2013). Effect of feed restriction and diet containing coenzyme Q10 on incidence of Ascites syndrome and immune response in broiler chickens. *Research On Animal Production*, 3, 77-93. [Google Scholar]
- Fayeye, T. R., Ayorinde, K. L., Ojo, V., & Adesina, O. M. (2006). Frequency and influence of some major genes on body weight and body size parameters of Nigerian local chickens. *Livestock Research for Rural Development*, 18, 37. [Google Scholar]
- Gubina, V. G. I., Gorbach, T. V., Tkachenko, A. S., & Tkachenko, M. O. (2015). Damage and regeneration of small intestinal enterocytes under the influence of carrageenan induces chronic enteritis. *Comparative Clinical Pathology*, 24, 1473-1477. <http://dx.doi.org/10.1007/s00580-015-2102-3>
- Hama, Z. O., Mohammed, H. N., Ali, K. A., & Rashid, S. A. (2021). Intermittent lighting schedule effects on broiler production performance and carcass traits. *Journal of Animal and Poultry Production*, 12, 27-30. <https://dx.doi.org/10.21608/jappmu.2021.149448>
- Hangalapura, B. N., Nieuwland, M. G., Reilingh, G. D. V., Buyse, J., Van Den Brand, H., Kemp, B., & Parmentier, H. K. (2005). Severe feed restriction enhances innate immunity but suppresses cellular immunity in chicken lines divergently selected for antibody responses. *Poultry Science*, 84, 1520-1529. <https://doi.org/10.1093/ps/84.10.1520>
- Islamiati, P., Hanif, M. F., Sujiwo, J., Nugroho, A., & Ariyadi, B. (2024). Effect of restricted feeding on growth performance, carcass traits, blood hematology, internal organs, and intestinal histomorphology of broilers. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 12, 1266-1272. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2024/12.7.1266.1272>
- Jarosz, Ł.S., Marek, A., Grądzki, Z., Kwiecień, M., & Kaczmarek, B. (2018). The effect of feed supplementation with a copper-glycine chelate and copper sulphate on selected humoral and cell-mediated immune parameters, plasma superoxide dismutase activity, ceruloplasmin and cytokine concentration in broiler chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102, 326-336. <https://doi.org/10.1111/jpn.12750>
- Khetani, T.L., Nkukwana, T.T., Chimonyo, M., & Muchenje, V. (2009). Effect of quantitative feed restriction on broiler performance. *Tropical Animal Health and Production*, 41, 379-384. <https://doi.org/10.1007/s11250-008-9200-z>

14. Kim, D. Y., Kim, J. H., Choi, W. J., Han, G. P., & Kil, D. Y. (2021). Comparative effects of dietary functional nutrients on growth performance, meat quality, immune responses, and stress biomarkers in broiler chickens raised under heat stress conditions. *Animal Bioscience*, 34, 1839. <https://doi.org/10.5713/ab.21.0230>
15. Konkol, D., Popiela, E., Opaliński, S., Lipińska, A., Tymoszewski, A., Krasowska, A., & Korczyński, M. (2024). Effects of fermented rapeseed meal on performance, intestinal morphology, the viscosity of intestinal content, phosphorus availability, and egg quality of laying hens. *Poultry Science*, 103, 103256. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103256>
16. Korver, D. R. (2023). Current challenges in poultry nutrition, health, and welfare. *Animal*, 17, 100755. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100755>
17. Maxwell, M. H., Hocking, P. M., & Robertson, G. W. (1992). Differential leucocyte responses to various degrees of food restriction in broilers, turkeys and ducks. *British Poultry Science*, 33, 177-187. <https://doi.org/10.1080/00071669208417455>
18. Moita, V. H. C., Duarte, M. E., & Kim, S. W. (2021). Supplemental effects of phytase on modulation of mucosa-associated microbiota in the jejunum and the impacts on nutrient digestibility, intestinal morphology, and bone parameters in broiler chickens. *Animals*, 11, 3351. <https://doi.org/10.3390/ani11123351>
19. Nabinejad, A., Nabinejad, A., & Parandeh, R. (2023). Effect of food restriction on growth and response to vaccination in Arian broilers. *Veterinary Research & Biological Products*, 36, 44-52. <https://doi.org/10.22092/vj.2023.357200.2023>
20. Naserio, D., Jaken, F., & Gamitro, B. (2015). Selected feeding in respond to increase condense in broiler chickens. *Spanish Journal of Political Science*, 189, 48-53.
21. Nwaigwe, C. U., Ihedioha, J. I., Shoyinka, S. V., & Nwaigwe, C. O. (2020). Evaluation of the hematological and clinical biochemical markers of stress in broiler chickens. *Veterinary World*, 13, 2294. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.2294-2300>
22. Offiong, S. A., Ekpenyong, U. A., Isaac, L. J., & Ojebiyi, O. O. (2002). Compensatory growth in broiler chickens on full feeding following exposure to selected durations of feed deprivation. *Tropical Agriculture*, 3, 191-197. [\[Google Scholar\]](#)
23. Özkan, S., Plavnik, I., & Yahav, S. (2006). Effects of early feed restriction on performance and ascites development in broiler chickens subsequently raised at low ambient temperature. *Journal of Applied Poultry Research*, 15, 9-19. <https://doi.org/10.1093/japr/15.1.9>
24. Paudel, S., Mishra, A., Singh, S., Sapkota, S., & Gorkhali, N. A. (2023). Age-related gRoss 308 and histomorphological changes in small intestine of sakini chicken. *Bhutan Journal of Animal Science*, 7, 19-32. [\[Google Scholar\]](#)
25. Paul, B. N., Chanda, S., Das, S., Singh, P., Pandey, B. K., & Giri, S. S. (2014). Mineral assay in atomic absorption spectroscopy. *The Beats of Natural Sciences*, 4, 1-17. [\[Google Scholar\]](#)
26. Plavnik, I., & Hurwitz, S. (1985). The performance of broiler chicks during and following a severe feed restriction at an early age. *Poultry Science*, 64, 348-355. <https://doi.org/10.3382/ps.0640348>
27. Rouhanipour, H., Ashayerizadeh, O., Sharifi, S. D., & Dastar, B. (2025). Dietary copper and L-arginine: influence on pullet maturation and productivity. *Journal of Applied Poultry Research*, 34, 100510. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2024.100510>
28. Shariatmadari, F. (2009). Feeding schedules for broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*, 65, 393-400. <https://doi.org/10.1017/S0043933909000282>
29. Shariatmadari, F., & Moghadamian, A. A. (2007). Effect of early feed restriction in combination with intermittent lighting during the natural scotoperiod on performance of broiler chicken. *Journal of Crop Production and Processing*, 11, 363-374. [\[Google Scholar\]](#)
30. Sahraei, M. (2012). Feed restriction in broiler chickens production. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 28, 333-352. <http://dx.doi.org/10.2298/BAH1202333S>
31. Ullah, A., Anjum, A. A., Raziq, F., Khan, M. T., Gul, R., Rauf, M., & Khan, K. (2024). Effect of ethanolic extract of *Eucalyptus globulus* leaves on growth enhancing, gut morphology, and intestinal absorption capacity in broiler chicken. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 75, 7145-7154.
32. Urdaneta-Rincon, M., & Leeson, S. (2002). Quantitative and qualitative feed restriction on growth characteristics of male broiler chickens. *Poultry Science*, 81, 679-688. <https://doi.org/10.1093/ps/81.5.679>
33. Wijtten, P. J. A., Hangoor, E., Sparla, J. K. W. M., & Verstegen, M. W. A. (2010). Dietary amino acid levels and feed restriction affect small intestinal development, mortality, and weight gain of male broilers. *Poultry Science*, 89, 1424-1439. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00626>
34. Willemsen, H., Everaert, N., Witters, A., De Smit, L., Debonne, M., Verschuere, F., & Bruggeman, V. (2008). Critical assessment of chick quality measurements as an indicator of posthatch performance. *Poultry Science*, 87, 2358-2366. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00095>
35. Yan, C., Xiao, J., Chen, D., Turner, S. P., Li, Z., Liu, H., & Zhao, X. (2021). Feed restriction induced changes in

- behavior, corticosterone, and microbial programming in slow-and fast-growing chicken breeds. *Animals*, 11, 141. <https://doi.org/10.3390/ani11010141>
36. Zhan, X. A., Wang, M., Ren, H., Zhao, R. Q., Li, J. X., & Tan, Z. L. (2007). Effect of early feed restriction on metabolic programming and compensatory growth in broiler chickens. *Poultry Science*, 86, 654-660. <https://doi.org/10.1093/ps/86.4.654>